به نام خدا

سمینار ملی آموزشی بهینه‌سازی و صرفه‌جویی مصرف انرژی ساختمان

**برای مهندسان عمران، معماری،
تأسیسات مکانیکی و تأسیسات
برقی**

سازمان نظام مهندسی ساختمان (شورای مرکزی)

تهران

۲ الی ۴ اسفندماه ۱۴۰۲

«رعایت مقررات ملی ساختمان الزامی است.»

عنوان ارائه:

بررسی قوانین، آئین نامه ها و ضوابط صرفه جویی انرژی در ساختمان ها و کلیات مبحث ۱۹

بهروز محمدکاری

دکتری مهندسی عمران

عضو هیئت علمی و مدیر بخش انرژی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی– رئیس کمیته

تخصصی و مسئول تدوین ویرایش‌های ۲– ۳ و ۴ مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

معرفی ویرایش جدید (۱۳۹۹)

مبحث ۱۹

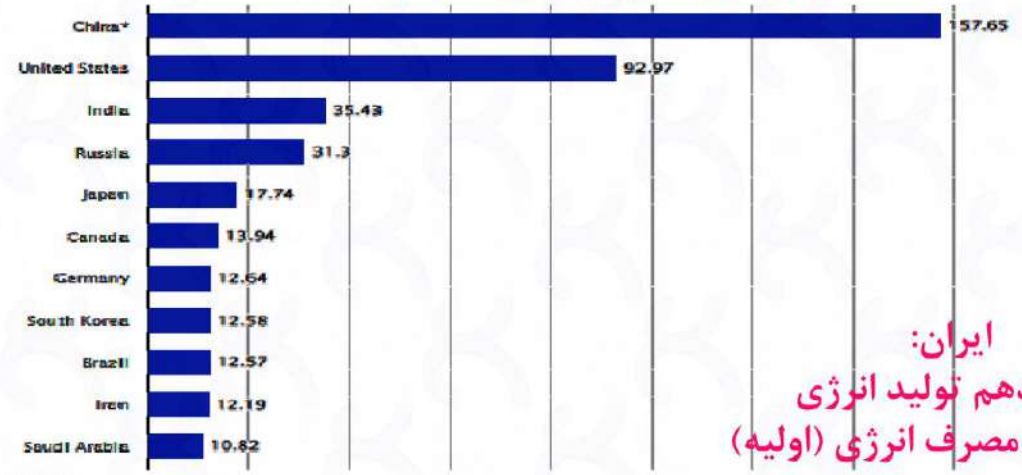
مقررات ملی ساختمان

دکتر بهروز کاری

عضو هیئت علمی و رئیس بخش انرژی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

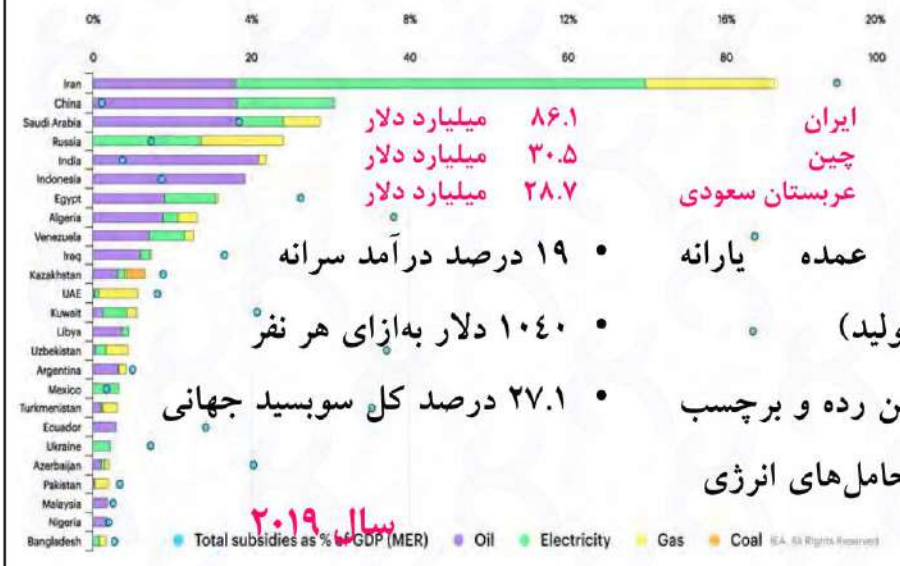
مصرف سوخت‌های فسیلی کشورهای مختلف

Primary energy consumption worldwide in 2021, by country *(in exajoules)*



ایران:
مقام دهم تولید انرژی
مقام دهم مصرف انرژی (اولیه)

یارانه‌های مصرف سوخت‌های فسیلی کشورهای مختلف



ایران ۸۶.۱ میلیارد دلار
چین ۳۰.۵ میلیارد دلار
عربستان سعودی ۲۸.۷ میلیارد دلار

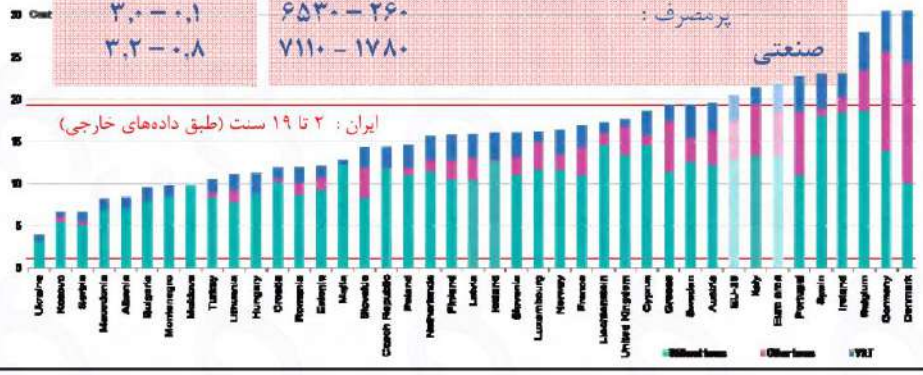
سال ۲۰۱۹

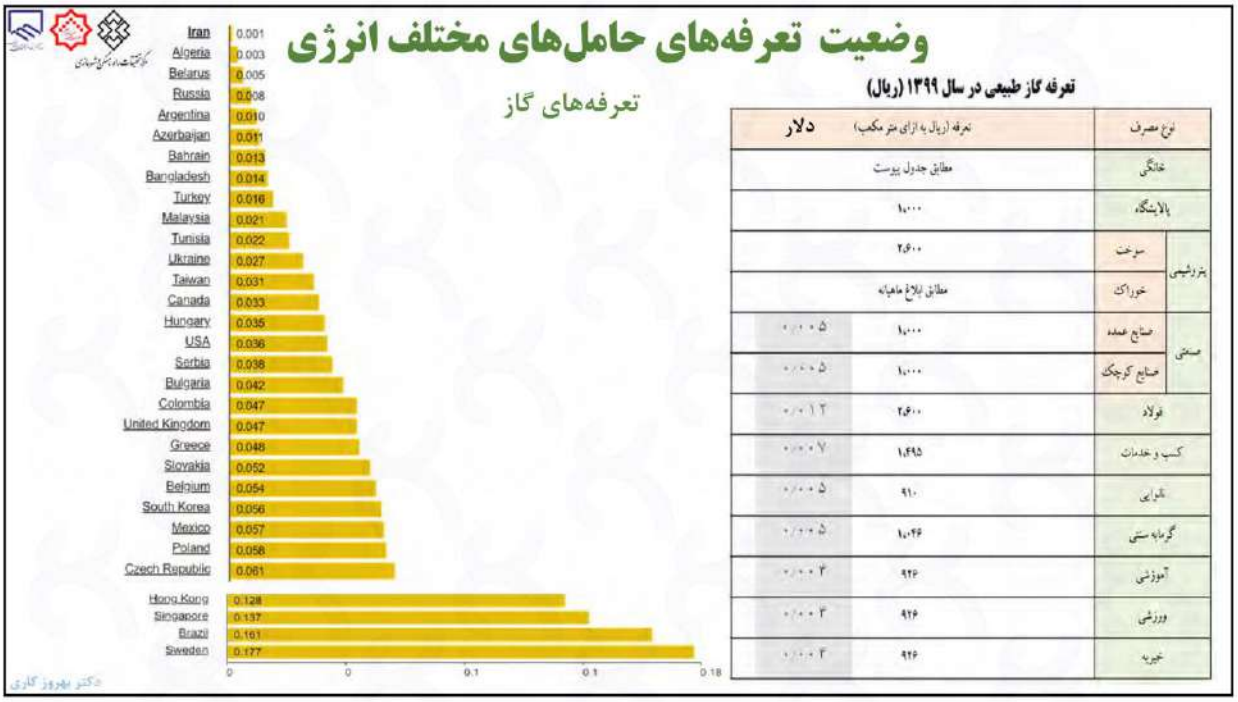
- تخصیص بخش عمده یارانه به مصرف (به‌جای تولید)
- عدم وجود ارتباط بین رده و برچسب انرژی با تعرفه‌های حامل‌های انرژی
- ۱۹ درصد درآمد سرانه
- ۱۰۴۰ دلار به‌ازای هر نفر
- ۲۷.۱ درصد کل سوبسید جهانی

وضعیت تعرفه‌های حامل‌های مختلف انرژی

تعرفه‌های برق سال ۱۴۰۰

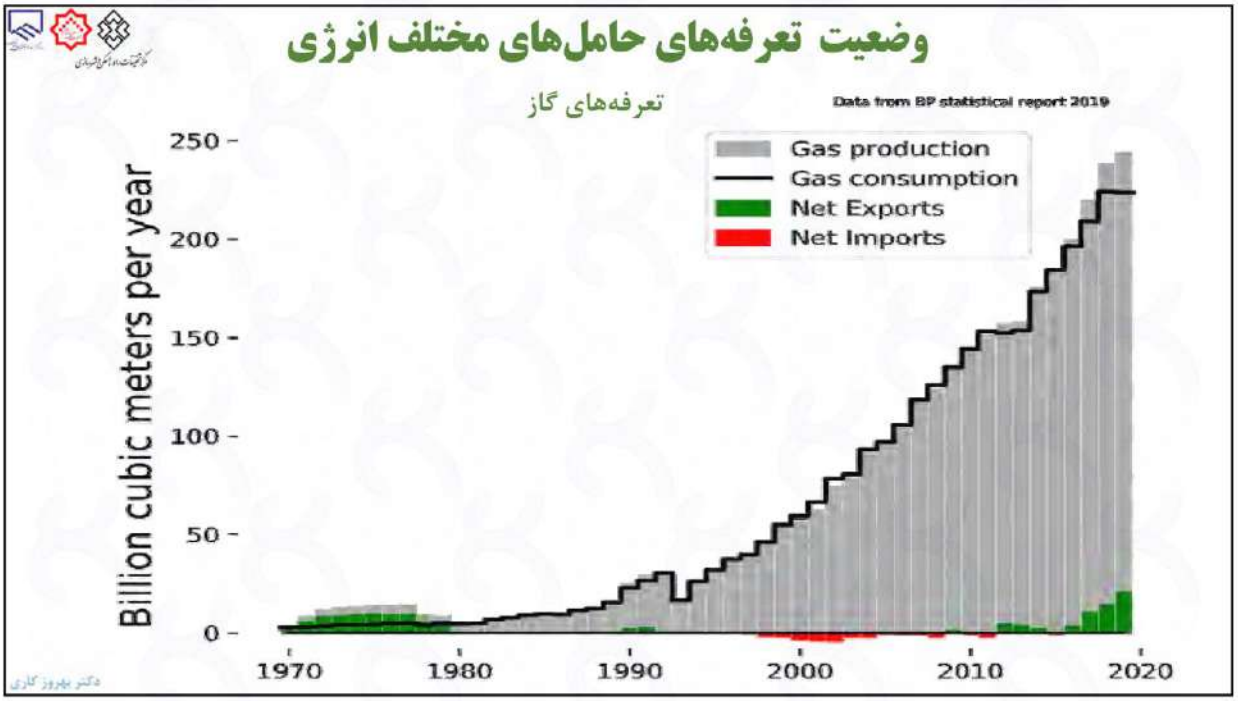
قیمت هر وات کیلووات‌ساعت	ریال	سنت (صدم دلار)
فروش (متوسط) :	۸۰۰	۰,۳۶
تمام‌شده بدون احتساب قیمت گاز:	۳۰۰۰	۱,۳۶
با احتساب قیمت گاز (معادل صادراتی):	۱۸۰۰۰	۸,۱۸
خانگی - کم‌مصرف :	۲۰۰ – ۱۶۰۰	۰,۱ – ۰,۷
پرمصرف :	۲۶۰ – ۶۵۳۰	۰,۱ – ۳,۰
صنعتی	۱۷۸۰ – ۷۱۱۰	۰,۸ – ۳,۲



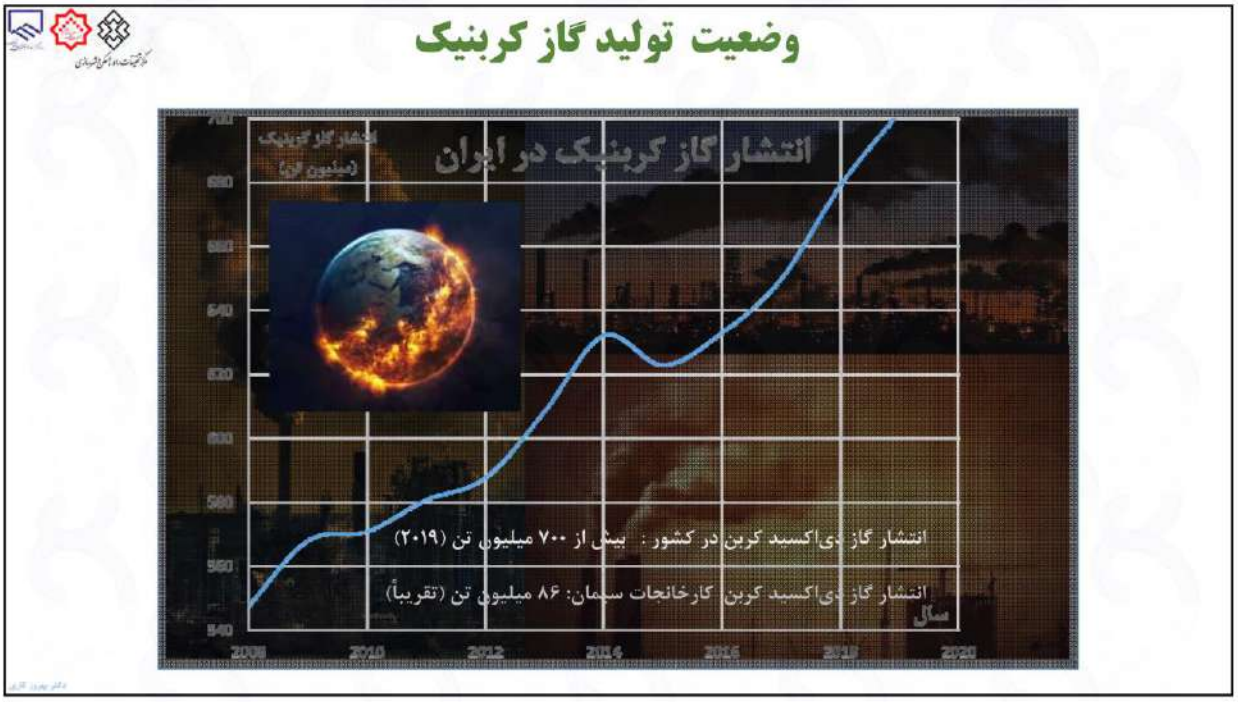


تعرفه گاز طبیعی در سال ۱۳۹۹ (ریال)

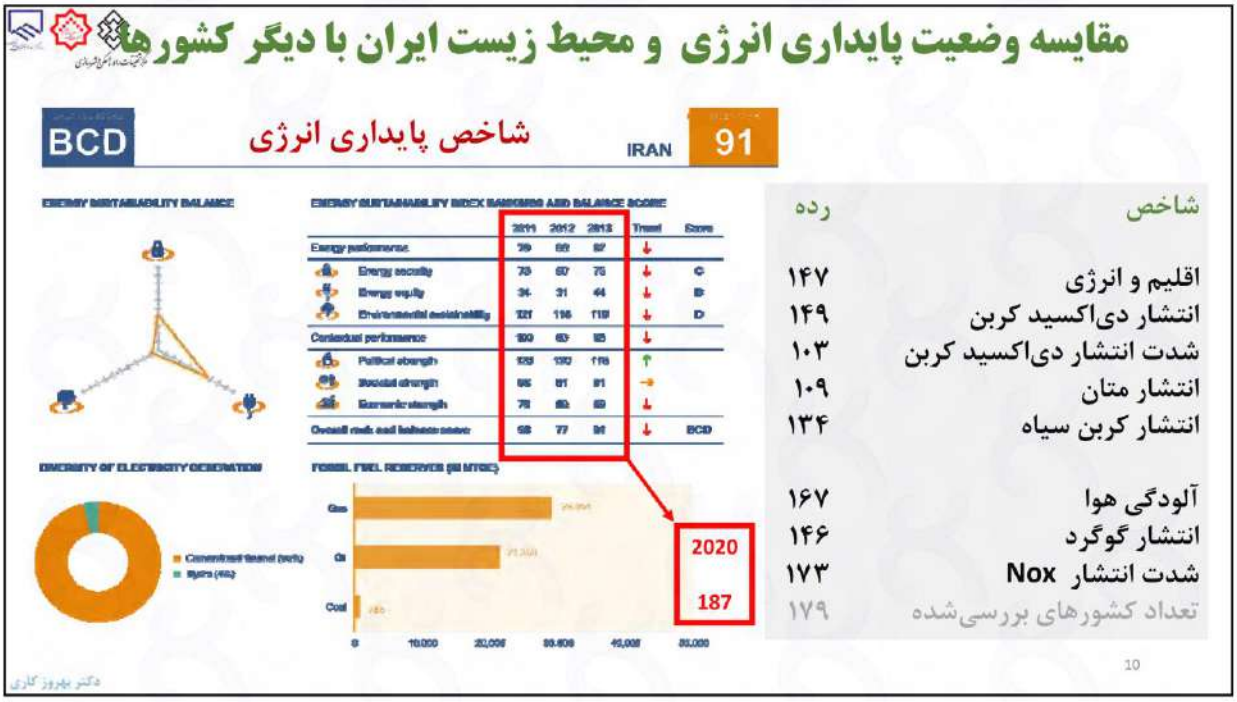
نوع مصرف		تعرفه (ریال به ازای متر مکعب)	دلار
خانگی		مطابق جدول پیوست	
بالاپشگاه		۱،۰۰۰	
پتروشیمی	سوخت	۲،۶۰۰	
	خوراک	مطابق ابلاغ ماهیانه	
صنعتی	صنایع عمده	۱،۰۰۰	۰/۰۰۵
	صنایع کوچک	۱،۰۰۰	۰/۰۰۵
فولاد		۲،۶۰۰	۰/۰۱۲
کسب و خدمات		۱،۴۹۵	۰/۰۰۷
تاریایی		۹۱۰	۰/۰۰۵
گرمایه سنتی		۱،۰۴۶	۰/۰۰۵
آموزشی		۹۲۶	۰/۰۰۳
ورزشی		۹۲۶	۰/۰۰۳
خیریه		۹۲۶	۰/۰۰۳



وضعیت تولید گاز کربنیک
CO2 Emission (Mton)
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
1990
2000
2005
2015
2019
2020
2021
China
USA
India
Russia
Japan
Iran
ایران: مقام ششم انتشار دی‌اکسید کربن
دکتر بهروز گاری


وضعیت تولید گاز کربنیک
انتشار گاز کربنیک در ایران
انتشار گاز دی‌اکسید کربن در کشور : بیش از ۷۰۰ میلیون تن (۲۰۱۹)
انتشار گاز دی‌اکسید کربن کارخانجات سیمان: ۸۶ میلیون تن (تقریباً)
سال

وضعیت تولید گاز کربنیک


مقایسه وضعیت پایداری انرژی و محیط زیست ایران با دیگر کشورها
BCD
شاخص پایداری انرژی
IRAN
91
2020
187
شاخص
رده
اقلیم و انرژی ۱۴۷
انتشار دی‌اکسید کربن ۱۴۹
شدت انتشار دی‌اکسید کربن ۱۰۳
انتشار متان ۱۰۹
انتشار کربن سیاه ۱۳۴
آلودگی هوا ۱۶۷
انتشار گوگرد ۱۴۶
شدت انتشار Nox ۱۷۳
تعداد کشورهای بررسی‌شده ۱۷۹
10
دکتر بهروز کاری

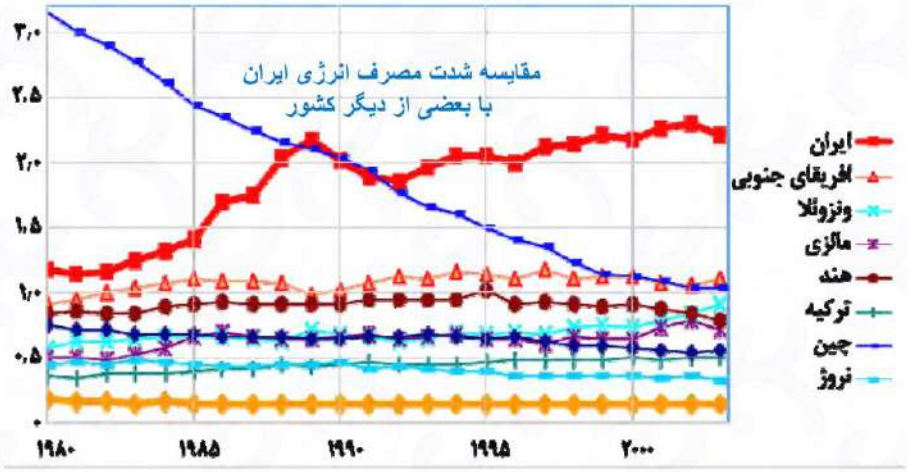
مصالح و فراورده‌های سازگار با محیط زیست
هرم
انرژی‌های نهفته
مصالح و فراورده‌های ساختمانی
دکتر بهروز کاری

مصالح و فراورده‌های سازگار با محیط زیست
هرم
انرژی‌های نهفته
مصالح و فراورده‌های ساختمانی
Aluminium sheet
Galvanised steel
Zinc
EPDM foil
Vinyl flooring (PVC)
Ceramic tiles
Fleece
Aluminium frame
دکتر بهروز کاری

مصالح و فراورده‌های سازگار با محیط زیست
هرم
انرژی‌های نهفته
مصالح و فراورده‌های ساختمانی
دکتر بهروز کاری

مصالح و فراورده‌های سازگار با محیط زیست
هرم
انرژی‌های نهفته
مصالح و فراورده‌های ساختمانی
دکتر بهروز کاری

مقایسه وضعیت شدت مصرف انرژی ایران با دیگر کشورها



15

دکتر بهروز کاری

سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی در زمینه انرژی

مسئولیت بهره‌وری انرژی ساختمان‌ها در کشور با کدام سازمان یا نهاد است؟

وزارت نیرو (شرکت برق)، وزارت نفت (شرکت گاز)، ...	سازمان استاندارد، وزارت صمت، ...
وزارت راه و شهرسازی	وزارت انرژی (و محیط زیست)

موردی مشابه : سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی در زمینه کاهش مصرف دخانیات

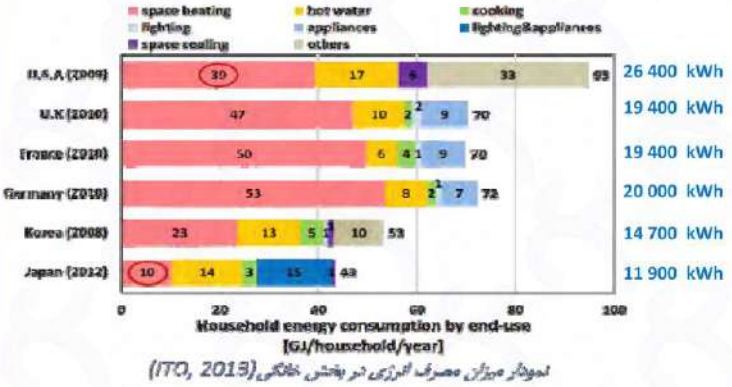
مسئولیت کاهش مصرف دخانیات در کشور با کدام سازمان یا نهاد است؟

شرکت دخانیات	سازمان استاندارد، وزارت صمت، ...
وزارت ورزش	وزارت بهداشت

دکتر بهروز کاری

بانک اطلاعات مصرف انرژی ساختمان‌ها

پایش وضعیت مصرف انرژی در ساختمان‌ها



نمودار میزان مصرف انرژی در بخش خانگی (ITO, 2013)

**سامانه ملی پایش
مصرف انرژی ساختمان‌ها**

در حال حاضر هیچ مکانیسمی برای پایش وضعیت مصرف انرژی در ساختمان‌ها وجود ندارد، ولی به‌کمک پروژه بهینه‌سازی انرژی و محیط زیست، امیدواریم به‌زودی تحولی در این زمینه صورت گیرد:

دکتر بهروز کاری

**اگر واقعاً دغدغه
افزایش بهره‌وری و بهینه‌سازی
مصرف انرژی در بخش ساختمان را داریم،
باید قبول کنیم که**

**راه‌اندازی سامانه ملی پایش
مصرف انرژی ساختمان‌ها**

**در بالاترین حد اولویت قرار دارد،
و مهم‌ترین ابزار برای شناخت دقیق وضعیت،
اعطای برچسب انرژی و انجام برنامه‌ریزی‌های واقع‌گرا
برای حذف تدریجی یارانه‌ها
محسوب می‌شود**

دکتر بهروز کاری

ماده ۱۸ قانون اصلاح الگوی مصرف

ماده ۱۸ـ در اجرای قانون نظام‌مهندسی و کنترل ساختمان، وزارت مسکن و شهرسازی موظف است آیین‌نامه‌های صرفه‌جویی مصرف انرژی در ساختمان‌ها را با جهت‌گیری به‌سوی ساختمان سبز و همچنین شهرسازی را منطبق بر الگوی مذکور با همکاری وزارتخانه‌های نفت، نیرو، کشور و معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور ظرف یک سال بعد از تصویب این قانون تهیه و به تصویب هیئت‌وزیران برساند.

آیین‌نامه اجرایی ماده ۱۸ قانون اصلاح الگوی مصرف

ماده ۳ – به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ساختمان‌ها، وزارت راه‌وشهرسازی موظف است حداکثر ظرف سه‌ماه نسبت به بازنگری مقررات ملی ساختمان، به‌منظور ممیزی، تعیین رده انرژی و چگونگی تعبیه سامانه‌های کنترلی لازم، با جهت‌گیری به‌سوی ساختمان سبز اقدام نماید.

دکتر بهروز کاری

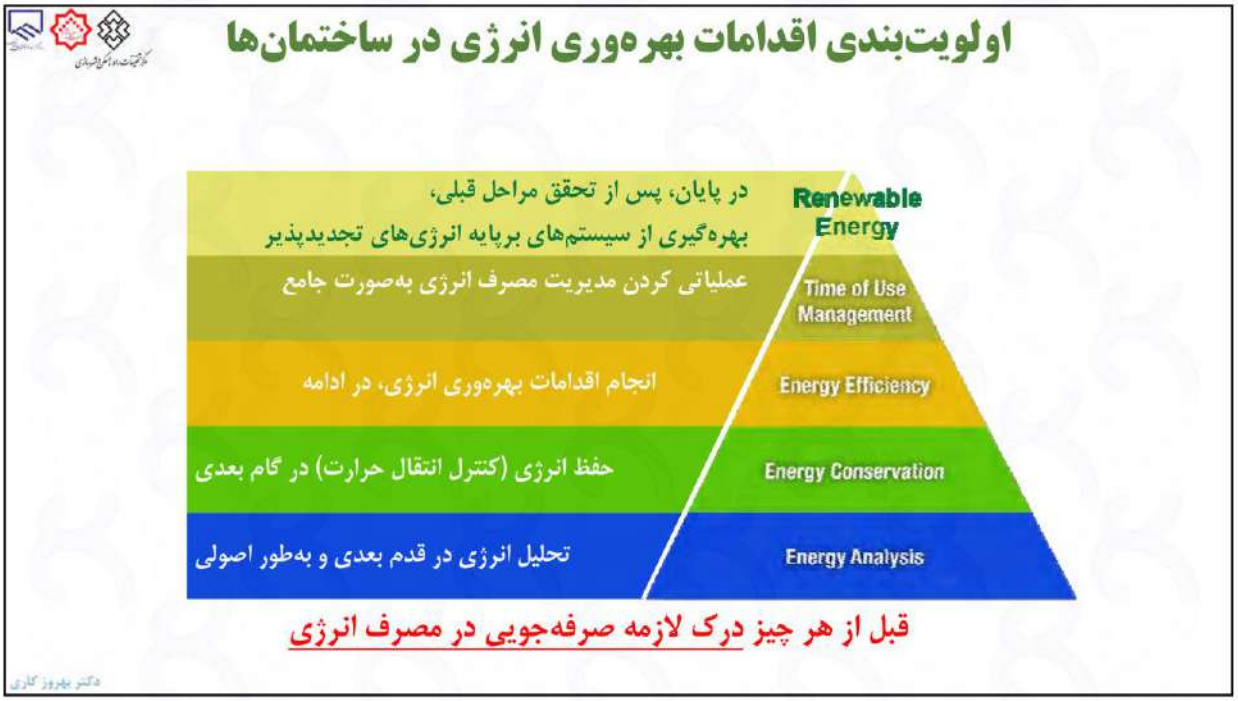
رویکردهای اصلی در ویرایش چهارم مبحث ۱۹:

- تحولات چشم‌گیر در دهه‌های اخیر در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه
- انتظارات به‌جای ایجاد شده در جامعه مهندسی و نهادهای مرتبط
- لزوم بازنگری مقررات ملی، به‌منظور تعیین رده انرژی و جهت‌گیری به‌سوی ساختمان سبز

(طبق ماده ۱۸ قانون اصلاح الگوی مصرف و آیین‌نامه اجرایی آن)

20
دکتر بهروز کاری

اولویت‌بندی اقدامات بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها
اهمیت موضوع در کشورهای توسعه‌یافته
Complexity/Investment
Solar Electric Wind
Renewable Options
Replacement
Windows
Heat Pumps Furnaces Air Conditioning
Heating & Cooling
Drain Water Heat Recovery SmartPak Solar Thermal
Water Heating
Attic Walls Foundation
Insulation & Ventilation
Dishwasher Clothes Washer Refrigerator Dehumidifier
Appliances
Attic Walls Foundation Caulking Weather Stripping Seal Attic Bypasses
Air Sealing
CFLs Fixtures LED
Lighting
Energy Choices Temperature Settings Turning Things Off TVs Computers Appliances Game Systems
Low-Cost No-Cost Improvements & Plug Load
In-Home Energy Audit Home Energy Yardstick New Construction Design
Understanding
قبل از هر چیز باید لازمه صرفه‌جویی در مصرف انرژی را دریابیم
دکتر بهروز گاری


اولویت‌بندی اقدامات بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها
در پایان، پس از تحقق مراحل قبلی، بهره‌گیری از سیستم‌های برپایه انرژی‌های تجدیدپذیر
Renewable Energy
عملیاتی کردن مدیریت مصرف انرژی به‌صورت جامع
Time of Use Management
انجام اقدامات بهره‌وری انرژی، در ادامه
Energy Efficiency
حفظ انرژی (کنترل انتقال حرارت) در گام بعدی
Energy Conservation
تحلیل انرژی در قدم بعدی و به‌طور اصولی
Energy Analysis
قبل از هر چیز درک لازمه صرفه‌جویی در مصرف انرژی
دکتر بهروز گاری

بازبینی و تهیه ویرایش چهارم مبحث ۱۹
ویرایش جدید
مبحث ۱۹
۱۹
مبحث نوزدهم
مقررات ملّی ساختمان
صرفه جویی در مصرف انرژی
۱۳۹۹
دکتر بهروز کاری

بازبینی و تهیه ویرایش چهارم مبحث ۱۹
ویرایش جدید
مبحث ۱۹
الزام در بکارگیری ضوابط و مقررات مربوط به مباحث در کل ساختمانهای کشور
۱۹
مبحث نوزدهم
مقررات ملّی ساختمان
صرفه جویی در مصرف انرژی
۱۳۹۹
دکتر بهروز کاری

تحلیل و ارزیابی رویکردهای دنبال شده در مقررات و سیاست‌گذاری‌های دیگر کشورها

مقررات بررسی‌شده در پروژه بازبینی مقررات ملی ساختمان

India	ECBC	2017
Europe	EPBD	2012
USA	IECC	2015
	IGCC	2012
	Ashrae 90.1, 90.2	2016
France	RT	2012
UK	BR/1-2/A-B	2016
Australia	BCA	2014
Turkey	TS-825	1998
New Zeland	NZBC	1992

دکتر بهروز کاری

بازبینی و تهیه ویرایش چهارم مبحث ۱۹

روند پیشرفت مقررات در ایران و چند کشور منتخب

الگوهای مطرح برای تعیین الزامات بهره‌وری انرژی در ساختمان	
تجویزی یا اجزای ساختمان	الزامات جداگانه برای هر یک از عناصر پوسته خارجی ساختمان و تأسیسات
موازنه یا کارکرد کلی	الزامات جداگانه برای هر یک از عناصر ساختمان، ولی با قابلیت تغییر مشخصات فنی اجزا همزمان با تأمین انتظارات کلی
چارچوب انرژی یا نیاز گرمایی/سرمایی	تعیین میزان انرژی سالانه موردنیاز ساختمان به‌عنوان معیار
کارایی انرژی	تعیین مجموع مصرف انرژی (اولیه یا نهایی) ساختمان یا مصرف سوخت فسیلی آن و یا میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌عنوان معیار
چرخه حیات	تعیین مجموع مصرف انرژی (تولید مصالح و فراورده‌ها، حمل، اجرا، بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری، تخریب و بازیافت، ...) در کل طول عمر مفید (بهره‌برداری) ساختمان به‌عنوان معیار

ساده — پیچیده

دکتر بهروز کاری

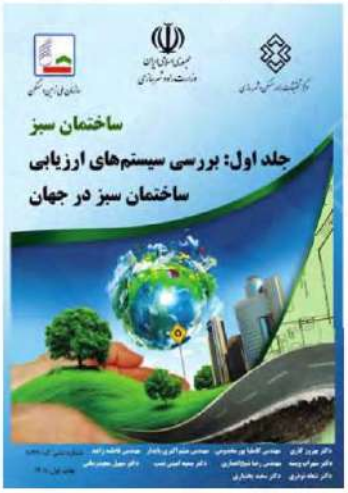
بازبینی و تهیه ویرایش چهارم مبحث ۱۹

روند پیشرفت مقررات در ایران و چند کشور منتخب

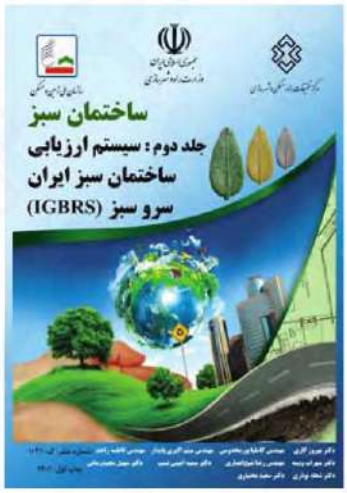
دکتر بهروز کاری

بازبینی و تهیه ویرایش چهارم مبحث ۱۹

https://pub.bhrc.ac.ir/UploadedFiles/Pdfs/book_green_building-first-O20412-1_pdfcdc87363-68ad-4205-8969-0a0dbfa95f8d.pdf



https://pub.bhrc.ac.ir/UploadedFiles/Pdfs/book_green_building-second-O20412_pdf8834c04f-1bf4-4c31-9cea-b5ea65fec9e6.pdf



دکتر بهروز کاری

رویکردهای اصلی در ویرایش چهارم مبحث ۱۹:

- فصل‌بندی برمبنای روش‌های طراحی (فصول ۵ تا ۸) با زیرفصل‌های «پوسته خارجی»، «تأسیسات مکانیکی» و «تأسیسات برقی»
- نزدیک شدن ساختار روش کارکردی به ساختار روش تجویزی، و تأمین امکان طراحی با این دو روش، بدون نیاز به محاسبه پل‌های حرارتی
- رفع کاستی‌های مربوط به مقاومت‌های حرارتی و ضرایب انتقال حرارت جدارهای در ارتباط با فضاهای کنترل‌نشده

29
دکتر بهروز کاری

تحلیل و ارزیابی رویکردهای دنبال شده در مقررات و سیاست‌گذاری‌های دیگر کشورها

۱ ✓	۲ ✓	۳ ✓✓	۴ ✓✓	۵
رویکرد اجزای ساختمانی	رویکرد پوسته خارجی کلی	الگوی نیاز گرمایی / سرمایی	الگوی کارآیی ساختمان	الگوی چرخه حیات
روش تجویزی	روش کارکردی	نرم‌افزارهای محاسبه نیاز انرژی	نرم‌افزارهای انرژی	نرم‌افزارهای طراحی
		راهنمای طراحی سیستم‌های غیرفعال	راهنمای تهویه	راهنماهای طراحی
			استانداردهای الگوی بهره‌برداری	
		فایل‌های استاندارد داده‌های آب‌وهوایی	استانداردهای برچسب انرژی عناصر و تجهیزات	استانداردهای برچسب سبز عناصر و تجهیزات
راهنماهای مبحث				
مدارک پشتیبان تکمیلی	آیین‌نامه‌ها یا استانداردهای برچسب انرژی ساختمان			آیین‌نامه‌ها یا استانداردهای برچسب ساختمان سبز

✓ : ویرایش ۸۹ ✓✓ : اضافه‌شده در ویرایش جدید

دکتر بهروز کاری

رویکردهای اصلی در ویرایش چهارم مبحث ۱۹:

- چهار رده انرژی، به شرح زیر:
- «ساختمان‌های مطابق مبحث ۱۹ (EC)» : پایین‌ترین رده انرژی (اجباری)
- «ساختمان کم‌انرژی (EC+)»
- «ساختمان بسیار کم‌انرژی (EC++)»
- «ساختمان با مصرف انرژی نزدیک صفر (ECnZ)»

31
دکتر بهروز کاری

مقایسه فصل‌بندی و ساختار ویرایش‌های مختلف مبحث ۱۹

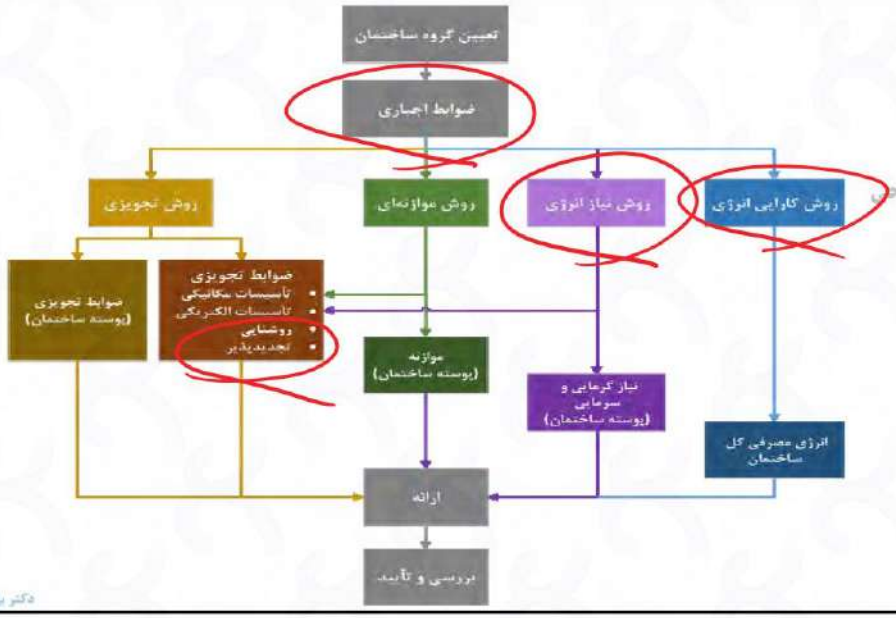
رویکرد ویرایش قدیم (۸۹)	رویکرد ویرایش جدید
فصل ۳ – پوسته خارجی ساختمان • روش کارکردی • روش تجویزی • توصیه ها در زمینه طراحی ساختمان	✓ فصل ۴ – ضوابط اجباری
	فصل ۵ – روش تجویزی
	فصل ۶ – روش موازنه (کارکردی)
فصل ۴ – تاسیسات مکانیکی	✓ فصل ۷ – روش نیاز انرژی
فصل ۵ – سیستم‌های روشنایی و تجهیزات الکتریکی	✓ فصل ۸ – روش کارایی انرژی

رتبه‌بندی ساختمان		
ساختمان منطبق با مبحث ۱۹	ساختمان کم انرژی	ساختمان بسیار کم انرژی
EC	EC+	EC++

✓ : اضافه‌شده در ویرایش جدید
(منطبق با انتظارات انرژی)
EC : Energy Compliant

32
دکتر بهروز کاری

ساختار در نظر گرفته‌شده در ویرایش جدید برای روش‌های مختلف طراحی



ویژگی‌های روش‌های مختلف طراحی

روش‌های طراحی		تجویزی	موازنه‌ای	نیاز انرژی	کارایی انرژی
سهولت طراحی	پوسته خارجی	ساده، بدون نیاز به محاسبات پیچیده	نسبتاً ساده، محاسبه ساده با نرم‌افزارهای کاربرگی (نظیر excel)	نسبتاً پیچیده، لازمه شبیه‌سازی (با نرم‌افزار) برای تعیین میزان نیاز انرژی سالیانه	پیچیده لازمه شبیه‌سازی یکپارچه (با نرم‌افزار) برای تعیین میزان مصرف انرژی سالیانه
	تأسیسات مکانیکی	ساده، بدون نیاز به محاسبات پیچیده	ساده، بدون نیاز به محاسبات پیچیده	ساده، بدون نیاز به محاسبات پیچیده	
	تأسیسات برقی	ساده، بدون نیاز به محاسبات پیچیده	ساده، بدون نیاز به محاسبات پیچیده	ساده، بدون نیاز به محاسبات پیچیده	
سهولت کنترل، نظارت	پوسته خارجی	ساده	نسبتاً ساده	نسبتاً پیچیده	پیچیده
	تأسیسات مکانیکی	ساده	ساده	ساده	
	تأسیسات برقی	ساده	ساده	ساده	
دامنه کاربرد		ساختمان‌های تعیین‌شده در بخش ۱-۱-۱۹ با نسبت سطح شیشه به سطح نمای کمتر از ۴۰ درصد	ساختمان‌های تعیین‌شده در بخش ۱-۱-۱۹ با نسبت سطح شیشه به سطح نمای کمتر از ۴۰ درصد	ساختمان‌های تعیین‌شده در بخش ۱-۱-۱۹	ساختمان‌های تعیین‌شده در بخش ۱-۱-۱۹

34
دکتر بهروز کاری

ویژگی‌های روش‌های مختلف طراحی

روش‌های طراحی		تجویزی	موازنه‌ای	نیاز انرژی	کارایی انرژی
نیاز به متخصص انرژی برای طراحی	پوسته خارجی	X	X	نیاز به متخصص انرژی برای مدل‌سازی	نیازمند به کار گروهی متخصصین مختلف آشنا با مدل‌سازی انرژی
	تأسیسات مکانیکی	X	X	X	
	تأسیسات برقی	X	X	X	
امکان طراحی به‌صورت یک‌پارچه		X	✓ به‌صورت جزئی (بین اجزای پوسته خارجی)	✓ به‌صورت جزئی (بین اجزای پوسته خارجی)	✓✓
امکان دست‌یابی به راه‌حل‌های اقتصادی	پوسته خارجی	X	✓ به‌صورت جزئی	✓ به‌صورت جزئی	✓✓
	تأسیسات مکانیکی	X	X	X	
	تأسیسات برقی	X	X	X	

35

دکتر بهروز کاری

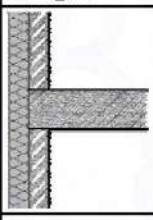
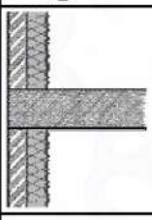
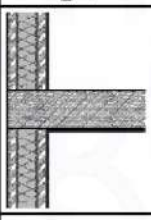
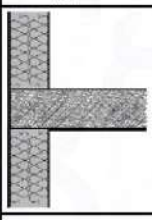
فناوری‌های کاهش انتقال حرارت از پوسته خارجی ساختمان

جدارهای کدر

- کاربرد مصالح و فراورده‌های با مقاومت حرارتی مناسب
- استفاده از فراورده‌ها و سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی

دکتر بهروز کاری

تعیین مقاومت حرارتی یا ضریب انتقال حرارت جدارهای پوسته خارجی ساختمان (جدارهای کدر)

ردیف انرژی	دیوار مجاور فضای خارج				دیوار مجاور فضای کنترل‌نشده
	عایق حرارتی خارجی	عایق حرارتی داخلی	عایق حرارتی میانی	عایق حرارتی همگن	
					
EC	۱/۲	۲/۳	۲/۳	۲/۱	۱/۰
EC+	۱/۷	۳/۳	۳/۳	۳/۰	۱/۴
EC++	۲/۴	غیر مجاز	غیر مجاز	غیر مجاز	۲/۰

نام لایه	ضخامت (cm)	ضریب هدایت حرارتی	مقاومت حرارتی (R)
اندود گچ	۱	۰.۵۷	۰.۰۱۷
اندود سیمان	۱	۱.۸	۰.۰۰۵
		R_t= ۰.۰۲۳	

دکتر بهروز کاری

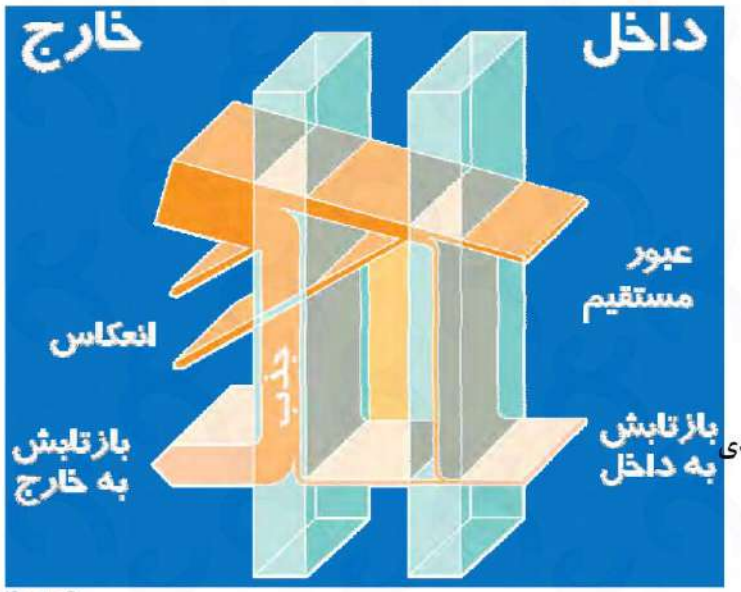
فناوری‌های کاهش انتقال حرارت از پوسته خارجی ساختمان

جدارهای نورگذر

- کاربرد جدارهای نورگذر با عملکرد حرارتی بهبودیافته (کم‌گسیل)
- درنظر گرفتن نیاز غالب (گرمایی/سرمایی) و جهت‌گیری پنجره برای ضریب بهره گرمایی خورشیدی و نسبت ضریب عبور نور مرئی به ضریب بهره گرمایی خورشیدی، علاوه بر ضریب انتقال حرارت شیشه و یا پنجره

دکتر بهروز کاری

فناوری‌های کاهش انتقال حرارت از پوسته خارجی ساختمان (جدارهای نورگذر)



در نظر گرفتن جدارهای نورگذر با بهترین عملکرد :

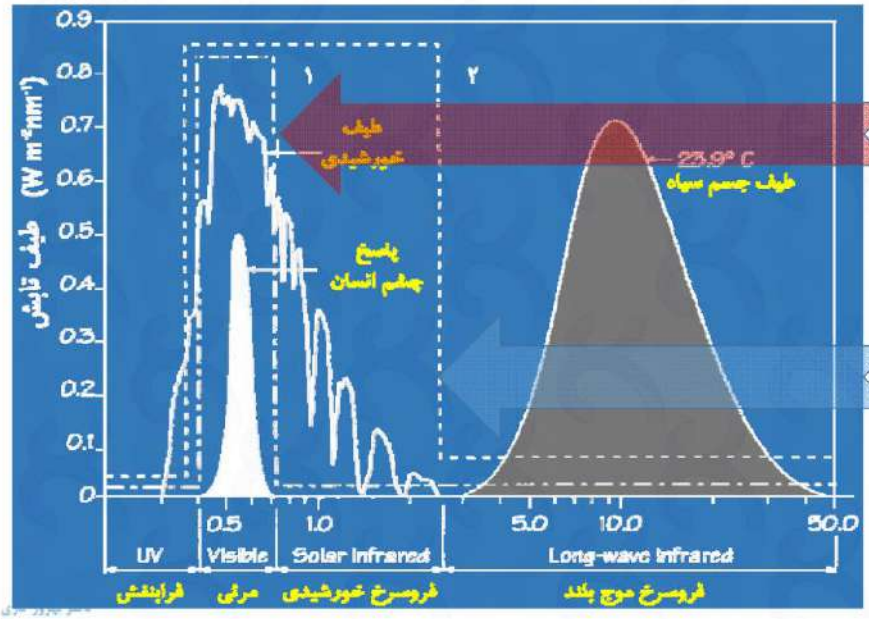
(۱): در مناطق گرم‌سیر

بیشترین بهره‌گیری از روشنایی همزمان با محدود گردن تابش خورشیدی ورودی

(۲): در مناطق سردسیر

بیشترین بهره‌گیری از روشنایی همزمان با حداکثر بهره‌گیری از تابش خورشیدی ورودی

فناوری‌های کاهش انتقال حرارت از پوسته خارجی ساختمان (جدارهای نورگذر)



در نظر گرفتن جدارهای نورگذر با بهترین عملکرد :

(۱): در مناطق گرم‌سیر

داشتن ضریب عبور نور مرئی (VT) زیاد و ضریب عبور تابش خورشیدی (SHGC) کم

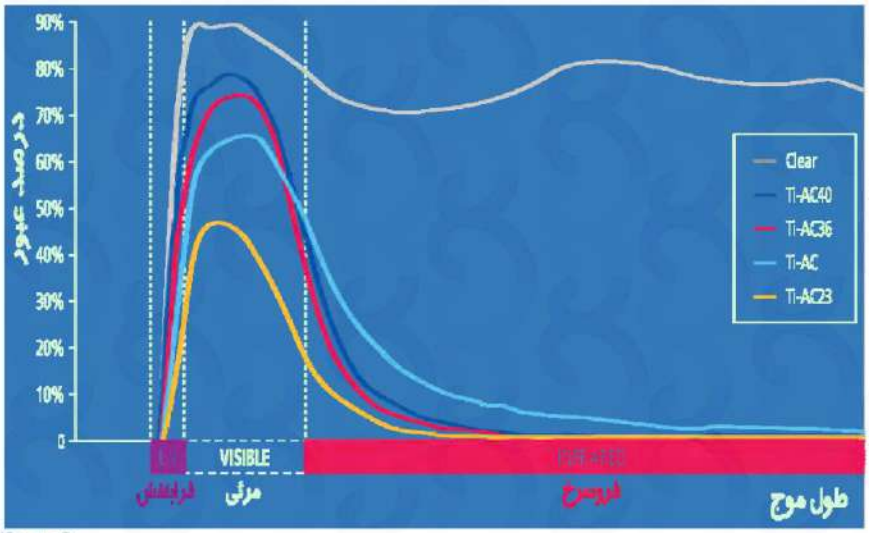
(۲): در مناطق سردسیر

داشتن ضریب عبور نور مرئی (VT) زیاد و ضریب عبور تابش خورشیدی (SHGC) زیاد

40

فناوری‌های کاهش انتقال حرارت از پوسته خارجی ساختمان (جدارهای نورگذر)

نمودار عملکرد تابشی یک نمونه شیشه کم‌گسیل



در نظر گرفتن جدارهای نورگذر با بهترین عملکرد :

(۱): در مناطق گرم‌سیر

داشتن ضریب عبور نور مرئی (VT) زیاد و ضریب عبور تابش خورشیدی (SHGC) کم

(۲): در مناطق سردسیر

داشتن ضریب عبور نور مرئی (VT) زیاد و ضریب عبور تابش خورشیدی (SHGC) زیاد

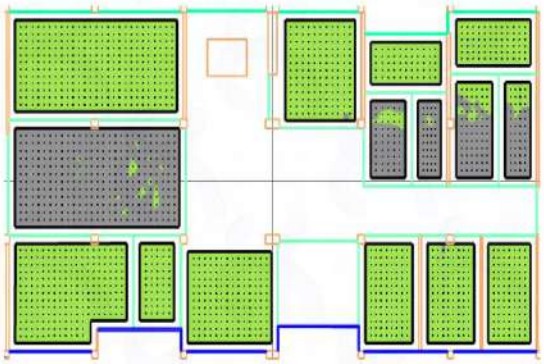
دکتر بهروز کاری

تعیین مقاومت حرارتی یا ضریب انتقال حرارت جدارهای پوسته خارجی ساختمان (جدارهای نورگذر)

جهت	رده انرژی	نیاز گرمایی غالب						نیاز سرمایی غالب					
		U [W/m².K]	SHGC		VT /SHGC	U [W/m².K]	SHGC		VT /SHGC	
		حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل
جنوب	EC	۳٫۰	۰٫۶۰	-	-	۳٫۰	-	۰٫۴۰	-	۱٫۲
	EC+	۲٫۲	۰٫۶۳	-	-	۲٫۴	-	۰٫۳۷	-	۱٫۷
	EC++	۱٫۸	۰٫۶۵	-	-	۲٫۲	-	۰٫۳۵	-	۲٫۲
شمال	EC	۳٫۰	-	-	-	۳٫۰	-	۰٫۵۰	-	۱٫۲
	EC+	۲٫۲	-	-	-	۲٫۴	-	۰٫۴۵	-	۱٫۷
	EC++	۱٫۸	-	-	-	۲٫۲	-	۰٫۴۰	-	۲٫۲
به‌جز جنوب و شمال	EC	۳٫۰	۰٫۵۰	-	-	۳٫۰	-	۰٫۳۵	-	۱٫۲
	EC+	۲٫۲	۰٫۵۳	-	-	۲٫۴	-	۰٫۳۰	-	۱٫۷
	EC++	۱٫۸	۰٫۵۵	-	-	۲٫۲	-	۰٫۲۵	-	۲٫۲

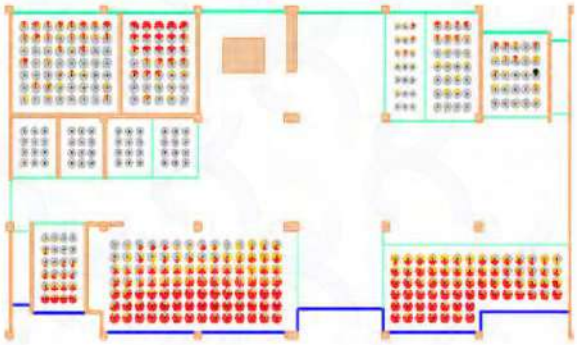
دکتر بهروز کاری

بهره‌گیری از روشنایی طبیعی



کفایت نور روز در نقاط مختلف ساختمان

محدود کردن میزان خیرگی در نقاط مختلف



دکتر بهروز کاری

رویکردهای اصلی در ویرایش چهارم مبحث ۱۹:

- **تأسیسات مکانیکی:**
  - توجه به موضوعات کلیدی، از جمله حداقل بازدهی تجهیزات، کنترل و پایش، بازیافت و ذخیره‌سازی انرژی،؛
  - مطرح شدن ضوابط جدید برای بهره‌گیری از سیستم‌های برپایه انرژی‌های تجدیدپذیر، در روش‌های مختلف طراحی، و در نظر گرفتن امکان جایگزینی سیستم‌های تجدیدپذیر با ارتقاء مشخصات حرارتی بام؛
  - معطوف کردن اهمیت ویژه به موضوع بهره‌گیری از روشنایی طبیعی، در جهت ارتقاء شرایط محیط داخل، و کاهش مصرف روشنایی مصنوعی .

44

دکتر بهروز کاری

رویکردهای اصلی در ویرایش چهارم مبحث ۱۹:

- **تأسیسات برقی:**
- پرداختن به موارد مهم، از جمله کاربرد سیستم‌های تولید هم‌زمان، ترانسفورماتورها، مولدهای نیروی برق اضطراری، بانک‌های خازن، سیستم‌های اندازه‌گیری، آسانسورها و پلکان‌های برقی، علاوه بر توجه به روشنایی مصنوعی، سیستم‌های کنترل و موتورها.

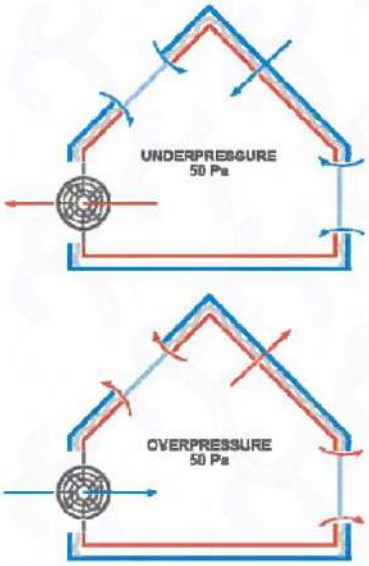
45
دکتر بهروز کاری

رویکردهای اصلی در ویرایش چهارم مبحث ۱۹:

- در نظر گرفتن پیوستی (پیوست ۱) برای فهرست واژگان، حاوی واژه‌های معادل به زبان انگلیسی، به‌جای مقادیر فیزیکی اصلی، تعاریف و علایم؛
- حذف پیوست «روش محاسبه شاخص خورشیدی»، با توجه به تغییر الگوی طراحی شیشه‌ها و پنجره‌ها؛
- اضافه کردن پیوست جدید (پیوست ۵) «برنامه زمانی بهره‌برداری ساکنین و عملکرد تجهیزات» برای ایجاد هماهنگی‌های لازم برای طراحی نرم‌افزاری؛
- انتقال روش محاسبهٔ ضریب کاهش انتقال حرارت طرح به پیوست ۶.

46
دکتر بهروز کاری

لازمه کنترل میزان تهویه و میزان نشت هوا در ساختمان‌ها

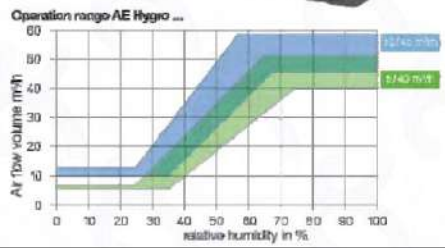


آزمون هوابندی

دکتر بهروز کاری

لازمه کنترل میزان تهویه و میزان نشت هوا در ساختمان‌ها

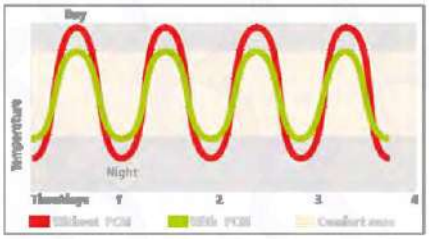
تهویه مکانیکی

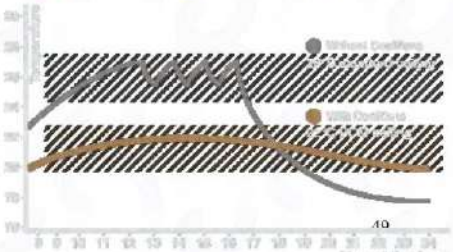


دکتر بهروز کاری

کاهش نیاز انرژی ساختمان‌ها با استفاده از فناوری‌های ذخیره‌سازی حرارت در جدارها

لایه‌های دارای مواد تغییر فاز دهنده (PCM)



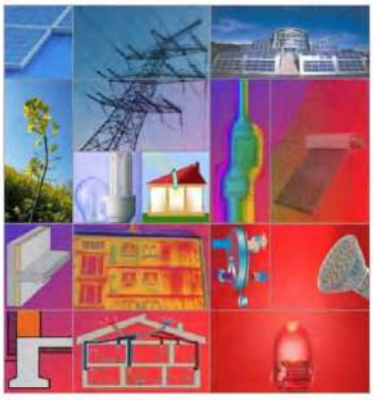


دکتر بهروز کاری

کاهش نیاز انرژی ساختمان‌ها با استفاده از سیستم‌های برپایه انرژی‌های تجدیدپذیر

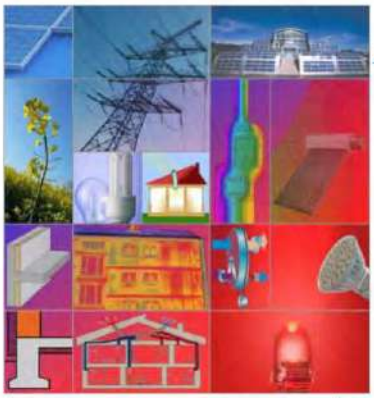
- بهره‌گیری حداکثر از انرژی خورشیدی با سیستم‌های فعال و غیرفعال
- بهره‌گیری حداکثر از دیگر انرژی‌های تجدیدپذیر
- بازیافت انرژی
- ذخیره‌سازی
- کاربرد تجهیزات مکانیکی و الکتریکی با بازدهی انرژی بالا
- بهره‌گیری از سیستم‌های هوشمند برای انطباق

هر چه بیشتر تولید انرژی با نیازهای واقعی و مقطعی



دکتر بهروز کاری

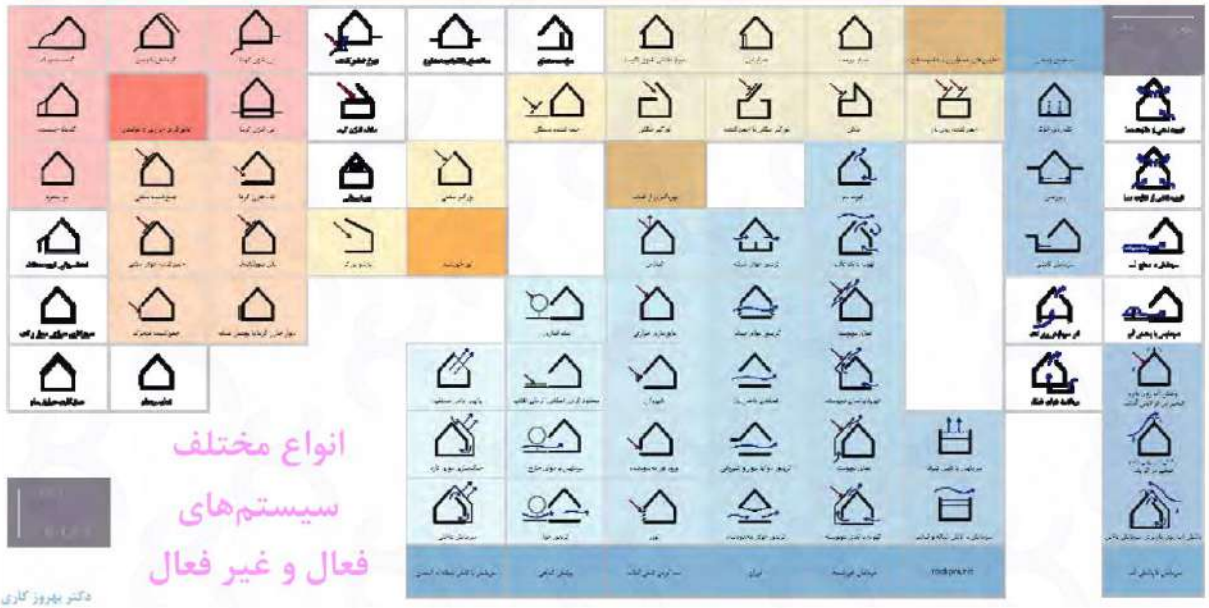
کاهش نیاز انرژی ساختمان‌ها با استفاده از سیستم‌های برپایه انرژی‌های تجدیدپذیر



- سیستم‌های فعال و غیرفعال خورشیدی
- سیستم‌های تولید انرژی با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر
- سیستم نوین تهویه
- سیستم‌های بازیافت انرژی
- سیستم‌های ذخیره‌سازی
- تجهیزات مکانیکی و الکتریکی با بازدهی انرژی بالا
- سیستم‌های هوشمند برای انطباق هر چه بیشتر تولید انرژی با نیازهای مقطعی

دکتر بهروز کاری

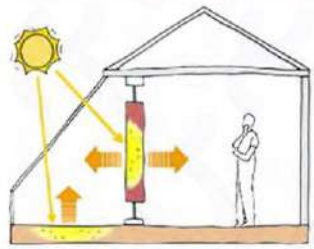
کاهش نیاز انرژی ساختمان‌ها با استفاده از سیستم‌های برپایه انرژی‌های تجدیدپذیر



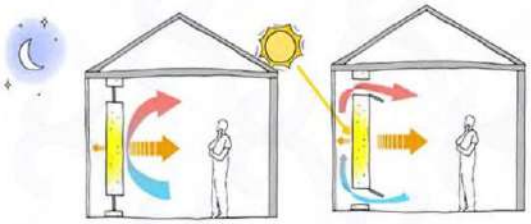
دکتر بهروز کاری

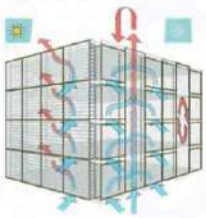
کاهش نیاز انرژی ساختمان‌ها با استفاده از سیستم‌های برپایه انرژی‌های تجدیدپذیر

- پنجره با جریان هوا
- نمای دو پوسته
- دیوار خورشیدی صلب مجوف
- دودکش خورشیدی
- سلول فتوولتائیک
- کلکتور خورشیدی با سیال مایع



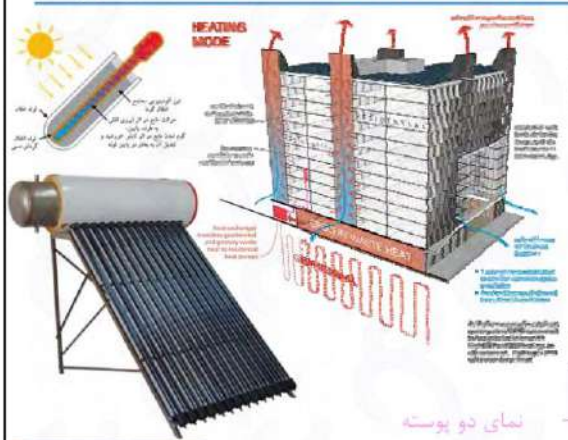
- دیوار ترومب
- دیوار آبی
- دیوار بارا-کنستانتینی
- بام آبی
- فضای خورشیدی
- کلکتور خورشیدی





دکتر بهروز کاری

کاهش نیاز انرژی ساختمان‌ها با استفاده از سیستم‌های برپایه انرژی‌های تجدیدپذیر



- نمای دو پوسته
- دودکش خورشیدی
- سلول فتوولتائیک
- کلکتور خورشیدی با سیال مایع

دکتر بهروز کاری

کاهش نیاز انرژی ساختمان‌ها با استفاده از سیستم‌های برپایه انرژی‌های تجدیدپذیر

توربین‌های بادی تلفیق‌شده با ساختمان

دکتر بهروز کاری

با تشکر

دکتر بهروز کاری

عنوان ارائه:

بررسی انواع روش های اجرای عایق های حرارتی جدارهای ساختمانی، لوله ها و کانال ها

سهراب ویسه

دکتری مهندسی معدن

استاد دانشگاه شهید بهشتی و خواجه نصیرالدین طوسی– مشاور مرکز تحقیقات راه، مسکن و

شهرسازی– دبیر بیش از ۱۵۰ استاندارد ملی مصالح ساختمانی و عایق های حرارتی

بررسی انواع عایق های حرارتی و روش های اجرای آنها برای جدارهای ساختمانی، لوله ها و کانال ها

مقدمه

عایق‌های حرارتی مصالحی هستند که ساختار داخلی آنها جریان حرارت را کاهش می‌دهد. این مصالح اگر به‌درستی و در جای مناسب پوسته خارجی ساختمان اجرا شوند، می‌توانند صرفه‌جویی انرژی قابل ملاحظه‌ای را در طول عمر مفید ساختمان تضمین کنند.

ثمربخشی یک عایق حرارتی، از دید کاهش مصرف انرژی، بستگی به مقاومت حرارتی (مقدار R) آن دارد که معرف مقاومت آن در برابر جریان حرارت است. هرچه مقدارR بیشتر باشد، جریان حرارت و در نتیجه مصرف انرژی کاهش خواهد یافت. انتخاب عایق حرارتی مناسب با در نظر گرفتن عوامل ویژه اصلی و دیگر پارامترهای تعیین‌کننده، جزییات اجرایی و عوامل تأثیرگذار بر روی عملکرد عایق حرارتی، از جمله شرایط اقلیمی، بارهای وارده، ... صورت می‌گیرد.

کیفیت عایق نقش مهمی در مؤثر بودن عایق‌کاری حرارتی دارد. عایق باید ازنظر خواص مشروحه زیر دارای کیفیت مطلوب و در حد استاندارد باشد: مقاومت حرارتی زیاد، جذب آب کم، نفوذپذیری بخار آب کم ، دوام زیاد (چنانچه در معرض عوامل جوی قرار می‌گیرد)، پایداری ابعادی بالا، مقاومت زیاد در برابر نیروهای وارده، رفتار مناسب در برابر آتش، ضخامت، چگالی و ابعاد خطی مناسب.

چند نوع عایق حرارتی تجارتی برای دستیابی به مقاومت حرارتی مورد نیاز در دسترس است. انواع اصلی عایق‌های موجود در کشور پشم شیشه، پشم سنگ، پشم سرباره، فوم پلی‌استایرن، فوم پلی‌یورتان و فوم الاستومری است.

سازوکار عایقکاری حرارتی

عایقکاری حرارتی با استفاده از خاصیت عایق بودن هوا یا گازهای دیگر صورت می‌گیرد. بدین صورت که هوای خشک ساکن عایق بسیار خوبی است و چنانچه در فضاهای کوچک مصالح عایقکاری محبوس شود و همرفت بعلت کوچکی فضا به حداقل برسد، از انتقال گرما جلوگیری می‌کند. اما آب هادی بسیار خوبی است و وجود آن دراین فضاها بازدهی عایق را کم می‌سازد.

انواع عایق‌های حرارتی

بر اساس ساختار فیزیکی و شکل عایق‌های حرارتی برحسب ساختار فیزیکی و شکل به انواع زیرتقسیم می‌شوند:

*۱-**عایق فله به‌صورت الیافی یا دانه‌ای:** مثال‌های نوعی چنین مصالحی عبارتند از پشم شیشه، پشم سنگ، پشم سرباره، ورمیکولیت متورق و چوب پنبه دانه‌ای. مزایای این عایق‌ها عبارتند از: اجرای آسان و ارزانی.*

معایب این عایق‌ها عبارتند از: ممکن است در طی چند دهه تجمع گرد و غبار باعث کاهش مقاومت حرارتی آنها به‌وسیله متراکم شدن عایق یا پر شدن بسته‌های هوایی شود. هیچ نوع عملکرد بخاربندی از عایق انتظار نمی‌رود. مواد بسیار سبک الیافی هستند که ممکن است توسط حرکت هوا در اتاقک زیرشیروانی جابجا شوند. بعضی عایق‌های الیافی فله‌ای نشست می‌کنند و به‌علت باد و هجوم جوندگان جابجا می‌شوند.

*۲- **پتویی و نواری:** مصالح این گروه انعطاف پذیر بوده و معمولاً به‌صورت رول عرضه می‌شوند. آنها از مواد آلی یا غیرآلی با یا بدون چسباننده‌های رزینی تشکیل می‌شوند. بیشترعایق‌های مورد استفاده به‌صورت پتویی از جنس پشم معدنی هستند.*

*۳- **تخته‌ها یا دال‌های صلب:** تخته‌ها یا دال‌های صلب مانند انواع مختلف تخته‌های پشم معدنی، تخته‌های فوم پلیمری.*

۴- عایق اجرای درجا شامل پاشیدنی، درمحل به‌صورت فوم درآمده و دمیدنی: مانند فوم پلی‌یورتان و مصالح عایق‌کاری با چسباننده‌های مایع که آنها را می‌توان برروی سطوح پاشید. مصالح عایق‌کاری پاشیدنی اغلب در دیوار ساختمان‌های جدید مصرف می‌شوند اما همچنین در زیر شیروانی ساختمان‌ها و همچنین در بازسازی ساختمان‌های قدیمی هم از این روش استفاده می‌کنند.

بر اساس منشأ عایق‌های حرارتی به ۴ دسته زیر تقسیم می‌شوند:

*۱- **منشأ حیوانی:** نظیر مو و پشم حیوان که استفاده از آنها در ساختمان محدود است.*

۲- منشأ معدنی: شامل پشم سنگ، پشم شیشه، پشم سرباره، آزبست، ورمیکولیت، ورق فلزی براق و غیره است. مصالح عایق‌کاری الیاف معدنی آنهایی هستند که از الیاف معدنی مصنوعی حاصل از یک مذاب سیلیکات (شیشه ، سنگ یا سرباره) با یا بدون چسباننده الیاف ساخته شده‌اند. این عایق‌ها غیرقابل اشتعال اند. پشم های معدنی می‌توانند به‌عنوان جاذب و عایق صوت استفاده شوند. این پشم ها باعث آلودگی هوای داخل ساختمان نمی‌شوند و برای سلامتی ضرری ندارند. اما باید توجه نمود که پشم شیشه ممکن است حساسیت (آلرژی) پوستی ایجاد کند. ممکن است باعث ناراحتی افرادی شود که نسبت به مواد شیمیایی حساسند. از طرف دیگر اکثر پشم‌های معدنی از فنل فورمالدئید برای اتصال الیاف به یکدیگر استفاده می‌کنند. این چسباننده‌ها ممکن است در شرایط

رطوبت زیاد بوهای ناخوشایند حاصل کنند. عیب دیگر این مواد آن است که در برابر بخار آب نفوذپذیر اند و نیاز به بخاربند دارند.

۳- منشأ پلیمری: *عایق‌های با منشأ پلیمری شامل پلاستیک‌های فومی از جمله فوم‌های پلی‌یورتان، و پلی‌استایرن و لاستیک مصنوعی هستند. این عایق‌ها، پلاستیک‌های سلولی یا فوم‌های پلاستیکی هستند که معمولاً از حداقل دو فاز تشکیل می‌شوند: خمیره پلیمری جامد و فاز گازی که از ماده دمنده به‌دست می‌آید. فوم‌ها به دو صورت انعطاف پذیر و صلب تولید می‌شوند. نوع صلب نیز شامل سه نوع اصلی فوم فنلیک، پلی‌استایرن و پلی‌یورتان هستند. سلول‌ها ممکن است به دو صورت زیر باشند: اول، سلول‌های باز (بین سلول‌ها تونل‌هایی وجود دارد) و سلول‌های بسته. فوم‌های سلول بسته برای عایق‌کاری حرارتی مناسبترین‌اند. این عایقها مقاومت بالایی در برابر آب و بخار آب دارند. بنابر این می‌توان آنها را در تماس با خاک قرار داد. مشکلات عایق‌های فومی عبارتند از: قابلیت اشتعال بنابر این لازم است پوشانده و محافظت شود، ایجاد زباله و باطله‌هایی که توسط طبیعت تجزیه نمی‌شوند (بازیافت آن از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نبوده و یا مشکل است) و تخریب لایه اوزن توسط مواد دمنده مانند کلروفلوئوروکربن (CFC).*

یکی از عایقهای پلیمری اسپری پلی‌یورتان است. این فوم در داخل فضای خالی منبسط می‌شود و به‌صورت کاملاً صلب گیرش حاصل می‌کند. مزایای این عایق‌ها عبارتست از: فوم همان‌طور که تولید می شود، اجرا می گردد. بنابراین حذف یک مرحله سودمند است. فوم با استحکام زیاد به اکثر مصالح ساختمانی می چسبد. بنابراین نیازی به میخ زدن یا چفت و بست کردن و غیره ندارد. سطوح قوس دار، گنبدی و برجسته را می توان بطور موثری با فوم اسپری شده عایق‌کاری کرد. چون فوم کاملاً از شکل زیرکار تبعیت می کند. عایق پیوسته است و ناپیوستگی ناشی از درزهای لبه به لبه وجود ندارد. بنابراین پل‌های حرارتی و ترک خوردگی پوشش ناشی از چرخه‌های دمایی ایجاد نمی شود. می‌تواند به‌عنوان سد در برابر هوا و کند کننده نفوذ بخار آب عمل کند. معایب این عایق‌ها عبارتست از: مشکلات ربست محیطی و این که لازم است پوشش داده شود.

یکی از عایقهای پلیمری مهم برای تاسیسات ساختمانی، لوله ها و کانال ها فوم الاستومری انعطاف‌پذیر (flexible elastomeric foam) است. این عایق فوم انعطاف‌پذیر سلول بسته‌ای است که از لاستیک طبیعی یا مصنوعی، یا مخلوطی از آن‌دو ساخته می‌شود و حاوی سایر پلیمرها و سایر مواد شیمیایی است که ممکن است با افزودنی های آلی یا معدنی اصلاح شده باشد. این عایق به دلیل قابلیت های فنی بسیار خوب بهترین انتخاب برای تاسیسات تهویه مطبوع و سیستم های سرمایشی و گرمایشی است.

۴- منشأ گیاهی: برخی مواد مانند مواد گیاهی سلولی یا فیبری نظیر نی، کاه، ساقه گندم، الیاف گیاهی، کتان و چوب‌پنبه می‌توانند در ساخت انواع عایق‌های حرارتی مورد استفاده قرار گیرند. مصالح عایق‌کاری گیاهی از الیاف گیاهی (شامل ذغال‌سنگ نارس الیافی، الیاف نارگیل یا الیاف چوب که به‌صورت شیمیایی و مکانیکی فرآوری

شده‌است) با یا بدون چسباننده الیاف تشکیل شده اند. مزایای عایق تخته‌ای آلی عبارتست از: ارزانی و اگر به‌درستی نصب، استفاده و نگهداری شود، معمولاً مورد حمله قارچی قرار نمی‌گیرد. معایب این عایق‌ها عبارتست از: قابلیت اشتعال، ممکن است توسط حشرات مورد حمله قرار گیرد. نباید در محل‌هایی که دائماً مرطوب‌اند، استفاده شود.

انواع عایق های حرارتی تاسیسات ساختمانی، لوله ها و کانال ها

- تخته‌ای یا دال: فراورده (عایق حرارتی) صلب یا نیمه‌صلب با شکل و سطح مقطع مستطیل است که در آن ضخامت یکنواخت بوده و بسیار کوچک‌تر از سایر ابعاد است. تخته‌ها معمولاً نازک‌تر از دال‌ها هستند. می‌توان آن‌ها را به شکل گوه‌ای نیز عرضه کرد.
- عایق لوله‌ای: فراورده (عایق) به شکل قطعه‌های استوانه‌ای که ممکن است برای سهولت در اجرا دو نیم شده باشد.
- قطعه: فراورده عایق صلب یا نیمه‌صلبی است که در تجهیزات کروی یا استوانه‌ای با قطر بزرگ به‌کار می‌رود.
- بلوک: فراورده (عایق) که عموماً دارای مقطع عرضی چهارگوش است با ضخامتی که خیلی کوچک‌تر از عرض نیست.
- عایق پیش‌ساخته: قطعات بریده، سائیده، یا شکل داده شده از یک تخته یا بلوک فراورده مانند زانویی، **T** شکل و غیره است.

مشخصات فنی عایق‌های حرارتی

انواع عایق‌های حرارتی با توجه به جنبه‌های مختلف ازجمله دوام، مشخصات فیزیکی، مکانیکی و آکوستیکی کاربردهای گوناگونی در ساختمان دارند. برای تعیین کیفیت هر یک از عایق‌های حرارتی فوق لازم است آزمایش‌های مختلف بر روی آنها انجام شده، پس از اندازه‌گیری خواص فیزیکی، تعیین مشخصات لازم و مقایسه با ویژگی‌های استاندارد نسبت به بررسی و ارزیابی کیفیت اقدام نمود.

آزمایش عایق‌های حرارتی: **در استانداردهای مختلف برای تعیین مشخصات هر نوع عایق حرارتی، گروهی از آزمایش‌های زیر تعیین شده‌است: ابعاد خطی، چگالی ظاهری، پایداری ابعادی، رفتار در برابرآتش (گسترش سطحی شعله، شاخص گسترش حریق و شاخص گسترش دود)، ضریب هدایت حرارتی، مقاومت در برابر تغییر شکل، مقاومت در برابر یخ زدن و آب شدن، مقاومت کششی عمود برسطوح، مقاومت کششی موازی با سطوح، بار شکست، رفتار تحت بار نقطه‌ای، مقاومت در برابر نشست، اندازه‌گیری pH، مقدار سولفات و کلرید محلول در آب، حداکثر دمای مورد استفاده، جمع‌شدگی خطی، جذب آب کوتاه مدت با غرقاب نمودن جزئی، جذب آب درازمدت با نفوذ، جذب بخار آب، تغییر شکل تحت بار فشاری و دمای مشخص، مقاومت فشاری، رفتار برشی، خزش ناشی از فشار، انتشار بو، نفوذپذیری بخار آب، خوردگی و پایداری در برابر قارچ. بعضی از این خواص ازجمله ضریب هدایت حرارتی در عملکرد عایق‌کاری حرارتی اهمیت زیادی دارد. از آنجا که مقدار رطوبت جذب شده توسط ماده اثر قابل ملاحظه‌ای بر میزان هدایت حرارتی دارد مشخصاتی نظیر جذب آب، جذب بخار آب و نفوذ بخار آب از اهمیت بسیاری برخوردار است .از طرف دیگر ضریب هدایت حرارتی به چگالی ماده بستگی دارد و همچنین پایداری کلیه انواع عایق حرارتی شدیداً به مقدار مواد جامد موجود وابسته است. لذا اندازه‌گیری چگالی نیز مورد نیاز است. از آنجا که عایق‌های حرارتی ممکن است تحت تنش‌های فشاری، کششی، خمشی و برشی قرار گیرند، لازم است با انجام آزمایش‌هایی این خصوصیات نیز تعیین شوند.**

انتخاب مصالح عایق‌کاری برای هر کاربرد ویژه در عمل تنها براساس مقاومت حرارتی صورت نمی‌گیرد. خواص دیگری وجود دارد که باید آنها را نیز در نظر گرفت. این خواص عبارتند از: پایداری ابعادی، مقاومت در برابر دماهای زیاد، مقاومت‌های مکانیکی، جذب رطوبت و بخار آب، دوام، امکان حمله جانوران، مقاومت در برابرآتش و نماسازی‌ها.

با دو روش لوح گرم محافظت شده و لوح گرم کالیبره شده می‌توان ضریب هدایت حرارتی λ را به‌دست آورد. با تقسیم ضخامت آزمونه بر λ مقدار R محاسبه می‌شود. میزان رطوبت موجود در عایق تأثیر تعیین کننده‌ای بر مقاومت حرارتی آن دارد. زیرا عایق‌کاری حرارتی با استفاده از خاصیت عایق بودن هوا صورت می‌گیرد. اما آب هادی بسیار خوبی است و وجود آن دراین فضاها ثمربخشی عایق را کم می‌سازد. بنابراین اندازه‌گیری نفوذپذیری بخار آب و جذب آب در کیفیت عایق از اهمیت زیادی برخوردار است.

در بعضی از کاربردها، برای مثال عایق‌کاری کف بام، عایق در برابر بارهای فشاری قرار می‌گیرد. در این موارد لازم است رفتار فشاری عایق اندازه‌گیری شود. از عواملی که دوام عایق را کم می‌کند حمله قارچها و حشرات است. برای وقوع آن شرایط مرطوب ضروری است. باید توجه داشت چنین شرایط مرطوب برای حمله می‌تواند از میعان حاصل شود. درباره مصالح مرکب باید حساسیت پوشش کاغذی، چسباننده‌ها و غیره به حمله قارچی مورد توجه قرار گیرد. پشم شیشه، پشم سنگ و پشم سرباره خوراک حشرات و قارچها را تأمین نمی‌کنند بنابراین مورد حمله قارچها و سایر موجودات قرار نمی‌گیرند.

فوم پلی استایرن و فوم پلی یورتان تحت تأثیر حمله قارچی نیستند. اما عایق‌های گیاهی، دارای مواد آلی بر پایه سلولز هستند که در حضور رطوبت مورد حمله قارچها قرار می‌گیرند. روش‌هایی برای ارزیابی عملکرد عایق در برابر این گونه موجودات وجود دارد.

بررسی خطر حریق در مورد عایق‌ها با اهمیت است زیرا بعضی از آنها قابلیت اشتعال داشته و در اثر سوختن گازهای سمی متصاعد می‌کنند. در بررسی خطرحریق شناخت دو مورد اهمیت دارد، اول این که مصالح قابل سوختن هستند یا خیر و دوم اگر قابل سوختن هستند چه خطری هنگام استفاده به‌وجود می‌آورند. از سوی دیگر اگر از مصالح پلیمری کندسوز استفاده می شود، چگونه باید از آن در برابر آتش محفظت کرد.

روش‌های آزمایش فرآورده‌های عایقکاری حرارتی: مطابق استانداردهای ملی ایران لازم است بر حسب نیاز آزمون های زیر در مورد عایقهای حرارتی انجام شود و با ویژگی استاندارد فراورده مربوط ارزیابی شوند. مهم ترین روش های آزمون استاندارد عایق های حرارتی شامل موارد زیر است:

- تعیین ضریب هدایت حرارتی
- تعیین طول و عرض
- تعیین ضخامت
- تعیین گونیا بودن
- تعیین تخت بودن
- تعیین رفتار فشاری
- اندازه‌گیری چگالی
- تعیین پایداری ابعادی در شرایط آزمایشگاهی متعارف ثابت
- اندازه گیری پایداری ابعادی در شرایط دما و رطوبت معین
- تعیین خزش فشاری
- تعیین جذب آب درازمدت از طریق غوطه‌ورسازی

- تعیین مقاومت در برابر یخ زدن وآب شدن

روش های اجرای عایق‌کاری حرارتی برای جدارهای ساختمانی

عایق‌کاری حرارتی دیوارهای خارجی

عایق‌کاری حرارتی دیوار به ۴ روش زیر انجام می شود:

۱- *عایق‌کاری حرارتی دیوار از داخل:* ***در روش عایق‌کاری حرارتی دیوار از داخل، اینرسی حرارتی جدار به حداقل می‌رسد. یکی از نکات مهمی که در خصوص عایق‌کاری حرارتی از داخل حائز اهمیت می‌باشد، پل‌های حرارتی در محل‌های تلاقی دیوار خارجی با کف طبقات و تیغه‌های داخلی است، که باید حتماً در محاسبات انتقال حرارت جدارها لحاظ گردد. برای کاهش پل‌های حرارتی، در بعضی موارد اقدام به ادامه عایق حرارتی روی جدار تلاقی کننده با دیوار خارجی می‌کنند.***

در صورت درنظر گرفتن روش عایق‌کاری از داخل، برای ساختمانی واقع در منطقه‌ای پر بارش و سردسیر باید تمهیدات لازم برای حصول اطمینان از عدم ورود آب به داخل دیوار و عدم بروز خرابی ناشی از یخ زدن و ذوب‌شدن لایه‌های بیرونی آن پیش‌بینی گردد. در صورت وجود لایه بخاربند، باید محل قرارگیری آن بسته به اقلیم آن منطقه به دقت تعیین شود. هنگام عایق‌کاری حرارتی با پشم معدنی و زیرسازی چوبی یا فلزی، در همه مناطق، به استثنای مناطق گرم و مرطوب، لایه بخاربند باید در طرف روبه‌داخل عایق حرارتی، اجرا شود. در مناطق گرم و مرطوب، بخاربند باید بین دیوار پشتیبان و عایق حرارتی کار گذاشته شود.

۲- عایقکاری حرارتی دیوار از بیرون: **در روش عایقکاری حرارتی دیوار از بیرون، لایه‌های داخلی دیوار در برابر اثر عوامل جوی محفوظ می‌مانند، ولی در عین حال، تأثیر این عوامل بر روی پوشش نهایی نما و عایق حرارتی، به‌طور چشمگیری تشدید می‌گردد. بر خلاف روش عایق‌کاری حرارتی از داخل، نصب عایق حرارتی از خارج باعث افزایش اینرسی حرارتی جدار و ساختمان می‌شود. این امر، برای ساختمان‌های با استفاده مداوم یک مزیت محسوب می‌گردد. در تعدادی از روش‌های عایق‌کاری حرارتی از خارج، یک لایه هوای محبوس یا تهویه‌شده، بین عایق حرارتی و پوشش نهایی نما در نظر گرفته می‌شود. این لایه، علاوه بر بهبود عملکرد رطوبتی دیوار، عملکرد حرارتی و صوتی آن را نیز بهبود می‌بخشد. در صورت وجود لایه بخاربند، باید محل قرارگیری آن بسته به اقلیم آن منطقه به دقت تعیین شود.**

۳- **عایقکاری حرارتی دیوار به صورت میانی:** در روش عایقکاری حرارتی دیوار به صورت میانی، عایق حرارتی بین دو جدار از مصالح بنایی یا بتنی قرار می‌گیرد. این روش عایق‌کاری نیز، همانند روش عایق‌کاری حرارتی از داخل دارای پل‌های حرارتی در محل اتصال دیوار به کف، سقف و تیغه‌های داخلی است. اتصال لایه داخلی و خارجی جدار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد و لازم است موضوعات سازه‌ای و لازمه دوختن به‌صورت دقیق، با استفاده از سنجاق‌ها و قطعات متصل‌کننده خاص، بررسی گردد، و راه‌حل‌های مناسب، با در نظر گرفتن اثر پل‌های حرارتی ناشی از رابط‌های بین دو لایه، اتخاذ گردد. در صورت کاربرد این روش در مناطق سردسیر، لازم است مصالح مورد استفاده برای لایه خارجی دیوار جذب آب کمی داشته باشند، تا از خرابی‌های ناشی از یخبندان اجتناب گردد. در این روش اجرا، با توجه به احتمال نفوذ رطوبت، در صورت عدم وجود فاصله هوایی بین عایق و لایه خارجی دیوار، لازم است از عایق‌های پلیمری غیر جاذب آب استفاده شود و نما با اعمال یک لایه آب گریز غیر قابل نفوذ گردد. در صورتی که لایه عایق حرارتی از مصالح معدنی باشد، باید در طرف گرم آن از یک لایه بخاربند استفاده شود.

۴- **عایق‌کاری حرارتی دیوار با عایق همگن:** این نوع دیوارها، در صورت دارا بودن ضریب هدایت حرارت اندک و ضخامت کافی، می‌توانند به‌تنهایی و بدون نیاز به لایه عایق حرارتی تکمیلی، انتظارات در نظر گرفته شده در مقررات ملّی ساختمان را تأمین نمایند. بدیهی است که با توجه به ظرفیت حرارتی کم این نوع قطعات و به تبع آن، افزایش انبساط و انقباض‌های حرارتی ناشی از آن، باید ملاحظات لازم جهت تأمین اتصال مناسب این قطعات به لایه‌های پوششی نما و جلوگیری از جداشدگی و ایجاد ترک در نظر گرفته شود. علاوه بر این، ضروری است لایه بخاربند در مناطق سردسیر در طرف رو به داخل و در مناطق گرم و مرطوب، در طرف رو به خارج لایه ساخته شده از قطعات بتنی یا سفالی سبک پیش‌بینی گردد.

عایق‌کاری حرارتی بام

روش‌های عایق‌کاری حرارتی بام نیز به دو حالت اصلی از داخل و خارج تقسیم‌بندی می‌شوند. با توجه به این نکته که در بام تخت یک لایه عایق رطوبتی در نظر گرفته می‌شود، امکان تنفس بام تخت و انتقال رطوبت به خارج کاملاً منتفی می‌شود. در نتیجه، لازم است خطرات میعان به‌صورت جدی مورد بررسی قرار گیرد، و تمامی تمهیدات لازم برای جلوگیری از آن در نظر گرفته‌شود. عایق‌کاری بام از خارج به دو روش انجام می شود:

۱-عایق‌کاری حرارتی زیر عایق رطوبتی: **در این روش اجرا نیز که عایق رطوبتی روی عایق حرارتی قرار می‌گیرد، نوسانات دما در عایق رطوبتی به‌طور چشم‌گیری تشدید می‌شود، و در نتیجه، خطر خرابی در اثر نوسانات دما، تکانه‌های حرارتی، سیکل‌های یخزدن و ذوب‌شدن و همچنین میعان بسیار افزایش می‌یابد. ضخامت و مقاومت مکانیکی لایه عایق حرارتی باید به‌گونه‌ای باشد که از فشرده‌شدن بیش از حد آن زیر بارهای مرده و زنده جلوگیری شود.**

۲- بام وارونه: **در این روش اجرا، با جابجا کردن موقعیت عایق حرارتی و رطوبتی، از اعمال تغییرات شدید دما، چرخه‌های یخبندان و بارهای نقطه‌ای بر روی عایق رطوبتی جلوگیری به‌عمل می‌آید، و دوام بام به‌طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد. عایق حرارتی که در این شرایط می‌تواند مدتها در آب باشد، نباید به‌هیچ وجه جاذب آب باشد. عایق حرارتی، خصوصاً برای مناطق سردسیر، باید از نوع پلیمری غیر جاذب آب (پلی‌استایرن منبسط اکسترود شده یا با چگالی بیش از ۳۰ کیلوگرم بر متر مکعب)، باشد. بر روی عایق حرارتی، باید یک لایه شن (ترجیحاً از نوع بادامی) با دانه‌بندی ۲۵/۱۵، با ضخامتی نزدیک به ضخامت عایق حرارتی افزوده شود. عایق حرارتی، علاوه بر محافظت عایق رطوبتی در برابر اثرات مخرب تابش فرابنفش خورشیدی، تغییرات دمای عایق رطوبتی در طول دوره بهره‌برداری را نیز به حداقل میزان ممکن کاهش می‌دهد. این امر دوام و کارآیی عایق رطوبتی در درازمدت را تضمین می‌کند. با توجه به این نکته که لایه شن بادامی و موزاییک اضافه باری بیش از ۸۵ کیلوگرم بر متر مربع به بام تحمیل می‌کند، ضروری است این افزایش بارگزاری در طراحی سازه ساختمان در نظرگرفته شود.**

نتیجه گیری

عایق‌کاری حرارتی مزایای زیادی شامل موارد زیر دارد: صرفه جویی در مصرف انرژی، محافظت و آسایش افراد، ثابت نگاه داشتن دمای فرآیند، کاهش تغییرات و نوسانات دما، جلوگیری از میعان و خوردگی، محافظت در برابر آتش، محافظت در برابر یخبندان و کاهش سر و صدا و ارتعاش.

در اکثر ساختمان‌های مسکونی حدود ۷۰ درصد انرژی مورد استفاده برای سرمایش و گرمایش محیط‌های مسکونی، حدود ۲۰ درصد برای وسایل خانگی و آب گرم و حدود ۱۰ درصد برای روشنایی مصرف می‌شود. بنابراین برای کاهش این هزینه‌ها باید از مقدار انرژی مصرفی برای سرمایش و گرمایش شروع کرد. برای کاهش هزینه‌های سرمایش و گرمایش باید در جدارهای خارجی ساختمان از عایق‌های حرارتی استفاده نمود. کیفیت عایق نقش مهمی در مؤثر بودن عایقکاری حرارتی دارد. ثمربخشی یک عایق حرارتی بستگی به مقاومت حرارتی (مقدار R) آن دارد که معرف مقاومت آن در برابر جریان گرماست. هرچه مقدار R بیشتر باشد ، توان عایقکاری عایق حرارتی بیشتر است. برای انتخاب عایق حرارتی مناسب باید به اقلیم ، صرفه‌جویی انرژی برای فصول گرم و سرد، ثمربخشی تاسیسات سرمایش و گرمایش، مقطع ساختمانی که باید عایق شود، امکانات مالی و موارد دیگر توجه نمود.

میزان عایق بودن این مصالح از ترکیب شیمیایی و/ یا ساختار فیزیکی آن‌ها ناشی می‌شود. انواع فرآورده‌های عایق‌کاری حرارتی به شرح زیر است: مهم ترین انواع اصلی عایق‌های حرارتی عبارتند از: پشم شیشه، پشم سنگ، پشم سرباره، فوم پلی استایرن، فوم پلی یورتان و فوم الاستومری انعطاف پذیر.

عنوان ارائه:

آشنایی با طراحی، سیستم ها و تجهیزات بر مبنای اقلیم

وحید قبادیان

دکتری مهندسی معماری

معمار–مؤلف– استاد دانشگاه

طراحی ساختمان بر مبنای اقلیم

کره زمین به دردسر افتاده است. ما درست رفتار نکرده‌ایم یا بهتر است گفته شود که ما بدترین موجوداتی هستیم که بر روی این سیاره زندگی کرده‌ایم. ما توسعهٔ مدرن را به اقصی‌نقاط کره زمین گسترش داده‌ایم و منابع گوناگون را بدین منظور از عمق زمین خارج کرده‌ایم، درختان بسیاری را قطع کرده و مناطق بسیاری را جنگل‌زدایی کرده ایم، جو زمین، دشت‌ها، رودخانه‌ها، دریاها و اقیانوس‌ها را آلوده و تنوع زیستی را نابود کرده‌ایم. رد پایمان بسیار بزرگ است.

چه چیزی باعث شده تا ما این حد اقدامات نامطلوب را انجام دهیم؟ بسیاری بر این باورند که این کار به لحاظ وقوع انقلاب صنعتی بوده است؛ ولی بعضی دیگر معتقدند این عمل از زمانی شروع شد که یکجانشینی بشر و انقلاب کشاورزی روی داد. ما قبل از عصر کشاورزی، جزئی از طبیعت بودیم؛ ولی حالا ادعا می‌کنیم که ارباب آن هستیم. به‌ویژه پس از انقلاب صنعتی، توسعهٔ امکانات و پیشرفت بشر به‌سرعت افزایش یافت. ما بیش از هر زمان دیگری نیازمند ساختن بیشتر و منابع افزون‌تر هستیم و درمقابل، آلودگی و ضایعات را تحویل مادر حیات (گایا)[1] داده‌ایم. این وضعیت شامل صنعت ساختمان و محیطِ‌زیست ما نیز می‌شود.

«با تأثیرات تغییر آب‌وهوا، به‌صورتِ ژرف و نامحسوس که هرسال عیان‌تر شده است، ما نیازمند رویکردی برای تغییرات بنیادین اقلیمی هستیم که به‌صورتِ گسترده و سریع در ساختمان‌ها به کار گرفته شود. ما نیازمند روشی هستیم تا ما را از آستانهٔ آشفتگی آب‌وهوایی به‌صورتِ سریع و کم‌هزینه برگرداند» (Lippe, 2016: xxv).

توسعه، واژهٔ کلیدی عصر مدرن است. هر ملتی و هر دولتی خواهان پیشرفت بیشتر است. کشورهای جهان‌سوّم سخت تلاش می‌کنند تا همانند جهان اول توسعه‌یافته شوند. قدرت سیاسی، رقابت اقتصادی، شرایط اجتماعی و همچنین رشد سریع جمعیت، خصوصاً در جهان‌سوّم به منابع و تسهیلات نیازمند است. غذا، لباس و تولیدات صنعتی بیشتر، جاده‌های بیشتر، شهرها و ساختمان‌های بیشتر برای هر ملتی در دستور کار قرار گرفته است؛ اما ما فقط یک سیارهٔ مادر داریم و منابع آن محدود است.

«معماری در قرن بیستم به‌عنوانِ جشن عصر صنعت و تکنولوژی شروع شد؛ اما به‌سرعت در واکنش به عصر جدید اطلاعات و محیطِ‌زیست در حال تغییرکردن است»(Wines, 2000: 8).

روش ساخت‌وساز پیش از انقلاب صنعتی با توجه به صنعت ساختمان‌سازی، قابلیت استفاده کارآمدتر از منابع و تولید کمتر ضایعات و آلودگی داشته است. معماران سنتی انواع گوناگون ساختمان‌ها و مناطق شهری را برای

[1]- گایا (GAIA) به‌عنوانِ الههٔ مادر حیات در کره زمین، یکی از خدایان اسطوره‌ای در یونان باستان بوده است.

برآورده‌کردن تمام نیازهای بشر برای فعالیت با توجه به زیست‌بوم طبیعی ساخته‌اند. آنها این ساختمان‌ها را با استفاده از فنّاوری غیرپیشرفته (لوتک)[۲] ساخته‌اند. این مطلبی است که ما می‌توانیم از کارشان با توجه به معماری پایدار بیاموزیم.

«حل معضل مسکن در کشورهای درحالِ‌توسعه، تنها از طریق به‌کارگیری مصالح ساختمانی بوم‌آورد و شیوه‌های ساخت‌وساز غیرپیچیده، امکان‌پذیر است ... در کشورهای صنعتی، بهره‌برداری بی‌رویه از منابع طبیعی و به‌کارگیری سیستم‌های متمرکز تولید انرژی و سرمایه از آن، سبب ایجاد آلودگی محیطِ‌زیست و افزایش بیکاری گشته است» (مینکه، ۱۳۹۵: ۱۹).

طراحی بافت شهری، تراکم ساختمان‌ها، شکل و جهت‌گیری بنا، مصالح ساخت، پوستهٔ بیرونی و بازشوهای بنا، به‌علاوه، استفادهٔ درست از نور و تهویهٔ طبیعی، حرارت خورشیدی، جرم حرارتی و سایه به‌عنوانِ اصول فنّاوری غیرپیشرفته به شمار می‌روند. برعکسِ های‌تک، لوتک گران نیست، به طراحی و محاسبه پیچیده نیازمند نیست و همچنین به هزینهٔ نگهداری زیادی نیاز ندارد.

در سال‌های اخیر معماران های‌تک پیشین مانند نورمن فاستر، رنزو پیانو، ریچارد راجرز، میکائیل هاپکینز و نیکلاس گریمشاو، تعدادی از بهترین نمونه‌های شهرها و ساختمان‌های پایدار را طراحی کرده‌اند. در طراحی آن‌ها ملاحظات زیست‌محیطی و همچنین تداوم بعضی از راهکارهای سنتی قابلِ‌توجه است. طراحی شهرک مصدر در امارات متحده توسط فاستر، مرکز فرهنگی تیجیبائو در نیوکالدونیا توسط پیانو و خانهٔ پورتکلیس توسط هاپکینز، ازجملهٔ موارد خوب در این مورد هستند.

«چشم‌انداز تأثیر تغییرات اقلیمی و دیگر تهدیدهای محیطی شکل جدیدی از معماری، یعنی معماری سبز را می طلبد. انرژی مصرفیِ ساختمان‌ها به‌عنوانِ اصلی‌ترین علت انتشار گازهای گلخانه‌ای و همچنین بهترین فرصت برای کاهش این انتشارات تشخیص داده شده است. ما به‌عنوانِ طراحان ساختمان با یک انتخاب مواجه هستیم: یا باید مسئولیت تغییرات اقلیمی را بپذیریم و یا تغییرات ضروری که تأثیر ساختمان‌ها بر اقلیم را کاهش می‌دهند را هدایت کنیم» (چینگ، ۱۳۹۶: ۳۶۳).

به‌منظورِ ساختن محیطِ‌زیست پایدار، درنظرگرفتن جدیدترین مباحث در حوزهٔ معماری پایدار و درعینِ‌حال نگاه به آنچه معماری سنتی می‌تواند عرضه کند؛ ضروری است. روش‌های سنتی برای ساخت و احداث سکونتگاه در

[۲]- Low-tech

ایران و سایر بخش‌های جهان قابلیت استفاده کارآمدتر از منابع و کم‌ترین اثر پا در محیطِ‌زیست داشته است. این مطلب را می‌توان دربارهٔ هر سه چرخهٔ احداث، سکونت و تخریب ساختمان‌های سنتی عنوان کرد (نمودار ۱).

از مصالح ساختمانی مانند سنگ، آجر، خشت، شن، گل و الوار در مرحلهٔ احداث بنا استفاده می‌شده است؛ مصالحی که طبیعی و بومی هستند. این مصالح نیازمند روند کارخانه‌ای بسیار اندک هستند، حمل‌ونقل بسیار کمی دارند و انرژی نهفته در آنها کم است.[۳] درنتیجه، آلودگی و ضایعات کمتری در بردارند؛ به‌علاوه، آن‌ها یکپارچگی بصری و هویت بومی را برای هر ناحیه ایجاد می‌کردند. «یکی از دلایل اصلی برای تفاوت‌های منطقه‌ای در معماری، در نحوهٔ پاسخ‌دهی به شرایط اقلیمی است. با مشاهدهٔ ساختمان‌های بومی، این مطلب کاملاً واضح است؛ زیرا این ساختمان‌ها معمولاً انعکاس شرایط اقلیمی هستند که در آن واقع هستند» (Lechner, 2015: 3).

تکنولوژی ساخت‌وساز در گذشته به‌صورتِ دستی و با به‌کارگیری نیروی چهارپایان بوده است. این نوع از فنّاوری پرزحمت است؛ ولی درعینِ‌حال، کمترین صدمه به محیطِ‌زیست را وارد می‌کند.

در مرحلهٔ سکونت، منابع طبیعی انرژی مانند خورشید، باد و زیست‌توده[۴] برای گرمایش، سرمایش و تهویه استفاده شده است. اینها انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر با کمترین مقدار آلودگی و گازهای مضر هستند. ضایعات غذای روزانه برای تغذیهٔ حیوانات استفاده می‌شده است و انواع دیگر ضایعات حاصل از مصرف مصالح نظیر چوب، سنگ، فلز و پارچه بیشتر برای مقاصد دیگر استفاده می‌شده‌اند. آب شرب و آب برای سایر مصارف از آب باران یا آب چاه و یا رودخانه‌ای نزدیک تهیه می‌شده است. بدین صورت، کمترین نیاز برای لوله‌کشی شهری، تجهیزات تصفیه و نگهداری آب بوده است.

در مرحلهٔ تخریب، نخالهٔ حداقلی وجود داشت. مصالح ساختمانی از قبیل آجر، خشت، الوار و قلوه‌سنگ دوباره برای ساخت‌وسازهای جدید استفاده می‌شدند. هیچ پلاستیک یا فرآوردهٔ شیمیایی به‌عنوانِ نخالهٔ ساختمانی وجود نداشت. تفاوت‌های بین ساختمان‌سازی سنتی و معاصر در نمودار ۱ و ۲، در سه چرخهٔ عمر ساختمان به نمایش گذاشته شده است.

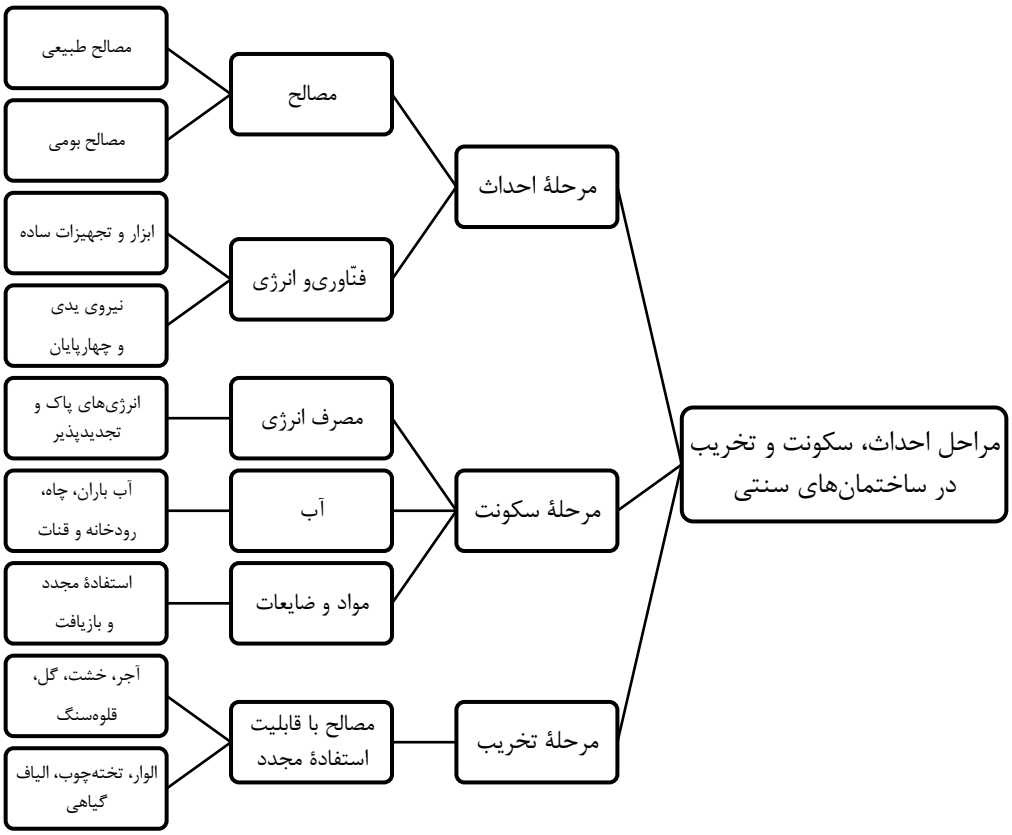
اگر شکل در معماری مدرن تابع عملکرد است؛ در معماری سنتی؛ بافت شهری، شکل ساختمان و نوع مصالح از شرایط آب‌وهوایی و محیطِ‌زیست طبیعی تبعیت می‌کنند. این بدان معنی است که بافت شهری، شکل ساختمان و نوع مصالح، با توجه به محیطِ‌زیست طبیعی و ویژگی های خاص هر اقلیم، طراحی و ساخته شده است.

۳- Low embodied energy material

۴- Bio-mass

هوراتیو گرینو،[۵]مجسمه‌ساز و هنرمند آمریکایی می‌نویسد «قانون تطبیق‌پذیری، قانون زیربنایی طبیعت در تمام ساختارها است» (Mumford, 1989: 27).

امروزه، انواع فنّاوری‌ها و منابع در دسترس ما قرار دارد. در گذشته، معماران و سازندگان سنتی مجبور بودند تا با امکانات محدود بسازند؛ اما حالا ما هم در همین وضعیت قرار گرفته‌ایم که منابع محدود هستند. درسی که باید از اصول ساختمان‌سازی سنتی گرفته شود این است که ما مجبوریم گزیده عمل کنیم. ما باید مصرف کمتر، بازیافت

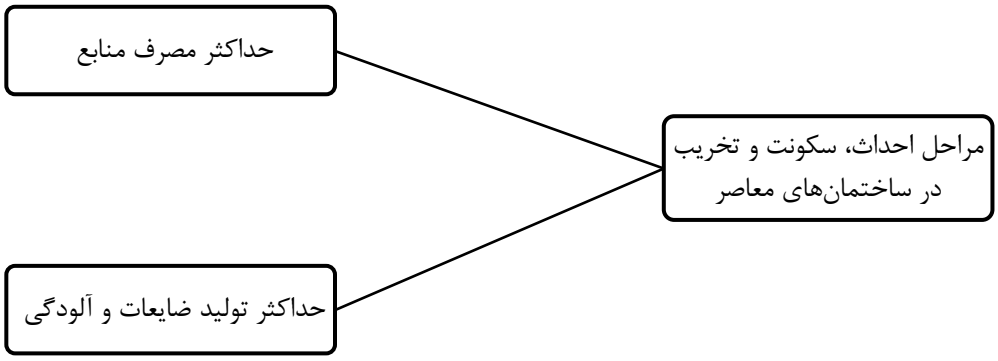


بیشتر و استفاده مجدد[۶] را از گذشته فراگیریم. ما باید با توجه به سنت معماری گذشته و حفظ زیست‌بوم طبیعی، برای خود و نسل‌های آینده طراحی و ساخت‌وساز انجام دهیم.

نمودار ۱- چرخهٔ حیات ساختمان‌های سنتی در سه مرحلهٔ احداث، سکونت و تخریب (مأخذ: نگارنده)

۵- Horatio Greenough

۶- Reduce, Reuse, Recycle



نمودار ۲- چرخهٔ حیات ساختمان‌های معاصر در سه مرحلهٔ احداث، سکونت و تخریب (مأخذ: نگارنده)

پیشنهادهایی برای ویژگی‌ها و شکل کلی خانه‌های معاصر در سواحل دریای خزر با توجه به تجربیات گذشته در این منطقه (مأخذ: نگارنده و احسان سرآبادانی).

سواحل دریای خزر - اقلیم معتدل و مرطوب:

- جهت ساختمان رو به سمت نسیم دریا؛
- عمق ساختمان بیش از یک اتاق نباشد؛
- ساختمان بر روی پیلوتی؛
- پنجره‌های وسیع جنوبی و جان‌پناه‌های شفاف؛
- بالکن سرتاسری در چهار طرف ساختمان؛
- بام شیب‌دار؛
- گلخانه زیر بام شیب‌دار؛
- مصالح گیاهی، بنایی و بومی؛
- بیشترین تابش مستقیم آفتاب در زمستان بر روی جرم حرارتی در داخل بنا باشد.

پیشنهادهایی برای شکل کلی و مشخصات خانه‌های معاصر در فلات مرکزی ایران بر اساس ویژگی‌های خانه‌های سنتی در این منطقه (مأخذ: نگارنده و احسان سرآبادانی).

فلات مرکزی - اقلیم گرم و خشک:

- جهت ساختمان رو به سمت جنوب؛

- بدنهٔ زیرین ساختمان در سمت شمال، شرق و غرب در داخل زمین؛
- پنجره‌های وسیع جنوبی و جان‌پناه‌های شفاف؛
- گودال باغچه در سمت جنوب بنا؛
- زیرزمین با پنجره‌هایی به سمت جنوب؛
- استفاده از خرپشته به‌عنوانِ گلخانه در زمستان و بادگیر در تابستان؛
- مصالح بنایی و بومی؛
- بیشترین تابش مستقیم آفتاب در زمستان بر روی جرم حرارتی در داخل بنا باشد.

پیشنهادهایی برای شکل کلی و مشخصات خانه‌های معاصر در مناطق کوهستانی و مرتفع با توجه به سنت ساختمان‌سازی در منطقه (مأخذ: نگارنده و احسان سرآبادانی).

منطقهٔ کوهستانی و مرتفع - اقلیم سرد:

- جهت ساختمان رو به سمت جنوب؛
- بدنهٔ زیرین ساختمان در سمت شمال، شرق و غرب در داخل زمین؛
- پنجره‌های وسیع جنوبی و جان‌پناه‌های شفاف؛
- حیاط در سمت جنوب بنا؛
- طراحی زیرزمین با پنجره‌های رو به سمت جنوب؛
- استفاده از اتاق خرپشته به‌عنوانِ گلخانه؛
- مصالح بنایی و بومی؛
- بیشترین تابش مستقیم آفتاب در زمستان بر روی جرم حرارتی در داخل بنا باشد.

پیشنهادهایی برای شکل کلی و مشخصات خانه‌های معاصر در سواحل جنوبی کشور با توجه به سنت ساختمان‌سازی در منطقه (مأخذ: نگارنده و احسان سرآبادانی).

سواحل جنوبی کشور - اقلیم گرم و مرطوب:

- جهت ساختمان رو به سمت نسیم دریا؛
- عمق ساختمان بیش از یک اتاق نباشد؛
- ساختمان بر روی پیلوتی؛
- پنجره‌های وسیع جنوبی و سایه‌بان‌های افقی و یا عمودی؛

- بالکن سرتاسری در سمت شرق، غرب و جنوب بنا؛
- استفاده از خرپشته به‌عنوانِ بادگیر؛
- استفاده از مصالح گیاهی برای بنایی؛
- تابش مستقیم آفتاب بر روی جرم حرارتی در داخل بنا نباشد.

عنوان ارائه:

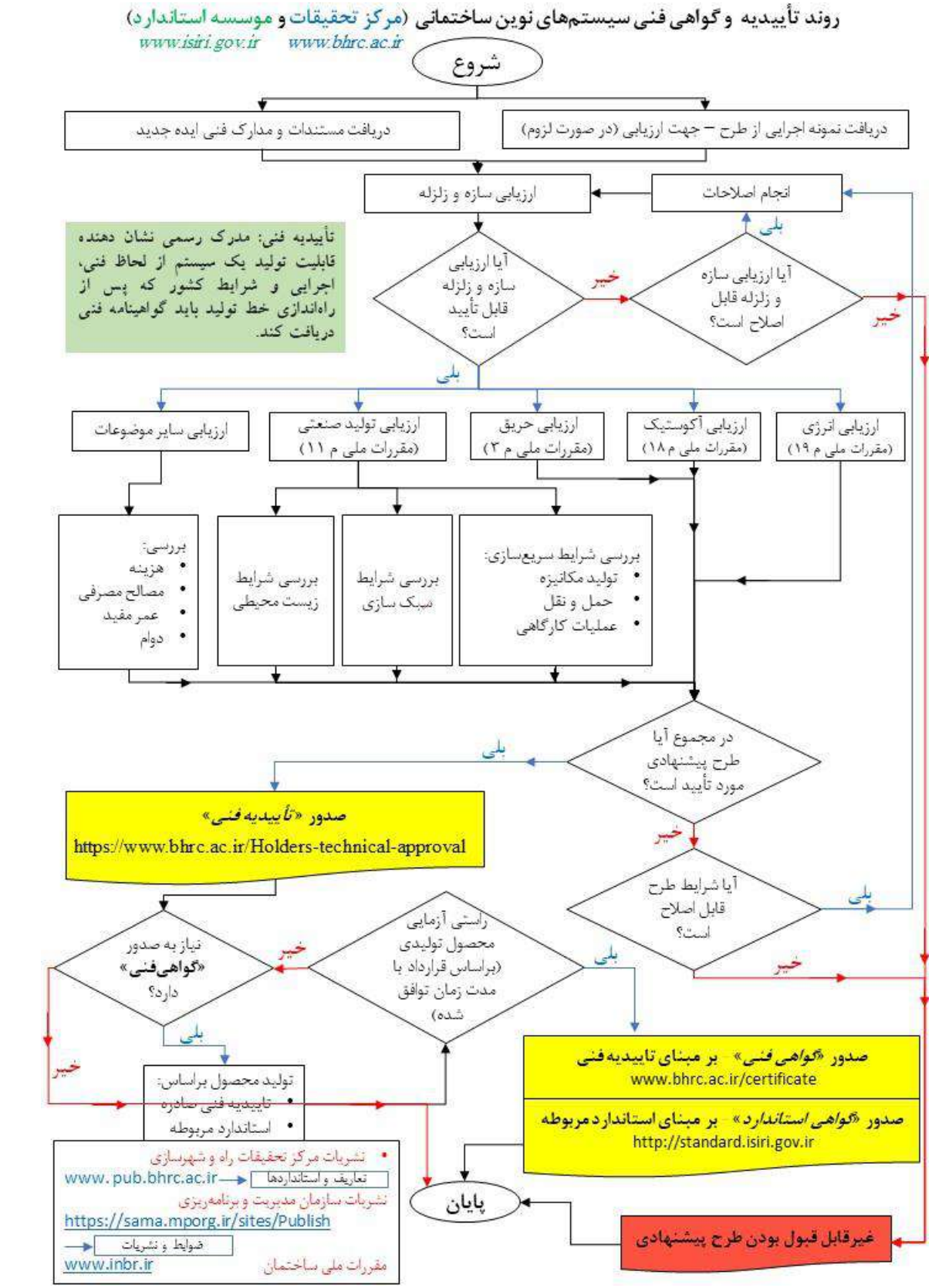
شاخص های امتیاز آور در صرفه جوئی انرژی ساختمانها و انرژی های تجدیدپذیر

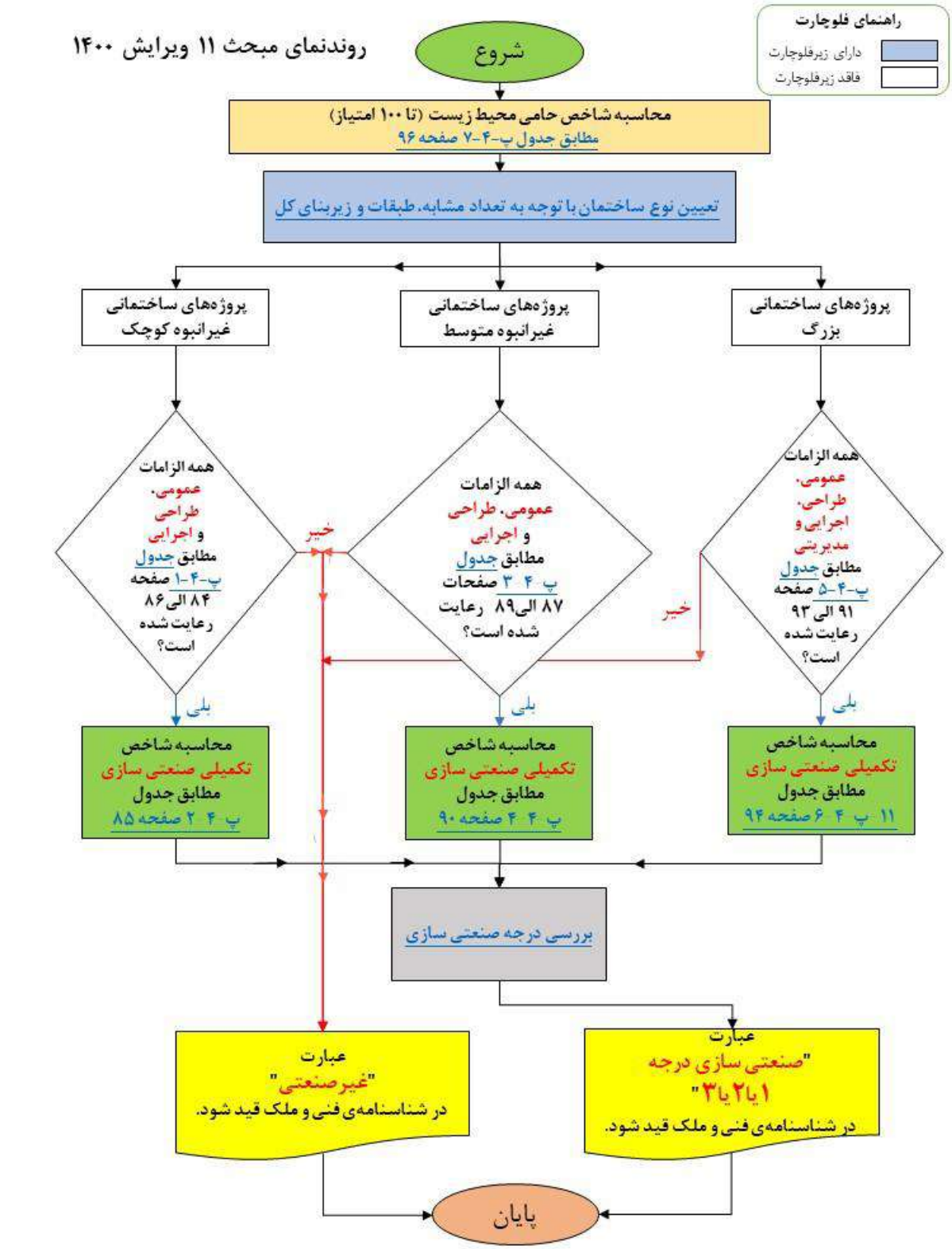
محسن گرامی

دکتری مهندسی سازه

استاد دانشگاه سمنان– رئیس کمیسیون نوآوری سازمان نظام مهندسی ساختمان سمنان– رئیس

کمیسیون عمران سازمان نظام مهندسی ساختمان خراسان رضوی


روند تأییدیه و گواهی فنی سیستم‌های نوین ساختمانی (مرکز تحقیقات و موسسه استاندارد)
www.isiri.gov.ir www.bhrc.ac.ir
شروع
دریافت نمونه اجرایی از طرح – جهت ارزیابی (در صورت لزوم)
دریافت مستندات و مدارک فنی ایده جدید
انجام اصلاحات
ارزیابی سازه و زلزله
تأییدیه فنی: مدرک رسمی نشان دهنده قابلیت تولید یک سیستم از لحاظ فنی، اجرایی و شرایط کشور که پس از راه‌اندازی خط تولید باید گواهینامه فنی دریافت کند.
آیا ارزیابی سازه و زلزله قابل اصلاح است؟
بلی
خیر
آیا ارزیابی سازه و زلزله قابل تأیید است؟
خیر
بلی
ارزیابی انرژی (مقررات ملی م ۱۹)
ارزیابی آکوستیک (مقررات ملی م ۱۸)
ارزیابی حریق (مقررات ملی م ۳)
ارزیابی تولید صنعتی (مقررات ملی م ۱۱)
ارزیابی سایر موضوعات
بررسی شرایط سریع‌سازی:
تولید مکانیزه
حمل و نقل
عملیات کارگاهی
بررسی شرایط سبک سازی
بررسی شرایط زیست محیطی
بررسی:
هزینه
مصالح مصرفی
عمر مفید
دوام
در مجموع آیا طرح پیشنهادی مورد تأیید است؟
بلی
خیر
صدور «تأییدیه فنی»
https://www.bhrc.ac.ir/Holders-technical-approval
آیا شرایط طرح قابل اصلاح است؟
بلی
خیر
راستی آزمایی محصول تولیدی (براساس قرارداد با مدت زمان توافق شده)
بلی
خیر
نیاز به صدور «گواهی فنی» دارد؟
بلی
خیر
صدور «گواهی فنی» بر مبنای تاییدیه فنی
www.bhrc.ac.ir/certificate
صدور «گواهی استاندارد» بر مبنای استاندارد مربوطه
http://standard.isiri.gov.ir
تولید محصول براساس:
تاییدیه فنی صادره
استاندارد مربوطه
نشریات مرکز تحقیقات راه و شهرسازی
www. pub.bhrc.ac.ir
تعاریف و استانداردها
نشریات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی
https://sama.mporg.ir/sites/Publish
ضوابط و نشریات
www.inbr.ir
مقررات ملی ساختمان
پایان
غیرقابل قبول بودن طرح پیشنهادی


راهنمای فلوچارت
دارای زیرفلوچارت
فاقد زیرفلوچارت
روندنمای مبحث ۱۱ ویرایش ۱۴۰۰
شروع
محاسبه شاخص حامی محیط زیست (تا ۱۰۰ امتیاز)
مطابق جدول پ-۴-۷ صفحه ۹۶
تعیین نوع ساختمان با توجه به تعداد مشابه، طبقات و زیربنای کل
پروژه‌های ساختمانی غیرانبوه کوچک
پروژه‌های ساختمانی غیرانبوه متوسط
پروژه‌های ساختمانی بزرگ
همه الزامات عمومی، طراحی و اجرایی مطابق جدول پ-۴-۱ صفحه ۸۴ الی ۸۶ رعایت شده است؟
همه الزامات عمومی، طراحی و اجرایی مطابق جدول پ ۴ ۳ صفحات ۸۷ الی ۸۹ رعایت شده است؟
همه الزامات عمومی، طراحی، اجرایی و مدیریتی مطابق جدول پ-۴-۵ صفحه ۹۱ الی ۹۳ رعایت شده است؟
خیر
خیر
خیر
بلی
بلی
بلی
محاسبه شاخص تکمیلی صنعتی سازی مطابق جدول پ ۴ ۲ صفحه ۸۵
محاسبه شاخص تکمیلی صنعتی سازی مطابق جدول پ ۴ ۴ صفحه ۹۰
محاسبه شاخص تکمیلی صنعتی سازی مطابق جدول ۱۱ پ ۴ ۶ صفحه ۹۴
بررسی درجه صنعتی سازی
عبارت "غیرصنعتی" در شناسنامه‌ی فنی و ملک قید شود.
عبارت "صنعتی سازی درجه ۱ یا ۲ یا ۳" در شناسنامه‌ی فنی و ملک قید شود.
پایان

پروژه‌های ساختمانی کوچک:

۱۱-۲-۲-۳ رعایت حداقل شاخص حامی محیط‌زیست، طبق بند ۱۱-۵-۳-۱ الزامی است.

پروژه‌های ساختمانی متوسط:

۱۱-۳-۲-۳ رعایت حداقل شاخص حامی محیط‌زیست، طبق بند ۱۱-۵-۳-۲ الزامی است.

پروژه‌های ساختمانی بزرگ:

۱۱-۴-۲-۵ رعایت حداقل شاخص حامی محیط‌زیست، طبق بند ۱۱-۵-۳-۳ الزامی است.

۱۱-۵-۳ حداقل لازم برای شاخص حامی محیط‌زیست

۱۱-۵-۳-۱ در صنعتی‌سازی پروژه‌های غیرانبوه کوچک، کسب حداقل ۱۰ امتیاز برای شاخص حامی محیط‌زیست الزامی است.

توضیح: به الزام عمومی صنعتی‌سازی پروژه‌های غیرانبوه کوچک در بند ۱۱-۲-۲-۳ مراجعه شود.

۱۱-۵-۳-۲ در صنعتی‌سازی پروژه‌های غیرانبوه متوسط، کسب حداقل ۱۵ امتیاز برای شاخص حامی محیط‌زیست الزامی است.

توضیح: به الزام عمومی صنعتی‌سازی پروژه‌های غیرانبوه متوسط در بند ۱۱-۳-۲-۳ مراجعه شود.

۱۱-۵-۳-۳ در صنعتی‌سازی پروژه‌های بزرگ ساختمانی، کسب حداقل ۱۵ امتیاز برای شاخص حامی محیط‌زیست الزامی است.

توضیح: به الزام عمومی صنعتی‌سازی پروژه‌های بزرگ ساختمانی در بند ۱۱-۴-۲-۵ مراجعه شود.

جدول پ-۴-۷ چک‌لیست الزامات کسب شاخص حامی محیط‌زیست

ردیف	امتیازات کسب شاخص حامی محیط‌زیست	سقف امتیاز	امتیاز	بند مرتبط
	الزامات صرفه‌جویی در مصرف آب			
۱	نصب شمارنده آب در ورودی هر واحد	۱		۱-۱-۲-۵-۱۱
۲	نصب سیفون دوحالته	۱		۲-۱-۲-۵-۱۱
۳	جمع‌آوری و تصفیه آب باران یا آب خاکستری برای استفاده مجدد در موارد مجاز مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان	۱۴		۳-۱-۲-۵-۱۱
ردیف	امتیازات صرفه‌جویی در مصرف انرژی و تولید انرژی‌های تجدیدپذیر			
۱	به ازای تولید ۴۰٪ برق مصرفی سالیانه با منابع انرژی تجدیدپذیر	۲۴		۱-۲-۲-۵-۱۱
۲	به ازای تولید ۳۰٪ آب‌گرم مصرفی سالیانه با منابع انرژی تجدیدپذیر	۶		۲-۲-۲-۵-۱۱
۳	رده انرژی طبق مبحث ۱۹ EC – ۹ امتیاز EC+ – ۲۲ امتیاز EC++ – ۵۴ امتیاز	۵۴		۳-۲-۲-۵-۱۱
	مجموع امتیازات	۱۰۰		—

منافع حاصل از صنعتی‌سازی

پ-۳-۵ حفاظت از محیط‌زیست

صنعت ساخت و ساز، مصرف‌کننده مهم منابع طبیعی کره زمین است. بر اساس آمار ارایه‌شده توسط موسسه نظارت جهانی بیش از ۴۰ درصد سنگ و سنگدانه، ۲۵ درصد چوب و ۱۶ درصد آب مصرفی، در صنعت ساخت و ساز استفاده می‌شود. از طرف دیگر، ضایعات ساختمانی معمولا بخش بزرگی از کل زباله را تشکیل می‌دهد. در کشور چین که به تنهایی، ۲۹ درصد از زباله‌های شهری دنیا را تولید می‌کند، حدود ۴۰ درصد از این حجم، مربوط به زباله‌ها و ضایعات ساختمانی است. این رقم برای حجم زباله‌های ساختمانی در انگلستان، حدود ۲۵ درصد می‌باشد.

تلاش‌های ممکن برای مدیریت زباله را می‌توان در شش دسته کاهش میزان تولید، بازمصرف، بازیافت، تبدیل به کمپوست، سوزاندن و دفن‌کردن تقسیم‌بندی کرد. پیش‌سازی همواره به عنوان یکی از روش های ساخت پایدار و دوستدار محیط‌زیست شناخته شده است. یکی از مهمترین دلایل این دیدگاه، تاثیر پیش‌سازی در کاهش تولید ضایعات ساختمانی و قابلیت استفاده دوباره و بازیافت مصالح در مراحل اولیه تولید می‌باشد. زیرا، در کارخانه یا هر محیط کنترل‌شده دیگر، مصالح با دقت بالاتر و حجم دقیق‌تر مصرف می‌شود و احتمال خطر از بین رفتن مصالح پای کار به دلیل شرایط بد و نامساعد جوی به حداقل خواهد رسید. همچنین، در روش‌های پیشرفته ساخت، میزان تولید ضایعات ساختمانی کاهش قابل ملاحظه‌ای می‌یابد.

تحقیقی که در سال ۲۰۰۶ در کشور مالزی انجام شد، نشان می‌دهد که تا ۷۳ درصد از زباله‌های تولیدشده در روش‌های صنعتی در محل تولید بازمصرف و بازیافت می‌شود. بر اساس نتایج این تحقیق، منافع حاصل از کاهش تولید زباله و بازیافت آن چیزی در حدود ۲/۵ درصد بودجه‌ی پروژه خواهد بود. در سال ۲۰۰۹ در هنگ‌کنگ نیز، روش‌های ساخت سنتی و پیش‌ساخته از منظر تولید نخاله با یکدیگر مقایسه و مشخص شد که استفاده از پیش‌ساختگی میزان تولید زباله‌های ساختمانی را به طور متوسط تا ۵۲ درصد کاهش می‌دهد. تحقیقی مشابه در سال ۲۰۱۲ در مالزی، نشان‌دهنده

کاهش تولید زباله در روش‌های ساخت صنعتی تا یک‌سوم حجم زباله تولیدشده در روش‌های سنتی بوده است.

بر اساس تخمین موسسه نظارت جهانی، سهم ساختمان‌ها از کل مصرف انرژی سالانه در جهان در حدود ۴۰ درصد است. با توجه به محدود بودن منابع انرژی فسیلی، آلودگی ناشی از مصرف آنها، تخریب محیط‌زیست و گرم‌شدن تدریجی کره زمین، ضروری است تا حد امکان به سمت کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها و همچنین جایگزین‌کردن آنها با انرژی‌های پاک حرکت کرد. امروزه موضوع ساختمان سبز و ساخت خانه‌های صفر انرژی از جمله مهمترین موضوعات در صنعت ساختمان است. بر اساس مطالعه انجام شده در کشور عراق در سال ۲۰۱۵، حدود ۴۸ درصد کل انرژی تولیدی در منازل مسکونی مصرف می‌شود که از این میزان، ۶۹ درصد صرف سرمایش و گرمایش منازل می‌شود. طبق نتایج این مطالعه، روش‌های ساخت صنعتی با عایق‌بندی درست می‌تواند تا ۵۴ درصد در کاهش مصرف انرژی موثر باشد.

مراجع

۱- مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، وزارت راه و شهرسازی، «صنعتی‌سازی، مبحث ۱۱»؛ ۱۴۰۰

۲- پروفسور محسن گرامی، «راهنمای نظارت و اجرای فناوری‌های نوین صنعت ساختمان» ، سازمان نظام مهندسی خراسان رضوی، ۱۳۹۶

۳- مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، وزارت راه و شهرسازی، «فناوریهای نوین و مطرح در صنعت ساختمان»؛ ۱۳۹۹

٤- مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، وزارت راه و شهرسازی، «فناوریهای نوین مورد استفاده در صنعت ساختمان»؛ ۱٤۰۱

۵- محسن گرامی؛ تدوین، داوری، نظارت و مدیریت، نشریه شماره ۳۸۵، ''دستورالعمل طراحی، ساخت و اجرای سیستمهای پانل پیش ساخته سبک سه بعدی''، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله؛ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی؛ (۱۳۸٦).

٦- محسن گرامی؛ رئیس کمیسیون فنی تدوین استاندارد، ، نشریه شماره ۱۱۱۰۸، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ''بلوک‌ها و صفحات ساخته شده از دانه‌های پلی استایرن منبسط شونده''، (زمستان ۱۳۸۷).

۷- محسن گرامی؛ عضو کمیته فنی تدوین استاندارد ملی"روش اجرایی استاندارد تایید فن جوشکاری فشاری گازی میلگردهای فولادی برای تسلیح بتن"، استاندارد ملی ایران شماره ۲۲٤۸٦، چاپ اول

۸- محسن گرامی؛ عضو کمیته فنی تدوین استاندارد ملی "روش آزمون و معیار پذیرش اتصال جوش داده شده فشاری گازی میلگردهای فولادی برای تسلیح بتن"، استاندارد ملی ایران شماره ۲۲٤٤۲، چاپ اول ۱۳۹٦.

عنوان ارائه:

تحول دیجیتال روش های توسعه BIM در ساختمان

حسین تقدس

دکتری مهندسی و مدیریت ساخت

معاون پژوهشی دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تهران– رئیس مرکز تحقیق و توسعه تکنولوژی های نوین ساخت دانشگاه تهران

تحول دیجیتال روش های توسعه BIM در ساختمان

حسین تقدس

دانشیار و معاون پژوهشی دانشکده مهندسی عمران

رئیس مرکز تحقیق و توسعه تکنولوژیهای نوین ساخت (تکنوسا)

دانشگاه تهران

شیرین ریزه بندی **پوریا مهرزاد**

کارشناس ارشد، مهندسی و مدیریت ساخت

سرفصل مطالب

مقدمه

اهداف

مبانی

مطالعه موردی اول

مطالعه موردی دوم

جمع بندی

مرکز تحقیق و توسعه تکنولوژیهای نوین ساخت (تکنوسا)

دانش مدیریتی
- مفاهیم مدیریتی ناب (Lean Principles)
- سیستم های اطلاعات مدیریت (MIS)
- توسعه پایدار (Sustainability)

تکنولوژی مدیریتی
- مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)
- آنالیز انرژی (Energy Analysis)
- شبیه سازی ساخت (Construction Simulation)
- واقعیت مجازی (Virtual Reality)

تکنولوژی نظارتی
- هوش مصنوعی (Artificial Intelligence)
- تحلیل هوشمند تصاویر (Computer Vision, Image Processing)
- سیستمهای کنترل هوشمند (IOT, RFID, QR Code, GPS)

تکنولوژی ساخت
- صنعتی سازی (Industrialization)
- ساخت مدولار (Modular Construction)

3

مشکلات متعدد درپروژه های ساخت

4

مقدمه

- ساختمان‌ها و صنعت ساختمان‌سازی حدود ۳۶٪ تمام انرژی‌ها را در دنیا مصرف می‌کنند.
- اگر انرژی صرف شده برای تخریب، گودبرداری و سایر فرایندهای مربوط به این صنعت را هم در نظر بگیریم، این عدد به حدود ۵۰٪ می‌رسد.
- در اکثر کشورهای صنعتی دنیا سهم ساختمان‌ها در انتشار دی‌اکسید کربن ۵۰٪ است.

5

ضرورت بررسی مصرف انرژی ساختمان

- رتبه هفتم ایران در تولید کربن دی اکسید در جهان
- ایران با داشتن حدود یک درصد از جمعیت جهان، سالانه حدود ۹٪ از فرآورده‌های نفتی و انرژی‌های فسیلی را در دنیا مصرف می‌کند.
- رشد مصرف انرژی‌های مختلف اعم از فسیلی و غیر فسیلی در ایران مابین ۵٪ الی ۸٪ بوده است
- تقریباً ۴۰ درصد از کل انرژی مصرفی ایران در حوزه ساختمان است

- عدم بررسی سازوکارهای مختلف تدوین‌شده در کشورهای توسعه‌یافته و یافتن عوامل تأثیرگذار در جهت حرکت به سمت توسعه پایدار
- عدم شناخت صحیح از میزان تأثیر عوامل مختلف برای تصویب سیاست‌های انرژی در حوزه ساختمان در ایران

6

اهداف

- ایجاد یک سیستم یکپارچه که به‌صورت نیمه‌خودکار، مدیریت مصرف انرژی ساختمان، شامل پیش‌بینی مصرف انرژی و بهینه یابی مناسب‌ترین ترکیبات ساختمان را با به‌کارگیری پارامترهای مؤثر برای پوسته ساختمان در مرحله با توجه به شرایط حاکم در شهرهای متفاوت کشور انجام می‌دهد.

7

مبانی

8

مبانی

پیش بینی مصرف انرژی توسط الگوریتم های هوش مصنوعی
- ارزیابی میزان مصرف انرژی، برنامه‌ریزی جهت استفاده از انرژی و تدوین استراتژی صرفه‌جویی انرژی

بهینه سازی
- دستیابی به حداقل میزان مصرف انرژی در ساختمان

9

توسعه پایدار (Sustainability)

"Green building (or sustainable building)

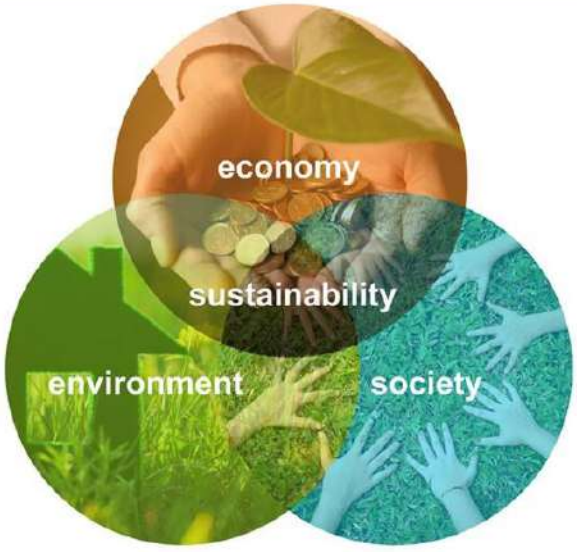
refers to both a structure

and the using of processes

that are environmentally

responsible and resource-efficient

throughout a building's life-cycle."



10

توسعه پایدار

تعریف

مفهومی باهدف برآوردن نیازهای انسانی به همراه حصول اطمینان از محافظت سیستم‌های طبیعی، منابع و خدمات می‌باشد.

هدف

ایجاد جامعه‌ای است که در آن شرایط زندگی نیازهای انسان را بدون آسیب رساندن به یکپارچگی کره زمین برآورده کند.

مولفه های توسعه پایدار

شامل ایجاد توازن در توسعه اقتصادی، حفاظت از محیط‌زیست و رفاه اجتماعی است (Mensah, 2019).

11

ساختمان سبز

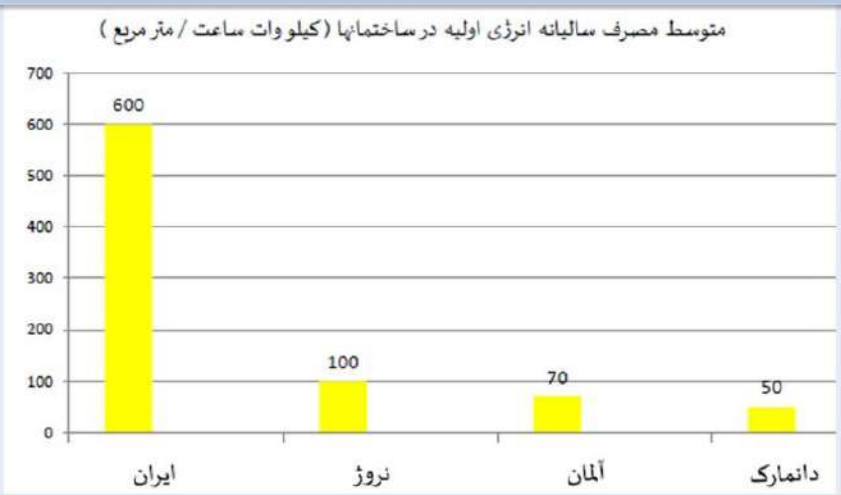
ظرفیت زمین برای جذب و خنثی سازی تمامی اثرهای بشر محدود است. از این رو با گذشت زمان توجه ها به سمت روش های ساخت با کمترین میزان اثرات مخرب بر محیط زیست در سراسر جهان معطوف شده است.

امروزه مهندسان و معماران به علت رشد روزافزون صنایع و فناوری‌های مربوط به ساختمان‌سازی و مورد تشویق قرارداد متخصصان به ساخت سازه‌هایی مستحکم و کارآمد ازلحاظ انرژی و نوع مصالح مصرفی، با تمرکز بیشتری به ساختمان سبز پرداخته‌اند.

12

توسعه پایدار (Sustainability)

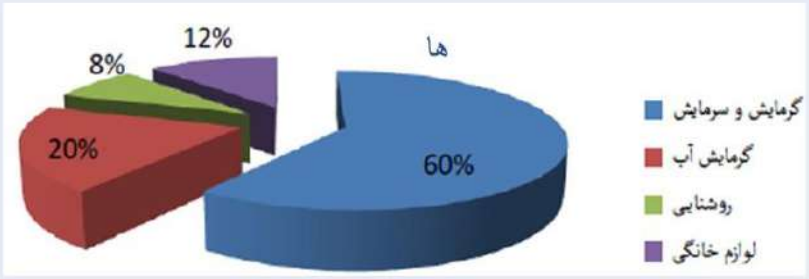
ایران با داشتن یک درصد جمعیت جهان، سالانه حدود ۹% از فرآورده‌های نفتی و انرژی‌های فسیلی را در دنیا مصرف می‌کند.
تقریباً ۴۰ درصد از کل انرژی مصرفی در ایران در حوزه ساختمان است. (Heidari et al., 2022)



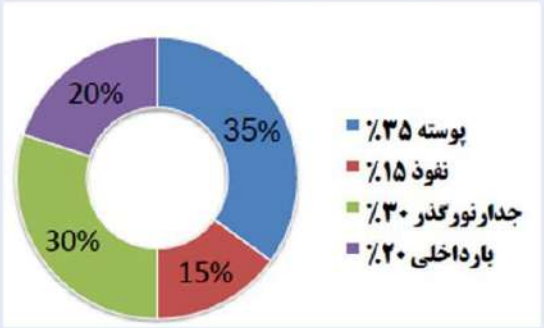
13

توسعه پایدار (Sustainability)

❖ مصرف انرژی در ساختمان ها



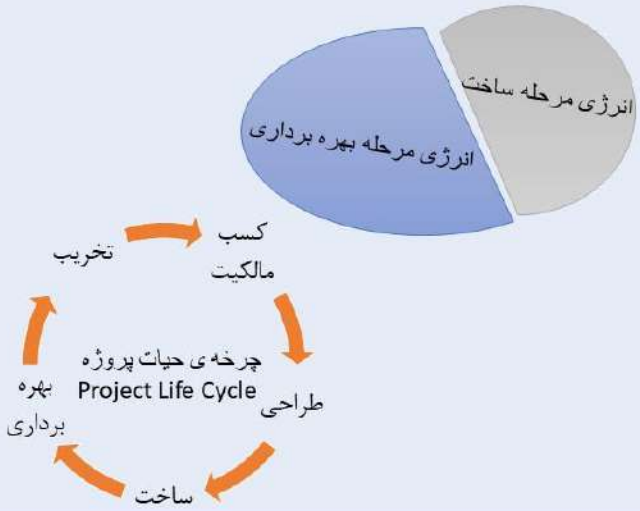
❖ تلفات انرژی در ساختمان ها



14

انواع انرژی مصرفی در ساختمان ها

میزان انرژی مصرف‌شده در طول چرخه عمر ساختمان به دو قسمت تقسیم می‌شود که شامل مواردی می‌باشد. ازجمله:



- انرژی نهفته ساختمان
- انرژی در طول مدت بهره‌برداری از ساختمان

15

انرژی مرحله ساخت

انرژی مصرف شده در مراحل استخراج مواد از معادن، ساخت در کارخانه، حمل مصالح به محل پروژه، ساخت و نصب قطعات، بازسازی و تخریب را شامل میشود.

مرحله	منبع مورد استفاده	توضیحات
تولید مصالح	گل زاده و رمضانیان پور (دانشگاه تهران، ۱۳۹۴)	- استفاده از استاندارد انرژی تولید مصالح - استفاده از میانگین وزنی تولیدی مصالح فلزی با توجه به روش های مختلف تولید مصالح فلزی
حمل مصالح به کارگاه	گل زاده و رمضانیان پور (دانشگاه تهران، ۱۳۹۴)	- محاسبه مسافت حمل هر مصالح مبتنی بر میانگین وزنی تولید هر کارخانه و فاصله آن تا شهر تهران
ساخت	-دفترچه آنالیز فهرست بهای کشور، ۱۳۹۷ -نشریه شماره ۴۴۹	- محاسبه زمان مصرف ماشین آلات با استفاده از دفترچه آنالیز فهرست بهای کشور - محاسبه میزان سوخت مصرفی با استفاده از نشریه شماره ۴۴۹

16

انرژی مرحله بهره برداری

تعریف

انرژی مورداستفاده در ساختمان به‌منظور نگه‌داری و بهره‌برداری اجزا متفاوت ساختمان در طول چرخه عمر پروژه، می‌باشد.

- حدود ۸۰ تا ۹۰ درصد انرژی موردنیاز در طول چرخه عمر ساختمان: در مرحله بهره‌برداری
- درنتیجه در مراحل ابتدایی در فاز طراحی ساختمان، تلاش در جهت کاستن از میزان انرژی بهره‌برداری مصرف‌شده در آینده باعث به بدست‌آوردن ساختمانی با عملکرد نسبتاً بالاتری می‌شود.
- اگرچه نه‌تنها مفاهیم مطرح‌شده به‌منظور بی‌اهمیت جلوه دادن انرژی مرحله ساخت نمی‌باشد،
- هدف نهایی: دستیابی به اهداف ساختمان انرژی نزدیک صفر

17

عوامل موثر بر میزان انرژی مصرفی مرحله بهره برداری ساختمان

میزان مصرف انرژی در دوره بهره برداری ساختمان به عوامل مختلفی بستگی دارد:

- ✓ شرایط آب و هوایی واقلیمی محل احداث ساختمان
- ✓ نوع معماری و جهت گیری ساختمان
- ✓ تاسیسات مرکزی ساختمان(گرمایش، سرمایش، تهویه مطبوع و روشنایی)
- ✓ مصالح پوسته و جداره های خارجی ساختمان
- ✓ فرهنگ ساکنین در مصرف انرژی

18

شرایط آب و هوایی واقلیمی محل احداث ساختمان

شرایط اقلیمی محل احداث ساختمان در انتخاب مصالح ساختمان، سیستمهای گرمایش و سرمایش و در نتیجه در میزان مصرف انرژی ساختمان مؤثر است. همچنین اثرات اقلیمی از جهت توانایی استفاده از طراحی غیر فعال مانند گرمایش، سرمایش و نوردهی بر جهت گیری ساختمان تأثیر میگذارد.

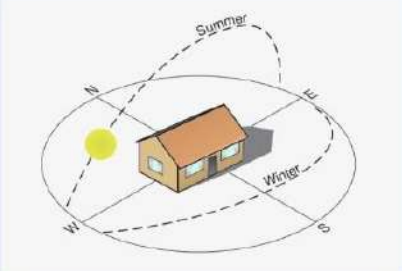
به عنوان مثال در آب و هوایی که امکان استفاده از تهویه طبیعی وجود دارد، روزنه های ساختمان باید برای جذب نسیم طراحی شوند و این نیاز به تجهیزات سرمایشی را کاهش می دهد.

19

نوع معماری و جهت گیری ساختمان

جهت گیری ساختمان در طراحی پایدار از لحاظ قرارگیری ساختمان در منطقه نسبت به مسیر خورشید تعریف میگردد.

جهت گیری ساختمان که بنیان پایین نگه داشتن بار انرژی است، بهتر است در مراحل طراحی انجام شود. چگونگی استفاده ساختمان از نور خورشید و نحوه تعریف نورگیرها اثر زیادی بر راندمان انرژی سیستمهای ساختمان و آسایش ساکنان دارد.



20

تاسیسات مرکزی ساختمان (گرمایش، سرمایش، تهویه مطبوع و روشنایی)

سیستم های تهویه مطبوع بیشترین میزان مصرف انرژی را در میان تأسیسات مصرف کننده انرژی در ساختمان دارند که در کشورهای پیشرفته این مقدار در حدود ۱۰ الی ۲۰ درصد است. بنابراین برآورده کردن حداقل نیازهای بازدهی انرژی در سیستم های تهویه مطبوع، کلید اساسی موفقیت در کاهش مصرف انرژی ساختمان ها است.

21

مصالح پوسته و جداره های خارجی ساختمان

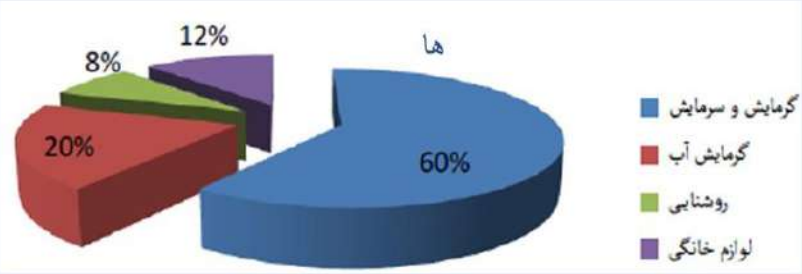
نمای خارجی و پوسته ساختمان به‌عنوان حائل بین ساختمان و محیط خارجی سازه نقش مهمی در میزان مصرف انرژی سازه به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم ایفا می‌کند. بطوریکه مطالعات نشان دادند ۵۰ الی ۶۰ درصد تبادل گرمایی بین سازه و محیط به عامل جنس پوسته خارجی ساختمان مرتبط است .

پوشش ساختمان جریان هوا، گرما و رطوبت را بین داخل و خارج ساختمان کنترل میکند. طراحی مناسب اجزای پوشش ساختمان به وسیله کاهش سرعت عبور گرما از فضای خارجی ساختمان کمک میکند تا ساختمان در زمستان گرمتر و در تابستان خنکتر باقی بماند.

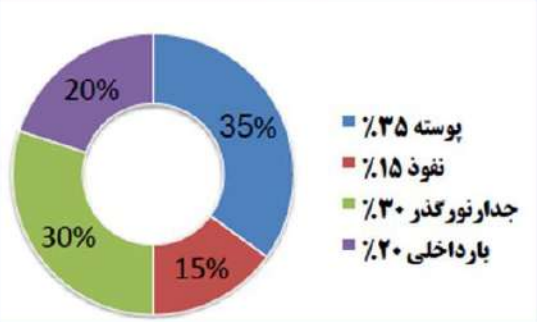
22

توسعه پایدار (Sustainability)

❖ مصرف انرژی در ساختمان ها



❖ تلفات انرژی در ساختمان ها



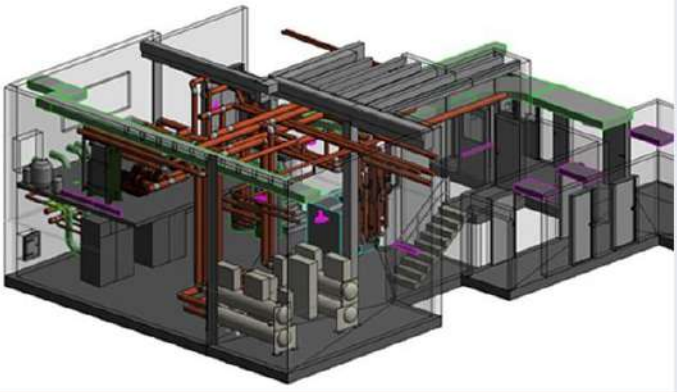
23

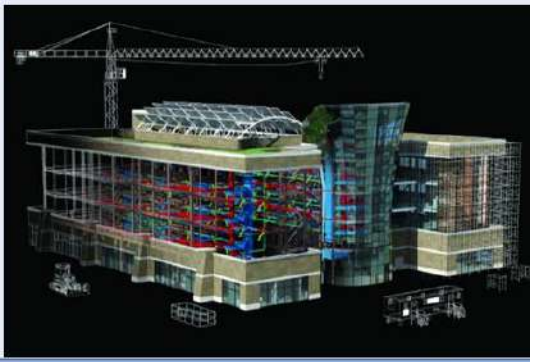
مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (Building Information Modeling)

✓ نمایش سه بعدی دیجیتال از ویژگیهای فیزیکی و عملکردی یک ساختمان

✓ فرایند تولید و مدیریت اطلاعات ساختمان در طی چرخه حیات آن

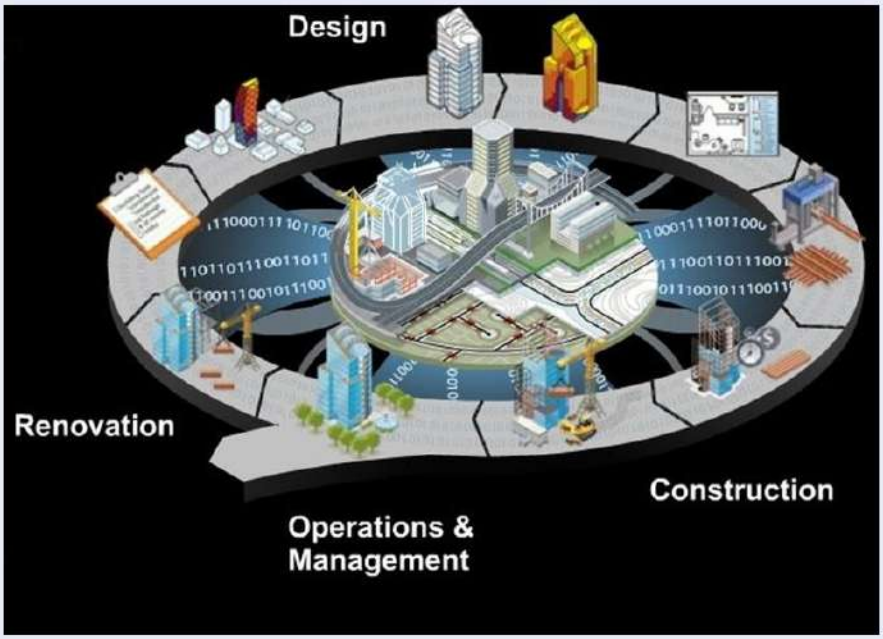
✓ یک سیستم مدل سازی بر مبنای پایگاه داده





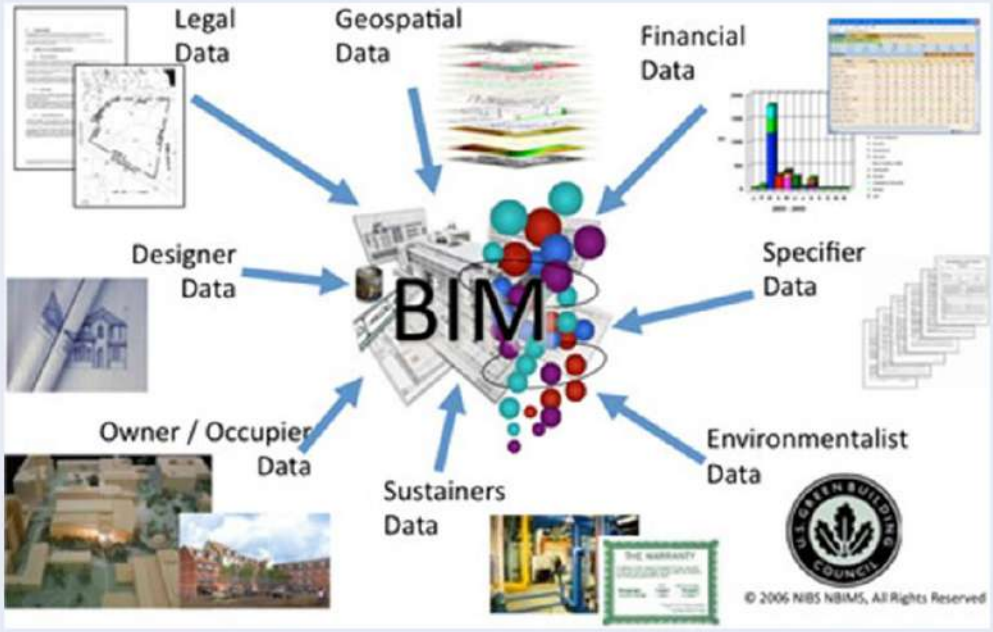
24

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (Building Information Modeling)



25

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (Building Information Modeling)



26

مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM)

ابزارهای مدلسازی اطلاعات ساختمان به کاربران کمک میکنند تا تحلیل کاملی از پروژه داشته باشیم.

27

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (Building Information Modeling)

مزایای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)

- ✓ 65 درصد کاهش دوباره کاری ها
- ✓ 62 درصد افزایش بازگشت سرمایه
- ✓ 75 درصد بهبود در ارتباطات بین عوامل اجرایی مختلف
- ✓ 57 درصد کاهش در خطاهای ایجاد شده در فاز طراحی
- ✓ 37 درصد کاهش مدت زمان اجرای پروژه

28

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (Building Information Modeling)

سیاستهای دولتی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)

- The UK Government requires BIM on all of government projects by 2016.
- In the United States, General Service Administration (GSA), which is responsible for the construction and operation of all federal facilities in the US, has pioneered the implementation of BIM on public projects.
- The Scandinavian Region (Netherlands, Denmark, Finland and Norway) require the use of BIM for publicly funded building projects.
- The Singapore building and Construction Authority (BCA) have developed a strategy to have BIM widely implemented on public projects by 2015.
- Dubai Municipality mandates the use of BIM on large-scale and governmental projects by 2016.

29

مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM)

مدل‌های طراحی‌شده توسط گروه‌های طراحی در ابزارهای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، امکان موارد ذیل را فراهم می‌کنند:

- امکان تغییر ویژگی‌ها و جزییات مدل طراحی‌شده ساختمان با روشی ساده و سریع.
- امکان بهینه‌سازی موارد موردنظر در طرح‌ها و راه‌حل‌ها و همچنین تسهیل روند اجرایی آن.
- امکان تجزیه و تحلیل اثر عملکرد انرژی بر ساختمان از منظرهای مختلف همانند: اندازه و شکل پانل‌های شیشه‌ای در افزایش تابش خورشید ، مواد عایق مختلف، استفاده از مواد بازیافتی و راه‌حل‌های متفاوت از منظر طراحی دیوارها.
- امکان شبیه‌سازی و تجزیه‌وتحلیل اثرات پوشش ساختمان بر محیط و تأثیر آن بر میزان انرژی مصرفی مدل طراحی‌شده.

30

مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM)

مفهوم مدل‌سازی اطلاعات ساخت به‌منظور فرآیندی جهت یکپارچه‌سازی و مدیریت اطلاعات در بازه چرخه عمر ساختمان پدید آمده است.

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در چهار حیطه اصلی ازجمله:

- یکپارچه‌سازی پایگاه داده
- ساده نمودن مدیریت داده‌ها
- به تصویر درآوردن تحلیل‌ها و خروجی‌ها
- آماده‌سازی تحلیل‌ها و شبیه‌سازی‌های مربوط به حوزه پایداری

امروزه دانشمندان به بررسی نقش مدل‌سازی اطلاعات ساخت بر توسعه ابزارها یا روش‌های جدید تحلیل می‌پردازند که تمرکز اصلی آن‌ها بر کاهش انرژی مصرفی و بالابردن کارایی ساختمان‌ها، می‌باشد.

31

ابزار های مختلف مدلسازی اطلاعات ساختمان در بخش انرژی

محققان قابلیت های زیر را در جهت نیل به اهداف پایداری در ابزارهای مدلسازی اطالعات ساختمان شناسایی کردند:

- تحلیل شکل و جهت گیری ساختمان
- بهینه سازی پوشش ساختمان
- تحلیل روشنایی روز
- مدلسازی انرژی های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر
- تحلیل دی اکسید کربن

32

تحلیل شکل و جهت گیری ساختمان

- ✓ در تمامی نرم افزارهای مدلسازی اطلاعات ساختمان که قابلیت تخصیص مشخصات جغرافیایی و تابش خورشید را دارند مانند Revit و Tekla امکان چرخش ساختمان به صورت ۳۶۰ درجه و ارزیابی زاویه تابش به ساختمان و روزنه های آن وجود دارد.

- ✓ در این حالت می توان با تحلیل زوایای مختلف بهترین حالت جهت گیری ساختمان را بدست آورد. همچنین با تغییر معماری ساختمان میتوان کاهش یا افزایش مصرف انرژی را تخمین زد.

33

بهینه سازی پوشش ساختمان

با توجه به پارامتریک بودن مدل در مدلسازی اطلاعات ساختمان

و امکان تعریف مشخصات اجزای ساختمان به صورت کامل و با جزئیات،

میتوان مصالح مورد استفاده در ساختمان را به دفعات تغییر داده

و تحلیل های مختلف برای بدست آوردن بهینه ترین حالت از لحاظ هزینه، انرژی و زمان را بررسی کرد.

34

تحلیل روشنایی روز

برای شبیه سازی روشنایی از ابزارهای مدلسازی اطلاعات ساختمان استفاده میشود.

درواقع می توان شدت برق مصرفی برای روشنایی در واحد سطح را به دست آورد که پیش از تعیین چراغها برای ارزیابی کارایی طرح روشنایی به کار میرود.

همچنین با توجه به نورگیری موجود، زمانهایی که می توان روشنایی اتوماتیک را خاموش کرد، مشخص میشود.

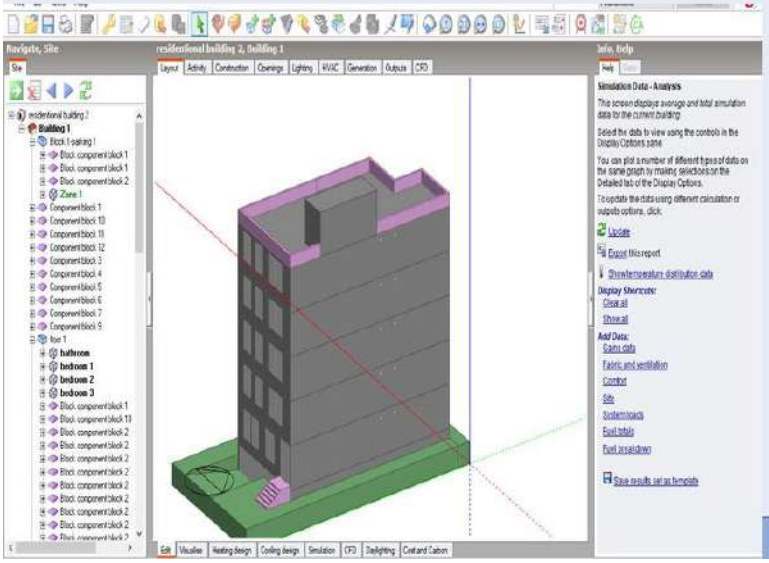
35

مدلسازی انرژی های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر

مدلسازی انرژی در نرم افزارهای Autodesk® Green Building Studio و DesignBuilder:

- سوخت مصرفی تجهیزات گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع
- مصرف الکتریسیته و سوخت سالانه
- حداکثر الکتریسیته روزانه مورد نیاز
- پتانسیل انرژی های تجدیدپذیر

یافت سناریو بهینه تر



36

تحلیل دی اکسید کربن

- در نرم افزار Green Building Studio آنالیز کربن به وسیله داده های موجود در مورد سوخت ها و انتشار کربن از تمامی تجهیزات مورد استفاده در ساختمان در ایالات متحده انجام میشود.
- این نرم افزار گزارش های سالانه و چرخه عمر از انتشار کربن را در اختیار میگذارد.
- منابع آزاد کننده کربن شامل سوخت های مصرفی در سایت پروژه و منابع سوخت برای الکتریسیته هستند. به عنوان مثال پروژه هایی که در مناطق با تأمین نیروی برق از ذغال سنگ واقع شده اند، انتشار بیشتری از دی اکسید کربن نسبت به مناطق با تأمین نیروی برق هیدروالکتریکی دارند.

37

پیش بینی مصرف انرژی ساختمان

- اهمیت حوزه پیش‌بینی انتشار کربن دی‌اکسید و مصرف انرژی در ساختمان
- پیشرفت علوم کامپیوتر و ابزارهای هوش مصنوعی جدید هرروز شاهد دسته جدیدی از روش‌های یادگیری با دقت بالا، توانایی یادگیری و پیش‌بینی دقیق هستیم.
- استفاده ازاین‌دست ابزار ضمن جلوگیری از بحران‌های زیست‌محیطی، سودآوری مالی از جنبه‌های اقتصادی در مدیریت مصرف انرژی ساختمان را نیز داشته باشد.

38

شبیه سازی انرژی

نرم افزارهای شبیه سازی انرژی ساختمان

- ✓ برای تحلیل پایداری ساختمان
- ✓ بررسی طراحی و مصالح ساختمان بر مصرف انرژی قبل از ساخت
- ✓ به منظور شبیه سازی مصرف انرژی در مراحل مختلف ساخت و برآورد میزان مصرف انرژی

39

شبیه سازی داده محور

- ❖ یکی از جدیدترین روش‌هایی که به‌منظور شبیه‌سازی انرژی ساختمان به کار می‌رود، امروزه استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین است.
- ❖ در حقیقت مدل‌های یادگیری ماشین به یافتن طرحی بهینه در راستای مصرف انرژی می‌پردازند.
- ❖ مدل‌های یادگیری ماشین قابلیت غلبه بر مشکلات حاصل از رویکرد شبیه‌سازی در پیش‌بینی عملکرد انرژی ساختمان‌ها را نیز دارا می‌باشند.

40

مطالعه موردی (۱)
پیش‌بینی و بهینه یابی مصرف انرژی ساختمان ها به کمک مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و ابزارهای هوش مصنوعی

- پژوهش(۱) با توجه به نقش و اهمیت صنعت ساخت در کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه، به‌ضرورت پرداختن به مسائل زیست‌محیطی و ارائه راهکاری جهت بهبود بهره‌وری ساختمان‌ها در راستای کاهش مصرف انرژی تأکید می‌نماید.

- همچنین با توجه به گستردگی شرایط مختلف آب و هوایی شهرهای مختلف کشور ایران، نیاز به ایجاد رویکردی جامع و متناسب با اقلیم‌های متفاوت آب و هوایی محسوس هست.

- نمای خارجی و پوسته ساختمان به‌عنوان حائل بین ساختمان و محیط خارجی سازه نقش مهمی در میزان مصرف انرژی سازه ایفا می‌کند. لذا این پژوهش پوشش ساختمان را به عنوان پارامتر موثر بر مصرف انرژی درنظر گرفته است.

41

مطالعه موردی (۱)
پیش‌بینی و بهینه یابی مصرف انرژی ساختمان ها به کمک مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و ابزارهای هوش مصنوعی

- در این راستا با مقایسه ابزارهای متفاوت مدل‌سازی اطلاعات ساختمان بر اساس مطالعات پیشین در حوزه شبیه‌سازی مصرف انرژی ساختمان از نرم‌افزاری پرکاربرد به نام دیزاین بیلدر استفاده شد.

- سپس روشی مناسب جهت ارائه چارچوبی یکپارچه باهدف پیش‌بینی انرژی مصرفی و انتشار دی‌اکسید کربن توسط توسعه مدل های یادگیری ماشین و انتخاب برترین مدل از میان مدل‌های مختلف و همچنین بهینه‌یابی برخی ترکیبات مؤثر ساختمان در راستای اهداف این تحقیق پیاده‌سازی شده است.

42

نتایج مطالعه موردی (۱)

- تحلیل‌های حاصل از شبیه‌سازی نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر با مقدار واقعی قبوض برق و گاز بسیار نزدیک به یکدیگر صورت گرفت.
- انتخاب شهرها و استان‌های متفاوت کشور ایران ازنظر میزان مصرف انرژی (برق و گاز) که با هدف آموزش گسترده مدل پیش‌بینی صورت پذیرفت.
- توسعه مدل‌های مختلف یادگیری ماشین جهت مقایسه و بهترین مدل برای پیش‌بینی میزان مصرف گاز، برق و میزان انتشار دی‌اکسید کربن انتخاب شد.
- با توسعه بهینه یابی مناسب‌ترین ترکیبات در پایگاه داده، کاربر به سهولت از میان پارامترهای در نظر گرفته‌شده در این پژوهش می‌تواند موارد موردنظر خود را جهت تحلیل و بهینه یابی انتخاب کند.

43

نتایج مربوط به بهینه‌یابی

شهر	مصالح مناسب نمای خارجی	مصالح مناسب بام	نوع آب و هوا
تهران	آجر	سنگ مصنوعی	گرم و خشک
تبریز	آجر	آسفالت	کوهستانی
بندر عباس	آجر	سنگ مصنوعی	گرم و شرجی
یزد	آجر	آسفالت	گرم و خشک
رامسر	آجر	موزاییک	معتدل خزری

44

مطالعه موردی (۲)

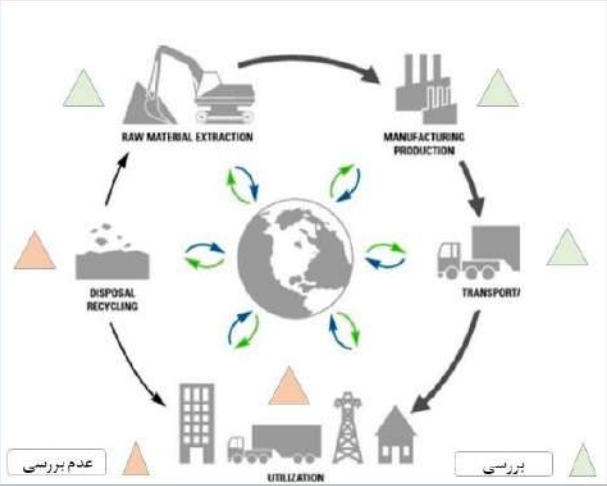
مقایسه مصرف انرژی نهفته مصالح مصرفی سازه (انتخاب سازه فولادی و بتن آرمه) و معماری

هدف: آنالیز انرژی مصرفی و انتشار کربن نهفته هنگام انتخاب مصالح با بکارگیری دیتاهای محلی بصورت خودکار

اهمیت بکارگیری دیتای محلی: تنوع و تفاوت تکنولوژی تولید مصالح کشورها

گستره پژوهش: مراحل نهفته از چرخه حیات ساختمان

ردیف	مراحل چرخه عمر ساختمان	نهفته	علت عدم بررسی
۱	استخراج و تولید مصالح	☑	----
۲	حمل مصالح	☑	----
۳	ساخت	☑	----
۴	بهره برداری	☒	مرحله بهره برداری
۵	تعمیرات و تخریب	☑	عدم تهیه دیتاهای مورد نیاز در کشور
۶	استخراج و تولید مصالح	☑	----

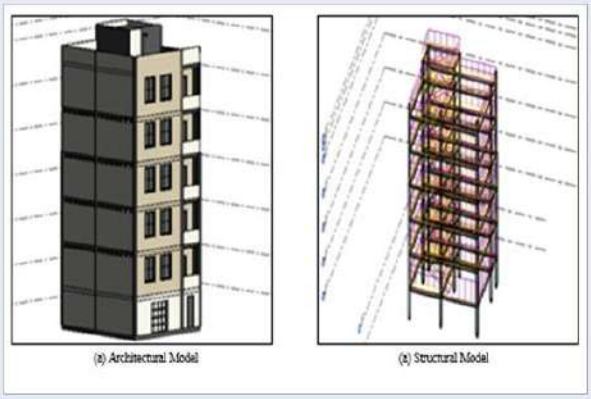


45

بکارگیری چارچوب مورد استفاده در مورد مطالعاتی

دلایل انتخاب مورد مطالعاتی:

ساختمان ۵ طبقه مسکونی واقع در شهر تهران با بیشترین فراوانی در کشور از لحاظ تعداد طبقات و موقعیت ساخت



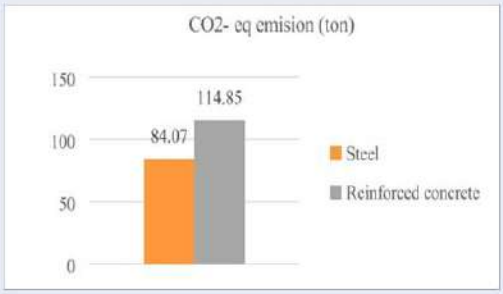
تهیه مدل BIM

پلان و نمای مورد مطالعاتی

46

بررسی نتایج بدست آمده به تفکیک انتخاب مصالح سازه ای و مراحل نهفته

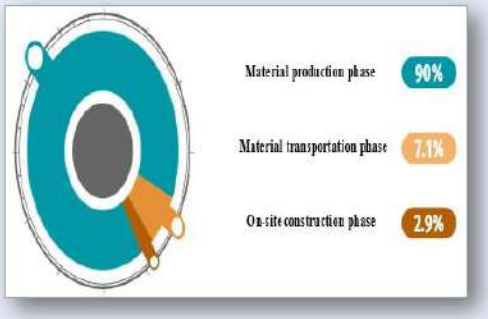
نتایج انتشار کربن سازه فولادی و بتن آرمه



سهم بالای انتشار کربن سازه بتن آرمه

لزوم استفاده از راهکارهای مناسب جهت کاهش انتشار کربن ساخت سازه بتن آرمه

نتایج انتشار کربن مراحل مختلف



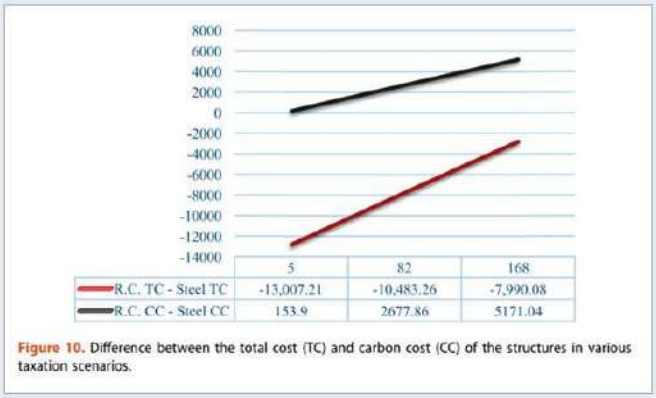
سهم بالای مرحله تولید و استخراج مصالح

لزوم اخذ سیاست های مناسب جهت کاهش انتشار کربن مرحله تولید مصالح

47

نتایج پژوهش در صورت اخذ مالیات کربن در انتخاب مصالح سازه (سازه فولادی و بتن آرمه)

- مقایسه هزینه های نهایی در صورت سناریوهای مختلف جهت اخذ مالیات کربن
- اخذ مالیات هایی به ارقام ۵ دلار، ۸۲ دلار و ۱۶۸ دلار به ازای تولید هر تن کربن دی اکسید معادل
- مشاهده افزایش قیمت نهایی ساخت سازه بتن آرمه در مقایسه با سازه فولادی در صورت افزایش قیمت مالیات کربن



	5	82	168
R.C. TC - Steel TC	-13,007.21	-10,483.26	-7,990.08
R.C. CC - Steel CC	153.9	2677.86	5171.04

Figure 10. Difference between the total cost (TC) and carbon cost (CC) of the structures in various taxation scenarios.

48

جمع بندی

- ضرورت بررسی سازوکارهای مختلف و یافتن عوامل تأثیرگذار در جهت حرکت به سمت توسعه پایدار
- ضرورت شناخت درست از میزان تأثیر هر عامل برای تصویب سیاست‌های انرژی در حوزه ساختمان در ایران
- ضرورت تهیه پایگاه داده میزان انتشار کربن دی اکسید به ازای تولید هر مصالح در ایران
- اهمیت حوزه پیش‌بینی انتشار کربن دی‌اکسید و مصرف انرژی در ساختمان
- ضرورت استفاده از مدل‌های پیش‌بینی نسبتاً دقیق مبتنی بر هوش مصنوعی

49

منابع انگلیسی

1. SANTAMOURIS, M., CARTALIS, C., SYNNEFA, A. & KOLOKOTSA, D. 2015. On the impact of urban heat island and global warming on the power demand and electricity consumption of buildings—A review. *Energy and buildings,* 98, 119-124.

2. KHASREEN, M. M., BANFILL, P. F. & MENZIES, G. F. 2009. Life-cycle assessment and the environmental impact of buildings: a review. *Sustainability,* 1, 674-701.

3. Dixit, M. K., Fernández-Solís, J. L., Lavy, S., & Culp, C. H. (2010). Identification of parameters for embodied energy measurement: A literature review. Energy and Buildings, 42(8), 1238-1247.

4. HEIDARI, H., AKBARI, M., SOUHANKAR, A. & HAFEZI, R. 2022. Review of global energy trends towards 2040 and recommendations for Iran oil and gas sector. *International Journal of Environmental Science and Technology,* 19, 8007-8018.

5. Smith, R. E. (2011). Prefab architecture: A guide to modular design and construction. John Wiley & Sons

6. NATIONAL CENTER FOR ENVIRONMENTAL , N. 2003. Models and Supporting Data in Risk Assessment.

7. Krygiel, E., & Nies, B. (2008). Green BIM: successful sustainable design with building information modeling. John Wiley & Sons.

8. Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. Energy and buildings, 40(3), 394-398.

50

منابع انگلیسی

9. Mehrzad, Poorya, Hosein Taghaddos, and Ala Nekouvaght Tak. "Environmental-cost framework to investigate impacts of carbon tax policy on material selection for building structures." Advances in Building Energy Research 17.1 (2023): 98-124.

10. KUMAR, D., ALAM, M., ZOU, P. X., SANJAYAN, J. G. & MEMON, R. A. 2020. Comparative analysis of building insulation material properties and performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 131, 110038.

11. LIU, H., AL-HUSSEIN, M. & LU, M. 2015. BIM-based integrated approach for detailed construction scheduling under resource constraints. *Automation in Construction,* 53, 29-43.

12. PEREIRA, V., SANTOS, J., LEITE, F. & ESCÓRCIO, P. 2021. Using BIM to improve building energy efficiency – A scientometric and systematic review. *Energy and Buildings 250,111292.*

13. SARAH, L. & BETA, P. 2019. Autodesk Green Building Studio an Energy Simulation Analysis in the Design Process. *KnE Social Sciences,* 3.

14. DEEPA, K., SURYARAJAN, B., NAGARAJ, V., SRINATH, K. & VASANTH, K. 2019. Energy analysis of buildings. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET),* 6, 2395-0056.

15. ACOSTA, I., CAMPANO, M. Á. & MOLINA, J. F. 2016. Window design in architecture: Analysis of energy savings for lighting and visual comfort in residential spaces. *Applied Energy,* 168, 493-506.

منابع انگلیسی

16. SIERRA-PÉREZ, J., RODRÍGUEZ-SORIA, B., BOSCHMONART-RIVES, J. & GABARRELL, X. 2018. Integrated life cycle assessment and thermodynamic simulation of a public building's envelope renovation: Conventional vs. Passivhaus proposal. *Applied Energy,* 212, 1510-1521 17. YIN, S., LI, B. & XING, Z. 2019. The governance mechanism of the building material industry (BMI) in transformation to green BMI: The perspective of green building. *Science of The Total Environment,* 677, 19-33.

17. ABANDA, H., TAH, J. H. M. & ELAMBO NKENG, G. 2015. 22 - Earth-block versus sandcrete-block houses: Embodied energy and CO2 assessment. *In:* PACHECO-TORGAL, F., LOURENÇO, P. B., LABRINCHA, J. A., KUMAR, S. & CHINDAPRASIRT, P. (eds.) *Eco-Efficient Masonry Bricks and Blocks.* Oxford: Woodhead Publishing.

18. GRANADEIRO, V., DUARTE, J. P., CORREIA, J. R. & LEAL, V. M. S. *2013.* Building envelope shape design in early stages of the design process: Integrating architectural design systems and energy simulation. *Automation in Construction,* 32, 196-209.

19. DUAN, J., QIU, X., MA, W., TIAN, X. & SHANG, D. 2018. Electricity consumption forecasting scheme via improved LSSVM with maximum correntropy criterion. *Entropy,* 20, 112.

20. GIL-BAEZ, M., PADURA, Á. B. & HUELVA, M. M. 2019. Passive actions in the building envelope to enhance sustainability of schools in a Mediterranean climate. *Energy,* 167, 144-158.

21. NAGANATHAN, H., CHONG, W. O. & CHEN, X. 2016. Building energy modeling (BEM) using clustering algorithms and semi-supervised machine learning approaches. *Automation in Construction,* 72, 187-194.

منابع فارسی

۲۲. نقی‌زاده, د. م. ۱۳۸۱. معماری: مبانی فرهنگی معماری پایدار ایرانی. مسکن و محیط

۲۳. پایان نامه شیرین ریزه بندی

۲۴. پایان نامه پوریا مهرزاد

۲۵. فرهاد, ا. ۱۳۸۲. "معماری پایدار" نشریه آبادی

۲۶. هادی، مجتبی. (۱۳۹۴). ممیزی انرژی ساختمان مشخص در اصفهان، تأثیر عوامل مختلف و راهکارهای تلفات انرژی

قدردانی و تشکر

با تشکر از توجه شما

عنوان ارائه:

مصالح نوین و سازگار با محیط زیست

امیرمازیار رئیس قاسمی

کارشناسی ارشد مهندسی عمران

پژوهشگر مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی– دبیر آئین نامه بتن ایران– عضو هیئت مدیره

انجمن بتن ایران

سیستم های نوین ساختمانی و سازگار با محیط زیست

۱. کلیات و تعاریف

در بحث سیستم ها (مصالح) نوین و سازگار با محیط زیست (پایدار)، با دو واژه روبرو هستیم که در فرهنگ ساخت و ساز و منابع فنی کشور گاه به تعاریف یا رویکردهای مختلفی ارایه شده اند، لذا ابتدا تعاریفی از واژه «سیستم (مصالح) نوین» و «سیستم (مصالح) سازگار با محیط زیست یا پایدار» بر اساس رویکرد این مقاله ارایه می شود:

۱-۱ سیستم (مصالح) نوین

سیستم (مصالح) نوین، در منابع بین المللی با عباراتی مانند «روش های ساخت و ساز جدید[۷] (مدرن)» یا «نوآوری در صنعت ساخت و ساز»، بسته به رویکرد کشورهای مختلف بکار رفته است. از جنبه دیگر با توجه به اینکه صنعت ساخت و ساز، صنعتی چند وجهی با پیچیدگی های زیاد است، می توان نوآوری یا جدید بودن را در سه سطح تعریف کرد. در سطح کلان، سیاست گذاران، برنامه ریزان، طراحان مدیریت شهری، در سطح متوسط، معماران و مهندسان ساختمان و مکانیک و در سطح خرد تولیدکنندگان و وارد کنندگان مصالح وجود دارند. لذا توسعه کاربرد سیستم ها و فناوری های جدید با دیدگاه صنعتی سازی و توسعه پایدار، نیازمند یک نگرش همه جانبه و از کل به جز می باشد و صرف پرداختن به مصالح نوین بدون در نظر گرفتن پارامترهای کلان و در چهارچوب سیاست گذاری و ریل گذاری با رویکرد صنعتی سازی و توسعه پایدار اجرایی نخواهد شد.

۱-۲ سازگار با محیط زیست (توسعه پایدار)

اگرچه این واژه در دهه های اخیر به کرات تعریف شده و واژه ای آشنا و به نوعی جا افتاده می باشد، ولی نوع نگاه و استفاده از آن در صنعت ساختمان، گاه نیاز به بازتعریف دارد. بطور مثال در منابع مختلف ملی یا بین المللی، صنعتی سازی، کاهش مصرف انرژی در زمان بهره برداری، استفاده از مصالحی که انرژی کمتری در زمان تولید دارند، مصالح قابل بازیافت، استفاده از مصالح بازیافتی، استفاده از مصالح تجدید پذیر و ... را متعارف با توسعه پایدار و سازگار با محیط زیست دانسته اند.

7- Modern Methods of Construction (MMC)

اگرچه در بحث توسعه پایدار نیز سطوح مختلفی قابل تعریف است، مانند توسعه پایدار در طراحی شهری و معماری، در انتخاب سیستم و روش ساخت ساز، در انتخاب مواد و مصالح، در بهره برداری و ...، ولی در این مجال بیشتر به موضوع سیستم های ساختمانی و تا حدی مواد و مصالح سازگار با محیط زیست پرداخته شده است.

۲. مزایای روش های ساخت و ساخت نوین

در ادبیات موضوع، این فرآیند به عنوان راهی توصیف شده است، برای تولید انبوه مسکن با کیفیت در زمان کمتر. از نظر تاریخی، این روش برای پاسخگویی به تقاضای زیاد و سریع تولید ساختمان‌های مسکونی پس از جنگ جهانی دوم ایجاد شد و این موضوع بنار بر وقوع بحران های مقطعی در کشورهای مختلف مجددا تعریف شده است.

بطور مثال بر اساس بحران سال ۲۰۰۵ کشور انگلستان، روش‌های مدرن ساخت‌وساز به عنوان راهی برای کمک به حل بحران مسکن در نظر گرفته شد، زیرا طبق گزارش‌ها، با افزایش سرعت ساخت و ساز پتانسیل افزایش ۳۰ درصدی در سرعت ساخت خانه‌های جدید و کاهش ۲۵ درصدی در هزینه ها، و همچنین پتانسیل بهبود کیفیت و بهره وری انرژی بوجود می آید.

مزایای متعددی را برای استفاده از فناوری و سیستم های نوین می توان برشمرد که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- **قابل پیش بینی بودن**
- **افزایش سرعت / کارایی**
- **بهبود کیفیت**
- **پایداری**
- **اقتصادی (مقرون به صرفه) بودن**
- **افزایش ایمنی**

در ادامه بطور مختصر به تشریح این موارد پرداخته شده است:

۲-۱ قابل پیش بینی بودن

مدولار سازی برخی از آن عواملی را که می تواند بر زمان اتمام ساختمان تأثیر بگذارد را کاهش یا حذف می کند. همچنین با پیش ساختگی، یکی از عوامل دیرینه موثر بر کیفیت و زمان ساخت، که شرایط آب و هوایی است را می توان تا حد زیادی حذف کرد.

از جنبه دیگر، با حذف عواملی که در روش های سنتی و درجا ساخت و ساز کنترل را سخت می کند، برنامه ریزی، طراحی و اجرا در یک فرآیند ساده و در یک جدول زمانی کارآمد سازماندهی و کنار هم جمع می شود که باعث کاهش ریسک و افزایش قابلیت پیش بینی می شود.

۲-۲ افزایش سرعت/کارایی

ساخت هر قسمت از یک ساختمان مدولار به تکمیل مرحله قبلی بستگی ندارد. در ساخت و ساز سنتی، شما نمی توانید دیوارها را قبل از اجرای پی و اسکلت، اجرا و در جای خود نصب کنید (روش ساخت و ساز خطی).

روش‌های مدرن غیرخطی هستند: واحدها، پایه‌های از پیش تعیین شده و پانل‌های دیواری همگی می‌توانند به طور همزمان ساخته شوند، که می توانند زمان ساخت را به طور چشمگیری کوتاه می‌کند.

۲-۳ بهبود کیفیت

روش های نوین اطمینان از کیفیت ساخت را افزایش داده و با استفاده از جدیدترین فناوری های مدرن، مانند واقعیت مجازی و مدل سازی سه بعدی، خطاهای طراحی را به طور قابل توجهی در طول فرآیند ساخت کاهش می دهند.

ساختمان ها در کارخانه ای ساخته می شوند که کیفیت در آن به طور مداوم نظارت می شود. بررسی های کنترل کیفیت شدید در هر مرحله از فرآیند تولید برای اطمینان از یکپارچگی و کیفیت ساخت قبل از آماده شدن برای انتقال به محل برای نصب انجام می شود.

در واقع، سازه‌های نوین اغلب در مقایسه با ساخت‌های سنتی فراتر از انتظارات، با کیفیت هستند. پیروی از فرآیند سنتی ساختمان به این معنی است که تمام کارها در محل انجام می شود که منجر به خطای انسانی یا ایرادات ناشی از عوامل محیطی مانند باران شدید یا سرما می شود.

۲-۴ پایداری

اغلب روش های ساخت و ساز جدید به گونه‌ای طراحی شده‌اند که تا حد امکان از فناوری های سازگار با محیط‌زیست و پایدار استفاده شود. تمرکز اصلی این روش ها استفاده از مواد و روش‌های پیشرفته است که فرآیند ساخت را سبزتر، سریع‌تر و کارآمدتر می‌کند و منجر به ضایعات کمتر در طول پروژه و اثرات زیست‌محیطی و تولید کربن کمتر بر هر پروژه می‌شود.

از جمله راهکارهایی که در راستای توسعه پایدار است، می توان به استفاده از مواد و مصالح زیر در ساخت و ساز اشاره کرد:

- استفاده از پلاستیک بازیافتی به عنوان مسلح کننده بتن؛
- استفاده از چوب احیا شده با حرارت در طرح های معماری؛
- استفاده از بطری های شیشه ای به عناصر تزئینی؛

این راه حل های صرفا سازگار با محیط زیست نیست، آن ها ایده های پیشگامانه ای هستند که به طور اساسی محیط زیست ما را متحول کرده و دوباره شکل می دهند. آن ها با رویکردهای نوآورانه و شیوه های پایدار خود، راه را برای آینده ای سبزتر و پایدارتر هموار می کنند.

در تحقیقی که در کشور انگلستان شده است، نشان داده شده که، ساخت و ساز سنتی دارای مقدار زیادی ضایعات در زمان تولید، حمل و اجرا هستند. بر این اساس تخمین زده شده است در سطح جهان، صنعت ساخت و ساز سنتی حدود ۵۰ درصد از گازهای تغییرات آب و هوایی، ۵۰ درصد زباله های که در زمین دفن می شوند و ۵۰ درصد از تخریب لایه ازن را باعث می شود.

۲-۵ اقتصادی بودن

با کاهش عوامل موثر بر ریسک و کاهش ضایعات مواد در فرآیند تولید خارج از محل کارگاه (تولی کارخانه ای)، مشتریان می‌توانند انتظار داشته باشند که ساخت و ساز مدرن به‌جای اینکه برای تأخیرهای غیرمنتظره (و افزایش قیمت ناشی از تورم) و هزینه‌های اضافی هزینه شود، با یک قیمت ثابت به پایان برسد.

۲-۶ افزایش ایمنی

در نتیجه بهبود کارایی و بهره‌وری روش‌های نوین، فرآیندها بسیار قابل پیش‌بینی‌تر و کنترل‌شده‌تر هستند که منجر به کاهش خطرات ایمنی برای کارگران می‌شود. در یک محیط تحت کنترل کارخانه، نیاز کمتری به کارگران برای کار در ارتفاعات خطرناک وجود دارد و می‌توانند از تجهیزات مکانیکی کارآمد و دقیق‌تر استفاده کنند.

۳. چالش ها و مشکلات استفاده از روش های نوین ساخت و ساز

این روش ها مدت هاست که کارایی خود را ثابت کرده اند. اولین ساختمان مدولار ثبت شده بیش از ۱۸۰ سال پیش، در سال ۱۸۳۷ در لندن ساخته شده است.

ساخت و ساز مدولار، که یکی از راهکارها و روش‌های ساختمانی است که در گروه روش های ساخت و ساز نوین طبقه بندی می شود، تاکنون راه درازی را پیموده است. بعنوان مثال در بریتانیا هر ساله حدود ۷۵۰۰۰ ساختمان مسکونی مبتنی بر

روش مدولارسازی ساخته می‌شود. با وجود ابداع و ارایه روش های ساخت و سازی متنوع، هنوز هم استفاده از روش مدولارسازی، یکی از پرطرفدارترین وکارامدترین روش های تولید صنعتی ساختمان است که می تواند بستر مناسبی برای تحت پوشش درآوردن روش های ساخت و ساز نوین متعددی باشد.

به رغم توسعه ای که در دهه های اخیر در روش های ساخت و ساز نوین اتفاق افتاده است، در بسیاری از کشورها، استفاده از خانه های پیش ساخته، مترادف با ساختمان‌های با کیفیت پایین است که پس از جنگ جهانی ساخته شده است.

در برخی کشورها بدلیل وارداتی بودن روش و یا تجهیزات تولید / اجرای ساخت و سازهای نوین، توسعه این روش ها را خطری برای تولید داخل دانسته و مخالف و کارشکنی بخشی از دست اندرکاران ساخت و ساز سنتی را به همراه داشته است.

کمبود متخصص و نیروهای فنی آشنا به طراحی و اجرای این روش ها یکی دیگر از مشکلاتی است که در اغلب کشورها بعنوان مانع رشد و توسعه سیستم های نوین از آن یاد شده است.

علی رغم ذهنیت قدیمی مبنی بر اینکه ÷یش ساختگی یا مدولار سازی بر اساس یک اندازه های استاندارد بوده و هیچ فکری به زیبایی شناسی نمی کنند، در روش های ساخت و ساز نوین امروزی، می‌توان کاملاً سفارشی و پیکربندی کرد تا نیاز هر کاربری را برآورده کند. معماران و پیمانکاران ساختمان از همان ابتدای پروژه برای تولید طرح با مشتریان مشورت می‌کنند و از نرم‌افزارهای معماری و شبیه‌سازی استفاده می‌کنند که به مشتریان امکان تجسم و تعامل با طرح و ساختمان مد نظر را می‌دهد.

۴. معرفی برخی از مواد و مصالح نوین در صنعت ساخت و ساز

وقتی صحبت از مصالح نوین به میان می آید، بطور قطع صنعت ساخت و ساز عقب نیست. همانطور که مواد سنتی جای خود را به جایگزین های پیشرفته تر می دهند، ما شاهد یک مرحله تحول در این بخش هستیم.

یکی از بارزترین نوآوری های نوظهور، بتن خود ترمیم شونده است. این ماده مبتکرانه از باکتری ها برای ترمیم خودکار ترک هایی که در طول زمان ظاهر می شوند استفاده می کند.

علاوه بر بتن خود ترمیم شونده، در دهه اخیر صنعت ساخت و ساز با ابداع موادی روبرو بوده که به اذعان برخی از محققین می تواند صنعت ساخت و ساز را متحول کند، از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. **آلومینیوم شفاف :** این ماده جدید که به نام آلومینیوم اکسی نیترید نیز شناخته می شود، ماده ای بسیار مستحکم و تقریباً به اندازه شیشه شفاف است. کاربردهای بالقوه آن در ساخت و ساز شامل پنجره های ضد گلوله یا حتی اجزای سازه ای شفاف است.

۲. **الیاف کربن :** لیف کربن که به دلیل استحکام کششی بالا و وزن کم آن شناخته شده است، به طور فزاینده ای در صنعت ساخت و ساز استفاده می شود. معمولاً به عنوان یک ماده مسلح و تقویت کننده، به ویژه در ساخت پل و مقاوم سازی سازه های قدیمی استفاده می شود.

۳. **عایق ایروژل (هواژل):** اغلب به عنوان دود منجمد، دود جامد، هوای جامد یا دود آبی نامیده می شود، ایروژل یک ماده بسیار سبک است که عایق بسیار خوبی است. استفاده از ایروژل در عایق کاری ساختمان می تواند هزینه های انرژی را در طول عمر ساختمان به میزان قابل توجهی کاهش دهد.

۴. **الوار چسبیده (روکش شده) بصورت متقاطع (CLT[8]):** با ارائه یک جایگزین پایدار برای مصالح ساختمانی سنتی، CLT دارای ویژگی های مقاومتی مشابه بتن است اما به طور قابل توجهی سبک تر است. این باعث می شود که آن را به یک انتخاب عالی برای پروژه های ساختمانی هوشمند و دوستدار محیط زیست تبدیل کند.

۵. **گرافن :** گرافن که به عنوان یک «مواد شگفت‌انگیز» معرفی می‌شود، بسیار قوی و در عین حال سبک و انعطاف‌پذیر است. در حالی که استفاده از آن در ساخت و ساز هنوز در مراحل اولیه است، کاربردهای بالقوه شامل ایجاد ساختارهای قوی تر، سبک تر و حتی کمک به تصفیه آب است.

۶. **مواد زیست‌تقلید یا مواد بایومیمتیک:** این مواد با الهام از طبیعت، ویژگی های فیزیکی یا شیمیایی مواد طبیعی را تقلید می کنند. یک مثال اولیه، بتن صدفی است، ماده ای که مقاومت و دوام صدف های دریایی را تقلید می کند.

این مواد، همراه با بسیاری از مواد دیگر که هنوز در حال توسعه هستند، نشانگر عصر جدیدی برای صنعت ساخت و ساز هستند، جایی که پایداری، کارایی و طراحی نوآورانه تبدیل به یک هنجار خواهد شد.

۵. برخی از سیستم ها و زیر سیستم های نوین در صنعت ساخت و ساز

در این بخش سیستم ها (روش های) سازه ای نوین و مطرح و همچنین برخی از مصالح یا زیر سیستم هایی که در اغلب کشورهای جهان بعنوان یک مصالح جدید مطرح هستند معرفی شده است. در این راستا ابتدا چند فناوری یا روش که دارای جنبه نوآوری بیشتر بوده و در حال توسعه می باشند معرفی و سپس چند روش که دارای پیشنیه بیشتر بوده و در اکثر کشورها بعنوان یک سیستم یا روش مطرح مورد استفاده می باشند ارایه شده است.

۵-۱ روش ها و سیستم های نوآورانه جدید

8 - Cross-laminated timber (CLT)

۵-۱-۱ استفاده از چاپگرهای سه بعدی در ساخت و ساز

وقتی در مورد آینده فناوری ساخت و ساز صحبت می کنیم، نمی توان تأثیر انقلابی چاپگرهای سه بعدی را نادیده گرفت. این شگفتی اختراع شده افق های جدیدی را برای تولید انبوه در صنعت باز کرده است.

این فرآیند شامل ایجاد اشیاء سه بعدی از مدل های دیجیتال، با رسوب لایه به لایه مواد است. در این روش امکان خلق بی‌نظیری از انواع طراحی فراهم می شود و هندسه‌های پیچیده‌ای را که زمانی با روش‌های سنتی غیرممکن تلقی می‌شد، را در دسترس قرار می دهد.

۵-۱-۲ واقعیت افزوده - تجسم کارهای فیزیکی عظیم

آینده ساخت و ساز در ادغام خلاقانه واقعیت افزوده (AR) در فرآیندهای آن نهفته است. این فناوری یک رویکرد منحصر به فرد برای تجسم و مدیریت کارهای فیزیکی بزرگ قبل از شروع هر کار واقعی ارائه می دهد، در نتیجه کارایی را افزایش می دهد و خطاها را کاهش می دهد.

در اصل، این فناوری‌ها با ارائه سطح دید بدون محدودیت و کنترل بر جنبه‌های مختلف، نحوه برنامه‌ریزی و اجرای پروژه‌ها را متحول می‌کنند.

۵-۱-۳ استفاده از توانایی و فن آوری های تلفن همراه برای دید بهتر

فن آوری های تلفن همراه در حال تغییر چشم انداز صنعت ساخت و ساز هستند. آنها در حال تبدیل شدن به ابزارهای ضروری هستند که دید واضحی را به داده های زمان واقعی ارائه می دهند و ردیابی کارآمد را در مکان های مختلف تسهیل می کنند.

این موج جدید تحول دیجیتال مزایای بی شماری را برای مدیران پروژه های ساختمانی ارائه می دهد. از نظارت بر پیشرفت در حال حرکت گرفته تا دسترسی به اسناد حیاتی در هر مکان، این برنامه ها در بهبود بهره وری ضروری شده اند.

۵-۱-۴ استفاده از پلتفرم های مبتنی بر «اَبر» برای همکاری در زمان واقعی

جدا از خدمات مبتنی بر مکان ارائه شده از طریق یکپارچه سازی GPS، پلتفرم های مبتنی بر ابر، تعامل سریع بین اعضای تیم را بدون توجه به مرزهای جغرافیایی آنها تسهیل می کنند. این شبکه ارتباطی یکپارچه، فرآیندهای تصمیم گیری را به میزان قابل توجهی سرعت می بخشد که در نهایت منجر به بهبود کارایی و کاهش هزینه های پروژه می شود.

۵-۲ سیستم های سازه ای نوین و مطرح

۵-۲-۱ قاب‌های سبک فولادی سردنورد

قاب‌های سبک فولادی سرد نورد (Light Weight Steel Frame) موسوم به سیستم LSF از جمله سیستم‌های کامل ساختمانی است که قابلیت اجرا به روش تولید صنعتی را دارد. سیستم LSF از سه جزء اصلی شامل مقاطع ساخته‌شده از ورق‌های فولادی سرد نورد شده به عنوان اجزاء باربر سازه‌ای، صفحات تخته گچی بعنوان پوشش رویه داخلی، و لایه عایق حرارتی و صوتی تشکیل می‌شود و عمده اتصالات به کاررفته در آن، از نوع پیچی است.

در سیستم LSF، اجزاء باربر قائم به اِستاد و اجزاء باربر افقی به رانِر (تیر–تیرچه) معروفند و مقاطع به‌کاررفته در آن‌ها، در اشکال و ابعاد متنوع و در محدوده ضخامت ۰/۶ تا ۲/۵ میلی‌متر تولید می‌شوند. اِستادها معمولاً از مقاطع C شکل یا ترکیب آن‌ها و تیرها و تیرچه‌ها، از مقاطع ناودانی یا Z شکل انتخاب می‌شوند. با تکرار اِستادها در فواصل مشخص (که براساس محاسبات نیرویی تعیین می‌شوند)، دیواره‌هایی از اجزاء قائم تشکیل می‌شود؛ به این ترتیب قاب‌های سبک فولادی سردنورد به عنوان سیستم دیوارهای باربر شناخته می‌شود.

سقف در سیستم LSF با اجرای تیرچه‌های سقفی در خط‌المرکز اِستادها – به منظور جلوگیری از ایجاد برون محوری و خمش در اعضاء – و در نظر گرفتن یک لایه رویه همراه است. با توجه به کاربری ساختمان و بارهای وارد بر کف، لایه رویه می‌تواند به صورت خشک (با استفاده از تخته‌های چوبی یا سیمانی) یا به صورت تر (اجرای بتن رویه) درنظر گرفته شود.

مجموعه اتصالات در سیستم سازه‌های فولادی سبک سردنورد، عمدتاً به صورت پیچی درنظر گرفته شده و تنها در شرایط خاص، که رعایت الزامات اجرای آن میسر باشد، اتصالات جوشی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

سیستم دیوار باربر متشکل از قاب‌های سبک فولادی سردنورد به عنوان یکی از سیستم‌های سازه ای در جدول (۳–۴) ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ به رسمیت شناخته شده است. هرچند، ترکیب اجزاء باربر قائم و افقی در سازه LSF به تنهایی قادر به تحمل بارهای جانبی نیست و به همین دلیل، به‌کارگیری سیستم‌های باربر لرزه‌ای سازگار با این سیستم که ضوابط متناسب با شرایط لرزه‌خیزی ایران را برآورده می‌نماید، ضروری است. با استناد به ردیف «الف» از جدول مذکور، استفاده از مهارهای تسمه‌ای فولادی یا صفحات پوشش فولادی به عنوان سیستم باربر لرزه‌ای در کنار سیستم دیوار باربر متشکل از قاب‌های سبک فولادی سردنورد مجاز است و طراحی سازه طبق ضوابط مطرح‌شده در این استاندارد و با رعایت محدودیت‌های متناظر با حداکثر ارتفاع و مناطق لرزه‌خیزی مجاز انجام می‌شود. در صورت رعایت مفاد مندرج در جدول مورد اشاره امکان اجرای ساختمان با سیستم دیوار باربر متشکل از قاب‌های سبک فولادی سردنورد تا ۱۵ متر مجاز است.

با توجه به ساختار کلی سازه و قرارگیری قطعات فلزی در فواصل مشخص برای تشکیل پنل‌های دیواری و سقفی، در انتخاب جزئیات اجرایی مطابق ضوابط ارائه شده در مباحث فیزیک ساختمان (از جمله انرژی، آکوستیک و آتش) ملاحظاتی وجود

خواهد داشت. این ملاحظات ممکن است در کنار کاربری ساختمان و همچنین، موقعیت جغرافیایی احداث بنا، محدودیتهایی در اجرای سازه ایجاد نماید.

۵-۲-۲ سیستم ساختمانی نیمه پیش ساخته بتنی متشکل از پانل‌های دیوار دولایه و سقف و بتن درجا

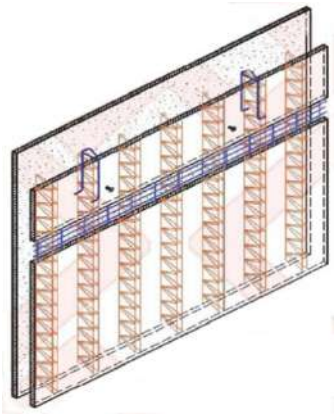
این سیستم ساختمانی برای تولید انبوه مسکن به روش صنعتی در دهه هشتاد میلادی در اروپا ابداع شده‌است. این سیستم متشکل از دیوارهای باربر برشی بتنی و سقف‌های دال بتنی خمشی است. سیستم را باید نیمه پیش‌ساخته نامید، به این دلیل که بخشی از پانل‌های دیواری و دال سقف در کارخانه ساخته می‌شوند و پس از حمل پانل‌ها و استقرار طبق پلان ساختمان، بخش نهایی اجرای سازه توسط بتن‌ریزی در کارگاه صورت می‌گیرد. هدف اصلی از نیمه پیش‌ساخته بودن سیستم، ایجاد سرعت در احداث ساختمان و نیز یکپارچگی کامل اجزاء آن است. همانگونه که در شکل ۱ دیده می‌شود، پانل‌های دیوار دارای دو لایه بتن مسلح داخلی و خارجی هستند که به وسیله خرپاهای فولادی قائم به یکدیگر متصل شده‌اند. در فضای مابین دو لایه، شبکه‌های میلگرد فولادی قرار داده می‌شود و سپس، بتن‌ریزی داخل پانل انجام می‌شود. پانل‌های سقف دارای یک لایه بتن مسلح تحتانی هستند و تیرچه‌های فولادی در فواصل منظم به آن متصل شده‌اند. در حد فاصل تیرچه‌ها از بلوک‌های پلی استایرن برای سبک‌سازی سقف استفاده می‌شود. پس از استقرار پانل‌های دیواری طبق پلان، دال‌های سقف روی لبه فوقانی پانل‌های دیواری مستقر می‌شوند و سپس، بتن‌ریزی فضای داخلی دیوار و روی دال سقف همزمان صورت می‌گیرد. در این سیستم، لایه‌های بتنی پیش‌ساخته پانل‌های دیوار نقش قالب را بازی می‌کنند و عملاً فقط بتن ریخته شده درون آن‌ها در کارگاه می‌تواند پس از کسب مقاومت در سیستم باربر جانبی مشارکت کند. همانطور که در شکل Error! **No text of specified style in document.**۲ و شکل ۳ دیده می‌شود، با توجه به فضای داخلی پانل‌های دیوار قبل از بتن‌ریزی امکان تعبیه سیم‌کشی برق در آن‌ها وجود دارد و روی پانل‌های سقف نیز می‌توان لوله‌کشی آب و فاضلاب را قبل از بتن‌ریزی نصب نمود.

دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

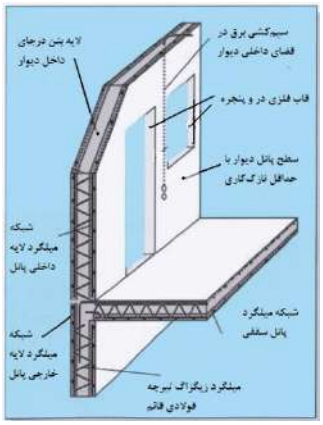
از نظر سازه‌ای، با توجه به عدم امکان فولادگذاری دیوارها برای تامین شکل‌پذیری متوسط و ویژه، سیستم دیوار دو لایه را می‌توان دارای شکل‌پذیری کم تلقی نمود که برای مقاومت در برابر زلزله، بیشتر به یکپارچگی قابل توجه اجزاء سازه و اضافه مقاومت دیوارهای متعدد خود متکی است. بر اساس استاندارد ۲۸۰۰، کاربرد این سیستم به عنوان دیوار برشی بتنی معمولی برای ساختمان‌های با اهمیت زیاد و خیلی زیاد مجاز نیست. براساس ارزیابی‌های بعمل آمده در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، از این سیستم می‌توان در مناطق با خطر نسبی کم و متوسط برای ساختمان‌های با اهمیت متوسط با حداکثر ارتفاع ۱۵ متر استفاده نمود.

با توجه به اتکای سیستم بر پانل‌های پیش ساخته، برای اجرای آن به خط تولید مجهز و همچنین جرثقیل در کارگاه برای نصب پانل‌ها نیاز می باشد. شعاع حمل اقتصادی با توجه به شرایط پروژه و حجم کار باید از مقایسه هزینه حمل پانل ها و صرفه جویی ناشی از کاربرد آن‌ها و افزایش سرعت اجرا بدست آید.

برای تامین عایق حرارتی ساختمان، لازم است لایه عایق با مشخصات فنی لازم بر اساس مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در خارج یا داخل ساختمان نصب شود.



شکل ۱ نمایی از پانل دیوار و تیرچه‌های قائم فولادی



شکل Error! No text of specified style in document.**۲ نمایی از سیستم دیوار دو لایه بتنی**

شکل ۳ سقف پیش ساخته قبل از بتن‌ریزی

شکل ۴ نصب پانل‌های دیوار در سیستم دیوار دولایه بتنی

۵-۲-۳ دیوار باربر بتن‌مسلح با قالب‌های عایق ماندگار(ICF)

در ساختمان‌های دارای دیوارهای بتن‌مسلح انتقال نیروهای ثقلی و زلزله توسط دیوارها انجام می‌شود. این سیستم سازه‌ای در آیین‌نامه‌های ساختمانی از جمله استاندارد ۲۸۰۰ ایران کاملاً شناخته شده است و ضوابط طراحی و اجرای آن تدوین شده است. قالب‌های عایق ماندگار دیواری پرشونده با بتن (قالب گُم دیواری) اساساً قالب‌های دائمی هستند که برای بتن‌ریزی و

ساخت دیوارهای بتن مسلح استفاده می‌شوند. قالب‌های ICF[9] پس از بتن‌ریزی به عنوان جزئی از دیوار محسوب شده و نقش عایق حرارتی را ایفا می‌کنند.

دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

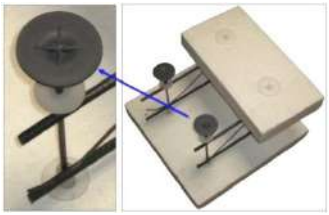
از این سیستم ساختمانی می‌توان برای احداث انواع ساختمان‌ها در چارچوب ضوابط سازه‌ای مندرج در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران بهره گرفت.

شکل ۵ یک نمونه قالب ماندگار پانلی دارای میلگردگذاری کارخانه‌ای

شکل ۶ نمونه قالب ماندگار نواری قائم

9- Insulating concrete form

الف ب



ج د

الف- رابط پلی‌استایرن، ب- رابط پلاستیکی، ج- رابط فلزی از نوع میلگرد با سر پلاستیکی، د- رابط از جنس ورق فولادی

شکل ۷ قطعات عرضی یا رابط‌ها،

الف ب ج

شکل ۸ الف- رابط‌ها در زمان تولید صفحات عایق منظور می‌شوند؛ ب و ج- رابط‌ها در زمان اجرای قالب‌بندی در کارگاه منظور می‌شوند.

۵-۲-۴ ساختمان‌های بتن آرمه به روش قالب تونلی

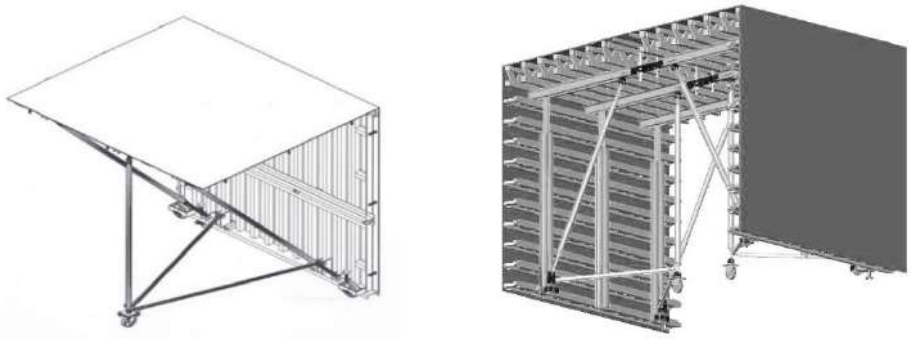
سیستم اجرای قالب تونلی از جمله روش‌های متداول در انبوه سازی ساختمان‌های بتن‌آرمه است. به دلیل مشابهت نحوه کاربرد این نوع قالب با تکنیک اجرایی بتن ریزی در تونل‌ها، این روش به نام روش قالب تونلی موسوم شده است. ساختمان حاصل از این روش اجرایی، شامل سیستم سازه‌ای دیوار بتن آرمه باربر و سقف دال بتن آرمه است. در این سیستم اجرا، بتن ریزی دیوارها و سقف به صورت همزمان صورت می گیرد و این امر باعث یکپارچگی اتصالات و بهبود عملکرد سازه‌ای و رفتار لرزه‌ای می‌شود. همچنین، با توجه به حذف درز بین قالب‌ها، نمای بتن اجراشده کاملاً یک‌دست و یکپارچه خواهد بود که این امر، امکان ایجاد نمای خارجی یا داخلی در معرض دید بتنی را فراهم می‌کند. در این روش اجرایی، همزمان با اجرای آرماتوربندی دیوار و سقف، پیش‌بینی اجرای تاسیسات و جانمایی مسیرها و لوله های تاسیساتی صورت می‌گیرد و لذا با همپوشانی فعالیت تاسیساتی و فعالیت اجرای سازه‌ای، زمان اجرا کاهش می‌یابد.

از اصول مهم در کاربرد این فناوری، طراحی مدولار و احتراز از تنوع بیش از حد در دهانه‌ها و ارتفاع طبقات است و لذا، این اصل باید از ابتدای طراحی مدنظر قرار گیرد. در پروژه‌های انبوه سازی که به ساخت بلوک‌های مشابه منتهی می‌شود، استفاده از قالب‌های تونلی در طبقات ساختمان‌های مجاور نیز امکانپذیر است. تعداد استفاده از یک واحد قالب تونلی متفاوت بوده و عواملی چون نحوه حمل و نقل، نگهداری و کار با قالب در آن موثر است؛ در تجارب موجود، استفاده به تعداد ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ مرتبه گزارش شده است.

شکل ۹ ساختمان بتن آرمه در دست احداث به روش قالب تونلی

ساخت و ساز ساختمان‌های بتن آرمه به شیوه قالب تونلی در کشور، به ویژه در پروژه‌های انبوه‌سازی دارای سوابق زیادی است . همچنین در خارج از کشور نیز این سیستم کاملاً شناخته شده بوده و شرکت‌های بزرگ فعال در زمینه داربست و قالب گزینه های متنوعی از قالب تونلی را تولید و ارائه می نمایند.

بخش اصلی تجهیزات مورد نیاز در این سیستم اجرایی قالب‌های تونلی هستند. ساختار قالب ها می‌تواند به صورت یکپارچه وکامل، دو نیم قالب (شکل ۱۰) و در صورتی که دهانه سقف بزرگ باشد، به صورت دو نیم قالب و صفحه میانی باشد.



الف- نیم قالب **ب- قالب متشکل از دو نیم قالب**

شکل ۱۰ انواع قالب‌های مورد استفاده در روش اجرا با قالب تونلی

دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

اجرای این سیستم در کلیه پهنه‌های لرزه خیزی ایران (مطابق استاندارد ۲۸۰۰) حداکثر تا ۱۵ طبقه یا ۵۰ متر از تراز پایه بلامانع است. این روش اجرا در ساختمان‌های بتنی با سیستم دیوارهای سازه‌ای و سقف بتنی درجا مورد استفاده قرار می‌گیرد. اجرای ساختمان‌ها به ویژه با طراحی مدولار با کاربرد این روش، اقتصادی و سریع است. لازم است طراحی و اجرا با رعایت دامنه کاربرد و محدودیت‌های گزارش تحقیقاتی سیستم بتنی قالب تونلی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، با شناسه گ-۴۹۵ چاپ ۱۳۸۷، صورت گیرد.

۵-۲-۵ بلوک‌های بتنی هوادار اتوکلاو شده AAC

بلوک‌های بتن هوادار اتوکلاو (بتن گازی) که به اختصار AAC نامیده می‌شود، یک نوع خاص بتن سبک متخلخل است که عمدتاً از مواد با پایه سیلیس، سیمان و آهک ساخته می‌شود. محصولی که امروزه بنام AAC موسوم است، اولین بار در حدود ۷۰ سال پیش در کشور سوئد به توسعه رسیده است. این محصول شامل دو فرآیند اصلی ایجاد تخلخل در دوغاب مخلوط سیمان، آهک و پودر سیلیس و عمل آوری بتن حاصله توسط اتوکلاو می‌باشد.

مواد چسباننده که عمدتاً سیمان و آهک می‌باشند در فرآیند اتوکلاو با مصالح سیلیسی واکنش نشان داده و سیلیکات کلسیم هیدراته تولید می‌نمایند. ساختار متخلخل AAC که به علت واکنش آهک آزاد حاصل از ترکیبات سیمان و آهک و پودر آلومینیوم به‌وجود می‌آید دارای خواص حرارتی مناسب (عایق حرارتی) و همچنین نسبت مقاومت به جرم حجمی زیادتری نسبت به دیگر انواع بتن می‌باشد. محصول به‌دست آمده بعد از اتوکلاو نیاز به عمل‌آوری دیگری نداشته و قطعات تولید شده می‌توانند بعد از سرد شدن مورد استفاده قرار گیرند.

شکل ۱۱ بلوک هوادار اتوکلاو شده

از مزایای بلوک‌های ساخته شده با این بتن، می‌توان به مقاومت مناسب آن در مقابل آتش، عدم آزاد شدن گازهای سمی از بلوک در هنگام اشتعال، عملکرد حرارتی مطلوب، افزایش سرعت ساخت و کاهش در مصرف مصالح مورد نیاز برای نما و همچنین کاهش در جرم ساختمان را نام برد.

دامنه کاربرد و محدودیت ها

با توجه به ویژگی های بتن هوادار اتوکلاوشده از این نوع بلوک می توان در ساخت دیوارهای غیرباربر خارجی، داخلی و مقاوم در برابر آتش مطابق ضوابط و مقررات مربوط استفاده نمود.

۵-۲-۶ صفحات سیمانی مسلح شده با الیاف

در حدود ۱۹۰۰ میلادی تولید صفحات سیمانی که با الیاف آزبستی مسلح شده بود، اختراع شد. این صفحات به دلیل دارا بودن آزبست، سرطان‌زا هستند که به همین دلیل استفاده از آن در صنعت ساختمان ممنوع شده است. با ارتقاء فناوری، استفاده از الیاف مختلفی برای مسلح نمودن صفحات سیمانی از نوع چوب و غیره آغاز شد. صفحه‌های سیمانی مسلح شده با الیاف به سرعت به مصالح پرمصرف در صنعت ساخت و ساز تبدیل می‌شوند و در ساختمان‌های مسکونی و تجاری به کار می‌روند.

صفحه‌های سیمانی الیافی به دو نوع تقسیم می‌شوند: نوع اول برای کاربری‌های بیرونی ساختمان، در جاهایی مناسب است که مستقیماً در معرض تابش خورشید، بارش برف و باران قرار دارند و می‌توانند روکش دار یا بدون روکش باشند. نوع دوم معمولاً برای مصارف داخلی مناسب است و نیز برای مواردی از مصارف بیرونی ساختمان که در معرض تابش خورشید و بارش باران و برف قرار ندارند.

شکل ۱۲ صفحات سیمانی مسلح شده با الیاف

مزیت اصلی صفحه‌های سیمانی الیافی مقاومت آن‌ها در برابر شرایط آب و هوایی مختلف است. یخ زدن و آب شدن، گرما یا باران تهدیدی برای این محصول به حساب نمی‌آید. استفاده از این محصولات سرعت انجام کار را بالاتر می‌برد و باعث سبک شدن ساختمان می‌شود. نصب صفحه‌های سیمانی الیافی بسیار آسان است و می‌توان آن‌ها را به هر ابعادی و هر شکلی که مورد نیاز است، برش داد. این محصول علاوه بر دارا بودن مقاومت بالا و سهولت حمل و نقل، رنگ ها و طرح های متنوعی را نیز ارائه می‌دهد.

در مقابل این محصول دارای معایب زیر است: هزینه آن نسبتا بالا است. چنانچه در بیرون ساختمان استفاده شوند هر ۱۰ تا ۱۵ سال به نقاشی دوباره نیاز دارند. سایر معایب عبارتند از: ایجاد صدای توخالی، عدم امنیت در مقابل سرقت و نفوذ حشرات در فضای خالی دیوار.

دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

صفحه‌های سیمانی الیافی در اجزای غیرسازه‌ای ساختمان شامل دیوارهای جانبی، زیر لایه کف، سقف و بام مورد استفاده قرار می‌گیرند. این محصولات را می‌توان به عنوان دیوار پشت کار در محیط‌های مرطوب و یا دیوار خشک در قسمت‌هایی که مقاومت در برابر آتش و مقاومت مکانیکی دارای اهمیت است، به کار برد.

صفحه‌های صاف سیمانی الیاف‌دار با خواص گستردهٔ متناسب با نوع کاربرد، برای کاربردهای بیرونی ساختمان، نظیر پوشش نماهای خارجی ساختمان، تیغه‌ها، زیرنماها، پوشش قسمت‌های آسیب دیده و برای کاربردهای داخلی مانند جداگرها، زیرکف‌ها، سقف‌ها، مناسب هستند. این ورق‌ها ممکن است دارای سطح صاف یا نقش‌دار باشند.

شکل ۱۳ سیستم دیوار ایستا با صفحات سیمانی مسلح شده با الیاف

شکل ۱۴ صفحات سیمانی الیاف دار در نمای خارجی

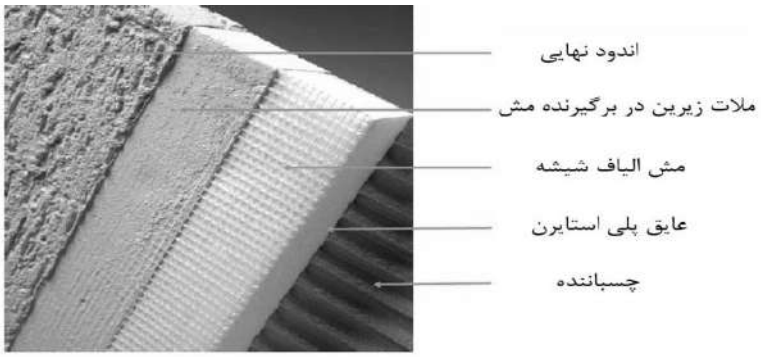
۵-۲-۷ سامانه مرکب نمای بیرونی ETICS

ETICS سیستم نماسازی غیر باربر دیوار بیرونی است که شامل تخته عایق حرارتی، پوشش زیرین مسلح و پوشش نهایی محافظ است. این فراورده، نمایی سبکی شامل عایق فوم پلاستیکی و پوشش‌های مصنوعی نازک است.

سامانه‌های ETICS بر دو نوع اند: بر پایه پلی‌استایرن منبسط و بر پایه پشم معدنی. این سامانه‌ها فراورده‌های کارخانه‌ای هستند که به صورت مجموعه کامل از محل تولید به محل کارگاه ساختمانی حمل و استفاده می‌شوند. برای کارکرد مناسب، لازم است که ETICS طراحی و به عنوان یک سیستم نصب شود. حداقل اجزای تشکیل دهنده آن شامل موارد زیر است:

- چسب و اتصالات مکانیکی،
- عایق حرارتی،
- اندود زیرین دارای حداقل یک لایه تقویت‌کننده معمولا مش الیاف شیشه،
- اندود نهایی شامل پوشش تزیینی

همه‌ی اجزای سامانه ETICS به طور ویژه برای سامانه و پشت‌کار توسط تولیدکننده طراحی می‌شوند.



شکل ۱۵ اجزاء سامانه ETICS

دامنه کاربرد، محدودیت‌ها

ETICS را می‌توان در محدوده بزرگی از ساختمان‌ها شامل خانه، آپارتمان، ساختمان‌های بلند، ساختمان‌های اداری، پاساژ، مرکز خرید، هتل، متل، ساختمان‌های دولتی و غیره استفاده کرد. استفاده از این سامانه در سطوح افقی مجاز نیست.

عنوان ارائه:

بررسی تکنولوژی های روز دنیا در کاهش مصرف انرژی (در بخش تأسیسات و تهویه مطبوع)

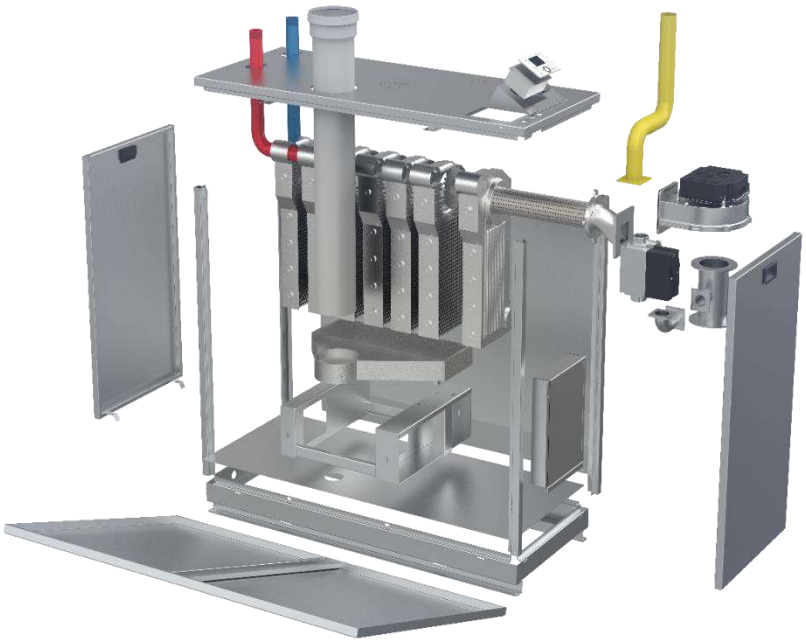
رامین کرمی

دکتری مهندسی مکانیک

رئیس کمیسیون انرژی، استاندارد مصالح و محیط زیست سازمان نظام مهندسی ساختمان استان تهران و عضو هیئت مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان استان تهران

استفاده از تکنولوژی کندانس در کاهش مصرف انرژی و طراحی بهینه در ساختمان

- معرفی تکنولوژی در ایران
  I. ظرفیت از ۷۰ تا ۲۴۰۰ کیلووات
  II. طراحی کوچک و سبک
  III. قابلیت مدولاسیون از ۱۴ تا ۱۰۰٪ بار نامی
  IV. طراحی ویژه درنصب و بازرسی و سرویس
  V. عدم نیاز به برقراری حداقل جریان گردشی آب در دیگ
  VI. عدم محدودیت جهت کاهش دمای آب گرم برگشتی به دیگ
  VII. سیستم کنترل پیشرفته جهت کاربرد در انواع سیستم گرمایش
  VIII. امکان ارائه به صورت **Multi Burner – Multi Circiut**



-

اجزا اصلی سیستم چگالشی:

مبدل حرارتی

ساخته شده از آلیاژ آلومینیوم-سیلیکون، عدم محدودیت به جریان آب برگشتی

مشعل پیش اختلاط و تشعشعی

حذف کامل صدا و لرزش، حرارت یکنواخت در طول شعله و افزایش انتقال حرارت

فن مدولار

عملکرد خطی و پیوسته فن متناسب با نیاز سوخت، ایجاد فشار استاتیکی جهت اجرای دودکش

شیر گاز مدولار

کنترل گاز ورودی به محفظه احتراق با توجه به نیاز حرارتی، قابلیت کارکرد از ۱۴ تا ۱۰۰ به صورت تدریجی

قابلیتها و نکات فنی:

اغتشاش در مسیر گازهای خروجی

به منظور ایجاد حداکثر انتقال حرارت و تبادل گرما میان گازهای خروجی و جریان آب، به دو نکته اصلی توجه شده است:

- اولا به منظور افزایش تبادل حرارت آب و گازهای خروجی در مسیر متقابل جریان دارند.
- در مسیر گازهای خروجی تعداد زیادی پره بصورت نامنظم و فشرده چیده شده است که ضمن ایجاد اغتشاش در جریان گازهای خروجی، مجرای عبور گازهای خروجی را بسیار فشرده می‌کند.

قابلیت کارکرد آبشاری

جهت ظرفیتهای بالا و پروژه های با وسعت زیاد قابلیت نصب آبشاری تا ۱۶ دستگاه و رسیدن به ظرفیتهای بالا در این تکنولوژی به راحتی امکان پذیر است.

قابلیتهای و مکانهای اجرای موتورخانه چگالشی

- **اجرای موتورخانه در طبقات**

کاملا بی‌صدا، در صورت نیاز (ساختمان‌های بلندمرتبه) امکان اجرای موتورخانه در طبقات وجود دارد.

- **اجرای موتورخانه در زیرزمین**

کاهش فضای مورد نیاز، راه‌اندازی آسان سیستم یکپارچه دیگ و مشعل در زیرزمین و کاهش فضای سرویس و نگهداری

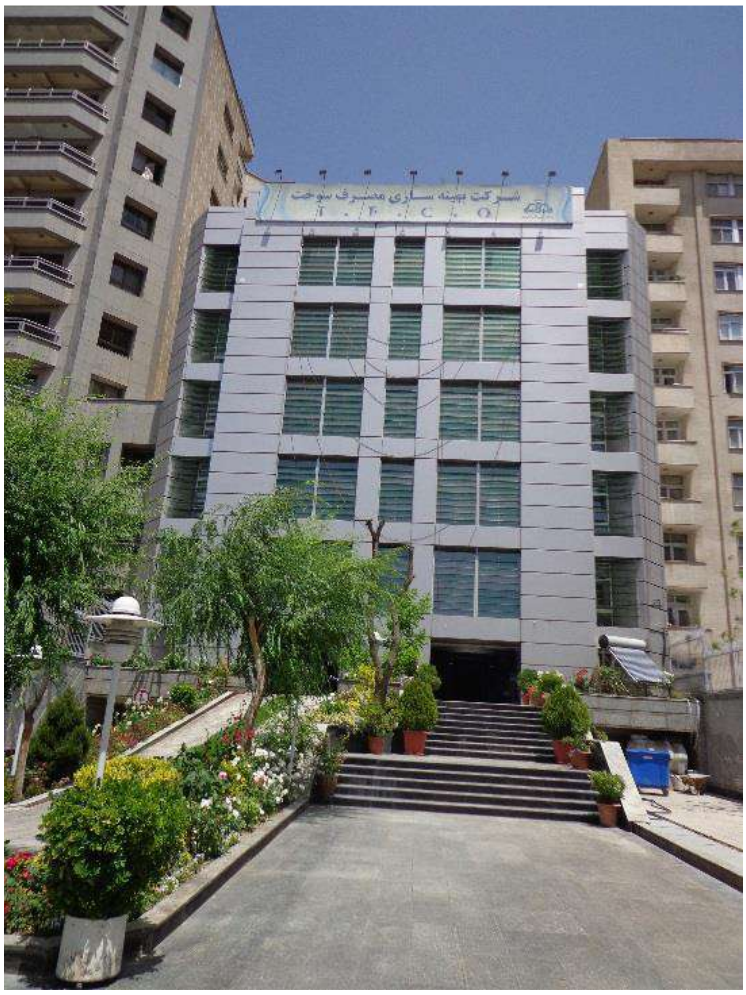
- **اجرای موتورخانه در پشت بام**

وزن کم، امکان اجرای کامل موتورخانه در پشت بام

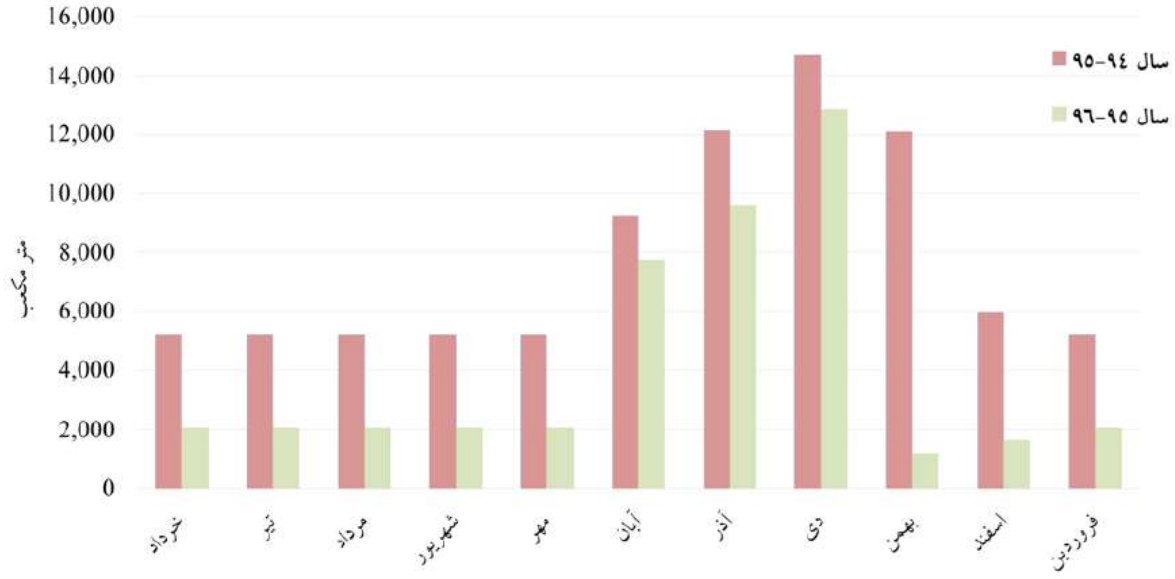
مقایسه میزان کارایی بویلر های چگالشی با سنتی در یک پروژه نمونه

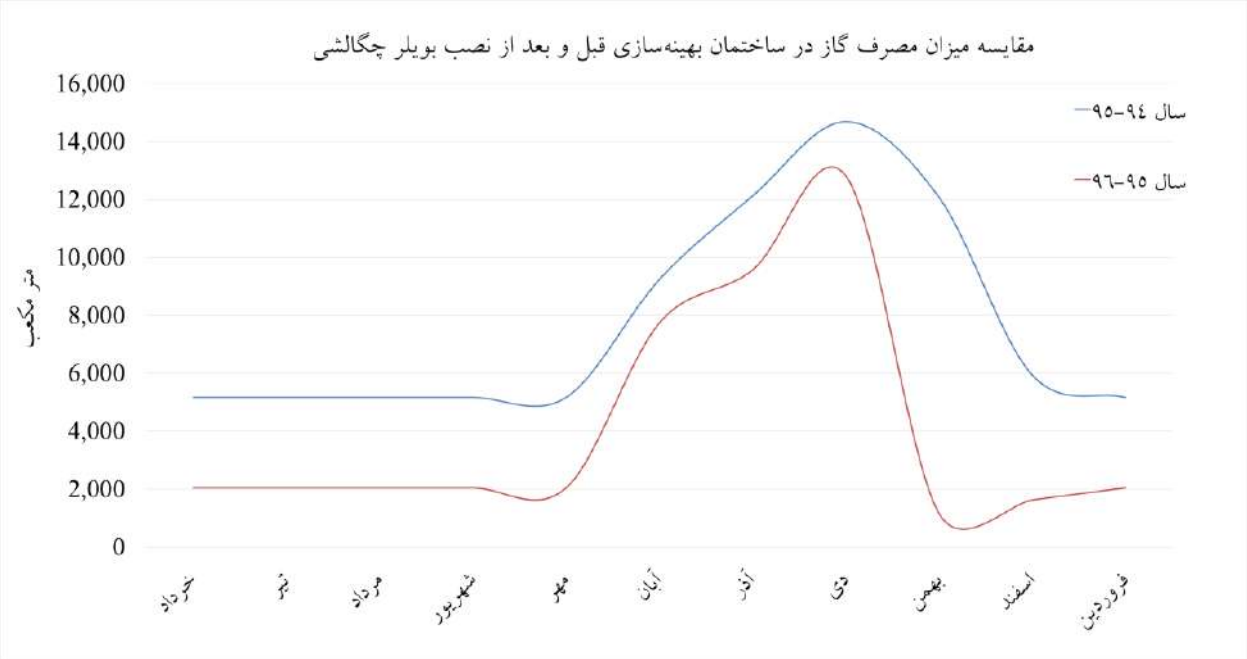
تعویض بویلر های سنتی با چگالشی در شرکت بهینه سازی مصرف سوخت

- نام: شرکت بهینه سازی مصرف سوخت
- نشانی: تهران ، میدان ونک ، خیابان ملاصدرا ، خیابان شیرازی شمالی ، خیابان دانشور شرقی، پلاک
- زیربنا: ۵۰۰۰ متر مربع
- نوع سیستم گرمایش سابق: دو دستگاه بویلر چدنی 350 کیلو وات
- نوع سیستم گرمایش جایگزین: دو دستگاه بویلر چگالشی 300 کیلو وات
- ظرفیت کنتور گاز: ۱۰۰ مترمکعب بر ساعت
- سیستم کنترل: ماژول برنامه‌ریزی



مقایسه میزان مصرف گاز در ساختمان بهینه‌سازی قبل و بعد از نصب بویلر چگالشی




مقایسه میزان مصرف گاز در ساختمان بهینه‌سازی قبل و بعد از نصب بویلر چگالشی
16,000
14,000
12,000
10,000
8,000
6,000
4,000
2,000
0
متر مکعب
سال ۹۴-۹۵
سال ۹۵-۹۶
خرداد
تیر
مرداد
شهریور
مهر
آبان
آذر
دی
بهمن
اسفند
فروردین

عنوان ارائه:

اصول و مبانی بهینه سازی و ممیزی انرژی در ساختمان و بررسی چک لیست های انرژی و نحوه تکمیل آن

احمدرضا طاهری اصل

کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک

نائب رئیس کمیسیون انرژی، استاندارد مصالح و محیط زیست شورای مرکزی– مدرس دانشگاه آزاد اسلامی اصفهان– عضو هیئت مدیره انجمن علمی مدیریت مصرف انرژی ایران

نکات کلیدی مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

صرفه جویی در مصرف انرژی

❖ در این نوشتار بیشتر نکات کلیدی و پایه ایی مبحث ۱۹ ارائه گردیده است و مطالب مرتبط با انتخاب و نصب تجهیزات و تاسیسات نوین ، کم انرژی و پربازده در ساختمان و نحوه تکمیل چک لیستهای طراحی و نظارت و نحوه میزی انرژی در فایل های مرتبط به ارائه دوره به فراگیران تقدیم میگردد.

مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان بیانگر راهکارها و تمهیداتی است که اجرای صحیح آنها سبب کاهش بار سرمایش و گرمایش واقعی ساختمان می شود، علاوه بر آن اجرای مبحث نوزدهم سبب افزایش سطح آسایش افراد در ساختمان می شود

این مقررات، در خصوص ساختمانهای جدید، در موارد زیر لازم الاجراست :

الف- ساختمانهایی که با مصرف انرژی گرم و یا سرد میشوند،

ب- سیستمها و تجهیزاتی که در تأسیسات مکانیکی و برقی ساختمانهای بند الف مورد استفاده قرار میگیرند.

این مبحث در خصوص انرژی مصرفی برای هرگونه فرایند تولید در داخل یک ساختمان موضوعیت ندارد.

✓ **کلیه ضوابط این مبحث میتواند، با رعایت سایر مباحث مقررات و ضوابط فنی، برای بهسازی ساختمانهای موجود نیز استفاده شود.**

در مورد ساختمانهای زیر، ضوابط این مبحث لازم الاجرا نیست :

- ساختمانهای مورد استفاده برای پرورش، نگهداری و تکثیر حیوانات؛
- ساختمانهایی که بنا به عملکرد خاصشان، برای مدت طولانی باز نگه داشته می شوند ، و فضاهای داخل ساختمان در ارتباط مستقیم با فضای خارج قرار میگیرد.
- ساختمانهای موقت، با دوره بهره برداری کمتر از ۸ سال و ساختمانهایی که دائماً در حال نصب و برچیده شدن هستند.
- ساختمانهای موجود که اقدامات بازنوسازی و بهسازی بر روی آنها محدود باشد.

بر اساس مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان رعایت موارد زیر در ساختمان الزامی است

✓ عایقکاری حرارتی پوسته خارجی ساختمان

✓ نصب پنجره‌های دوجداره با قاب‌های آلومینیومی ترمال بریک، چوبی و یا P.V.C استاندارد

✓ عایقکاری حرارتی کانال‌های هوا، لوله‌های تاسیسات و سیستم تولید آب گرم

- ✓ نصب سیستم‌های کنترل‌کننده موضعی دما نظیر شیرهای ترموستاتیک بر روی رادیاتورها
- ✓ نصب سیستم‌های کنترل مرکزی هوشمند و مجهز به سنسور اندازه‌گیری دمای هوای محیط

میزان کارایی انرژی ساختمانها

در این مبحث، سه حد کیفیت (رده انرژی) ساختمان ، با تعیین میزان کارایی انرژی، تعریف میشود:

- **ساختمان منطبق با مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان** (EC) – در صورتی که ضوابط تعیین‌شده مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، در طراحی و اجـرای سـاختمان،مورد رعایت قرار گرفته باشد، عنوان «منطبق با مبحث ۱۹» به ساختمان اطلاق می‌شود.
- **ساختمان کم‌انرژی**(EC+)- در صورتی که حدود کیفیت تعریف شده در این مبحث، برای «ساختمان کـم‌انـرژی»، ملـاک عمـل قرار گرفته شده‌باشد، این عنوان به ساختمان اطلاق می‌شود.
- **ساختمان بسیار کم‌انرژی** (EC++)–در صورتی که حدود کیفیت تعریف‌شده در این مبحث، بـرای «سـاختمان بسـیارکم‌انرژی»، ملـاک عمل قرار گرفته شده‌باشد، این عنوان به ساختمان اطلاق می‌شود.
- **ساختمان با مصرف انرژی نزدیک به صفر**(ECnZ) – دستیابی به این حد کیفیت ساختمان (از دیدگاه انررژی) اختیاری است، به استثنای مواردی که در دستورالعملها و بخشنامه های صادر شده توسط وزارت راه وشهرسازی در ین زمینه، بسته به محل قرارگیری ساختمان (استان، شهر، ...) و مشخصات آن (تعداد طبقات، متراژ، کاربری، ...)، تعیین میگردد

گونه‌بندی عوامل ویژه تعیین‌کننده

گونه‌بندی کاربری ساختمان

ساختمان‌ها از نظر نوع کاربری به چهار گروه الف، ب، ج، د تقسیم می‌شوند. برای تعیین گونه‌بنـدی ساختمان از نظر نوع کاربری به پیوست ۴ رجوع شود.

گروه بندی کاربری در این مبحث بر اساس سه عامل زیر تعیین شده است:

۱- نوع تداوم استفاده از ساختمان در طول سال و در طول شبانه روز
۲- شدت اختلاف دمای احتمالی بین داخل و خارج ساختمان
۳- اهمیت تثبیت دمای فضاهای داخل ساختمان

نوع کاربری الف	مسکونی، بیمارستان، هتل، مهمانسرا، آسایشگاه، مرکز تحقیقاتی، خوابگاه، زایشگاه، سردخانه
نوع کاربری ب	ایستگاه رادیو و تلوزیون، مرکز اصلی یا فرعی مخابرات، مرکز اصلی یا شعبه بانک، ایستگاه اصلی و مرکز کنترل مترو، بخش اداری ساختمان صنعتی، ساختمان آموزشی، خانه بهداشت، ساختمان پست و پلیس و آتشنشانی، مجتمع فنی — حرفه ای، سالن غذلخوری، دانشسرا و مرکز تربیت معلم، ساختمان آموزشی دانشگاهی، ساختمان اداری یا تجاری بزرگ، کتابخانه.
نوع کاربری ج	اردوگاه جهانگردی، بنای یادبود، ترمینال فرودگاه بین المللی یا داخلی، استادیوم ورزشی سرپوشیده، فروشگاه، تعمیرگاه بزرگ، کارخانه صنعتی(غیر از موارد ذکر شده در کاربری د)، نمایشگاه، باشگاه، تاتر، سینما، سالن اجتماع و کنفرانس.
نوع کاربری د	انبار، تعمیرگاه کوچک، کارگاه کوچک، کارخانه صنعتی اتومبیل سازی، نورد و ذوب فلزات، سیلو و مشابه آنها، پارکینگ در طبقات، آشیانه حفاظتی هواپیما، ساختمان ایستگاه وسایل نقلیه زمینی، ساختمانهای میوه و تربار، ایستگاه فرعی مترو، ترمینال راه آهن، پناهگاه، ساختمان کشتارگاه.

گونه بندی شهر محل استقرار ساختمان

شهرها در این مبحث به دو گروه تقسیم می گردند:

- شهرهای بزرگ: مراکز استانها و شهرهای با بیش از یک میلیون نفر جمعیت
- شهرهای کوچک: شهرهای با کمتر از یک میلیون نفر جمعیت که مرکز استان نیستند.

گونه‌بندی مناطق مختلف کشور از نظر درجه انرژی سالانه

در این مبحث، مناطق مختلف کشور، از نظر انرژی (گرمایی- سرمایی) ، سه گونه‌اند:

- مناطق دارای درجه انرژی سالانه کم؛
- مناطق دارای درجه انرژی سالانه متوسط؛
- مناطق دارای درجه انرژی سالانه زیاد.

در پیوست سوم، گونه‌بندی درجه انرژی سالانه ۲۴۵ شهر کشور، که دارای ایستگاه هواشناسی‌اند، درج شده است. در صورتی که شهر محل استقرار ساختمان در این پیوست ذکر نشده باشد، باید نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی مندرج در این پیوست ملاک عمل قرار گیرد.

شماره	نام شهر	درجه انرژی	نیاز غالب	
			گرمایش	سرمایش
۱۳۴	سراب	زیاد	•	
۱۳۵	سراوان	متوسط		•
۱۳۶	سرخس	متوسط	•	
۱۳۷	سرکت تجن	کم	•	
۱۳۸	سقز	زیاد	•	
۱۳۹	سمنان	متوسط	•	
۱۴۰	سنگ ترش	متوسط	•	
۱۴۱	سنگ سوراخ	متوسط	•	
۱۴۲	سنندج	متوسط	•	
۱۴۳	سوباشی	زیاد	•	
۱۴۴	سیرجان	متوسط	•	
۱۴۵	شاهرود	متوسط	•	
۱۴۶	شبانکاره	متوسط		•
۱۴۷	شمس آباد اراک	زیاد	•	
۱۴۸	شمعون	متوسط		•
۱۴۹	شوش	متوسط		•
۱۵۰	شوشتر	زیاد		•
۱۵۱	شهربابک	متوسط	•	
۱۵۲	شهرکرد	متوسط	•	
۱۵۳	شیراز	متوسط	•	
۱۵۴	شیرگاه	کم	•	
۱۵۵	شیروان بروجرد	متوسط	•	
۱۵۶	صفی آباد دزفول	زیاد		•
۱۵۷	طبس	متوسط		•

تعیین گروه ساختمان از نظر میزان صرفه جویی در مصرف انرژی

برای طراحی ساختمان، طبق ضوابط مندرج در این مبحث، لازم است ابتدا گروه ساختمان تعیین گردد. در این مبحث، گروه‌های چهارگانهٔ ساختمان‌ها به قرار زیر است:

- گروه :۱ ساختمان‌های در اولویت بالا از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی؛

- گروه :۲ ساختمان‌های در اولویت متوسط از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی؛

- گروه :۳ ساختمان‌های در اولویت پایین از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی؛

- گروه :۴ ساختمان‌های در اولویت پایین از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی؛

گروه ساختمان‌ها، پس از تعیین عوامل ویژهٔ اصلی و براساس جدول مندرج در پیوست ۴ این‌مبحث، تعیین می‌شود. در این مبحث، مراد از »ساختمان گروه ۱، ۲، ۳ یا «۴ گروه‌بندی فوق است.ساختمان‌های گروه ۱ تا ۳

باید، علاوه بر رعایت ضوابط اجباری بخش ۳-۱۹، با اسـتفاده از یکـی از روش‌های تعیین‌شده در بخش ۲-۲-۱۹ طراحی شوند. در مورد ساختمان‌های گروه ۴، تنها رعایـت‌ضوابط اجباری فصل ۳-۱۹ مبحث الزامی است

پ ۴-۲ تعیین گروه ساختمان از نظر میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی

گونه‌بندی کاربری ساختمان (از بخش پ۴-۱)	درجه انرژی محل استقرار ساختمان (از پیوست ۳)	۹ طبقه یا کمتر با زیربنای مفید کمتر یا مساوی ۲۰۰۰ مترمربع	بیش از ۹ طبقه یا زیربنای مفید بیشتر از ۲۰۰۰ متر مربع
نوع الف	زیاد	گروه ۱	
	متوسط	گروه ۲	
	کم	گروه ۳	
نوع ب	زیاد	گروه ۲	گروه ۱
	متوسط	گروه ۳	گروه ۲
	کم	گروه ۳	گروه ۳
نوع ج	زیاد	گروه ۲	
	متوسط	گروه ۳	
	کم	گروه ۳	
نوع د	زیاد	گروه ۴	
	متوسط	گروه ۴	
	کم	گروه ۴	

۱۹- ۲- ۳ عوامل ویژه فرعی

❑ شرایط بهره گیری از انرژی خورشیدی؛

- ✓ ساختمان های دارای امکان بهره گیری مناسب از انرژی خورشیدی؛
- ✓ ساختمان های دارای محدودیت در بهره گیری از انرژی خورشیدی

❑ نحوهٔ استفاده از ساختمان با کاربری غیرمسکونی

- ✓ استفادهٔ منقطع: استفاده از ساختمان (یا بخشی از آن)، به گونه ای که در هر شبانه روز، دست کم ده ساعت در روند استفاده وقفه بیفتد و بتوان کنترل دما در محدودهٔ متعارف زمان اشغال فضاها را متوقف کرد.
- ✓ استفادهٔ مداوم: استفاده از ساختمان)یا بخشی از آن(به گونهای که تعریف استفاده منقطع بر آن صادق نباشد

روشهای طراحی–

چهار روش اصلی طراحی مطابق مبحث ۱۹ ،به شرح زیر تعریف گردیده است:

- ✓ روش تجویزی مطابق فصل ۱۹-۵
- ✓ روش موازنه ای (کارکردی)، مطابق فصل ۱۹-۶
- ✓ روش نیاز انرژی ساختمان، مطابق فصل۱۹-۷
- ✓ روش کارایی انرژی ساختمان، مطابق فصل ۱۹-۸

روشهای تجویزی، موازنه ای و نیاز انرژی به گونها ی در نظر گرفته شده اند که فرایند طراحی پوسته خارجی، تأسیسات مکانیکی و الکتریکی مستقل از یکدیگر باشد. برخلاف این سه روش، روش کارایی انرژی ساختمان مستلزم انجام طراحی به صورت یکپارچه و تلفیقی است.

استفاده از روشهای تجویزی و موازنه ای (کارکردی)، تنها در صورت تحقق پنج شرط زیر (به صرورت همزمان) مجاز است :

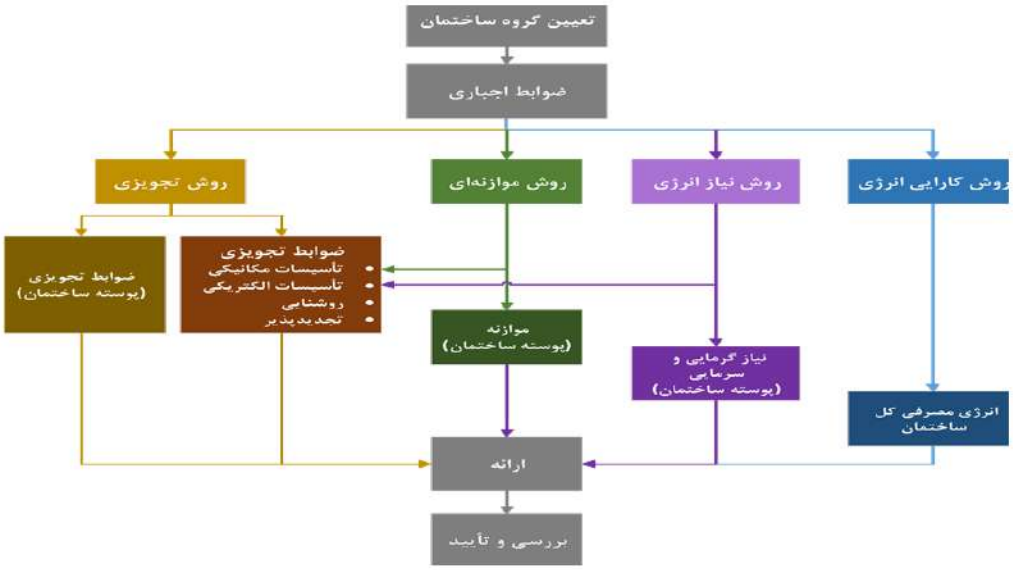
الف- نسبت سطح جدارهای نورگذر به سطح نما (برای هر یک از نماهای ساختمان) کمتر از ۴۱ درصد باشد؛

ب- زیربنای مفید ساختمان کمتر یا مساوی ۲۰۰۰مترمربع باشد؛

پ- تعداد طبقات (بدون احتساب طبقات مربوط به فضاهای کنترلنشده نظیر پارکینگ و انبار)کمتر یا مساوی ۹ طبقه باشد؛

ت- اینرسی حرارتی ساختمان (مطابق پیوست ۸)متوسط یا زیاد باشد؛

ث- ممنوعیت و محدودیتی در دستورالعمل ها و بخش نامه های صادر شده توسط وزارت راه وشهرسازی، با توجه به محل قرارگیری ساختمان (استان، شهر، ...) و مشخصات آن (تعداد طبقات، متراژ، کاربری، ...)، در این خصوص، وجود نداشته باشد.



ضوابط اجباری – **لازم به ذکر است رعایت ضوابط تعیین شده در فصل ضوابط اجباری در تمامی موارد و تمامی روشهای طراحی، الزامی است.** برای ساختمانهای گروه ۱ تا ۳(مطابق پیوست ۴مبحث)، منطبق با مقررات، ضوابط دیگری نیز باید رعایت شود که در فصول ۱۹-۵ تا ۱۹-۸ ،برای روشهای مختلف طراحی در مبحث ارائه گردیده است .در صورت طراحی با هر یک از چهار روش مطرح شده در این مبحث، رعایت اصول کلی مطرح برای هریک از روشهای اتخاذ شده الزامی است. علاوه بر این، ضوابط عمومی مطرح برای پوسته خارجی، در هر یک از روشهای اتخاذ شده نیز الزامی است. رعایت ضوابط اختصاصی مطرح برای ساختمانهای کم انرژی و بسیار کم انرژی تنها زمانی الزام آور است که هدف طراحی ساختمانهای کم انرژی و بسیار کم انرژی باشد.

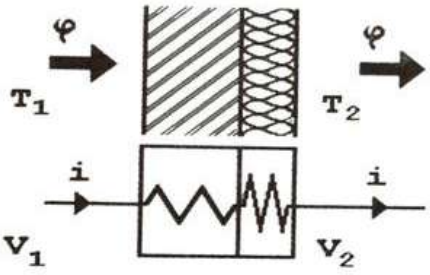
نکته: اکثر مطالب مندرج در روش تجویزی بعنوان پایه سایر روشها مورد استفاده قرار می گیرد که مهندسین رشته های مختلف باید نسبت به فراگیری این روش اهتمام ویژه داشته باشند. لذا مهمترین بخش که در این روش بخصوص مهندسین معمار و مکانیک باید فرا گیرند تعیین مقاومت حرارتی جدارها می باشد، که در ادامه مختصی توضیح داده می شود.

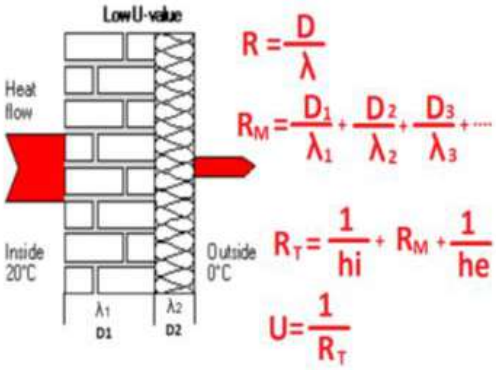
مقاومت حرارتی جدار

مقاومت حرارتی مشخص کننده قابلیت عایق بودن یک یا چند لایه از پوسته یـا کـل پوسـته ازنظر حرارتی است. مقاومت حرارتی با Rنمایانده میشود و واحد آن [m2K/Wاست، جهت تعیین مقاومت حرارتی یک جدار نیاز است ضرایب هدایت حرارتی مصالح بکار رفته در جدار همراه با ضخامت آنها تعیین شود. مقاومت حرارتی شامل نسبت ضخامت لایه به ضریب هدایت حرارتی آن لایه بوده. و مقاومت حرارتی جدار متشکل از چنـد لایـه مساوی با مجموع مقاومتهای هر یک از لایه هاست. لازم به ذکر است در پیوست ۸ مبحث مقاومت برخی جدارهای ناهمگن همچون بلوکها ارائه گردیده است.

- ✓ ضریب هدایت حرارتλ - مقدار حرارتی که در یک ثانیه از یک متر مربع عنصری همگن به ضخامت یک متـر، در حالـت پایدار، میگذرد، در زمانی که اختلاف دمای دو سطح طرفین عنصر برابر یـک درجـه کلـوین اسـت.

ضریب هدایت حرارتی با Kیا λ نشان داده می شود و واحد آن [W/m.K] است. و مقادیر بسیاری از مواد در پیوست ۷ مبحث قرار دارد.





اطلاعات مدل‌سازی انرژی

در صورت استفاده از روش نیاز انرژی و کارایی انرژی علاوه بر چک لیست انرژی، اطلاعات زیر نیـز باید ارائه شوند:

- ✓ خلاصه‌ای از محاسبات و تحلیل‌های انجام‌شده، شامل میزان مصرف انرژی سـالانه سـاختمان مرجع و ساختمان طرح (در صورت استفاده از روش کـارایی انـرژی بـا اسـتفاده از مقـادیرمعیار مصرف تنها محاسبات مربوط به ساختمان طرح ارائه شود)
- ✓ مشخصات نرم افزاری که برای محاسبات مورد استفاده قرار گرفته است
- ✓ فهرست امکانات و تجهیزات انرژی‌بر در ساختمان، و تفاوت‌هـای احتمـالی مشخصـات فنـی‌آنها با مشخصات استاندارد
- ✓ فهرست انطباق موارد مختلف با الزامات در نظر گرفته‌شده در این روش طراحی
- ✓ روش مدل‌سازی و فرضیات در نظر گرفته‌شده

- ✓ اطلاعات خروجی‌های نرمافزار و میزان مصرف انرژی تفکیکی روشنایی، تجهیزات داخلی، سیستم آب‌گرم مصرفی، سیستم گرمایش، سیستم سرمایش، فن‌ها و دیگر تجهیزات سیستم تهویه مطبوع)نظیر پمپ‌ها)باشد.
- ✓ خطاهای احتمالی اعلام شده توسط نرمافزار

ابزارهای تحلیلی (نرم افزارهای)مورد تأیید

ابزارهای مود استفاده برای تحلیل میزان مصرف انرژی در ساختمان باید نرمافزارهای رایانه‌ای اعتبارسنجی‌شده باشند .این نرم افزارها باید شامل ویژگی‌های زیر باشد:

- ✓ امکان تعریف مناطق حرارتی جداگانه در نرم افزار (نرم افزار باید قابلیت این را داشته باشد که به طور همزمان بتواند حداقل ده منطقه حرارتی را ارزیابی کند)
- ✓ مکان ارزیابی عملکرد انرژی ساختمان به صورت گام‌های زمانی (ساعتی، روزانه، ماهانه و سالانه -) دارا بودن قابلیت دریافت داده‌های اقلیمی (دما، رطوبت، جریان باد و ...)را به صورت ساعتی در قابل فرمت‌های متداول نظیر epw ،tmy

مفاهیم و اصول مدیریت انرژی

مدیریت انرژی به یک برنامه سیستماتیک جهت چگونگی کنترل استفاده منطقی از انرژی وکاهش اتلافات انرژی به حداقل ممکن بدون اینکه به نیازهای اصلی ساختمان یا پروسه اثر بگذرد، اطلاق می شود.

سیستم مدیریت انرژی(EMS)

مجموعه ای از عوامل مرتبط و یا دارای تعامل با یکدیگر در یک سازمان با هدف استقرار خط مشی انرژی و اهداف و راه های دستیابی به آن اهداف.

عملکرد انرژی

نتایج قابل اندازه‌گیری مصارف انرژی مانند : بهینه سازی مصرف انرژی، شدت انرژی (تبدیل بهینه سازی مصرف انرژی)، مصارف خاص انرژی، مصرف انرژی (انرژی مصرف شده در هرواحد تولیدی و یا سایر مصارف در سایر فعالیت ها یا بخش ها

تولید ناخالص داخلی(GDP =Gross Domestic Product)

تولید ناخالص داخلی در برگیرنده ارزش مجموع کالاها و خدماتی است که طی یک دوران معین، معمولاً یک سال، در یک کشور تولید می‌شود. در این تعریف منظور از کالاها و خدمات نهایی، کالا و خدماتی است که در انتهای زنجیر تولید قرار گرفته‌اند و خود آنها برای تولید و خدمات دیگر خریداری نمی‌شوند.

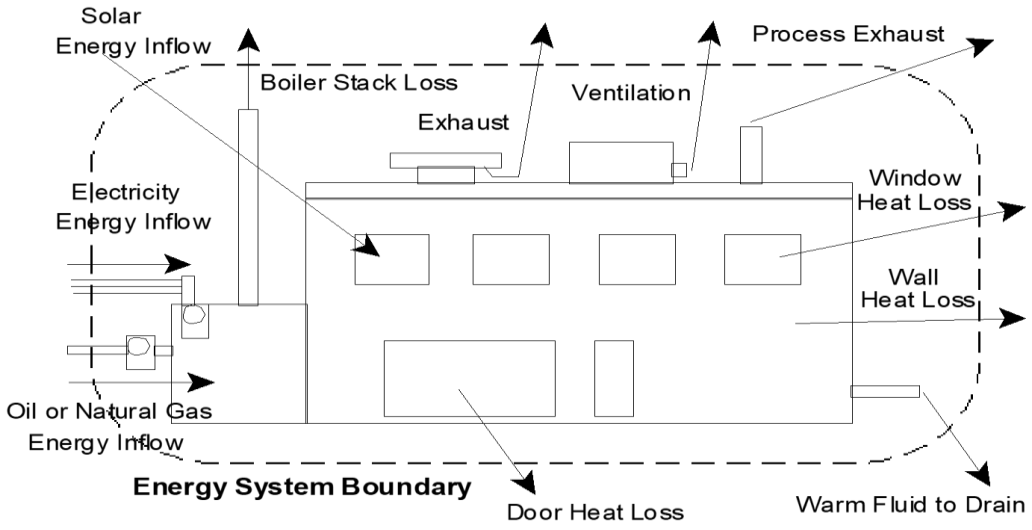
تعریف وتفاوت شدت انرژی و مصرف انرژی ویژه (EI & SEC)

مصرف انرژی ویژه: نسبت مقدار مصرف انرژی به واحد محصول تولیدی در یک واحد صنعتی (KWh/TON)

شدت انرژی: نسبت مقدار مصرف انرژی (تن معادل نفت خام) به هر ۱۰۰۰دلار تولید نا خالص داخلی (GDP)در سطح کلان کشور ها مطرح است.

$$\text{شدت انرژی (EI) Energy intensity} = \frac{\text{مقدار مصرف انرژی (تن معادل نفت خام)}}{\text{هر ۱۰۰۰ دلار تولید ناخالص داخلی (GDP)}}$$

دیاگرام جریان انرژی و تلفات انرژی در ساختمان



ممیزی انرژی ساختمان

ممیزی انرژی ساختمان می تواند به عنوان روش اندازه گیری و ثبت مصرف انرژی واقعی در یک مجموعه ساختمانی و اساساً به جهت هدف کاهش و کمینه کردن مصرف انرژی (بیان شده در واحد مصرف انرژی و نه ارزشهای مالی) شناسایی شود. ممیزی انرژی حیطه هایی را که انرژی بطور مؤثر استفاده می شود و یا به هدر

می رود را شناسایی می کند. همچنین حیطه هایی که بیشترین پتانسیل برای صرفه جویی انرژی را دارا هستند و برای استقرار الگوی مصرف مناسب می باشند را شناسایی می کند.

مفهوم ممیزی انرژی

مجموعه اقداماتی که به منظور مشخص کردن موارد زیر انجام می‌گیرد:

- ✓ شفاف سازی اطلاعات مصرف انرژی و بار به تفکیک نوع مصرف نهایی
- ✓ مشخص کردن گلوگاه‌های مصرف انرژی
- ✓ تعیین میزان اتلاف انرژی نسبت به حالت بهینه
- ✓ ارایه راهکارهای صرفه‌جویی انرژی
- ✓ ارزیابی اقتصادی، و فنی راه‌چاره‌ها و اولویت بندی
- ✓ ارایه کلیات اجرایی تغییرات

انواع ممیزی انرژی:

قبل از شروع به ممیزی انرژی، داشتن یک تصور کلی از هدف پروژه و میزان تلاشی که برای برآوردن انتظارات آن، باید صورت بگیرد، مفید است. چهار نوع یا سطح عمده از ممیزی انرژی وجود دارد که هر یک، ممکن است توقعات مورد انتظار از ممیزی را برآورده کند. سطوح اصلی ممیزی ، به ترتیب افزایش پیچیدگی عبارتند از:

نوع ۰ – ممیزی بهینه کاوی -(Benchmarking audit) در این نوع ممیزی، بر اساس قبوض مصرف انرژی، یک تحلیل مفصل مقدماتی از میزان مصرف انرژی و هزینه های آن، انجام می گیرد.

نوع ۱ – ممیزی عبوری (Walk through audit)-ممیزی عبوری، همانطور که از نامش پیداست، گشت زنی در ساختمان به منظور بازرسی چشمی هر یک از سیستم های مصرف انرژی است. این روش معمولا، شامل ارزیابی اطلاعات مربوط به مصرف انرژی برای تحلیل میزان مصرف و الگوهای مصرف است،

نوع ۲ – ممیزی استاندارد- ممیزی استاندارد برای کمی سازی انرژی و تلفات آن، و از طریق مرور و تحلیل دقیق تر مشخصات تجهیزات، سیستمها، و روش های بهره برداری انجام می گیرد.

نوع ۳ – شبیه سازی کامپیوتری- ممیزی سطح ۳ جزئیات بیشتری از مصرف انرژی توسط کارکرد و ارزیابی جامع تری از الگوهای مصرف انرژی را در برمی گیرد. این روش با استفاده از نرم افزارهای شبیه سازی کامپیوتر اجرا می شود

چک لیست انرژی

۱۹-۳-۱ مدارک مورد نیاز برای تأیید ساختمان از نظر ضوابط صرفه‌جوئی در مصرف انرژی در زمان اخذ پروانهٔ ساختمان

۱۹-۳-۱-۱ چک‌لیست انرژی

چک‌لیست انرژی باید حاوی اطلاعات زیر باشد:

الف- مشخصات ساختمان (شامل آدرس، مشخصات مالک و ...)؛

ب- کاربری ساختمان (مطابق زیربند ۱۹-۲-۱-۱ و پیوست ۴)؛

پ- درجه انرژی سالانهٔ محل استقرار ساختمان (مطابق زیربند ۱۹-۲-۱-۲ و پیوست ۳)؛

ت- سطح زیربنای مفید ساختمان (مطابق زیربند ۱۹-۲-۱-۳)؛

ث- گروه ساختمان (که بر اساس عوامل ویژه اصلی یاد شده و مطابق بند ۱۹-۲-۲ تعیین می‌شود)؛

ج- نحوهٔ استفاده از ساختمان (منقطع یا غیرمنقطع، مطابق زیربند ۱۹-۲-۱-۵)؛

چ- روش مورد استفاده برای طراحی ساختمان، مطابق بخش ۱۹-۳-۲؛

ح- اطلاعات مهندس طراح و تاریخ طراحی؛

خ- رتبه انرژی ساختمان؛

د- مشخصات کلی عناصر پوسته خارجی (ضرایب انتقال حرارت طرح و مرجع) ؛

ذ- مشخصات فنی مصالح و عایق‌های حرارتی مصرفی در ساختمان، مطابق بند ۱۹-۴-۲-۱ و ارائه تصویر صفحات مورد استفاده از مرجع مورد نظر (از جمله پیوست‌های ۷ و ۸ مبحث)؛

ر- مشخصات حرارتی جدارهای تشکیل‌دهندهٔ پوستهٔ خارجی ساختمان؛

ز- مقدار نیاز انرژی ساختمان (طرح و مرجع)، در صورت استفاده از روش نیاز انرژی ساختمان، مطابق فصل ۱۹-۷؛

ژ- مقدار مصرف انرژی سالانه ساختمان (طرح و مرجع)، در صورت استفاده از روش کارایی انرژی ساختمان، مطابق فصل ۱۹-۸؛

س- مشخصات کلی سیستم‌های تاسیسات مکانیکی (طرح و مرجع) و مشخصات فنی سیستم‌های مکانیکی (گرمایی و سرمایی، تهویه و تهویهٔ مطبوع و تأمین آب گرم)، و بازدهی انرژی تجهیزات مورد استفاده، مطابق بند ۱۹-۴-۳-۳؛

ش- دفترچه محاسبات مکانیکی (شامل محاسبات بار سرمایی و گرمایی ساختمان، تعیین ظرفیت و بازدهی تجهیزات تأسیسات مکانیکی) در صورت طراحی با یکی از روش‌های «نیاز انرژی» و یا «کارایی انرژی»؛

ص- مشخصات کلی سیستم‌های الکتریکی و تجهیزات (طرح و مرجع) و مشخصات فنی سیستم‌های برقی (شامل موتورهای الکتریکی و سیستم‌های روشنایی)، و دفترچه محاسبات تأسیسات برقی (مرتبط با موضوع صرفه‌جویی در مصرف انرژی)، در صورت طراحی با یکی از روش‌های «نیاز انرژی» و یا «کارایی انرژی»؛

ض- امکان یا عدم امکان تأمین انرژی توسط سامانه‌های بر پایه انرژی‌های تجدیدپذیر. در صورت وجود امکان تأمین، لازم است موارد زیر مشخص گردد:

چک لیست های بخش طراحی و نظارت مبحث۱۹ –با توجه به مطالب مندرج در بخش ۱۹-۳-۱ مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان چک لیستهای مبحث در دو بخش طراحی و نظارت تهیه گردیده است که ابتدا هر چهار طراح رشته های معماری، مکانیک، برق و سازه با توجه به رده مد نظر طراحان و مالک نسبت به نوع روش طراحی مطابق چک لیست طراحی مبحث ۱۹ مقررات ملی اقدام به طراحی نموده و برگه های مربوطه را تکمیل می نمایند، سپس چک لیست مربوطه به سازمان استان و شهرداری ارسال و رونوشت آن جهت کنترل مهندسین ناظر در اختیار آنها قرار می گیرد، مهندسین ناظر ضمن انطباق موارد مطروحه در چک لیست طراحی با روند ساخت در چک لیست نظارت خود انطباق و عدم انطباق ها را مشخص نموده و در پایان تایید می نمایند ساختمان به رده انرژی مد نظر طراحان رسیده است یا خیر و در صورت تغییر در رده انرژی آن را در چک لیست ثبت می نمایند، تصویر چک لیستها در ادامه ارائه شده و فایل آن در دوره در اختیار فراگیران قرار می گیرد.

مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان
چک لیست بخش طراحی

نام مالک		شماره تماس:
نوع کاربری		زیربنا:
آدرس ملک		
پلاک ثبتی:		کد نوسازی:
متراژ:	تعداد طبقه ارتفاع از روی شالوده:	گروه ساختمانی:

مشخصات طراحان	مهندس/شرکت طراح سازه	مهندس/شرکت طراح معماری	مهندس/شرکت طراح تاسیسات برقی	مهندس/شرکت طراح تاسیسات مکانیکی
نام ونام خانوادگی				
پایه				
شماره پروانه اشتغال				
مهر و امضا				
تاریخ طراحی				

تعیین گروه ساختمان از نظر میزان نیاز به صرفه جویی در مصرف انرژی(برگرفته از اطلاعات بند یک چک لیست)	گروه یک ☐	گروه دو ☐	گروه سه ☐	گروه چهار ☐
روش طراحی	روش تجویزی ☐	روش کارایی انرژی ☐	روش موازنه ای ☐	روش نیاز انرژی ☐
رتبه انرژی(کیفیت) ساختمان	ساختمان منطبق با مبحث ۱۹(EC) ☐ ساختمان کم انرژی(+EC) ☐ ساختمان بسیارکم انرژی(++EC) ☐ ساختمان (با مصرف) انرژی نزدیک به صفر (ENZEB) ☐			
توضیحات تکمیلی				

مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان
چک لیست بخش نظارت و بازرسی

مشخصات عمومی ساختمان:

نام مالک								
نوع کاربری								
آدرس ملک								
پلاک ثبتی:		کد نوسازی:						
زیربنا :		تعداد طبقه ارتفاع از روی شالوده:			گروه ساختمانی:			
زیر بنای ساختمان (متر مربع) :		زیر بنای مفید حرارتی(متر مربع) :			روش طراحی انرژی: تجویزی/ موازنه‌ای/ نیاز انرژی/ کارایی انرژی			
رده انرژی مورد نظر در طراحی*:	EC ☐	EC+ ☐	EC++ ☐	ECnZ ☐	گونه بندی ساختمانها یا کاربری غیر مسکونی:	☐منقطع	☐مداوم	

- چک لیست طراحی انرژی متناسب با رده انرژی، پیوست این چک لیست می باشد.

مشخصات ناظران:

ردیف	عنوان ناظر/ بازرس	نام و نام خانوادگی	شماره پروانه	پایه
۱	ناظر معماری			
۲	ناظر تاسیسات مکانیکی			
۳	ناظر تاسیسات برقی			
۴	ناظر عمران			

روند اجرایی شدن مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

در خصوص اجرای نمودن مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان پیشنهاد میگردد این طرح به صورت فاز به فاز و با توجه به اولویت های الزام آور این مبحث اجرایی شود. در راستای عملیاتی شدن آن نیاز است فراگیران راهکارهای عملی جهت عملیاتی شدن مبحث ۱۹ را به همراه تجهیزات و تاسیسات بهینه را فرا گیرند، لذا درفایل ارائه در کنفرانس کلیه تجهیزات و تاسیسات و همچنین راههای رسیدن به رده های انرژی مد نظر

مبحث ارائه می گردد، ولی روند اجرایی آن و برخی راهکارهای اجرایی بصورت خلاصه در جدول زیر ارائه گردیده است و توضیحات و کلیات مربوط به هر رشته در دوره ارائه می گردد.

ردیف	برخی از راهکارهای اجرایی
(۱)	طراحی منطبق با اقلیم و جهت گیری و جانمایی مناسب ساختمان
	عایقکاری حرارتی پوسته خارجی ساختمان
	شناسایی ، محاسبه و رفع پل های حرارتی
	استفاده مناسب از پنجره‌های دوجداره با قاب‌های استاندارد و مجهز به شیشه دو یا چندجداره و همچنین شیشه های کم گسیل
	بکارگیری مصالح سازگار با محیط زیست
	بهره گیری از نور و تهویه طبیعی با طراحی معماری غیرفعال
	بررسی کلیه جدارهای نورگذر ساختمان و ایجاد شرایط حداقلی
	طراحی مناسب سایبان با در نظر گرفتن مختصات جغرافیایی
	جهت‌گیری مناسب ساختمان به لحاظ میزان بهره‌مندی از نور خورشید
	کنترل فضاها و تعیین فضاهای کنترل شده با سایر فضاها و ایجاد شرایط خاص
(۲)	نصب سامانه های پایش و کنترل و برنامه‌ریزی سیستم گرمایشی شامل نصب سیستم‌های کنترل کننده موضعی دما
	نصب سیستم‌های کنترل مرکزی هوشمند و مجهز به سنسور اندازه‌گیری دمای هوای محیط و همچنین استفاده مناسب از شیر ترموستاتیک برای سیستم گرمایشی
	عایقکاری حرارتی کانال‌های هوا، لوله‌های تاسیسات و سیستم تولید آب گرم، منبع انبساط و منبع دو جداره در موتورخانه
	درزبندی و درزگیری مناسب
	تفکیک سیستم های گرم کننده و سردکننده فضاهای با نحوه بهره برداری متفاوت
	کنترل و برنامه‌ریزی سیستم تهویه و تعویض هوا
	استفاده از تاسیسات مکانیکی و الکتریکی پر بازده مطابق مبحث ۱۹ مقررات ملی
	بهره گیری از سیستم های بازیافت آب خاکستری
	رعایت راهکارهای بهینه سازی مصرف آب و انرژی برای سیستم های سرمایشی (انتخاب مناسب، محل قرارگیری صحیح و نصب سایبان و ...)
	نصب تجهیزات کاهنده و بازیافت آب
(۳)	نصب سیستم های انرژی تجدیدپذیر نظیر آبگرمکن های خورشیدی
	نصب سامانه های تفکیک قبوض و سیستم های انرژی میتر
	نصب سیستم های تولید هم زمان گرما / سرما و برق
	نصب سیستم های ذخیره ساز انرژی نظیر آیس بانک (سیستم تهویه شبانه، جدار ذخیره کننده تغییر فازی و ...)
	نصب سیستم های بازیافت انرژی در کندانسورها، هواسازها (سیستم های بازیافت حرارت ، لوله های حرارتی، رکوپراتورها، اکونومایزرها، و ...)

(۴)	نصب سامانه های فتوولتائیک
	استفاده از سیستم های الکتریکی پربازده و دارای رده برچسب انرژی بالا
	بررسی اثر شرایط اقلیمی در باردهی ترانسفورماتورهای خشک
	بهره گیری از سیستم های کنترل دور در الکتروموتورها و الکتروپمپ ها و سیستم های دور متغیر
	استفاده از تجهیزات روشنایی پربازده
	نصب سیستم‌های کنترل روشنایی شامل سیستم‌های کنترل فضاها، سیستم خاموش کردن روشنایی، سیستم‌های کاهش میزان روشنایی و ...
	کنترل بانک خازنی و بررسی سیستم ترانسفورماتورها

عنوان ارائه:

بررسی ضوابط اجباری و روش های طراحی و بررسی سطوح شفاف و نورگذر ساختمان

بهروز محمدکاری

دکتری مهندسی عمران

عضو هیئت علمی و مدیر بخش انرژی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی– رئیس کمیته

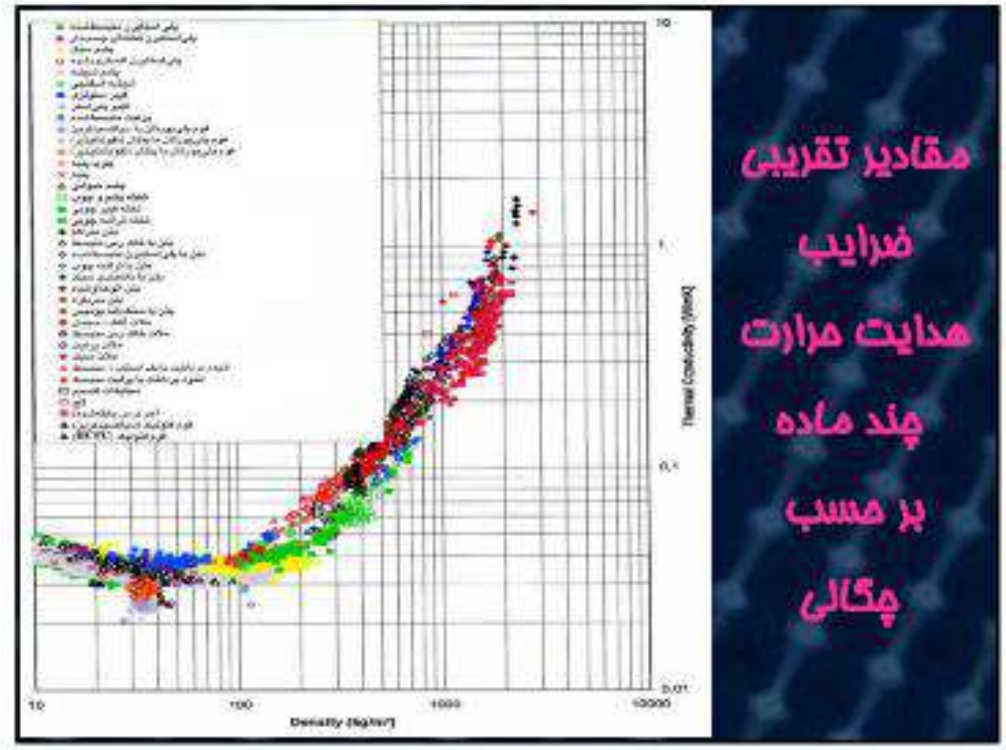
تخصصی و مسئول تدوین ویرایش‌های ۲– ۳ و ۴ مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

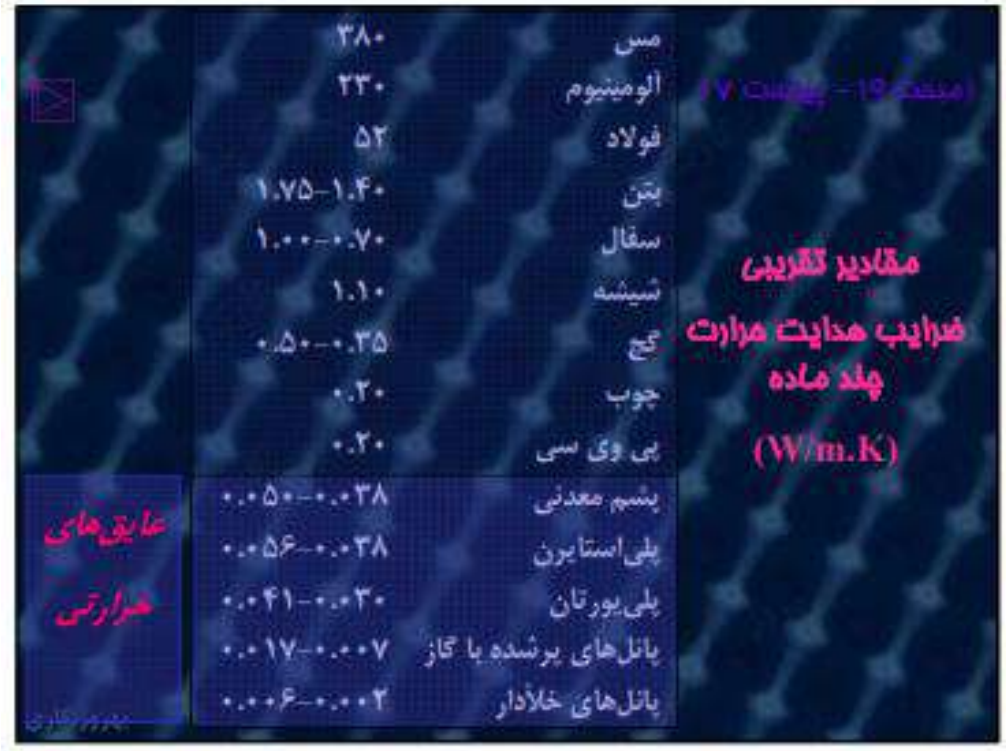
اهمیت بلوک‌های سبک
در
بهینه‌سازی مصرف انرژی
در ساختمان
بهروز کاری
عضو هیئت علمی و مدیر بخش انرژی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
رئیس کمیته تخصصی مبحث ۱۹
بهروز کاری

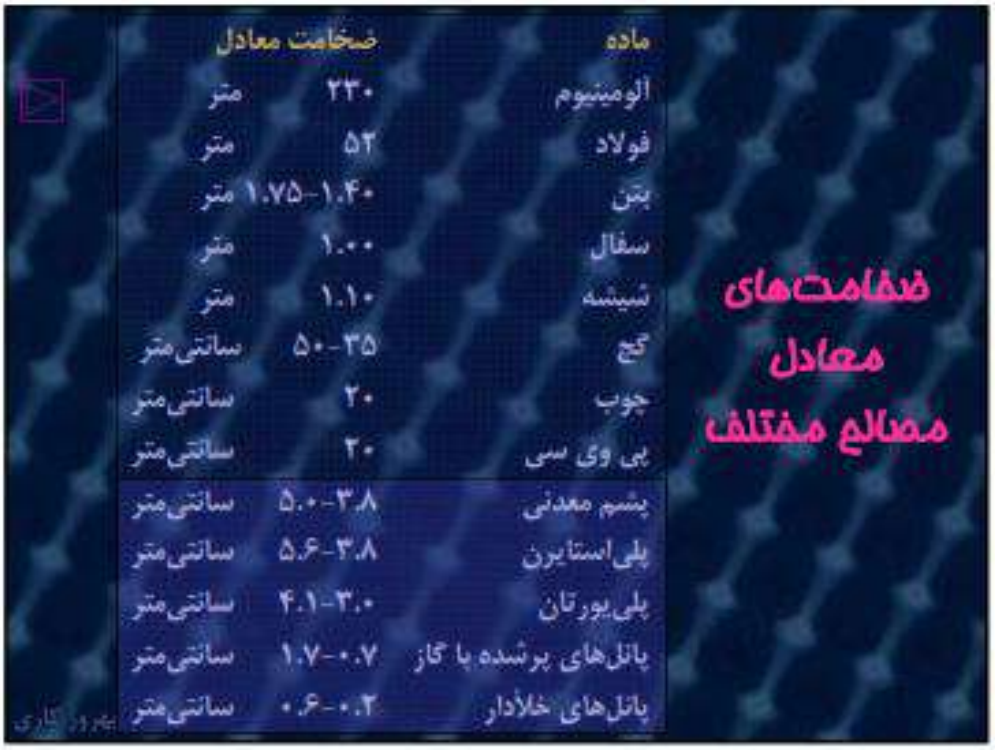
انتظارات مختلف در خصوص جدارهای ساختمان
• جوابگویی به انتظارات تعیین‌شده در مقررات
-مقاومت حرارتی
-صداپندی
-ایستایی و مقاومت مکانیکی
-ایمنی در برابر آتش
-مقاومت در برابر رطوبت
-آب‌بندی
-ایمنی در زمان نصب
-هوابندی
• دوام در برابر اثر عوامل محیطی
• رعایت اصول مطرح برای کنترل و تضمین کیفیت در پروسه تولید
• وجود هماهنگی لازم بین اجزای تشکیل‌دهنده
• روش‌های اصولی اجرا
بهروز کاری

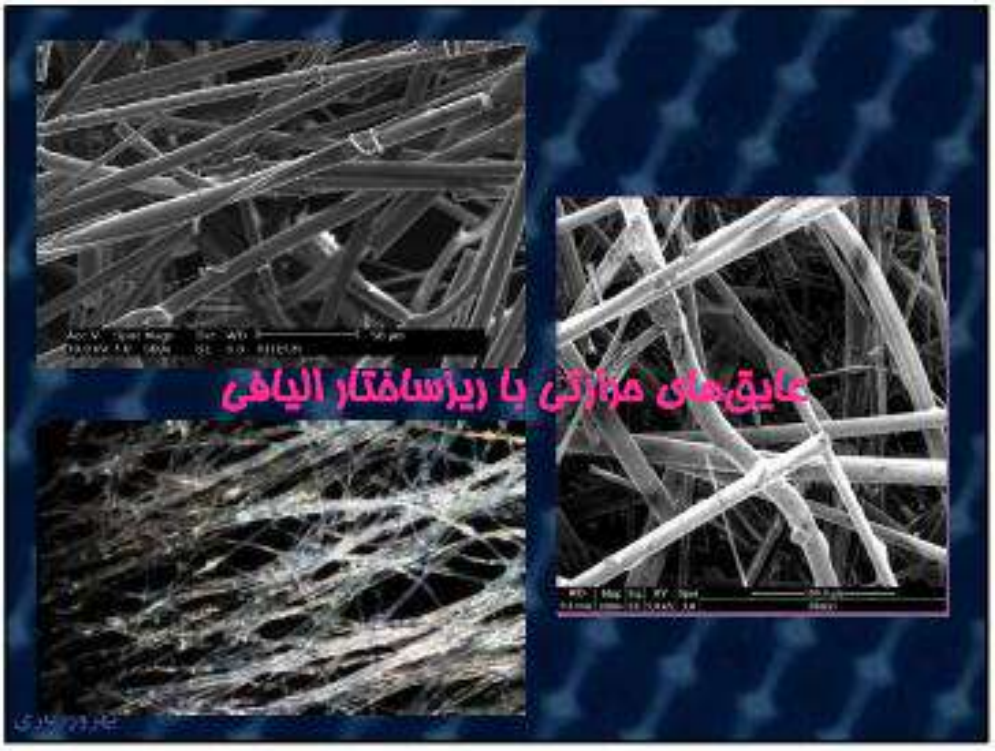
مقدار فیزیکی تعیین کننده میزان
هدایت حرارت از جدارهای ساختمانی:
• ضریب هدایت حرارت λ
• مقاومت حرارتی R
• ضریب انتقال حرارت U

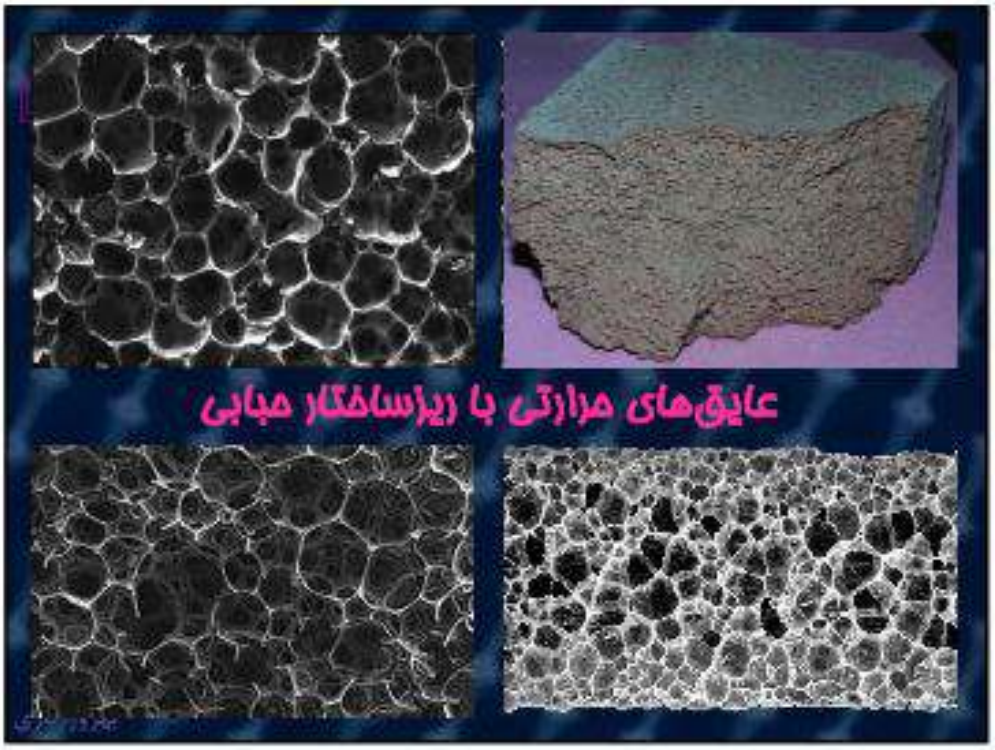
انتقال حرارت در قطعات بلوکی
سه راه اصلی انتقال حرارت
-هدایت از بدنه
-جریان همرفت در حفره‌ها
-تشعشع بین بدنه‌ها


مقادیر تقریبی
ضرایب
هدایت حرارت
چند ماده
بر حسب
چگالی
Density (kg/m³)


مقادیر تقریبی
ضرایب هدایت حرارت
چند ماده
(W/m.K)
مس ۳۸۰
آلومینیوم ۲۳۰
فولاد ۵۲
بتن ۱.۷۵-۱.۴۰
سفال ۱.۰۰-۰.۷۰
شیشه ۱.۱۰
گچ ۰.۵۰-۰.۳۵
چوب ۰.۲۰
پی وی سی ۰.۲۰
عایق‌های
حرارتی
پشم معدنی ۰.۰۵۰-۰.۰۳۸
پلی‌استایرن ۰.۰۵۶-۰.۰۳۸
پلی‌یورتان ۰.۰۴۱-۰.۰۳۰
پانل‌های پرشده با گاز ۰.۰۱۷-۰.۰۰۷
پانل‌های خلأدار ۰.۰۰۶-۰.۰۰۲


ضخامت‌های
معادل
مصالح مختلف
ماده
ضخامت معادل
آلومینیوم ۲۳۰ متر
فولاد ۵۲ متر
بتن ۱.۴۰-۱.۷۵ متر
سفال ۱.۰۰ متر
شیشه ۱.۱۰ متر
گچ ۳۵-۵۰ سانتی‌متر
چوب ۲۰ سانتی‌متر
پی وی سی ۲۰ سانتی‌متر
پشم معدنی ۳.۸-۵.۰ سانتی‌متر
پلی‌استایرن ۳.۸-۵.۶ سانتی‌متر
پلی‌یورتان ۳.۰-۴.۱ سانتی‌متر
پانل‌های پرشده با گاز ۰.۷-۱.۷ سانتی‌متر
پانل‌های خلأدار ۰.۲-۰.۶ سانتی‌متر


عایق‌های حرارتی با ریزساختار الیافی


عایق‌های حرارتی با ریزساختار حبابی

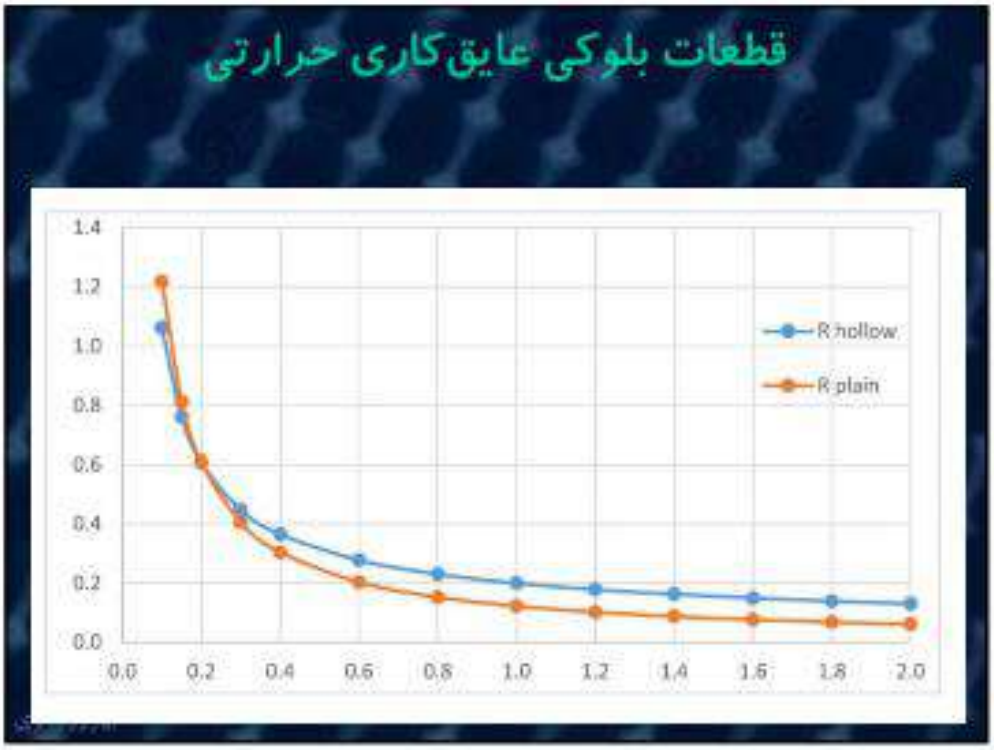
سلگدانه سبک معدنی یا پلیمری

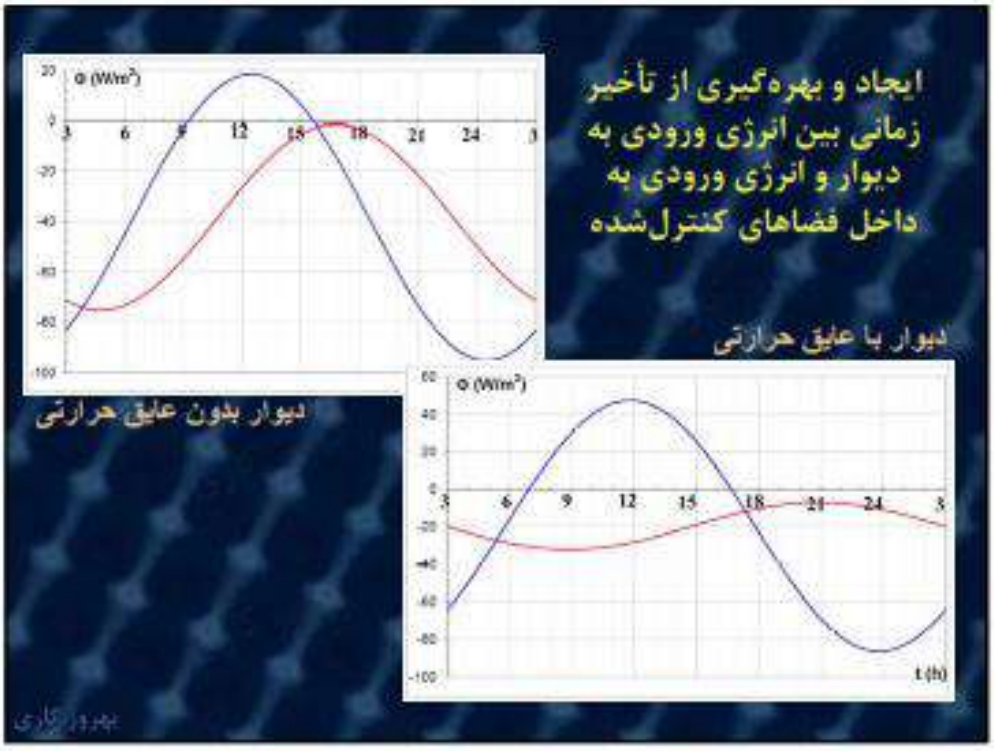
سنگدانه سبک مصنوعی یا پلیمری

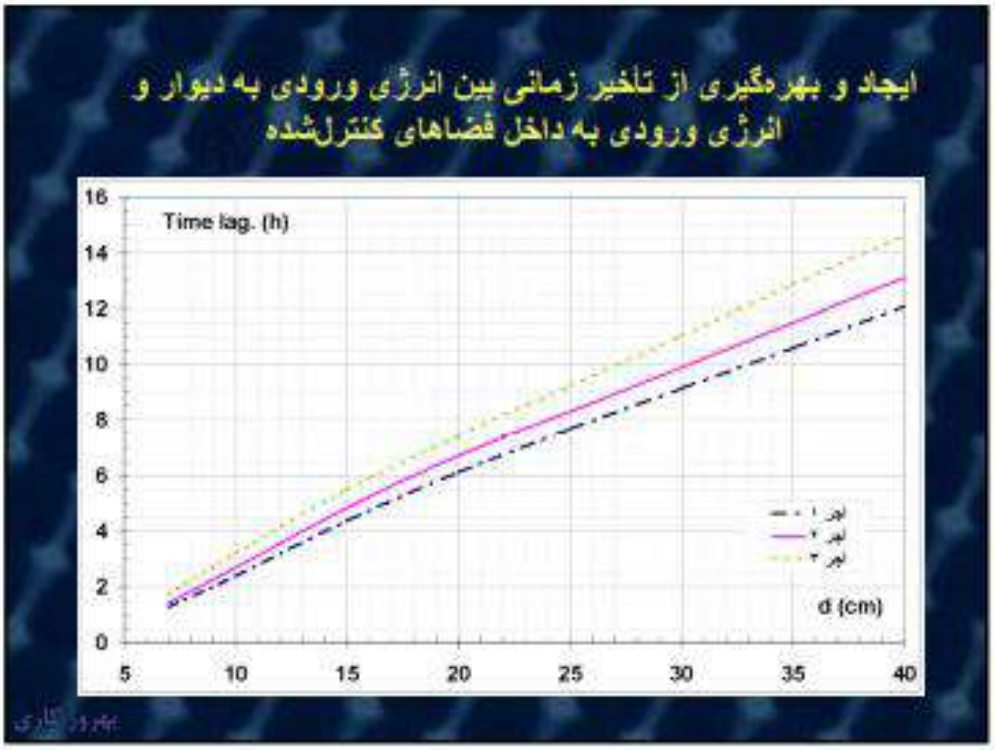
سنگدانه سبک مصنوعی یا پلیمری

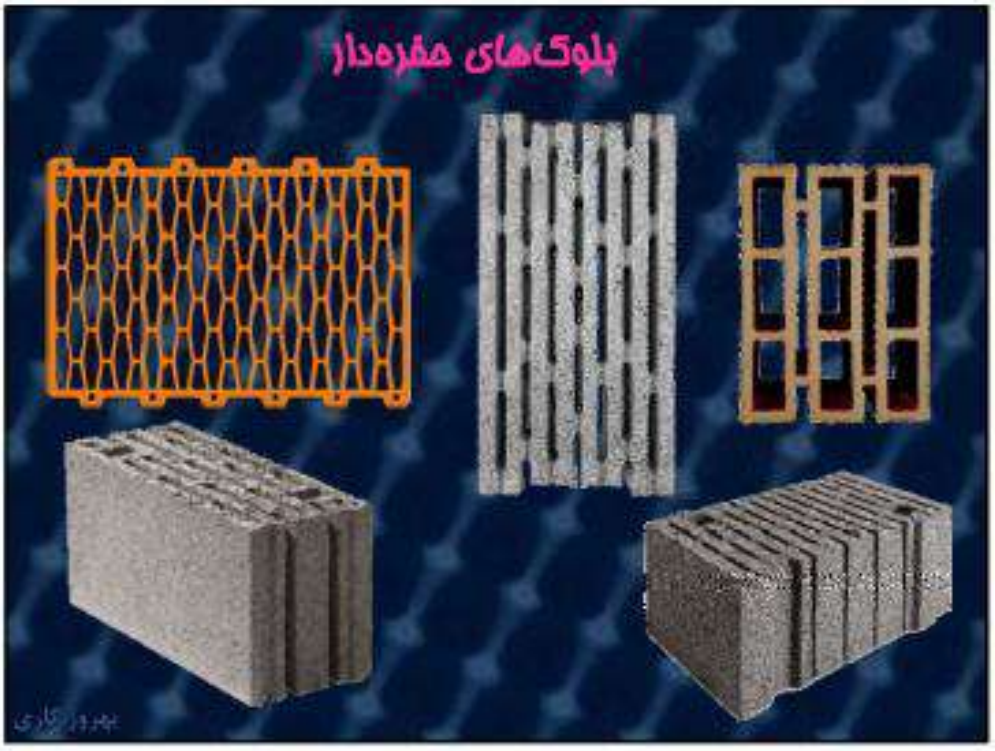
سنگدانه سبک معدنی یا پلیمری

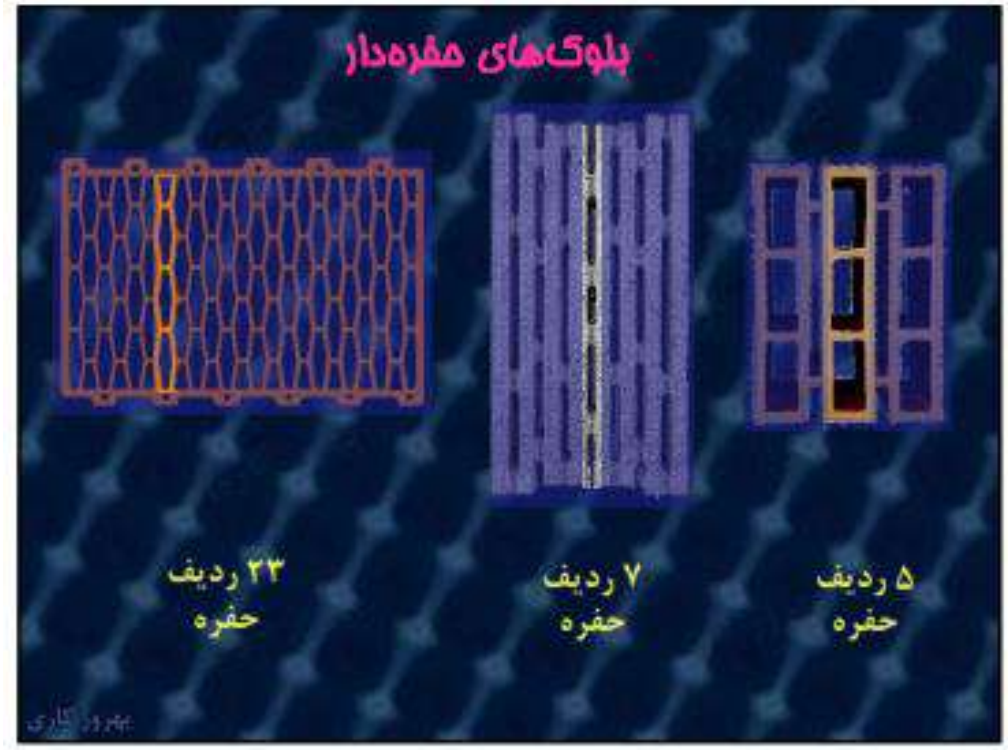
قطعات بلوکی عایق‌کاری حرارتی
بلوک حفره‌دار سیمانی یا سفالی
عادی یا سبک
بلوک توپر بتن سبک یا آجر سبک

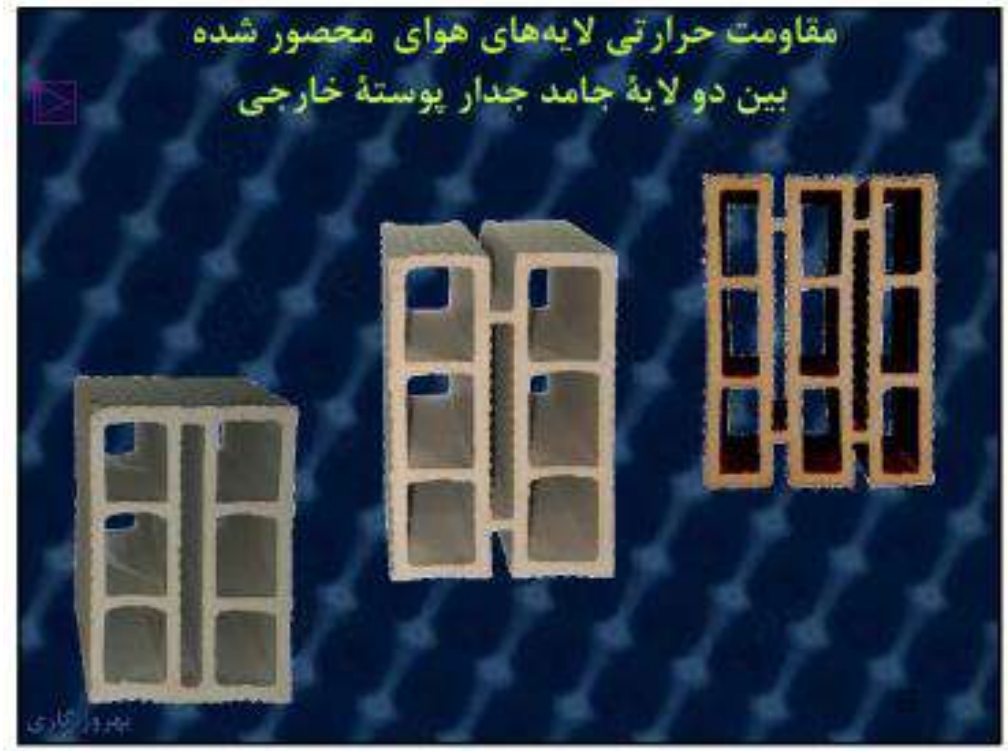

قطعات بلوکی عایق کاری حرارتی
R hollow
R plain
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0

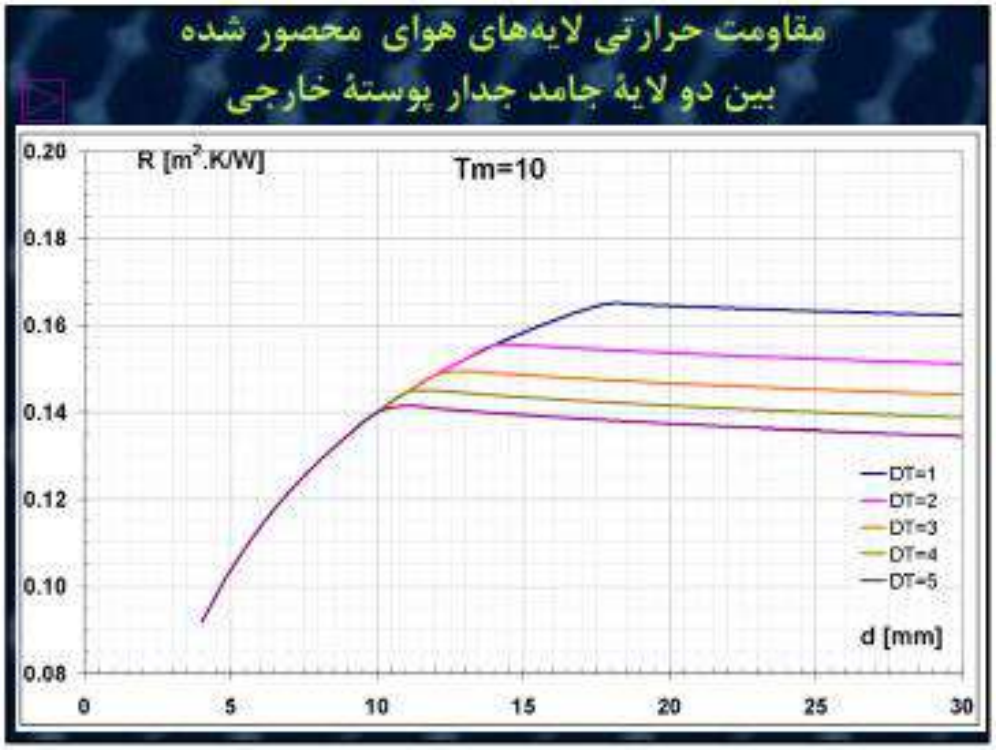

ایجاد و بهره‌گیری از تأخیر زمانی بین انرژی ورودی به دیوار و انرژی ورودی به داخل فضاهای کنترل‌شده
دیوار با عایق حرارتی
دیوار بدون عایق حرارتی
Q (W/m²)
t (h)

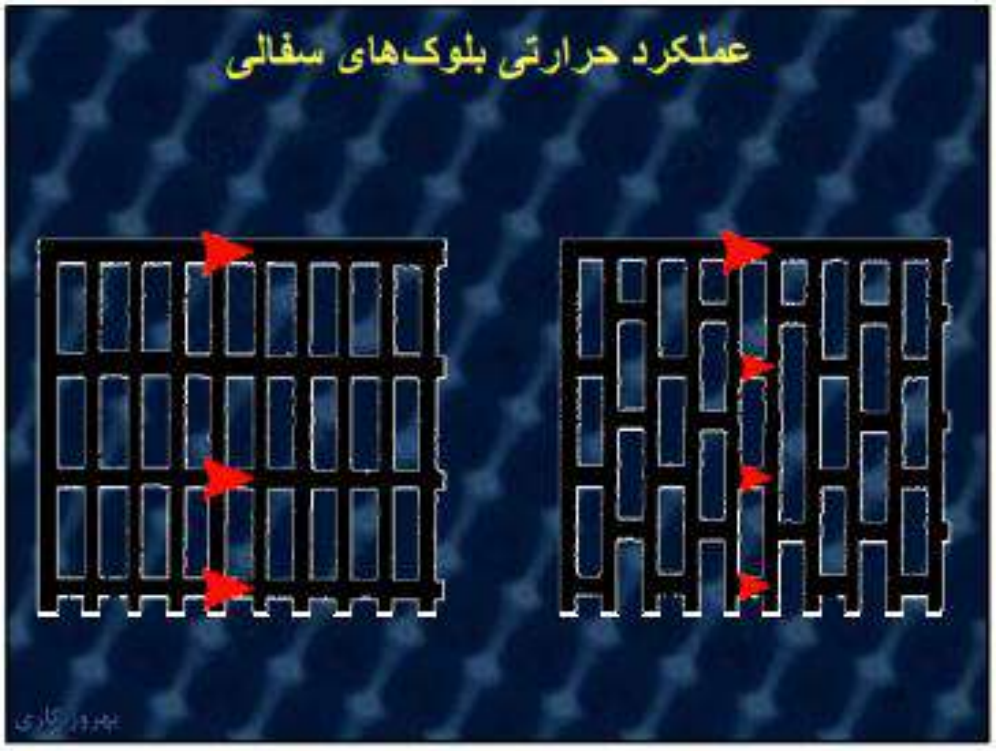

ایجاد و بهره‌گیری از تاخیر زمانی بین انرژی ورودی به دیوار و
انرژی ورودی به داخل فضاهای کنترل‌شده
Time lag. (h)
d (cm)
0
2
4
6
8
10
12
14
16
5
10
15
20
25
30
35
40

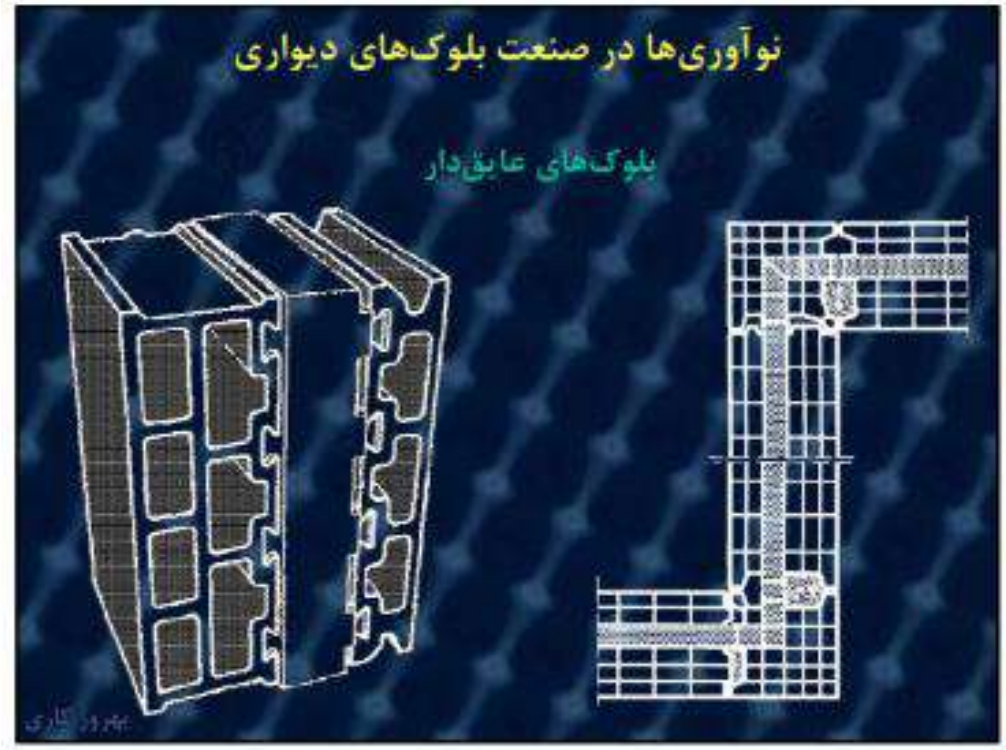

بلوک‌های حفره‌دار


بلوک‌های حفره‌دار
۲۳ ردیف
حفره
۷ ردیف
حفره
۵ ردیف
حفره

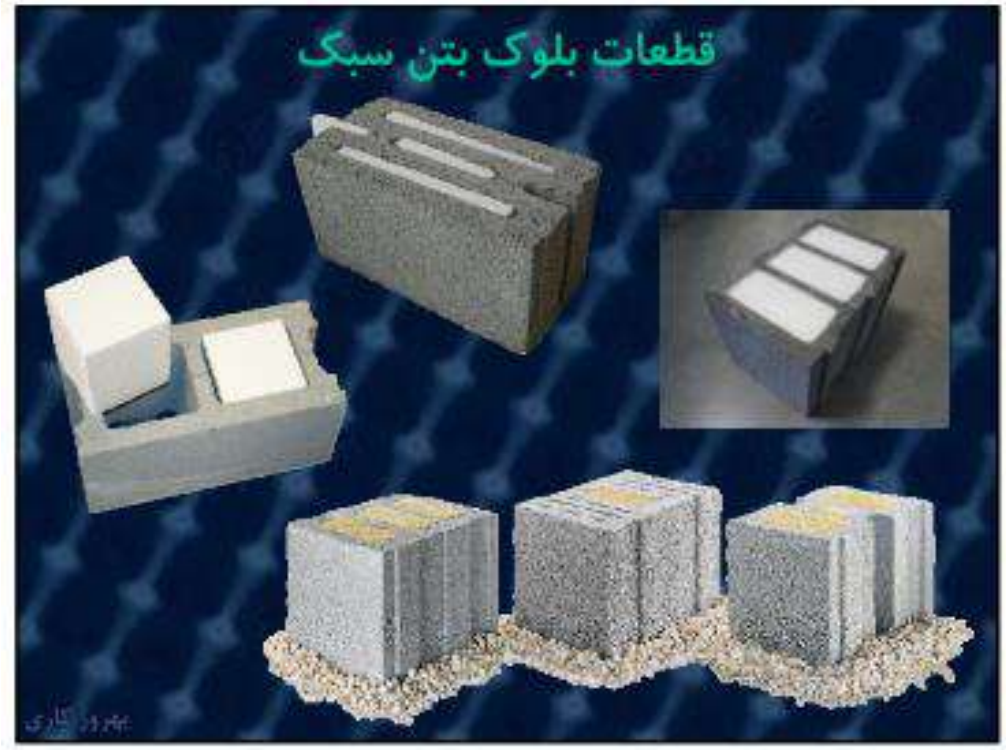

مقاومت حرارتی لایه‌های هوای محصور شده
بین دو لایهٔ جامد جدار پوستهٔ خارجی


مقاومت حرارتی لایه‌های هوای محصور شده
بین دو لایهٔ جامد جدار پوستهٔ خارجی
R [m².K/W]
Tm=10
0.20
0.18
0.16
0.14
0.12
0.10
0.08
0
5
10
15
20
25
30
DT=1
DT=2
DT=3
DT=4
DT=5
d [mm]


عملکرد حرارتی بلوک‌های سفالی

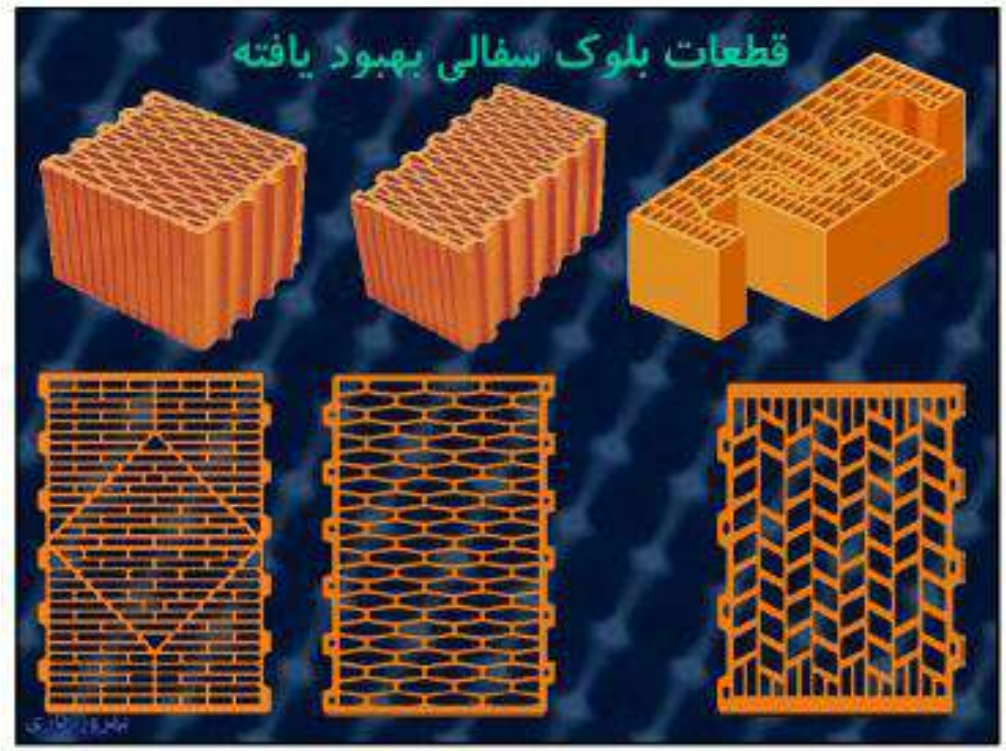

نوآوری‌ها در صنعت بلوک‌های دیواری
بلوک‌های عایق‌دار

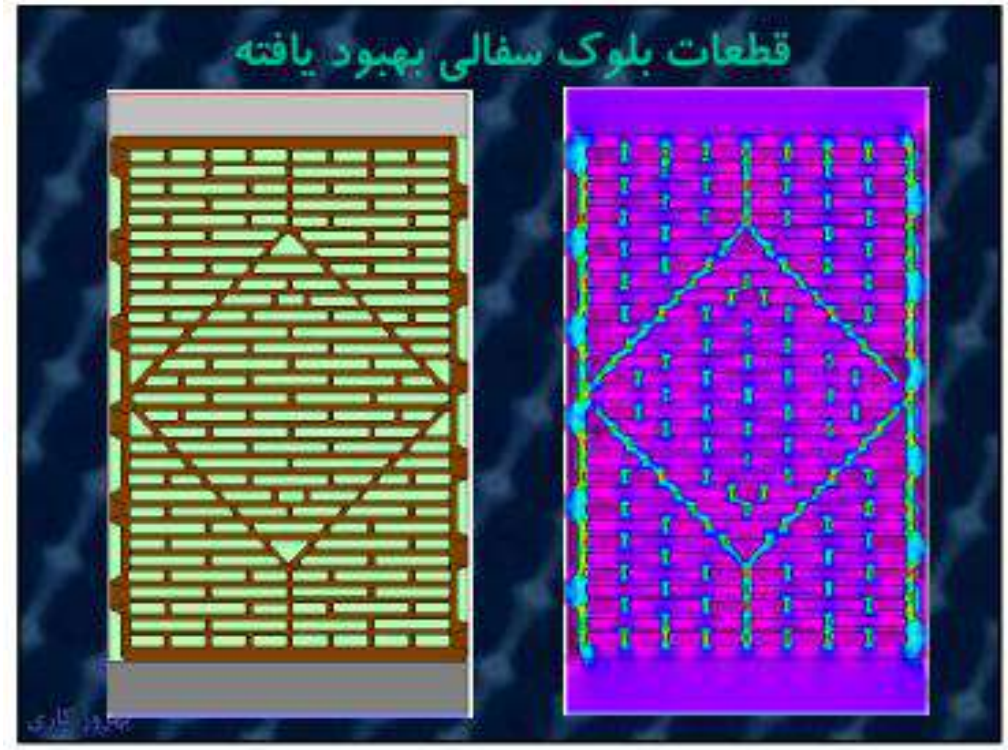
قطعات بلوک بتن سبک


قطعات بلوک بتن سبک

قطعات بلوک مجوف عایق‌دار

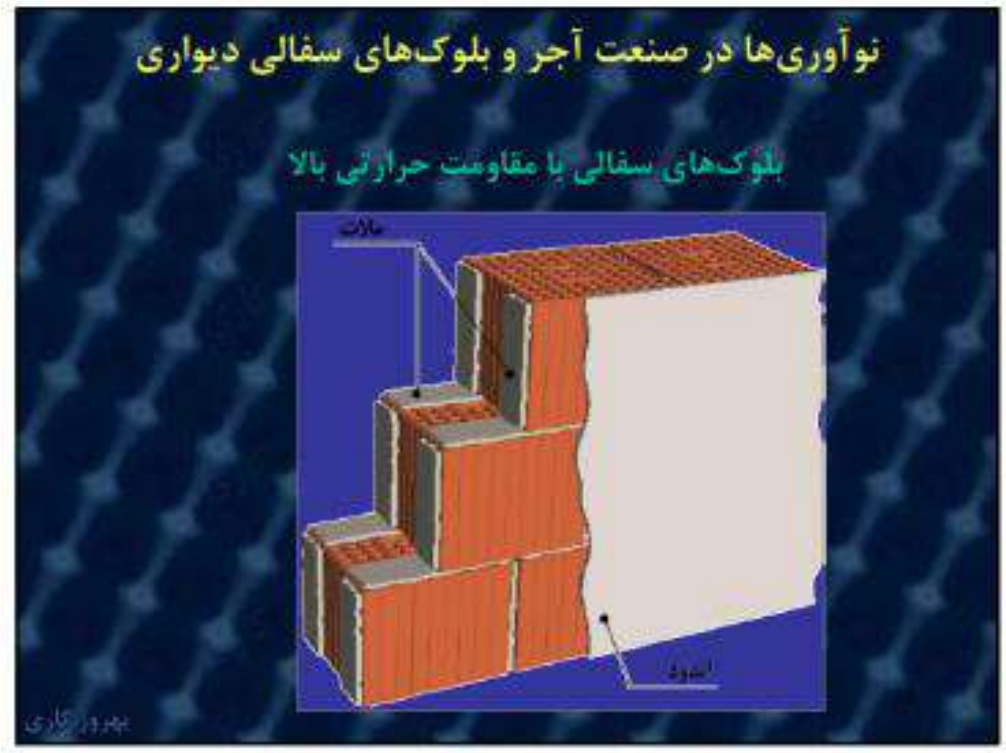
تولیدات بلوک سفالی در کشور

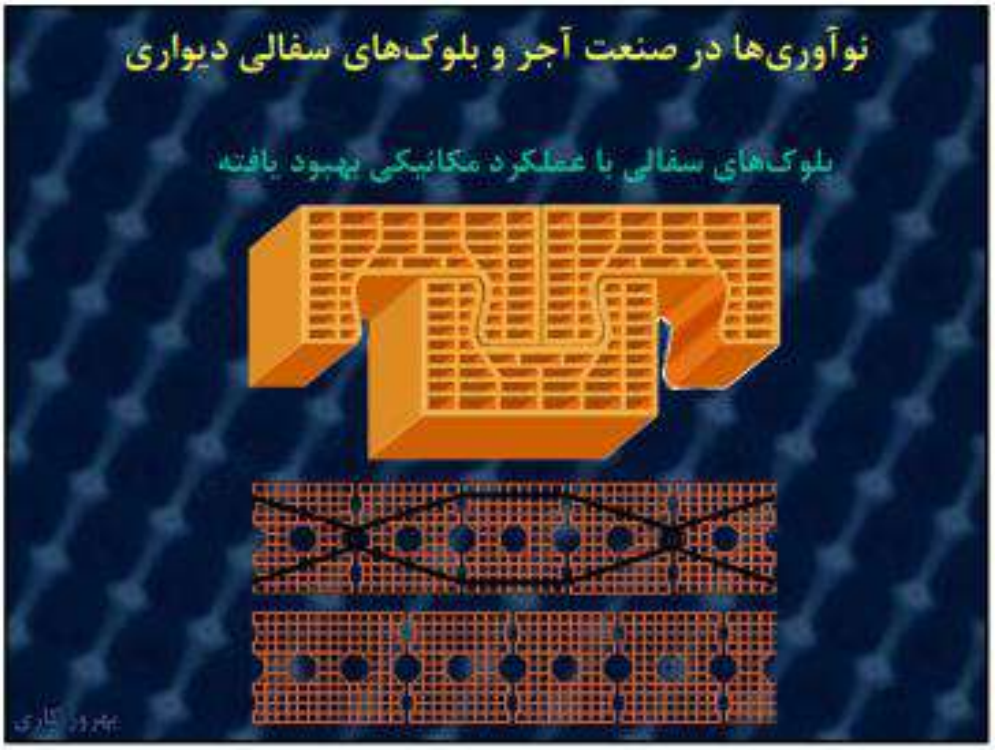

قطعات بلوک سفالی بهبود یافته

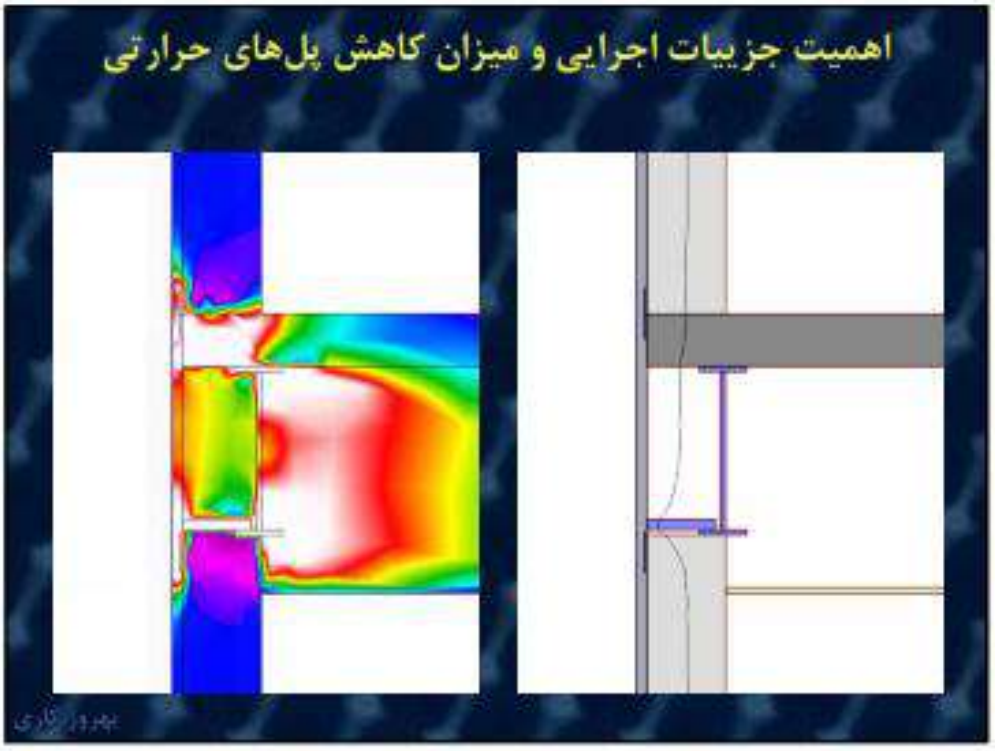

قطعات بلوک سفالی بهبود یافته

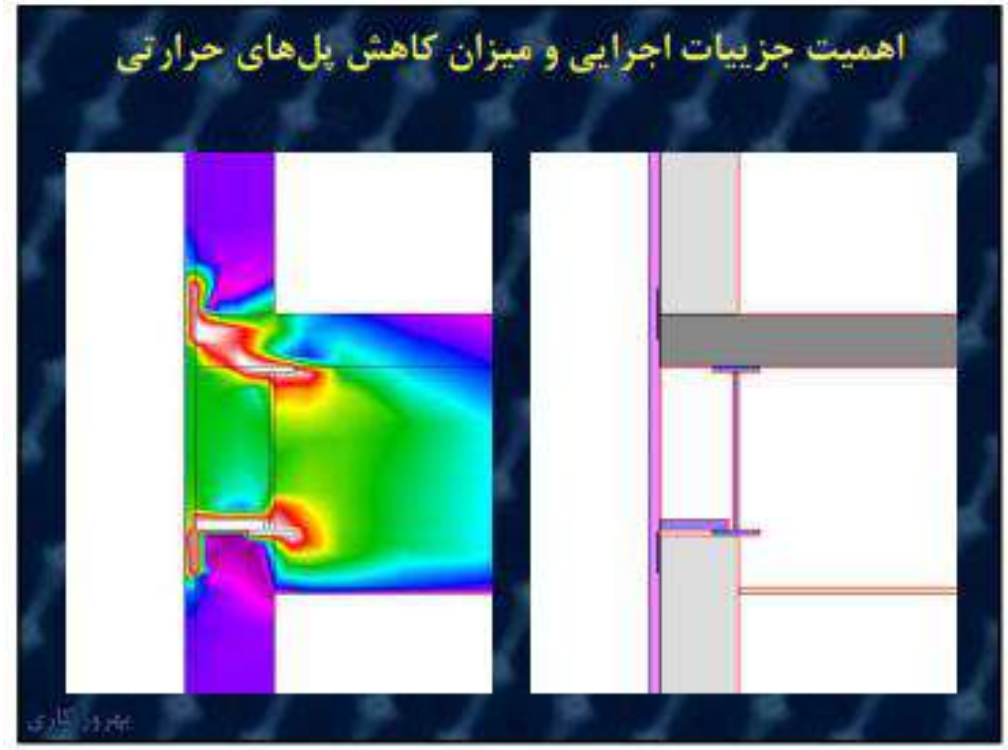
قطعات بلوک سفالی بهبود یافته
بهبود درزبندی عمودی بین بلوک‌ها

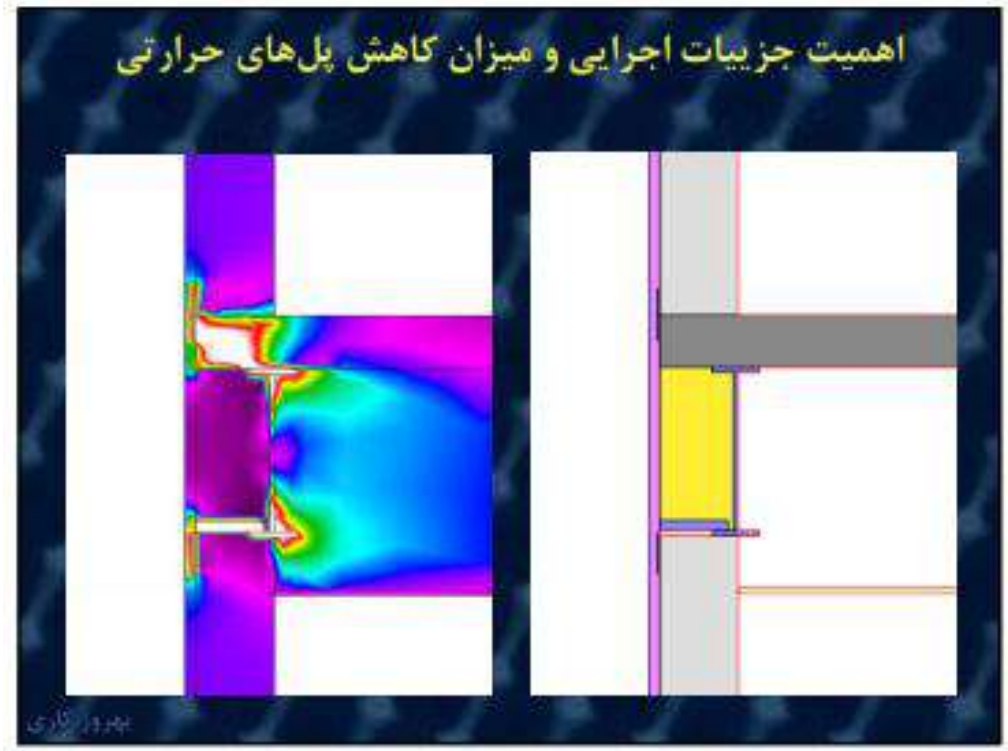
قطعات بلوک سفالی بهبود یافته
بهبود دررزبندی عمودی بین بلوک‌ها

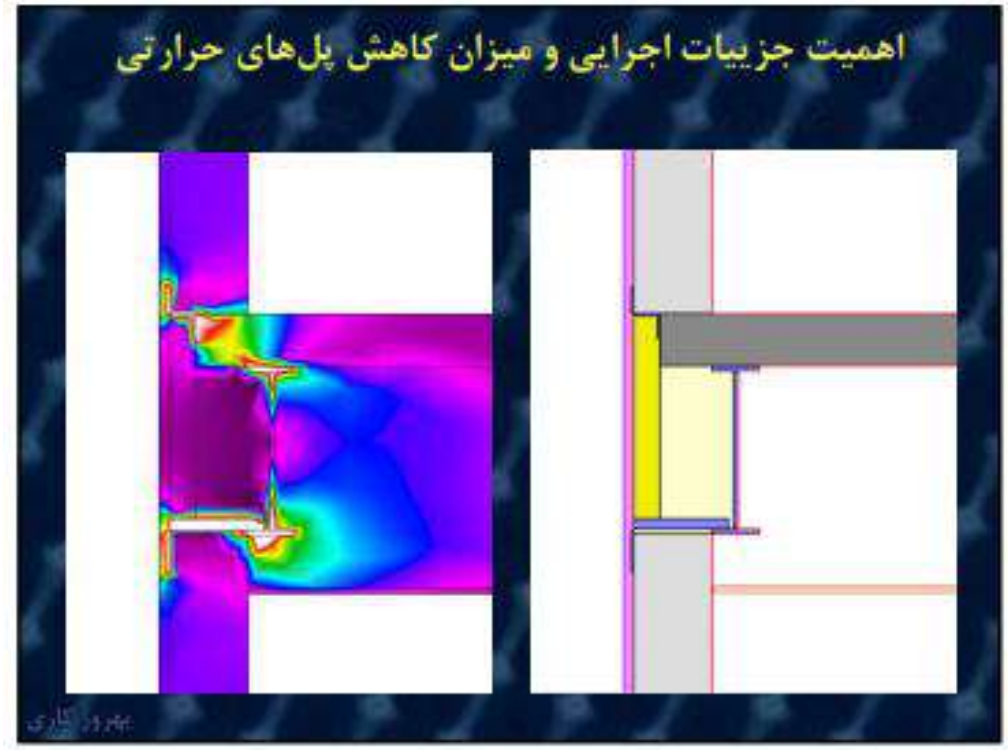

نوآوری‌ها در صنعت آجر و بلوک‌های سفالی دیواری
بلوک‌های سفالی با مقاومت حرارتی بالا

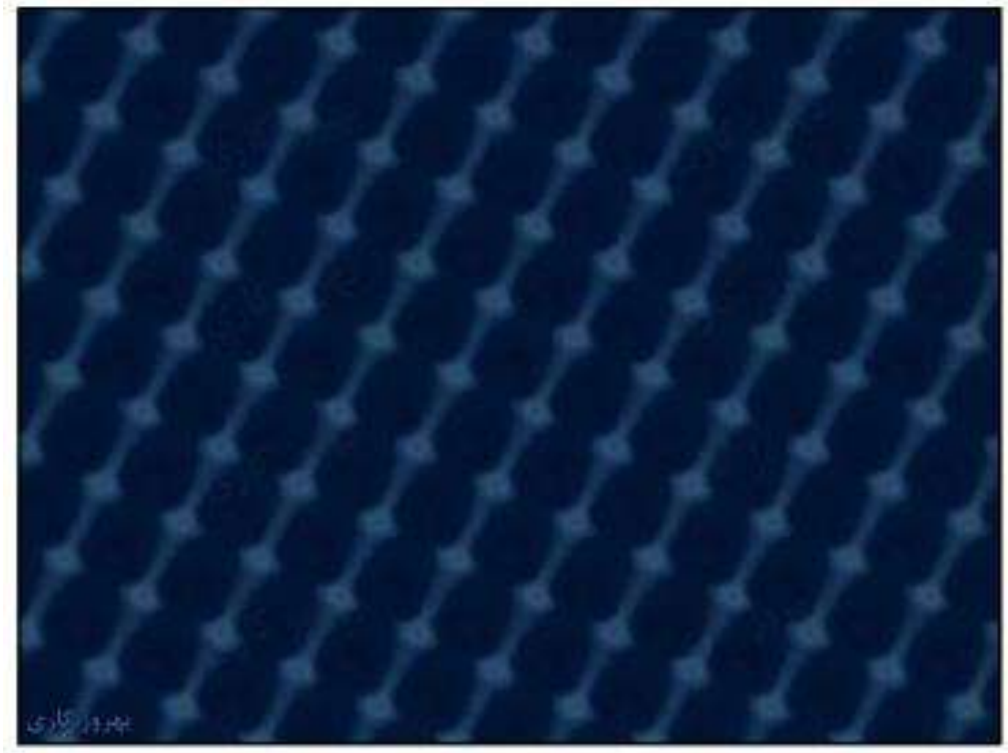

نوآوری‌ها در صنعت آجر و بلوک‌های سفالی دیواری
بلوک‌های سفالی با عملکرد مکانیکی بهبود یافته


اهمیت جزییات اجرایی و میزان کاهش پل‌های حرارتی


اهمیت جزییات اجرایی و میزان کاهش پل‌های حرارتی


اهمیت جزییات اجرایی و میزان کاهش پل‌های حرارتی


اهمیت جزییات اجرایی و میزان کاهش پل‌های حرارتی



عنوان ارائه:

الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی در بخش الکتریکی

ایمان سریری آجیلی

دکتری مدیریت پروژه (DPM)

نائب رئیس گروه تخصصی برق شورای مرکزی– مؤلف ۵۹ کتاب تخصصی برق و تأسیسات الکتریکی

صرفه جویی در مصرف انرژی با محوریت تاسیسات الکتریکی(سریری)

در مبحث نوزده مقررات ملی ساختمان ضوابط الزامی در طراحی و اجرا، در زمینه

- پوسته خارجی

- سیستم‌های تأسیسات گرمایی، سرمایی، تهویه، تهویه مطبوع، تأمین آب گرم مصرفی

- تأسیسات برقی و سیستم روشنایی

در جهت بهبود عملکرد عناصر و تجهیزات از دیدگاه انرژی، و همچنین کاهش نیاز و مصرف انرژی ساختمان، ارائه می‌گردد.

میزان کارایی انرژی ساختمان‌ها

در این مبحث، سه حد کیفیت (رده انرژی ساختمان، با تعیین میزان کارایی انرژی، تعریف می‌شود:

- ساختمان منطبق با مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان (EC)

- ساختمان کم انرژی (EC+)

- ساختمان بسیار کم انرژی (EC++)

لازم به ذکر است EC مخفف Energy Compliant می‌باشد. علاوه بر رده‌های انرژی فوق، ساختمان‌های ویژه‌ای را نیز می‌توان طراحی کرد که دارای مصرف انرژی نزدیک به صفر هستند.

ساختمان (EC) یا ساختمان منطبق با مبحث ۱۹ مقررات ملی

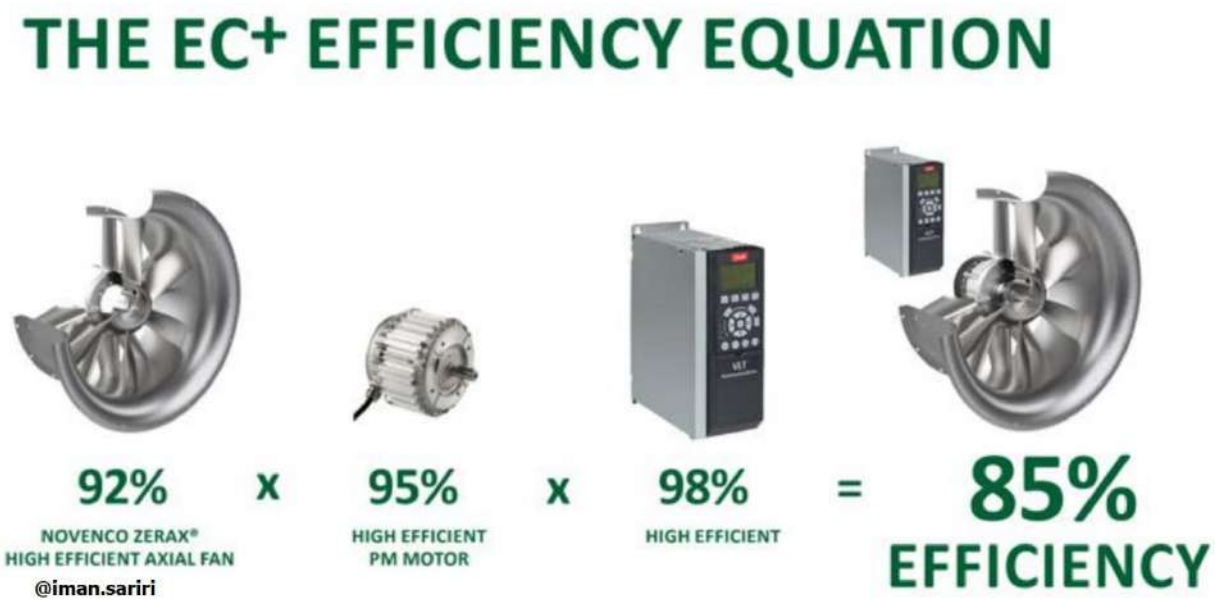
در این مبحث، عنوان «منطبق با مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان» به ساختمانی اطلاق می‌شود که در طراحی و اجرای آن، ضوابط اجباری مبحث ۱۹ رعایت شده باشد.

Energy Compliance: انطباق انرژی

ساختمان کم انرژی (EC+)

درصورتی‌که علاوه بر جواب‌گویی به انتظارات تعیین‌شده برای ساختمان «منطبق با مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان (EC)، حدود کیفیت تعریف شده کمی سخت گیرانه تر برای «ساختمان کم انرژی» (EC+)، در طراحی و اجرا، ملاک عمل قرار گرفته باشد، این عنوان به ساختمان تعلق می‌گیرد.

لازم‌به‌ذکر است دست‌یابی به این حد کیفیت ساختمان (از دیدگاه انرژی) اختیاری است، به استثنای مواردی که در دستورالعمل‌ها و بخش‌نامه‌های صادر شده توسط وزارت راه و شهرسازی در این زمینه، بسته به محل قرارگیری ساختمان (استان، شهر، ...) و مشخصات آن (تعداد طبقات، متراژ، کاربری، ...)، تعیین می‌گردد.



ساختمان بسیار کم انرژی (EC++)

درصورتی‌که علاوه بر جواب‌گویی به انتظارات تعیین‌شده برای ساختمان «منطبق با مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان (EC)»، حدود کیفیت تعریف شده سختگیرانه تر، برای «ساختمان بسیار کم انرژی» (EC++)، در طراحی و اجرا، ملاک عمل قرار گرفته باشد، این عنوان به ساختمان تعلق می‌گیرد.

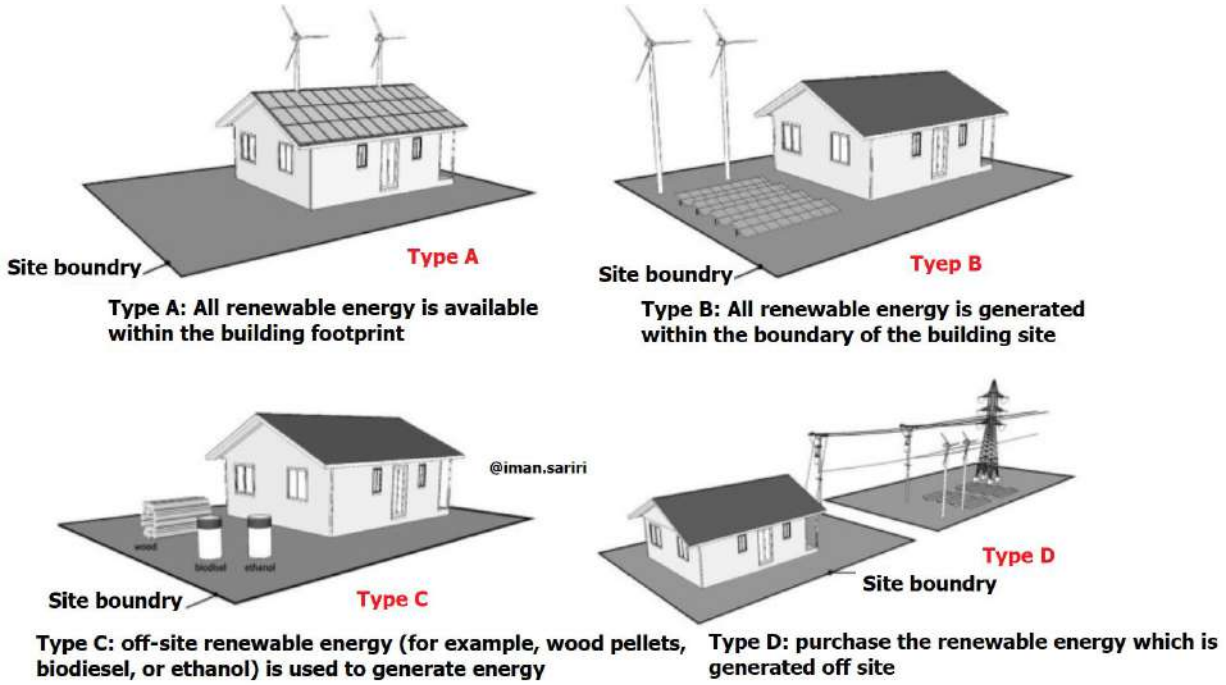
لازم‌به‌ذکر است دست‌یابی به این حد کیفیت ساختمان (از دیدگاه انرژی) اختیاری است، به استثنای مواردی که در دستورالعمل‌ها و بخش‌نامه‌های صادرشده توسط وزارت راه و شهرسازی در این زمینه، بسته به محل قرارگیری ساختمان (استان، شهر، ...) و مشخصات آن (تعداد طبقات، متراژ، کاربری، ....)، تعیین می‌گردد.

ساختمان با مصرف انرژی نزدیک به صفر (ECnZ)

درصورتی‌که علاوه بر جواب‌گویی به انتظارات تعیین‌شده برای ساختمان «منطبق با مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان (EC)» حدود کیفیت تعریف شده در، برای «ساختمان با مصرف انرژی نزدیک به صفر» (ECNZ)، در طراحی و اجرا، ملاک عمل قرار گرفته باشد، این عنوان به ساختمان تعلق می‌گیرد.

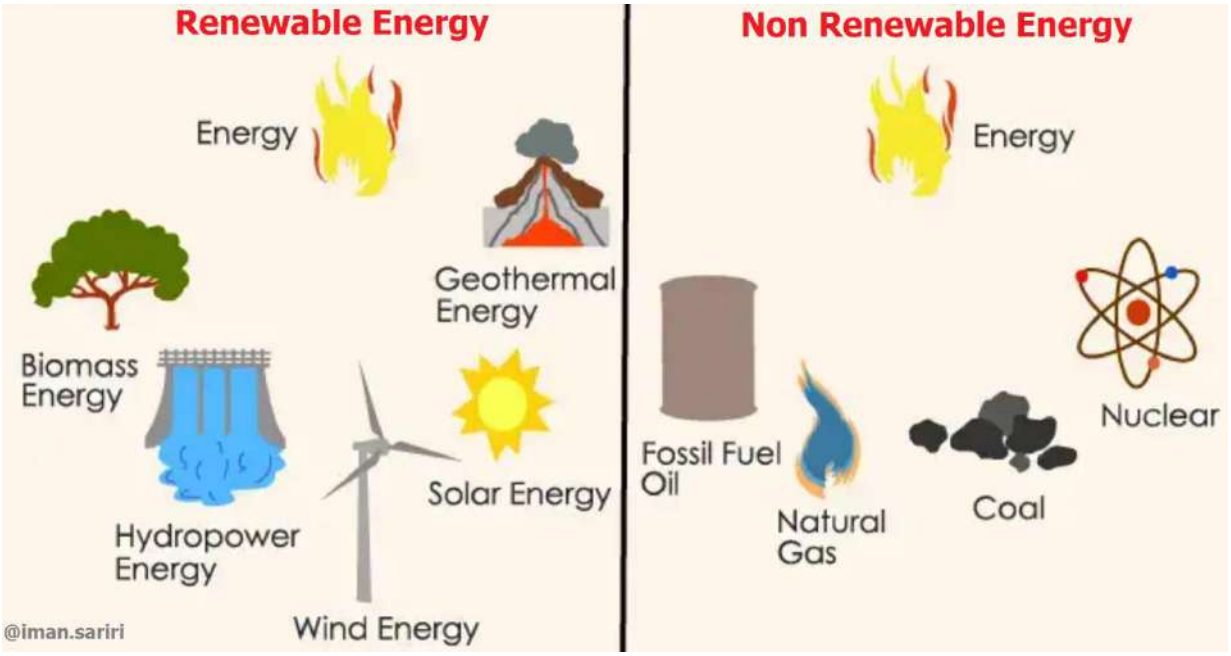
لازم‌به‌ذکر است دست‌یابی به این حد کیفیت ساختمان (از دیدگاه انرژی) اختیاری است، به استثنای مواردی که در دستورالعمل‌ها و بخش‌نامه‌های صادر شده توسط وزارت راه و شهرسازی در این زمینه، بسته به محل قرارگیری ساختمان (استان، شهر، ...) و مشخصات آن (تعداد طبقات، متراژ، کاربری، ...)، تعیین می‌گردد.

Energy Compliance near Zero



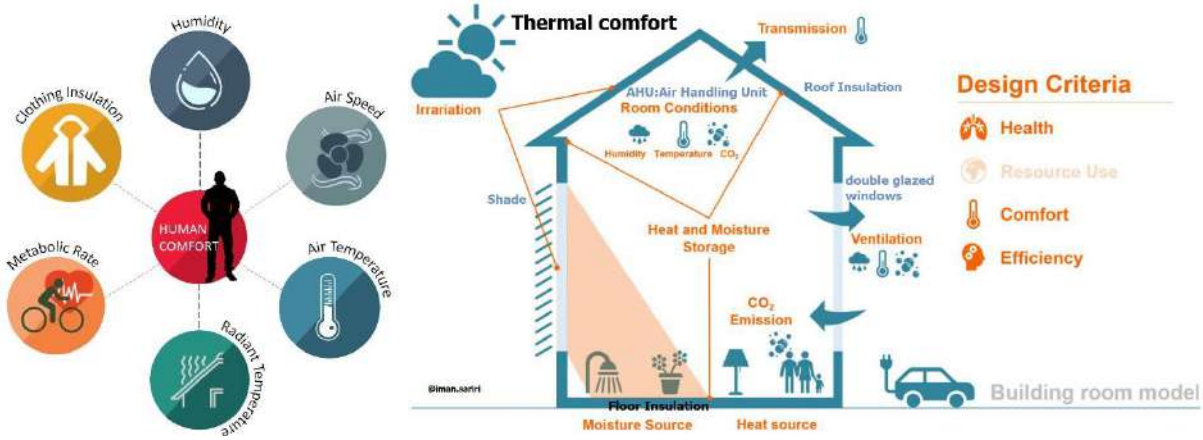
انرژی‌های تجدیدپذیر

انواع انرژی که منابع تولیدشان، بر خلاف انرژی‌های تجدیدناپذیر (فسیلی)، تقریباً پایان‌ناپذیر هستند، مانند تابش خورشید، باد، باران، جزر و مد، امواج، زمین‌گرمایی، با قابلیت جایگزینی/ ایجاد مجددشان، توسط طبیعت، در یک بازه زمانی کوتاه وجود دارد، مانند زیست‌توده، زیست سوخت و سوخت هیدروژنی.



آسایش حرارتی

شرایط ذهنی که در آن افراد از شرایط حرارتی ابراز رضایت می‌کنند. آسایش حرارتی به دما، رطوبت نسبی، سرعت هوا، دمای متوسط تابشی سطوح اطراف، میزان لباس و نوع فعالیت افراد وابسته است.

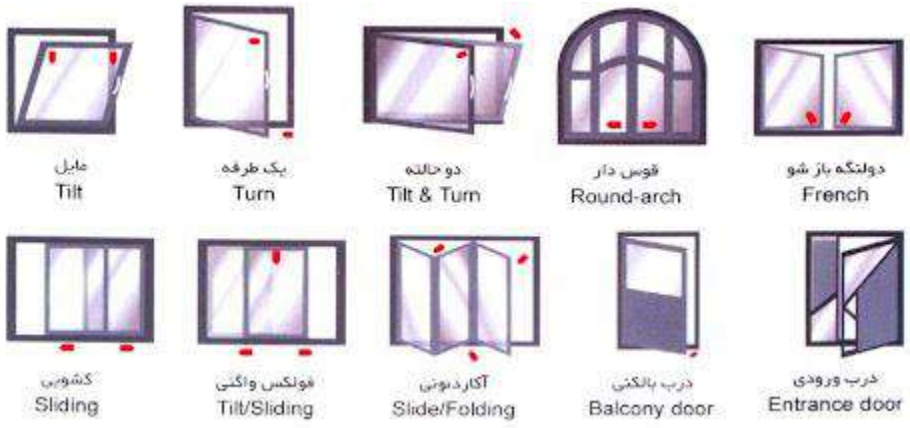


بازشو

عنصری در پوسته خارجی ساختمان، مانند در، پنجره و نورگیر، با قابلیت باز شدن، برای دسترسی، تأمین روشنایی و دید به خارج.

در دوره گذر فصلی که سیستم‌های تأمین گرما و سرما خاموش هستند، امکان تهویه طبیعی از طریق بازشو فراهم می‌باشد.

درصورتی‌که تمهیدات و تجهیزات لازم در نظر گرفته شده باشد، این عنصر در تهویه، تعویض هوا و تأمین هوای احتراق دستگاه‌ها نیز می‌تواند مشارکت کند.

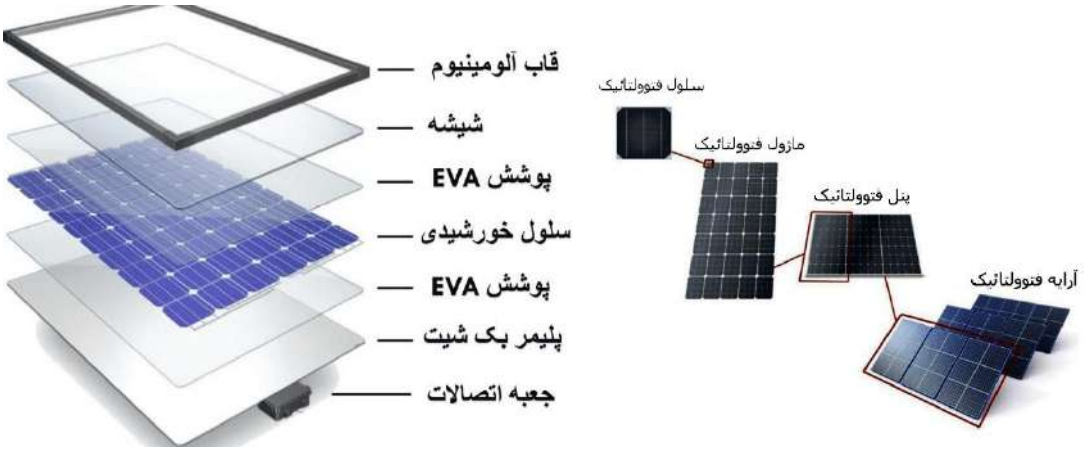


بام تخت

پوشش نهایی ساختمان که شیبی کمتر از ۱۰ درجه یا مساوی آن، نسبت به افق دارد.

بام شیب‌دار

پوشش نهایی ساختمان که شیبی بیشتر از ۱۰ درجه و کمتر از ۶۰ درجه نسبت به سطح افقی دارد. بر روی سقف شیب‌دار، فضای خارج و در زیر آن، فضای کنترل‌شده یا کنترل نشده قرار دارد. اگر شیب جدار بیش از ۶۰ درجه باشد، از دید این مبحث دیوار تلقی می‌شود.



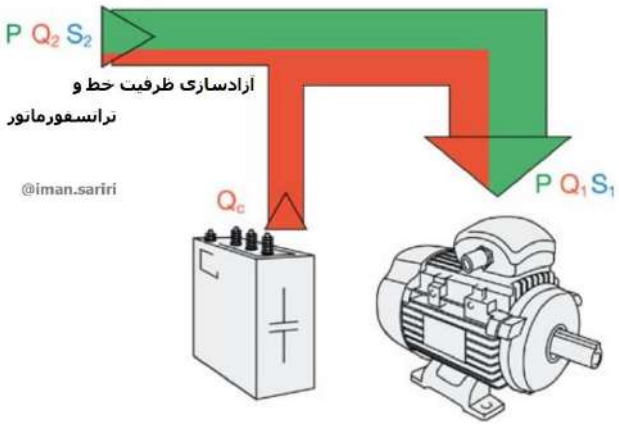
بانک خازن (یا خازن)

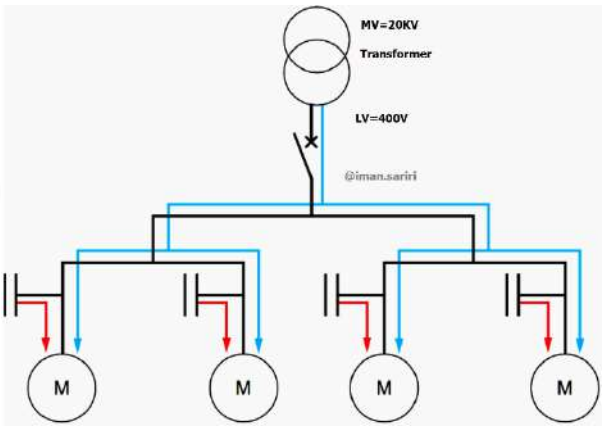
سامانه مورد استفاده برای تأمین توان راکتیو مصرفی در موتورهای الکتریکی، لامپ‌های تخلیه الکتریکی در گاز، به توان اکتیو.

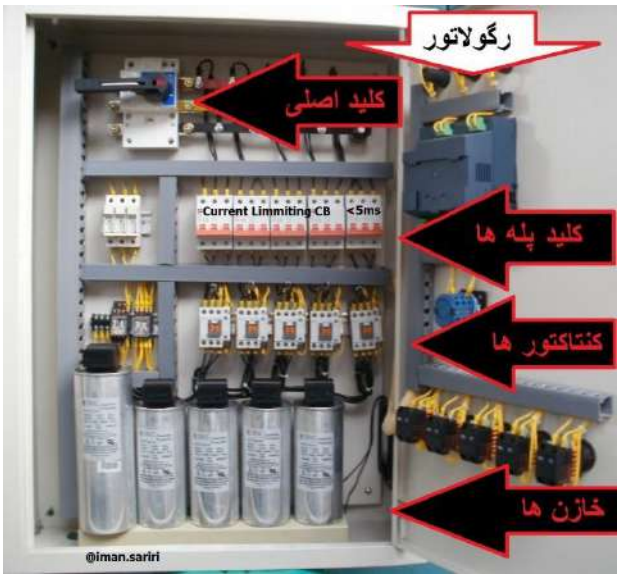
در استفاده از بانک خازن و یا خازن برای ارتقاء و اصلاح مقدار ضریب توان اولیه به مقدار مورد نظر، موارد زیر مطرح می‌باشد:

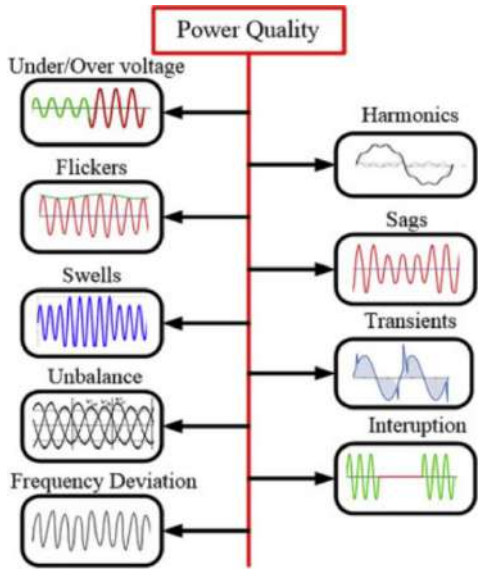
الف) طبق ضوابط شرکت برق حداقل مقدار ضریب توان کل شبکه برق تأمین و تغذیه برق ساختمان برابر ۰/۹۰، معیار و پایه اندازه‌گیری مقدار توان راکتیو برای پرداخت هزینه‌ها می‌باشد.

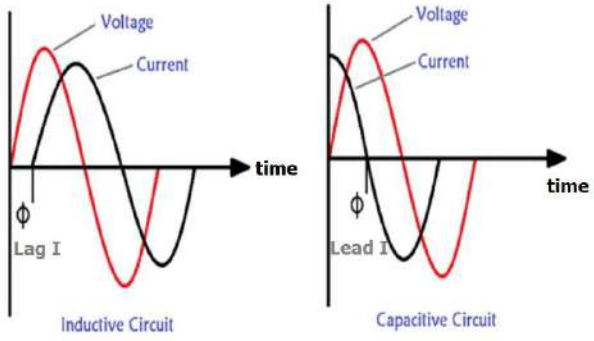
ب) ضریب توان کل شبکه برق کمتر از مقدار ۰/۹۰ مشمول هزینه پرداختی از بابت مقدار توان راکتیو خواهد بود، و مقدار ضریب توان کل شبکه برق برابر و یا بالاتر از رقم ۰/۹۰ مشمول پرداخت هزینه بایت مقدار توان راکتیو نخواهد بود.

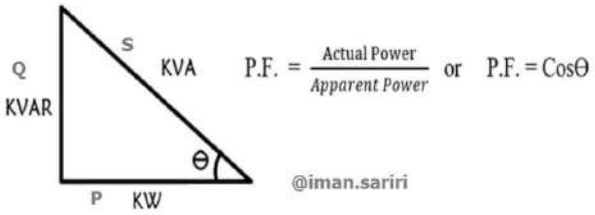




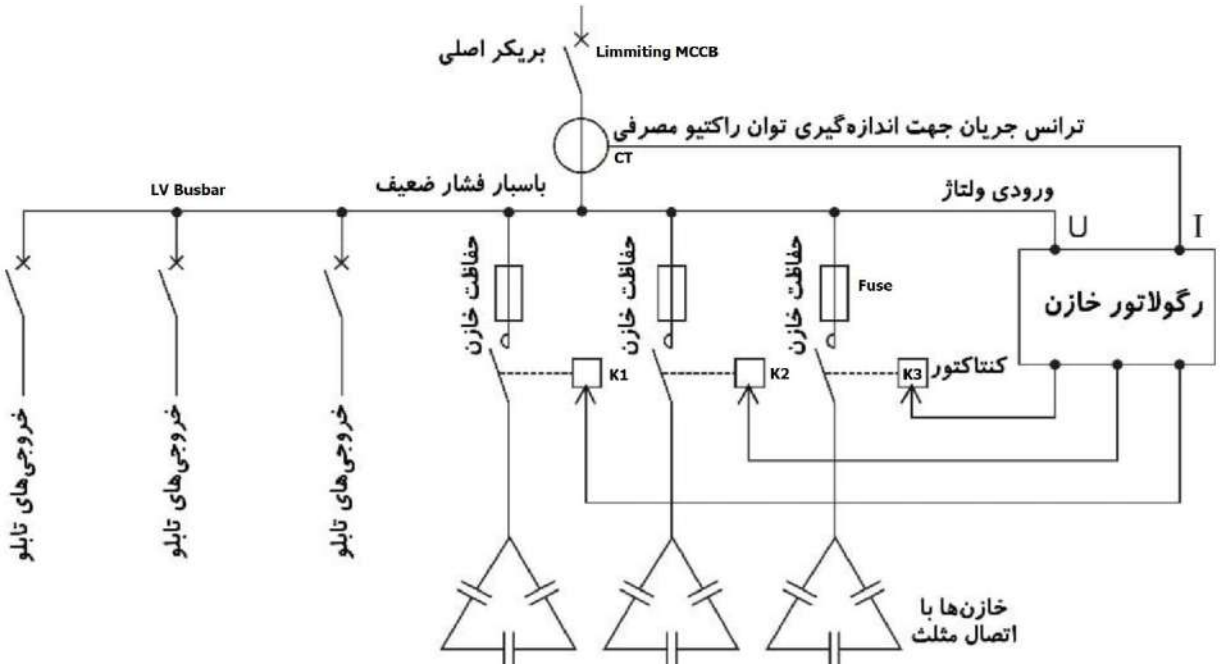


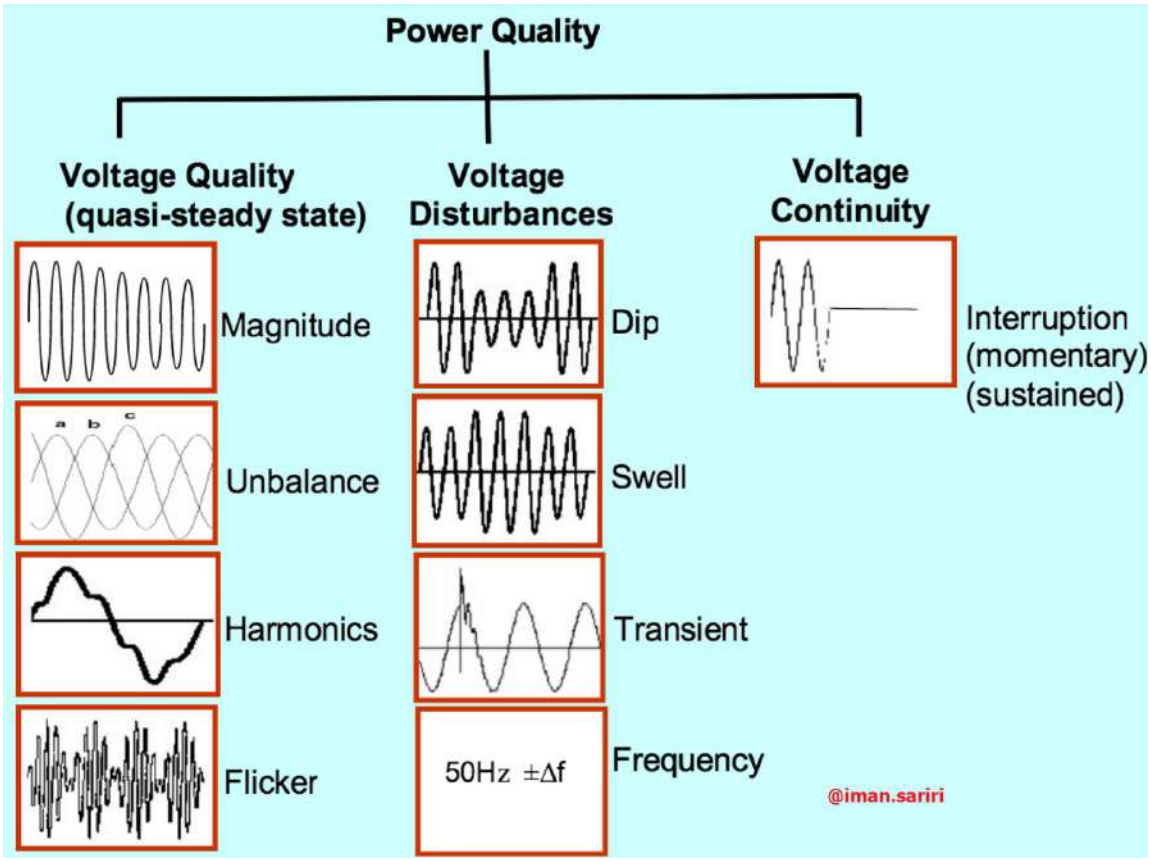






$$P.F. = \frac{\text{Actual Power}}{\text{Apparent Power}} \quad \text{or} \quad P.F. = \cos\theta$$


بریکر اصلی
Limmiting MCCB
ترانس جریان جهت اندازه‌گیری توان راکتیو مصرفی
CT
LV Busbar
باسبار فشار ضعیف
ورودی ولتاژ
U
I
حفاظت خازن
حفاظت خازن
حفاظت خازن
Fuse
رگولاتور خازن
K1
K2
K3
کنتاکتور
خروجی‌های تابلو
خروجی‌های تابلو
خروجی‌های تابلو
خازن‌ها با
اتصال مثلث


Power Quality
Voltage Quality
(quasi-steady state)
Voltage
Disturbances
Voltage
Continuity
Magnitude
Dip
Interruption
(momentary)
(sustained)
a b c
Unbalance
Swell
Harmonics
Transient
Flicker
50Hz ±Δf
Frequency
@iman.sariri

برچسب انرژی

برچسب تعیین‌شده توسط نهاد دارای صلاحیت قانونی، به منظور نصب بر روی تولیدات صنعتی مورد استفاده در ساختمان، برای مشخص کردن حد کیفیت محصولات از نظر مصرف انرژی.

به عنوان مثال برچسب انرژی لامپ ها بر حسب لومن بر وات در دو نسخه قدیم و جدید به شکل زیر است:

OLD

2012 -2020 label	
Class	lm/W
A++	120
A+	55
A	50
B	15
C	12
D	9
E	0

NEW

2021 -> label	
Class	lm/W
A	210
B	185
C	160
D	135
E	110
F	85
G	0

مثال: میزان مصرف برق یخچال و فریزر در طی یک شبانه روز با واحد کیلووات ساعت بررسی می‌گردد و سپس نتیجه حاصل برای ۳٦٥ روز سال در نظر گرفته می‌شود (مقدار مصرف ٢٤ ساعت در ٣٦٥ روز ضرب می‌شود). اگر توان مصرفی یک یخچال به طور متوسط در هر ساعت ۱۷۷ وات باشد در هر یک شبانه روز، ٤٢٤٨ وات توان نیاز دارد (٢٤*۱۷۷=4248W) لذا توان مصرفی سالیانه این یخچال حدود ۱۵۵۰۵۲۰ وات یا ۱۵۵ کیلووات بر سال می‌شود .(4248*365=1550520W) حال اگر اختلاف آن با عدد مبنای استاندارد کمتر از ۱۰ باشد در رده انرژی A قرار می گیرد.

برای محاسبه مصرف انرژی وسایل برودتی از شاخص EER(energy efficiency ratio) و برای لوازم گرمایش از شاخص COP(coefficient of performance) استفاده می‌شود. در این حالت میزان ظرفیت دستگاه بر مقدار توان ورودی تقسیم می‌شود. هرچقدر عدد EER یا COP بالاتر باشد، نشان دهنده بازده انرژی بیشتر دستگاه است. این شاخص ها نشان می‌دهد که یک وسیله سرمایش یا گرمایش تا چه حد می‌تواند سرما یا گرما را از محیط دور کند.

Energy Efficiency Class	Nominal cooling efficiency (EER)	Nominal heating efficiency (COP)
A	3.20 < EER	3.60 <
B	3.20 > EER > 3.00	3.6 - 3.40
C	3.00 > EER > 2.80	3.4 - 3.20
D	2.80 > EER > 2.60	3.20 - 2.80
E	2.60 > EER > 2.40	2.80 - 2.60
F	2.40 > EER > 2.20	2.60 - 2.40
G	2.20 > EER	2.40 >

بهسازی و (بازنوسازی)

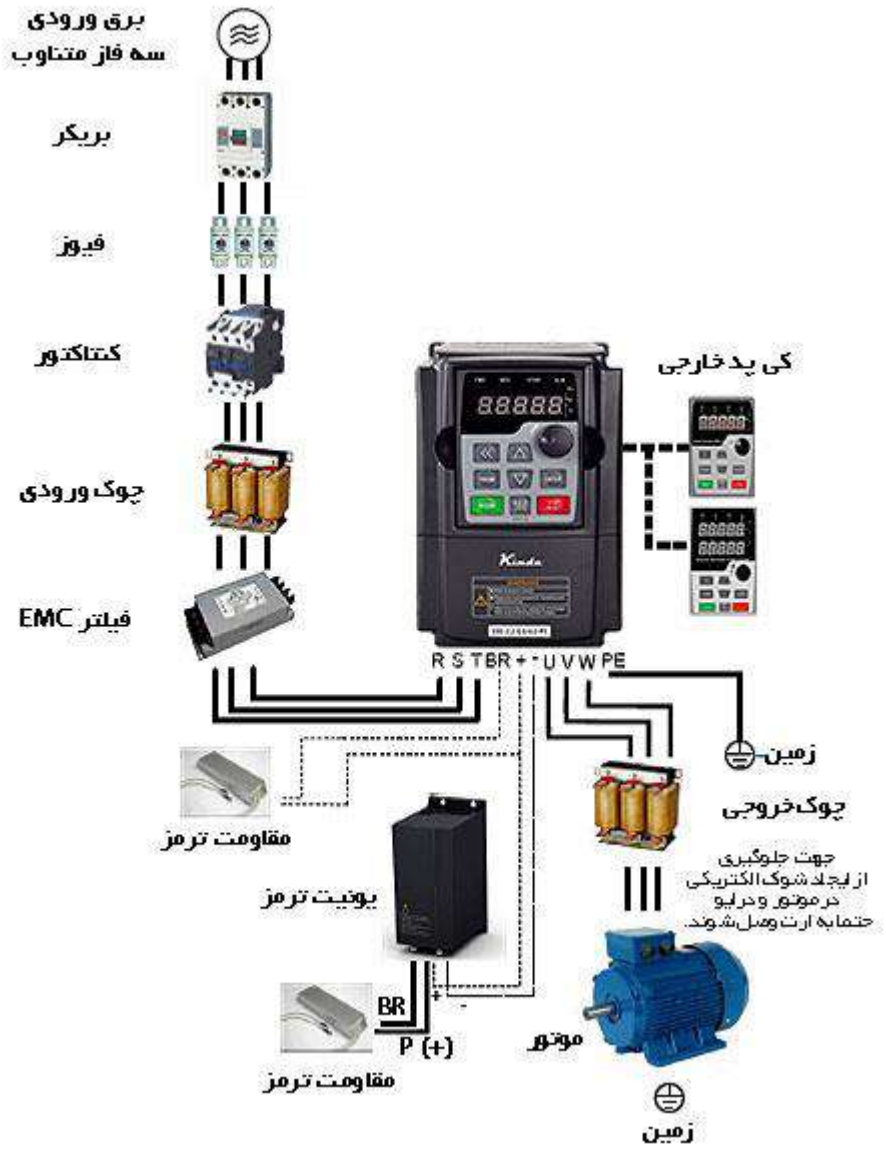
عملیات جزئی یا اساسی صورت گرفته بر روی یک ساختمان موجود، برای دست‌یابی به یک یا چند هدف زیر:

- بهبود وضعیت ظاهری نما و یا فضاهای داخلی؛

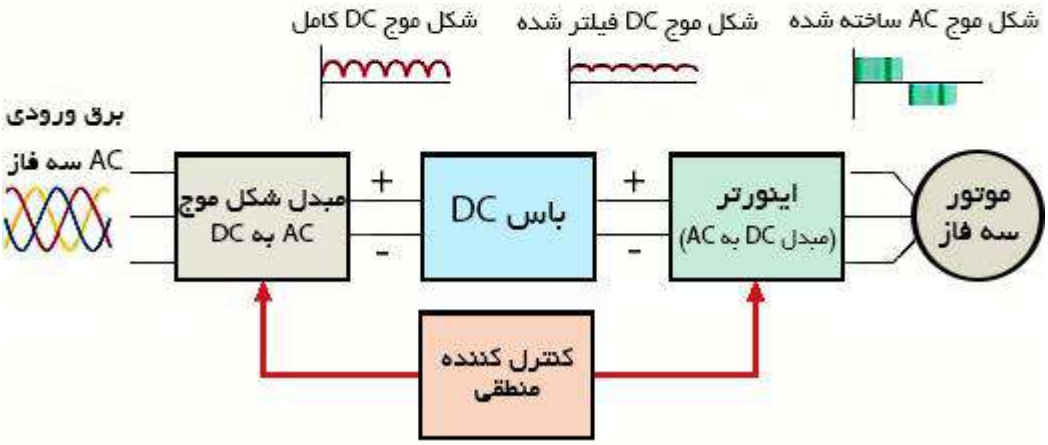
- بهبود عملکرد کل یا بخشی از عناصر تشکیل‌دهنده تأسیسات مکانیکی و الکتریکی؛

- ایجاد تغییرات در عملکرد و کاربری فضاهای مختلف.

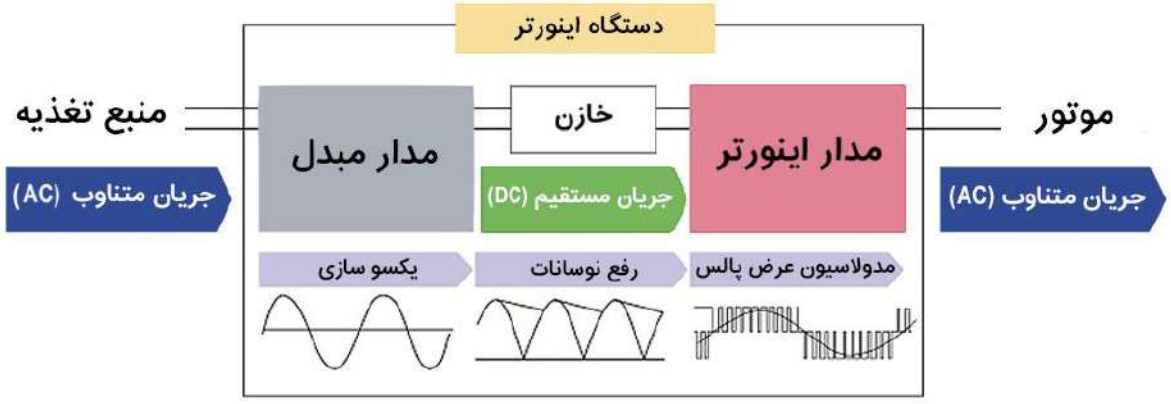
در این مبحث، برای اختصار، به جای واژه باز نوسازی نیز از واژه بهسازی استفاده شده است.



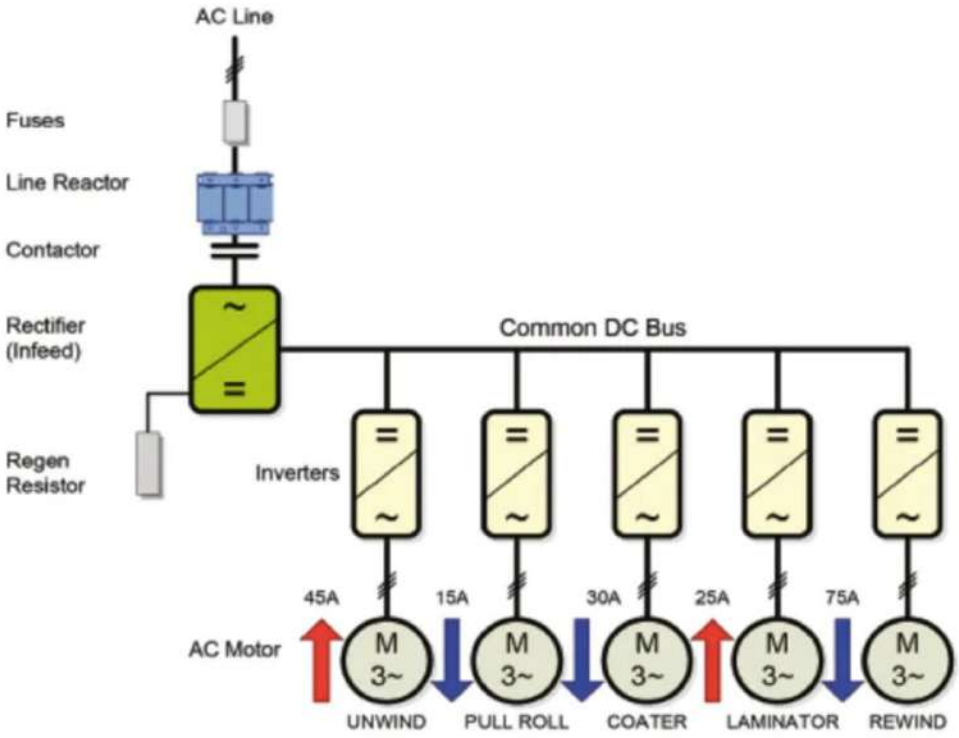
اینورتر
یا
درایو فرکانس متغیر

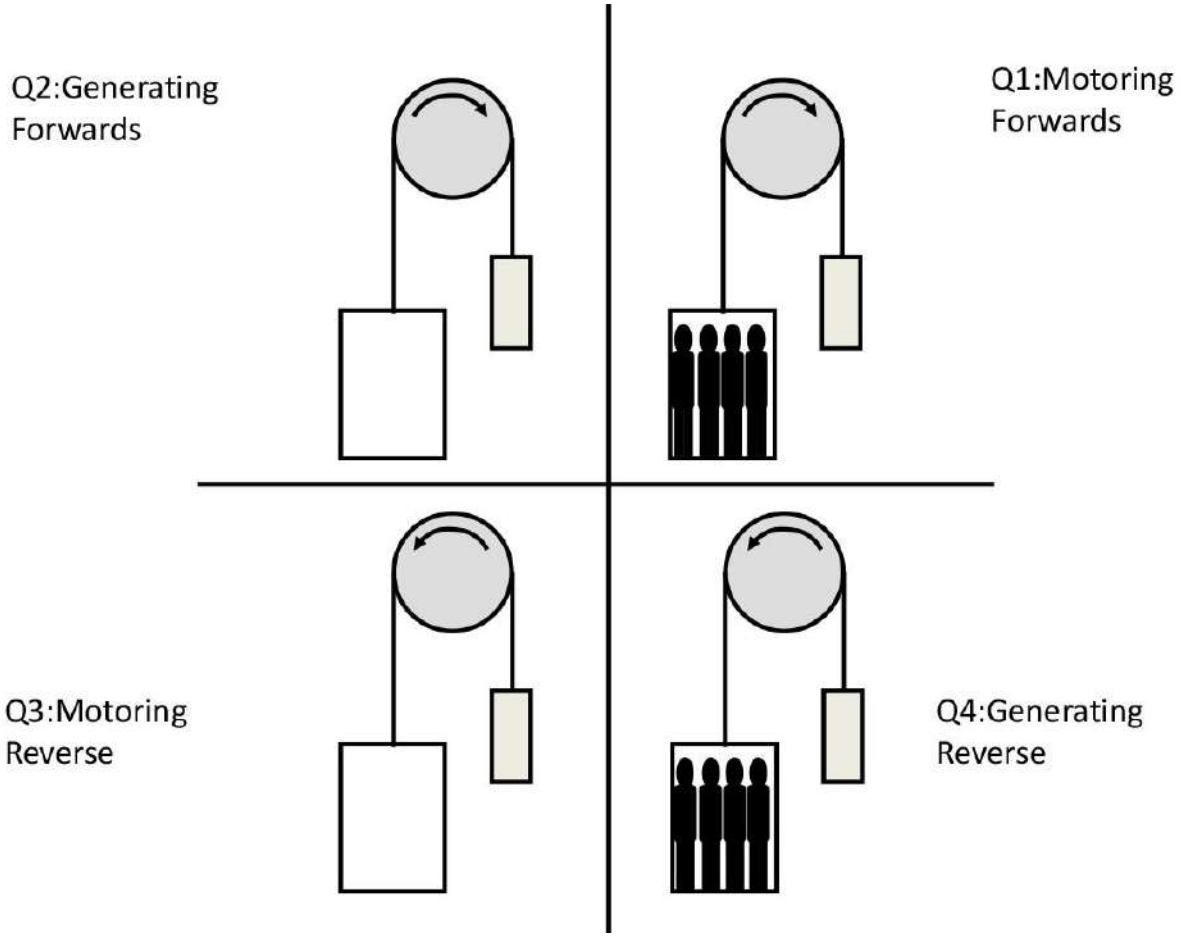


مکانیزم عملکرد اینورتر



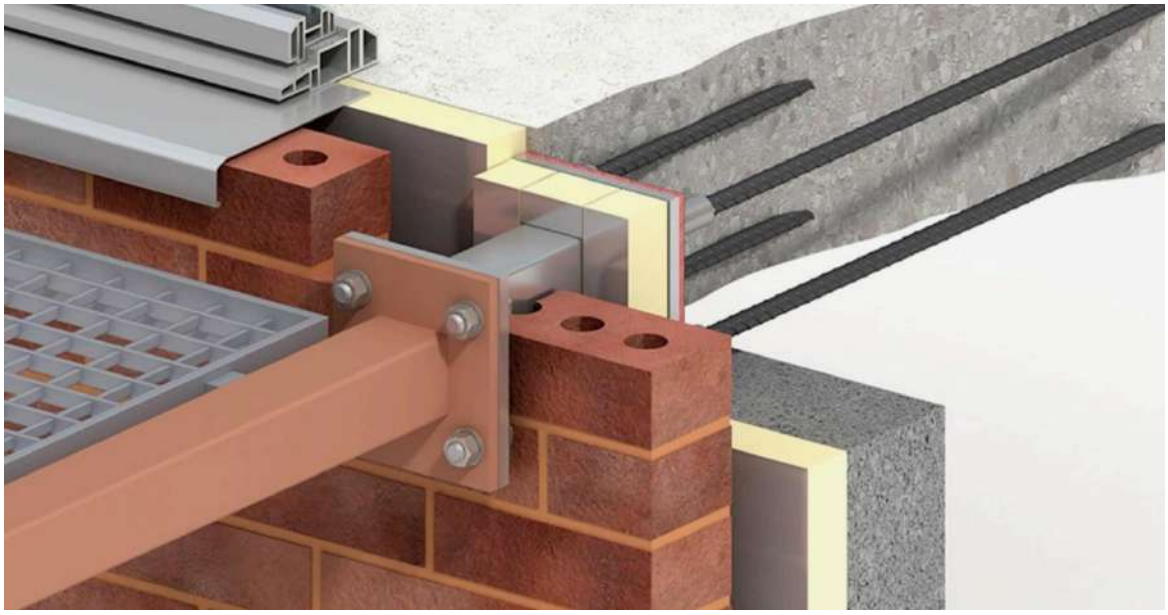
استفاده از توان ژنراتوری ترمزی موتورهای الکتریکی

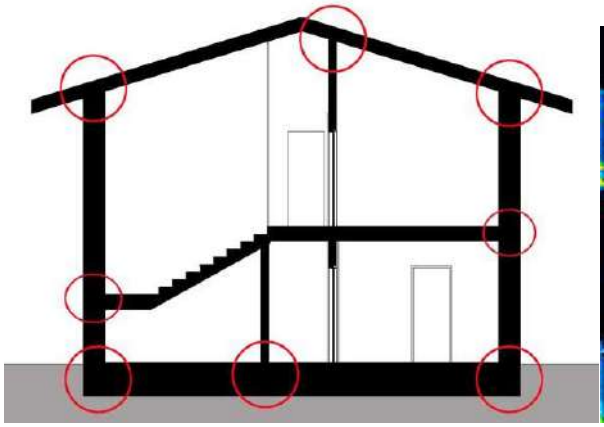

AC Line
Fuses
Line Reactor
Contactor
Rectifier
(Infeed)
Common DC Bus
Regen
Resistor
Inverters
45A
15A
30A
25A
75A
AC Motor
M
3~
UNWIND
PULL ROLL
COATER
LAMINATOR
REWIND

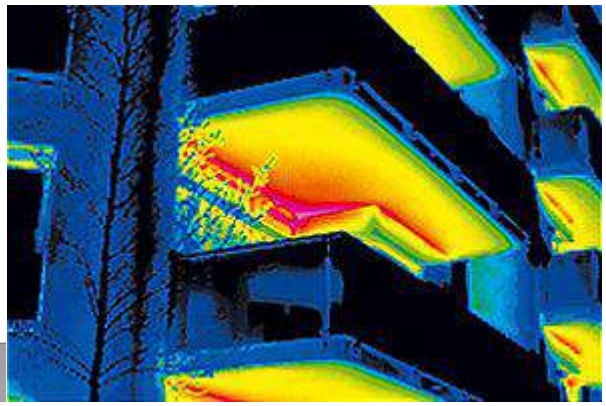

Q2:Generating
Forwards
Q1:Motoring
Forwards
Q3:Motoring
Reverse
Q4:Generating
Reverse

پل حرارتی

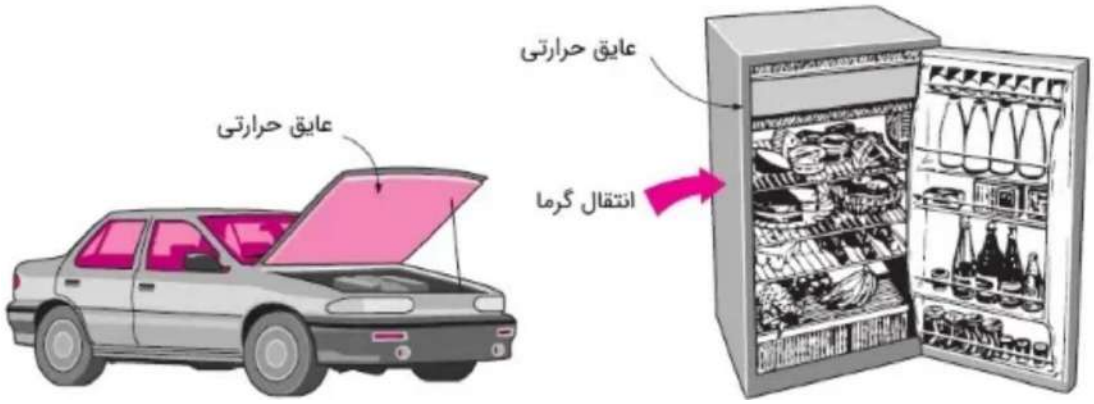
نقاطی از ساختمان که به علت ناپیوستگی عایق حرارتی پوسته خارجی مقاومت حرارتی در آن‌ها کاهش می‌یابد و باعث افزایش موضعی میزان انتقال حرارت می‌گردد.







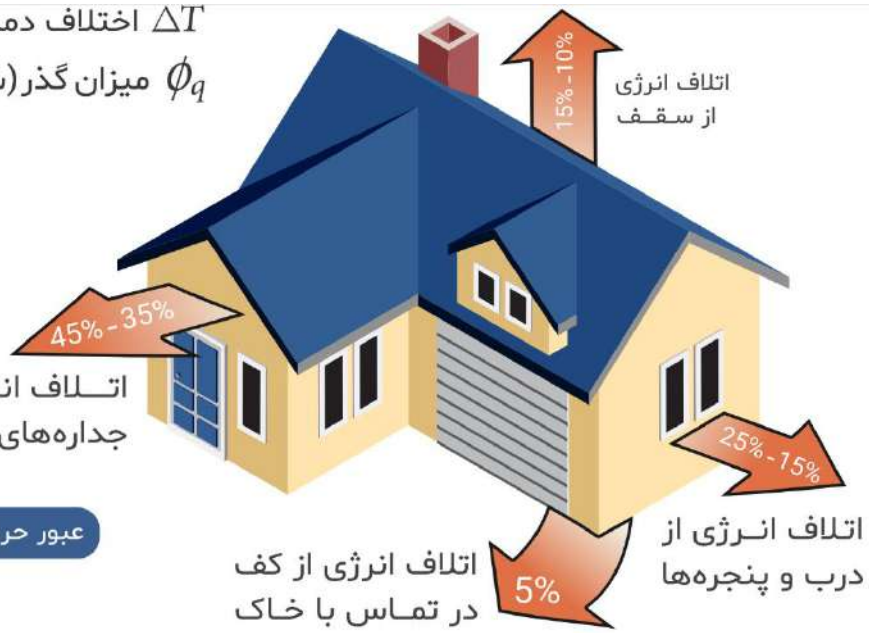
همرفت
رسانش
تابش


عایق حرارتی
انتقال گرما
عایق حرارتی

ΔT اختلاف دما بین دو سطح یک متریال

ϕ_q میزان گذر (شار-flux) حرارت از متریال

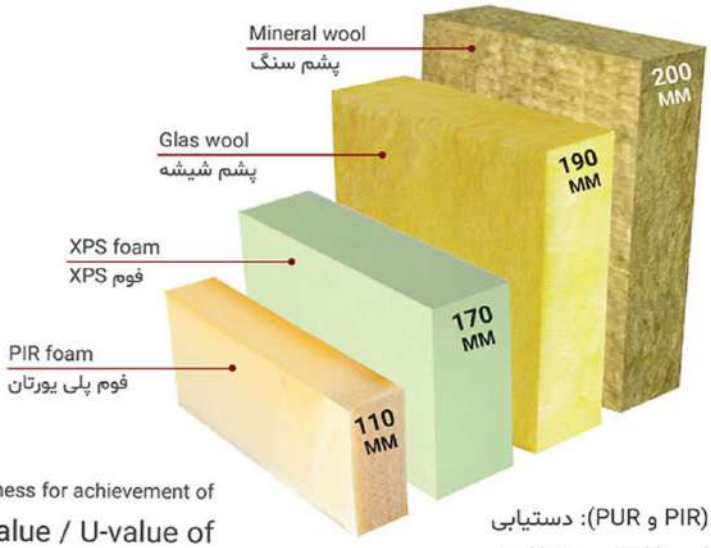
$$R = \frac{\Delta T}{\phi_q}$$



- عبور حرارت از جداره‌های ساختمان

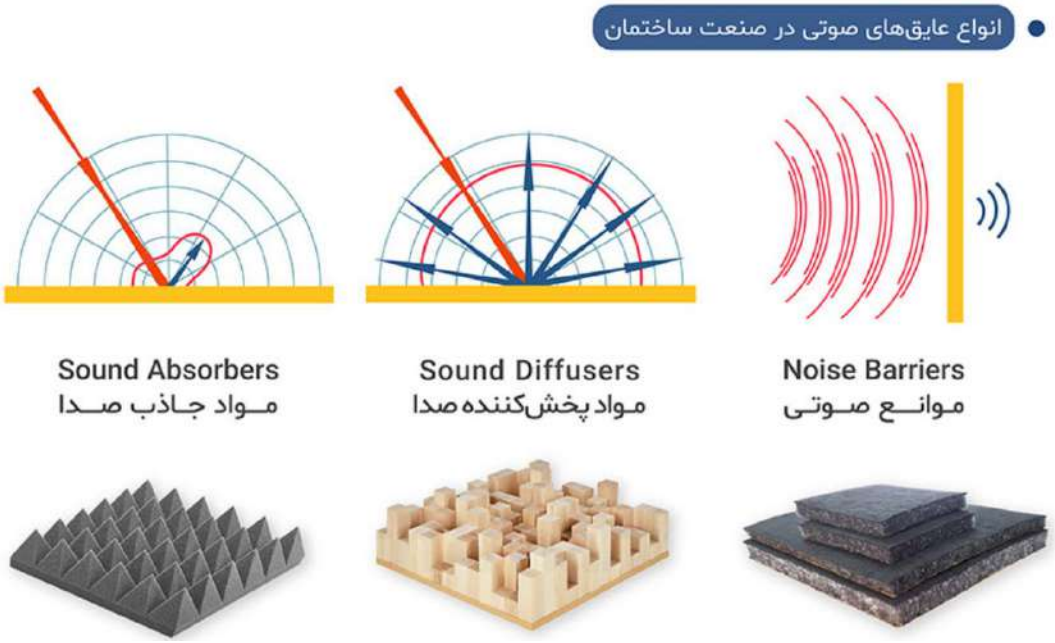
@iman.sariri

- مقایسه ضخامت موردنیاز از مواد عایق مختلف برای تأمین مقاومت حرارتی مشخص



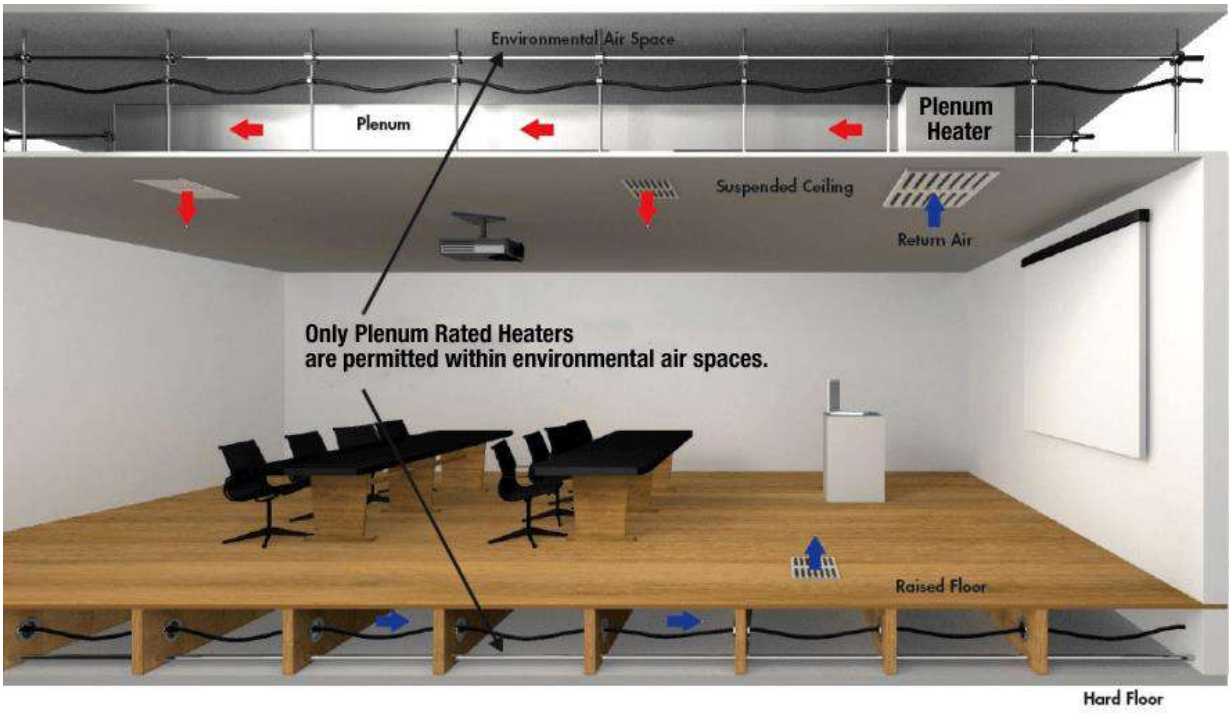
Material thickness for achievement of
thermal value / U-value of
$U=0,20\ W/m^2k$

فوم پلی یورتان (PIR و PUR): دستیابی
به بیشترین کارایی با کمترین ضخامت



پلنوم

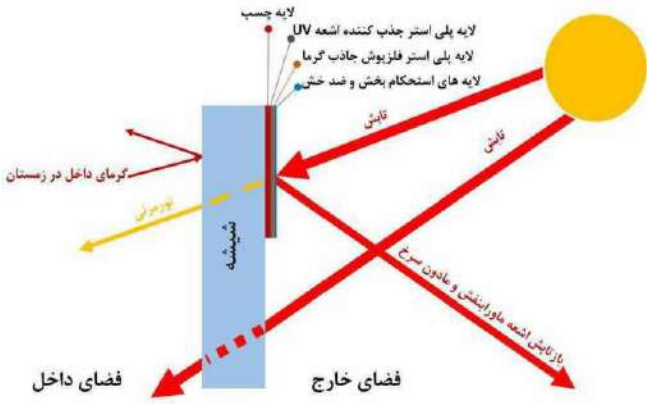
بخشی از ساختمان (برای مثال، فضای بین سقف سازه‌ای و سقف کاذب، یا کف سازه‌ای و کف کاذب) که می‌تواند به عنوان مسیر گردش هوا برای سیستم‌های گرمایی و تهویه مطبوع مورداستفاده قرار گیرد.



پنجره با عملکرد حرارتی بهبودیافته

پنجره‌ای با ضریب انتقال حرارت سطحی مساوی یا کمتر از ۳/۱ $[W/m^2K]$.

Grade	Thermal Transmittance $(\frac{w}{m^2\ k})$
A	$U_w \leq 2$
B	$2 < U_w \leq 2{,}8$
C	$2{,}8 < U_w \leq 3{,}5$
D	$3{,}5 < U_w \leq 4{,}5$
E	$U_w > 4{,}5$



پوسته خارجی

تمام سطوح پیرامونی ساختمان، اعم از دیوارها، سقف‌ها، کف‌ها، بازشوها، سطوح نورگذر و مانند آن‌ها، که از یک طرف با فضای خارج یا فضای کنترل نشده، و از طرف دیگر با فضای کنترل‌شده داخل ساختمان در ارتباط هستند.

پوسته خارجی در تمام موارد الزاماً با پوسته کالبدی ساختمان یکی نیست، زیرا پوسته کالبدی ممکن است دربرگیرنده فضاهای کنترل نشده نیز باشد. پوسته خارجی ساختمان همچنین شامل عناصری است که، در وجه خارجی خود، مجاور خاک و زمین هستند.

گذر انرژی ساختمان از پوسته :

اصولا" گذر انرژی ساختمان از پوسته به شرح زیر می باشد:

- جداره های خارجی ٪۳۶
- سقف ٪۸/۳
- پنجره ها ٪۲۲/۸۵
- نفوذ هوا ٪۲۳

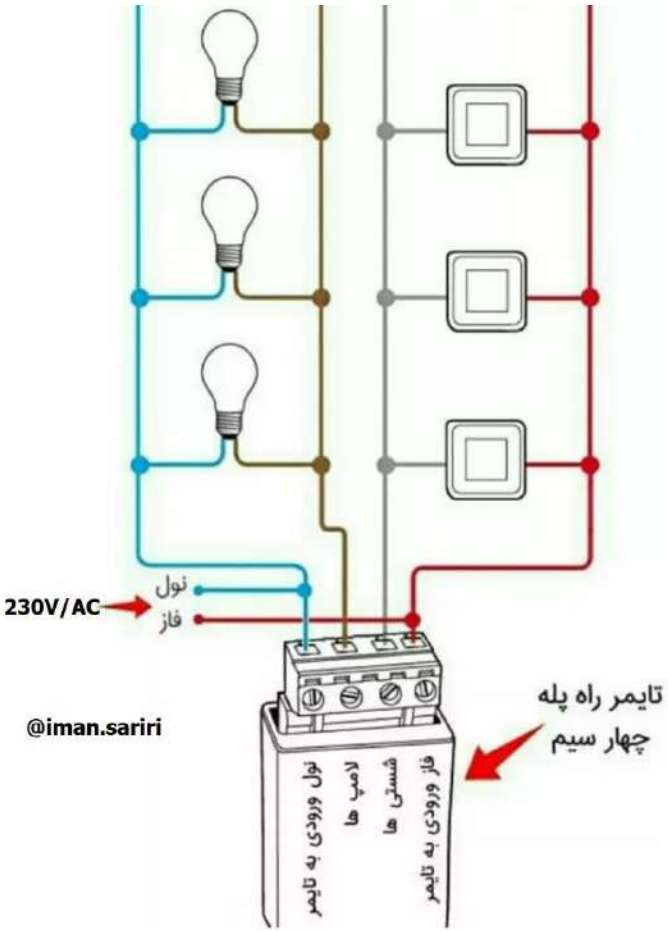
هر مترمربع عایق در ساختمان ۷/۲ مترمکعب گاز در سال صرفه جویی دارد.

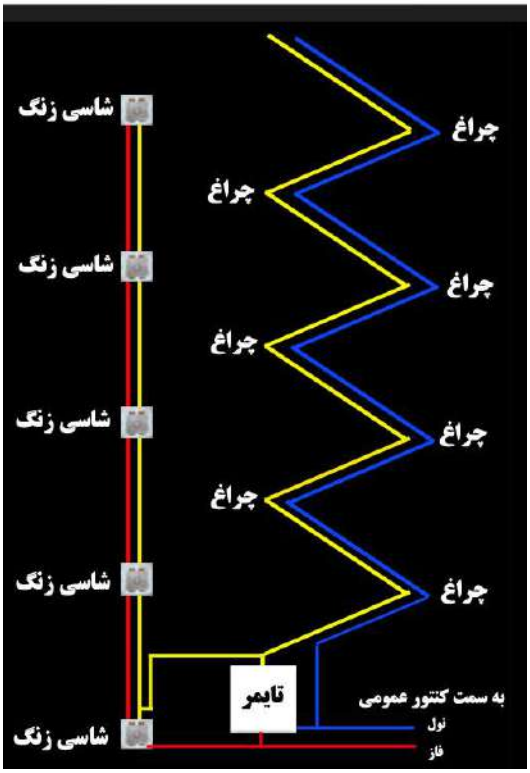
پوسته کالبدی

تمام سطوح پیرامونی ساختمان، اعم از دیوار، سقف، کف، بازشو و مانند آن‌ها، که از یک طرف با فضای خارج و از طرف دیگر با فضای کنترل‌شده با فضای کنترل نشده در ارتباط هستند.

تایمر مدار روشنایی

سامانه قابل تنظیم برای کنترل و فرمان مدار روشنایی فضاهای معین، از طریق کلیدهای فشاری نصب شده در محل مورد نظر. تایمر امکان روشن نگه‌داشتن سیستم روشنایی برای یک مدت‌زمان معین و خاموش کردن آن، بعد از سپری شدن زمان تنظیم‌شده را فراهم می‌سازد.





تعداد دفعات تعویض هوا

نسبت دبی هوای تعویض شده به حجم فضای کنترل‌شده مورد نظر.

توان اکتیو

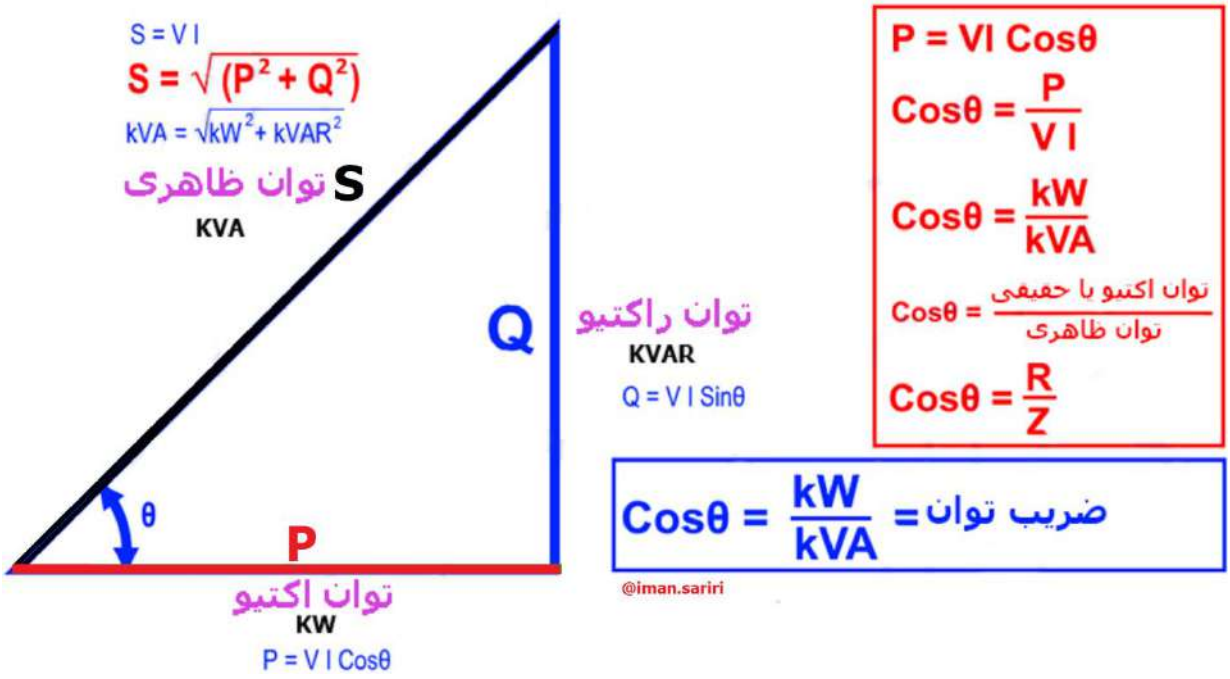
بخشی از کل توان انرژی الکتریکی در شبکه تأسیسات برق که قابل تبدیل به توان‌های انواع دیگر انرژی‌ها می‌باشد.

توان راکتیو

بخشی از کل توان انرژی الکتریکی در شبکه تأسیسات برق که توسط تجهیزاتی نظیر موتورهای الکتریکی و لامپ‌های تخلیه الکتریکی در گاز مصرف می‌شود و قابل تبدیل به توان‌های انواع دیگر انرژی‌ها نیست.

توان ظاهری

اندازه برآیند مؤلفه‌های توان اکتیو و توان راکتیو انرژی الکتریکی در شبکه تأسیسات برق.



توسعه

گسترش ساختمان موجود در سطح، با افزودن به طبقات آن.

تهویه

فرایند جریان هوا (ورود و خروج هوا) در هر فضایی، به‌صورت طبیعی و یا با استفاده از تجهیزات مکانیکی. برای تأمین شرایط بهداشت ساکنین و بهره‌برداران، لازم است تمامی یا بخشی از هوای تهویه با هوای تازه تعویض شود (ر.ک. به تعریف «تعویض هوا»).

هوای تهویه ممکن است مطبوع شده باشد (ر.ک. به تعریف «تهویه مطبوع»).

در حالت تهویه مکانیکی، جابه‌جایی هوا با استفاده از سیستم‌های مکانیکی، نظیر فن، صورت می‌گیرد.

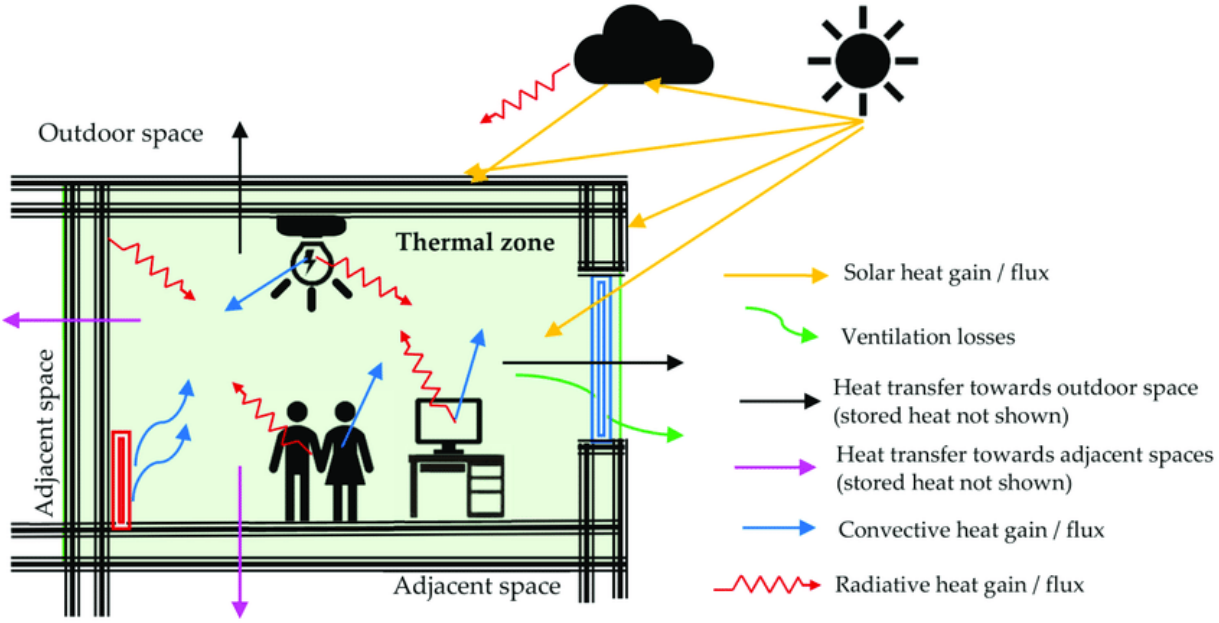
در حالت تهویه طبیعی، جابه‌جایی هوا در اثر جریان باد یا در اثر گرم یا سرد شدن هوا، از راه دریچه‌های پیش‌بینی‌شده برای این منظور، بازشوها، دودکش‌ها و هواکش‌های بدون موتور انجام می‌شود.

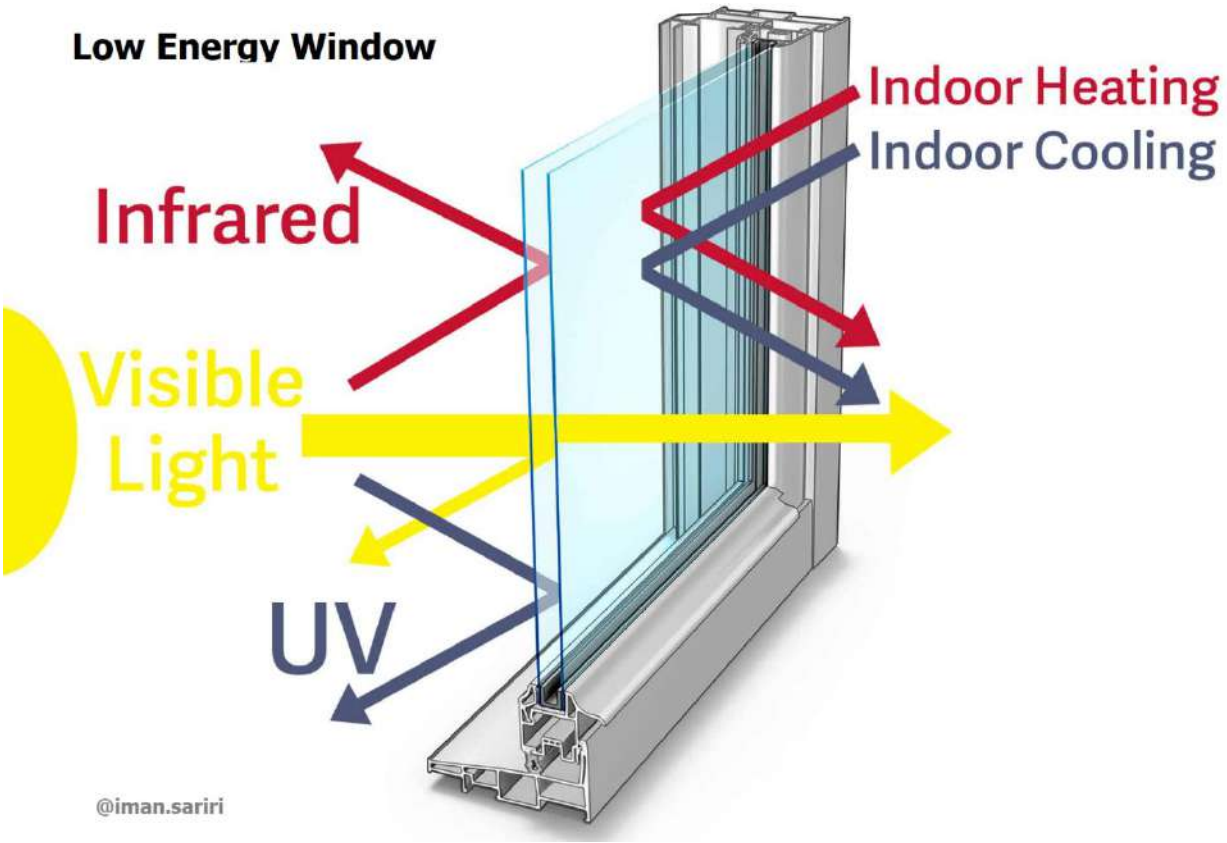
تهویه مطبوع

کنترل هم‌زمان دما، رطوبت و پاکیزگی هوا و توزیع مناسب آن، برای تأمین شرایط مورد نیاز فضاهای ساختمان.

جدار نورگذر (شفاف یا نیمه شفاف)

جداری که ضریب عبور نور مرئی آن بزرگ‌تر از ۰/۰۵. است. جدار نورگذر بر دو نوع شفاف و مات است و شامل پنجره‌ها، نماها و درهای خارجی تور گذر، نورگیرها و مشابه آن‌هاست.





چگالی توان سیستم روشنایی ساختمان

محاسبه مقدار مجموع توان کل چراغ‌ها، برای هر یک از فضاها و یا محیط‌های ساختمان، و تعیین مقدار کل آن‌ها، برای تمام فضاها و یا محیط ساختمان، مقدار مصرف برق سیستم روشنایی ساختمان را مشخص می‌کند. چنانچه این مقدار بر کل زیربنای ساختمان و یا مساحت محیط اطراف ساختمان تقسیم گردد، مقدار چگالی توان سیستم روشنایی ساختمان و یا محیط آن به دست خواهد آمد.

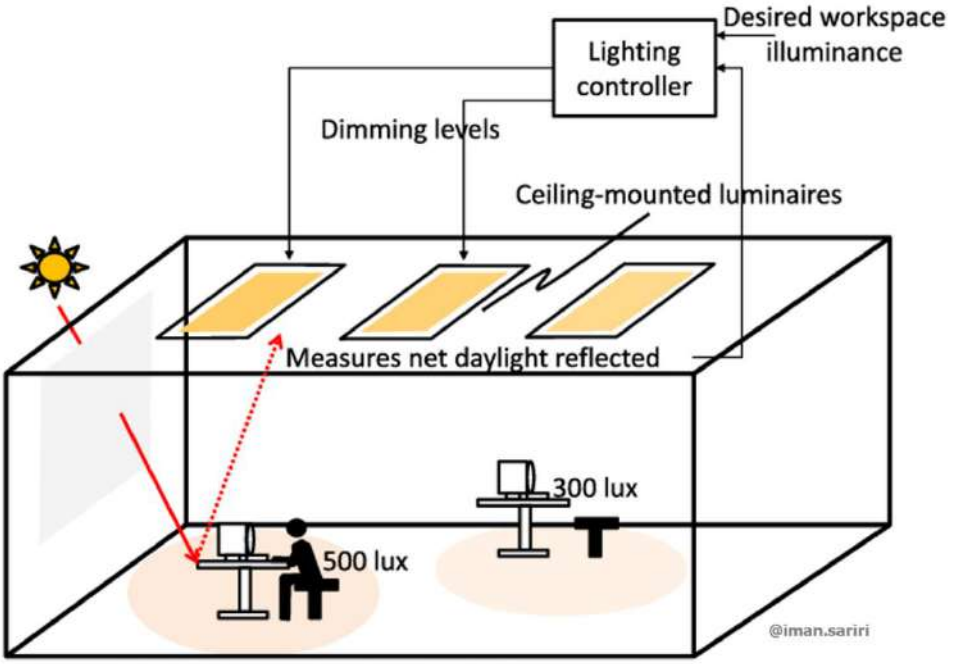
چگالی توان سیستم روشنایی فضاها

با تقسیم مقدار توان کل چراغ‌های یک فضا و یا محیط ساختمان بر مقدار مساحت فضا و یا محیط، مقدار چگالی توان چراغ‌ها (به وات بر مترمربع) به دست می‌آید.

حسگر (سنسور) حرکت و حسگر حضور

حسگری که در صورت حرکت و جابه‌جایی و با حضور فرد یا افراد، بسته به مورد استفاده، باعث فعال شدن مدار روشنایی و چراغ‌ها، یا دیگر سامانه‌های ساختمان می‌شود. در صورت مجهز بودن مدار روشنایی به این حسگرها، اگر حرکت و یا حضور در محیط وجود نداشته باشد، بعد از مدت‌زمان معین از پیش تنظیم‌شده، فرمان خاموشی و یا به حداقل رسیدن شدت روشنایی چراغ‌ها داده می‌شود.

این حسگرها می‌توانند از نوع فروسرخ فعال (مادون‌قرمز اکتیو)، فروسرخ غیرفعال (مادون‌قرمز پاسیو)، فراصوتی (اولتراسونیک)، فرکانس بالا (مایکروویو) و میکروفونی (حساس به صدا) باشند، و به‌صورت ترکیبی، مانند تلفیق حسگرهای فراصوتی فروسرخ غیرفعال، در قالب یک حسگر، مورداستفاده قرار گیرند.



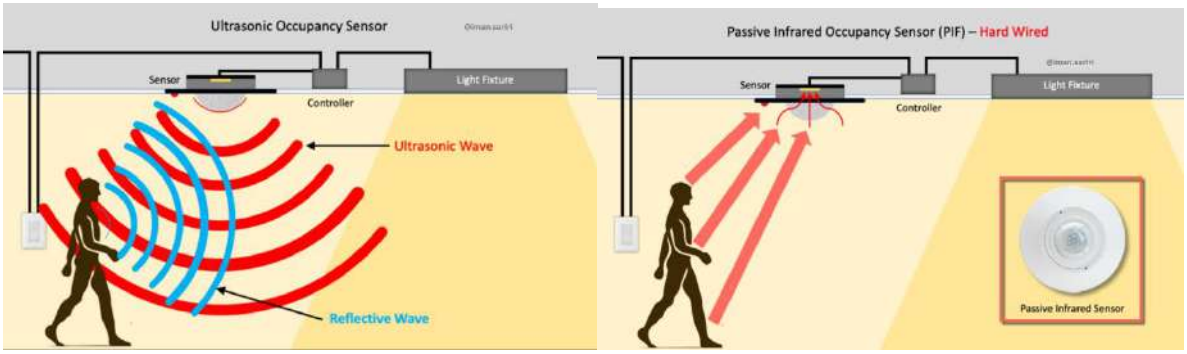
Proposed daylight sensing based lighting control system.

حسگر فروسرخ غیرفعال (مادون‌قرمز پاسیو)

حسگر حساس به حرارت بدن افراد یا دیگر اجسام گرم، که در صورت حضور فرد در فضای داخلی یا محیط اطراف و محوطه ساختمان، مدار روشنایی و یا سایر مدارهای لازم را فعال می‌کند. در صورت عدم حضور افراد، بعد از مدت‌زمان معینی که از قبل تنظیم شده است، مدارها را غیرفعال و یا چراغ‌ها را خاموش می‌شوند.

حسگر فرکانس بالا (مایکروویو)

حسگر مورداستفاده در محوطه‌های بزرگ و محیط‌های گسترده ساختمان، به دلیل برد عمل (کنترل) زیاد آن. در صورت حرکت افراد یا دیگر اجسام گرم، این حسگر فعال می‌شود، و فرمان لازم را به مدار روشنایی و یا سایر مدارها صادر می‌کند.



حسگر میکروفونی

حسگری که در صورت وجود فعالیت و صدا در محیط، فعال می‌شود، و فرمان لازم را به مدار روشنایی و یا سایر مدارها صادر می کند.

حسگر نوری (فتوسل) فرمان مدار روشنایی

حسگری که در صورت افت مقدار شدت روشنایی فضا و محیط اطراف ساختمان مدار روشنایی را فعال و چراغ‌ها را روشن می‌نماید، و زمانی که شدت روشنایی لازم برای فعال‌سازی حسگر نوری (فتوس) مجدداً برقرار شد، مدار روشنایی را غیرفعال و چراغ‌ها را خاموش می کند.

حسگر نوری عموماً برای کنترل و فرمان مدار روشنایی محوطه و محیط اطراف ساختمان مورداستفاده قرار می گیرد.

خیرگی

پدیده ناشی از مقدار ناخواسته و شدید تور یا تضاد (کنتراست) زیاد آن، هنگامی که درخشندگی نور در محدوده چشم ناظر بیشتر از درخشندگی زمینه باشد.

درخشندگی

میزان نور عبوری از یک سطح، یا گسیل یافته از آن، در یک زاویه فضایی مشخص. درخشندگی معیار سنجش شدت نور در واحد مساحت در یک جهت مشخص است، و واحد آن کاندلا بر مترمربع cd/m^2 است.

راندمان (یا بهره نوری) لامپ‌های روشنایی

راندمان (یا بهره نوری) لامپ‌های روشنایی، بر حسب لومن بر وات، (بدون لحاظ کردن مصرف بالاست و دیگر تجهیزات مورد نیاز برای هر گروه از انواع لامپ‌ها)، نسبت لومن (شار نوری) لامپ بر توان مصرفی لامپ می‌باشد. لازم به ذکر است که این راندمان در شرایط تغذیه لامپ با ولتاژ نامی آن می‌باشد.

رده‌بندی (میزان کارایی) انرژی ساختمان‌ها

رده‌بندی انرژی ساختمان (یا بخشی از آن) شاخصی است که حد کیفیت ساختمان از نظر مصرف انرژی را نشان می‌دهد. در این مقررات، سه رده برای ساختمان‌های مختلف تعریف شده است:

- ساختمان منطبق با ضوابط مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان
- ساختمان کم انرژی
- ساختمان بسیار کم انرژی

روش تجویزی

یکی از چهار روش طراحی، که در آن مشخصات عناصر مختلف پوسته خارجی ساختمان، سیستم‌ها و تجهیزات مورداستفاده در تأسیسات مکانیکی و برقی، روشنایی و تهویه طبیعی، و همچنین سیستم‌های بر پایه انرژی‌های تجدیدپذیر، به‌صورت تفکیکی و مستقل از یکدیگر، تعیین می گردد.

روش کارایی انرژی ساختمان

یکی از چهار روش، که در آن، کل انرژی مصرفی سالانه مبنا قرار می‌گیرد. در نتیجه، لازم است طراحی پوسته خارجی، تأسیسات مکانیکی و الکتریکی و همچنین سیستم‌های تجدیذیر به گونه‌ای صورت گیرد که میزان انرژی مصرفی سالانه ساختمان از میزان محاسبه شده برای ساختمان مرجع کمتر باشد.

روش موازنه‌ای (کارکردی)

یکی از چهار روش طراحی، که در آن تأثیر متقابل عناصر مختلف پوسته خارجی ساختمان بر ضریب انتقال حرارت ساختمان مدنظر قرار می گیرد. در نتیجه، ضعف یکی از عناصر ساختمانی را می‌توان توسط یک یا چند عنصر ساختمانی

دیگر با مشخصات برتر جبران نمود، تا ضریب انتقال حرارت کل یا بخشی از ساختمان از ضریب انتقال حرارت ساختمان مرجع کمتر باشد.

روش نیاز انرژی

یکی از چهار روش طراحی، که در آن، علاوه بر در نظر گرفتن میزان انتقال حرارت ساختمان، که در روش موازنه‌ای انجام می‌گیرد، کاهش یا افزایش نیاز انرژی ناشی از نحوه بهره‌برداری، تابش خورشید، استفاده از سیستم‌های شیشه‌ای کارآمد و سیستم‌های غیرفعال خورشیدی نیز در محاسبات لحاظ می‌شود.

ساختمان با مصرف انرژی نزدیک صفر (ECnZ)

ساختمانی که میزان کارایی انرژی آن در حدی است که مصرف انرژی سالانه آن برای گرمایش، سرمایش، تهویه و تأمین آب گرم مصرفی (در صورت محاسبه به روش کارایی انرژی)، نزدیک به صفر است.

ساختمان بسیار کم انرژی (EC++)

ساختمانی با میزان کارایی انرژی بسیار بهتر از میزان حداقل تعیین‌شده در این مبحث، که در آن ضوابط تعیین‌شده برای ساختمان‌های بسیار کم انرژی رعایت شده است.

ساختمان کم انرژی (EC+)

ساختمانی با میزان کارایی انرژی بهتر از میزان حداقل تعیین‌شده در این مبحث، که در آن ضوابط تعیین‌شده برای ساختمان‌های کم انرژی رعایت شده است.

ساختمان موجود

ساختمانی که ساخت آن به اتمام رسیده و از آغاز بهره‌برداری آن بیش از یک سال می‌گذرد.

ساختمان نو

ساختمان ساخته نشده، که طراحی آن در حال انجام است یا هنوز شروع نشده است.

ساختمان منطبق با مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان (EC)

ساختمانی که در آن ضوابط تعیین‌شده در این مبحث رعایت شده است.

ساعت فرمان مدار روشنایی

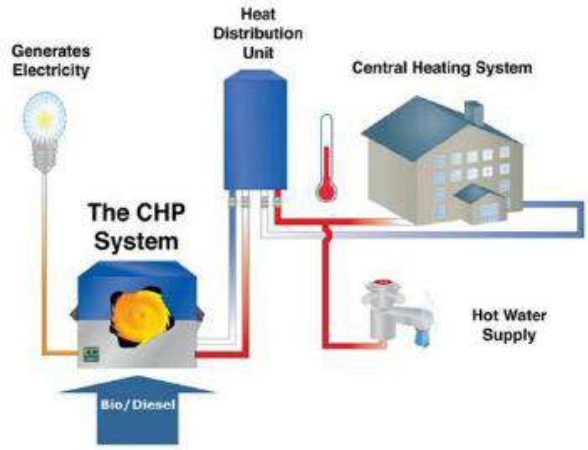
سامانه مورداستفاده برای کنترل و فرمان مدار روشنایی محوطه و یا محیط اطراف ساختمان‌ها و یا فضاهای داخلی، با توجه به نیاز و شرایط طرح. این نوع ساعت قابل‌برنامه‌ریزی است، و در زمان معین، مدارهای لازم را، طبق برنامه‌ای مشخص، فعال و یا غیرفعال می‌نماید، و یا چراغ‌های روشنایی را، روشن و یا خاموش می‌کند.

سامانه کاهنده (دیمر) روشنایی

سامانه مورداستفاده برای تغییر شدت روشنایی چراغ یا چراغ‌های یک فضا. کاربرد این سیستم‌ها عمدتاً در واحدهای ساختمان‌های مسکونی، سالن‌های تئاتر، نمایش و همایش و در برخی فضاهای خاص بناهای درمانی و یا در صورت نیاز در فضاهای اداری و صنعتی می‌باشد.

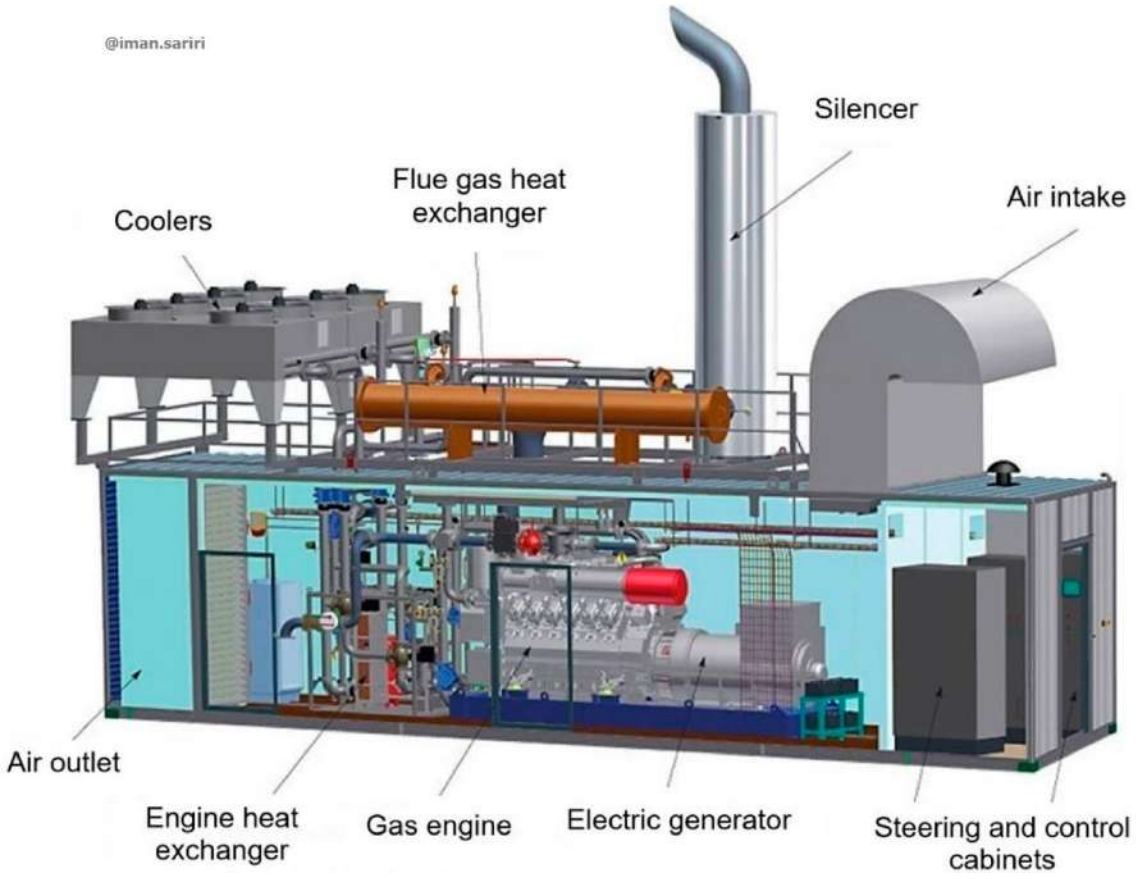
سیستم تولید هم‌زمان حرارت و برق (CHP)

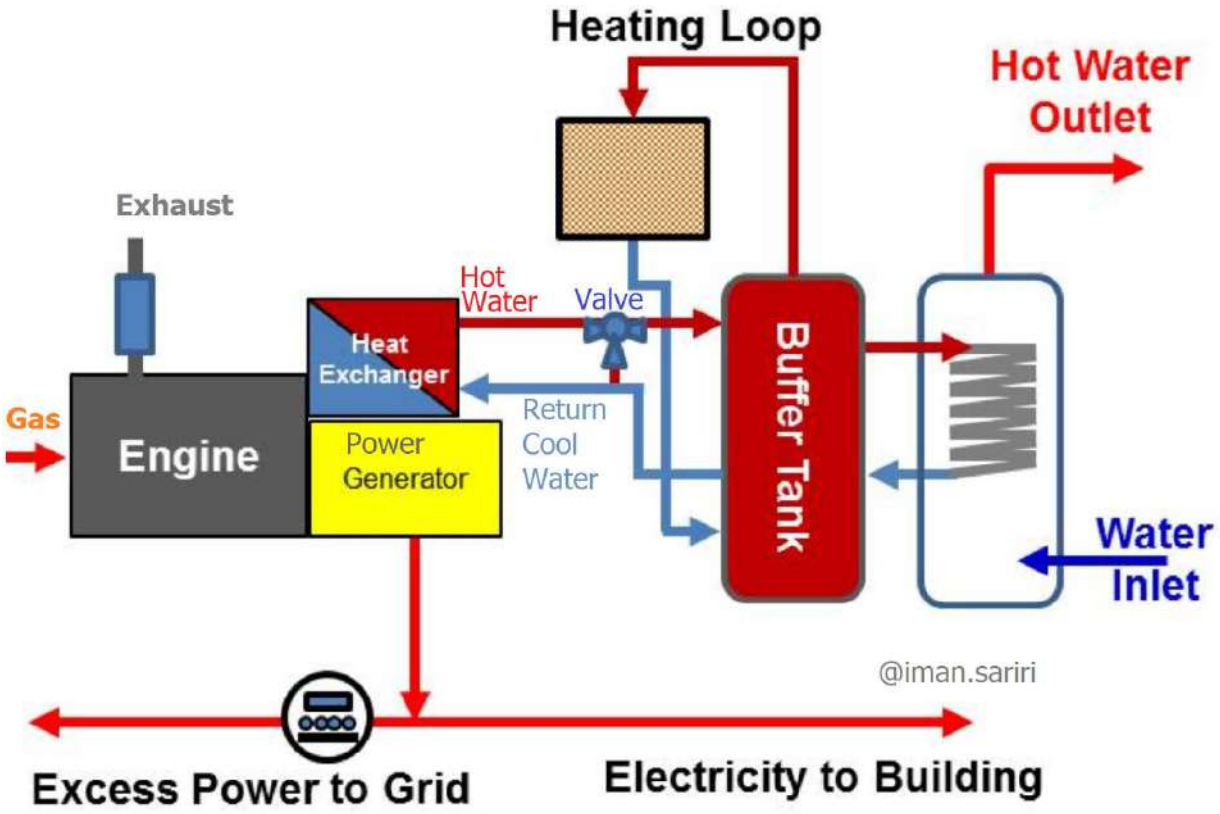
سامانه مولد برق نظیر موتور ژنراتور، میکروتوربین، توربین و نظایر آن، برای تولید برق، و بهره‌گیری هم‌زمان از گرمای تولیدشده توسط آن برای تأمین نیازهای گرمایی و دیگر کاربردها نظیر تأمین آب‌گرم مصرفی و بخار



(a) Typical application

(b) Efficiency diagram

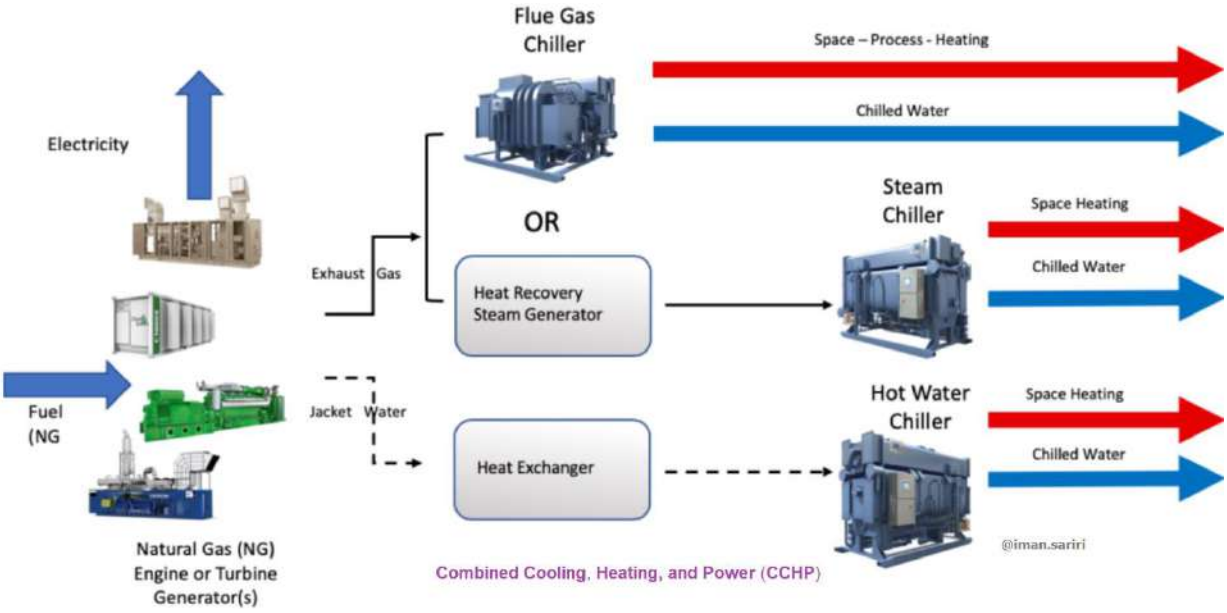

@iman.sariri
Silencer
Flue gas heat exchanger
Air intake
Coolers
Air outlet
Engine heat exchanger
Gas engine
Electric generator
Steering and control cabinets

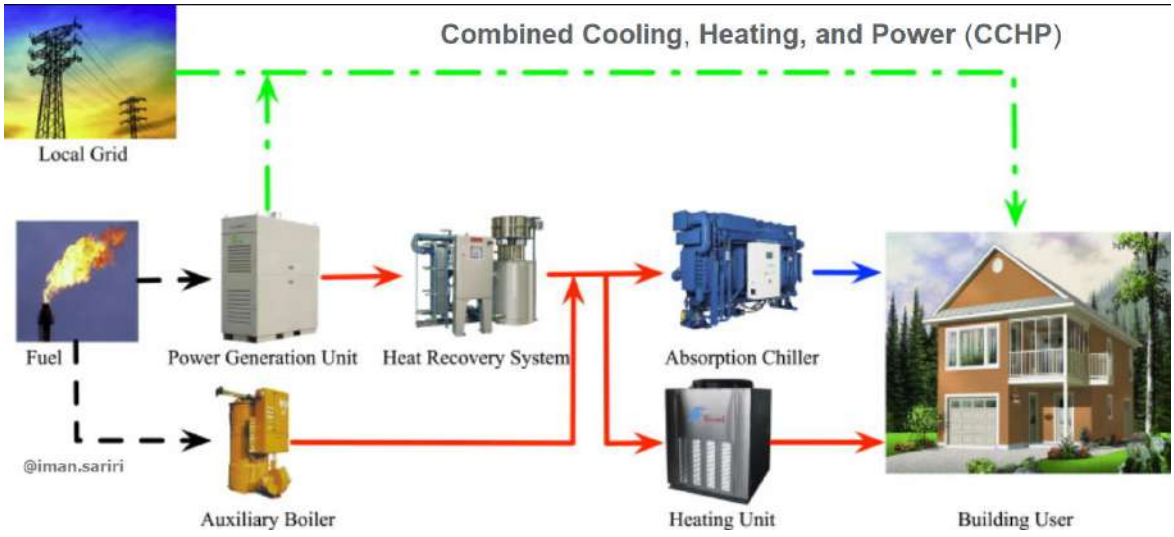


سیستم تولید هم‌زمان برودت، حرارت و برق (CCHP)

سامانه مولد برق نظیر موتور ژنراتور، میکروتوربین، توربین و نظایر آن، برای تولید برق، و بهره‌گیری هم‌زمان از گرمای تولیدشده توسط آن برای تأمین نیازهای گرمایی، سرمایی (با تجهیزاتی نظیر چیلر جذبی) و دیگر کاربردها نظیر تأمین آب گرم مصرفی و بخار

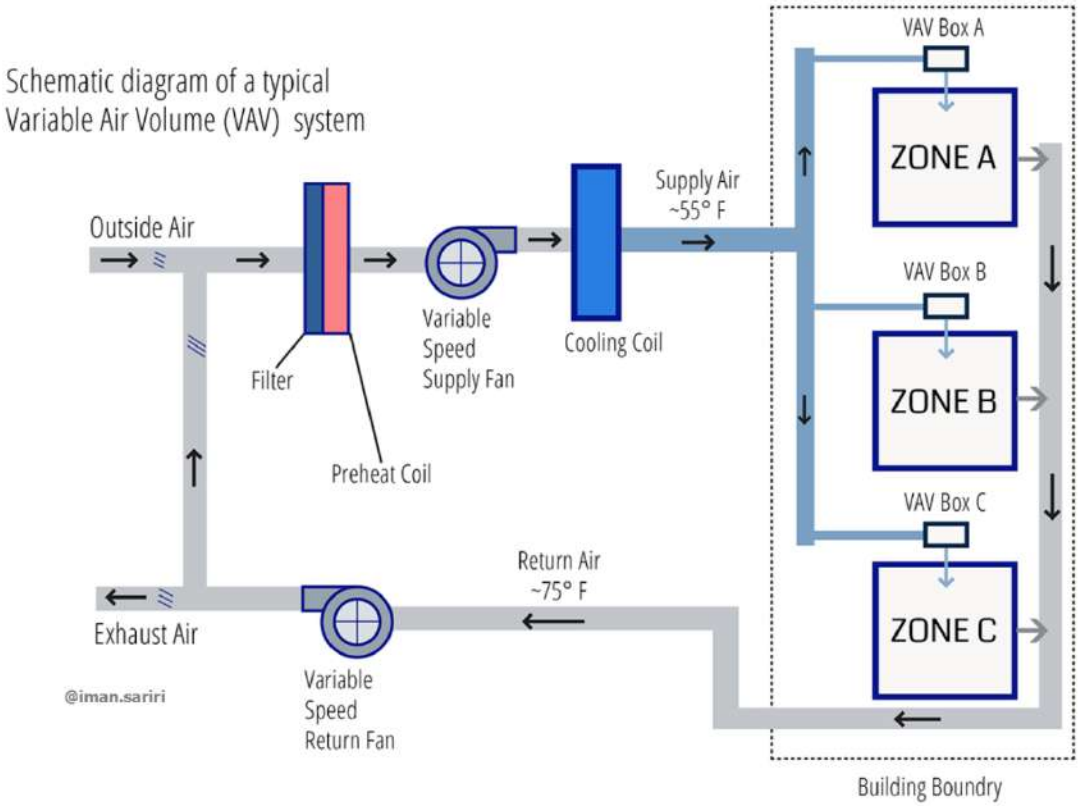
***Combined Cooling**, **Heating, and Power** (**CCHP**)*

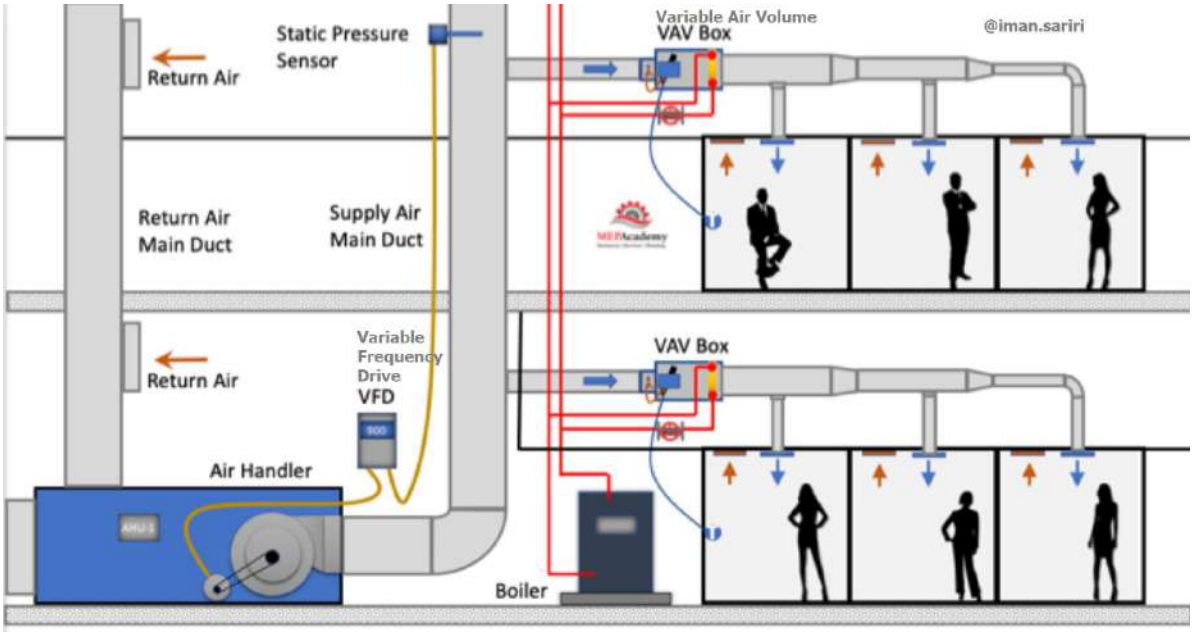


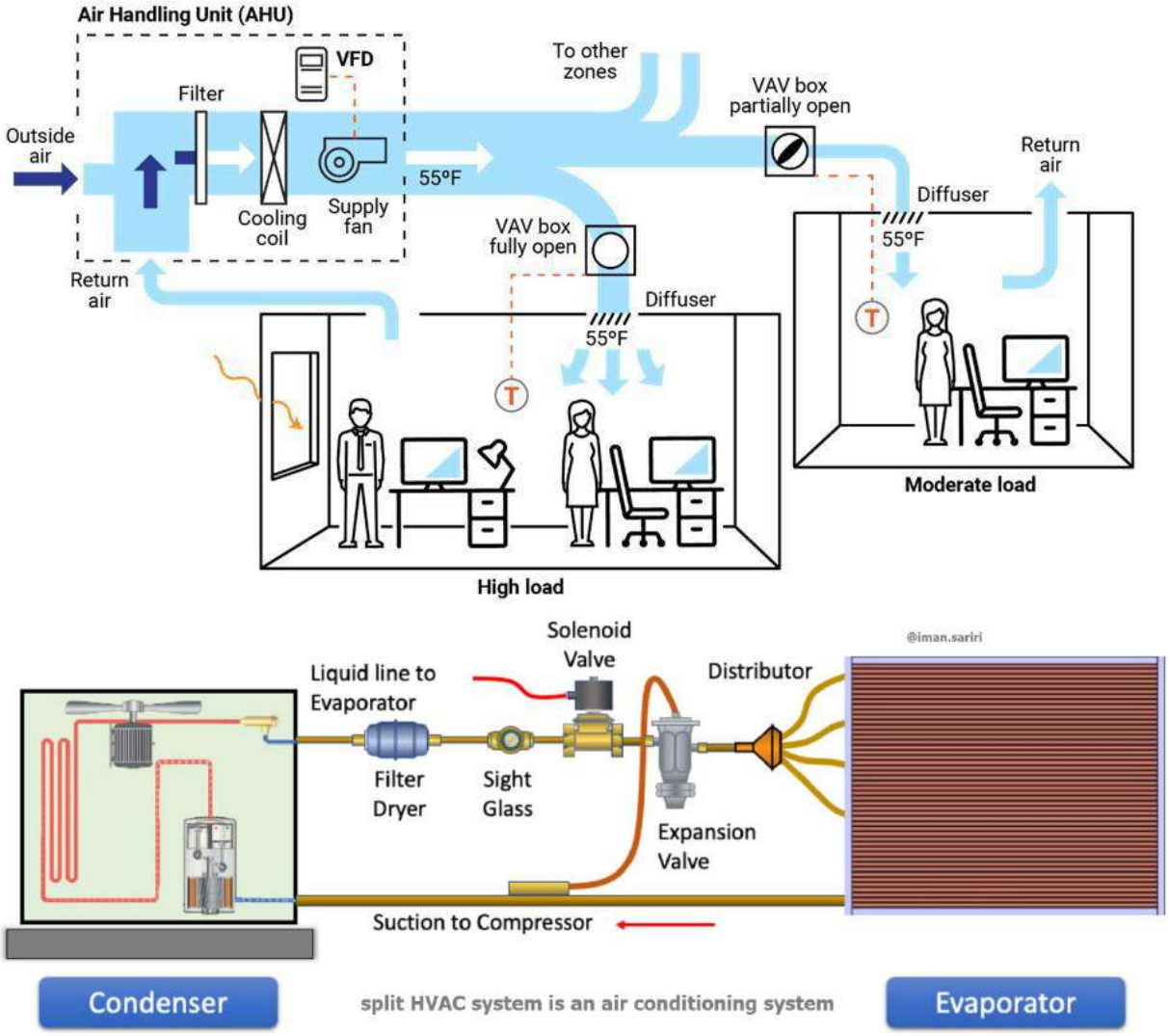


سیستم حجم هوای متغیر (VAV)

سیستمی که در آن دبی (حجم) هوای ورودی (سرد یا گرم) به هر ناحیه دمایی، با تغییر دور موتور یا وضعیت دمپر، قابل تغییر و تنظیم است. این سیستم در مقابل سیستم حجم هوای ثابت (CAV) قرار دارد.

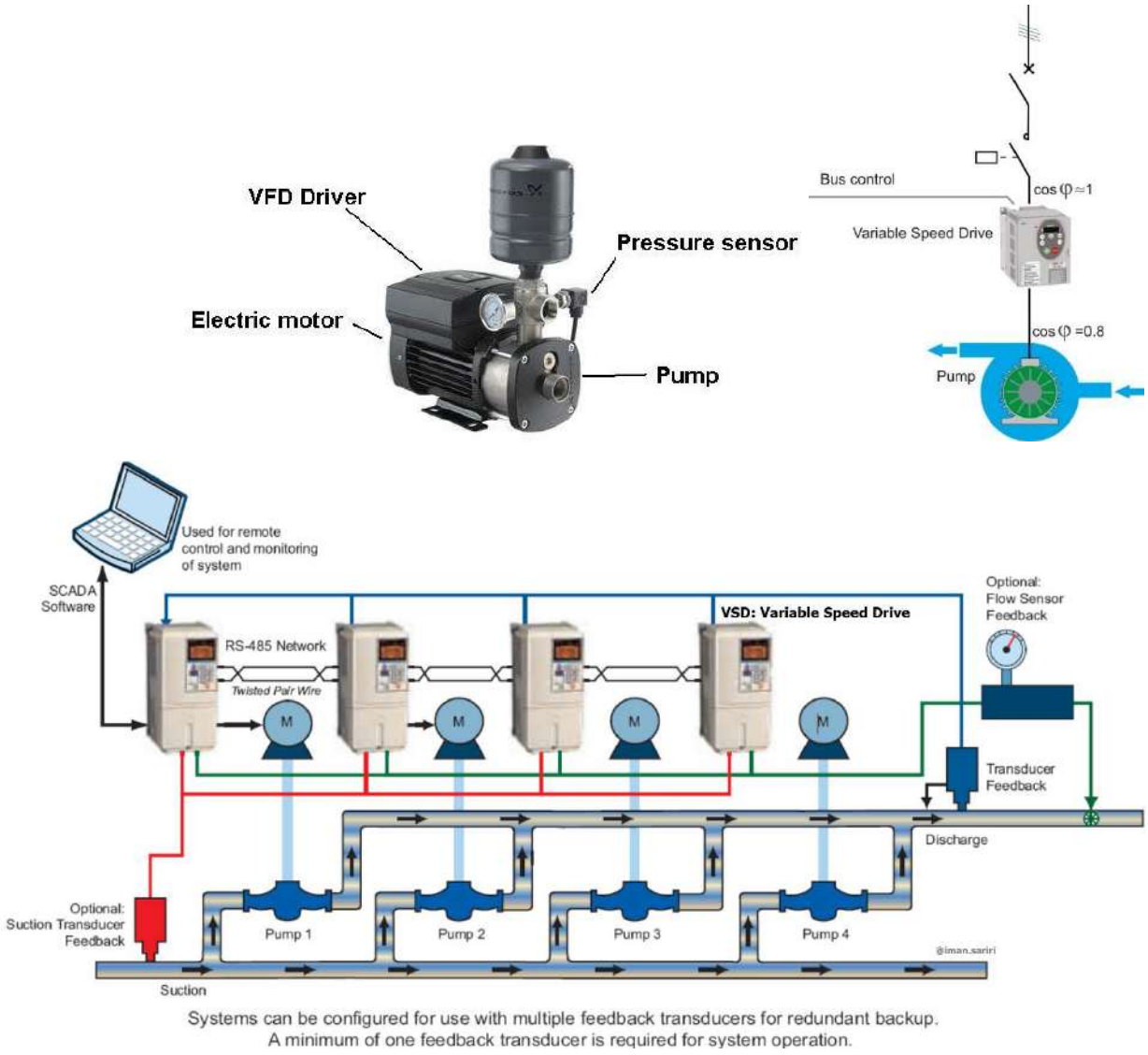

Schematic diagram of a typical
Variable Air Volume (VAV) system
Outside Air
Filter
Preheat Coil
Variable
Speed
Supply Fan
Cooling Coil
Supply Air
~55° F
VAV Box A
ZONE A
VAV Box B
ZONE B
VAV Box C
ZONE C
Return Air
~75° F
Exhaust Air
Variable
Speed
Return Fan
@iman.sariri
Building Boundry


Return Air
Static Pressure
Sensor
Variable Air Volume
VAV Box
@iman.sariri
Return Air
Main Duct
Supply Air
Main Duct
Return Air
Variable
Frequency
Drive
VFD
VAV Box
Air Handler
Boiler



سیستم (دستگاه یا راه‌انداز) تغییر سرعت (VSD)

سیستمی که بر اساس شرایط تقاضا (نیاز)، میزان جریان سیال از مولدهای نظیر پمپ و فن الکتریکی را با تغییر سرعت دورانی موتور آن کنترل می‌کند.

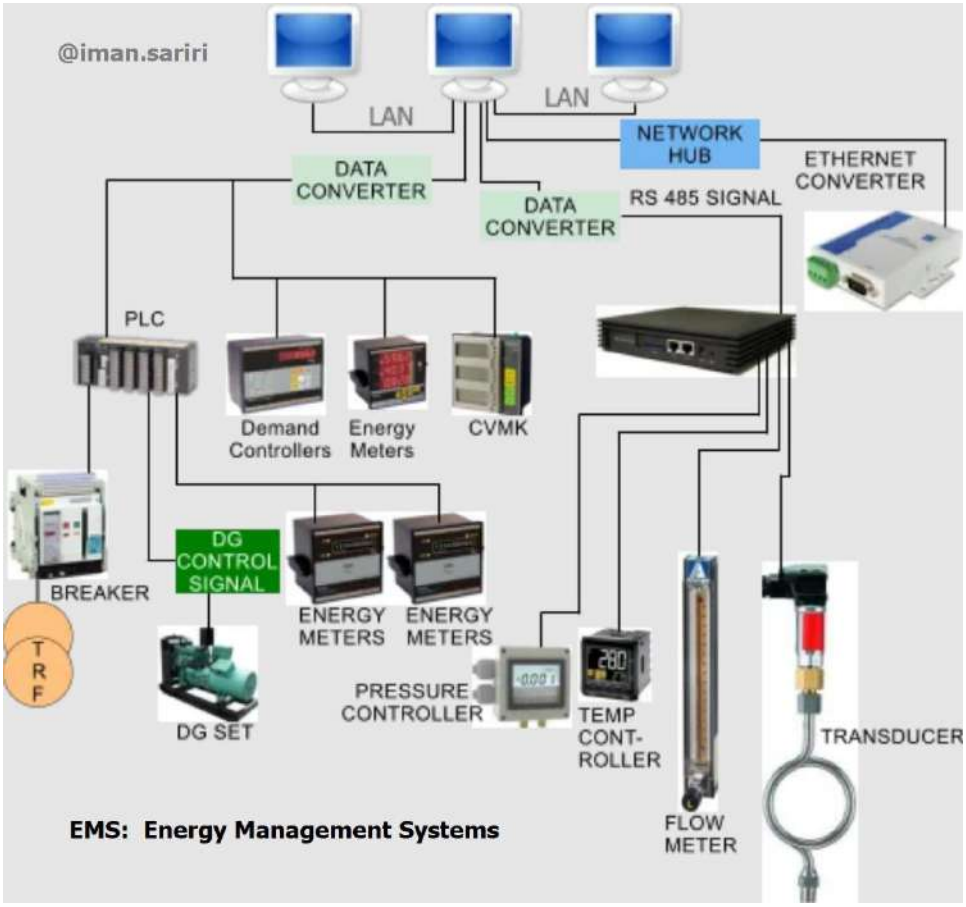


Systems can be configured for use with multiple feedback transducers for redundant backup.
A minimum of one feedback transducer is required for system operation.

سیستم مدیریت انرژی (EMS)

سیستم مبتنی بر نرم‌افزار و رایانه که با استفاده از حسگرهای لازم، و اندازه‌گیری و تحلیل مصارف کلی و تفکیکی انرژی ساختمان، راه‌های کاهش مصرف انرژی را اولویت‌بندی و عملیاتی می‌کند. برای مثال، سیستم مدیریت انرژی می‌تواند، به‌صورت مرکزی، با پایش کارکرد سیستم‌های تأسیسات برقی و مکانیکی مرتبط ، نقاط ضعف و مشکلات

مرتبط با آن‌ها را مشخص نماید، و در صورت امکان روند کارکرد تجهیزات را باز تنظیم و اصلاح کند. علاوه بر این، با ارائه یک تصویر کلی و اطلاعات فنی جزئی، در خصوص مصرف، امکان اتخاذ تصمیمات واقع‌گرایانه را فراهم می سازد.



سیستم مدیریت روشنایی

سیستمی از خانواده سیستم‌های مدیریت هوشمند مصرف انرژی، که صرفاً سامانه‌های مورداستفاده برای روشنایی مصنوعی و بهره‌گیری حداکثر از روشنایی طبیعی را پایش و مدیریت می‌کند.

در سیستم مدیریت روشنایی، کلیدها و حسگرهای هوشمند، سویچ‌ها، کنترلرها (یا کنترل‌گرها) و مراکز کنترل، با قابلیت برنامه‌ریزی، تنظیم و اتصال به شبکه‌ها و سیستم‌های مختلف، از جمله سیستم مدیریت انرژی و سیستم مدیریت هوشمند ساختمان مورداستفاده قرار می‌گیرد.

در سیستم‌های کنترل روشنایی، عمل کنترل و فرمان می‌تواند برای یک مدار و یا گروهی از مدارهای روشنایی به کار رود.

سیستم مدیریت هوشمند ساختمان (BMS)

سامانه مبتنی بر رایانه، نصب شده در داخل ساختمان، برای کنترل و نظارت بر تجهیزات و سیستم‌های مرتبط با تأسیسات مکانیکی و الکتریکی داخل ساختمان، و همچنین سامانه‌های مرتبط با ایمنی، حفاظت در برابر حریق و اطفاء آن در صورت وقوع. سامانه مدیریت هوشمند ساختمان معمولاً چندمنظوره است، و بهینه‌سازی مصرف انرژی یکی از انتظارات متعددی است که می‌تواند توسط این سامانه تأمین گردد.

شار گرمایی (یا حرارتی)

مقدار گرما (انرژی حرارتی) منتقل‌شده در واحد زمان و در واحد سطح. واحد آن در دستگاه بین‌المللی یکاها وات بر مترمربع می‌باشد.

شدت روشنایی

به شار نوری تابیده شده بر واحد مساحت گفته می‌شود و واحد آن لوکس می‌باشد. هر لوکس معادل یک لومن بر مترمربع است.

عنوان ارائه:

صرفه جوئی مصرف انرژی از دریچه صنعتی سازی

امیدرضا ریاحی

کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت

مدرس دوره های نظام مهندسی ساختمان– کارشناس استاندارد در حوزه آموزش و توان‌افزایی

مهندسی ساختمان و انرژی– دبیر کمیسیون توسعه خدمات مهندسی سازمان نظام مهندسی

ساختمان

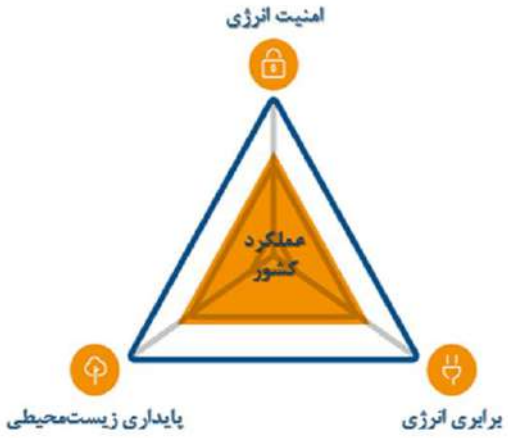
صرفه جویی مصرف انرژی در ساختمان از دریچه صنعتی سازی

ارائه دهنده: مهندس امیدرضا ریاحی

این ارائه مشتمل بر سرفصلهای زیر خواهد بود:

- چالشها و دغدغه های حوزه انرژی ساختمان
- رویکردها و استراتژی های صرفه جویی و بهینه سازی مصرف انرژی ساختمان
- مدیریت انرژی در چرخه عمر پروژه های ساختمانی
- تاثیر مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) در طراحی و عملکرد انرژی
- ارتباط مدلسازی انرژی ساختمان **BEM (Building Energy Modeling)**
- نقش طراحان، سازندگان، تولیدکنندگان و بهره برداران در یکپارچگی مدیریت انرژی در ساختمان با تاکید بر مقررات ملی ساختمان
- ضرورت گرایش به صنعتی سازی ساختمان به منظور صرفه جویی و بهینه سازی مصرف انرژی ساختمان به همراه مثالها از روشهای صنعتی

چالشها و دغدغه های حوزه انرژی

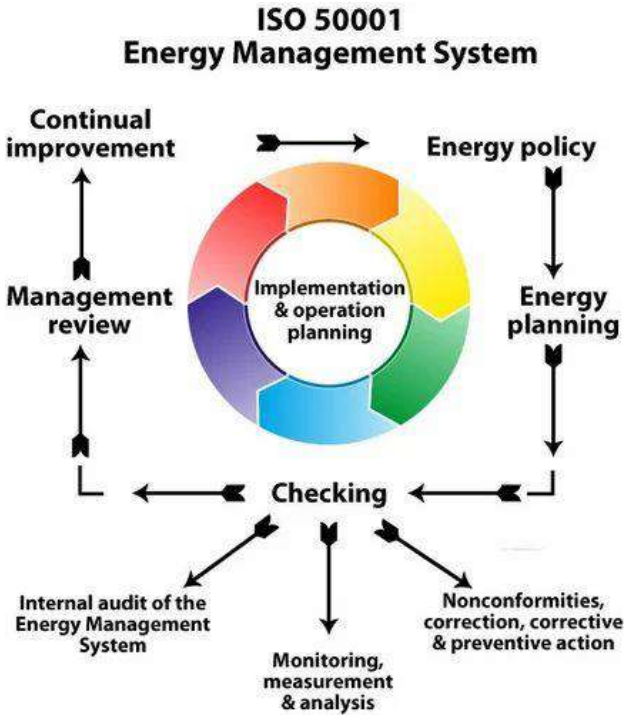


شکل 1 – سه‌گانه انرژی ارائه‌شده توسط شورایجهانیانرژی

کشور ما با کسب رتبه ۵۲ در سه‌گانه انرژی شورای جهانی انرژی در سال ۲۰۲۲، با چالش‌های بسیاری در خصوص هر سه شاخص روبه‌رو است که جایگاه آن را در سه‌گانه انرژی بسیار ناپایدار می‌کند. تمرکز کشور بر سوخت‌های فسیلی، اتلاف و مصرف بالای انرژی در اثر استفاده از تجهیزات فرسوده، چالش در تأمین تقاضای کنونی و آتی انرژی با توجه به نبود تکنولوژی‌های روز ذخیره‌سازی، ازدیاد برداشت ونبود تنوع سبد سوخت، استفاده نکردن از تکنولوژی‌های جذب و ذخیره‌سازی کربن و توسعه نامناسب تأمین انرژی از منابع تجدیدپذیر و سایر منابع کم‌کربن به‌دلیل واقعی نبودن قیمت حامل‌های انرژی از جمله این چالش‌هاست که بر هر سه شاخص تأثیر عکس گذاشته و در صورت اجرا نشدن مؤثر سیاست‌های مرتبط با انرژی و تمهیدات ویژه، در آینده نه‌چندان دور ایران در زمره کشورهای ناامن انرژی خواهد بود. در این زمینه راهکارهای زیر می‌تواند در ارتقای امنیت انرژی کشور موثر باشد:

- افزایش تنوع در سبد انرژی و کاهش آلودگی محیط‌زیست از طریق افزایش سهم منابع انرژی کم‌کربن و تجدیدپذیر در سبد انرژی کشور
- بهبود بهره‌وری انرژی از طریق واقعی کردن قیمت حامل‌های انرژی در کشور؛
- لزوم سرمایه‌گذاری در فناوری‌های جدید و نوسازی و بازسازی تجهیزات انرژی‌بر؛
- حداقل‌سازی آثار مخرب زیست‌محیطی ناشی از فعالیت صنایع مانند جمع‌آوری گازهای همراه، جذب و ذخیره‌سازی کربن

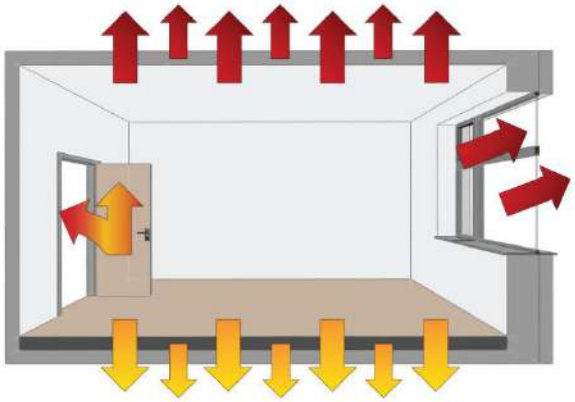
استانداردهای بین المللی مدیریت انرژی



هدر رفت انرژی در ساختمان

در ساختمان‌ها به عنوان یکی از عوامل اصلی مصرف انرژی جهان، حدود ۴۰ درصد از کل انرژی مصرف می گردد . این نسبت در کشورهای در حال توسعه، از جمله ایران، به شدت بیشتر است، که نشان‌دهنده اهمیت بیشتر این موضوع در مناطق با جمعیت رو به افزایش است. اتلاف انرژی در ساختمان‌ها می‌تواند به دلایل مختلفی از جمله عدم عایق‌کاری مناسب، استفاده از وسایل گرمایشی و سرمایشی غیراستاندارد، باز بودن پنجره‌ها و درها و... رخ دهد. در ساختمان‌هایی با عایق نا مناسب،

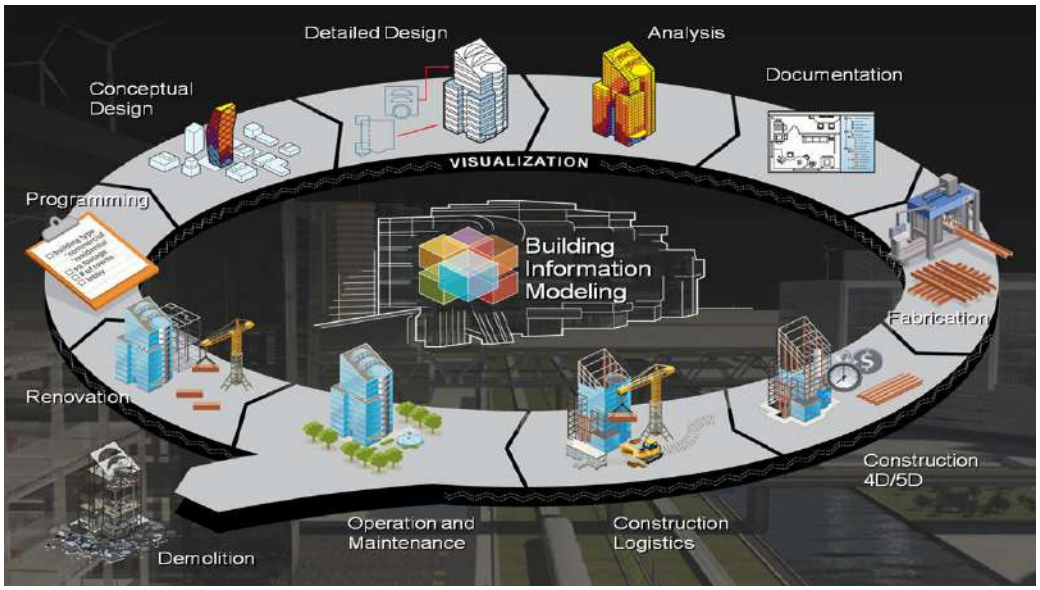
انرژی حاصل از سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی به سرعت از دست رفته و این امر منجر به افزایش مصرف انرژی برای حفظ دما و ایجاد راحتی در داخل ساختمان می‌شود.



تاثیر مدلسازی اطلاعات ساختمان در طراحی و عملکرد انرژی

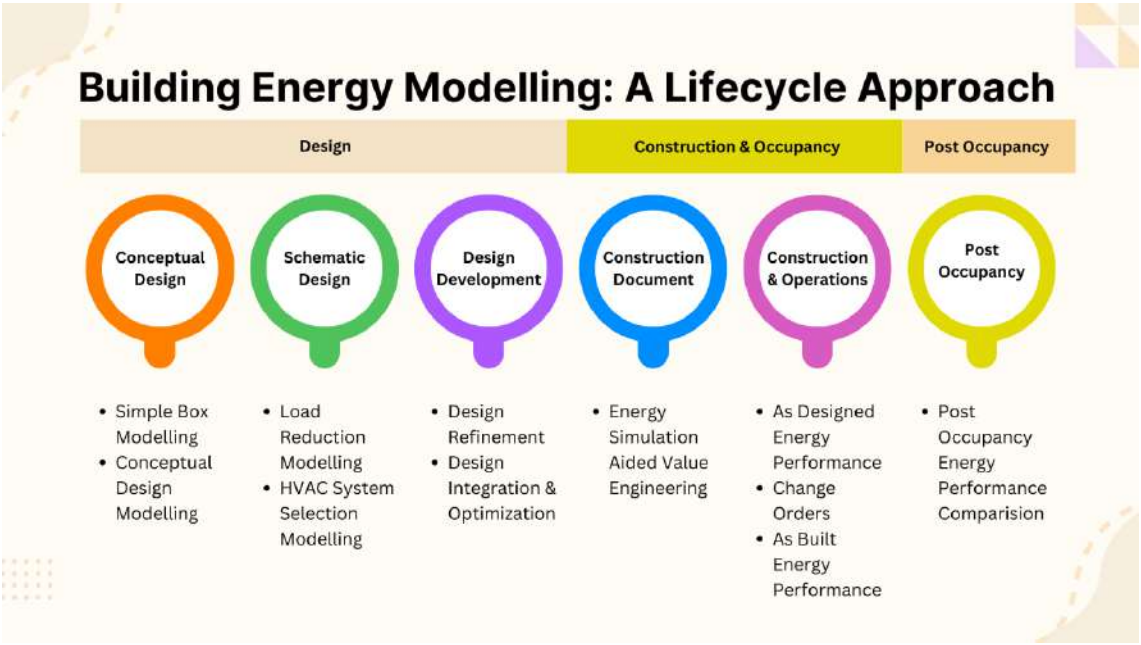
طراحی یک ساختمان از مشخصه های اصلی تعیین کننده در عملکرد بهره برداری انرژی ساختمان می باشد. تصمیمات اتخاذ شده در مرحله طراحی در ارتباط کامل با میزان مصرف انرژی می باشند.گسترش رویکرد مدلسازی اطلاعات ساختمان **(BIM)** در مراحل طراحی تاثیر گذار بوده و اثرات مثبتی را در بخش طراحی به همراه داشته است.به منظور تصمیم گیری در زمان چرخه حیات ساختمان رویکرد **BIM** باعث می شود تا از اطلاعات پایه ای

که دائما به فرمت های دیگر منتقل شوند جلوگیری کرده و تنها یک فایل اطلاعاتی پایه جامع در اختیار داشته باشیم.



مدلسازی انرژی ساختمان (Building energy modeling)

سیستم مدلسازی انرژی ساختمان **(BEM)** به آنالیز عملکرد انرژی ساختمان به وسیله معیارهای از پیش تعریف شده می پردازد و ترکیبی از میزان استفاده ساختمان و مدل اطلاعاتی آن را ارائه می دهد.پیشرفت و استفاده بیشتر از رویکرد **BIM** باعث شده است تا ارتباطی قوی میان مدلسازی اطلاعات ساختمان و مدلسازی انرژی صورت گیرد و در نتیجه ساختمان های پایداری پدید آیند.مهندسین و متخصصین نیز با استفاده از این روند به ایجاد پایداری **(Sustainability)** در طراحی های خود می پردازند و در نتیجه ایجاد ساختمانی پایدار مزایایی شامل کارفرما و کاربران نهایی و محیط می گردد.کاهش چشمگیر هزینه های دوران بهره برداری از مزایای اصلی ایجاد ساختمان های پایدار و توجه به مدلسازی انرژی می باشد.همچنین افزایش استفاده از انرژی های تجدید ناپذیر و کاهش ایجاد آلودگی ها و افزایش آسایش محیطی برای کاربران نهایی از مزایای دیگر استفاده از این تکنولوژی می باشد.



تاثیر BEM در شبیه سازی ساختمان

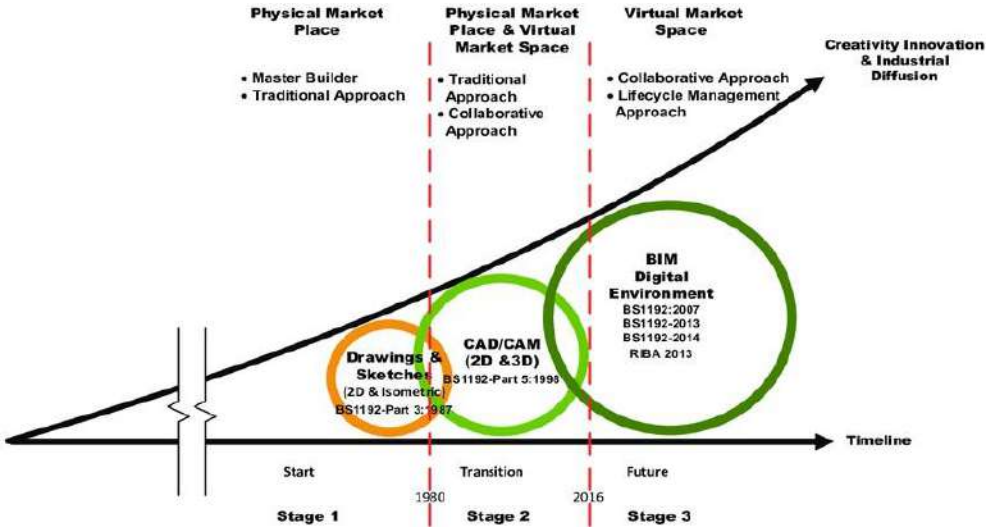
در زمان طراحی شبیه سازی استفاده می شود تا از تمامی تصمیم گیری های تاثیر گذار در عملکرد ساختمان مطلع شویم.(مانند ابعاد تجهیزات کارخانه و خدمات خاص).تفسیر رویکردهای طراحی (مانند آب و هوا یا فاکتور های دیگر) در فرآیند شبیه سازی اتفاق می افتد.هدف ها و متدولوژی های متفاوت BEM اطلاعات و پیچیدگی های دیگری را اضافه می کنند و اطلاعات ورودی تبدیل به خروجی های ارزشمندی می گردند.

فرآیند طراحی و مدلسازی اطلاعات عملکرد ساختمان

به صورت اولیه شناسایی اطلاعات مرتبط با مدل های انرژی در مراحل مختلف طراحی شکل می گیردگستردگی اطلاعات باعث شکل گیری و پیشرفت مدلسازی انرژی می گردد.مدل هوشمندی که از ساختمان به دست می آید باعث می شود تا ارتباطی میان مدل معماری و مدلسازی انرژی در آن شکل گیرد. تمامی اطلاعات در مراحل مختلف بر اساس نقشه های کاری بوده و میان تجزیه و تحلیل در مراحل اولیه تقسیم می شود.سپس طراحی های دقیق و اندازه گیری و بررسی انطباق اطلاعات نماد شکل گیری BEM در طراحی می باشد.

در مسیر طراحی(به جز طراحی داخلی) یک ساختمان با عملکرد بالا زمانی که طرح های اولیه و مفهومی تبدیل به طرح هایی پیشرفته با جزییات بالایی می شوند، عملکرد نهایی آن بر اساس انطباق با مقررات و تحقق الزامات

کارفرما و عوامل خارجی (آب و هوا) می باشد.اطلاعاتی که مربوط به این ناحیه می باشند و باعث بهینه سازی ساختمان از شرایط موجود به سمت مدلسازی انرژی می شوند و تغییرات در فرآیند بهره برداری از وسعت ساختمان و اطلاعات **BEM** ساختمان مورد نظر تاثیر می پذیرد.فرآیند توسعه تعریف اطلاعات جامع ساختمان با هدف مطلع ساختن از پیشرفت های ساختمان انجام می گیرد.



ارزیابی مدلسازی ها

متد به اشتراک گذاری اطلاعات میان محیط **BIM** و **BEM** و ذی نفعان کلیدی تعریف شده و این پروسه در جزییات طراحی شده از یک طرح اولیه یکسان استفاده می کند.این بدین معنا می باشد که اطلاعات ایجاد شده در پروژه ذخیره شده و به اشتراک گذاشته می شود.برای ارزیابی اطلاعات در هر لحظه از طراحی اطلاعات در حوزه های مختلف با یکدیگر به صورت یکپارچه درآمده و تداخلاتی که ممکن است در تاسیسات یا دیسیپلین دیگری ایجاد شده باشد نمایان می شوند و در راستای بهبود مصرف انرژی ساختمان می توان تمامی تغییرات را در طول طراحی ارزیابی کرد.

پیاده سازی مدلسازی انرژی با رویکرد BIM

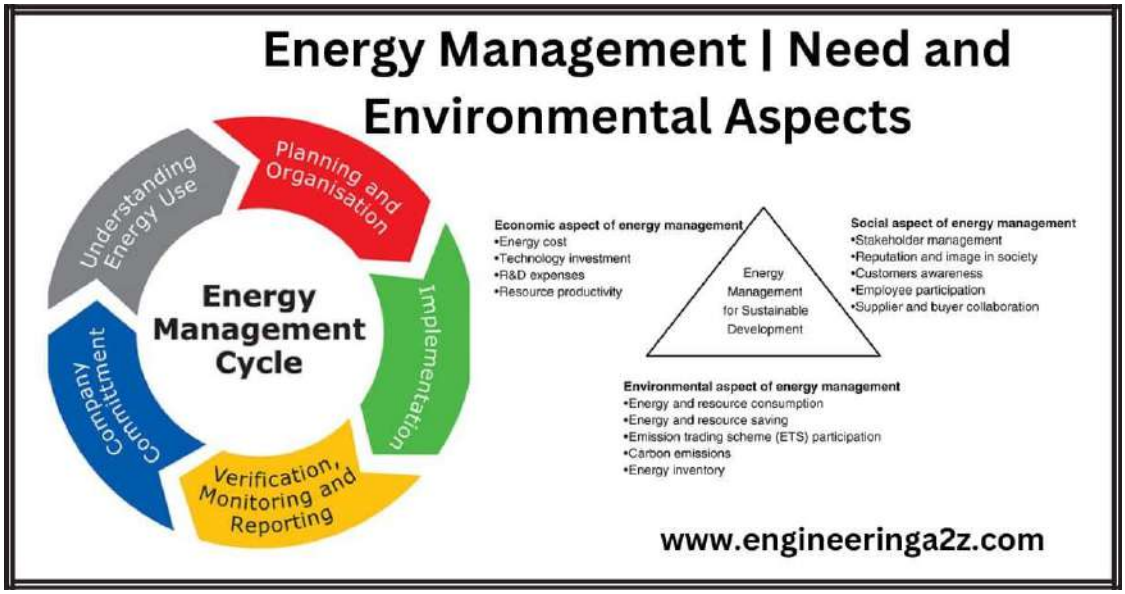
در پروژه ها اطلاعاتی که در زمینه **BIM** در طرح ها ایجاد شده اند تبدیل به اطلاعاتی برای مدلسازی انرژی شده و ارتباطی میان این دو برقرار می شود.این رویکرد در زمینه ارزیابی انرژی و طراحی به منظور پایداری ساختمان و

کاهش مصرف انرژی در ساختمان هایی با کاربری مسکونی، تجاری، فرهنگی و هر نوع از کاربری که با مصرف بالای انرژی رو به رو می شود اهمیت می یابد.تمامی ساختمان ها هر یک به تناسب شرایطی که در آن قرار دارند با عملکرد و مولفه های خاص خود رو به رو هستند و بنا بر شرایطی که در آن قرار دارند اطلاعات اولیه به سیستم های مدلسازی وارد می شود.در این مسیر مدلسازی های **BIM** برای هر پروژه با آبجکت های عمومی مانند تجهیزات توسعه می یابند تا عملکرد های کلیدی برای مدسازی انرژی ارزیابی شوند.مدل ساخته شده توسط معماران با متخصصین دیگر حوزه ها مانند مکانیک همگام شده و به عنوان پایه ای برای دیگر مراحل قرار می گیرد.در این مرحله مدل ها در فاز **LOD300** شکل می گیرد.در مراحل بعدی توسعه نیز دیتیل یا جزییات بیشتری به مدل ها اضافه شده و متریال ها نیز در پروژه شکل گرفته اند و می توان با دقت بیشتری مدلسازی های انرژی را برای انواع پروژه ها ارائه داد.همچنین گرمایش، سرمایش و تهویه هوا یا سیستم **HVAC** در طراحی های اولیه و جزییات آن در پروژه بر پایه نیاز های مدلسازی انرژی شکل می گیرند. سپس مدلسازی پس از ارزیابی تمامی اطلاعات و جزییات مهندسی شده متوقف می شوند اما همیشه مدلسازی ارائه شده قابل تغییر برای انطباق با شرایط ساخت می باشند.

استفاده از تکنولوژی های به روز

برنامه های ارائه شده در این ساختار برای ذخیره سازی اطلاعات و اشتراک با قابلیت دسترسی به اطلاعات **BIM Cloud** انجام می شوند تا دسترسی های راحت تر و مطابق با ساخت مدلسازی انرژی وارد شوند.پروسه تعریف عملکرد ساختمان مطابق با طراحی ها از اطلاعات پیش از ساخت مدلسازی ها استفاده می کند.پس از آن نیز با استفاده از اسکن های لیزری و مدلسازی ابری نقاط شرایط ساخت بر مدلسازی ها منطبق می شود سپس می توان

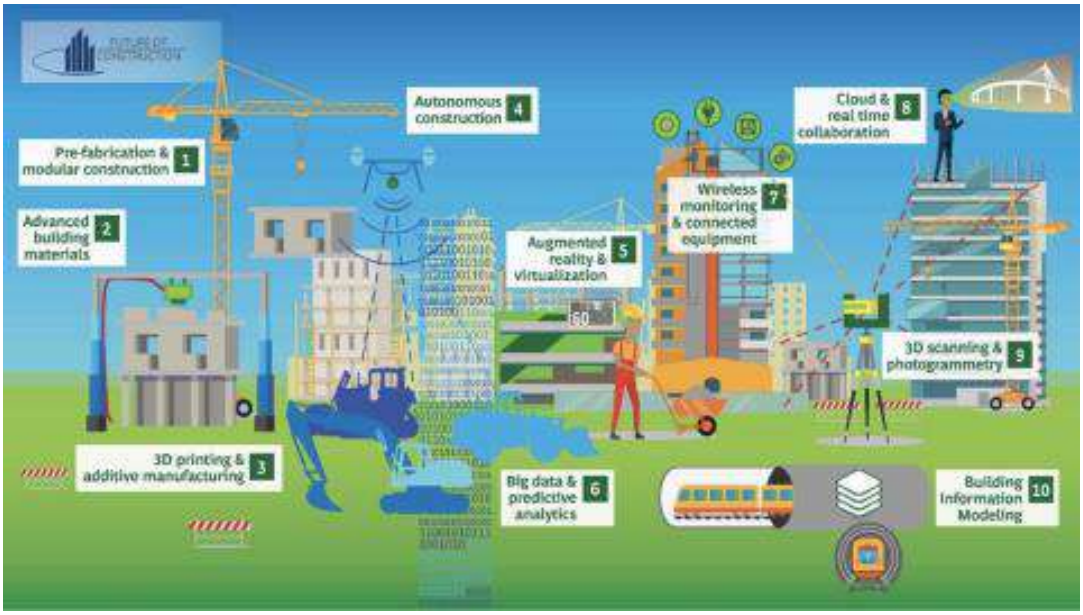
انرژی مصرفی ساختمان در شرایط حال را به صورت دقیقی مورد بررسی قرار داد. در نتیجه بررسی های ارائه شده می توان فضاهایی که دارای مصرف بیش از حد یا هدر رفت انرژی هستند را شناسایی کرد و به باز طراحی چنین فضاهایی به منظور بهبود عملکرد ساختمان پرداخت.

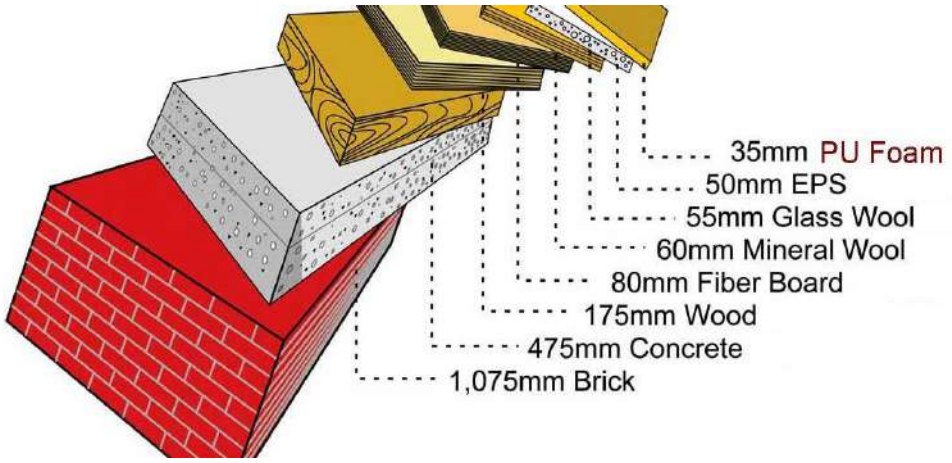


مدیریت انرژی از دریچه صنعتی سازی

تولید صنعتی ساختمان به عنوان یکی از مهم ترین روش های حل مشکل مسکن در اغلب کشورها محسوب می شود تا علاوه بر رعایت استانداردها ضوابط مربوط به پایداری پایایی ساختمان ها در شرایط مختلف اقلیمی لرزه خیزی کشور سرعت اجرای پروژه های ساختمانی به ویژه در پروژه های انبوه سازی مسکن، بر طرف کردن چالشهای مربوط به هدر رفتن انرژی استفاده صحیح از انواع انرژی های سنتی فسیلی یا انرژی های نوین پاک نیز در زمره شاخص های ارزیابی تولید صنعتی یک فن آوری نوین ساختمانی در طراحی ساخت ساز در نظر گرفته شود .در عصر حاضر در دنیای پررقابت امروز، ارزش روز افزون منابع انرژی بهینه سازی استفاده درست از آن مورد توجه بسیاری از دست اندرکاران صنایع مختلف بوده است. صنعت ساختمان سازی اهمیتی استراتژیک زیربنایی در اقتصاد یک کشور دارد. درنتیجه، استفاده از فناوری های نوین در زمینه مصرف بهینه صحیح انرژی های در دسترس، پیاده

سازی الگوهای علمی، بهبود تسریع فرایندهای ساخت، کاهش هزینه های ساخت ساز ... از اهداف مهم اکثر ساخت وسازها بوده است. حل مشکلاتی نظیر زمان طولانی اجرا، عمر مفید کم مصالح مصرفی، هزینه زیاد اجرای پروژه ها بعد از آن هزینه های مربوط به تعمیر نگهداری ساختمان نیازمند ارایه راهکارهایی به منظور استفاده علمی عملی از سیستم های نوین مصالح ساختمانی جدید برای کاهش زمان ساخت، کاهش مصرف انرژی نهایتا کاهش هزینه ها است. ویژگی های مهم در بررسی سیستم های نوین ساخت ساز شامل سازه، عملکرد حرارتی، آکوستیک، دوام مصالح تشکیل دهنده، بهینه سازی مصرف انرژی، سرعت اجرا، تولید کارخانه ای کنترل کیفیت، حمل نقل نصب در محل، تعمیر نگهداری، شاخص های معماری صحیح بر اساس شرایط محیطی سایر موارد است.





مثالهای مدیریت انرژی از دریچه صنعتی سازی

Lighting Control
Energy Management
Smartphone Alerts
Glass Breakage Detection
Remotely Control Appliances
Entry & Motion Detection
Garage Door Control
Alarm & Siren Activation
Temperature Control
Professional Monitoring
Live Video Streaming
Keyless Entry

عنوان ارائه:

چگونگی مدل سازی و شبیه سازی انرژی ساختمان و ارائه کلیات مرتبط با نرم افزارها

بهرنگ سجادی

دکتری مهندسی مکانیک

دانشیار دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه تهران– عضو دوره هفتم شورای تدوین مقررات ملی

ساختمان– رئیس کمیته فنی متناظر TC86 **با عنوان سردسازی و تهویه مطبوع سازمان ملی**

استاندارد

چگونگی مدلسازی و شبیه‌سازی انرژی ساختمان و ارائه کلیات مرتبط با نرم‌افزارها

۱- مقدمه

مطابق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، چهار روش طراحی برای بخش‌های مختلف ساختمان شامل پوسته، تأسیسات مکانیکی، تأسیسات الکتریکی و سیستم‌های تجدیدپذیر از منظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی وجود دارد. به طور کلی، در تمام این روش‌ها، رویکرد مورد استفاده برای طراحی هر بخش ساختمان را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

۱- تجویزی (Prescriptive-based)

۲- عملکردی (Performance-based)

در رویکرد تجویزی ضوابط طراحی بخش مورد نظر به طور دقیق مشخص می‌شوند. در مقابل در رویکرد عملکردی، قبول یا عدم قبول طراحی از طریق مقایسه عملکرد ساختمان طرح با ساختمان مبنا که در مبحث ۱۹ مقررات ملی، ساختمان مرجع نامیده می‌شود، تعیین می‌گردد. در جدول ۱ رویکرد مورد استفاده برای طراحی بخش‌های مختلف ساختمان از دید چهار روش مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان نشان داده شده است. به علاوه، در این جدول نیاز یا عدم نیاز به انجام شبیه‌سازی انرژی برای مقایسه عملکرد ساختمان طرح با ساختمان مرجع مشخص شده است. با توجه به جدول فوق، در صورت استفاده از روش‌های نیاز انرژی یا کارآیی انرژی، عملکرد ساختمان باید از طریق شبیه‌سازی مشخص شود. همان‌طور که از داده‌های ارائه شده در جدول مشخص است، تفاوتی اصلی این دو روش در رویکرد مورد استفاده برای طراحی تأسیسات مکانیکی و الکتریکی ساختمان است.

جدول۱- مقایسه روش‌های مختلف طراحی در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

روش طراحی	پوسته ساختمان	تأسیسات مکانیکی	تأسیسات الکتریکی	سیستم‌های تجدیدپذیر	مبنای مقایسه	نیاز به شبیه‌سازی
تجویزی	رویکرد تجویزی	رویکرد تجویزی	رویکرد تجویزی	رویکرد تجویزی	-	ندارد
موازنه‌ای (کارکردی)	رویکرد عملکردی	رویکرد تجویزی	رویکرد تجویزی	رویکرد تجویزی	ضریب انتقال حرارت کلی	ندارد
نیاز انرژی	رویکرد عملکردی	رویکرد تجویزی	رویکرد تجویزی	رویکرد عملکردی	نیاز انرژی سالانه	دارد
کارآیی انرژی	رویکرد عملکردی	رویکرد عملکردی	رویکرد عملکردی	رویکرد عملکردی	مصرف انرژی سالانه	دارد

جدول ۲ به طور خلاصه شرایط شبیه‌سازی‌های مورد نیاز در روش‌های نیاز انرژی و کارآیی انرژی را نشان می‌دهد. طبیعی است که در صورت استفاده از معیار مصرف در روش کارآیی انرژی، نیازی به شبیه‌سازی ساختمان مرجع نیست.

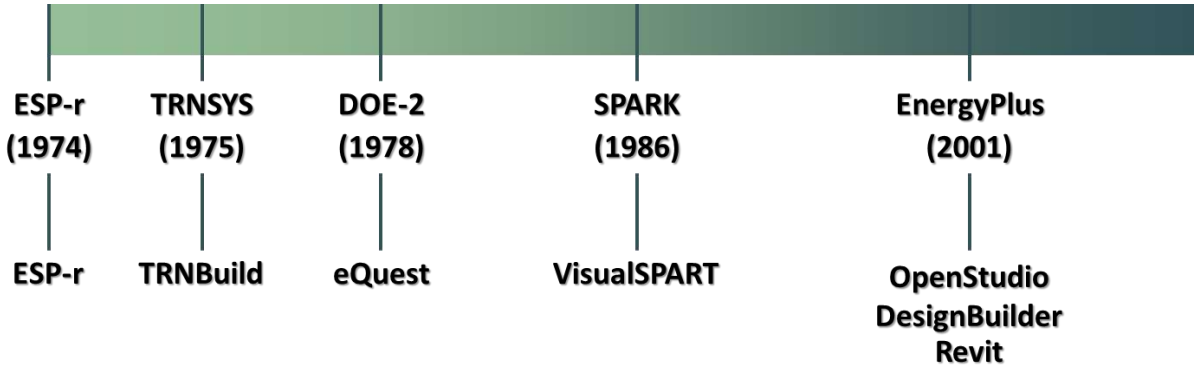
جدول ۲- شرایط شبیه‌سازی ساختمان‌های طرح و مرجع

ویژگی	ساختمان مرجع	ساختمان طرح
روش نیاز انرژی		
شرایط آب و هوایی	مطابق طرح	مطابق طرح
هندسه ساختمان	مطابق طرح به جز محدود شدن نسبت سطح نورگذر به نما به ۴۰ درصد و در نظر گرفته نشدن سایه‌بان‌ها و روش‌های غیرفعال	مطابق طرح
مصالح ساختمان	مشخصات لایه‌ها به جز عایق با حداکثر ۱۰٪ اختلاف نسبت به طرح، محل عایق مطابق طرح و ضخامت عایق به نحوی که مقاومت جدارها برابر روش تجویزی باشد	مطابق طرح
بارهای داخلی	مطابق طرح	مطابق طرح
برنامه‌های زمان‌بندی	مطابق الزامات مبحث ۱۹	مطابق الزامات مبحث ۱۹
تأسیسات مکانیکی و الکتریکی	مطابق الزامات روش تجویزی	مطابق الزامات روش تجویزی بدون بازیافت و ذخیره انرژی
سیستم‌های تجدیدپذیر	در نظر گرفته نمی‌شود	مطابق طرح
روش کارآیی انرژی		
شرایط آب و هوایی	مطابق طرح	مطابق طرح
هندسه ساختمان	مطابق طرح به جز محدود شدن نسبت سطح نورگذر به نما به ۴۰ درصد و در نظر گرفته نشدن سایه‌بان‌ها و روش‌های غیرفعال	مطابق طرح
مصالح ساختمان	مشخصات لایه‌ها به جز عایق با حداکثر ۱۰٪ اختلاف نسبت به طرح، محل عایق مطابق طرح و ضخامت عایق به نحوی که مقاومت جدارها برابر روش تجویزی باشد	مطابق طرح

بارهای داخلی	مطابق طرح	مطابق طرح
برنامه‌های زمان‌بندی	مطابق الزامات مبحث ۱۹	مطابق الزامات مبحث ۱۹
تأسیسات مکانیکی و الکتریکی	مطابق الزامات روش تجویزی	مطابق طرح
سیستم‌های تجدیدپذیر	در نظر گرفته نمی‌شود	مطابق طرح

۲- نرم‌افزارهای شبیه‌سازی انرژی ساختمان

به طور کلی نرم‌افزارهای شبیه‌سازی انرژی ساختمان از دو قسمت موتور شبیه‌سازی (Simulation Engine) و رابط گرافیکی کاربر (Graphic User Interface) تشکیل می‌شوند. تاریخچه ارائه برخی از معروف‌ترین موتورهای شبیه‌سازی و نرم‌افزارهای مبتنی بر آنها در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- تاریخچه ارائه برخی از موتورهای شبیه‌سازی انرژی ساختمان و نرم‌افزارهای مبتنی بر آنها

مطابق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، قابلیت‌های اصلی مورد نیاز برای نرم‌افزارهای مورد استفاده عبارت است از:

- شبیه‌سازی ساعتی رفتار حرارتی ساختمان
- شبیه‌سازی ساعتی روشنایی طبیعی
- شبیه‌سازی اثر اینرسی حرارتی ساختمان و ایجاد تأخیر فاز
- امکان در نظر گرفتن حداقل ۱۰ زون حرارتی
- تنظیم ساعتی پارامترهای مختلف مانند:
  - دمای تنظیم ترموستات
  - تعداد و نوع فعالیت ساکنین
  - توان روشنایی مصنوعی
  - توان تجهیزات داخلی

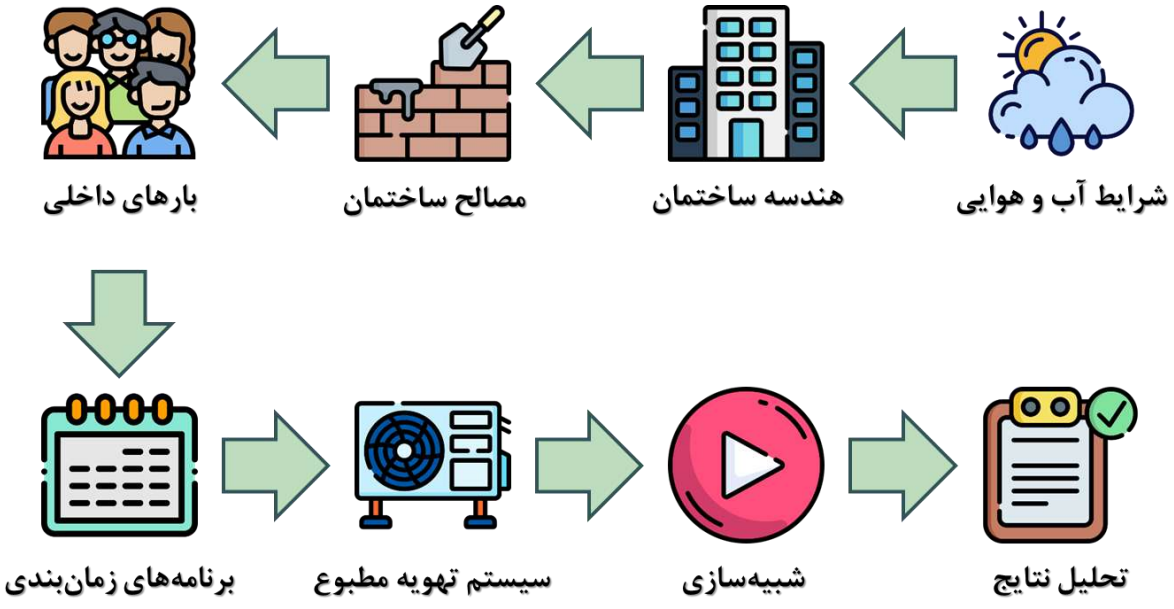
- توان آب گرم بهداشتی

- شبیه‌سازی ساعتی سیستم تهویه مطبوع
- شبیه‌سازی ساعتی انرژی تأمین شده توسط سیستم‌های تجدیدپذیر
- ارائه گزارش ساعتی روشنایی طبیعی، نیاز گرمایی و سرمایی و مصرف انرژی به تفکیک حامل‌های انرژی

تمام نرم‌افزارها نام برده شده در شکل ۱ دارای قابلیت‌های فوق هستند. بدیهی است که فهرست نرم‌افزارهای قابل قبول محدود به شکل ۱ نیست، اما سهم قابل توجهی از نرم‌افزارها در حال حاضر از موتور EnergyPlus که توسط وزارت انرژی ایالات متحده آمریکا (DOE) توسعه داده شده است، بهره می‌گیرند. سهولت استفاده از رابطه گرافیکی، متن باز (Open Source) بودن و امکان ورود هندسه ساختمان از نرم‌افزارهای رایج مدلسازی معماری از جمله مواردی است که در انتخاب نرم‌افزار مورد نظر باید به آنها توجه داشت.

۳- مراحل شبیه‌سازی انرژی ساختمان

مراحل انجام شبیه‌سازی انرژی ساختمان به طور خلاصه در شکل ۲ نشان داده شده است. برای دستیابی به اطلاع مورد نیاز در هر مرحله می‌توان از منابع مختلفی استفاده کرد که در ادامه به اختصار به آن پرداخته شده است.



شکل۲- مراحل انجام شبیه‌سازی انرژی ساختمان

۱- شرایط آب و هوایی: فایل شرایط طرح (Design Day File) با پسوند ddy. و فایل شرایط آب و هوایی (Weather File) با پسوند epw. قابل دسترسی از وب‌سایت‌هایی مانند https://energyplus.net/weather یا قابل تولید با نرم‌افزارهایی مانند Meteronorm

۲- هندسه ساختمان: ساخت مدل در رابطه گرافیکی نرم‌افزار یا ورود آن از سایر نرم‌افزارها مانند SketchUp

۳- مصالح ساختمان: جداول مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان و جداول هندبوک ASHRAE Fundamentals

۴- بارهای داخلی: جداول مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان و کتاب HVAC Equations, Data, and Rule of Thumb نوشته A.A. Bell

۵- برنامه‌های زمان‌بندی: جداول مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

۶- سیستم تهویه مطبوع: اصلی‌ترین چالش در روند شبیه‌سازی به طور معمول مربوط به مدل‌سازی سیستم تهویه مطبوع است. به طور کلی در نرم‌افزارهای شبیه‌سازی سه روش به این منظور وجود دارد:

- Ideal air load
- Template models
- Detailed models

روش اول تنها به محاسبه نیاز گرمایی و سرمایی ساختمان می‌پردازد و عملکرد تأسیسات مکانیکی ساختمان را شامل نمی‌شود. از این روش در انجام شبیه‌سازی مورد نیاز برای روش نیاز انرژی استفاده می‌شود. داده‌های مورد نیاز و دقت نتایج بدست آمده از Template models به طور معمول برای اهداف روش کارآیی انرژی کافی است و نیازی به استفاده از Detailed models نیست. با این وجود، شبیه‌سازی برخی از سیستم‌های بومی مانند کولرهای آبی، نیازمند بکارگیری Detailed models است.

۷- تحلیل نتایج

در استخراج نتایج مربوط به مصرف انرژی دو مفهوم مورد استفاده قرار می‌گیرد:

۱- انرژی نهایی (Site Energy)

۲- انرژی اولیه (Source Energy)

انرژی نهایی مقدار انرژی الکتریکی و غیرالکتریکی به تفکیک حامل‌های انرژی است که در محل ساختمان مصرف می‌شود. در مقابل، انرژی اولیه مجموع مقدار انرژی الکتریکی و غیرالکتریکی با در نظر گرفتن بازده تولید و توزیع حامل‌های انرژی است که در محل تولید مصرف می‌شود. مطابق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، اگر بازده تولید و توزیع انرژی الکتریکی توسط وزارت نیرو اعلام نشود، مقدار آن ۳۰ درصد در نظر گرفته می‌شود. همچنین، در صورتی که بازده تولید و توزیع انرژی غیرالکتریکی توسط وزارت نفت اعلام نشود، مقدار آن برای گاز طبیعی ۱۰۰ درصد است.

در صورت استفاده از روش کارآیی انرژی به صورت قیاسی، از آنجا که قبول یا عدم قبول طرح به صورت مقایسه‌ای انجام می‌شود، هر یک از دو مفهوم قابل استفاده است. اما در صورت استفاده از معیار مصرف (جدول ۳)، حتماً باید انرژی اولیه مبنای بررسی طرح قرار گیرد. طبیعی است که مطابق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، رسیدن به رده ساختمان با مصرف انرژی نزدیک صفر (ECnZ) تنها از طریق ارزیابی معیار مصرف امکان‌پذیر است.

جدول۳- مقایسه روش‌های مختلف طراحی در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

کاربری	الف			ب یا ج		
درجه انرژی	زیاد	متوسط	کم	زیاد	متوسط	کم
نیاز غالب	گرمایی	سرمایی	گرمایی یا سرمایی	گرمایی	سرمایی	گرمایی یا سرمایی

EC	۳۲۰	۵۲۰	۲۹۰	۲۶۰	۱۸۰	۳۲۰	۱۶۰	۱۴۰
EC+	۲۰۰	۳۲۰	۱۸۰	۱۶۰	۱۲۰	۲۰۰	۱۰۰	۸۰
EC++	۱۵۰	۲۴۰	۱۳۰	۱۱۰	۹۰	۱۵۰	۸۰	۷۰
ECnZ	۵۰	۸۰	۴۵	۳۵	۳۰	۵۰	۲۵	۲۰

عنوان ارائه:

الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی در بخش تاسیسات مکانیکی

مازیار سلمان‌زاده

دکتری مهندسی مکانیک(گرایش تبدیل انرژی)

دانشیار گروه مهندسی مکانیک دانشگاه شهید باهنر کرمان– متخصص تهویه مطبوع و سیستم های انرژی– عضو کمیته تخصصی مباحث ۱۴ و ۱۹ مقررات ملی ساختمان

الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی در بخش تاسیسات مکانیکی

مازیار سلمان زاده

عضو هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک دانشگاه شهید باهنر کرمان
عضو کمیته های تخصصی مباحث ۱۴ و ۱۹

اسفند ۱۴۰۲

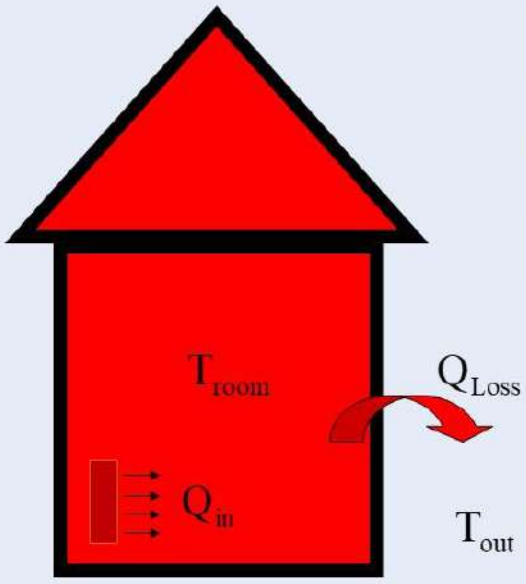
2

سرفصل مطالب

مفهوم بار گرمائی و ظرفیت سیستم گرم کننده
مفهوم بار سرمائی و ظرفیت سیستم سرد کننده
گرفتن انرژی از فضا و رساندن انرژی به فضا
اجزائ سیستم های تهویه مطبوع
نگاه جامع به اقدامات کلی برای کاهش مصرف انرژی
روش های طراحی در مبحث ۱۹
ضوابط اجباری
روش تجویزی
روش موازنه ای (کارکردی)
روش نیاز انرژی
روش کارائی انرژی ساختمان
جمع بندی

4

مفهوم بار گرمائی و ظرفیت سیستم گرم کننده



زمستان(گرم کردن) $T_{out} < T_{room}$

از دست دادن گرما (Heat Loss)

هدف : ثابت نگه داشتن

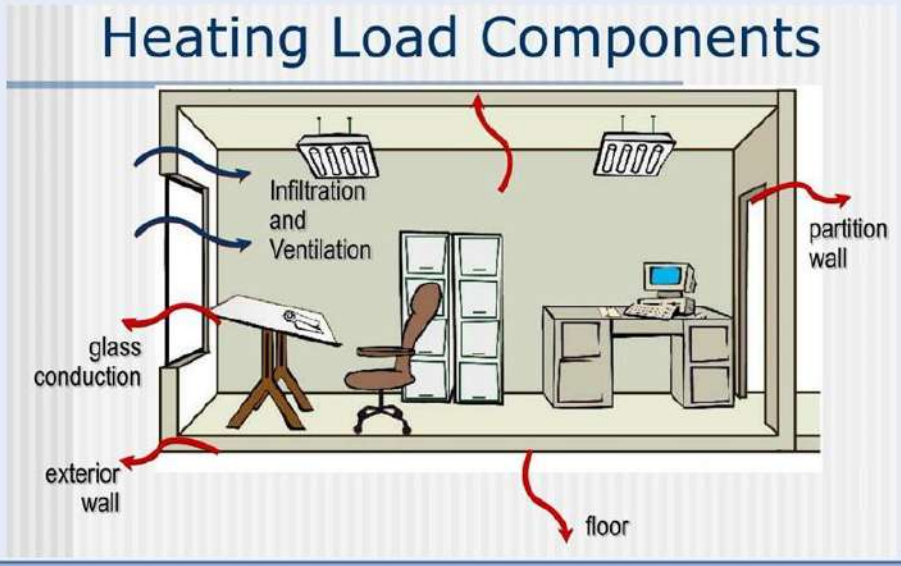
بار گرمائی (Heating Load)
اصل بقاء انرژی: $Q_{in} = Q_{loss}$

ظرفیت سیستم گرم کننده

5

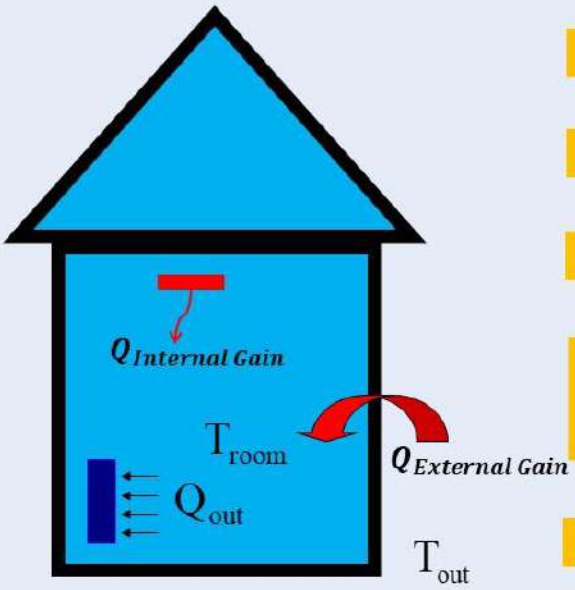
مفهوم بار گرمائی و ظرفیت سیستم گرم کننده

اجزای بار گرمائی (زمستان)



6

مفهوم بار سرمائی و ظرفیت سیستم سرد کننده

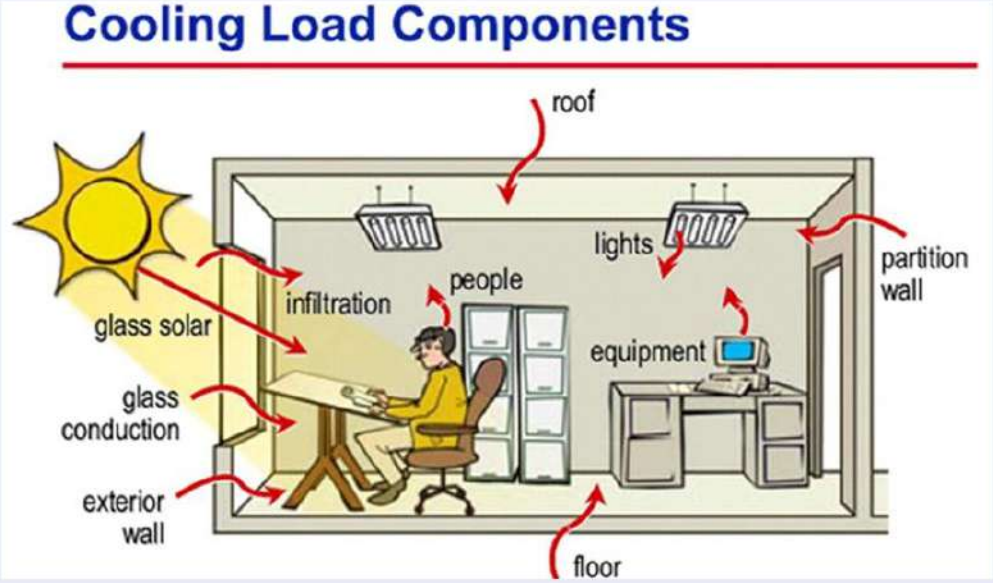


- $T_{out} > T_{room}$ (سرد کردن) تابستان
- کسب گرما (Heat Gain)
- هدف : ثابت نگه داشتن T_{room}
- بار سرمائی (Cooling Load) اصل بقاء انرژی
  $Q_{out} = Q_{Gain}$
- ظرفیت سیستم سرد کننده

7

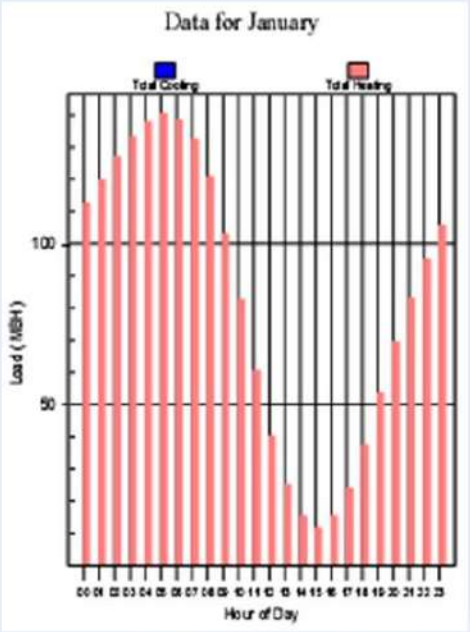
مفهوم بار سرمائی و ظرفیت سیستم سرد کننده

اجزای بار سرمائی (تابستان)



8

مفهوم بار گرمائی و ظرفیت سیستم گرم کننده

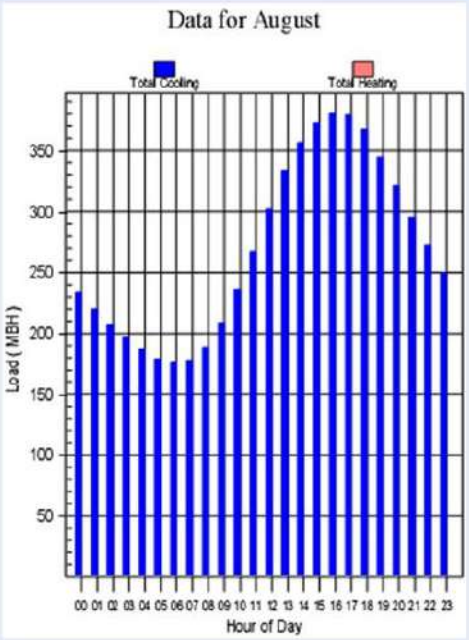


تغییر نیاز ساختمان برای
کسب حرارت در زمستان

تقاضا برای انرژی در مدت یک شبانه روز برای یک ساختمان نمونه، در زمستان در کرمان

9

مفهوم بار سرمائی و ظرفیت سیستم سرد کننده

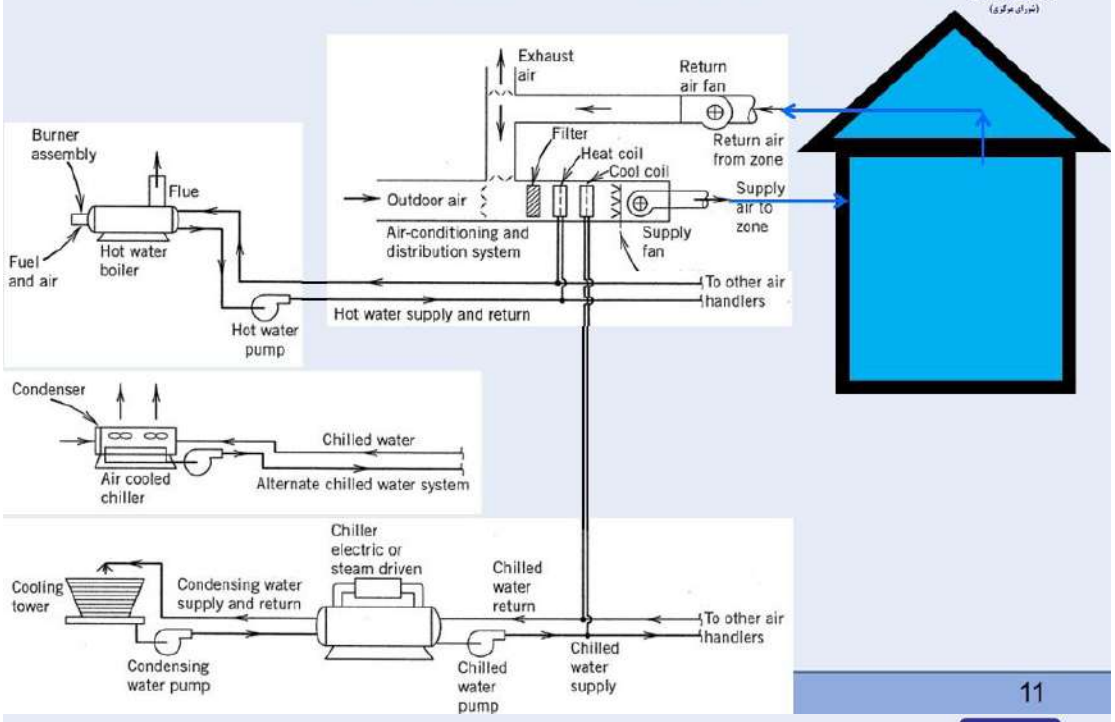


تغییر نیاز ساختمان برای دفع
حرارت در تابستان

تقاضا برای انرژی در مدت یک شبانه روز برای یک ساختمان نمونه، در تابستان در کرمان

10

گرفتن انرژی از فضا و رساندن انرژی به فضا



11

اجزائ سیستمهای تهویه مطبوع

اجزائ یک سیستم تهویه مطبوع در یکی از چهار دسته زیر قرار می گیرند:

۱- منبع (Source)
سرد کردن و گرم کردن اولیه در موتورخانه را تامین می کنند. شامل چیلر ها، برجهای خنک کننده، بویلر ها و اجزائ مشابه می باشند.

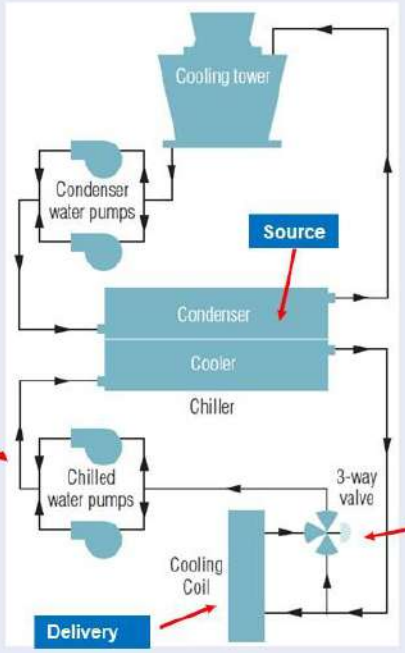
۲- توزیع (Distribution)
رابط بین موتورخانه و فضاهای ساختمان می باشند و آثار گرمائی و سرمائی ایجاد شده در موتورخانه را به فضاها انتقال می دهند. شامل سیستم های کانال کشی و لوله کشی ، فن ها و پمپها می باشند.

۳- تحویل (Delivery)
آثار گرمائی و سرمائی را از سیستم توزیع به فضاها تحویل می دهند. شامل دریچه ها، رادیاتورها، فن کویلها و سایر وسائل پایانه ای (terminal devices) می باشند.

۴- المان کنترلی (Control element)
عملکرد تجهیزات و سیستم را با توجه به نیاز و به منظور تامین آسایش و راندمان انرژی تنظیم می کنند. ظرفیت سیستم متناسب با نیاز تنظیم می شود.

12

اجزائ سیستمهای تهویه مطبوع



اجزائ اصلی یک سیستم آبی
به عنوان نمونه

13

نگاه جامع به اقدامات کلی برای کاهش مصرف انرژی

۱/ نیاز فضا به دریافت حرارت در زمستان از سیستم گرم کننده را کم کنیم و به حداقل برسانیم.

۲/ نیاز فضا به دفع حرارت در تابستان به وسیله سیستم سرد کننده را کم کنیم و به حداقل برسانیم.

۳/ انرژی مصرفی سیستم توزیع و جمع آوری انرژی را به حداقل برسانیم. تجهیزاتی که باید این انرژی را به فضا برسانند یا از فضا بگیرند دارای راندمان بالا باشند. مانند پمپها، فن ها، کمپرسورهای سپلیت یونیت ها و ... . از سیستمهای آبی و هوائی گذر متغیر استفاده شود. لوله ها و کانالهای انتقال سیال حمال انرژی عایقکاری شوند.

۴/ تجهیزاتی که در موتورخانه از سوخت انرژی را به آب می دهند یا از آب می گیرند دارای راندمان بالا باشند. مانند دیگ های آب گرم و چیلر ها.

۵/ ظرفیت تجهیز گرم کننده و سرد کننده در فضا و در موتورخانه به تناسب نیاز فضا در ساعات مختلف شبانه روز تغییر نماید.

۶/ .....

خلاصه اینکه: نیازمند استفاده از متخصص برای طراحی، ساخت و بهره برداری ساختمان هستیم!

14

روشهای طراحی در مبحث ۱۹

۱۹-۱ کلیات

۱۹-۱-۱ دامنه کاربرد

۱۹-۱-۲ میزان کارایی انرژی ساختمان‌ها

در این مبحث، سه حد کیفیت (رده انرژی) ساختمان، با تعیین میزان کارایی انرژی، تعریف می‌شود:

- ساختمان منطبق با مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان (EC)
- ساختمان کم‌انرژی (EC+)
- ساختمان بسیار کم‌انرژی (EC++)

EC: Energy Compliant

علاوه بر رده‌های انرژی فوق،
ساختمان‌های ویژه‌ای را نیز می‌توان طراحی کرد که دارای مصرف انرژی نزدیک به صفر هستند.

15

روشهای طراحی در مبحث ۱۹

۱۹-۳-۲ روش‌های مختلف طراحی و به‌کارگیری نرم‌افزارهای در هماهنگی با مقررات

رعایت مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان به چهار روش مختلف ذکر شده در ۱۹-۳-۲-۱ امکان‌پذیر است.

در این مبحث، علاوه بر ضوابطی که لازم است در تمامی شرایط رعایت گردد (موارد فصل ۱۹-۴)، چهار روش طراحی نیز مطرح شده‌است (بند ۱۹-۳-۲-۱ و فصل‌های ۱۹-۵ تا ۱۹-۸)، که باید طراحی انرژی ساختمان‌های تعیین‌شده در بخش ۱۹-۱-۱ با استفاده از یکی از این چهار روش صورت گیرد.

16

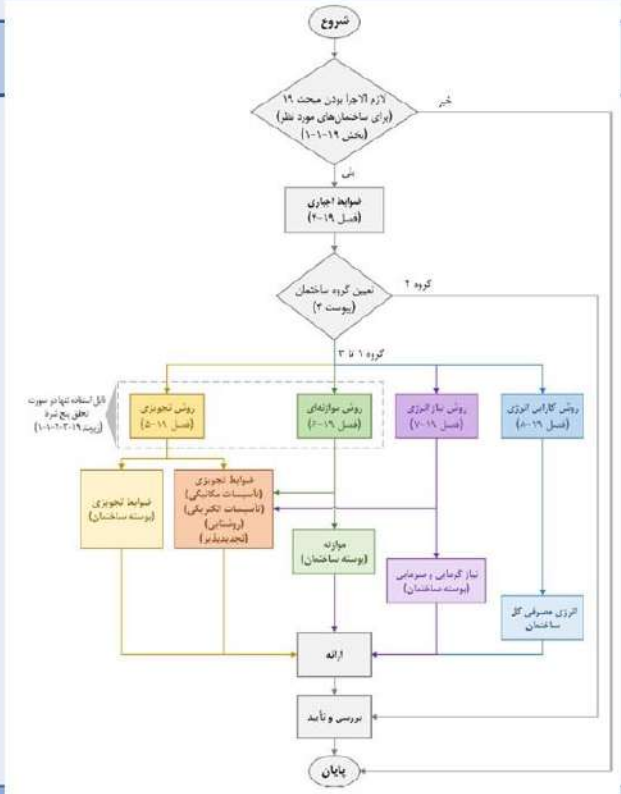
روشهای طراحی در مبحث ۱۹

۱۹-۳-۲-۱ روش‌های طراحی

- روش تجویزی مطابق فصل ۱۹-۵
- روش موازنه‌ای (کارکردی)، مطابق فصل ۱۹-۶
- روش نیاز انرژی ساختمان، مطابق فصل ۱۹-۷
- روش کارایی انرژی ساختمان، مطابق فصل ۱۹-۸

روش‌های تجویزی، موازنه‌ای و نیاز انرژی به‌گونه‌ای در نظر گرفته شده‌اند که فرایند طراحی پوسته خارجی، تأسیسات مکانیکی و الکتریکی مستقل از یکدیگر باشد. بر خلاف این سه روش، روش کارایی انرژی ساختمان مستلزم انجام طراحی به‌صورت یکپارچه و تلفیقی است. در شکل ۱۹-۳-۱ نمودار مراحل مختلف طراحی در چهار روش ارائه شده در این مبحث نشان داده شده است.

17



شکل ۱۹-۳-۱ نمودار مراحل طراحی در چهار روش مختلف ارائه شده در این مبحث

18

روشهای طراحی در مبحث ۱۹

روش تجویزی

یکی از چهار روش طراحی تعیین‌شده در این مبحث (فصل ۱۹-۵)، که در آن مشخصات عناصر مختلف پوسته خارجی ساختمان، سیستم‌ها و تجهیزات مورد استفاده در تأسیسات مکانیکی و برقی، روشنایی و تهویه طبیعی، و همچنین سیستم‌های بر پایه انرژی‌های تجدیدپذیر، به‌صورت تفکیکی و مستقل از یکدیگر، تعیین می‌گردد.

محدودیت‌های کاربرد این روش در بخش ۱۹-۳-۲-۱-۱ ارائه شده‌است.

19

روشهای طراحی در مبحث ۱۹

روش موازنه‌ای (کارکردی)

یکی از چهار روش طراحی تعیین‌شده در این مبحث (فصل ۱۹-۶)، که در آن تأثیر متقابل عناصر مختلف پوسته خارجی ساختمان بر ضریب انتقال حرارت ساختمان مد نظر قرار می‌گیرد. در نتیجه، ضعف یکی از عناصر ساختمانی را می‌توان توسط یک یا چند عنصر ساختمانی دیگر با مشخصات برتر جبران نمود، تا ضریب انتقال حرارت کل یا بخشی از ساختمان از ضریب انتقال حرارت ساختمان مرجع کمتر باشد.

محدودیت‌های کاربرد این روش در بخش ۱۹-۳-۲-۱-۱ ارائه شده‌است.

20

روشهای طراحی در مبحث ۱۹

روش نیاز انرژی

یکی از چهار روش طراحی تعیین‌شده در این مبحث (فصل ۱۹-۷)، که در آن، علاوه بر در نظر گرفتن میزان انتقال حرارت ساختمان، که در روش موازنه‌ای انجام می‌گیرد، کاهش یا افزایش نیاز انرژی ناشی از نحوه بهره‌برداری، تابش خورشید، استفاده از سیستم‌های شیشه‌ای کارآمد و سیستم‌های غیرفعال خورشیدی نیز در محاسبات لحاظ می‌شود.

21

روشهای طراحی در مبحث ۱۹

روش کارایی انرژی ساختمان

یکی از چهار روش طراحی تعیین‌شده در این مبحث (فصل ۱۹-۸)، که در آن، کل انرژی مصرفی سالانه مبنا قرار می‌گیرد. در نتیجه، لازم است طراحی پوسته خارجی، تأسیسات مکانیکی و الکتریکی و همچنین سیستم‌های تجدیذیر به گونه‌ای صورت گیرد که میزان انرژی مصرفی سالانه ساختمان از میزان محاسبه‌شده برای ساختمان مرجع کمتر باشد.

22

روشهای طراحی در مبحث ۱۹

برای کنترل رعایت مبحث ۱۹ مقررات ملی در انواع ساختمان‌ها، در تمامی موارد می‌توان از روش‌های نیاز انرژی و کارایی انرژی ساختمان بهره گرفت، اما برای استفاده از روش‌های تجویزی و موازنه‌ای محدودیت‌هایی به شرح زیر وجود دارد:

۱۹-۳-۲-۱-۱ شرایط لازم برای استفاده از روش‌های تجویزی و موازنه‌ای (کارکردی)

استفاده از روش‌های تجویزی و موازنه‌ای (کارکردی)تنها در صورت تحقق پنج شرط زیر (به‌صورت هم‌زمان) مجاز است.

الف) نسبت سطح جدارهای نورگذر به سطح نما (برای هر یک از نماهای ساختمان) کم‌تر از ۴۰ درصد باشد؛

ب) زیربنای مفید ساختمان کمتر یا مساوی ۲۰۰۰ مترمربع باشد؛

پ) تعداد طبقات (بدون احتساب طبقات مربوط به فضاهای کنترل‌نشده نظیر پارکینگ و انبار) کمتر یا مساوی ۹ طبقه باشد؛

ت) اینرسی حرارتی ساختمان (مطابق پیوست ۲) متوسط یا زیاد باشد؛

ث) ممنوعیت و محدودیتی در دستورالعمل‌ها و بخش‌نامه‌های صادر شده توسط وزارت راه‌وشهرسازی، با توجه به محل قرارگیری ساختمان (استان، شهر، ...) و مشخصات آن (تعداد طبقات، انبار، کاربری، ...)، در این خصوص، وجود نداشته باشد.

23

۱۹-۴ ضوابط اجباری

رعایت ضوابط تعیین‌شده در این فصل در تمامی موارد و تمامی روش‌های طراحی، الزامی است.

برای ساختمان‌های گروه ۱ تا ۳ (مطابق پیوست ۴مبحث)، منطبق با مقررات، ضوابط دیگری نیز باید رعایت شود که در فصول ۱۹-۵ تا ۱۹-۸، برای روش‌های مختلف طراحی ارائه گردیده‌است.

۱۹-۴-۳ تأسیسات مکانیکی

علاوه بر رعایت الزامات مبحث چهاردهم مقررات ملی ساختمان، باید الزامات مندرج در این بخش نیز، برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی در تأسیسات مکانیکی، در تمامی ساختمان‌ها رعایت شود.

24

۱۹-۴ ضوابط اجباری

۱۹-۴-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۴-۳-۱ تفکیک سیستم‌های گرم‌کننده و سردکننده فضاهای با نحوه بهره‌برداری متفاوت

درصورتی‌که از قسمتی از فضاهای ساختمانی غیرمسکونی با بهره‌برداری منقطع، به‌صورت مداوم استفاده شود، باید سیستم های گرم‌کننده و سردکننده این فضاها از سیستم مرکزی تفکیک و به‌صورت مستقل در نظر گرفته شود.

- استفادهٔ منقطع: استفاده از ساختمان (یا بخشی از آن)، به گونه‌ای که در هر شبانه‌روز، دست‌کم ده ساعت در روند استفاده وقفه بیفتد و بتوان کنترل دما در محدودهٔ متعارف زمان اشغال فضاها را متوقف کرد. (صفحه۲۰)

25

۱۹-۴ ضوابط اجباری

۱۹-۴-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۴-۳-۲ عایق‌کاری حرارتی

عایق‌کاری حرارتی تمامی لوله‌ها و مخازن آب گرم و سرد و لوله‌های حاوی مبرد باید با استفاده از عایق‌های حرارتی دارای مهر استاندارد و یا گواهی‌نامه فنی معتبر، عایق‌کاری شوند.

۱۹-۴-۳-۲-۱ عایق‌کاری حرارتی لوله و مخزن

الف)مقاومت حرارتی تمام لوله‌ها و مخازن مورد استفاده در سیستم‌های سرمایی و گرمایی باید در هماهنگی با مقادیر تعیین‌شده در مبحث ۱۴ مقررات ملی باشد.

برای تضمین حداقل ضخامت مفید عایق حرارتی، استفاده از عایق‌های حرارتی پیش‌ساخته توصیه می‌شود.

26

۱۹-۴ ضوابط اجباری

۱۹-۴-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۴-۳-۲ عایق‌کاری حرارتی

۱۹-۴-۳-۲-۱ عایق‌کاری حرارتی لوله و مخزن

ب) در سیستم‌های آب گرم مصرفی، تمام لوله‌های رفت‌وبرگشت باید مطابق با مقدار مشخص شده در مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان عایق‌کاری حرارتی گردد.

پ) در صورت عبور لوله‌های آب سرد یا مبرد از محیط‌های گرم، و وجود خطر گرم‌شدن آب سرد یا مبرد، لازم است عایق‌کاری حرارتی این بخش از مدار با عایق حرارتی با مقاومت حرارتی کافی صورت گیرد، تا خطر میعان سطحی بر روی عایق مرتفع گردد.

ت) مقاومت حرارتی مخزن‌ها در سیستم‌های سرمایی و گرمایی باید بیش از مقاومت‌های تعیین‌شده برای بالاترین قطر لوله‌های مرتبط با مخزن در شرایط مشابه باشد.

27

۱۹-۴ ضوابط اجباری

۱۹-۴-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۴-۳-۲ عایق‌کاری حرارتی

۱۹-۴-۳-۲-۲ عایق‌کاری حرارتی کانال

مقاومت حرارتی تمام کانال‌های واقع در فضای داخلی، خارجی و کنترل‌نشده باید در هماهنگی با مقادیر تعیین‌شده در مبحث ۱۴ مقررات ملی باشد.

تبصره: در مورد کانال‌های کولر آبی، لازم است تنها قسمت‌هایی از کانال‌ها، که در تماس با فضای خارجی هستند، عایق‌کاری حرارتی شوند.

28

۱۹-۴ ضوابط اجباری

۱۹-۴-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۴-۳-۳ حداقل بازدهی تجهیزات

الف) تجهیزات تأمین نیازهای سرمایی و گرمایی، تهویه و آب گرم مصرفی باید دارای برچسب انرژی با حداقل رده انرژی طبق جدول ۱۹-۴- ۵ و جدول ۱۹-۴- ۶ باشند.

ب) راندمان تجهیزاتی که برای آن‌ها برچسب انرژی در نظر گرفته نشده‌است، باید توسط نهادهای دارای صلاحیت قانونی صحه‌گذاری شود و از مقادیر درج شده در جدول ۱۹-۴- ۷ بیشتر باشد.

29

۱۹-۴ ضوابط اجباری

۱۹-۴-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۴-۳-۳ حداقل بازدهی تجهیزات

جدول ۱۹-۴- ۵ حداقل رده برچسب انرژی یا راندمان برای تجهیزات گازسوز *

محصول	شماره استاندارد ملی	ساختمان منطبق با مبحث ۱۹ (EC)	ساختمان کم‌انرژی (EC+)	ساختمان بسیار کم‌انرژی (EC++)
آب‌گرم‌کن گازسوز مخزن‌دار	۱۲۱۹-۲	E	D	D
آب‌گرم‌کن گازسوز فوری	۱۸۲۸-۲	D	C	B
رادیانور گرمایی	۱۴۷۳۵	C	B	A
پکیج	۱۴۶۲۹	C	B	A
پکیج چگالشی	۱۴۶۲۹	A	A+	A++
بخاری گازسوز دودکش‌دار	۱۲۲۰-۲	E	D	C
بخاری گازسوز بدون دودکش	۷۲۶۸-۲	٪ ۸۰	٪ ۸۵	٪۹۰
بخاری‌های گازسوز مستقل نوع C		C	B	A
دیگ بخار	AI-۱۳۷۸۲	۷۸٪	۸۱٪	۸۲٪
دیگ و مشعل	۱۴۷۶۳	F	E	D

* توضیح: کلیه رده‌های انرژی برچسب جدول فوق مطابق با استانداردهای مربوطه در پیوست ۱۳ می‌باشد.

30

۱۹-۴ ضوابط اجباری

۱۹-۴-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۴-۳-۳ حداقل بازدهی تجهیزات

جدول ۱۹-۴-۶ حداقل رده برچسب انرژی برای تجهیزات برقی *

محصول	شماره استاندارد ملی	ساختمان منطبق با مبحث ۱۹ (EC)	ساختمان کم‌انرژی (EC+)	ساختمان بسیار کم‌انرژی (EC++)
آب‌گرم‌کن برقی مخزن‌دار	۱۵۶۳-۲	D	C	B
الکتروموتور (تک‌فاز و سه‌فاز)	۳۷۷۲-۳۰-۱-۱ ۳۷۷۲-۳۰-۱-۲ ۳۷۷۲-۳۰-۱-۳	C	B	A
فن (دمنده و مکنده)	۱۰۶۳۴	C	B	A
بخاری برقی	۷۲۴۲-۲	A	A	A
کولر آبی	۴۹۱۰-۳	F	D	A
کولر گازی (پنجره‌ای) یا پمپ گرمایی دوتکه (بدون کانال)	۳-۶-۱۶ و ۱۰۶۳۸	B	A	A
هواساز (هوارسان)	۱۱۵۷۴	B	A	A
پکیج تهویه مطبوع	۱۰۳۰۶	B	A	A
گرم‌کن برقی (محیط)	۳۰۷۳۴۲	A	A	A
گرم‌کن صنعتی (محیط)		A	A	A
فن کویل (زمینی، سقفی، کانالی)	۱۰۶۳۶	B	A	A
برج خنک‌کن	۱۰۶۳۵	C	B	A
چیلر تراکمی آبی	۳-۳۶۷۸			
چیلر تراکمی هوایی	۳۶۷۸			
پمپ (گریز از مرکز، مختلط، محوری)	۷۸۱۷-۲	B	A	A
لامپ الکتریکی	۷۲۴۱	A	A'	A++
بالاست لامپ الکتریکی	۱۰۷۵۹	A2	A1	A1

* توضیح: کلیه رده‌های انرژی برچسب جدول فوق مطابق با استانداردهای مربوطه در پیوست ۱۳ می‌باشد.

۱۹-۴ ضوابط اجباری

۱۹-۴-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۴-۳-۳ حداقل بازدهی تجهیزات

جدول ۱۹-۴-۷ حداقل بازدهی برای تجهیزات در سیستم گرمایی و سرمایی

دستگاه	شاخص بازدهی	بازدهی تجهیزات: ساختمان منطبق با مبحث ۱۹ (EC)	ساختمان کم‌انرژی (EC+)	ساختمان بسیار کم‌انرژی (EC++)
چیلر آب خنک*	(۱) IPLV	۳۵	۴۳	۵۵
	(۲) COP	۲۸	۳۵	۴۷
چیلر هوا خنک*	(۱) IPLV	۳۰	۳۵	غیر مجاز
	(۲) COP	۲۷	۳۰	غیر مجاز
چیلر جذبی	(۲) COP	۰۹	۱۳	۱۷
بویلر چگالشی	(۳)	٪ ۹۰	٪ ۹۵	٪ ۹۸
بویلر غیرچگالشی	(۳)	٪ ۸۰	٪ ۸۵	غیر مجاز

* در مورد چیلر، هر دو معیار IPLV و COP باید به‌صورت هم‌زمان از مقادیر جدول بیشتر باشد.

(۱) عملکرد در بار جزئی — IPLV : Integrated Part Load Value
(۲) ضریب عملکرد — COP : Coefficient of Performance
(۳) بازدهی بر اساس ارزش حرارتی خالص

۱۹-۴ ضوابط اجباری

۱۹-۴-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۴-۳-۳ حداقل بازدهی تجهیزات

(۱) عملکرد در بار جزئی — IPLV : Integrated Part Load Value

(۲) ضریب عملکرد — COP : Coefficient of Performance

(۳) بازدهی بر اساس ارزش حرارتی خالص

ارزش حرارتی پایین (یا خالص)

مقدار حرارت (مگاژول) حاصل از احتراق یک واحد حجم (متر مکعب گاز خشک) یا یک واحد جرم (کیلوگرم) سوخت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و در فشار ۱٫۰۱۳ بار، در صورتی که دمای گازهای ناشی از احتراق ۱۵۰ درجه سلسیوس باشد. در ارزش حرارتی خالص انرژی نهان بخار آب در نظر گرفته نمی‌شود.

33

۱۹-۴ ضوابط اجباری

۱۹-۴-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۴-۳-۴ شرایط طرح داخل

الف) برای محاسبه بارهای حداکثر گرمایی و سرمایی ساختمان، باید دمای حداکثر ۲۲ درجه سلسیوس برای محاسبهٔ بار گرمایی (اوقات سرد سال)، و دمای حداقل ۲۴ درجه سلسیوس برای محاسبهٔ بار سرمایی (اوقات گرم سال) در نظر گرفته شود.

ب)در صورتی که برای فضاهای با کاربری و شرایط خاص، نظیر سردخانه، تامین دماهای متفاوتی مورد نیاز باشد، طراح باید مستندات لازم برای تغییر شرایط طرح داخل را ارائه نماید.

34

۱۹-۴ ضوابط اجباری

۱۹-۴-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۴-۳-۵ تأمین هوای تازه

الف) حداکثر میزان هوای تازه تهویهٔ مکانیکی نباید از ۱۲۰ درصد حداقل میزان تعیین‌شده در مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان بیشتر باشد.

ب) درصورتی‌که از سیستم‌های بازیافت انرژی از هوای خروجی استفاده شود، امکان افزایش میزان تهویه وجود دارد، ولی در هر صورت، میزان انرژی مصرفی برای تهویه و تأمین هوای تازه نباید از انرژی مصرفی در حالت بدون سیستم بازیافت تعیین شده در بند الف بیشتر باشد.

پ) در اوقات گذر فصلی، که سیستم‌های گرمایی و سرمایی خاموش هستند، محدودیتی برای میزان هوای تازه وجود ندارد.

35

۱۹-۴ ضوابط اجباری

۱۹-۴-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۴-۳-۶ سامانه‌های کنترل و برنامه‌ریزی

الف) هر پایانه سیستم گرم‌کننده و یا سردکننده، نظیر رادیاتور، فن کویل، مدار گرم‌کننده و یا سردکننده کف یا سقف، باید مجهز به یک سیستم کنترل ترموستاتیک باشد.

ب) هر سیستم هوارسانی سردکننده و یا گرم کننده تمام‌هوا باید مجهز به سیستم کنترل دمای هوای داخل باشد.

پ) هر نوع سیستم گرم‌کننده و یا سردکننده غیر مرکزی و مستقل، مانند بخاری گازی، بخاری برقی،کولر آبی و کولر گازی باید مجهز به سیستم‌کنترل دمای هوای اتاق باشد.

ت) تجهیزات رطوبت‌زنی، که به‌منظور کنترل رطوبت نسبی هوای داخل نصب می‌شوند، باید به سیستم کنترل رطوبت هوای داخل ساختمان مجهز باشند.

36

۱۹-۴ ضوابط اجباری

۱۹-۴-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۴-۳-۶ سامانه‌های کنترل و برنامه‌ریزی

ث) تجهیزات تأمین کننده آب‌سرد و آب‌گرم سیستم‌های سردکننده و گرم‌کننده آبی باید مجهز به سیستم‌های کنترل دمای آب رفت مدارهای سردکننده و گرم‌کننده باشند.

ج) تجهیزات سیستم تأمین آب‌گرم مصرفی باید به سیستم کنترل دمای مستقل مجهز باشند. طراحی سیستم آب‌گرم مصرفی باید بر اساس ضوابط مباحث ۱۴ و ۱۶ مقررات ملی‌ساختمان انجام شود. دمای آب‌گرم مصرفی نباید بیش از ۶۰ درجه سلسیوس باشد.

چ) مدار برگشت آب‌گرم مصرفی باید مجهز به سیستمی باشد که کارکرد پمپ برگشت آب گرم مصرفی را، بر اساس دمای آب برگشتی، کنترل کند.

37

۱۹-۴ ضوابط اجباری

۱۹-۴-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۴-۳-۶ سامانه‌های کنترل و برنامه‌ریزی

ح) سیستم‌های مکانیکی تهویه و تأمین هوای تازه باید به کلید روشن-خاموش مجهز باشند، تا امکان خاموش کردن آنها، در مواقع عدم حضور ساکنین، بهره‌برداران و عوامل آلاینده‌کننده هوای داخل ساختمان، که نیازی به تأمین هوای تازه نیست، فراهم شود.
در صورتی که برای این منظور سامانه کنترلی در نظر گرفته شده‌باشد، نیازی به کلید روشن-خاموش نخواهد بود.

خ) سیستم‌های تخلیه هوا از ساختمان باید به کلید روشن-خاموش تجهیز شوند، تا در شرایط غیرکاری ساختمان و هنگامی‌که نیازی به تخلیه هوا نیست خاموش شوند، مگر آنکه مجهز به سامانه کنترل خودکار باشند.

38

۱۹-۴ ضوابط اجباری

۱۹-۴-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۴-۳-۶ سامانه‌های کنترل و برنامه‌ریزی

د) در ساختمان‌های با کاربری عمومی، روشویی‌ها باید دارای شیرهای قطع‌کن اتوماتیک فنری یا شیرهای دارای چشم الکترونیکی یا نظایر آن باشند.

ذ) برای همهٔ ساختمان‌های عمومی گروه ۱ و ۲ از نظر میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی، با سیستم گرمایی و سرمایی مرکزی، در نظر گرفتن سیستم کنترل و برنامه‌ریزی روزانه و هفتگی کارکرد تجهیزات مرکزی الزامی است.

۱۹-۴ ضوابط اجباری

۱۹-۴-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۴-۳-۷ سامانه‌های پایش عملکرد

الف) در ساختمان‌های عمومی گروه ۱ و ۲ از نظر میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی، که سیستم گرمایی و سرمایی مرکزی دارند، لازم است برای هر یک از واحدها یا بخش‌های مستقل ساختمان، سامانه‌های اندازه‌گیری مصرف انرژی نصب گردد، تا اثر تدابیر به‌کار برده‌شده، برای کاهش مصرف انرژی در هر واحد یا هر بخش مستقل ساختمان، جداگانه محاسبه و عاید همان واحد یا بخش ساختمان گردد.

ب) در واحدها یا بخش‌های مستقل ساختمان، که آب گرم مصرفی آن‌ها با یک سیستم مشترک تأمین می‌شود، لازم است که تدابیر لازم جهت تفکیک مصارف آب‌گرم مصرفی به‌کار برده شود، تا اثر تدابیر به‌کار برده‌شده برای کاهش مصرف و صرفه‌جویی هر واحد یا بخش مستقل ساختمان به‌صورت جداگانه محاسبه و عاید همان واحد یا بخش گردد.

۱۹-۴ ضوابط اجباری

۱۹-۴-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۴-۳-۸ استخر آب‌گرم

در استخرهای واقع در هوای آزاد، در صورت استفاده از آب‌گرم، استفاده از پوشش مناسب، که تبادل حرارت آب را محدود و از تبخیر آن جلوگیری کند، الزامی است. این پوشش باید مقاومت حرارتی بیش از ۰٫۵ [m^2.K/W] و گسیلندگی سطح در تماس با هوای کمتر از ۰/۲ داشته باشد.

علاوه بر این، لازم است در این نوع استخرها تمهیدات لازم در نظر گرفته شود تا آب استخر از ۲۸ درجه سلسیوس بیشتر نشود.

یادآوری: جکوزی‌ها و استخرهای درمانی از این امر مستثنی هستند.

41

۱۹-۴ ضوابط اجباری

۱۹-۴-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۴-۳-۹ انتخاب و نصب تجهیزات مناسب

الف) لازم است با در نظر گرفتن شیرهای بالانس و دیگر امکانات مورد نیاز، امکان متعادل کردن هیدرولیکی ادواری مدارهای توزیع سیستم‌های گرمایی و سرمایی فراهم گردد.

ب) نصب یک سیستم سایه‌اندازی مناسب برای کولر آبی و کندانسور هواخنک الزامیست.

پ) برای اختلاط آب گرم و سرد در آشپزخانه، سرویس بهداشتی و حمام، باید از شیرهای مخلوط اهرمی استفاده شود.

42

۱۹-۵ روش تجویزی

۱۹-۵-۳ تاسیسات مکانیکی

در صورت طراحی به روش تجویزی، علاوه بر الزامات بخش ۱۹-۴-۳، ضروری است ضوابط بند ۱۹-۵-۳ نیز رعایت گردد.

۱۹-۵-۳-۱ عایق‌کاری حرارتی

تمامی لوله‌های آب گرم در سیستم آب‌گرم مصرفی، علاوه بر رعایت ضوابط بند ۱۹-۴-۳-۲ باید طبق ضوابط زیربند ۱۹-۵-۳-۱-۱ و تمامی کانال‌های انتقال هوا در سیستم‌های گرمایی و سرمایی طبق ضوابط زیربند ۱۹-۵-۳-۱-۲ عایق‌کاری حرارتی شوند.

43

۱۹-۵ روش تجویزی

۱۹-۵-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۵-۳-۱ عایق‌کاری حرارتی

۱۹-۵-۳-۱-۱ عایق‌کاری حرارتی لوله و مخزن

در سیستم‌های آب گرم مصرفی، تمام لوله‌های رفت‌وبرگشت باید مطابق جدول ۱۹-۵- ۲۰ بر اساس هر یک از رده‌های انرژی ساختمان عایق‌کاری حرارتی شوند.

جدول ۱۹-۵- ۲۰ حداقل مقاومت حرارتی عایق لوله آب گرم مصرفی [$m^2.K/W$]

رده انرژی	قطر نامی لوله	
	کمتر از ۳۲ میلی‌متر	۳۲ میلی‌متر و بیشتر
ساختمان منطبق با مبحث ۱۹ (EC)	مطابق با مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان	مطابق با مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان
ساختمان کم‌انرژی (EC+)	۰/۸۰	۱/۳۰
ساختمان بسیار کم‌انرژی (EC++)	۱/۱۵	۱/۸۵

44

۱۹-۵ روش تجویزی

۱۹-۵-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۵-۳-۱ عایق‌کاری حرارتی

۱۹-۵-۳-۱-۱ عایق‌کاری حرارتی لوله و مخزن

برای تعیین مقاومت حرارتی حداقل تمامی لوله‌ها (به استثنای لوله‌های سیستم‌های آب گرم مصرفی) و مخازن سیستم‌های گرمایی و سرمایی واقع در فضای داخلی، خارجی و یا کنترل‌نشده، لازم است به مقاومت حرارتی حداقل تعیین‌شده در مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان ($R_{۱۴}$)، بسته به رده انرژی ساختمان، ضریب افزایشی برابر با مقدار تعیین‌شده در جدول ۱۹-۵- ۲۱ اعمال شود.

۱۹-۵ روش تجویزی

۱۹-۵-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۵-۳-۱ عایق‌کاری حرارتی

۱۹-۵-۳-۱-۱ عایق‌کاری حرارتی لوله و مخزن

جدول ۱۹-۵- ۲۱ ضریب افزایش مقاومت حداقل تعیین‌شده در مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان ($R_{۱۲}$)

رده انرژی	لوله یا مخزن یا کانال واقع در	
	فضای خارجی یا کنترل‌نشده	فضای داخلی*
ساختمان منطبق با مبحث ۱۹ (EC)	۱٫۰۰	۱٫۰۰
ساختمان کم‌انرژی (EC+)	۱٫۶۰	۱٫۴۰
ساختمان بسیار کم‌انرژی (EC++)	۲٫۵۰	۲٫۰۰
* لازم است دو متر قبل و بعد از قسمتی از لوله یا کانال، که در معرض فضای خارجی یا کنترل نشده قرار دارد، مشابه بخش در معرض فضای خارجی یا کنترل‌نشده عایق‌کاری حرارتی شود.		

۱۹-۵ روش تجویزی

۱۹-۵-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۵-۳-۱ عایق‌کاری حرارتی

۱۹-۵-۳-۱-۲ عایق‌کاری حرارتی کانال‌ها

برای تعیین مقاومت حرارتی حداقل تمامی کانال‌های فضای داخلی، خارجی و کنترل‌نشده لازم است به مقاومت حرارتی حداقل تعیین‌شده در مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان ($R_{۱۴}$)، بسته به رده انرژی ساختمان، ضریب افزایشی برابر با مقدار تعیین‌شده در جدول ۱۹-۵- ۲۱ اعمال شود.

۱۹-۵ روش تجویزی

۱۹-۵-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۵-۳-۲ بازیافت انرژی

۱۹-۵-۳-۲-۱ بازیافت انرژی در سیستم‌های هوارسان

در ساختمان‌های با رده کم‌انرژی (EC+) و بسیار کم‌انرژی (EC++)، در صورت استفاده از سیستم هوارسان، لازم است موارد زیر، برای بازیافت انرژی، مورد رعایت قرار گیرد:

الف) استفاده از سامانه‌های بازیافت انرژی در سیستم‌های سرمایی مناطق گرم (با نیاز سرمایی غالب طبق پیوست ۳) و سیستم‌های گرمایی مناطق سرد (با نیاز گرمایی غالب طبق پیوست ۳)، در صورتی که دبی کل دستگاه از مقادیر جدول ۱۹-۵- ۲۲ و جدول ۱۹-۵- ۲۳ بیشتر باشد الزامی است.

۱۹-۵ روش تجویزی

۱۹-۵-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۵-۳-۲ بازیافت انرژی

۱۹-۵-۳-۲-۱ بازیافت انرژی در سیستم‌های هوارسان

جدول ۱۹-۵- ۲۲ حداکثر دبی تهویه* قابل قبول ، بر حسب l/s (و ft^3/min)، در حالت عدم استفاده از بازیافت انرژی
(در صورت کارکرد بیش از ۸۰۰۰ ساعت در سال)

رده انرژی	نیاز غالب	درصد هوای تازه بیشتر یا مساوی ۸۰ ٪	درصد هوای تازه کمتر از ۸۰ ٪
EC+	سرمایی	۱۰۰۰ (۲۱۱۹)	۳۰۰۰ (۶۳۵۷)
	گرمایی	۱۰۰۰ (۲۱۱۹)	۳۰۰۰ (۶۳۵۷)
EC++	سرمایی	۵۰۰ (۱۰۵۹)	۲۰۰۰ (۴۲۳۸)
	گرمایی	۵۰۰ (۱۰۵۹)	۲۰۰۰ (۴۲۳۸)

* حداکثر دبی کل خروجی از فن دستگاه هواساز (هوارسان)

49

۱۹-۵ روش تجویزی

۱۹-۵-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۵-۳-۲ بازیافت انرژی

۱۹-۵-۳-۲-۱ بازیافت انرژی در سیستم‌های هوارسان

جدول ۱۹-۵- ۲۳ حداکثر دبی تهویه* قابل قبول ، بر حسب l/s (و ft^3/min)، در حالت عدم استفاده از بازیافت انرژی
(در صورت کارکرد کمتر از ۸۰۰۰ ساعت در سال)

رده انرژی	نیاز غالب	درصد هوای تازه بیشتر یا مساوی ۸۰ ٪	درصد هوای تازه کمتر از ۸۰ ٪
EC+	سرمایی	۲۰۰۰ (۴۲۳۸)	۵۰۰۰ (۱۰۵۹۴)
	گرمایی	۱۰۰۰ (۲۱۱۹)	۵۰۰۰ (۱۰۵۹۴)
EC++	سرمایی	۱۰۰۰ (۲۱۱۹)	۴۰۰۰ (۸۴۷۶)
	گرمایی	۵۰۰ (۱۰۵۹)	۴۰۰۰ (۸۴۷۶)

* حداکثر دبی کل خروجی از فن دستگاه هواساز (هوارسان)

50

۱۹-۵ روش تجویزی

۱۹-۵-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۵-۳-۲ بازیافت انرژی

۱۹-۵-۳-۲-۱ بازیافت انرژی در سیستم‌های هوارسان

ب) سیستم‌های بازیافت انرژی مجاز باید بتوانند آنتالپی هوای تازه را به مقدار نسبی (درصد) تعیین‌شده در جدول۱۹-۵- ۲۴ افزایش یا کاهش دهند.

جدول۱۹-۵- ۲۴ کاهش نسبی اختلاف آنتالپی برای سیستم‌های بازیافت انرژی مجاز

رده انرژی	کاهش نسبی اختلاف آنتالپی هوای ورودی و هوای تخلیه (درصد)
ساختمان کم‌انرژی (EC+)	۶۰
ساختمان بسیار کم‌انرژی (EC++)	۷۰

51

۱۹-۵ روش تجویزی

۱۹-۵-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۵-۳-۲ بازیافت انرژی

۱۹-۵-۳-۲-۱ بازیافت انرژی در سیستم‌های هوارسان

پ) در سیستم‌های با ساعت کارکرد کم، که کمتر از ۵۰۰ ساعت در سال تأمین هوای تازه دارند نیازی به سامانه بازیافت انرژی نیست.

۱۹-۵-۳-۲-۲ بازیافت انرژی در کندانسورهای سیستم‌های آب‌خنک

در ساختمان‌های با رده کم‌انرژی (EC+) و بسیار کم‌انرژی (EC++)، در کندانسورهای سیستم‌های آب‌خنک، لازم است موارد زیر، برای بازیافت انرژی، مورد رعایت قرار گیرد:

الف) استفاده از سامانه بازیافت انرژی برای گرم‌کردن و یا پیش‌گرم‌کردن آب‌گرم مصرفی، در صورتی که میزان گرمای دفع شده از کندانسور بیشتر از ۱۸۰۰ کیلووات و بار آب‌گرم مصرفی بیشتر از ۳۰۰ کیلووات باشد و آن سیستم به‌صورت ۲۴ساعته کار کند، الزامی است.

52

۱۹-۵ روش تجویزی

۱۹-۵-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۵-۳-۲ بازیافت انرژی

۱۹-۵-۳-۲-۲ بازیافت انرژی در کندانسورهای سیستم‌های آب‌خنک

ب) سامانه بازیافت انرژی در کندانسورها در صورتی قابل قبول است که بتواند دمای آب در زمان اوج مصرف آب را، با پیش‌گرم کردن، حداقل به ۳۰ درجه سلسیوس برساند و یا تا ۶۰ درصد انرژی تخلیه‌شده از کندانسور در شرایط طراحی را بازیافت نماید.

پ) در صورت عدم رعایت بند (الف)، لازم است کاهش مصرف انرژی سیستم سرمایی و یا گرمایی، به‌میزان معادل اقدامات تعیین‌شده در بند (ب)، با استفاده از فناوری‌های دیگر، نظیر سیستم‌های بر پایه انرژی‌های تجدیدپذیر، یا سیستم‌های تولید هم‌زمان مورد تأیید نهاد دارای صلاحیت قانونی، انجام شود.

53

۱۹-۵ روش تجویزی

۱۹-۵-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۵-۳-۳ اکونومایزر

در سیستم‌های سرمایی فن‌دار و سیستم‌های سرمایی آبی بدون فن (با ظرفیت بیشتر از ۳۵۰ کیلووات یا ۱۰۰ تن تبرید)،استفاده از اکونومایزر آبی یا هوایی توصیه می‌شود.

۱۹-۵-۳-۴ تجهیزات دفع حرارت

در سیستم تهویه مطبوع، برج خنک‌کن باید بر مبنای استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۶۳۵ طراحی شده‌باشد. علاوه بر این، لازم است انتخاب آن بر اساس محاسبات تأیید شده صورت گیرد.

54

۱۹-۵ روش تجویزی

۱۹-۵-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۵-۳-۵ سیستم‌های ذخیره‌ساز انرژی

در کلیه ساختمان‌ها استفاده از سیستم ذخیره‌ساز حرارتی توصیه می‌شود.

۱۹-۵-۳-۶ سامانه‌های پایش عملکرد

الف) در ساختمان‌های با رده کم‌انرژی (EC+) و بسیار کم‌انرژی (EC++)، لازم است برای تمامی سیستم‌های مرکزی و مستقل گرمایی و سرمایی تمهیدات لازم جهت پایش عملکرد و تعیین میزان آلایندگی و مصرف انرژی صورت گیرد.

55

۱۹-۵ روش تجویزی

۱۹-۵-۳ تاسیسات مکانیکی

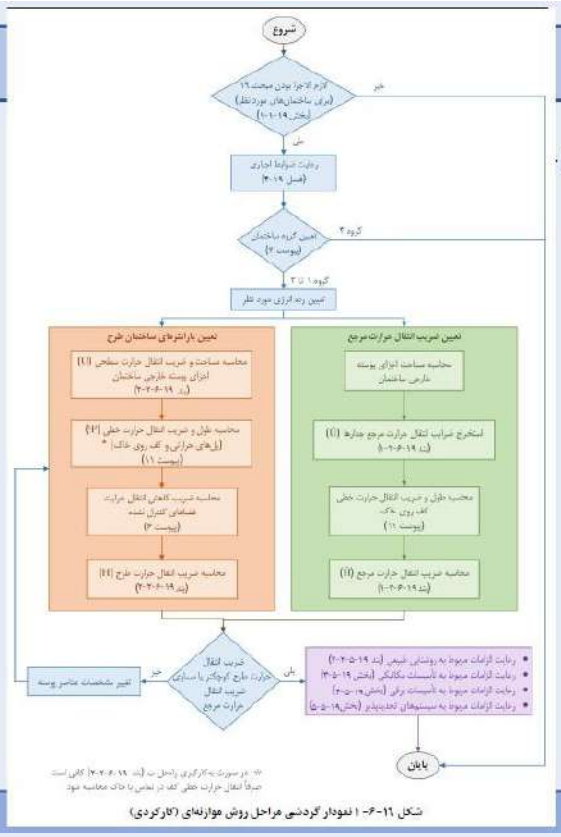
۱۹-۵-۳-۷ انتخاب و نصب مناسب تجهیزات

الف) برای ساختمان‌های کم‌انرژی و بسیار کم‌انرژی، ارائه گزارش جامع طراحی تأسیسات مکانیکی، و محاسبات بار برودتی و حرارتی، با استفاده از نرم‌افزارهای معتبر الزامی است. مشخصات فنی تمامی تجهیزات انتخاب‌شده نیز باید در هماهنگی با محاسبات و طراحی باشد.

ب) در ساختمان‌های کم‌انرژی و بسیار کم‌انرژی، رده برچسب آب مربوط به مقادیر دبی حداکثر شیرآلات بهداشتی تأمین آب‌گرم مصرفی و سردوشی‌ها، طبق استانداردهای تعیین‌شده در پیوست ۱۳، باید به ترتیب B و A باشد.

56

۱۹-۵



شکل ۱۹-۶-۱ نمودار گردشی مراحل روش موازنه‌ای (کارکردی)

57

۱۹-۶ روش موازنه ای (کارکردی)

۱۹-۶-۳ تاسیسات مکانیکی

الزامات تعیین‌شده برای تأسیسات مکانیکی در روش موازنه‌ای مشابه الزامات تعیین‌شده روش تجویزی است (ر.ک. به بخش ۱۹-۵-۳). لازم به ذکر است رعایت ضوابط تعیین‌شده در بخش ۱۹-۴-۳ نیز الزامی‌است.

58

۱۹-۷ روش نیاز انرژی

۱۹-۷-۳ تاسیسات مکانیکی

الزامات مربوط به طراحی سیستم تأسیسات مکانیکی روش نیاز انرژی مشابه الزامات روش تجویزی است (ر.ک. به بخش ۱۹-۵-۳).

59

۱۹-۸ روش کارائی انرژی ساختمان

در این روش، کل انرژی سالانه مصرفی مبنا قرار می‌گیرد. در نتیجه، لازم است طراحی پوسته خارجی، تأسیسات مکانیکی و الکتریکی و همچنین سیستم‌های تجدیذیر به گونه‌ای صورت گیرد که میزان انرژی سالانه مصرفی ساختمان طرح از مقدار آن برای ساختمان مرجع کمتر باشد.

60

Performance Rating

- Capacity validation?
- Performance validation?

→ How? → Standards for rating.
→ Who? → Standard departments, institutes or companies.

- Capacity at full load standard design (rating) conditions (full load data).
- Capacity at part load standard design condition (part load data)
- Capacity at off-design conditions (off-design data).
- Performance at steady state standard design condition.
- Performance at part-load condition.

What measures show the performance?

- Full load
  - Efficiency
  - COP and EER
- Part-load
  - Seasonal Efficiency
  - IPLV (Integrated Part Load value) or
  - SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio)

Standards of Energy labels are based on these measures.

61

Performance Rating

Section 5. Rating Requirements

5.1 *Standard Rating Metrics.*

5.1.1 *Cooling Energy Efficiency.*

5.1.1.1 The Cooling Coefficient of Performance (COP_R), kW/kW

$$COP_R = \frac{Q_{ev}}{K3 \cdot W_{input}}$$

5.1.1.2 The Energy Efficiency Ratio (EER), Btu/(W·h)

$$EER = \frac{Q_{ev}}{K7 \cdot W_{input}}$$

5.1.1.3 The Power Input per Capacity, kW/ton_R

$$kW/ton_R = \frac{K5 \cdot W_{input}}{Q_{ev}}$$

62

Performance Rating

5.1.2 *Heating Energy Efficiency.*

5.1.2.1 The Heating Coefficient of Performance (COP_H), kW/kW.

$$COP_H = \frac{Q_{cd}}{K3 \cdot W_{Input}}$$

5.1.2.2 The Heat Recovery Coefficient of Performance (COP_{HR}), kW/kW

$$COP_{HR} = \frac{Q_{ev} + Q_{hrc}}{K3 \cdot W_{input}}$$

5.2 *Standard Ratings and Conditions.*

5.3 *Application Rating Conditions.*

5.4 *Part-load Ratings.*

63

Performance Rating

Table 15. Conversion Factors[1, 2]

To Convert From	Factor Name	To	Multiply By
1 ft H_2O (at 60°F)	K1	psi	0.43310
inch Hg (at 32°F)	K2	psia	0.49115
kilowatt (kW)	K3	Btu/h	3412.14
watt (W)	K4	Btu/h	3.41214
ton of refrigeration (ton_R)	K5	Btu/h	12,000
ton of refrigeration (ton_R)	K6	kilowatt (kW)	3.51685
kilowatt (kW)	K7	watt (W)	1,000
MBtu/h	K8	Btu/h	1,000,000
$\frac{lb_f}{in^2} \cdot \frac{ft^3}{lb_m}$	K9	$\frac{Btu}{lb_m}$	0.18505
cubic feet per hour $\left(\frac{ft^3}{h}\right)$	K10	Gallon per minute (gpm)	0.124675

Notes:
1. For Water Pressure Drop, the conversion from water column "ft H_2O" to "psi" is per ASHRAE Fundamentals Handbook. Note that 60°F is used as the reference temperature for the density of water in the manometer.
2. The British thermal unit (Btu) used in this standard is the International Table Btu. The Fifth International Conference on the Properties of Steam (London, July 1956) defined the calorie (International Table) as 4.1868 J. Therefore, the exact conversion factor for the Btu (International Table) is 1.055 055 852 62 kJ.

64

Performance Rating

Table 1. Standard Rating Conditions

Operating Category	Conditions	Cooling Mode Evaporator[2]			Cooling Mode Heat Rejection Heat Exchanger											
					Tower (Water Conditions)[3]			Heat Recovery (Water Conditions)[4]		Evaporatively-cooled Entering Temperature[5,6]		Air-cooled (AC) Entering Temperature[6,8]		Without Condenser			
														Air-cooled Refrigerant Temp.		Water & Evaporatively Cooled Refrigerant Temp.	
		Entering Temp. °F	Leaving Temp. °F	Flow Rate gpm/ton	Entering Temp. °F	Leaving Temp. °F	Flow Rate gpm/ton	Entering Temp. °F	Leaving Temp. °F	Dry-Bulb °F	Wet-Bulb °F	Dry-Bulb °F	Wet-Bulb °F	SDT[11] °F	LIQ[12] °F	SDT[11] °F	LIQ[12] °F
All Cooling	Std	54.00	44.00	2.4[9]	85.00	94.30	Note - 10	--	--	95.00	75.00	95.00	--	125.00	103.00	105.00	98.00
AC Heat Pump High Heating[7]	Low	--	105.00	Note - 1	--	--	--	--	--	--	--	47.00	43.00	--	--	--	--
	Medium	--	120.00	Note - 1	--	--	--	--	--	--	--	47.00	43.00	--	--	--	--
	High	--	140.00	Note - 1	--	--	--	--	--	--	--	47.00	43.00	--	--	--	--
AC Heat Pump Low Heating[7]	Low	--	105.00	Note - 1	--	--	--	--	--	--	--	17.00	15.00	--	--	--	--
	Medium	--	120.00	Note - 1	--	--	--	--	--	--	--	17.00	15.00	--	--	--	--
	High	--	140.00	Note - 1	--	--	--	--	--	--	--	17.00	15.00	--	--	--	--
Water Cooled Heating	Low	54.00	44.00	2.4[9]	--	--	--	95.00	105.00	--	--	--	--	--	--	--	--
	Medium	54.00	44.00	2.4[9]	--	--	--	105.00	120.00	--	--	--	--	--	--	--	--
	High	54.00	44.00	2.4[9]	--	--	--	120.00	140.00	--	--	--	--	--	--	--	--
	Boost	75.00	65.00	2.4[9]	--	--	--	120.00	140.00	--	--	--	--	--	--	--	--
Heat Recovery	Low	54.00	44.00	2.4[9]	75.00	--	Note - 10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Medium	54.00	44.00	2.4[9]	75.00	--	Note - 10	105.00	120.00	40.00	38.00	40.00	38.00	--	--	--	--
	Hot Water 1	54.00	44.00	2.4[9]				90.00	140.00	--	--	--	--				
	Hot Water 2	54.00	44.00	2.4[9]	--	--	--	120.00	140.00	--	--	--	--	--	--	--	--

Notes:

1. The water flow rate used for the heating tests of reverse cycle air to water heat pumps shall be the flow rate determined during the cooling test.
2. The rating fouling factor allowance for the cooling mode evaporator or the heating condenser for AC reversible cycles shall be $R_{fou} = 0.000100$ h ft²·°F/Btu.
3. The rating fouling factor allowance for tower heat exchangers shall be $R_{fou} = 0.000250$ h ft²·°F/Btu.
4. The rating fouling factor allowance for heating and heat recovery heat exchangers shall be $R_{fou} = 0.000100$ h ft²·°F/Btu for closed loop and $R_{fou} = 0.000250$ h ft²·°F/Btu for open loop systems.
5. Evaporatively cooled condensers shall be rated with a fouling factor allowance of zero. R_{fou} 0.000 h ft²·°F/Btu.
6. Air-Cooled Condensers shall be rated with a fouling factor allowance of zero. $R_{fou} = 0.000$ h ft²·°F/Btu.
7. A reversible cycle is assumed where the cooling mode evaporator becomes the condenser circuit in the heating mode.
8. Air-cooled & evaporatively-cooled unit ratings are at standard atmospheric condition (sea level). Measured test data will be corrected to an atmospheric pressure of 14.696 psia per Appendix F.
9. Rated water flow is determined by the water temperatures at the rated capacity. The normalized flow rate shown, per unit of evaporator capacity, is for reference only at Standard Rating Conditions.
10. Rated water flow is determined by the water temperatures at the rated capacity and rated efficiency.
11. Saturated Discharge Temperature (SDT).
12. Liquid Refrigerant Temperature (LIQ).

ANSI/AHRI STANDARD 550/590 (I-P)-2015

Table 2. Full and Part-load Application Rating Conditions

	Evaporator			Condenser		
	Water Cooled			Water Cooled		
	Leaving Temperature[1], °F	Temperature Difference Across Heat Exchanger[5], °F	Fouling Factor Allowance, h·ft²·°F/Btu	Entering Temperature[2], °F	Flow Rate, gpm/ton[3,7]	Fouling Factor Allowance, h·ft²·°F/Btu
Cooling	36.00 to 60.00	5.00 to 20.00	0.000 to 0.001000	55.00 to 105.00	1.0 to 6.0	0.000 to 0.001000
				Air-Cooled		
				Entering Air Dry Bulb[3,6], °F		
				55.00 to 125.00		
				Evaporatively Cooled		
				Entering Air Wet Bulb[4,6], °F		
				50.00 to 80.00		
	Water Source Evaporator			Water Cooled Condenser		
	Entering Water Temperature[1], °F		Fouling Factor Allowance, h·ft²·°F/Btu	Leaving Water Temperature[2], °F	Temperature Difference Across Heat Exchanger[5], °F	Fouling Factor Allowance, h·ft²·°F/Btu
Heating	40.00 to 80.00		0.000 to 0.001000	105.00 to 160.00	5.00 to 20.00	0.000 to 0.001000
	Air Source Evaporator					
	Entering Air Temperature[6], °F					
	15.00 to 60.00					

Notes:

1. Evaporator water temperatures shall be published in rating increments of no more than 4.00°F.
2. Condenser water temperatures shall be published in rating increments of no more than 5.00°F.
3. Entering air temperatures shall be published in rating increments of no more than 10.00°F.
4. Air wet bulb temperatures shall be published in rating increments of no more than 2.50°F.
5. Applies to design point only, not part-load points.
6. Atmospheric pressure in the range of 11.56 to 15.20 psia. Measured test data will be corrected per Appendix F to the application rating atmospheric pressure.
7. The normalized flow rate is per unit of evaporator capacity.

Performance Rating

5.4 *Part-load Ratings.*

shall be rated at 100%, 75%, 50%, and 25% load relative to the full-load rating Net Refrigerating Capacity at the conditions defined in Table 3.

5.4.1 *Determination of Part-load Performance.*

a. Determine the Part-load energy efficiency at 100%, 75%, 50%, and 25% load points

b. Use the following equation to calculate the IPLV.IP or NPLV.IP for units rated with COP_R and EER.

$$IPLV.IP \text{ or } NPLV.IP = 0.01 \cdot A + 0.42 \cdot B + 0.45 \cdot C + 0.12 \cdot D$$

A = COP_R or EER at 100% load
B = COP_R or EER at 75% load
C = COP_R or EER at 50% load
D = COP_R or EER at 25% load

3.10.1 *Integrated Part-Load Value (IPLV.IP)*

3.10.2 *Non-Standard Part-Load Value (NPLV.IP)*

c. Use the following equation to calculate the IPLV.IP or NPLV.IP for units rated with kW/ton_R:

$$IPLV.IP \text{ or } NPLV.IP = \frac{1}{\frac{0.01}{A} + \frac{0.42}{B} + \frac{0.45}{C} + \frac{0.12}{D}}$$

A = Power Input per Capacity, kW/ton_R at 100% load
B = Power Input per Capacity, kW/ton_R at 75% load
C = Power Input per Capacity, kW/ton_R at 50% load
D = Power Input per Capacity, kW/ton_R at 25% load

67

AHRI STANDARD 550/590 (I-P)-2015

Table 3. Part-load Conditions for Rating

	IPLV.IP[1]	NPLV.IP
Evaporator (All Types)		
All loads LWT, °F [2]	44.00	Selected LWT
Flow Rate, gpm/ton [3]	Per Table 1	Per Table 1, Note 10[5]
R_{fac}, h·ft²·°F/Btu	0.000100	As Specified
Water-cooled Condenser [6,7]		
100% load EWT, °F	85.00	Selected EWT
75% load EWT, °F	75.00	Note[4]
50% load EWT, °F	65.00	Note[4]
25% load EWT, °F	65.00	Note[4]
Flow rate, gpm/ton [3]	Note[3]	Selected flow rate
R_{fac}, h·ft²·°F/Btu	0.000250	As Specified
Air-cooled Condenser[1, 6]		
100% load EDB, °F	95.0	No Rating Requirements (NPLV.IP not applicable)
75% load EDB, °F	80.0	
50% load EDB, °F	65.0	
25% load EDB, °F	55.0	
R_{fac}, h·ft²·°F/Btu	0.000	
Evaporatively-cooled Condenser[1, 6]		
100% load EWB, °F	75.00	No Rating Requirements (NPLV.IP not applicable)
75% load EWB, °F	68.75	
50% load EWB, °F	62.50	
25% load EWB, °F	56.25	
R_{fac}, h·ft²·°F/Btu	0.000	
Air-cooled Without Condenser		
100% load SDT, °F	125.00	No Rating Requirements (NPLV.IP not applicable)
75% load SDT, °F	107.50	
50% load SDT, °F	90.00	
25% load SDT, °F	72.50	
R_{fac}, h·ft²·°F/Btu	0.000	
Water-cooled or Evaporatively-cooled Without Condenser		
100% load SDT, °F	105.00	No Rating Requirements (NPLV.IP not applicable)
75% load SDT, °F	95.00	
50% load SDT, °F	85.00	
25% load SDT, °F	75.00	
R_{fac}, h·ft²·°F/Btu	0.000	

Notes:
1. If the unit manufacturer's recommended minimum temperatures are greater than those specified in Table 3, then those may be used in lieu of the specified temperatures. If head pressure control is active below the rating temperature then tests should be run at a temperature above which head pressure control is activated.
2. Correct for Fouling Factor Allowance by using the calculation method described in Section C3.3.4.
3. The flow rates are to be held constant at full-load values for all part-load conditions as per Table 1.
4. For part-load entering condenser water temperatures, the temperature should vary linearly from the selected EWT at 100% load to 65.00°F at 50% loads, and fixed at 65.00°F for 50% to 0% loads.
5. Reference Equations 13 through 17 for calculation of temperatures at any point that is not listed.
   5.1 - Entering air dry-bulb temperature (EDB).
   5.2 - Entering water temperature (EWT).
   5.3 - Entering air wet-bulb temperature (EWB).
   5.4 - Compressor Saturated discharge temperature (SDT for air-cooled).
   5.5 - Compressor Saturated discharge temperature (SDT for water-cooled or Evaporatively-cooled).
6. Air-cooled and evaporatively-cooled unit ratings are at standard atmospheric condition (sea level). Measured data shall be corrected to standard atmospheric pressure of 14.696 psia per Appendix F.

Close up in next slide

68

Performance Rating

Table 3. Part-load Conditions for Rating		
	IPLV.IP[5]	NPLV.IP
Evaporator (All Types)		
All loads LWT, °F [2]	44.00	Selected LWT
Flow Rate, gpm/ton$_R$ [3]	Per Table 1	Per Table 1, Note 10[3]
R_{foul}, h·ft^2·°F/Btu	0.000100	As Specified
Water-cooled Condenser [1,2]		
100% load EWT, °F	85.00	Selected EWT
75% load EWT, °F	75.00	Note[4]
50% load EWT, °F	65.00	Note[4]
25% load EWT, °F	65.00	Note[4]
Flow rate, gpm/ton$_R$ [3]	Note[3]	Selected flow rate
R_{foul}, h·ft^2·°F/Btu	0.000250	As Specified
Air-cooled Condenser[1, 6]		
100% load EDB, °F	95.0	No Rating Requirements (NPLV.IP not applicable)
75% load EDB, °F	80.0	
50% load EDB, °F	65.0	
25% load EDB, °F	55.0	
R_{foul}, h·ft^2·°F/Btu	0.000	

69

Energy Recovery بازیافت انرژی

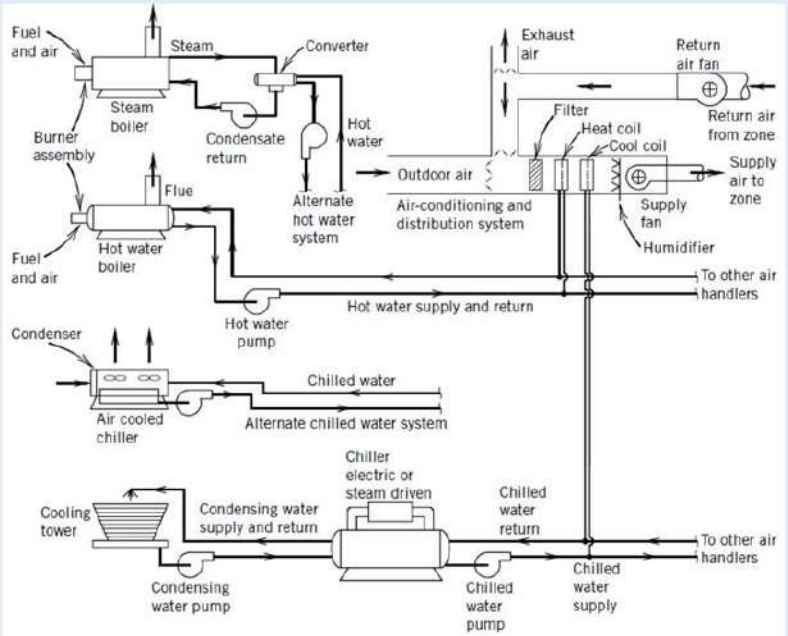
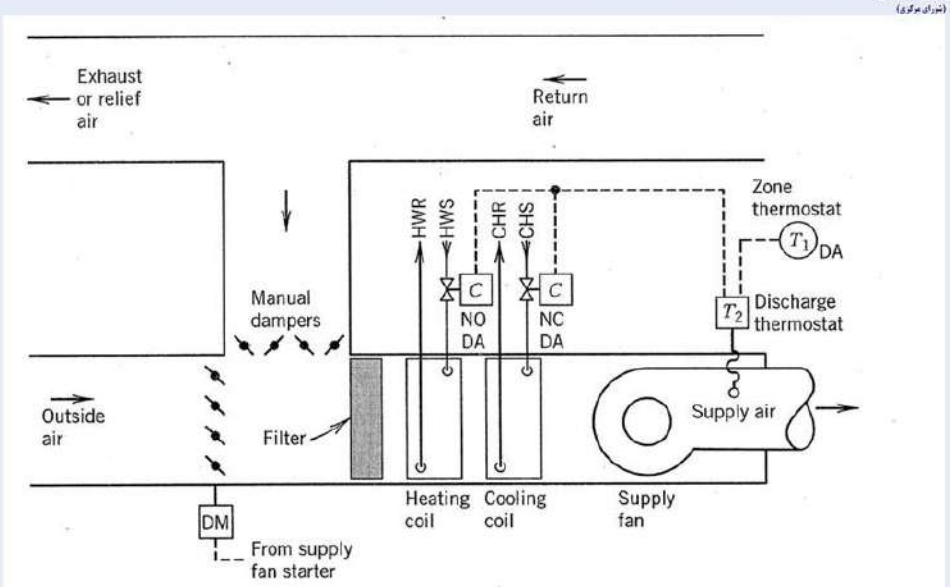


Figure 2-1 Schematic of the equipment providing heating or cooling fluid to air handlers in typical all-air commercial HVAC systems.

70

Energy Recovery بازیافت انرژی



Air handler and associated controls for a simple single-zone constant-volume all-air system.

71

Energy Recovery بازیافت انرژی

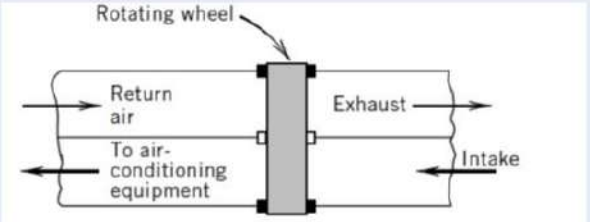


Figure 2-18 Rotating heat exchanger used for heat recovery.

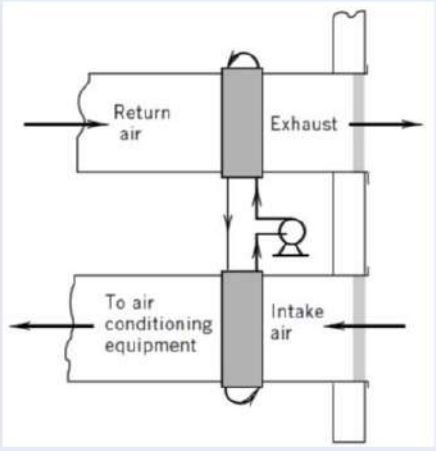


Figure 2-19 Air-to-water heat recovery system.

72

Energy Recovery بازیافت انرژی

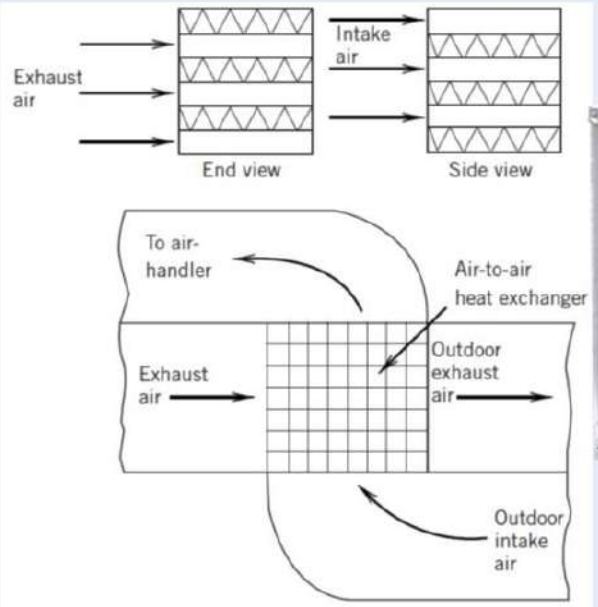
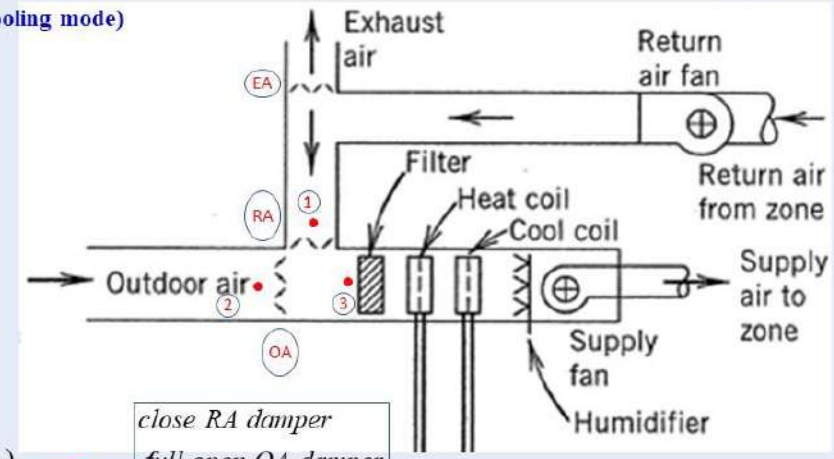


Figure 2-20 Air-to-air heat recovery system.

73

Economizer اکونومایزر

Airside Economizer (cooling mode)



$if\ (T_2 < T_1)\ or\ (h_2 < h_1)$ ⟶ *close RA damper*, *full open OA damper*, *full open EA damper*

$if\ (T_2 \geq T_1)\ or\ (h_2 \geq h_1)$ ⟶ *open RA damper*, *minimum OA damper*, *minimum EA damper*

74

Economizer اکونومایزر

Airside Economizer

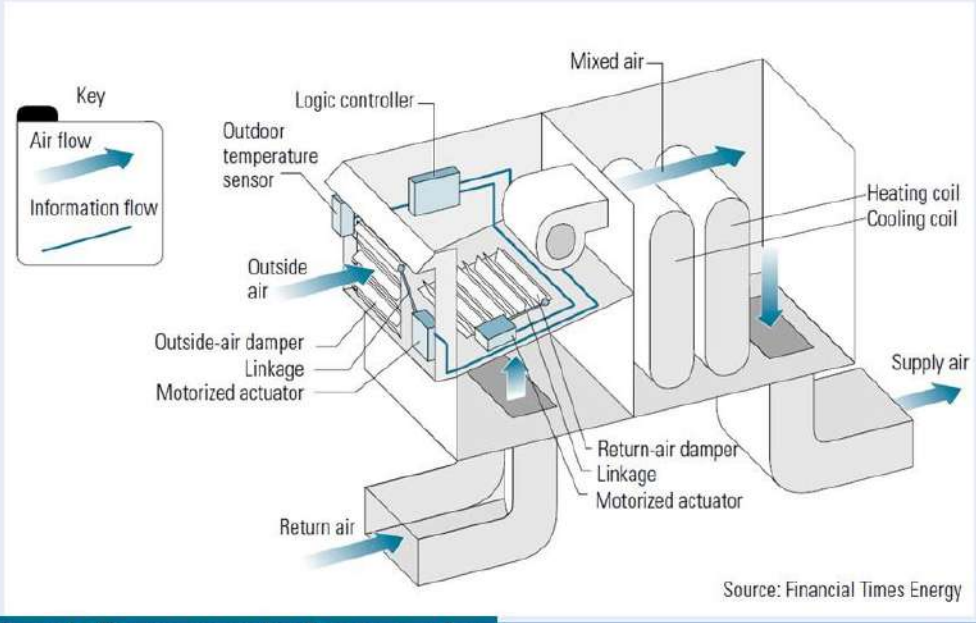


Figure 1: The components of an economizer

75

Thermal storage ذخیره سازی حرارتی

Plant level thermal storage

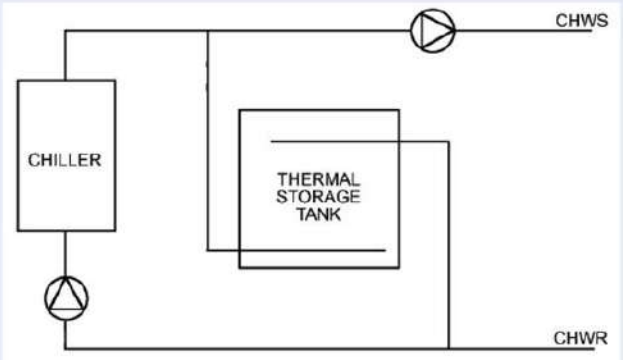
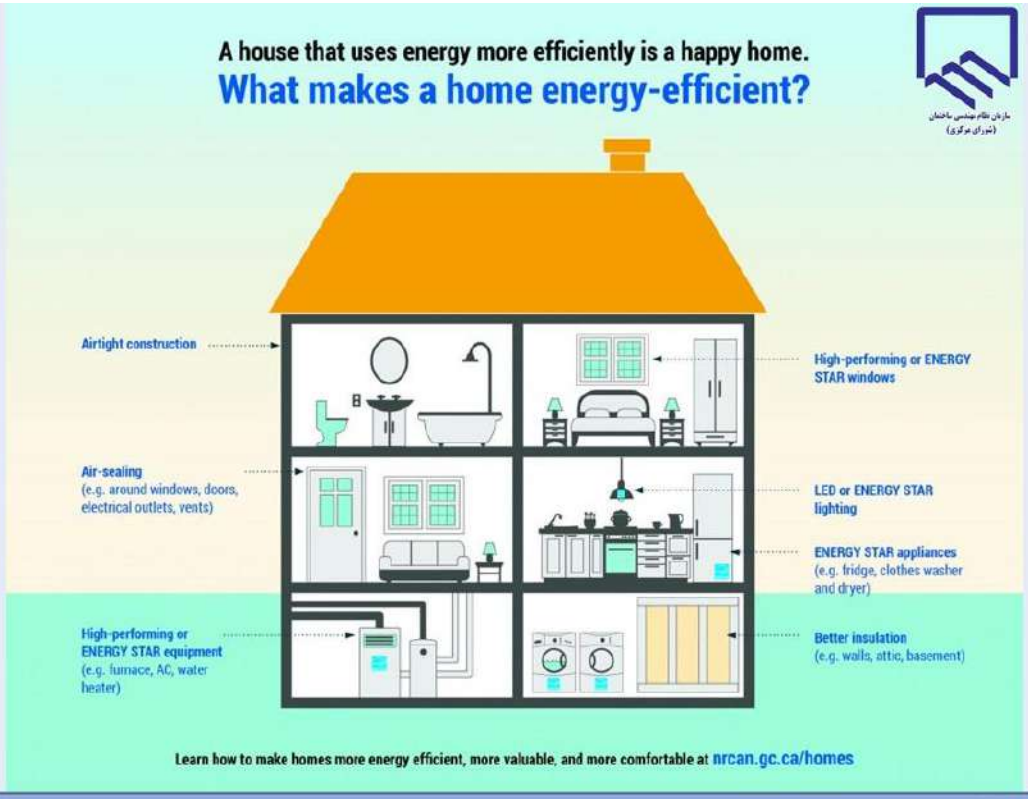


Fig. 30 Primary/Secondary Chilled-Water Plant with Stratified Storage Tank as Decoupler

2016 ASHRAE Handbook—HVAC Systems and Equipment
51.27

76



77

جمع بندی

الزامات تاسیسات مکانیکی در مبحث ۱۹

۱۹-۴ ضوابط اجباری

۱۹-۴-۳ تاسیسات مکانیکی

مشابه

۱۹-۵ روش تجویزی

۱۹-۵-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۶ روش موازنه ای (کارکردی)

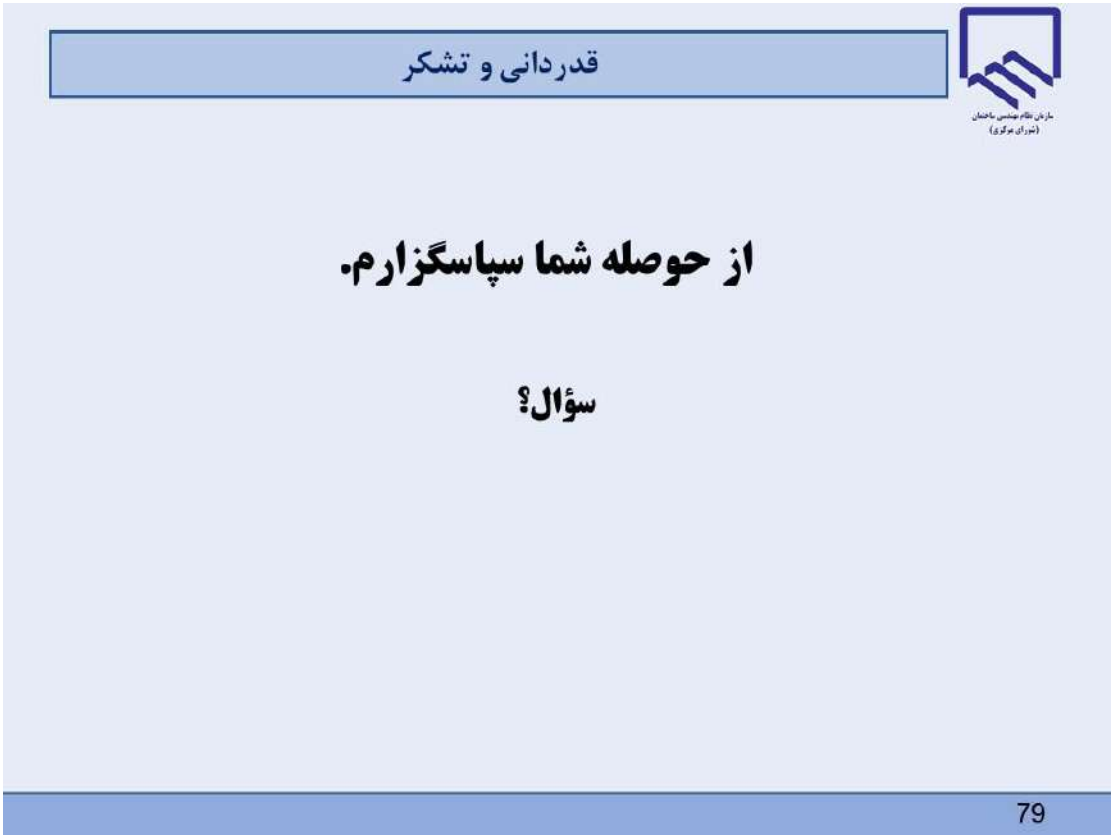
۱۹-۶-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۷ روش نیاز انرژی

۱۹-۷-۳ تاسیسات مکانیکی

۱۹-۸ روش کارائی انرژی ساختمان

78


قدردانی و تشکر
از حوصله شما سپاسگزارم.
سؤال؟
79

عنوان ارائه:

بهره مندی از روش های غیرفعال انرژی در ساختمان و تهویه طبیعی

ریما فیاض

دکتری تکنولوژی معماری

استاد دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر تهران– عضو کمیته تخصصی مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

بهره‌مندی از روش های غیرفعال انرژی در ساختمان (روشنایی طبیعی و تهویه طبیعی)

۱- روشنایی طبیعی

امروزه انسان ها نزدیک به ۹۰٪ اوقات خود را در فضای داخل سپری می کنند. روشنایی طبیعی از جمله عناصر مهم در معماری است که بر احساس آسایش افراد تأثیر می گذارد. روشنایی طبیعی به سلامت بدن انسان کمک می کند. با وجود نور طبیعی در فضای کار افراد تمرکز بیشتری دارند، احساس سلامت بیشتری می کنند و بازده کار ایشان افزایش می یابد. نور طبیعی در فضای داخل به چرخه ساعت بدن یاری می رساند و ریتم خواب افراد را بهبود می بخشد. روشنایی طبیعی حتی در حالات روانی افراد مؤثر است. نور روز کافی می تواند از استرس افراد بکاهد.

استفاده از روشنایی طبیعی در طول روز باعث کاهش مصرف انرژی الکتریکی می شود و به صرفه جویی انرژی در ساختمان کمک می کند. روشنایی طبیعی می تواند منجر به ۱۵ تا ۴۰ درصد کاهش مصرف انرژی در ساختمان شود.

۲-۱- واحدهای اندازه گیری روشنایی

برای اندازه گیری روشنایی چند عامل تعریف شده اند که عبارتند از لومن، لوکس و کاندلا (شکل ۱). لومن واحد سنجش شار نور است. با کاندلا شدت نور اندازه گیری می شود و معرف میزان نور ساطع شده در یک زاویه فضایی است. لوکس معیار سنجش شدت روشنایی است و معرف میزان شار نوری تابیده شده به واحد سطح است. هر لوکس معادل یک لومن بر مترمربع است. در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان میزان شدت روشنایی بر سطوح معیار ارزیابی است.

شکل ۱- تعریف واحدهای مورد استفاده در روشنایی (newhavendisplay.com)

۳-۱- شاخص های سنجش روشنایی

شاخص های چندی برای ارزیابی روشنایی در فضای داخل تعریف شده اند که مهمترین آنها در زیر معرفی می شوند (شکل ۲) (فخاری، ۱۳۹۸). این شاخص ها به دو دسته ایستا و پویا تقسیم شده اند. در شاخص های ایستا تغییرات فصلی در نظر گرفته نمی شود اما در شاخص های پویا تغییرات سالانه در میزان روشنایی در نظر گرفته می شود.

۱-۳-۱- ضریب نور روز (DF[۱۰])

در این شاخص میزان روشنایی بر سطح کار در فضای داخل نسبت به میزان روشنایی آسمان در محیط خارج سنجیده می شود. مقادیر در این شاخص به صورت ضریب تعریف می شوند. در بسیاری از استانداردها میزان قابل قبول این شاخص در فضای اداری بین ۲ تا ۵ درصد است.

۲-۳-۱- روشنایی مفید روز (UDI[۱۱])

در این شاخص یک بازه از میزان شدت روشنایی در سطح کار، در طول سال، بر حسب درصد تعریف می شود. بازه مورد نظر می تواند از ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس یا ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ لوکس با توجه به شدت روشنایی مورد نظر تعیین شود. این شاخص نشان می دهید که در دوره زمانی چند درصد از فضا از بازه مورد نظر بهره مند است.

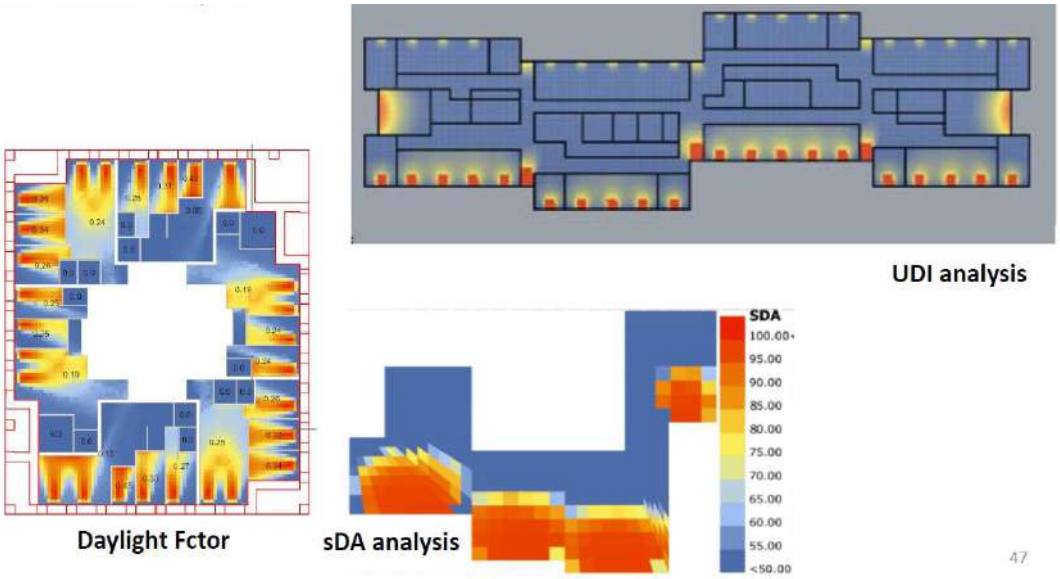
۳-۳-۱- کفایت نور روز (DA[۱۲])

[۱۰] Daylight Factor
[۱۱] Useful Daylight Illuminance
[۱۲] Daylight Autonomy

این شاخص بر حسب درصد و در طول سال حداقل آستانه شدت روشنایی مورد نظر را نشان می دهد. در واقع نشان دهنده زمان هایی در طول سال است که حداقل شدت روشنایی مورد نیاز توسط روشنایی روز تأمین می شود.

۴-۳-۱- کفایت نور روز فضایی (sDA[۱۳])

این شاخص نشان دهنده درصدی از سطح فضا در ارتفاع مورد نظر است که از یک حد معین شدت روشنایی، مثلا ۳۰۰ یا ۵۰۰ لوکس برخوردار است. از این معیار در شبیه سازی شدت روشنایی روز در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان استفاده می شود.



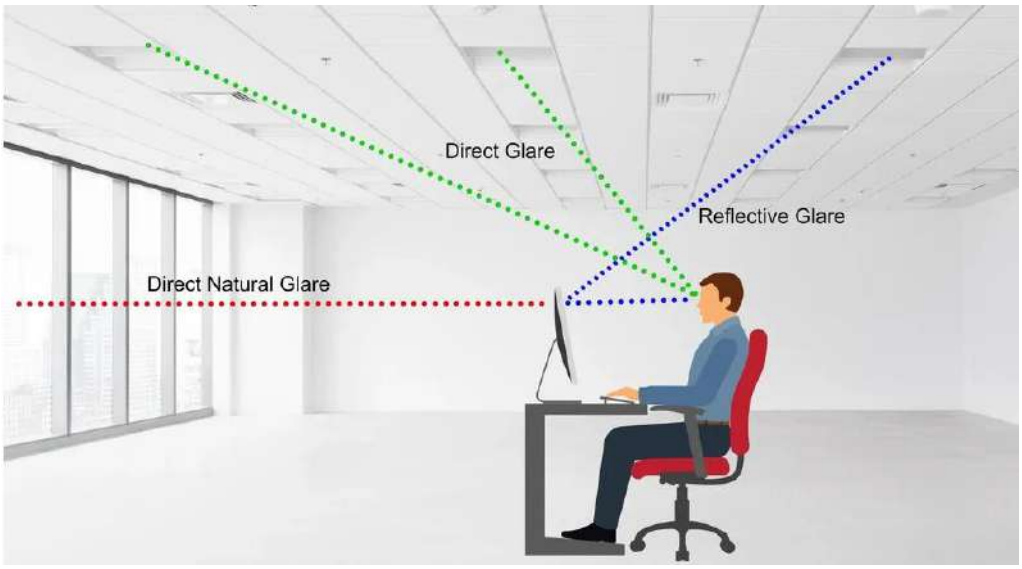
شکل ۲- انواع شاخص های ارزیابی نور روز در فضای داخل

۴-۱- خیرگی

هنگام استفاده از روشنایی طبیعی یا مصنوعی ممکن است با پدیده خیرگی مواجه شویم. این پدیده زمانی اتفاق میفتد که نور مزاحم در میدان دید انسان واقع شود (شکل ۳). خیرگی باعث احساس عدم آسایش بصری، مزاحمت در دید و یا ناتوانی در دید می شود. بنابراین لازم است هنگام استفاده از روشنایی طبیعی میزان خیرگی نیز اندازه گیری شود. بر اساس مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان "*خیرگی پدیده ناشی از مقدار ناخواسته و شدید نور یا تضاد(کنتراست)زیاد آن است، هنگامی که درخشندگی نور در محدوده چشم ناظر بیشتر از درخشندگی زمینه باشد.*" شاخص های مختلفی برای ارزیابی خیرگی تعریف شده اند که برخی از آنها

[۱۳] Spatial Daylight Autonomy

عبارتند از DGP[۱۴]، ASE[۱۵]، UGR[۱۶] و VCP[۱۷]. در مبحث ۱۹ از شاخص DGP برای ارزیابی خیرگی استفاده می شود.



شکل ۳- عوامل بروز خیرگی در فضای داخل (wsimg.com)

۵-۱- ارزیابی روشنایی طبیعی بر اساس مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان استفاده از روشنایی طبیعی در فضای داخل توصیه شده است. در سه روش محاسبه ارزیابی روشنایی در مبحث ۱۹ یعنی روش تجویزی، روش کارکردی (موازنه ای) و روش نیاز انرژی از ضوابط اجباری برای ارزیابی میزان روشنایی طبیعی در فضای داخل باید استفاده شود. در روش کارایی انرژی، بهره مندی از روشنایی طبیعی در فضای داخل لازم است با استفاده از نرم افزارهای معتبر شبیه سازی شود. یکی از این نرم افزارها RADIANCE است. برای اطلاع دقیق از نحوه محاسبه روشنایی طبیعی در فضای داخل به مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان رجوع شود.

۲- تهویه طبیعی

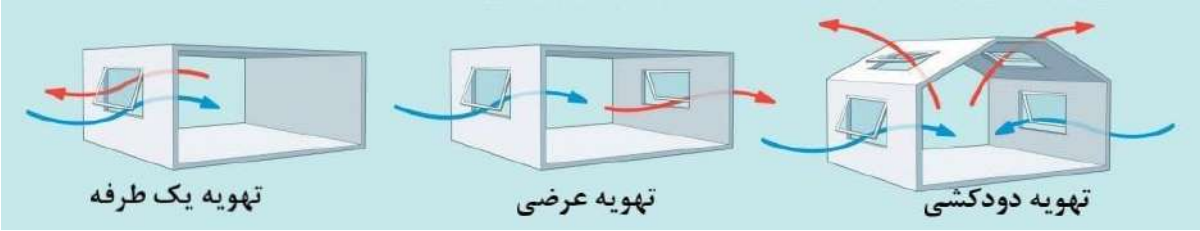
برای تأمین هوای تازه در فضای داخل نیاز به تعویض هوا است. مقادیر تعویض هوا برای کاربری های مختلف در مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان ایران ذکر شده است. به طور کلی تهویه طبیعی برای یکسان سازی فشار هوا

[۱۴] Daylight Glare Probability
[۱۵] Annual Sunlight Exposure
[۱۶] Unified Glare Rating
[۱۷] Visual comfort Probability

صورت می گیرد. اختلاف فشار یا ناشی از وزش باد و یا ناشی از اثر شناوری لایه هوا است. تهویه طبیعی برای تأمین هوای تازه و خنک کردن فضای داخل در اوقات گرم نیز انجام می گیرد. هنگام استفاده از تهویه طبعیی باید به دمای خارج توجه داشت، زیرا دمای زیاد فضای خارج می تواند باعث افزایش بار سرمایشی ساختمان شود. تهویه طبیعی در ساختمان به روش های مختلفی صورت می پذیرد که در ادامه خلاصه ای از آن معرفی می شود.

۱-۲- روش های تهویه طبیعی در ساختمان

تهویه طبیعی در ساختمان به صورت تهویه عرضی، تهویه یک طرفه یا تهویه دودکشی است (شکل ۴). تهویه یک طرفه و تهویه عرضی وابسته به جهت ساختمان و بازشوها و جهت وزش باد و فشار هوا در منافذ ورود و خروج هوا هستند و تهویه دودکشی به اختلاف دمای هوا بستگی دارد.



شکل ۴- انواع اصلی تهویه طبیعی در ساختمان (archdaily.com)

تهویه یک طرفه در فضاهایی صورت می گیرد که فقط یک بازشو دارند. این تهویه نمی تواند به خوبی همه نقاط فضا را پوشش دهد. چرخش هوا داخل فضا در تهویه یک طرفه اندک است. تهویه عرضی زمانی اتفاق میفتد که بازشوهای ساختمان روبروی هم قرار گرفته باشند. در تهویه عرضی میزان سطح بازشوی ورودی و خروجی اهمیت دارند. وجود پارتیشن در فضای داخل ممکن است سبب کاهش تهویه عرضی شود. در تهویه دودکشی، هوای سرد که سنگین تر است وارد ساختمان می شود و پس از گرم شدن، سبک شده و از خروجی های بالای ساختمان بیرون می رود.

می توان با کاشت درختان در فضای خارج یا استفاده از لوورها یا محل پنجره ها جریان هوا را در داخل فضا به نحوی هدایت کرد که بیشتر فضای مورد نظر از جریان هوا بهره مند شود. برای استفاده بیشتر از تهویه طبیعی لازم است بازشوهای ورودی رو به جریان باد باشند. بهتر است بازشوها قابل کنترل باشند و میزان باز و بسته شدن آنها توسط ساکنین قابل تغییر باشد تا بتوان جریان هوای بیشتری را وارد فضا کرد.

بادبزن ها و پنکه های سقفی می توانند به جریان بهتر هوا در داخل فضا کمک کنند. برای شبیه سازی تهویه طبیعی می توان از نرم افزارهای پیشرفته مانند فلوئنت استفاده کرد.

مراجع

- دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان، مقررات ملی ساختمان ایران مبحث نوزدهم صرفه جویی در مصرف انرژی، ویرایش چهارم، ۱۳۹۹.
- فخاری مریم، تبیین محدوده های آسایش روشنایی در فضاهای اداری شهر تهران، رساله دکتری، دانشگاه هنر تهران، ۱۳۹۸.
- https://newhavendisplay.com/blog/nits-vs-lumens-vs-luminance/- accessed: 1/9/2024
- https://img1.wsimg.com/isteam/ip/ee7bf9a6-6551-463d-b3d3-43dbcb645ae9/1a5c4bb1-865e-459b-b19e-321d35d2dc99.png/:/rs=w:1280- accessed: 1/9/2024
- https://www.archdaily.com/963706/back-to-basics-natural-ventilation-and-its-use-in-different-contexts/60d215baf91c81a8e8000009-back-to-basics-natural-ventilation-and-its-use-in-different-contexts-image- accessed: 1/9/2024

عنوان ارائه:

هوشمندسازی ساختمان و سامانه های کنترلی

هیوا سیدیونسی

دکتری مهندسی برق

عضو کمیسیون انرژی، استاندارد مصالح و محیط زیست دوره هشتم و نهم شورای مرکزی – مدرس

مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

هوشمندسازی ساختمان و سامانه های کنترلی

ساختمان هوشمند

طبق تعریف ساختمان هوشمند ساختمانی است که در برگیرنده محیطی پویا و مقرون به صرفه با یکپارچه کردن ارتباط چهار بخش (مدیریت – سامانه ها – سرویس و ساختار) مرتبط با آن برای مالکین و بهره برداران ساختمان فراهم کند.

« در بخش مدیریت، مدیریت مصرف انرژی درکنار استفاده از امکانات رفاهی یک ساختمان تجاری، مسکونی، اداری و ... از اهمیت زیادی برخوردار است.»

سیستم مدیریت ساختمان(*BMS*)

سیستم مدیریت ساختمان در سه عملکرد اصلی دارد:

۱- بهینه سازی: (استانداردها و پرتکل های مختلف بسته به نوع ساختمان – بررسی و رفع نواقص پیشرو – کاهش تلفات و در نهایت بهینه سازی مدیریت دارائی)

۲- کنترل: (کنترل تجهیزات و وسایل – درساعات مختلف روز، هفته و سال – کنترل و مدیریت محلی و از دور)

۳- مانیتورینگ: (بررسی عملکرد تجهیزات و ساکنین توسط حسگرها و دوربین ها و ...)

سیستم مدیریت انرژی(*EMS*)

مدیریت انرژی می تواند ۱۰ تا۴۰ درصد هزینه حامل های انرژی در ساختمان را بسته به نوع کاربری کاهش دهد.

مبحث مدیریت انرژی در ساختمان در چهار عرصه طبقه بندی می شود:

۱- محصولات مرتبط

۲- فناوری مرتبط

۳- اپلیکیشن ها

۴- میزان استفاده کاربر نهائی

ساختمان هوشمند با رویکرد بهینه سازی مصرف انرژی(*BEMS*)

(ترازنامه انرژی کشور درسالهای گذشته): نزدیک به ۴۰ درصد از مصرف انرژی کشور صرف مصارف خانگی می‌شود که غیر مولد بوده و ارزش افزوده ایجاد نمی‌کنند.

حدود ۷۰ درصد انرژی مصرفی ساختمان صرف سرمایش وگرمایش وآب گرم می گردد. لذا جهت ایجاد زمینه های لازم صرفه جوئی انرژی لزوم استفاده از سامانه های کنترل و پایش انرژی ساختمان بوجود می‌آید.

کارکرد و پیاده سازی سیستم هوشمند مدیریت ساختمان:

۱- مدیریت سیستم روشنائی

۲- سیستم تهویه مطبوع HVAC

۳- سیستم حفاظتی و امنیتی

۴- اعلان و اطفاء حریق

۵- کنترل ورود و خروج

۶- نظارت تصویری cctv

۷- آسانسور و پله برقی

۸- ارتباطات و ...

مزایای پیاده سازی سیستم هوشمند مدیریت ساختمان:

۱- بهینه سازی وصرفه جوئی در مصرف انرژی

۲- فراهم آوردن سطح رفاهی بالا برای کاربران ساختمان

۳- بهره برداری مفید از تجهیزات و افزایش عمر مفید آنها

۴- کاهش قابل ملاحظه هزینه های تعمیرو نگهداری

۵- حذف خطای اپراتوری وانسانی بدلیل کنترل توسط رایانه

۶- قابلیت کنترل و مانیتورینگ تحت وب وبا گوشی از هر نقطه

۷- یکپارچه سازی عملکرد و درنتیجه عملکرد هماهنگ تجهیزات

۸- قابلیت گزارشگیری آماری به منظورت مدیریت بهینه و ....

سامانه های کنترل و پایش انرژی ساختمان

عوامل مهم موثر درمصرف انرژی در ساختمان:

۱- امکان کنترل سه عامل: تاسیسات ساختمان – تعمیرونگهداری و الزامات و نیازهای محیط داخلی ساختمان وجود دارد .

۲- سایرعوامل: شرایط آب وهوائی – جدار ساختمان و رفتار ساکنین، یا قابل کنترل نیستند یا درزمان طراحی وساخت بایستی مدنظر قرار گیرند.

پروتکل های باز و استاندارد

از الزامات اساسی پیاده سازی سیستم مدیریت ساختمان، اجرای یک پروتکل استاندارد است

پروتکل استاندارد: مجموعه ای از قوانین مشترک بین چندین شرکت که ارتباطات بین آنها را سهل و آسانتر میکند.

در حال حاضر درسطح دنیا، بین شرکت های فعال در زمینه سیستم های مدیریت ساختمان، پروتکل های متعددی وجود دارند اعم از BACnet, LON, EIB, CAB, . . .

Building Automation and Control Networks(BACnet)

یک پروتکل ارتباطی اطلاعات در زمینه اتوماسیون ساختمان و کنترل شبکه می باشد که در حدود ۳۰ سال پیش تحت حمایت ASHRAE با هدف استاندارد سازی ارتباطات در تجهیزات اتوماسیون ساختمان، سازندگان مختلف و با بهره گیری از گستره وسیعی از تجارب صاحبان صنایع ، تولید کنندگان، مهندسین مشاور، استفاده کنندگان نهایی و نمایندگی های دولتی توسعه یافت. این گسترش بیش از ۹ سال به طول انجامید و سرانجام در سال ۱۹۹۵ موفق به اخذ استاندارد ANSI/ASHRAE Standard 135-1995 گردید. این پروتکل تنها پروتکلی است که به صورت تخصصی در زمینه سیستم های مدیریت و کنترل ساختمان بنا نهاده شده است.

- ساختار معماری سیستم می‌باید دارای حداقل چهار سطح به شرح زیر باشد:
- ایستگاه مدیریت مرکزی
- ایستگاه های کاری

- تجهیزات کنترل شبکه
- تجهیزات میدان(FILD)

هوشمندسازی سیستم روشنائی

این سیستم ها شامل سنسورها و دستگاه های کنترل هوشمند است که با توجه به شرایط محیط، روشنایی را تنظیم میکنند. قابلیتهای این سیستم ها شامل کنترل دستی، کنترل صوتی، کنترل از راه دور، اتوماسیون و امکان هماهنگی با سیستم های امنیتی است. استفاده از سیستم روشنایی هوشمند، علاوه بر صرفه جویی در انرژی، تجربه بهتری از استفاده از روشنایی در محیط های کاری و منازل را نیز به کاربران می دهد.

اجزاء اصلی سیستم روشنایی هوشمند:

۱- سنسور روشنائی

۲- رابط کاری

۳- پنلهای کنترل دیواری

۴- کلید لمسی هوشمند

۵- دیمر هوشمند

۶- لامپ هوشمند

۷- سیستم کنترل مرکزی

ویژگی های سیستم روشنایی هوشمند:

۱-کنترل دستی و از راه دور ۲- زمانبندی

۳- هماهنگی با دیگر تجهیزات ۴- سنسورهای حرکتی

مزایای کلیدهای سیستم روشنایی هوشمند:

۱- راحتی استفاده ۲- کنترل بیشتر

۳- امنیت ۴- کاهش قبوض برق

سامانه های کنترل هوشمند و پایش مستمر تاسیسات

مزایای راهکارهای کنترل هوشمند و پایش مستمر تاسیسات گرمایش و سرمایش وتهویه مطبوع:

✓ سریع الاجرا

- ✓ پربازده
- ✓ بادوره بازگشت سرمایه سریع
- ✓ امکان مانیتورینگ تحت شبکه

هوشمندسازی تاسیسات گرمایشی

موتورخانه هوشمند آب گرم حداقل دارای ۳ سنسور باید باشند

اجزای سامانه هوشمند وپایش مستمر تاسیسات گرمایشی:

۱- سیستم برداشت اطلاعات (سیستم کنترل هوشمند گرمایشی)

۲- سیستم انتقال داده ها (مودم GSM)

۳- سیستم ثبت ونمایش داده ها

توانمندی قابل انتظار سیستم کنترل هوشمند گرمایشی ساختمان:

- ✓ کنترل لحظه ای و مداوم تجهیزات موتورخانه متناسب با تغییرات دمای هوای خارج ساختمان
- ✓ کنترل وتثبیت دمای آب مصرفی در بازه های زمانی مختلف شبانه روز
- ✓ کنترل عملکرد موتورخانه متناسب با ساعات کاری وکاربردی ساختمان

- ✓ پیش راه اندازی و تسریع درخاموشی هوشمند موتورخانه
- ✓ کنترل وتثبیت دمای آسایش داخل ساختمان
- ✓ کاهش مصرف انرژی و هزینه های سرویس و نگهداری و استهلاک

صرفه جوئی گاز قابل دستیابی به کمک سامانه های هوشمند موتورخانه گرمایشی:
صرفه جوئی مورد تایید سازمان بهینه سازی مصرف سوخت:

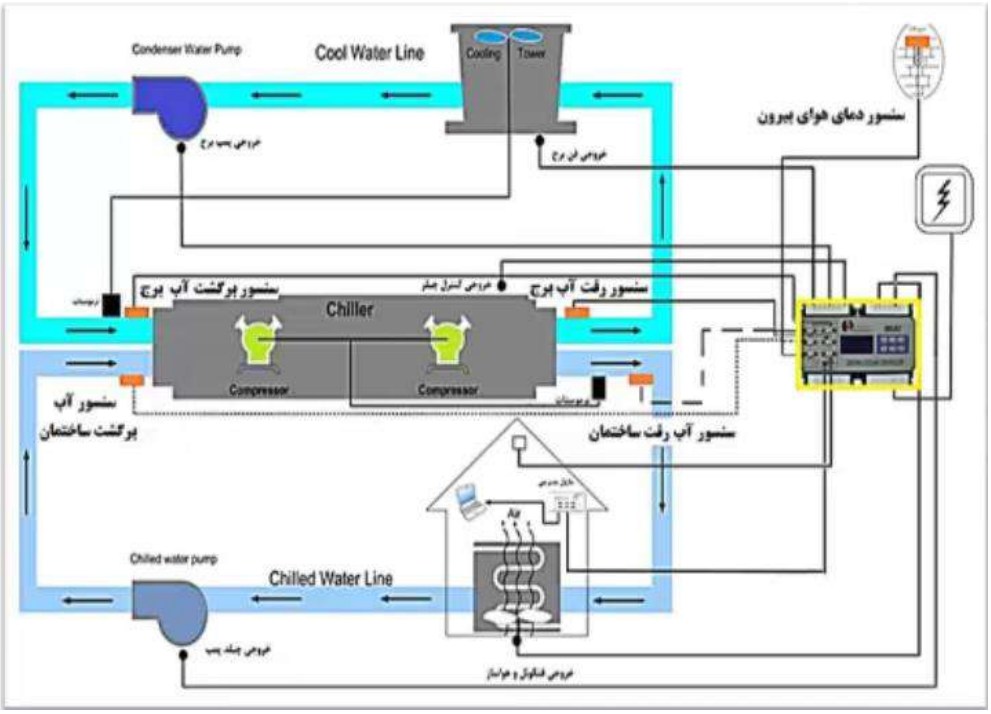
- ✓ در ساختمانهای اداری وآموزشی تا ۴۰٪ صرفه جوئی در مصرف گاز
- ✓ در ساختمانهای مسکونی تا ۱۵٪ صرفه جوئی در مصرف گاز

و به طبع آن صرفه جوئی در مصرف برق پمپ‌ها و مشعل‌های موتورخانه بین ۵ تا ۱۰ درصد کل مصرف برق ساختمان

هوشمندسازی تاسیسات سرمایشی

راهکار صرفه جوئی اجرا شده در سیستم سرمایشی هوشمند:
نصب سامانه کنترل هوشمند سرمابان و نصب سامانه کنترل هوشمند برج خنک کننده (فن مجهز به VSD)

شماتیک سامانه کنترل هوشمند سیستم سرمایشی:



یک سیستم کنترل هوشمند معمولا بین ۲۴ تا ۳۰ خروجی جهت کنترل اجزاء مختلف سیستم سرمایشی باید باشد.

تغییرات مصرف برق چیلر به کمک سامانه کنترل هوشمند سرمایشی:
صرفه جوئی برق چیلر با استفاده از سامانه هوشمند حدود ۳۰٪ و مصرف برق چیلر حدود ۳۰٪ مصرف برق ساختمان درنتیجه با سامانه هوشمند حدود ۱۰٪ مصرف برق سالانه صرفه جوئی می شود

توانمندی قابل انتظار سیستم کنترل هوشمند سرمایشی ساختمان:

- ✓ کنترل لحظه ای و مداوم تجهیزات سرمایشی (چیلر- پمپ ها و برج خنک کن) متناسب با تغییرات دمای هوای خارج ساختمان
- ✓ کنترل عملکرد سیستم سرمایشی متناسب با ساعات کاری وکاربردی ساختمان
- ✓ پیش راه اندازی و تسریع درخاموشی هوشمند سیستم سرمایشی
- ✓ کنترل وتثبیت دمای آسایش داخل ساختمان
- ✓ کاهش مصرف انرژی سیستم سرمایشی تا ۴۰٪

هوشمندسازی سیستم تهویه مطبوع

الف) پایانه های حرارتی : فن کویل

راهکارهای کنترل هوشمند فن کویل :

۱- سیسمی (هزینه زیاد و در بعضی نقاط غیر قابل اجرا

۲- وایرلس (گیزنده و فرستنده سامانه رادیوئی)

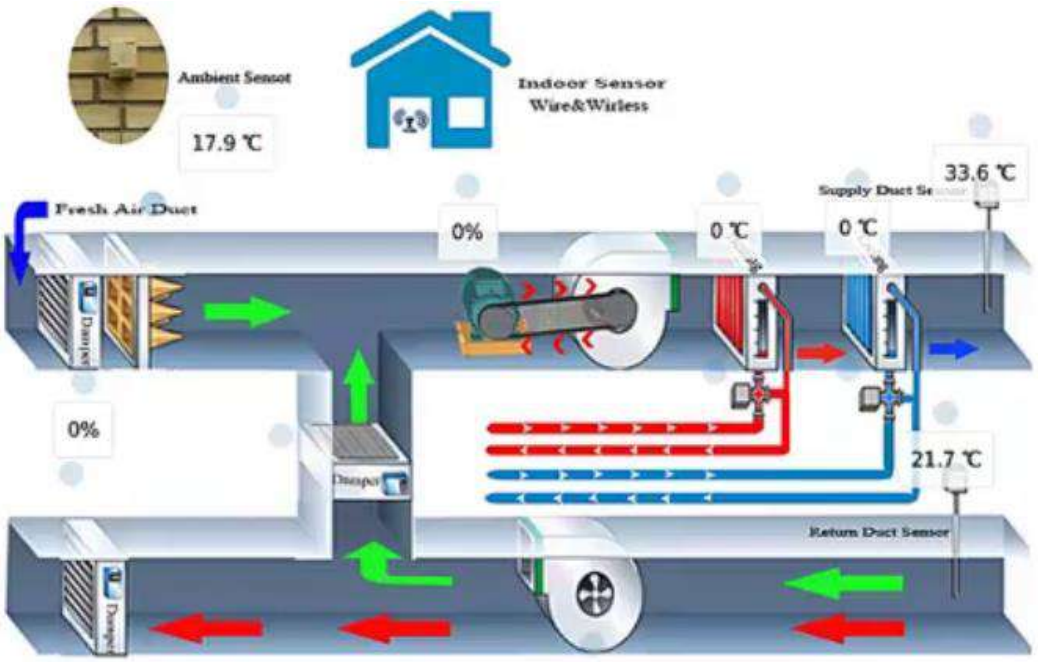
اصول کارکرد سامانه کنترل رادیوئی فن کویل : زمانی و دمائی

ویژگی های سیستم کنترل هوشمند رادیویی

عملکرد در محدوده فرکانس مجاز مورد تائید سازمان تنظیم مقررات- ۲.۴ GHz ، ۴۳۳ MHz	با قابلیت کنترل تا ۵۰۰ مصرف کننده به صورت بی سیم	با قابلیت تعریف تا ۱۵ زون کاری با امکان برنامه ریزی برای ۷ روز هفته
با قابلیت تعریف دمای آسایش تابستانی و زمستانی برای هر گیرنده	قابلیت مدیریت تحت شبکه داخلی	قابلیت اتصال مودم و ارسال و ذخیره تمام داده ها بر روی سرور

ب) سامانه کنترل هوشمند هواساز (AHU) با درایو فرکانس متغیر (VSD)

۱) کنترل فن الکتروموتور هواساز ۲) کنترل شیربرقی کوئل سرد وگرم هواساز

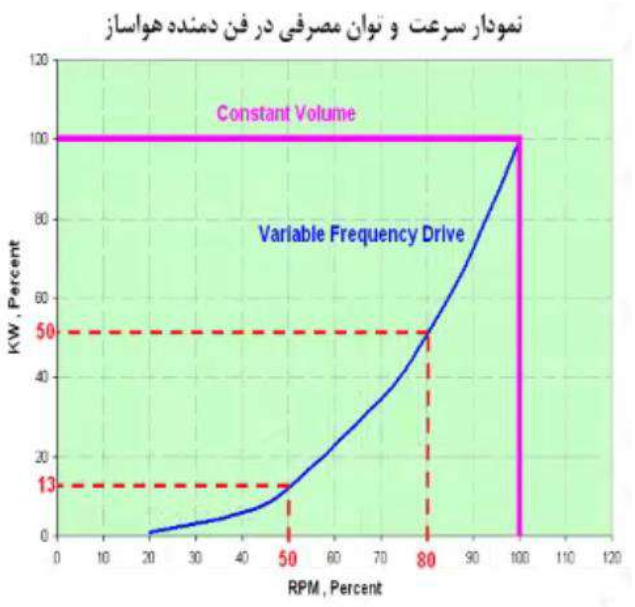


تاثیر درایو کنترل دور(VSD) بر عملکرد فن هواساز:

برطبق قوانون افینیتی دریک فن دمنده سانتریفیوژ:

تغییرات توان با مکعب تغییرات سرعت فن متناسب است: $P \sim (RPM)^3$

مثال: با کاهش دور یک فن دمنده به ۸۰٪ دور نامی برطبق قانون افینیتی توان الکتروموتور حدود ۵۰٪ کاهش می یابد.



سیستم های امنیتی هوشمند ساختمان

انواع کاربرد سیستم امنیتی: ۱- حفاظت دربرابر سرقت ۲- حفاظت دربرابر وقوع خطا

اجزاء سیستم امنیتی:

۱- دوربین هوشمند

۲- سنسور حرکتی هوشمند

۳- دزدگیر سیم کارتی(GSM)

۴- سنسور لرزش

۵- سنسور درب و پنجره

۶- سنسور نشت گاز، آب، دود

۷- دستگیره و قفل دیجیتال

سیستم های اعلان و اطفاء حریق هوشمند ساختمان – سیستم اعلان حریق آدرس پذیر

مزایای سیستم اعلان و اطفاء حریق هوشمند:

۱- سرعت و عملکرد بهتر

۲- دقت بالا

۳-کاهش اشتباهات انسانی

۴- اطلاعات دقیق

۵- مدیریت مؤثر منابع

۶- تعمیر و نگهداری آسان

۷- تعامل با سایر سیستم‌ها

اجزاء سیستم اعلان حریق هوشمند:

۱- پنل مرکزی

۲- تکرار کننده ها

۳- آشکارسازهای دود، دودی نوری، شعاعی خطی، نوری کانالی، بدون سیم، لیزری، یونیزاسیون، استنشاقی، حرارتی، دمای حرارتی ثابت، حرارتی با سرعت افزایش دما، حرارتی مرکب، شعله

۴- شستی اعلام حریق

۵- تجهیزات هشداری شنیداری

۶- تجهیزات هشدار دهنده دیداری

سیستم های کنترل آسانسور هوشمند ساختمان

ویژگی آسانسورهای هوشمند:

۱- امکان تعرف ۳۰۰ کارت وبیشتر

۲- پاک کردن و تعریف کارت مجدد

۳- ولتاژ ۱۸ الی ۳۰ ولت در پنل های لمسی

۴- تعامل با سایر بخشهای مدیریت هوشمند ساختمان

۵- ارتباط و هماهنگی با سایر بخشها مانند پارکینگ و یا فراخوان با به صدا درآمدن آیفون

۶- کنترل از طریق سیستم مرکزی و اپلیکیشن

سامانه های کنترل و پایش آنلاین

سامانه های پایش آنلاین وضرورت استفاده از آن:

انقلاب صنعتی چهارم – توسعه حوزه دیجیتال – اینترنت اشیاء (IOT) – پایش مستمر تحت WEB – تجهیزات HVAC – تضمین صرفه جوئی انرژی، مدیریت ساختمان، مدیریت دارائی، نگهداری و تعمیرات پیشگویانه، ازجمله دست آوردهای شگرف این عرصه هستند.

سایرمزایای راهکارهای اجرا شده: