

## مواد، مصالح و انرژی های نو در صنعت ساختمان

الهه میرجلیلی، محمد هادی میرجلیلی  
دانشجوی رشته برق - الکترونیک، یزد بلوار دانشجو  
[Emirjalili@gmail.com](mailto:Emirjalili@gmail.com)

### چکیده

با توجه به بحران زیست محیطی که حیات بر روی کره زمین را تهدید می کند و نیز افزایش چشمگیر مصرف انرژی که باعث تشدید این بحران شده است لزوم رویکرد به منابع انرژی پاک و تمیز باید با شدت بیشتری مورد توجه قرار گیرد. انرژی مهمترین منبع پیشرفت و تکامل اقتصادی و صنعتی یک کشور میباشد. استاندارد زندگی هر جامعه اغلب به سرانه مصرف انرژی آن جامعه مربوط میشود. اگر چه مصرف در جوامع صنعتی بالاتر است اما آهنگ رشد مصرف در کشورهای در حال توسعه بیشتر میباشد. از این رو انرژی خورشیدی به عنوان یکی از انواع انرژی های نو این منبع لایزال الهی که کشور ما به دلیل شرایط خاص جغرافیایی و اقلیمی، بطور نامحدود از این موهبت برخوردار است، به عنوان بهترین و امید بخش ترین منبع انرژی شناخته شده است. در این مقاله سعی شده تا به بررسی استفاده از انرژی خورشیدی در ساختمان ها و سیستم های سرمایشی و گرمایشی خورشیدی پرداخته شود. مطمئناً با توجه به پیشرفت و تمدن انسان ها میتوان با ایجاد تحول در تکنولوژی ساخت سهم بسزایی در حفاظت انسان از سرما و گرما، بویژه صرفه جویی و کاهش مصرف سوخت در ساختمان ها را داشته باشد اما شرط موفق در این امر مهم "اصل قرار دادن عامل انرژی و کاهش مصرف سوخت در ساختمان ها" به عنوان یک امر مهم حیاتی و الزامی در تمام شئون هر پروژه ساختمانی اعم از مطالعات اولیه تا طراحی معماری، بکارگیری عناصر و جزئیات جدید و روش های اجرای ساختمان برای تحقق و برپایی هر "ساختمان بهینه" است بنابراین در ادامه این مقاله بر نقش مصالح و اجزاء ساختمانی در کاهش مصرف سوخت در ساختمان ها پرداخته شده است.

واژه های کلیدی: انرژی خورشیدی - سیستم های سرمایشی و گرمایشی - مصالح ساختمانی

### مقدمه

منبع اصلی انرژی هم در کشورهای صنعتی و هم در کشورهای در حال توسعه، سوخت های فسیلی بوده است. بیش از 80٪ انرژی مصرفی جهان از سوخت های فسیلی تامین میشود. یک چنین مصرف بی رویه سوخت های فسیلی موجب آلودگی های آب و هوای کره زمین گردیده است. که حاد ترین نوع آن تغییر دمای کره زمین میباشد بر اساس

پیش بینی دانشمندان، چنانچه روند کنونی مصرف سوخت فسیلی و تخریب جنگل ها ادامه یابد در حدود 30 تا 50 سال آینده دمای کره زمین در حدود 4 درجه سانتی گراد افزایش خواهد یافت. با وجود این افزایش دما سطح آب دریاها و اقیانوس ها به اندازه 40 تا 60 سانتی متر میشود همچنین آلودگی های سوخت های فسیلی موجبات تخریب لایه اوزون شده و موجب افزایش برخی از بیماری ها مانند سرطان پوست در انسان و لطمه به محصولات کشاورزی میشود.

به منظور رهایی از عواقب زیست محیطی فوق ضرورت روی آوری به منابع تمیز انرژی را می بایست جدی تلقی نمود. مسئله انرژی خورشیدی و استفاده از این منبع ارزشمند در سال های اخیر در سطح جهانی مطرح بوده است. این انرژی آزاد بدون قیمت و قابل گردآوری و استفاده است و موجب آلودگی محیط زیست نیز نخواهد شد. مقدار انرژی که زمین از خورشید دریافت میکند 5000 برابر بیشتر از آنست که جمعیت فعلی زمین بتواند آن را مورد استفاده قرار دهد و مهمتر اینکه این انرژی در انحصار شرکت یا کشوری نیست که بتواند در مورد آن محدودیتی ایجاد نماید. از این رو استفاده از انرژی خورشیدی در ساختمان ها میتواند از اهمیت بسزایی برخوردار باشد.

انواع انرژی مصرفی در ساختمان ها بطور عمده برای مقاصد ذیل مورد استفاده قرار میگیرد:

گرمایش و سرمایش هوا

گرم کردن و یا سرد کردن مواد

روشنایی، وسایل صوتی و تصویری و ماشین های خانگی

تهویه

شاید به جرات به توان گفت که یکی از مهمترین دلایل گسترش باورنکردنی سیستم های حرارتی گرمایش کفی در کشورهای صنعتی، کاهش قابل ملاحظه ی سوخت و انرژی در مقایسه با سایر سیستم های حرارتی میباشد.

## 1. قابلیت استفاده از انرژی های نو در سیستم گرمایش

### کف ساختمان ها

گرمایش تابشی به عنوان آرامش بخش ترین و طبیعی ترین گرمای موجود است. سیستم کف تابشی از طریق کل کف بدون آن که فضای خاصی را در منزل به خود اختصاص دهد باعث گرمایش منزل میگردد و هیچ منبع حرارتی یا رادیاتوری در اتاق نمیباشد که باعث برهم خوردن طراحی داخلی گردد و از این نظر مورد علاقه مهندسان معمار نیز میباشد این سیستم علاوه بر راحتی ساکنان باعث کاهش مصرف انرژی بین 30\_40 درصد نیز میگردد.

دمای پایین آب مورد نیاز سیستم گرمایش کفی، این امکان مهم و اساسی را فراهم می آورد که به عنوان تنها سیستم تامین گرمایش بتوان از انرژی های نو، مانند انرژی خورشیدی استفاده نمود.

با توجه به محدودیت منابع سوخت، سیستم هایی که بتوانند در تامین گرمایش علاوه بر سوخت از انرژی تابشی خورشید به عنوان یک جایگزین مطمئن استفاده کنند از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند. در حال حاضر سیستم گرمایش کفی در استفاده از انرژی خورشیدی منحصر به فرد میباشد.

علی رغم وجود مناطق وسیعی از کشورمان که از انرژی ژئوترمال برخوردار هستند، به ویژه نواحی سلان، خوی و ماکو، سهند و

دماوند، استفاده از این نوع انرژی به دلیل پیچیدگی های خاص آن هنوز در کشور به صورت جدی مورد استفاده قرار نگرفته است در صورتیکه استفاده از انرژی خورشیدی به دلیل راحتی و وسعت، بیشتر مورد توجه قرار داشته است.

انرژی خورشیدی برای سه کاربرد مهم در ساختمان میتواند مورد استفاده قرار بگیرد.

تامین آبگرم، برق و گرمایش برای ساختمان های مسکونی و تجاری توسط انرژی خورشیدی قابل استحصال است. دمای آب بالای مورد نیاز (70 تا 80 درجه سانتی گراد) در سیستم های گرمایشی که از رادیاتور یا فن کویل بهره میبرند قابلیت استفاده این سیستم ها را از انرژی خورشیدی منتفی میکند.

در صورتیکه سیستم گرمایش کفی با حداکثر دمای مورد نیاز 55 درجه سانتی گراد در محدوده ی دمای آب تولیدی توسط انرژی خورشیدی قرار دارد به راحتی با آن کار میکند.

انرژی خورشیدی و سیستم گرمایش کفی هر دو در کاهش آلایندگی های ناشی از احتراق سوخت های فسیلی نقش اساسی ایفا میکنند و بهره وری از آن ها باعث میشود که نسل آینده زندگی بهتری را تجربه کند.

## 2. سیستم سرمایش خورشیدی

بکارگیری انرژی خورشیدی برای تهیه مطبوع ساختمان ها با استفاده از سیستم های مختلفی امکان پذیر است این سیستم ها میتوانند آب سرد، هوای خنک و یا ترکیبی از آن ها را تولید نمایند.

معیارهای اصلی که برای انتخاب تکنولوژی و سیستم مناسب برای تولید سرمایش و یا تهیه مطبوع ساختمان ها لازم است در نظر گرفته شود شامل مقدار هوای تازه مورد نیاز، مقدار و ترکیب بار محسوس، مقدار بار نهان و میزان سطح آسایش مطلوب و مورد نیاز می باشد. میزان بار نهان و بار محسوس به شرایط جغرافیایی و نوع کاربردی و ویژگی های ساخت و ساز تجهیزات موجود در ساختمان بستگی دارد.

بر اساس نقشه همتابش کلی ایران، کمترین میزان انرژی دریافتی از خورشید در ایران متعلق به حاشیه نوار ساحلی شمالی است که با خط همتابش 110 کیلوکالری بر سانتی متر مربع در سال محدود شده است. بیشترین تابش خورشیدی در این نقشه در ناحیه گسترده ای در مرکز مناطق خشک ایران و به مقدار 180 کیلوکالری بر سانتی متر مربع در سال میباشد. به عبارت دیگر میزان حداکثر و حداقل تابش در ایران به ترتیب برابر 4/54، 7/34 کیلو وات ساعت بر متر مربع در روز برآورد میشود.

این میزان تابش خورشیدی امکان استفاده از انرژی حرارتی خورشیدی را در فرآیند سرمایش خورشیدی فراهم میسازد.

## 3. نقش مصالح و اجزاء ساختمانی در کاهش مصرف

### سوخت در ساختمان

تحقیقات نشان میدهد که توجه به عواملی در طراحی معماری میتواند موجب کاهش نیاز به گرمایش و سرمایش در ساختمان و جلوگیری از هدر رفتن گرما و سرمای تولید شده در ساختمان شود.

انرژی مورد نیاز جهت خنک کردن یک فضای معین در فصل گرما و گرم کردن در فصل سرما تابعی است از عوامل متعددا. از جمله این عوامل عبارت اند از:

ضرایب انتقال حرارت مصالح دیوار شامل مصالح اصلی، پلاستر گچ و خاک، ملات ماسه سیمان، سنگ یا چوب و یا فلز مورد استفاده در نمای ساختمان

ضریب انتقال حرارت هوای ساکن در ارتباط با دیوارهای داخلی

ضریب انتقال حرارت هوای متحرک در ارتباط با دیوارهای خارجی

نوع پنجره ها و درب ها و سطح اشغال شده توسط آن ها

وزن مصالح اصلی دیوار و نوع سقف اجرا شده

جهت یابی فضایی (شمال جنوب شرق و غرب) و جهت یابی پنجره ها و درب ها

منطقه قرار گیری فضا (سردسیر یا گرم سیرو...)

رطوبت نسبی هوای محیط

ابعاد فضا و روشنایی محیط

تعداد نفرات ساکن

که در این بخش به تاثیر مصالح ساختمانی مورد استفاده بر تبادل حرارتی درون و بیرون ساختمان میپردازیم.

یکی از مهمترین عواملی که میتواند موجب کاهش مصرف انرژی در ساختمان ها شود انتخاب صحیح مصالح ساختمانی برای بخش های مختلف ساختمان مانند دیوار خارجی سقف کف درها و پنجره ها می باشد و در این بخش قابلیت هدایت حرارتی مصالح مختلف که به طور معمول در ساختمان مورد استفاده قرار میگیرد مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفته و با تقسیم بندی این مصالح تاثیر انتخاب صحیح مصالح در کاهش مصرف انرژی ساختمان ها ارائه میشود.

### جدول نمونه شماره 1

#### مصالح

قابلیت هدایت حرارتی W/C.M	وزن مخصوص KG/M3	مصالح سفت کاری و سازه ای	ردیف
0.15	400	بتن سبک	1
0.21	600	بتن سبک	2
0.28	800	بتن سبک	3
0.36	1000	بتن سبک	4
0.47	1200	بتن سبک	5
0.60	1400	بتن سبک	6
0.75	1600	بتن سبک	7
1.00	1800	بتن سبک	8
1.5	2200	بتن معمولی	9
1.75	2400	بتن مسلح	10

### جدول نمونه شماره 2

#### مصالح سفت کاری و سازه ای

0.46	1000	آجر با ملات	1
0.52	1200	آجر مجوف کمتر	2
0.60	1400	آجر مجوف بیشتر	3
0.8	1800	آجر معمولی	4
10.05	1900	آجر نما	5

جدول نمونه شماره 3  
مصالح نازک کاری و نما

0.47	-	اندود کاه گل	1
0.7	-	کاشی لعابی	2
1.05	-	خشت	3
2.3	800	سنگ ترارتن	4
3.0	2500_3000	سنگ بازالت_گرافیک	5

جدول نمونه شماره 4  
مصالح روکش ها

0.35	1800	ورق های آزبست	1
0.7	1600	روکش گچ	2
0.9	1700	ملات شفته آهک	3
1.25	2000	ماسه سیمان و ملات بتن	4

جدول نمونه شماره 5  
مصالح متنوع وصنعتی

0.15	-	نئوپان فیبر	1
0.23	600_750	چوب سبک	2
0.29	800_1000	چوب سنگین	3
1.15	2700	شیشه	4
52	7780	فولاد	5
72	8770	آهن	6
203	2700	آلمینیوم	7
380	8930	مس	8

جدول نمونه شماره 6  
مصالح بتن قیری

0.5	1700	آسفالت	1
0.7	2100	آسفالت	2

جدول نمونه شماره 7  
مصالح عایق های صنعتی

0.03_0.035	20_50	پلی یورتان	1
0.035_0.04	20_50	پلی استیرن(یونولیت)	2
0.04_0.045	20_30	الیاف معدنی(پشم سنگ وپشم شیشه)	3
0.045_0.06	200_300	الیاف معدنی پانل(پشم شیشه وپشم سنگ)	4

جدول نمونه شماره 8

نسبت جذب خورشیدی برای اجسام و رنگهای مختلف

افزایش نسبی حرارت	جسم و رنگ	ردیف
100	سیاه (سیاه براق) برابر 100 فرض میشود.	1
96	رنگ سبز متوسط	2
95	پوشش بام تخته ای با رنگ قرمز	3
90	پوشش بام تخته ای با رنگ سبز	4
86	پوشش بام تخته ای با رنگ آلومینیومی	5
78	آهن گالوانیزه	6
60	رنگ آلومینیوم	7

53	رنگ زرد فلزکاری	8
41	ورقه آلومینیوم	9
40	رنگ سفید عاجی	10
35	رنگ سفید صاف	11
31	رنگ سفید براق	12

عایق بندی حرارتی فضای مجوف در اطراف ستون ها و در عرض سطح خارجی تیرها تا پشت پنجره ها باید حالت پیوسته داشته باشد ، تا بطور کلی حداقل پل حرارتی در سازه دیوارها بوجود آید.

در صورتی که نمای سنگی بدنه دیوارها با شاسی کشی و نصب سنگ توسط خراوشیپیل صورت گرفته باشد و از سوی دیگر درز سنگ ها در تمامی جهات توسط نوار پشت گیر پلی استرین و درزگیر ماستیکی پر شود خلا موجود بین دیوار خارجی و نمای آن میتواند خود نوعی ایزوله حرارتی بوجود آورد و سنگها بصورت کشویی قابلیت نصب داشته باشد. با توجه به اقلیم های متفاوت برای بالا بردن جذب انرژی خورشیدی میتوان با مضرس کردن سطوح و ایجاد شیارهای عمودی و افقی بر روی پانل های دیواری ظرفیت گرمایی ذخیره شده در پانل ها را افزایش داد.

باگنجاندن عایق حرارتی در ساخت دیوارهای پیش ساخته بصورت ساندویچی و قرارگرفتن درمیان دو لایه بتن می توان پوشش پیش ساخته را بعنوان سدی یکپارچه ، مقاوم و با دوام در برابر باران و برف به همراه عایق بندی صوتی و آتشدادی ، حرارتی خوب پذیرفت دردیوارهای ساخته شده بلوکی ، پوشش داخلی باید مستقل از پانل های پوششی و اعضای سازه ای ساخته شود تا قطع شدگی پوشش داخل به حداقل کاهش یابد و امکان پرت انرژی را نداشته باشد البته باید عایق کاری حرارتی داخلی یا خارجی بدنه های نما ، کف سقف ها بصورت پیوسته و لاینقطع صورت گیرد پل حرارتی (پل سرمایی) اصطلاحی است که برای موادی با ضریب هدایت حرارتی بالا به کار می رود. در سازه ، دیوار عایق حرارتی ضعیفی محسوب میشود که در برابر انتقال حرارت مقاومت کمی از خود نشان می دهد مثلا پل سرمایی در شیشه نازک پنجره ها بوقوع می پیوندد ، زیرا مانند پلی سرما را از خارج به داخل و یا بالعکس پل گرمایی برای انتقال گرما از داخل به خارج می شود. با استفاده از پلی استرمسلح الیاف شیشه (G.R.P) را به راحتی می توان به عنوان یک پانل ساندویچی (لایه ای) در اطراف هسته مرکزی از عایق حرارتی ایجاد نمود و با ساخت پانل ساندویچی مذکور می توان هر دو کار تقویت و عایق بندی حرارتی را تواما تامین نمود.

این پانل ها از دودسته متورق در اطراف هسته ای از عایق حرارتی قالب گرفته میشوند. تولید ورق فلزی مرکب که در آن یک هسته عایق حرارتی در میان دو ورق فلزی قرار گرفته است از نظر ایجاد استحکام مشابه حالت پروفیلی است.

#### 4. انواع مصالح ساختمانی از نظر صرفه جویی در مصرف

##### انرژی

به طور کلی مصالح مناسب از دیدگاه میزان تبادل حرارت (با توجه به اطلاعات ارائه شده در جدول بخش قبلی) به صورت زیر توصیه میشود:

##### الف: پلاستیک ها

مهمترین ویژگی پلاستیک ها از دیدگاه صرفه جویی در مصرف انرژی عبارت اند از :

مقاوم در برابر شرایط جوی مختلف

دارای تنوع رنگ

سبک بودن

قابلیت هدایت گرمایی کم

بالابودن ضریب انبساط گرمایی

جاذب ضربه

بی منفذ بودن

پلاستیک ها را میتوان با الیاف شیشه مسلح نمود و از آن ها پانل های سبک وزن تولید و جایگزین پانل های پیش ساخته بتونی نمود .

##### ب: پی وی سی ها

مهمترین ویژگی پی وی سی ها از دیدگاه صرفه جویی در مصرف انرژی عبارت اند از :

آب بندی کامل

عدم امکان نفوذ مواد

امکان یک پارچه سازی در کف ها و بدنه ها

##### ج: پلی استیرن ها

مهمترین ویژگی پلی استیرن ها از دیدگاه صرفه جویی در مصرف انرژی عبارت اند از :

عایق حرارتی خوب

عایق صوتی خوب

برای همه سطوح اعم از کف ها سقف ها و دیوارها

##### د: پلی اورتان ها

مهمترین ویژگی پلی اورتان ها از دیدگاه صرفه جویی در مصرف انرژی عبارت اند از:

قابلیت پرس و نورد

عایق حرارتی بالا

چسبندگی خوب

امکان استفاده به شکل مایع در کلیه ی دیوارها سقف ها و کف ها جهت عایق کاری یا پاشیدن آن ها روی سایر مصالح

##### ه: پشم شیشه ها

مهمترین ویژگی پشم شیشه ها از دیدگاه صرفه جویی در مصرف انرژی عبارت اند از:

عایق گرمایی خوب

عایق صوتی خوب

میتوان با استفاده از الیاف شیشه صفحات سیمانی مسلح به عنوان پوشش نما که حاوی ایزوله حرارتی است ارائه نمود.

**و:پشم سنگ ها**

مهمترین ویژگی پشم سنگ ها از دیدگاه صرفه جویی در مصرف انرژی عبارت اند از:

عایق حرارتی بسیار خوب

**ز:ترکیب چوب پنبه ها با مخلوط سیمان یا مخلوط قیر**

مهمترین ویژگی این ترکیب ها از دیدگاه صرفه جویی در مصرف انرژی عبارت اند از:

عایق گرما

عایق رطوبت

عایق صوت

عایق الکتریسیته

سبکی وزن آن ها

میتوان با مسلح ساختن قطعات پیش ساخته به جای شبکه های فولادی ریز در دو شبکه با استفاده از میله های کامپوزیتی زمینه پلیمری یا شبکه های توری کامپوزیتی که ضریب هدایت حرارتی کمتر و وزن سبک تری دارند هم برای کاهش وزن و هم برای کاهش تبادل حرارتی استفاده نمود. و یا با استفاده از ورقه های فلزی به عنوان رویه دیوار، پانل هایی تولید و به کار گرفت که ورق فلزی بعنوان پوسته محافظ خارجی دیوار که پشت آن با موادی هوا بند و عایق بند پرس شده است و استفاده از سیستم قابی بودن سازه در سیستم ساخت و سازه های امروزی امکان ایزوله حرارتی و رطوبت را فراهم ساخت که از جمله از آن ها استفاده از مصالح صفحه ای غیرجاذب (باران و رطوبت) است.

**5. نقش بتن متخلخل اتوکلاو شده (بتن سبک گازی) در****کاهش مصرف سوخت ساختمان**

تولید بتن متخلخل اتوکلاو شده با داشتن ویژگی هایی مانند سبکی وزن، عایق بودن در برابر گرما و سرما، کارپذیری و سرعت زیاد کار به طور وسیعی در کشور های مختلف جهان بویژه کشور های اروپایی تولید و مصرف شود. سبک بودن این نوع بتن، مرتبه سازی را آسان و کم هزینه می کند و پایین بودن ضریب هدایت حرارتی آن ساختمان را در برابر سرما و گرما عایق می سازد. از طرف دیگر تقریباً در تمام نقاط ایران، سنگ سیلیسی که دست کم دارای 80٪  $SiO_2$  باشد، وجود دارد علاوه بر آن صنایعی مانند کارخانه های تولید ماسه برای صنایع شیشه سازی وجود دارند که ضایعات این کارخانه ها را میتوان به راحتی در تولید بتن متخلخل اتوکلاو شده استفاده نمود این کار نه تنها توجیه اقتصادی خوبی دارد بلکه از لحاظ زیست محیطی نیز کار پسندیده ای است. با وجود مزایا و پتانسیل های زیاد این نوع بتن در کشور اطلاعات چندانی از آن در دسترس متخصصین امر ساختمان وجود ندارد. با توجه به تقاضای روز افزون مسکن و اینکه استفاده از روش ها و مصالح سنتی نمیتواند جوابگوی این نیاز شدید باشد شناخت و استفاده از روش ها و مصالح سنتی نمی تواند جوابگوی این نیاز شدید باشد. شناخت و استفاده از بتن متخلخل اتوکلاو شده لازم و ضروری است.



تولید بتن متخلخل اتو کلاو شده طی دهه های اخیر در سطح جهان به دلیل اهمیت یافتن بهینه سازی مصرف انرژی از رشد چشمگیری برخوردار بوده است. به وجود آمدن بحران انرژی و موضوع بهینه سازی مصرف سوخت ساختمان ها دلیل دیگری برای رشد تولید این محصولات در دنیا محسوب میشود.

مزایای بتن متخلخل اتو کلاو شده از حیث اجرایی و همچنین طراحی تاسیسات برودتی و حرارتی انکار ناپذیر بوده و فرهنگ سازی مناسبی در کشور ما برای استفاده و ترویج این نوع بتن انجام پذیرفته و با توجه به آمار توسعه جهانی جای رشد و ترویج استفاده از این در کشور ما وجود دارد.

روش های اجرایی این نوع بتن به دلیل ویژگی های خاص آن باید قبل از اجرا به کاربران تفهیم شود تا استفاده از آن به صورت اقتصادی تر و مطمئن تری انجام پذیرد.

## 6. نتیجه

دستاورد های حاصل از صرفه جویی مصرف انرژی در ساختمان ها

1. اقتصادی بودن ساخت ، علیرغم افزایش قیمت در اجرا، دلیل کاهش مصرف انرژی ، هزینه کل ساختمان (شامل هزینه ساخت و هزینه های دوره بهره برداری است) کاهش می یابد.
2. استفاده از سیستم های کم مصرف و پر بازده (به عنوان یک ضرورت) نه تنها موجب صرفه جویی در مصرف انرژی میگردد بلکه موجب ارتقاء و تحول روش های ساخت و استفاده از مصالح نوین در ساختمان ها خواهد شد.
3. جلوگیری از هدر رفتن گرما و سرمای تولید شده
4. کاستن از انرژی سرمایشی و گرمایشی در ساختمان
5. کاهش جرم و وزن در پوسته های خارجی ساختمان که کاهش بارهای ثابت (مرده) ساختمان و کاهش نیروی زلزله را به همراه دارد.
6. بهبود فرم کالبدی ساختمان و خلق آثار ویژه معماری

## منابع

- مجموعه مقالات سومین همایش بین المللی بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان ها . بهمن ماه 1382
- مقررات ملی ساختمانی ایران مبحث پنجم \_ مصالح و فرآورده های ساختمانی. سال 1379
- کباری. سیاوش. سال 1375. مصالح شناسی. تهران . دانش و فن
- حاج سقطی. اصغر. 1380. اصول و کاربرد انرژی خورشیدی. تهران دانشگاه علم و صنعت ایران. مرکز انتشارات
- [http://isoces.ir/content/content\\_view.php?id=1195](http://isoces.ir/content/content_view.php?id=1195)