نشریه علمی تخصصی شباک
سال ششم، شماره ۶ (پیاپی: ۵۷)، بهمن ۱۳۹۹
ISSN: 2476-3667

# امکان‌سنجی استفاده از سیستم بام آبی در شهر کرج

**محمد بهزادپور[۱]، محمد صفردوخت اصل[۲]***

کد مقاله: ۲۲۶۱۲

## چکـیده

امروزه در پی رشد جمعیت شهرها و ازدیاد شهرنشینی، میزان مصرف انرژی‌های فسیلی افزایش یافته و همچنین آلودگی محیط زیست نیز تحت تاثیر افزایش جمعیت شهرها، افزایش یافته است که این آلودگی موجب پیامدها و آسیب‌هایی در جو زمین و محیط شهری می‌شود. بام آبی یکی از سیستم‌های سامانه غیرفعال خورشیدی است که در این تحقیق با هدف امکان‌سنجی استفاده از این سیستم در شهر کرج، مورد بررسی قرار گرفته و هدف از انجام این تحقیق بررسی امکان استفاده از شرایط پیش آمده اقلیمی در اثر آلودگی‌های محیط زیست است تا بتوان از ازدیاد میزان گرمای انتقالی از طریق تابش آفتاب بر بام ساختمان‌ها بهره‌جست و در راستای کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های شهر کرج از آن استفاده نمود. در این تحقیق از روش توصیفی-تحلیلی با مطالعات کتابخانه‌ای استفاده شده و در نهایت نتیجه بدست آمده حاکی از آن است که با توجه به شرایط اقلیمی حال حاضر شهر کرج می‌توان از سیستم بام آبی در این شهر استفاده نمود.

**واژگـان کلـیدی:** بام آبی، کرج، سیستم غیرفعال خورشیدی

۱- استادیار و عضو هیات علمی گروه معماری دانشکده فنی و مهندسی، واحد هشتگرد، دانشگاه آزاد اسلامی، هشتگرد، البرز، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی معماری، دانشگاه رجاء، قزوین، ایران (نویسنده مسئول)
*m.safardokht73@gmail.com*



www.SID.ir

## ۱- مقدمه

در دهه‌های شهرنشینی بسیار افزایش یافته و رو به رشد است تا جایی که طبق تحقیقات صورت گرفته حدود ۵۰درصد از کل جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کنند و این افزایش شهرنشینی پیامدها و آسیب‌هایی گاه جبران ناپذیر بهمراه داشته است. کاهش شدید و رو به اتمام انرژی‌های تجدیدپذیر و سوخت‌های فسیلی، آلودگی بسیار زیاد محیط زیست، تخریب محیط زیست و اکوسیستم، آسیب‌هایی که توسط آلودگی ناشی از سوخت‌های فسیلی به لایه‌های جوی زمین وارد شده و... همگی از پیامدهای افزایش جمعیت شهرها و گسترش شهرنشینی است. و با توجه به آسیب‌های وارده، می‌توان از این شرایط پیش‌آمده بنفع خود استفاده کرد و با استفاده از برخی سیستم‌های ساختمانی از این شرایط استفاده مفید داشت. در سال‌های اخیر بسیاری از پژوهشگران و محققان در رابطه با کاهش مصرف انرژی تحقیقات، مصالح ساختمانی، شیوه‌های ساخت و سیستم‌های ساختمانی قابل توجهی ارائه داده‌اند و در بحث معماری نیز از آن استفاده چشمگیری بعمل آمده، از جمله سیستم‌های ساختمانی پرکاربرد، بام سبز است که امروزه بسیار مورد توجه و استقبال قرار گرفته است. اما سیستم‌هایی نیز طراحی و ارائه شده‌اند که متاسفانه مورد توجه و استقبال مهندسان قرارگرفته نشده و از آن‌ها استفاده‌ای نمی‌شود که سیستم بام آبی از جمله آن‌هاست.

هدف از ارائه این تحقیق امکان‌سنجی اجرای سیستم بام آبی در شهر کرج است تا بتوان از گرمای هوا و افزایش گرمای تابشی ناشی از آسیب‌های جوی در جهت کاهش مصرف انرژی استفاده کرد. همچنین سوال تحقیق بصورت آیا امکان اجرای بام آبی در شهر کرج با توجه به اقلیم آن، وجود دارد؟ مطرح شده و گمان می‌رود که با توجه به آلودگی شدید هوای این شهر و اقلیم آن، می‌توان این سیستم را در این شهر به مرحله اجرا رساند. روش تحقیق بصورت توصیفی-تحلیلی بوده و با استفاده از منابع و مطالعات کتابخانه‌ای با مرور برخی کتب معتبر و مقالات معتبر داخلی و خارجی صورت پذیرفته است و همچنین آمار ارائه شده برگرفته از مقالات تخصصی و گزارشات معتبر سازمان‌های ذیربط است.

## ۲- پیشینه تحقیق

گازهای گلخانه‌ای به طور معمول زمین را احاطه کرده و آن را در حدود ۳۳ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر از آنچه که بدون این گازها در جو بوده نگه می‌دارند (امیری و اسلامیان، ۱۳۷۸). امروزه تامین انرژی از اساسی‌ترین پیش‌نیازهای توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورها بشمار می‌رود. توسعه پایدار انرژی علیرغم تاثیراتی که در بهبود شرایط اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی دارد، در فرایند توسعه اقتصادی موجب نشر آلاینده‌های مختلف زیست‌محیطی نیز می‌شود که از جمله مهمترین آن‌ها آلودگی هوا در اثر انتشار و نشت گازهای آلاینده ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی است. با توجه به اهمیت و جایگاه ویژه بخش صنعت در فرایند رشد و توسعه کشورهای درحال توسعه از جمله ایران، مصرف انرژی بعنوان یکی از مهمترین عوامل تولید در بخش صنعت و به تبع آن، میزان مواد آلاینده حاصل از احتراق سوخت‌های فسیلی نیز به شدت افزایش یافته است (نصراللهی و غفاری، ۱۳۸۹). به دلیل شهرنشینی ، مناطق طبیعی به مناطق غیر قابل نفوذ (به عنوان مثال جاده ها، ساختمانها، سقف ها و غیره) تبدیل می‌شوند. با توجه به این کاهش نفوذ، تجمع آب‌های سطحی افزایش می یابد که باعث پدیده سیلاب و جزایر گرما در مناطق شهری می شود( M. E. Assessment, 2003).در کشورهای پیشرفته ، مناطق بام شهری تقریباً ۴۰ تا ۵۰ درصد از سطح غیر قابل نفوذ را تشکیل می دهند (P. Bacci and M. Maugeri, 1992) شهرهای بزرگ به دلیل داشتن سطوح گسترده، سخت و غیرقابل نفوذ، حرارت تابشی آفتاب را به سرعت جذب و خود به صورت منابع ساطع کننده انرژی گرمایی عمل می‌کنند. چنین حالتی را اصطلاحاً پدیده «جز یره گرمایی» می‌نامند. در این حالت اختلاف دمای قابل توجهی بین نواحی شهری وجود دارد که سطوح آن‌ها با آسفالت و قیرگونی پوشیده شده و مناطقی که با پوشش گیاهی پوشیده شده‌اند. این اختلاف اثر جزایر گرمایی شهری بین شهر و حومه آن در تابستان میتواند تا ۱۰ درجه فارنهایت باشد (Luckett, 2009). در این صورت دستگاه‌های هواساز و خنک کننده افزایش پیدا می‌کند که این خود بر میزان مصرف انرژی می‌افزاید و پدیده گازهای گلخانه‌ای که مهمترین عامل تخریب لایه اوزون هستند، تشدید می‌شود براساس گزارش سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده، دمای هوای شهر می‌تواند تا ۵/۶درجه سانتی‌گراد گرم‌تر از حومه‌های اطراف شود و به ازای هر ۰/۶ درجه سانتی‌گراد افزایش درجه حرارت هوا، اوج بار ممکن است ۲درصد افزایش پیدا کند(US EPA, 2003). در ابنیه سنتی مناطق کوهستانی ایران ابنیه‌ای با ارتفاع جان‌پناه بسیار پایین و در حد نهایتا ۳۰سانتی‌متری وجود دارد که کاربرد این جان‌پناه‌ها نگهداری برف روی بام بنا و بواسطه این برف، حفظ گرمای موجود در داخل بنا است. که در ابنیه خارجی از سال ۱۹۳۰میلادی به اجرا در آم و تحت عنوان حوضچه سقفی مورد استفاده قرار گرفت (قیابکلو، ۱۳۹۴).


www.SID.ir

## ۳- ضرورت تحقیق

بام آبی علیرغم اینکه در ساختمان سازی سنتی ایران صورت مشابه دارد و در برخی کشورهای پیشرفته جهان چون آلمان، فرانسه و ... بصورت یک دستورالعمل اجرایی در ساختمان‌سازی درآمده است، در ایران ناشناخته مانده و هیچگونه توجهی به آن نمی‌شود و این درحالیست که این سیستم توانایی اجرا در بسیاری از شهرهای ایران از جمله شهرهای شمالی کشور، شهرهای تهران، کرج، تبریز و ... را دارد و می‌توان از آن جهت کاهش مصرف انرژی گرمایشی استفاده کرد. و بدینوسیله در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد.

## ۴- مبانی نظری

### ۴-۱- موقعیت و اقلیم شهر کرج

کرج مرکز استان البرز و یکی از کلان‌شهرهای ایران است و به عنوان چهارمین شهر بزرگ ایران شناخته می‌شود. کرج یک شهر کوهپایه‌ای است که در دامنه رشته کوه‌های البرز و در بلندای ۱٬۳۰۰ متر بالاتر از سطح دریا قرار دارد. کرج در ۳۶ کیلومتری غرب تهران، در کرانه غربی رود کرجو در دامنه جنوبی رشته کوه البرز گسترده شده‌است. این شهرستان از شمال به استان مازندران، از شرق به شهرستان تهران، از جنوب به شهرستان شهریار و استان مرکزی و از غرب به شهرستان ساوجبلاغ و استان قزوین محدود است. کرج چهارمین شهر پرجمعیت ایران و بیست و دومین کلان‌شهر پرجمعیت خاورمیانه، و همچنین پس از تهران بزرگ‌ترین شهر مهاجرپذیر ایران است.

**جدول۱: میزان جمعیت شهر کرج طی سرشماری سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ بهمراه متوسط رشد سالانه (مرکز ملی آمار ایران، ۱۳۹۹)**

| سال ۱۳۸۵ | سال ۱۳۹۰ | ۱۳۹۵ | متوسط رشد سالانه (درصد) |
|---|---|---|---|
| ۱,۷۳۲,۲۷۵ | ۲,۰۲۴,۷۶۵ | ۲,۵۱۲,۷۳۷ | ۲/۳۷ |

شهر کرج در عرض جغرافیایی ۳۵/۸۲ درجه و در اقلیم سرد و کوهستانی قرار گرفته که به موجب این قرارگیری اقلیمی دارای تابستان‌هایی گرم و خشک و زمستان‌هایی سرد است. در مقیاس کلی منطقهٔ کرج همانند سایر بخش‌های استان البرز در فصول سرد سال متأثر از سیستم‌های شمالی و شمال غربی و غربی به ویژه جنوب غربی بوده و ریزش‌های جوی آن که از ماه‌های آبان و آذر آغاز و تا اواسط اردیبهشت ماه ادامه دارد، تابعی از فعالیت‌های سیستم‌های فوق می‌باشد.

از نظر ویژگی‌های خرد اقلیمی، منطقهٔ کرج از پاره‌ای جهات دارای مختصات شاخصی است که به آن‌ها اشاره می‌شود:

منطقهٔ کرج به لحاظ اقلیمی تحت تأثیر ارتفاعات البرز و درهٔ چالوس و رودخانهٔ کرج قرار دارد که موجب خنک و مرطوب‌تر شدن این منطقه نسبت به تهران می‌گردد و این تمایز تقریباً در تمام طول سال مشاهده می‌گردد. علت اختلاف دمای کرج نسبت به تهران به خصوص در شب‌ها به سبب نزدیکی کرج به ارتفاعات شمالی و سرد شدن شبانهٔ این دامنه‌ها و وزش باد کوه به دشت می‌باشد. دور بودن کرج از دشت کویر نیز موجب برودت و رطوبت بیشتر این منطقه نسبت به تهران در فصول مختلف سال، به ویژه در تابستان می‌گردد. در مورد بارندگی‌های تابستانهٔ کرج می‌توان این‌گونه بیان داشت که گاهی اوقات برخورد دو تودهٔ هوای گرم جنوبی و نسبتاً سرد و مرطوب شمالی که در سطوح فوقانی ناحیهٔ البرز صورت می‌گیرد، موجب می‌گردد که ابرهای جوششی بسیار فعال در منطقه پدید آمده و ریزش‌های رگباری شدیدی را به‌وجود آورد که غالباً همراه با سیل است.

برخی از مشخصه‌های اقلیمی ایستگاه تحقیقات هواشناسی کشاورزی کرج در دورهٔ آماری ۱٬۳۵۰ تا ۱۳۸۰ به شرح ذیل می‌باشد:

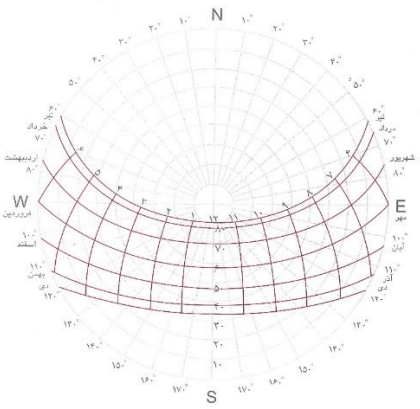
میانگین بارندگی سالیانهٔ کرج حدود ۲۵۱ میلی‌متر با ضریب تغییرات ۲۴۰۱ درصد و حداقل ۸۹۰۳ میلی‌متر و حداکثر ۳۷۴۰۴ میلی‌متر می‌باشد. فصل زمستان با ۴۲۰۳ درصد و فصل تابستان با ۱۰۵ درصد بیشترین و کمترین سهم را در بارش سالیانه بر عهده دارند. حداقل و حداکثر مطلق دما به ترتیب ۲۰- و ۴۲ درجه و میانگین سالیانه نیز ۱۴۰۱ درجهٔ سانتی‌گراد می‌باشد. ماه تیر با میانگین ۲۶۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد و دی با ۱۰۲ درجهٔ سانتی‌گراد به ترتیب گرم‌ترین و سردترین ماه سال محسوب می‌شوند. میانگین تعداد روزهای یخبندان با آستانه‌های صفر، ۵- و ۱۰- به ترتیب ۷۶۰۲۴ و ۷ روز می‌باشد. میانگین سالیانهٔ رطوبت نسبی ۵۲ درصد و میانگین حداکثر و حداقل آن به ترتیب ۷۲ و ۳۸ درصد می‌باشد. جمع تبخیر سالیانه از تشت کلاس A بالغ بر ۲۰۱۸۴ میلی‌متر می‌باشد. دی با متوسط ۲۶ میلی‌متر و تیر با ۳۷۵ میلی‌متر به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار تبخیر را دارا هستند. مجموع سالیانهٔ



www.SID.ir

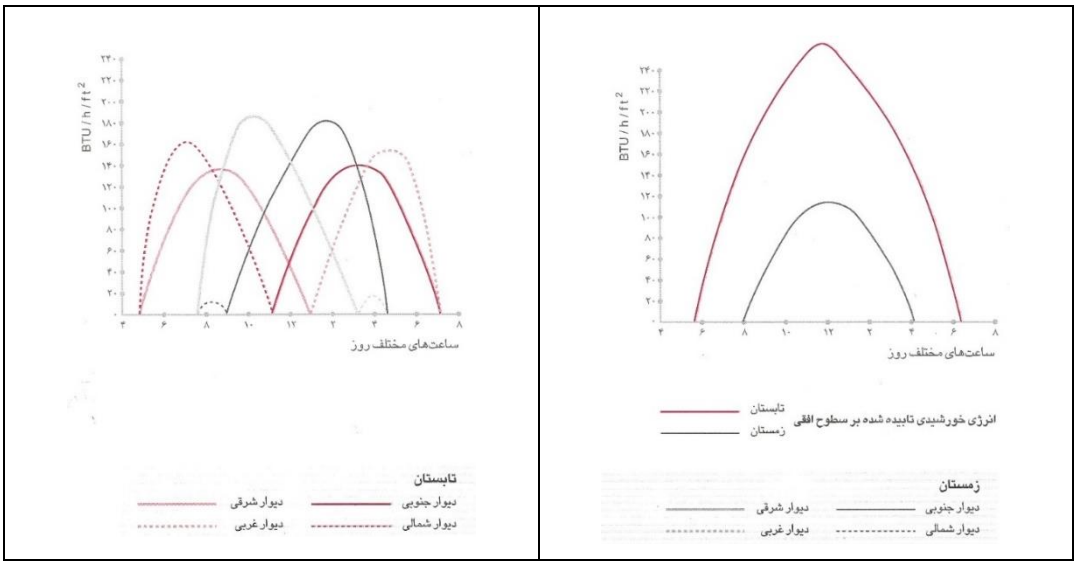
تبخیر–تعرق پتانسیل کیاه مرجع به روش پنمن مانتیث ۱٬۳۰۷ میلی‌متر محاسبه گردیده‌است. میانگین ساعات آفتابی سالیانه در طی دورهٔ آماری برابر با ۲٬۸۹۹ ساعت به ثبت رسیده‌است (url 2).

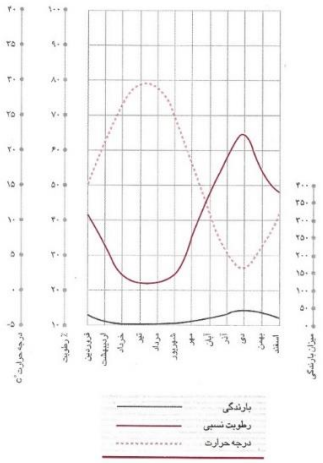
باد غالب در کرج که بر مبنای سه نوبت دیدبانی (صبح، ظهر و عصر) محاسبه گردیده‌است، در جهت شمال غربی بوده و متوسط آن ۳٫۴ متر بر ثانیه می‌باشد. بیشترین سرعت باد در کرج ۲۴٫۵ متر بر ثانیه از سمت غرب و میانگین سرعت باد ۲٫۲ متر بر ثانیه به ثبت رسیده‌است. امروزه هوای کرج به دلیل گسترش شهر و تردد زیاد وسائل نقلیه و وجود کارخانه‌ها و شهرک‌های صنعتی رو به آلودگی است به‌طوری‌که در فصل‌های پاییز و زمستان وارونگی هوا کاملاً قابل لمس بوده‌است.




**شکل ۱– موقعیت و زوایای تابش خورشید در شهر کرج (اقلیم و معماری،کسمائی، ۱۳۹۲)**

**جدول۲: نمودارهای انرژی خورشیدی تابش‌یافته بر سطوح قائم (اقلیم و معماری،کسمائی، ۱۳۹۲)**




**شکل ۲– نمودار میزان بارندگی، رطوبت نسبی و درجه حرارت شهر کرج (اقلیم و معماری،کسمائی، ۱۳۹۲)**


www.SID.ir

**جدول۳: نمودارهای انرژی خورشیدی تابش‌یافته بر سطوح قائم (اقلیم و معماری،کسمائی، ۱۳۹۲)**

| ماه‌های سال | | معدل درجه حرارت هوا °c | | | معدل رطوبت نسبی ٪ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | متوسط حداکثر | متوسط حداقل | متوسط روزانه | ساعت ۶½ | ساعت ۱۲½ | متوسط روزانه |
| دی | ژانویه | ۷/۷ | -۱/۵ | ۳/۱ | ۷۶ | ۵۲ | ۶۴ |
| بهمن | فوریه | ۱۰/۵ | ۰/۴ | ۵/۴ | ۶۶ | ۴۱ | ۵۳/۵ |
| اسفند | مارس | ۱۵/۵ | ۴/۶ | ۱۰ | ۶۰ | ۳۵ | ۴۷/۵ |
| فروردین | آوریل | ۲۱/۵ | ۹/۸ | ۱۵/۶ | ۵۵ | ۳۰ | ۴۲/۵ |
| اردیبهشت | می | ۲۸ | ۱۵/۳ | ۲۱/۶ | ۴۲ | ۲۱ | ۳۱/۵ |
| خرداد | ژوئن | ۳۳/۸ | ۱۹/۹ | ۲۶/۸ | ۳۲ | ۱۶ | ۲۴ |
| تیر | ژوئیه | ۳۶/۴ | ۲۲/۸ | ۲۹/۶ | ۳۱/۵ | ۱۷ | ۲۴/۲۵ |
| مرداد | اوت | ۳۵/۴ | ۲۲/۱ | ۲۸/۷ | ۳۰ | ۱۶ | ۲۳ |
| شهریور | سپتامبر | ۳۱/۳ | ۱۸ | ۲۴/۷ | ۳۱ | ۱۸ | ۲۴/۵ |
| مهر | اکتبر | ۲۴/۵ | ۱۲/۲ | ۱۸/۴ | ۴۴ | ۲۶ | ۳۵ |
| آبان | نوامبر | ۱۶ | ۵/۴ | ۱۰/۷ | ۶۱ | ۳۴ | ۴۷/۵ |
| آذر | دسامبر | ۹/۷ | ۰/۳ | ۵ | ۷۰ | ۴۵ | ۵۷/۵ |
| | سالانه | | | | | | |

## ۴-۲- سامانه‌های غیرفعال خورشیدی

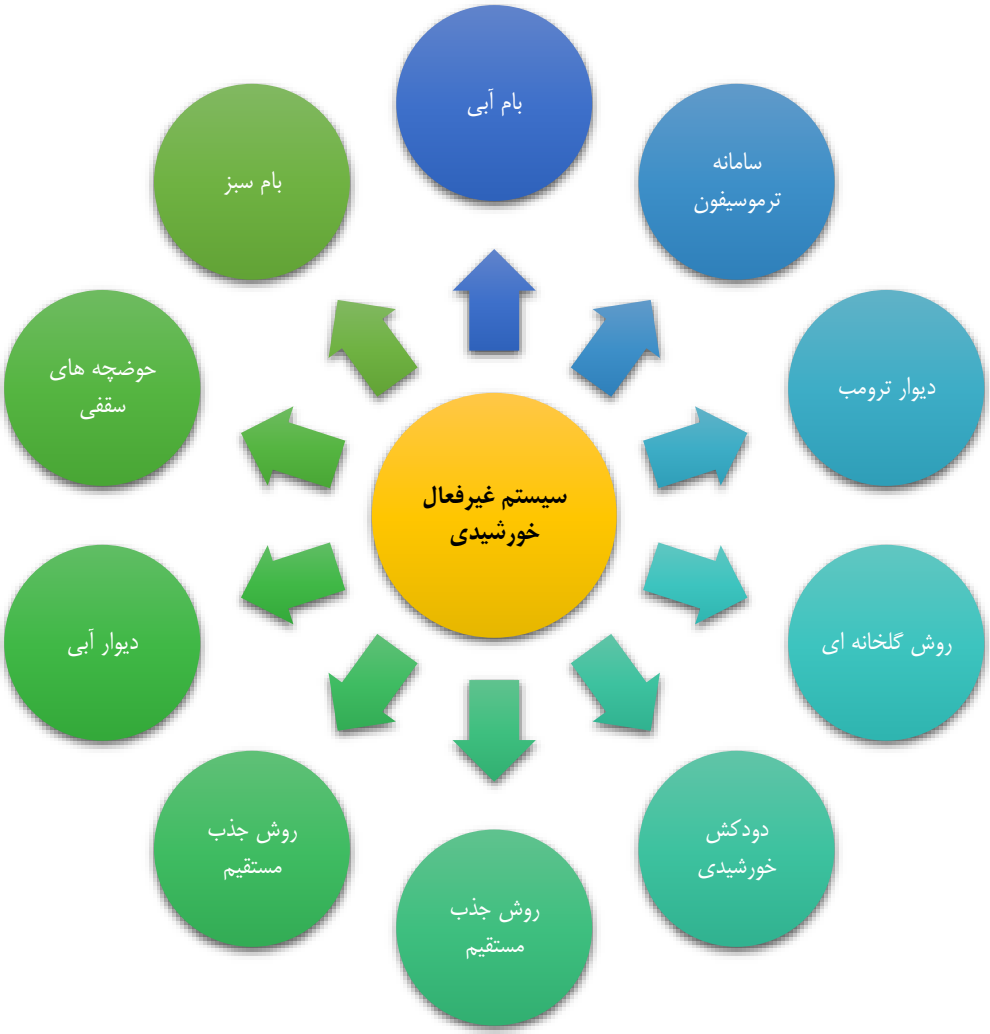
با توجه به محدود بودن منابع فسیلی و آلودگی‌های ناشی از استفاده از این گونه منابع، جوامع اندیشمند را بدان واداشته است که از انرژی‌های تجدیدپذیر بجای منابع فسیلی استفاده کنند. مهمترین پیشرفت آن‌ها پیدایش سامانه‌های غیرفعال خورشیدی است که در آن ساختمان‌ها به گونه‌ای طراحی می‌شوند که نیازهای گرمایش، سرمایش و نوررسانی در آن‌ها بصورت طبیعی و همساز با اقلیم تامین گردد و به این دلیل سامانه غیرفعال نامیده می‌شوند که نیاز به فعالیت تجهیزات گرمایشی و سرمایشی به حداقل ممکن می‌رسد (قیابکلو، ۱۳۹۴). در واقع یک سیستم غیرفعال خورشیدی، سیستمی است که ساختمان بدون نیاز به انرژی فسیلی یا مصنوعی خارجی و حداکثر با مصرف انرژی بسیار کمی کار کند (بیت‌الهی و عابدی، ۱۳۹۳).

در گذشته نیز پیشینیان همچنین اطلاعات وسیعی از پتانسیل‌های معماری به دست آورده بودند که قادر به اصلاح گرمای تابشی و سایه خورشید شدند. در واقع، استفاده از خورشید بعنوان یک منبع گرما چیز جدیدی نیست. چنانچه در یافته‌های سقراط آمده است: امروزه در خانه‌های با جهت جنوبی، اشعه خورشید در زمستان‌ها به داخل ایوان نفوذ می‌کند. اما در تابستان، مسیر حرکت خورشید درست در سمت بالای سرمان و یا بالای پشت‌بام است، بطوری که سایه ایجاد می‌کند. بنابراین باید سمت جنوب را برای گرفتن آفتاب زمستان بزرگ‌تر و کشیده‌تر و سمت شمال را برای دوری از بادهای زمستان کوتاه‌تر ساخت. دارنده چنین خانه‌ای می‌تواند فضای مناسبی در همه فصول داشته باشد (قیابکلو، ۱۳۹۴).

اکثر سیستم‌های خورشیدی غیرفعال با عطف به جرم حرارتی یا موادی با ظرفیت جذب و ذخیره‌ی گرمای بالا کار می‌کنند در یک سیستم کسب غیر مستقیم، جرم حرارتی بین فضای داخلی ساختمان و خورشید قرار گرفته، نور خورشیدی که به آن می‌رسد را جذب می‌کند و از طریق رسانش به فضای داخلی منتقل می‌کند (سبحانی و خان‌محمدی، ۱۳۹۴).



www.SID.ir




**شکل ۳- سیستم‌های غیرفعال خورشیدی**

### ۴-۳- بام آبی

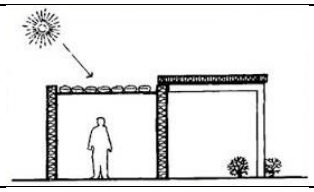
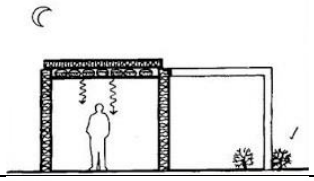
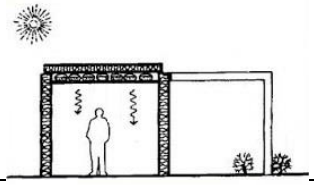
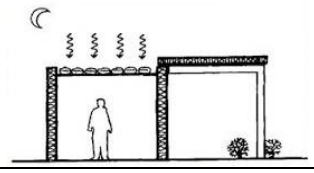
موضوع اصلی این تحقیق بام آبی است و در این نوشتار به بررسی این سیستم و انواع آن پرداخته می‌شود. سیستم بام آبی در دو نوع تعریف می‌شود که شرح آن بصورت ذیل است:

**نوع اول:** بام‌های آبی دارای ظرفیتی هم برای گرمایش است و هم برای سرمایش و مخصوصاً در اقلیم‌هایی با آسمان صاف در عرض‌های جغرافیایی پایین مناسب است. معمولاً شامل کیسه‌های آب به عمق ۴–۱۰ اینچ (۱۰۰–۲۵۰ میلی‌متر) است که روی یک عرشه فلزی صاف قرار دارد. سطح زیرین آن از فرم بام تبعیت کرده و سطح بالا با یک عایق متحرک پوشانده می‌شود. در حالت گرمایش پانل عایق در هنگام روز باز شده و اجازه می‌دهد تا کیسه‌های آب گرمای آفتاب را جمع‌آوری و ذخیره نمایند. در شب این پانل بسته شده و آب گرم و عرشه فلزی زیرین گرمای خود را به اتاق می‌بخشند. در حالت سرمایش پانل عایق شبها باز می‌شود و مخزن گرمایی که در طول روز دریافت کرده‌است را به آسمان شب می‌تاباند. در طول روز برای محافظت در برابر آفتاب پانل بسته می‌شود. گرمای داخلی اتاق که از طریق تشعشع و جابه جایی به سقف می‌رسد در مخزن باقی می‌ماند تا شب به آسمان تابیده شود. چون زاویه تابش آفتاب در زمستان کم است سطح افقی مخزن نسبت به یک سطح عمودی به همان اندازه مقدار کمتری گرما دریافت می‌کند. جذب گرما را می‌توان با استفاده از انعکاس دهنده‌ها که در عرض جغرافیایی بالاتر از ۳۲ ضروری هستند افزایش داد. کارایی حالت سرمایش را می‌توان با مرطوب کردن کیسه‌ها بهتر کرد به‌طوری‌که تشعشع شبانه با تبخیر سرمایشی تقویت می‌شود. انتقال گرما از سقف به اتاق را می‌توان با استفاده از فن‌های سقفی به‌طور محسوسی افزایش داد. در اقلیم‌هایی که نیاز عمده‌ای به سرمایش دارند سطح مورد نیاز مخزن معمولاً ۱۰۰٪ سطح بنا را تشکیل می‌دهد. نگهداری پانل متحرک نیز دارای اهمیت زیادی است. بام‌های آبی که هم برای سرمایش استفاده شوند و هم گرمایش باید بر اساس بیشترین بار


www.SID.ir

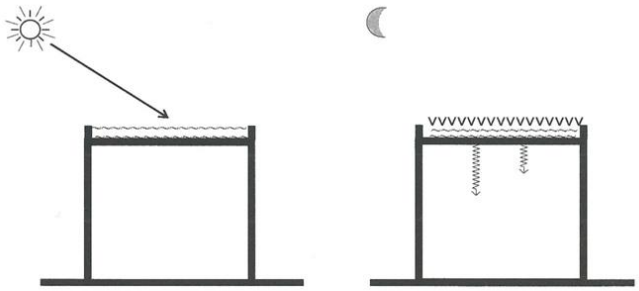
تعیین اندازه شوند. سرمایش بر اثر تشعشع به آسمان شب در اقلیم‌های با اختلاف دمای بالا و آسمان صاف در شب موثرتر است (دکی و براون، ۱۳۹۳).

**جدول۴- عملکرد بام آبی نوع اول**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **فصل زمستان** | **روز** | کیسه‌های پلاستیکی سیاه‌رنگ حاوی آب موجود در بام، در مقابل خورشید قرار داده می‌شود تا گرمای تابشی را جذب کند. |  |
| | **شب** | یک صفحه عایق حرارتی صلب بر روی کسیه های آب کشیده می‌شود تا از برون رفت و هدر رفت انرژی گرمایی جلوگیری کرده و آن را به داخل بنا منتقل کرد. |  |
| **فصل تابستان** | **روز** | یک صفحه عایق حرارتی صلب بر روی کیسه‌های آب کشیده می‌شود تا مانع از انتقال گرمای خورشیدی به کیسه‌ها شود و سرمای ذخیره شده در کیسه‌ها را به داخل بنا منتقل شود. |  |
| | **شب** | کیسه‌های پلاستیکی سرد می‌شوند تا در طول روز، سرما را به داخل بنا انتقال دهند. |  |

**نوع دوم:** این نوع بیشتر به نام سقف آبی شناخته می‌شود. در گذشته در مناطق سردسیر شمال غرب و غرب کشور ایران بام‌ها دارای سطح صاف و جانپناهی با نهایت ارتفاع ۳۰سانتی‌متر بودند که جهت جمع‌آوری و نگهداری برف روی آن بام‌ها تعبیه می‌شدند و جمع‌آوری برف روی بام موجب ایجاد عایق حرارتی و جلوگیری از هدر رفت گرمای داخل بنا می‌شد.

در کشورهای خارجی نیز استفاده از این نوع بام که به نام (حوضچه یا استخر سقفی) نیز معروف است، یکی از رایج‌ترین انواع سامانه‌های غیرفعال خورشیدی بوده است که اولین بار در دهه ۱۹۳۰میلادی به به اجرا در آمد و نتایج موفقیت‌آمیزی را نیز به دنبال داشت. در این سامانه، حوضچه سقفی حرارت نور خورشید را طی روز زمستانی جذب کرده و در هنگام شب برای حفظ گرمای حاصله سقف را با عایق حرارتی می‌پوشانند. به این ترتیب گرمای آب درون استخر به تدریج از طریق هدایت و تشعشع، هوای درون ساختمان را گرم نگاه می‌دارد. حداقل عمق آب حوضچه نباید کمتر از ۱۰سانتی‌متر باشد. نوع دیگر این سامانه توسط شیشه پوشانده می‌شود. درروزهای تابستانی به عکس، در طول روز حوضچه با عایق پوشانده شده و شب‌ها به منظور خنک شدن آب حوضچه، عایق حرارتی کنار زده می‌شود (قیابکلو، ۱۳۹۴).



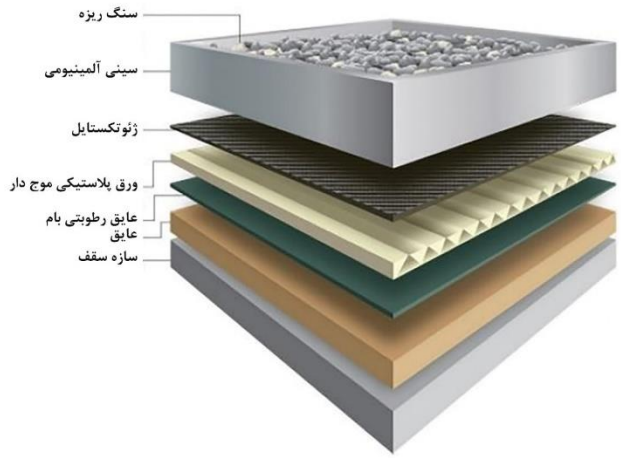
**شکل ۴- عملکرد بام آبی نوع دوم (حوضچه سقفی) در روز و شب فصل زمستان (مبانی فیزیک ساختمان۲ تنظیم شرایط محیطی، قیابکلو، ۱۳۹۴)**



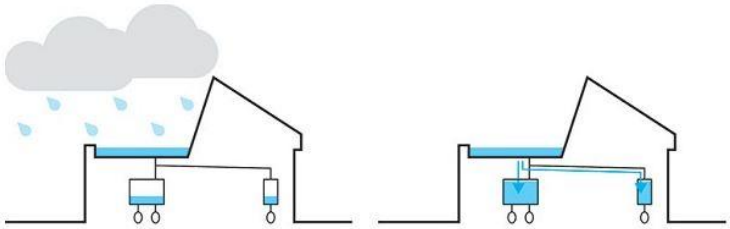
www.SID.ir

سیستم بام آبی نوع دوم در حالت دوم خود برای ذخیره آب باران طراحی شده و بیشتر در مناطقی با میزان بارش زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع بام‌های آبی می‌توانند براساس نوع طراحی‌شان مزایایی داشته باشند. این مزایا شامل ذخیره موقتی آب باران برای کاهش اثرات روان‌آب، ذخیره برای استفاده مجدد مانند آبیاری یا استفاده به عنوان خنک کننده است. نوع دوم بام آبی می‌تواند شامل سطوح سر باز آب، ذخیره درونی یا در زیر یک محیط متخلخل، یا در زیر یک سطح پوشش‌دار باشد. همچنین برای ذخیره موقت آب استفاده می‌شوند و این بسته به نوع دستگاه‌های کنترل مورد استفاده برای تنظیم تخلیه آب از بام به دو دسته فعال و غیر فعال تقسیم می‌شوند (url 2).

سیستم‌های سقف آبی غیرفعال میزان تخلیه آب از پشت بام را از طریق غیر مکانیکی کنترل می‌کنند. بر خلاف سیستم‌های فعال که جریان آب را از طریق لوله‌های زهکشی مهار می‌کنند، سیستم‌های غیرفعال با طولانی کردن مسیری که آب باید طی کند تا به زهکشی‌های خروجی برسد، به طور موقت آب را روی سطح سقف نگه می‌دارد. بام‌های آبی می‌توانند شامل سطوح آب باز، ذخیره در داخل یا زیر یک محیط متخلخل یا یک سطح مدولار ، یا زیر یک سطح یا پوشش عرشه برجسته باشند. طرح‌های سقف منفعل آبی برای حفظ آب به طور مستقیم بر روی سطح یک سقف ضد آب، برای مدت زمان طولانی ساخته شده‌اند. این استخر آب را می‌توان درون یک محیط متخلخل با مصالحی چون شن تعبیه کرد. میزان آزاد سازی آب ذخیره شده توسط توده‌های موجود در بخش تخلیه سقف کنترل می‌شود. طرح‌های یکپارچه بام در ساخت و سازهای جدید بسیار موثر هستند زیرا حجم ذخیره‌سازی قابل دستیابی در سقف‌های مسطح موجود اغلب بسیار محدود است (url 2).




**شکل ۵- لایه بندی سقف در بام آبی نوع دوم**



**شکل ۶- عملکرد بام آبی نوع دوم**

## ۵- نتیجه‌گیری

همانگونه که از بررسی آمار کشوری بدست آمد، شهر کرج یکی شهرهای پرجمعیت ایران با متوسط رشد جمعیت نسبتا بالا است و با وجود موقعیت این شهر در کنار شهر تهران و افزایش روز افزون مهاجرت به این شهر بالطبع مصرف انرژی بسیار بالاتر می‌رود و همینطور آلودگی تولیدی توسط شهر بسیار افزایش می‌یابد و به همین ترتیب میزان گرمای تابشی تشدید می‌یابد و شهر نیازمند سیستم‌هایی جهت کاهش مصرف انرژی و استفاده از سامانه غیرفعال خورشیدی است که با توجه به قرارگیری شهر کرج در اقلیم سرد و کوهستانی و بررسی میزان بارندگی و تابش خورشید این نتیجه بدست می‌آید که در این شهر امکان استفاده از بام آبی

سال ششم، شماره ۶ (پیاپی: ۵۷)، بهمن ۱۳۹۹
نشریه علمی شبکه
ISSN: 2476-3667



www.SID.ir

نوع اول وجود دارد اما بدلیل میزان بارندگی کم نسبت به بارندگی مورد نیاز بام آبی نوع دوم، امکان اجرای این نوع بام آبی در این شهر وجود ندارد.

## منابع


۱. اداره کل هواشناسی استان البرز
۲. امیری، محمدجواد، سیدسعید اسلامیان، (۱۳۸۷). اثر گازهای گلخانه ای بر روی جامعه، محیط زیست، سلامتی، کشاورزی و تغییرات آب و هوا و راه های کاهش میزان آن، همایش منطقه‌ای کشاورزی، محور رشد و توسعه
۳. براون، جی. زد و دکی، مارک. (۱۳۸۶)، ترجمه سعید آقایی، خورشید، باد و نور: <طراحی اقلیمی (استراتژیهای طراحی اقلیمی در معماری). نشر گنج هنر
۴. بیت‌الهی،ق. ا.عابدی، (۱۳۹۳)، کاربرد انرژی خورشیدی در ساختمان‌ها، ماهنامه‌ی دانش نما. شماره۲۲۷، ص۴۳
۵. حکیم آذری، محمد، سیده مهناز جوادی‌پور، پریسا میرحسینی، (۱۳۹۴). بررسی و امکان‌سنجی چگونگی استفاده از بام سبز در اقلیم اصفهان، دومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی
۶. مرکز ملی آمار ایران
۷. صوفی، مریم. داریوش غفاری، (۱۳۹۵). خبرگزاری جمهوری اسلامی- ایرنا، کدخبر۸۲۴۶۶۴۸۱
۸. قیابکلو، زهرا. (۱۳۹۴). مبانی فیزیک ساختمان۲ تنظیم شرایط محیطی، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر.
۹. کسمائی، مرتضی، (۱۳۹۲). اقلیم و معماری، نشر خاک.
۱۰. محمودی زرندی، مهناز. ندا پاکاری، حسن بهرامی، (۱۳۹۱)، ارزیابی چگونگی تاثیرگذاری بام سبز در کاهش دمای محیط، فصلنامه علمی-پژوهشی باغ نظر، شماره۲۰، سال۹، ص۷۳
۱۱. مطلایی، ساناز، (۱۳۹۲). انرژی در ساختمان، چاپ اول، اصفهان، انتشارات شهید حسین فهمیده
۱۲. مقصدی، محمدامین، (۱۳۹۵). عملکرد ساختمان با مصرف انرژی صفر با رویکرد پایدار. ششمین همایش پژوهش‌های نوین در علوم و فناوری
۱۳. نسیم سبحان، لیلا. محمدعلی خان‌محمدی، (۱۳۹۴). اولویت‌های بکارگیری سیستم‌های فعال و غیرفعال خورشیدی در ساختمان‌های اقلیم سرد، دومین کنفرانس بین المللی عمران، معماری و شهرسازی
۱۴. نصراللهی، زهرا. مرضیه غفاری گولک، (۱۳۸۹). آلودگی هوا و عوامل موثر بر آن (مطالعه موردی انتشار SPM و SO2 در صنایع تولیدی ایران). فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، شماره۳، سال۱۰، ص۷۵
15. Luckett, K. (2009). Green roof construction and maintenance. New York : McGraw-Hill.
16. M. E. Assessment, (2003). Ecosystems and human well-being, Island Press Washington, DC.
17. New Jersey Stormwater Best Management Practices Manual Chapter 9.8 Blue Roofs.(2017). pp1
18. P. Bacci and M. Maugeri, (1992), The urban heat island of Milan, Il Nuovo Cimento., vol. 15,no. 4, pp.417-424.
19. Richard w. Hammond.oaa. (2019). Green vs. Blue Roofs Efficient Rooftops. High performing buildings. pp3
20. Shafique, Muhammad. Daehee Lee, Reeho Kim, (2016), a field study to evaluate runoff quantity from blue roof and green blue roof in an urban area, International Journal of Control and Automation. Vol. 9, No. 8, pp.59-68
21. Shafique, Muhammad. Daehee Lee, Reeho Kim, (2016). The potential of green-blue roof to manage storm water in urban areas. Nature Environment and Pollution Technology An International Quarterly Scientific Journal. Vol.15, No.2, pp.715.
22. url 1: https://fa.wikipedia.org/wiki/کرج
23. url 2: http://www.mechanism.ir/building-insulations/sustainable-arcitecture/803-blue-roof




www.SID.ir