**علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره نوزدهم، ویژه نامه شماره ۵ ، تابستان۱۳۹۶**

# بررسی تاثیر بار برودتی و حرارتی بام سبزمرتبط با آتریوم بر مدیریت انرژی فضاهای آموزشی اقلیم سرد

**کاوه شکوهی دهکردی** [۱]

**مریم فرهادیان** [۲*]

m.farhadian@std.iaushk.ac.ir

**تاریخ دریافت:۱۳۹۳/۰۹/۰۴** **تاریخ پذیرش:۱۳۹۴/۰۹/۱۸**

**چکیده**

**زمینه و هدف:** فضاهای آموزشی ایران با جمعیت دانش‌آموزی حدود ۱۲ میلیون نفر و رده پایین ۷۵ درصدی مدارس در بحث مدیریت انرژی یکی از کاربری‌های اصلی هدر دهنده انرژی می‌باشند و این در حالی است که جمعت دانش‌آموزی ایران در حال گسترش و ذخایر انرژی تجدید ناپذیر در حال نابودی هستند. لذا ارایه پیشنهادهای مدرن در استفاده از منابع تجدید پذیر به‌عنوان منابع جایگزین در طراحی فضاهای آموزشی ایران یکی از ملزومات اساسی در جهت توسعه‌های آتی این کاربری است.از این رو در پژوهش حاضر با معرفی معماری سبز به عنوان یک منبع تجدید پذیر انرژی، مدل مدارس سبز با پوشش بام سبز در ارتباط با آتریوم با دریچه‌های قابل‌کنترل ارایه‌شده و تأثیر بار برودتی و حرارتی بام‌های سبز مرتبط با آتریوم در تهویه هوای تابستان و کنترل تلفات حرارتی زمستان در یکی از اقلیم‌های سرد ایران نسبت به نمونه مدارس متداول بررسی شده است.

**روش بررسی:** در این مقاله که به‌صورت توصیفی- تحلیلی است، ابتدا مدل مدارس سبز با بام سبز در ارتباط با آتریوم به صورت فرضی به عنوان مدل مناسب در صرفه‌جویی در مصرف منابع تجدید پذیر پیشنهاد شد و سپس این مدل به کمک نرم‌افزار"carrier Hap" ( از پیشرفته‌ترین نرم‌افزارها در بحث بارهای برودتی و حرارتی که آنالیزهای آن مورد تایید شورای ساختمان‌های سبز آمریکا یا LEED هست) در شهر شهرکرد به‌عنوان نمونه شهری از ایران با اقلیم سرد شبیه‌سازی شد و در ادامه مقایسه‌ای بین بارحرارتی و برودتی حاصل از مدل پیشنهادی با بار حرارتی و برودتی مدل متداول ساخت مدارس در این اقلیم انجام گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج این پروژه مزیت استفاده از بام سبز در بهبود بار حرارتی در زمستان و بار برودتی در تابستان در مدل کلاس‌هایی با بام سبز در ارتباط با آتریوم را نسبت به کلاس‌هایی با بام‌های ۴۰سانتی متری معمولی و یا بام‌های ۶۶سانتی متری هم ضخامت با بام سبز در صرفه‌جویی در مصرف انرژی در تابستان و زمستان نشان داد، به‌نحوی‌که با ایجاد مدارس با بام سبز مرتبط با آتریوم در عین حفظ ارتباط دانش آموزان با طبیعت و استفاده از این پوشش به‌عنوان فضای کمک‌آموزشی به ترتیب به میزان (۶۳،۸۵) درصد در زمستان و (۹۵،۹۹) درصد در تابستان نسبت به بام معمولی ۴۰ سانتی‌متری و بام ۶۶ سانتی‌متری هم ضخامت با بام سبز صرفه‌جویی در مصرف انرژی رخ می‌دهد.

**واژه‌های کلیدی**: بار حرارتی و برودتی،مدیریت انرژی،بام سبز مرتبط با آتریوم،فضاهای آموزشی.

---

۱- استادیار ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، گروه معماری، رودهن، ایران.

۲*-(مسوول مکاتبات): دانشجو دکتری معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد، گروه معماری، شهرکرد، ایران.

*J.Env. Sci. Tech., Vol 19, No.5, Summer 2017*

# Investigating the effect of Atrium-related Green Roof Cooling and Heating loads on Energy Management in Pedagogical Spaces in Cold Climate

**Kaveh Shokoohi Dehkordi [1]**
**Maryam Farhadian [2*]**
*m.farhadian@std.iaushk.ac.ir*

**Abstract**

**Background and Objective:** Educational spaces in Iran, with a student population of about 12 million people and lowgradedness of 75% of schools in terms of energy management, are one of the most energy wasting applications. Adding to this is the developing student population and non-renewable energy reserves which are under distruction. Therefore, it is essential to bind to modern proposals for the use of renewable energy sources as alternatives for designing educational spaces in Iran to step towards further development of this application. In this study, in line with the introduction of green architecture as a renewable source of energy, the green schools model covered with a green roof in connection with atrium has been presented. Moreover, the impact of atrium-related green roof cooling and heating loads on energy management in pedagogical spaces in Sharekors as one of the cold climate regions of Iran has been investigated.

**Method:** In the present study, which is descriptive-analytic, suggested a synthetic model of atrium-related green roof has been suggested as a strategy for energy saving in pedagogical. For studying the heating load in summer and cooling load in winter, three classrooms in Shahrekord as an example of cold climate region in Iran were simulated by Carrier Hap software (Hourly Analysis Program, one of the most modern softwares for heat transfer analysis whose results of are accepted by the U.S Green Building Council or LEED).

**Findings:** The results of this project showed the advantage of using green roofs for improvement of heating load in the winter and cooling load in summer in the classes with atrium-related green roofs over the classes with 40-cm and 66-cm conventional roofs .

**Keywords:** Cooling and heating loads, Energy management, Atrium related green roof, Pedagogical Spaces.

1- Assistant Professor, Faculty of Architecture, Islamic Azad Uneversity of Roudhen Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- PhD. Student of Architecture, Department of Architecture, Faculty of Architecture, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran. * *(Corresponding Author)*

**مقدمه**

با افزایش قیمت حاملان انرژی امروزه برنامه‌ریزان ساخت مدارس بیش از گذشته به امر صرفه‌جویی در انرژی در مدارس توجه دارند، چرا که در چند دهه آینده ما شاهد افزایش جمعیت دانش‌آموزی خواهیم بود و این در حالی است که هرروزه ما با کاهش حاملان انرژی روبه‌رو هستیم. درواقع امروزه هزینه‌ای که مدارس صرف حاملان انرژی می‌کنند، ۲۵ درصد از هزینه‌هایی که در مدارس صرف کتاب‌های درسی و تأسیسات کامپیوتری می‌شود بیشتر است و این نکته لزوم توجه به بحث انرژی در مدارس را آشکار می‌سازد(۱). در آمریکا بالغ بر ۶ میلیارد دلار در سال صرف حاملان انرژی در مدارس می‌شود (۲).این در حالی است که بامطالعه‌ی‌که‌در سال ۱۹۹۷بر روی ۲۰۰۰مدرسه کشور ایران در اقلیم‌های مختلف ،مشخص‌شد ۷۵ درصد مدارس دررسیدن به شاخص استفاده از حاملان انرژی در رده پایین‌تری از شرایط خوب قرارداشتند و تنها ۲۵ درصد مدارس دارای شاخص خوب در مصرف انرژی بودند. (۳) راه‌حل کارا در بحث صرفه‌جویی مصرف انرژی با حفظ ذخایر موجود استفاده از معماری سبز بود که در اواخر سال ۱۹۸۲بر پایه قطع‌نامه مجمع عمومی سازمان ملل جایگاه خاصی در طراحی معماری گرفت(۴). این نمونه معماری درون مثلثی در نظر گرفته شد که در رأس آن انرژی و اقلیم و اکولوژی قرار داشت و هر یک از این عوامل در شرایط خاص بر دیگری ارجحیت یافتند و درنتیجه برهم‌کنش هر سه عامل معماری سبز به وجود آمد.(۵)به‌طورکلی اصول معماری سبز را می‌توان در غالب پنج بخش شامل:۱.اصول اقتصادی ،۲.زیست‌محیطی - اقلیمی،۳.کالبدی -فضایی،۴.اجتماعی -فرهنگی و۵. فنی دسته‌بندی نمود (۶) که از مهم‌ترین این بخش‌ها، بحث زیست‌محیطی اقلیمی است، یعنی به حداقل رساندن مصرف منابع انرژی و هماهنگی هرچه بیشتر با طبیعت.(۷) ازآنجایی‌که بام‌ها و دیوارهای مدارس یکی از سطوح اصلی کنترل نشده در بحث انرژی هستند و بالغبر۷۰ درصد انرژی گرمایشی مدارس از طریق بام‌ها و دیوارها هدر می‌رود (۸) این سؤال اصلی درزمینه‌ی پژوهش حاضر مطرح می‌شود که با ارایه پیشنهادهایی در خصوص سبز سازی فضای پشت‌بامی در عین ارتباط دانش آموزان با طبیعت و نیز کنترل شرایط انتقال حرارت دیوارهای خارجی با ایجاد آتریوم‌هایی در مقابل این فضاها در ارتباط با بام سبز، آیا می‌توان از این فضاها به‌عنوان سیستم‌های برودتی و حرارتی در تابستان و زمستان در جهت مدیریت انرژی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی استفاده نمود؟ در این‌جا این سیستم به‌عنوان یک سیستم ترکیبی بام سبز و آتریم[1] در نظر گرفته‌شده که فضای آتریومی می‌تواند نور طبیعی و فضای حفاظت‌شده‌ای از باد و باران را همراه با تسهیل دسترسی‌ها و وجود پوشش سبز در اختیار دانش آموزان قرار دهد.حال آنکه یک آتریوم خود به‌تنهایی به روش‌های مختلف باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود:۱.آتریوم به‌عنوان یک فضای حایل که دارای دمای ثابت ۱۵ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراداست. ۲.آتریوم با جرم ذخیره‌ساز انرژی ۳.آتریوم با فضای سبز که موردتوجه بحث حاضر است(۹)و (۱۰). در اقلیم-های سرد آتریوم‌ها نقش یک متعادل‌کننده هوا را ایفا خواهند نمود به‌طوری‌که در زمستان پرتوهای خورشید با طول‌موج‌های بلند از شیشه آتریوم عبور کرده و در اثر برخورد با کف و دیوار-های اطراف پرتوهایی با طول موج‌های کوتاه‌تر از فضای داخل ساطع می‌کنند و ازآن‌جایی‌که این طول‌موج‌ها در محدوده عبوری از شیشه نمی‌باشند درنتیجه هوای گرم در محیط داخل آتریم باقی خواهند ماند که باعث گرمی فضا در زمستان می‌شود . اما در تابستان با ایجاد تمهیداتی مانند باز کردن دریچه‌های هواکش آتریوم ، هوای گرم به علت سبکی به سمت دریچه‌ها حرکت می‌کند و هوای خنک از سمت دیگر وارد فضا می‌شود( مانند عمل‌کرد یک بادگیر): ازاین‌رو همواره یک آتریوم با ایجاد بار حرارتی و برودتی مناسب باعث تعدیل دمایی در زمستان و تابستان خواهد شد. (۱۱) اما بام‌های سبز[2]که در بحث موجود به‌عنوان سیستم ترکیبی با آتریم جهت بهبود تهویه برودتی و حرارتی و به‌عنوان یک عامل اساسی در مدیریت انرژی در مدارس پیشنهادشده ، به یک سیستم سبک سقفی گفته می-شود که از لایه‌های پیش‌ساخته تشکیل‌شده و با بام ساختمان یک سیستم واحد را به وجود می‌آورند و رشد گیاهان را در محیط کشت رویشی خاص ،در تمام و یا قسمت‌هایی از بام میسر می‌سازد .لایه کشت بام سبز با خاک معمولی متفاوت بوده و برای رویش گیاهان مختلف به عمق کمتری نیاز داشته و

1-Atrium
2-Green roof

نسبت به بام‌های معمولی بسیار سبک‌تر است.(۱۲) این نوع بام-ها بر اساس سیستم اجرایی برحسب عمق متوسط کشت و میزان تأسیسات موردنیاز به سه دسته اصلی: الف -سیستم گسترده،[1]ب -سیستم متمرکز ،[2]پ -سیستم مدولار یا جعبه گیاه،[3] تقسیم می‌شوند که دارای مزیت‌های بی‌شماری می‌باشند ازجمله کمک به بهبود جریان روان آب‌ها با اعمال پوشش زهکشی آبی در پوشش سبز و کمک به دفع آب‌های ناشی از بارندگی‌های فصلی(۱۳) (۱۴)و کاهش هدر رفت حرارت از سطوح بامی (۱۵). هم‌چنین استفاده از این نمونه بام‌ها در فضاهای آموزشی علاوه بر موارد بالا باعث پاسخ‌های مثبت رفتاری دانش آموزان مثل وابستگی مکانی و هویت مکانی (۱۶) و به دست آوردن تجربه در ارتباط با طبیعت است، به‌نحوی‌که فقدان فضای باز[4]مناسب در مدارس و فضاهای ترکیبی یکی ازعوامل مهم در از دست دادن تماس کودکان با طبیعت می‌باشد(۱۷). پس تلاش برای تبدیل مدارس موجود با آسفالت به باغ‌های زیست‌محیطی با پشت بام‌های سبز باعث ترویج رفتار فعال‌تر و دوستانه‌تر در دایره محیط‌زیست می‌شود.از طرفی پیرو اصول زیست‌محیطی اقلیمی ، ایجاد یک محیط‌زیست طبیعی در عین حفظ ارتباط دانش آموزان با طبیعت می‌تواند باعث رفع خستگی دانش آموزان و بازخورد مثبت آن‌ها و عملکردهای اجتماعی‌تر و کاهش اضطراب‌های دانش آموزان شود(۱۹) علاوه بر موارد یادشده طبق مطالعات تیلور[5](۱۸) و کاپلان[6](۱۹)، وجود پوشش‌های سبز بر روی پشت‌بام‌های مدارس با ایجاد سطوح سبز وسیع و قابل‌دسترس برای دانش آموزان باعث بهبود راندمان کارایی معلمان در جهت بهره‌وری از فضای سبز در بعد آموزشی و درنتیجه بهبود عملکردهای آموزشی دانش آموزان می‌شود، به‌نحوی‌که دانش‌آموزانی که در مدارس سبز با" پوشش بامی سبز"مشغول به تحصیل بودند نسبت به مدارس معمولی ساخته‌شده در آمریکا به مطالعات تجربی علاقه بیشتری نشان می‌دادند و درک آن‌ها از مسایل درسی نسبت به دیگر دانش آموزان بیشتر بوده است(۲۰). اما چیزی که در طراحی پشت‌بام‌های سبز در مدارس از اهمیت زیادی برخوردار است، استفاده از این پوشش در تمامی اقلیم‌ها و در تمامی فصول است. شاید در ابتدای امر به نظر برسد که بام‌های سبز تنها مختص اقلیم‌های گرم و فصول گرم سال می‌باشند، اما مطالعات یانسی کوردن و همکاران [7]در سال۲۰۱۱ در دانشگاه آلبرتای شمالی نشان داد که پوشش‌های بام سبز مانند پوشش‌های عایق ریشه گیاهان بومی را از سرمازدگی حفظ می‌کند و درنتیجه گیاهان مناطق سرد عمر و دوام بیشتری در این نوع بام‌ها نسبت به زمین‌های معمولی خواهند داشت و هر چه عمق کاشت گیاهان بیشتر شود این گیاهان سازگاری بیشتری از خود نشان می‌دهند، به‌نحوی‌که حتی در زمستان بدون وجود پوشش‌های گل‌خانه‌ای می‌توان گیاهان را از سرمازدگی حفظ نمود(۲۱)و (۲۲).

**اهداف موردنظر در این پژوهش عبارت‌اند از:**

-بهبود بار حرارتی و برودتی مدارس با پیشنهاد مدل بام سبز مرتبط با آتریوم در جهت مدیریت منابع انرژی و استفاده از منابع تجدید پذیر

-کاهش تلفات حرارتی از بام و دیوارهای مدارس با پیشنهاد سبز سازی پشت‌بام‌ها و استفاده از سیستم آتریومی مرتبط با بام سبز در مقابل جدارهای کنترل نشده کلاس‌ها به‌شرط بسته بودن دریچه‌های آتریوم در فصل زمستان

-کمک به بهبود تهویه طبیعی از طریق ایجاد پشت‌بام‌های سبز مرتبط با آتریوم به‌شرط باز بودم دریچه‌های آتریوم در فضای داخلی کلاس‌ها

- استفاده از سطوح وسیع بام سبز مرتبط با آتریوم به‌عنوان فضای طبیعی کمک‌آموزشی در طراحی واحدهای آموزشی در تمامی فصول

**روش پژوهش**

در این تحقیق فرضیه اصلی ، تأثیرگذاری مثبت مدل پیشنهادی بام سبز مرتبط با آتریوم در جهت بهبود بار حرارتی و برودتی در طراحی فضاهای آموزشی و درنتیجه بهبود مدیریت انرژی در این فضاها بود. براساس ماهیت اصلی پژوهش که به‌عنوان یک مطالعه توصیفی- تحلیلی است با شبیه‌سازی مدل پیشنهادی و مقایسه داده‌های حاصل از شبیه‌سازی با داده‌های حاصل از شبیه‌سازی مدل‌های معمول بام مدارس ۴۰ سانتی-متری و ۶۶ سانتی‌متری هم ضخامت با بام سبز به کمک

1-Extensive
2-Intensive
3-Planter Box
4-landscape
5-Faber Taylor
6-Kaplan

7-Yancey corden &ryan boyd&routh boknell

نرم‌افزار Carrier HAP4.5، این فرضیه بررسی شد . بـه ایـن منظور در ابتدا سه نمونه کلاس با پوشش بام سبز و پوشش بام معمولی ۴۰ سانتی‌متری و بام ۶۶ سانتی‌متری هم ضـخامت بـا بام سبز در این نرم‌افزار شبیه‌سازی شد که برای این کـار داده-های آب و هواشناسی ۲۰ ساله شهرکرد به عنوان نمونه هدفمند شهری با آب و هوای سرد بـرای فصـل تابسـتان و زمسـتان از ایسـتگاه سـینوپتیک شـهر [1]اسـتخراج و بـه نرم‌افـزار داده شد:(جدول ۱)

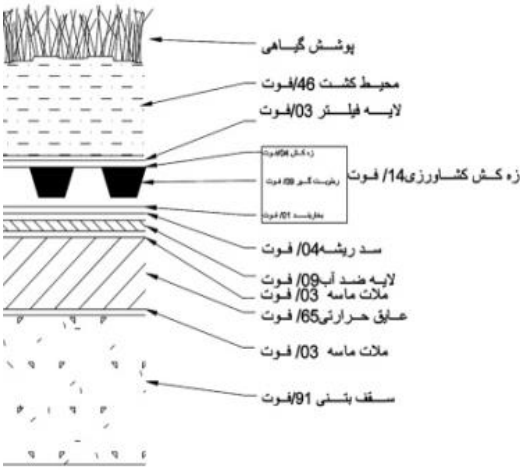
**جدول ۱- داده‌های آب و هواشناسی ۲۰ ساله استعلام شده از نرم‌افزار carrier Hap**

**Table1- Meteorological data of the past 20 years extracted by Carrier Hap**

Design Parameters:

| | | |
|---|---|---|
| City Name | shahrekord | |
| Location | Iran | |
| Latitude | 32/3 | Deg. |
| Longitude | 50/3 | Deg. |
| Elevation | 6755/0 | ft |
| Summer Design Dry-Bulb | 95/0 | F |
| Summer Coincident Wet-Bulb | 65/2 | F |
| Summer Daily Range | 37/5 | F |
| Winter Design Dry-Bulb | 6/5 | F |
| Winter Design Wet-Bulb | 5/3 | F |
| Atmospheric Clearness Number | 1/20 | |
| Average Ground Reflectance | 0/20 | |
| Soil Conductivity | 0/800 | BTU/(hr-ft- |
| Local Time Zone (GMT +/- N hours) | -3/5 | hours |
| Consider Daylight Savings Time | No | |
| Simulation Weather Data | noneN/A | |
| Current Data is | User Modified | |
| Design Cooling Months | January to December | |

در ادامه برای هر سه نمونـه کلاس‌هـا تعـداد ثابـت ۳۰ نفـر بـا مساحت۴۲مترمربع متناسب با یـک کـلاس اسـتاندارد در نظـر گرفته‌شد و روشنایی‌های سقفی[2] برابـر $\frac{Btu}{h}$ ۳۲۷۶ و تجهیـزات الکتریکی [3]برابر $\frac{Btu}{h}$ ۲۱۰۸ متناسب با نمونه‌های اجراشـده در مدارس شهرکرد برای هر سه مدل به مقدار ثابت مد نظر گرفته و بار برودتی[4] آتریم بـه‌عنوان پارتیشـن بـه ترتیـب برابـر $\frac{Btu}{h}$ ۲۷۶ و $\frac{Btu}{h}$ ۶۵۶ و $\frac{Btu}{h}$ ۷۰۴ بـرای پوشـش بـام سـبز و بـام ۴۰سانتی‌متری و بام ۶۶ سانتی‌متری به‌شرط باز بودن دریچـه-های آتریوم محاسبه گردید. هم‌چنین بار حرارتی[5] کلاس‌ها که معرف میزان انتقال حرارت گرمایشی در فصل زمستان برای این کلاس‌ها است برابر $\frac{Btu}{h}$ ۵۶۹ به‌شرط بسته بودن دریچه‌های آتریوم در نظر گرفته شـد" در ایـن شـبیه سـازی هـا ضـریب اطمینـان [6]برابـر ۱۰ ٪ بـرای فضـای آموزشـی بـه‌عنوان درصـد تعریف‌شده ثابت در نرم‌افـزار بـرای فضـاهای آموزشـی اسـت"و داده‌های حاصل از بام‌های سبز و بام‌های ۴۰سانتی‌متـری وبـام ۶۶ سانتی‌متـری مطـابق بـا شـکل(۱)و جزییـات table (A-C-1) .(B-1).(1 بـه نرم‌افـزار داده شـد و اعـداد table A.B.C به دست آمد (شکل ۱) (جدول ۲و ۳و ۴).




**شکل۱-جزییات بام سبز و بام۱۶و ۶۶سانتی‌متری معمولی**

**Figure 1- Details of green roof and typical 16-inch and 26-inch roofs**

1- http://www.chaharmahalmet.ir/iranarchive.asp
2- Over heat lighting
3- Electric equipment
4- Cooling data
5- Heating data
6- Safety factor

**جدول۲-داده‌های حاصل از بار حرارتی یک کلاس با یک جداره در ارتباط با آتریوم با پوشش بام سبز حاصل از شبیه‌سازی با نرم‌افزار Carrier Hap**

**Table 2- Data resulted from heating and cooling process of a classroom in relation to atrium with green roof, simulated by Carrier Hap**

| Table A | Zone1 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Design cooling | | | Design heating | | |
| | COOLING DATA AT Jul 0100<br>COOLING OA DB / WB 62/4 °F / 55/2 °F<br>OCCUPIED T-STAT 75/0 °F | | | HEATING DATA AT DES HTG<br>HEATING OA DB / WB 6/5 °F / 5/3 °F<br>OCCUPIED T-STAT 70/0 °F | | |
| | | Sensible | Latent | | Sensible | Latent |
| SPACE LOADS | Details | (BTU/hr) | (BTU/hr) | Details | (BTU/hr) | (BTU/hr) |
| Window&Skylight Solar Loads | ۰ ft² | ۰ | - | ۰ ft² | - | - |
| Wall Transmission | ۰ ft² | ۰ | - | ۰ ft² | ۰ | - |
| Roof Transmission | ۴۴۵ ft² | ۲۰۸۴ | - | ۴۴۵ ft² | ۲۸۶۲ | - |
| Window Transmission | ۰ ft² | ۰ | - | ۰ ft² | ۰ | - |
| Skylight Transmission | ۰ ft² | ۰ | - | ۰ ft² | ۰ | - |
| Door Loads | ۰ft² | ۰ | - | ۰ ft² | ۰ | - |
| Floor Transmission | ۰ ft² | ۰ | - | ۰ ft² | ۰ | - |
| Partitions | ۲۱۰ ft² | ۲۷۶ | - | ۲۱۰ ft² | ۵۶۹ | - |
| Ceiling | ۰ ft² | ۰ | - | ۰ ft² | ۰ | - |
| Overhead Lighting | ۹۶۰0W | ۳۲۷۶ | - | ۰ | ۰ | - |
| Task Lighting | ۰W | ۰ | - | ۰ | ۰ | - |
| Electric Equipment | ۶۱۸W | ۲۱۰۸ | - | ۰ | ۰ | - |
| People | ۳۰ | ۷۳۵۰ | ۶۱۵۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| Infiltration | - | ۰ | ۰ | - | ۰ | ۰ |
| Miscellaneous | - | ۰ | ۰ | - | ۰ | ۰ |
| Safety Factor | ۱۰% ۱۰% | ۱۵۰۹ | ۶۱۵ | ۱۵% | ۵۱۵ | ۰ |
| Total Zone Loads | - | ۱۶۶۰۴ | ۶۷۶۵ | - | ۳۹۴۶ | ۰ |

| Table A-1 | Zone1 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Area (ft²) | U Value (BTU/(hr-ft²-°F)) | Cooling Trans (BTU/hr) | Cooling Trans (BTU/hr) | Heating Trans (BTU/hr) |
| Roof | ۴۴۵ | /۱۰۱ | ۲۰۸۴ | - | ۲۸۶۲ |

**جدول۳-داده‌های حاصل از بار حرارتی یک کلاس با یک جداره در ارتباط با آتریوم با پوشش بام معمولی ۴۰سانتی‌متری حاصل از شبیه‌سازی با نرم‌افزار** Carrier Hap

**Table 3- Data resulted from heating and cooling process of a classroom in relation to atrium with a typical 20-cm roof, simulated by Carrier Hap**

| Table B | Zone1 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Design cooling | | | Design heating | | |
| | COOLING DATA AT Jul 0100<br>COOLING OA DB / WB 62/4 °F / 55/2 °F<br>OCCUPIED T-STAT 75/0 °F | | | HEATING DATA AT DES HTG<br>HEATING OA DB / WB 6/5 °F / 5/3 °F<br>OCCUPIED T-STAT 70/0 °F | | |
| | | Sensible | Latent | | Sensible | Latent |
| SPACE LOADS | Details | (BTU/hr) | (BTU/hr) | Details | (BTU/hr) | (BTU/hr) |
| Window & Skylight Solar Loads | ۰ ft² | ۰ | - | ۰ ft² | - | - |
| Wall Transmission | ۰ ft² | ۰ | - | ۰ ft² | ۰ | - |
| Roof Transmission | ۴۴۵ ft² | ۲۴۴۲ | - | ۴۴۵ ft² | ۴۸۵۵ | - |
| Window Transmission | ۰ ft² | ۰ | - | ۰ ft² | ۰ | - |
| Skylight Transmission | ۰ ft² | ۰ | - | ۰ ft² | ۰ | - |
| Door Loads | ۰ ft² | ۰ | - | ۰ ft² | ۰ | - |
| Floor Transmission | ۰ ft² | ۰ | - | ۰ ft² | ۰ | - |
| Partitions | ۲۱۰ ft² | ۶۵۶ | - | ۲۱۰ ft² | ۵۶۹ | - |
| Ceiling | ۰ ft² | ۰ | - | ۰ ft² | ۰ | - |
| Overhead Lighting | ۹۶۰W | ۳۲۷۶ | - | 0 | ۰ | - |
| Task Lighting | ۰W | ۰ | - | 0 | ۰ | - |
| Electric Equipment | ۶۱۸W | ۲۱۰۸ | - | 0 | ۰ | - |
| People | ۳۰ | ۷۳۵۰ | ۶۱۵۰ | 0 | ۰ | ۰ |
| Infiltration | - | ۰ | ۰ | - | ۰ | ۰ |
| Miscellaneous | - | ۰ | ۰ | - | ۰ | ۰ |
| Safety Factor | ۱۰% ۱۰% | ۱۵۸۳ | ۶۱۵ | ۱۵% | ۸۱۴ | ۰ |
| Total Zone Loads | - | ۱۷۴۱۶ | ۶۷۶۵ | - | ۶۲۳۸ | ۰ |

| Table B-1 | Zone1 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Area (ft²) | U Value (BTU/(hr-ft²-°F)) | Cooling Trans (BTU/hr) | Cooling Trans (BTU/hr) | Heating Trans (BTU/hr) |
| Roof | ۴۴۵ | /۱۷۲ | ۲۴۴۲ | - | ۴۸۵۵ |

**جدول۴-داده‌های حاصل از بار حرارتی یک کلاس با یک جداره در ارتباط با آتریوم با پوشش بام معمولی ۶۶سانتی‌متری حاصل از شبیه‌سازی با نرم‌افزار** Carrier Hap

**Table 4- Data resulted from heating and cooling process of a classroom in relation to atrium with a typical 66-cm roof, simulated by Carrier Hap**

| Table C | | | | Zone1 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Design cooling | | | Design heating | | |
| | COOLING DATA AT Jul 0100<br>COOLING OA DB / WB 62/4 °F / 55/2 °F<br>OCCUPIED T-STAT 75/0 °F | | | HEATING DATA AT DES HTG<br>HEATING OA DB / WB 6/5 °F / 5/3 °F<br>OCCUPIED T-STAT 70/0 °F | | |
| | | Sensible | Latent | | Sensible | Latent |
| SPACE LOADS | Details | (BTU/hr) | (BTU/hr) | Details | (BTU/hr) | (BTU/hr) |
| Window&Skylight Solar Loads | ۰ ft² | ۰ | - | ۰ ft² | - | - |
| Wall Transmission | ۰ ft² | ۰ | - | ۱۹۵ ft² | ۱۴۲۹ | - |
| Roof Transmission | ۴۴۵ ft² | ۱۷۴۹ | - | ۴۴۵ ft² | ۳۶۰۴ | - |
| WindowTransmission | ۰ ft² | ۰ | - | ۰ ft² | ۰ | - |
| Skylight Transmission | ۰ ft² | ۰ | - | ۰ ft² | ۰ | - |
| Door Loads | ۰ ft² | ۰ | - | ۰ ft² | ۰ | - |
| Floor Transmission | ۰ ft² | ۰ | - | ۰ ft² | ۰ | - |
| Partitions | ۲۱۰ ft² | ۷۰۴ | - | ۲۱۰ ft² | ۵۶۹ | - |
| Ceiling | ۰ ft² | ۰ | - | ۰ ft² | ۰ | - |
| Overhead Lighting | ۹۶۰W | ۳۲۷۶ | - | ۰ | ۰ | - |
| Task Lighting | ۰W | ۰ | - | ۰ | ۰ | - |
| Electric Equipment | ۶۱۸W | ۲۱۰۸ | - | ۰ | ۰ | - |
| People | ۳۰ | ۷۳۵۰ | ۶۱۵۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| Infiltration | - | ۰ | ۰ | - | ۰ | ۰ |
| Miscellaneous | - | ۰ | ۰ | - | ۰ | ۰ |
| Safety Factor | ۱۰%<br>۱۰% | ۱۵۱۹ | ۶۱۵ | ۱۵% | ۶۲۶ | ۰ |
| Total Zone Loads | - | ۱۶۷۰۷ | ۶۷۶۵ | - | ۴۷۹۹ | ۰ |

| Table C-1 | | | Zone1 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Area (ft²) | U Value (BTU/(hr-ft²-°F)) | Cooling Trans (BTU/hr) | Cooling Trans (BTU/hr) | Heating Trans (BTU/hr) |
| Roof | ۴۴۵ | /۱۲۸ | ۱۷۴۹ | - | ۳۶۰۴ |

**بحث**

همان‌گونه کـه در مقدمـه نیـز اشـاره شـد، امـروزه از یـک سـو تحقیقات بیشماری پیرامون آتریوم انجام گرفته که انواع و مزیای آن را تحلیل نمود و از سویی دیگر تحقیقات گسترده دیگری نیز مزایای بام سبز را برسی نمودند اما همان گونه که پـیش از ایـن نیز مطرح شد هیچ‌یک از مطالعات به‌صـورت جـامع بـه بررسـی تأثیر این بام‌ها در ارتباط با آتریوم به‌عنوان یک سیستم ترکیبـی از بام سبز برای پوشش بام مدارس و آتریوم به‌عنوان فضای حایل دیوارهای کلاس نپرداخته‌است. لذا در این مقاله با ارایه پیشنهاد ترکیب این دو سیستم "بام سبز مرتبط با آتریوم "، بـه بررسـی تأثیر این سیستم مرکب بر بـار حرارتـی و برودتـی در فضـاهای آموزشی در فصل تابستان و زمسـتان پـرداختیم کـه داده‌هـای حاصل از شبیه‌سازی متناسب با جداول(۲و ۳و ۴) بار برودتـی [1] بام سبز مرتبط با آتریوم به‌شرط باز بودن دریچـه‌های آتـریم را BTU/h ۱۶۶۰۴، بار برودتی بام ۴۰سـانتی‌متـری معمـولی در ساخت‌وسـازهای متـداول در مـدارس شـهرکرد را BTU/h ۱۷۴۱۶و بار برودتی بام ۶۶سانتی‌متری متناسب باضـخامت بـام سبز را BTU/h ۱۶۷۰۷نشان داد کـه در مقایسـه هـر یـک از داده های شبیه سازی شده در سه مدل کلاس با یکدیگر نتایج جدول زیر استخراج گردید.(جدول ۵)

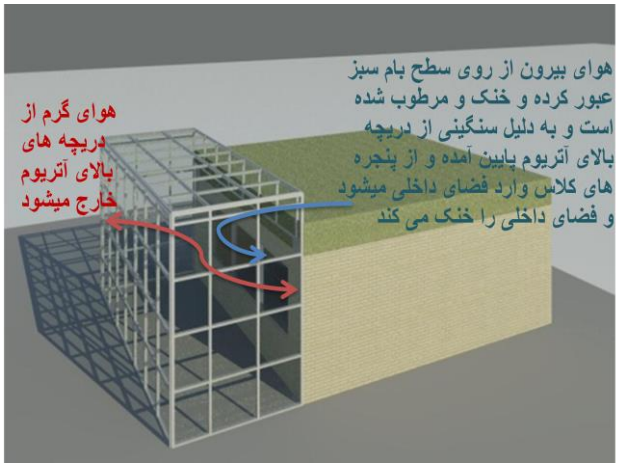
**جدول۵-نتایج حاصل از بار برودتی کلاس‌هایی در ارتباط با آتریوم با پوشش بام سبز و بام ۴۰سانتی‌متری و بام ۶۶سانتی‌متری**

**Table 5- Results of the cooling load of classrooms in relation to atrium with green roof, a 40cm roof and a 66cm roof**

| داده‌های بار برودتی | بار برودتی |
|---|---|
| BTU/h> ۱۶۶۰۴ BTU/h ۱۷۴۱۶ | بام سبز < بام ۴۰سانتی-متری معمولی در ساخت‌وسازهای متداول در مدارس شهرکرد |
| BTU/h> ۱۶۶۰۴ BTU/h ۱۶۷۰۷ | بام سبز < بام ۶۶سانتی-متری متناسب باضخامت بام سبز |

در تحلیل جدول(۵) عدد مربوط به بار برودتی بام سبز مرتبط با آتریوم برای کلاس شبیه‌سازی‌شده عددی کمتر از بار برودتی بام ۴۰سانتی‌متری معمولی و بام ۶۶سانتی‌متری متناسب باضخامت بام سبز است که این نشان‌دهنده کاهش انتقال حرارت بیرون از فضای آموزشی در فصل تابستان به داخـل فضـای کلاس‌هـا در این اقلیم می‌باشد، به‌نحوی‌که چنان‌چه دریچه آتریـوم در فصـل تابستان در این مدل فضای آموزشی باز باشـد، نـه‌تنها بـام سـبز مانع از انتقال حرارت هوای بیرون به محیط کلاس‌هـا می‌شـود، بلکه با فراهم آوردن یک محیط طبیعی مانند یک خرد اقلیم بـه تعادل دمایی فضای داخل نیز کمک می‌کند، به‌طوری‌کـه هـوای گرم داخل کلاس‌ها به دلیل سـبکی بـالا رفتـه و از دریچـه‌های بالای آتریوم خارج می‌شود. از سویی دیگر هوایی کـه در ارتبـاط با بام سبز خنک و مرطوب شده و درجه حرارت پایین‌تری نسبت به فضای داخلی و محیط خارجی دارد سنگین‌تر شده و به پایین حرکت کرده و از پنجره‌های کلاس وارد فضای داخلی می‌شود و از سویی به بهبود تهویه هوای داخلی نیز کمک می‌کنـد .(شـکل ۳)

1- Cooling data




**شکل۳-تحلیل سازوکار بام سبز مرتبط با آتریوم در فصل تابستان برای کلاس‌های شبیه‌سازی‌شده**

**Figure 3- Analyze of mechanism green roof relation to atrium insummer for simulated classes**

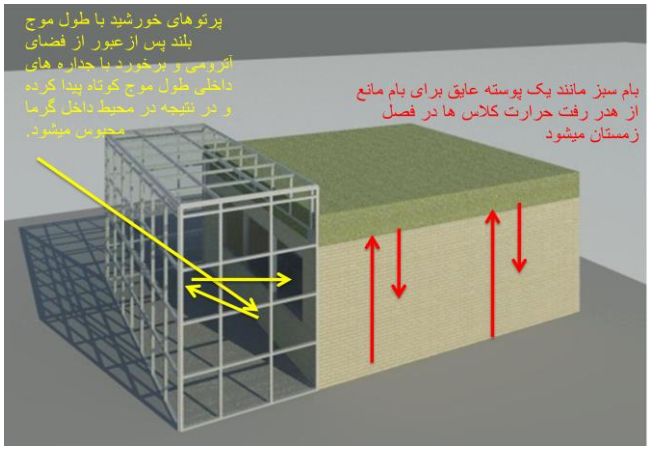
هم‌چنین در مقایسه داده‌های حاصل از پژوهش برای بار حرارتی (شدت انتقال حرارت در واحد زمان) کلاس‌هایی با بام سبز مرتبط با آتریوم در فصل زمستان، به‌شرط این‌که هواکش‌های آتریوم بسته باشند و هیچ‌گونه تبادل حرارتی با فضای آزاد وجود نداشته، باشد نسبت شدت انتقال حرارت در واحد زمان کلاس‌هایی با بام سبز برابر با BTU/h ۳۹۴۶و هم،چنین شدت انتقال حرارت در واحد زمان کلاس‌هایی با پوشش بام معمولی ۴۰ سانتی‌متری و پوشش بام ۶۶ سانتی‌متری هم ضخامت با بام سبز به ترتیب برابر با BTU/h ۶۲۳۸وBTU/h ۴۷۹۹به دست آمد که در مقایسه داده‌های حاصل از شبیه‌سازی با نرم‌افزار داده‌های جدول زیر استخراج گردید. (جدول۶)

**جدول۶-نتایج حاصل از بار حرارتی کلاس‌هایی در ارتباط با آتریوم با پوشش بام سبز و بام۴۰سانتی‌متری و بام۶۶سانتی‌متری**

**Table 6- Results of the heating load of classrooms in relation to atrium with green roof, a 40cm roof and a 66- cm roof**

| داده‌های شدت انتقال حرارت یا بار حرارتی | |
|---|---|
| BTU/h ۳۹۴۶ BTU/h> ۶۲۳۸ | شدت انتقال حرارت بام سبز < شدت انتقال حرارت بام ۴۰سانتی‌متری |
| BTU/h ۳۹۴۶ BTU/h> ۴۷۹۹ | شدت انتقال حرارت بام سبز < شدت انتقال حرارت بام ۶۶سانتی‌متری |

در تحلیل جدول(۶) عدد مربوط به بار حرارتی یا همان شدت انتقال حرارت در واحد زمان بام سبز مرتبط با آتریوم برای کلاس شبیه‌سازی‌شده عددی کمتر از بار حرارتی بام ۴۰سانتی‌متری معمولی و بام ۶۶سانتی‌متری متناسب باضخامت بام سبز است که این نشان‌دهنده کاهش انتقال حرارت از فضای داخلی آموزشی به محیط بیرون در فصل زمستان می‌باشد، به‌نحوی‌که چنان‌چه دریچه آتریوم در فصل زمستان در این مدل فضای آموزشی بسته باشد پرتوهای تابیده‌شده به محیط داخلی، آتریوم که دارای طول‌موج بلند می‌باشند پس از عبور از آتریوم و برخورد به جداره‌های داخلی طول‌موج کوتاه پیداکرده که این طول‌موج در گستره‌ی عبوری از آتریوم نیست درنتیجه هوای گرم درون آتریوم محبوس می‌شود و این گرما باعث گرم شدن فضای داخلی کلاس می‌گردد هم‌چنین خود بام سبز نیز مانند یک پوشش عایق برای بام عمل کرده و مانع از تلفات حرارتی یا هدر رفت این حرارت حاصل از تابش آفتاب، از جداره بام می‌شود و درنتیجه فضای داخلی تا مدت طولانی گرم می‌ماند.(شکل ۴)




**شکل۴- تحلیل سازوکار بام سبز مرتبط با آتریوم در فصل زمستان برای کلاس‌های شبیه‌سازی‌شده**

**Figure 4- Analyze of mechanism green roof relation to atrium in winter for simulated classes**

لذا به‌طورکلی در مقایسه‌ی استفاده از سیستم بام سبز مرتبط با آتریوم نسبت به بام ۴۰سانتی‌متری متداول در ساخت مدارس و بام ۶۶سانتی‌متری هم ضخامت با بام سبز، کاهش بار حرارتی و بار برودتی در فصل تابستان و زمستان به‌شرط قابل‌کنترل بودن دریچه‌های آتریوم مشاهده گردید. در ادامه از تقسیم بار حرارتی و برودتی بام سبز مرتبط با آتریوم بر بار حرارتی و برودتی بام ۴۰سانتی‌متری متداول در ساخت مدارس و بام ۶۶سانتی‌متری هم ضخامت با بام سبز، درصد صرفه‌جویی این سیستم ترکیبی مطابق با جدول زیر به دست آمد .(جدول۷)

**جدول۷-درصد صرفه‌جویی در مصرف انرژی**

**Table 7- Percent savings on energy consumption**

| درصد صرفه‌جویی در مصرف انرژی در فصل زمستان | مقایسه سیستم‌های مورداستفاده در صورت بسته بودن هواکش‌های آتریوم |
|---|---|
| ٪۶۳ | برای کلاس‌هایی با پوشش بام سبز نسبت به پوشش بام ۴۰سانتی‌متری |
| ٪۸۵ | برای کلاس‌هایی با پوشش بام سبز نسبت به پوشش بام ۶۶سانتی‌متری |
| درصد صرفه‌جویی در مصرف انرژی در فصل تابستان | مقایسه سیستم‌های مورداستفاده در صورت باز بودن هواکش‌های آتریوم |
| ٪۹۵ | برای کلاس‌هایی با پوشش بام سبز نسبت به پوشش بام ۴۰سانتی‌متری |
| ٪۹۹ | برای کلاس‌هایی با پوشش بام سبز نسبت به پوشش بام ۶۶سانتی‌متری |

در تحلیل جدول زیر میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی برای کلاس‌هایی با پوشش بام سبز نسبت به پوشش بام ۴۰سانتی-متری و پوشش بام ۶۶سانتی‌متری هم ضخامت با بام سبز به ترتیب برابر با ٪۶۳و ٪۸۵ در فصل زمستان به‌دست‌آمده و هم-چنین این میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی بام سبز مرتبط با آتریوم نیز در فصل زمستان به ترتیب برابر با ٪۹۵و ٪۹۹ نسبت به بام ۴۰سانتی‌متری و پوشش بام ۶۶سانتی‌متری به‌دست‌آمد که درنتیجه استفاده از این سیستم در فضای آموزشی اقلیم سرد شهرکرد علاوه بر ایجاد پوشش سبز گسترده در فضای پشت‌بام و استفاده از این فضای سبز در تمامی فصول به‌عنوان یک فضای باز کمک‌آموزشی از ٪۶۳تا ٪۹۵ صرفه‌جویی در مصرف انرژی در فصل‌های تابستان و زمستان ایجاد خواهد نمود که این میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی باعث کاهش هزینه‌های مصرفی مدارس و درنتیجه مدیریت منابع و انرژی در فضاهای آموزشی می‌شود.

**نتیجه‌گیری**

مطابق با بررسی‌های انجام‌گرفته و همان‌گونه که در بحث به آن اشاره شد، استفاده از سیستم بام سبز و آتریوم به‌شرط این‌که سیستم آتریوم دارای دریچه‌های هواکش قابل‌کنترل باشد،

می‌تواند بر بهبود بارحرارتی و بار برودتی فضاهای آموزشی در شهرکرد به‌عنوان یک اقلیم سرد بیافزاید به‌نحوی‌که چنان‌چه دریچه‌های آتریوم در فصول سرد مانند زمستان در این شهر بسته باشد بام‌های سبز مانند یک پوسته عایق عمل نموده و شدت انتقال حرارت از بام‌ها را کاهش می‌دهد و گرمای محیط که حاصل از تابش خورشید به فضای آتریوم است درون فضای آموزشی محبوس می‌شود و این گرما میزان استفاده از سوخت‌های فسیلی را در این فصول کم می‌نماید که این گرمای محبوس شده در فضا باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود.

هم‌چنین ازنظر بار برودتی چنان‌چه دریچه‌های آتریوم در فصول‌گرم مانند تابستان در این شهر باز باشد بام‌های سبز مانند یک خنک‌کننده هوا عمل نموده و باعث ایجاد برودت حرارتی و خنکی در فضای داخل می‌شود، به‌نحوی‌که هوای گرم ساختمان به سمت سقف حرکت نموده و از دریچه‌های تهویه آتریوم خارج‌شده و هوای بیرون که در مجاورت بام سبز تعدیل دما پیدا نموده است، از جبهه دیگر فضا وارد فضای آموزشی خواهد شد .

از جنبه دیگر وجود یک بام سبز مرتبط با آتریم می‌تواند با ایجاد یک فضای سبز وسیع بر روی پشت‌بام باعث تماس دانش آموزان با طبیعت در تمامی فصول و تمامی اقلیم‌ها شود. از طرفی این سیستم ترکیبی به کاهش اضطراب و ترویج رفتارهای گروهی فعال‌تر و دوستانه‌تر و بهبود راندمان معلمان و دانش آموزان در استفاده از این فضاها به‌عنوان یک فضای سبز کمک‌آموزشی کمک خواهد نمود به‌نحوی‌که دانش آموزان نسبت به آموزش‌های مدارس علاقه‌ی بیشتری از خود نشان خواهند داد و به درک بهتری از مسایل درسی خواهند رسید.

**پیشنهادها**

مدل استفاده از بام سبز مرتبط با آتریوم به‌شرط قابل‌کنترل بودن دریچه‌های هواکش آتریوم نه‌تنها در فضاهای آموزشی شهرکرد به‌عنوان نمونه اقلیم سرد پیشنهاد می‌شود بلکه تمامی مدارس اقلیم‌های مشابه با این اقلیم نیز می‌توانند از این مدل ترکیبی جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی در تابستان و زمستان بهره ببرند و در ادامه به‌منظور توجیه‌پذیری این نمونه در دیگر اقلیم‌ها شبیه‌سازی مدل‌های کلاس‌ها در دیگر اقلیم‌ها با شرایط مدل‌های متفاوت بام سبز به خوانندگان پیشنهاد می‌شود.

**منابع**


1- Rodney H. Matsuoka. 30 September 2010, Student performance and high school landscapes: Examining the links. Landscape and Urban Planning, Volume 97, Issue 4, Pages 273-282.

۲- برایان-ادوارد، (نویسنده)، تهران. شهروز، (مترجم)،۱۳۸۹، رهنمون‌هایی به‌سوی معماری پایدار، انتشارات مه رازان ، ۲۵۲ صفحه

۳- مظفری ترشیزی.حسین،۱۳۸۴، راهکارهای بهینه‌سازی مصرف سوخت در مدارس،سازمان نوسازی ،توسعه و تجهیزات مدارس دفتر فنی،۱۶۰ ص.

۴- زیاری.کرامت الله، ۱۳۸۸، اصول و روش‌های برنامه‌ریزی منطقه‌ای، شماره ۲۴ انتشارات دانشگاه تهران.۳۲۰صفحه.

۵- بهادری نژاد.،مهدی و صفر زاده. حبیب‌الله ، ۱۳۶۹، طراحی یک ساختمان بی‌نیاز از انرژی‌های فسیلی، ژورنال انرژی خورشیدی جلد ۴ ،شماره ۳۶ ، ص ۳۷۵-۳۶۵.

۶- صیادی.،سید احسان، ۱۳۹۱، معماری پایدار.نشر لوتوس، چاپ دوم ،۲۰۰ص.

۷- پیرایی. مهرانگیز،۱۳۹۱، معماری سبز،نشر کالج، چاپ اول،کردستان،سنندج.۶۸ص.

۸- واتسون.دانا و لبز.کنت(نویسندگان)، قبادیان.وحید(مترجم)،۱۳۷۳.طراحی اقلیمی اصول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان،دانشگاه تهران،موسسه انتشارات و چاپ،۲۴۹ص.

۹- شکوهی.رحمان و حجابی تار قلی. ویدا،۱۳۹۲ ، بررسی نقش فضاهای باز ساختمان به‌مثابه شش‌های تنفسی در ادامه حیاط این موجود زنده،ولین همایش ملی معماری پایدار و توسعه شهری، ۹ص.

۱۰- کسمائی. مرتضی ،۱۳۸۹، اقلیم و معماری،.نشر خاک پاییز،چاپ ششم ،اصفهان، ۲۸۹ص.

۱۱- مفیدی شمیرانی.سـید مجیـدو مدی.حسـن ،۱۳۸۶، آتریوم نماد یک معماری پایدار،ششمین همایش ملی انرژی،۹ص.

12- Weiler,s&.scholz-bart,k.2009 .green roof system aguid to the planing ,design,and construction of landscapes over structure. Published simultaneously in Canada .p108.

13- JOHNNEL,J. 2007. Thermal Performance of Green Roofs in Cold Climates. Queen's University Kingston, Ontario, Canada. September.p48-80.

14- Foser,j & lowe,A &wenkelman, s.2012.the valueof green infrastructure for urban climate adaptation.the center for clean air policy.p300.

15- Group building environmernt. 2012. Cooling the cities -Areview of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environment.solar energy.vol103.p:682-703.

16- Shamsuddina*, s & Bahauddinb H & AbdAzizc N . July 2012,Relationship between the Outdoor Physical Environment andStudents' Social Behaviour in Urban Secondary SchoolAcE-Bs BangkokASEAN Conference on Environment-Behaviour Studies,Bangkok, Thailand, 16-18.

17- Dinsdle,s & pearen,b & wilson,ch.april2006.Feasibility study for green roof applicatio on Queen uneversity campuse".Queen physical plant services.58pp.

18- Taylor,F.2009. Coping with ADD – the surprisingconnection to green play settings. Environment and Behavior 33 (1), 54–77.

19- Kaplan, S. 1993. The role of natural environment aesthetics in the restorative experience.In: Gobster, P.H. (Ed.), Managing Urban and High-Use Recreation Settings, General Technical Report NC-163. Forest Service, USDA, St. Paul, MN, pp. 46–49.

20- Duncan, s. 1997, oreginal green school tool: creat healthy school environment through resourcr efficiency, eashington country health tem, 500pp.

21- Corden,, Y. September2011. Efficacy of Green Roof Technology in Colder Climates. Earth Common Journal Vol. 1, No. 1 p73.

22- Virtudes, A & Manso,M. 2012. Green Walls Benefits in Contemporary City, Department of Civil Engineering and Architecture, University of Beira Interior, Portugal, p207.