شماره شاپا: X ۹۸۰ - ۲۳۸۲

پژوهش‌های معماری اسلامی ۲۵

فصلنامه علمی
قطب علمی معماری اسلامی
سال هفتم- شماره چهارم- زمستان ۱۳۹۸

رهیافتی بر زیرساخت‌های مشترک نهفته در معماری اسلامی-ایرانی (مبتنی بر شواهدی از نماهای معماری دوره قاجار)
مهشید غلامیان / سیدعباس آقا یزدانفر / سعید نوروزیان ملکی

تحلیل بصری سازه‌های تاقی در منظر میدان‌های تاریخی ایران با تأکید بر میدان‌های دوران صفوی و قاجاری
ابوالفضل قربانی / سید عبدالهادی دانشپور

تقابل والایی و زیبایی در فلسفه و ظهور آن در زیبایی‌شناسی معماری مساجد آزاد و الگومحور معاصر (نمونه موردی: مسجد ولی‌عصر، مصلی امام خمینی تهران)
فاطمه برادران هروی / مهدی حمزه‌نژاد

تأثیر فرم بر میزان سایه‌اندازی و جذب حرارت در گنبد آب‌انبارهای یزد
توحید شیری / محمد دیده‌بان / محسن تابان

نگرش انتقادی اسلامی: رویکردی برای آموزش کاربردی تاریخ معماری اسلامی
مسعود ناری‌قمی

تحلیل تطبیقی شاخص‌های مسکن اسلامی بر گونه‌های مسکن سنتی قم مبتنی بر نظرات معماران مسلمان معاصر
محسن عزیزیان غروی / زینب عزیزیان غروی

مفهوم خالی و جایگاه معنایی آن در معماری اسلامی (نمونه مطالعاتی خانه‌های تاریخی یزد)
زهرا احمدی / فرح حبیب

شماره شاپا: X - ۹۸۰ - ۲۳۸۷

پژوهش های معماری اسلامی ۲۵

فصلنامه علمی
قطب علمی معماری اسلامی
سال هفتم - شماره چهارم - زمستان ۱۳۹۸

بسم الله الرحمن الرحیم

مدیر مسئول: معاونت پژوهشی دانشگاه علم و صنعت ایران

سردبیر: دکتر محسن فیضی

مدیر داخلی: دکتر فاطمه مهدیزاده سراج

ویراستار ادبی فارسی: سارا متولی

کارشناس مجله: امیرحسین یوسفی- زهرا کاشانی دوست

ویراستار انگلیسی: محمد رضا عطایی همدانی

هیأت تحریریه:

دکتر سید غلامرضا اسلامی : دانشیار دانشگاه تهران
دکتر حسن بلخاری: استاد دانشگاه تهران
دکتر مصطفی بهزادفر : استاد دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر محمد رضا پور جعفر : استاد دانشگاه تربیت مدرس
دکتر مهدی حمزه نژاد : استادیار دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر اسماعیل شیعه : استاد دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر منوچهر طبیبیان : استاد دانشگاه تهران
دکتر حمید ماجدی : استادواحد علوم تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی
دکتر اصغر محمد مرادی : استاد دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر غلامحسین معماریان : استاد دانشگاه علم و صنعت ایران
دکترفاطمه مهدیزاده سراج: استاد دانشگاه علم و صنعت ایران
مهندس عبدالحمید نقره کار :دانشیار دانشگاه علم و صنعت ایران
دکترمحمدنقی زاده: استادیارواحدعلوم تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی
دکترعلی یاران: استاد وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

طراح جلد و صفحه‌آرا: امیرحسین یوسفی

قیمت: ۵۰۰۰۰۰ ریال

لیست داوران این شماره:

دکتر مهدی اخترکاوان (استادیار دانشگاه قم)
دکتر علی اکبری (استادیار دانشگاه آزاد)
دکتر حسنعلی پورمند (دانشیار دانشگاه تربیت مدرس)
دکتر سمانه تقدیر (استادیار دانشگاه علم و صنعت ایران)
دکتر مهدی خاک زند (دانشیار دانشگاه علم و صنعت ایران)
دکتر محمد منان رئیسی (استادیار دانشگاه قم)
دکتر حسن سجادزاده (دانشیار دانشگاه بوعلی همدان)
دکتر نداسادات صحراگرد منفرد (استادیار دانشگاه علم و صنعت ایران)
دکتر ابوذر صالحی (استادیار دانشگاه هنر اصفهان)
دکتر منصوره طاهباز (استادیار دانشگاه کردستان)
دکتر فاطمه مهدیزاده سراج (استاد دانشگاه علم و صنعت ایران)
دکتر احد نژاد ابراهیمی (استادیار دانشگاه هنر اسلامی تبریز)
مهندس عبدالحمید نقره کار (دانشیار دانشگاه علم و صنعت ایران)

نشریه پژوهشهای معماری اسلامی بر اساس مجوز کمیسیون نشریات وزارت علوم تحقیقات و فناوری به شماره ۱۳۷۲۰۶ / ۱۸ / ۳ مورخ ۹۳ / ۷ / ۲۸ از شماره نخست دارای اعتبار علمی پژوهشی می باشد.

این مجله در پایگاه های (SID) و (ISC) نمایه می شود.

مقالات مندرج در این مجله، الزاماً بیانگر نقطه نظرات «پژوهش های معماری اسلامی» و «قطب علمی معماری اسلامی» نمی باشد و نویسندگان محترم، مسئول مقالات خود هستند.

نشانی دفتر مجله: دانشگاه علم و صنعت ایران / قطب علمی معماری اسلامی / کد پستی ۱۶۸۴۶۱۳۱۱۴ / **تلفن مستقیم:** ۷۷۴۹۱۲۴۳ - ۰۲۱

نشانی رایانامه: jria@iust.ac.ir / **نشانی وب:** http://iust.ac.ir/jria

فصلنامه پژوهش های معماری اسلامی / شماره بیست وپنجم / زمستان ۱۳۹۸ / سال هفتم

تأثیر فرم بر میزان سایه‌اندازی و جذب حرارت در گنبد آب‌انبارهای یزد*

توحید شیری**
دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، گروه معماری، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، ایران.
محمد دیده‌بان***
استادیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، ایران (نویسنده‌ی مسئول).
محسن تابان ****
استادیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۰۹/۲۷ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۷/۱۱/۱۵

چکیـــــده:

آب‌انبارها بناهایی بودند که اکثراً در مناطق گرم و خشک کشور برای خنک نگه داشتن آب در طول سال مورد استفاده مردم قرار می‌گرفتند. یکی از اصلی‌ترین عنصر آب‌انبارها پوشش مخزن می‌باشد که از طاق‌های آجری گوناگونی مانند آهنگ، کلنبو با خیز و فرم‌های متفاوت در ساخت آنها استفاده شده است. هدف از این پژوهش شناخت میزان دریافت تابش خورشید و سایه‌اندازی در گنبد آب‌انبارهای یزد می‌باشد که منجر به شناخت بهینه‌ترین پوشش مخزن آب‌انبار در بین نمونه‌های مطالعه شده می‌گردد.

برای انجام این تحقیق پنج نمونه از آب‌انبارها با ساختار متفاوت گنبد در شهر یزد انتخاب گردید و میزان دریافت تابش سالیانه آن‌ها در گرم‌ترین روز سال، در ساعات ۱۴، ۱۶و ۱۸ با استفاده از تحلیل انرژی‌پلاس نرم‌افزار راینو تحت پلاگین‌های هانی‌بی و لیدی باگ انجام گرفت. نتایج آنالیزها نشان می‌دهد؛ با افزایش سطوح گنبدها میزان جذب حرارت در محدوده در معرض تابش و در محدوده سایه بیشتر می‌شود. در هنگام طلوع و غروب خورشید مقدار دریافت تابش تقریباً در تمام گنبدها شبیه هم است، ولی هنگام ظهر؛ جذب حرارت گنبدهای با خیز بلند و سطح تماس کم نسبت به تابش خورشید؛ کمتر از گنبدهای با خیز کم و سطح تماس زیاد است؛ که علت اصلی آن ایجاد سایه بیشتر و جذب حرارت کمتر در این نوع گنبدها می‌باشد. بیشترین دریافت حرارت در ساعت ۱۴ مربوط به گنبد برسویه تفت (۱۲۸۱۸۷ kwh/m^2) با خیز کم و کمترین دریافت حرارت در حاج قاضی یزد با خیز بلند و سطح تماس کم (۸۰۷۵۳ kwh/m^2) است. رابطه‌ی بین خیز طاق گنبد با میزان دریافت تابش خورشید تقریباً مستقیم است؛ لذا استفاده از گنبد با خیز طاق و ارتفاع زیاد و سطح تماس کم با توجه به شرایط اقلیمی یزد در آب‌انبارها عملکرد حرارتی مناسب‌تری داشته است.

واژه های کلیدی: جذب تابش، هانی‌بی و لیدی‌باگ، شبیه‌سازی انرژی، گنبد آب‌انبارها، یزد.

** t.shiri.m@jsu.ac.ir *** mdidehban@jsu.ac.ir **** mntaban@jsu.ac.ir

* مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد معماری نگارنده اول، با عنوان «طراحی اسکان موقت با رویکرد بهینه‌سازی حرارتی بر گرفته از پتانسیل گنبد آب‌انبارها» با راهنمایی دکتر محمد دیده‌بان و مشاور دکتر محسن تابان در دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور دزفول می‌باشد.

مقدمه

یکی از اصلی‌ترین عنصر آب‌انبارها که تأثیر زیادی بر حفظ و خنک ماندن آب داخل بنا داشته است؛ پوشش مخزن آب‌انبارها می‌باشد. پوشش مخزن آب‌انبار مشکل‌ترین بخش اجرایی بوده است. پوشاندن دهانه‌های ۱۵-۱۶ متری کاری بسیار دقیق و سخت بوده و نیاز به تبحر زیادی داشته است. برای پوشش مخزن آب‌انبارهای صحرایی علاوه بر نوع گنبدی، از طاق‌هایی چون آهنگ و کلنبو استفاده شده است (معماریان ۱۳۷۲، ۲۷). از یک سو فرم و شکل ساختمان باید با اثرات مطلوب و یا نامطلوب حرارتی محیط مطابقت داشته باشد. بر این اساس، برخی از اشکال و فرم‌ها نسبت به برخی دیگر در مناطق مختلف ترجیح داده می‌شوند. فرم ساختمان تأثیر مهمی بر روی اتلاف حرارت ساختمان‌ها دارد. از سوی دیگر، ضریب انتقال حرارت کلی، مقدار اتلاف حرارت از طریق پوسته ساختمان را تعیین می‌کند. بنابرین، اتلاف حرارت برای فرم‌های ساختمانی مختلف باید در رابطه ضریب انتقال حرارتی پوسته ساختمان تعیین شود (اولگی[۱] ۱۹۶۳، ۱۰۳). معماری سنتی ایران برای سال‌های متمادی با کمترین مصرف انرژی شرایط آسایش را فراهم نموده است؛ در این میان آب‌انبارها بناهایی بودند که در اقلیم گرم و خشک شهر یزد؛ همواره آب خنک شهر را تأمین می‌کرده‌اند؛ و یکی از دلایل خنک نگه داشتن آب داخل آب‌انبارها، گنبد پوشش مخزن بوده است.

از آنجا که بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، تاکنون پژوهشی بر میزان دریافت انرژی گنبد آب‌انبارهای یزد انجام نشده است؛ لذا در این پژوهش تلاش گردید با استفاده از نرم تامین افزار شبیه‌سازی انرژی‌پلاس[۲] (هانی‌بی[۳] و لیدی‌باگ[۴])؛ میزان دریافت تابش و جذب حرارت در محدوده‌ی سایه بر روی سطوح گنبد آب‌انبارهای یزد به صورت تطبیقی مورد بررسی قرار گیرد. برای این تحقیق نمونه‌های گنبد حاج نصیر، صحرای دستی، حاج قاضی، برسویه تفت، شاه ولی تفت بر اساس معیار خیز و بلندی، ارتفاع طاق و نوع طاق گنبد انتخاب گردیدند. سؤالات اصلی تحقیق به صورت زیر مطرح شده است:

۱. میزان دریافت تابش خورشید و جذب حرارت در محدوده سایه بر روی سطوح گنبد آب‌انبارهای یزد چگونه بوده است؟

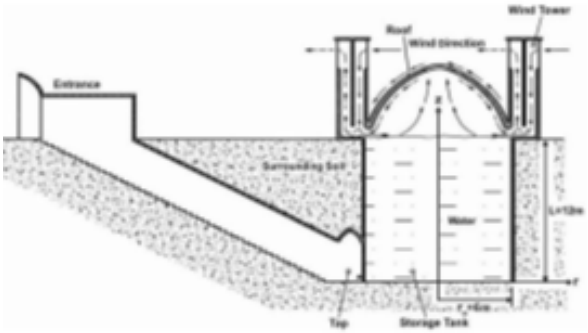
۲. نوع قوس و طاق گنبد آب‌انبارها بر میزان جذب تابش خورشید و جذب حرارت در محدوده سایه گنبد چه تأثیری داشته است؟

۱. چارچوب نظری تحقیق

برای شناخت نمونه‌های موردی کوشش شده تا در ابتدا آب‌انبارها، ساختار پوشش آنها و شرایط اقلیمی محدوده مورد مطالعه معرفی گردد.

۱-۱. آب‌انبار

از آب‌انبار در فرهنگ‌های فارسی تعاریف متعددی ارائه گردیده است. فرهنگ معین در تعریف آب‌انبار می‌نویسد «محفظه‌ای که در آن همواره آب خوش‌گوار ذخیره کنند؛ مکان سرپوشیده در زیر زمین که در آن آب جمع می‌کردند» (معین ۱۳۷۱، ۶). همچنین در فرهنگ عمید آمده «آب‌انبار عبارت [است] از حوض بزرگ روپوشیده در زیرزمین که سقف آن را با آجر می‌سازند؛ جای ذخیره کردن آب می‌باشد» (عمید ۱۳۶۳، ۲). به دلیل خشکی آب و هوای بخش عمده‌ای از کشور ایران و عدم ریزش باران کافی در بیش از شش ماه از سال در اکثر نقاط، و در نتیجه فصلی بودن آب رودخانه‌ها، و عدم امکان دسترسی به آب، تمهیدات گوناگونی جهت تأمین آب شیرین در فصول خشک سال شده است .احداث بند و آب‌انبار را می توان از این جمله نام برد. در این رابطه، آب‌انبار همان گونه که از نام آن مشخص است برای ذخیره آب در فصول پر آب و استفاده از آن در بقیه ایام سال می‌باشد (قبادیان ۱۳۹۳، ۲۹۸). هر چند که در دیگر مناطق نیز آب‌انبارهایی با این ابعاد دیده می‌شود؛ رواج آن به این صورت فقط در یزد و شهرهای اطراف آن مشاهده می‌شود. وقتی این ساختمان‌های با شکوه در کنار دیگر قرار می‌گیرد؛ بزرگی آنها بیشتر نمایان می‌شود (معماریان ۱۳۷۲، ۴).



تصویر ۱. بالا، نمونه‌ای از آب‌انبار واقع در یزد (مأخذ: نگارندگان)، پایین، نمونه‌ای از مقطع عمودی آب‌انبار در اقلیم گرم خشک (مأخذ: عارف‌منش و دیگران ۲۰۰۸، ۲۹)

۲-۱. گنبد

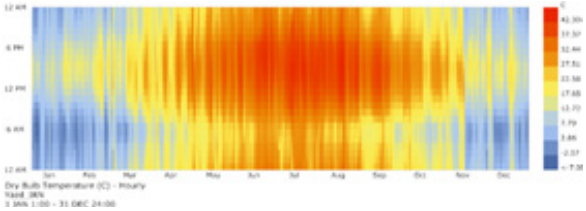
گنبدهای یک‌پوسته دارای قدمت بیشتری نسبت به گونه‌های دیگر می‌باشند. آن را می‌توان اولین نشانه‌ی گنبدهای باربر و حمال و ریشه تاریخی شکل‌گیری گنبدها دانست (معماریان ۱۳۶۷، ۱۲۲). ناصر خسرو در قرن پنجم از وجود گنبدک‌ها در راه نایین خبر می‌دهد. این بناها را در هر دو فرسنگ در بیابان‌ها می‌ساختند تا به همراه آب‌انبارها (مصانع)، و نیز در گرما و سرما لحظه ای در آن جا آسایشی کنند (ناصر خسرو ۱۳۶۲، ۱۱۹). معماری بومی ایران همانند بسیاری از تمدن‌های کهن برای سال‌های متمادی با مصرف انرژی کمتری، شرایط آسایش ساکنان را فراهم می‌نموده است. گنبد (یک‌پوسته) یکی از انواع چفدهاست که بر اساس چرخش حول محور عمودی رأس یا تیزه آن شکل می‌گیرد؛ چرخش بر روی یک مدور اتفاق می‌افتد (معماریان ۱۳۹۱، ۳۶۷). اساس شکل گنبدهای ایرانی بر مبنای شکل بیضی یا تخم مرغی، با مقاطع مختلف می‌باشد. در دوران اسلامی گنبدها به شکل‌های گوناگونی بوده است (معماریان ۱۳۶۷، ۱۲۲). گنبد یک عنصر اسلامی است؛ که همواره در طول دوره معماری اسلامی حضور داشته است و گنبد یک پوسته ساختمانی، به پوششی گفته می‌شود که دارای یک پوسته باربر است و پوسته دوم آن اگر موجود باشد نقش آمود را دارد و به عنوان پوسته جدا عمل نمی‌کند. این گنبد در معماری ایرانی سابقه‌ی حداقل ۱۸۰۰ ساله دارد (معماریان ۱۳۹۱، ۳۶۷). آتشکده‌ها و پرستشگاه‌های ساسانی، که آیین چند هزار ساله داشت؛ و در سراسر ایران و شاهنشاهی ساسانی پراکنده بود؛ برخی در معرض دید و برای پرستش همگانی بود و برخی دیگر تنها در دسترس موبدان و برای نگه داری آتش مقدس به کار می‌رفت. شکل آنها یکسان نبود: گنبدی بر روی گوشواره‌ها و بر بالای چهارپایه بزرگ که طاقنماهایی آنها را به یکدیگر می‌پیوست (پوپ ۱۳۸۲، ۶۵). گنبد را می‌توان طاقی برای پوشش دهانه بزرگ دانست که در آنها علاوه بر آنکه مسائل ساختمانی پوششی مطرح است؛ مسائل شکلی نمادی نیز در روند ساختمان آن نیز پا به پای آن مطرح بوده است (معماریان ۱۳۶۷، ۵۳).

تصویر ۲. مدل‌سازی گنبد آب‌انبار حاج قاضی، نحوه‌ی اجرای گنبد حول محور عمودی (مأخذ: نگارندگان)

۳-۱. اقلیم گرم و خشک

به دلیل رطوبت کم و دوری از دریا، اختلاف درجه حرارت هوا در طی شبانه‌روز زیاد است. باید اضافه نمود که کمبود آب برای کشاورزی و مصرف روزانه اهالی وجود دارد؛ به علاوه‌ی بادهای شدید کویری که با شدت، شن و خاک کویر را در سطح مناطق زیستی پخش می‌کند و همچنین در نظر گرفتن این نکته که در منطقه درخت و در نتیجه چوب کمیاب است؛ و نمی‌توان به راحتی سقف و سرپناه ایجاد نمود. ولی با توجه به مشکلات اقلیمی فوق، معماری سنتی ما در اثر تجربه چندهزارساله، راه حل‌های منطقی را برای یک زندگی دلپذیر در این مناطق فراهم نموده است (قبادیان ۱۳۹۳، ۱۲۳). در فلات مرکزی که بزرگ ترین منطقه ایران است؛ از جمله مشخصه‌های آن، زمستان‌های سخت و سرد و تابستان‌های گرم و خشک است. از ویژگی‌های

آب و هوایی این مناطق اختلاف زیاد درجه حرارت هوایی تابستان و زمستان، همچنین اختلاف زیاد حرارت هوای شب و روز درتابستان است (کسمایی ۱۳۸۳، ۸۵). آب و هوای استان یزد با توجه به همسایگی دو کویر پهناور لوت و نمک، خشک صحرایی و نیمه‌صحرایی است. مهم‌ترین عواملی که در این خشکی مؤثرند؛ عبارتند از: بارش اندک همراه با تبخیر بسیار شدید آن و رطوبت نسبی ناچیز توأم با گرمای فراوان و نوسانات شدید درجه حرارت. خشکی آب و کمبود هوا و در نتیجه کمبود آب باعث شده است که مردم این خطه به کاوش آب در اعماق زمین و انبار کردن آن دست بزنند (معماریان ۱۳۷۲، ۷).



تصویر ۳. دمای خشک سالانه اقلیم شهر یزد، که بالاترین دما در طول سال ۴۲ درجه سانتی‌گراد و پایین‌ترین دما ۲- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. (مأخذ: هانی‌بی لیدی باگ انرژی‌پلاس، نگارندگان)

۲. پیشینه پژوهش

۲-۱. جذب انرژی خورشیدی توسط سقف‌های گنبدی

شاخص‌ترین عامل طبیعی که باعث ایجاد تغییرات مداوم در شرایط آب و هوایی یک نقطه بر روی سطح زمین می‌گردد؛ تابش خورشید است. از آنجا که تابش خورشید نه تنها عامل ایجاد نور و روشنایی است؛ بلکه این نور سرانجام به حرارت نیز تبدیل می‌شود و تأثیر بسزایی بر شرایط اقلیمی منطقه می‌گذارد. میزان این نیرو بر حسب موقعیت خورشید (زاویه و جهت تابش) نسبت به یک نقطه بر روی زمین (عرض جغرافیایی)، و مدت تابش در زمان‌های مختلف شبانه روز و فصول سال، متفاوت است (زمردیان و همکاران ۱۳۹۱، ۸۴). در مورد سقف ساختمان در منطقه گرم و خشک، پژوهشگرانی مانند فتحی[۵] ۱۹۷۳، و مین استون[۶] ۱۹۸۳، باون[۷] ۱۹۸۱ و کیتا[۸] ۱۹۹۱، پژوهش‌هایی درباره‌ی انعکاس تابشی سقف‌های قوسی و گنبدی انجام دادند (تانگ.آر[۹] و دیگران ۲۰۰۳، ۵۳۹). نصرالهی[۱۰] (۲۰۰۹) بیان می‌کند به‌دلیل زاویه متغیر تابش بین تابستان و زمستان سطوح افقی تابش بیشتری در تابستان و کمتری در زمستان دریافت می‌کنند. بنابرین سطوح عمودی ترجیح داده می‌شوند. همچنین برای جلوگیری از دریافت تابش شدید در تابستان و از دست دادن حرارت در زمستان باید مقاومت حرارتی مصالح را با عایق‌کاری افزایش داد (نصرالهی ۲۰۰۹، ۵۴). در بسیاری از تحقیقات به آن اشاره شده است؛ از جمله اکبری و کنپاکی[۱۱] (۲۰۰۱) با مدل‌سازی نشان دادند که استفاده از مصالح بازتابنده در سقف در ساختمان‌های مختلف (مسکونی، اداری و تجاری) باعث کاهش مصرف سالانه انرژی برای گرمایش و سرمایش می‌شود. همچنین استفاده از این استراتژی برای مدارس اقلیم گرم و خشک توصیه شده است (هولگر[۱۲] و نیلسون[۱۳] ۲۰۰۸، ۱۰۵). بر اساس موقعیت وابستگی زاویه‌ای ضریب جذب خورشید، سرپوشان و یعقوبی بیان می‌کنند در مناطقی با آب و هوای گرم و خشک، سقف گنبدی، دمای هوای اتاق را در فصل تابستان کاهش می‌دهد و انعکاس تابشی سقف گنبدی بیشتر از سقف تخت متناظرش است (سرپوشان و یعقوبی ۱۳۸۱، ۳). فقیه‌کاشانی[۱۴] و بهادری‌نژاد[۱۵]، معتقدند استفاده از کاشی در معماری سنتی ایران در پوشاندن سطح گنبدها باعث کاهش تشعشع خورشیدی جذب شده می‌شود. در سقف‌های گنبدی سرعت باد روی گنبد و در نتیجه ضریب انتقال حرارت جابجایی افزایش یافته و با سطح بیشتر گنبد نسبت به بام مسطح انتقال حرارت به هوای بیرون بیشتر شده و بنابراین حرارت کمتری به داخل ساختمان راه می‌یابد. و سطح زیرین گنبد را خنک‌تر نموده و باعث کاهش تبادل حرارت تشعشعی این سطح با سطوح داخل ساختمان می‌گردد. به این ترتیب دریافت انرژی خورشیدی از طریق بام ساختمان به حداقل ممکن می‌رسد (فقیه‌کاشانی و بهادری‌نژاد ۱۳۸۹، ۲۱۵). رنگ سقف روشن در مناطق گرم مرطوب دارای دمای ۲۸ درجه سانتی گراد است که کم‌تر از سقف تیره ۶۶ درجه سانتیگراد یا بالاتر است (اوربان[۱۶]و روث[۱۷] ۲۰۱۰، ۶۸). در تحقیقی با ایجاد لایه‌ی با ضخامت ۵ سانتی‌متر فضای پر شده از هوا، در گنبد ناری نتیجه گرفتند؛ وجود نداشتن گردابه باعث شد تا سقف از نظر تبادل حرارت به روش هدایت بهتر

از سقف بدون لایه هوا عمل کند و بنابرین انتقال حرارت به داخل بنا کمتر خواهد بود (فولادی و همکاران ۱۳۹۵، ۹۶).

۲-۲. تحقیق و بررسی بر روی عملکرد حرارتی آب‌انبار

سالاروند و طالبی (۱۳۹۷) با شبیه‌سازی آب‌انبار در نرم‌افزار انرژی‌پلاس، عملکرد حرارتی آن در دوره‌ی ذخیره‌سازی مورد مطالعه قرار دادند. هم‌چنین تأثیر انتقال حرارت تشعشعی سقف گنبدی با محیط، تبخیر سطحی و خاک اطراف مخزن، بر تغییرات دمای آب با گذشت زمان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که انتقال حرارت تشعشعی بین سقف گنبدی و آب، و دمای اولیه خاک، تاثیر چشم گیری در تغییرات دمای آب دارند (سالاروند و طالبی ۱۳۹۷، ۱۷). ویکتور گومز[۱۸] و همکاران در سال ۲۰۰۳ عملکرد انرژی خورشیدی سقف گنبدی را مطالعه کردند؛ که شامل تأثیر سایه بر انرژی دریافتی سقف گنبدی در طول چندین روز است. نتایج با سقف مسطح افقی استاندارد در ساختمان‌های مدرن در مکزیک مقایسه شده است. نتایج نشان می‌دهد که گنبد نیم‌کره‌ای حدود ۳۵% انرژی خورشیدی کمتری نسبت به سقف مسطح دریافت می‌کند (گومز و همکاران ۲۰۰۳، ۳۸). هداوند[۱۹] و یعقوبی[۲۰] (۲۰۰۷) تحلیل حرارتی سقف‌های گنبدی را انجام دادند. ایشان جریان باد مشرق-مغرب اطراف ساختمان‌های دارای سقف گنبدی و مسطح شمال-جنوب را تحلیل کردند. همچنین ترکیب انتقال حرارت جابجایی و تشعشعی را روی این سقف‌ها بررسی کرده و با یکدیگر مقایسه کردند. آن‌ها دریافتند دمای متوسط روزانه ساختمان با سقف‌های گنبدی با زوایای حاشیه‌ی مختلف بجز سقف گنبدی با زاویه‌ی حاشیه ۱۸۰ درجه کمتر از سقف مسطح است و با افزایش سرعت باد نیز کاهش می‌یاد (هداوند و یعقوبی ۲۰۰۷، ۴۰). فقیه[۲۱] و بهادری[۲۲] در سال ۲۰۰۸ تشعشع خورشیدی بر روی سقف‌های گنبدی را ارزیابی کردند. آن‌ها تشعشع خورشیدی دریافتی و جذب شده را برای چهار سقف گنبدی مشخص تخمین زدند و با یک سقف مسطح با مساحت یکسان مقایسه کردند. آن‌ها نشان دادند ماکزیمم تشعشع خورشیدی دریافتی این سقف‌ها واقع در نیمکره شمالی و در ماه ژوئن اتفاق می‌افتد و مستقل از مکان جغرافیایی و شرایط آب و هوایی است. آن‌ها هم‌چنین دریافتند که سقف‌های گنبدی تشعشع خورشیدی بیشتری نسبت به سقف مسطح با مساحت یکسان دریافت می‌کنند ولی با پوشاندن آن‌ها با کاشی می‌توان کاهش قابل توجهی در تشعشع جذبی خورشید مشاهده کرد (فقیه و بهادری ۲۰۰۸، ۴۱). در مطالعاتی که انجام گرفت هیچ گونه پژوهشی مبتنی بر تحلیل میزان دریافت تابش خورشید و جذب حرارت در محدوده سایه صورت نگرفته است.

۳-۲. روش تحقیق

به منظور بررسی پتانسیل انرژی حرارتی در آب‌انبارهای شهر یزد و میزان دریافت تابش و سایه‌اندازی در هر گنبد، با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی انرژی‌پلاس، تحلیل حرارتی صورت گرفت تا تأثیر نوع فرم گنبد بر میزان دریافت تابش خورشید و جذب حرارت در محدوده‌ی سایه در سطح گنبد آب‌انبارها سنجیده شود. محاسبات با انتخاب چند نمونه از آب‌انبارهای باارزش شهر یزد، بر اساس تنوع فرمی از لحاظ خیز و نوع طاق گنبدها انجام گردید. برای شبیه‌سازی گنبدهای آبانبار، ابتدا در نرم‌افزار رویت[۲۳] ۲۰۱۷ به صورت سه‌بعدی مدلسازی گردید؛ سپس مدل‌ها به نرم‌افزار راینو[۲۴] ۵ انتقال داده شد؛ تا با استفاده از پلاگین‌های هانی‌بی و لیدی‌باگ، با موتور انرژی‌پلاس تحلیل دریافت تابش خورشید و سایه‌اندازی انجام پذیرد. مشخصات گنبد آب‌انبارها؛ طبق ابعاد درج شده در جدول ۱ صورت گرفت. برای این محاسبات فایل آب و هوایی سالانه شهر یزد با فرمت EPW تعریف شد. این فایل از سایت انرژی‌پلاس برای شهر یزد تهیه گردید.

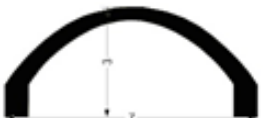
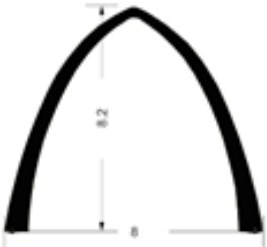
تصویر ۴. تبیین فرآیند مراحل پژوهش (مأخذ: نگارندگان)

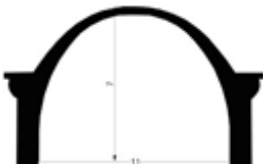
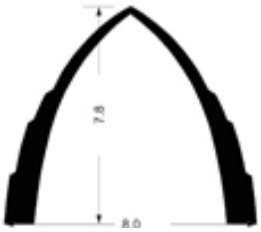
۳. معرفی نمونه‌های موردی

۱-۳. آب‌انبارهای یزد

در یزد نیز مانند دیگر نقاط سرزمین خشک و کم آب ایران، آبادی‌ها در مکان‌هایی شکل گرفته‌اند که نشانی از آب باشد. تأمین آب مشروب هر آبادی نیز از جمله کارهایی بوده است که ساکنان هر محله به آن پرداخته‌اند. در یزد یکی از قدیمی‌ترین راه‌حل‌ها، استفاده از چاه‌های آب سرد بوده است. احتمالاً آب‌انبارها از قرن نهم به بعد در بافت شهرها و روستاها گسترش یافته‌اند (معماریان ۱۳۷۲، ۱۵). از آب‌انبارهای شهر یزد، بدون ذکر نام آب‌انبار (مصنعه) در کتاب تاریخ یزد از قرن نهم هجری مطالبی نوشته شده است. در صفحه ۱۷۹ کتاب در ذکر آب‌های یزد و آب‌شاهی نعیم‌آباد اینطور می‌نویسد: «... و صد وپنجاه مصنعه از این آب پر می‌شود؛ و منفعت به مسلمانان می‌رساند» (معماریان ۱۳۷۲، ۸). مراد از مصنعه آب‌انبار است که در زمستان آب در آن کرده عبادالله در تابستان مصرف می‌نمایند و مصانع در اصل شهر و بلوکات بسیار از حیطه تعداد بیرونست (بافقی و همکاران ۱۳۶۰، ۵۴). با توجه به ویژگی‌های آب و هوایی استان یزد و کمبود باران و نهر و رودخانه‌های جاری، اصلی‌ترین منبع تأمین‌کننده آب‌انبارها، قنات می‌باشد (معماریان ۱۳۷۲، ۱۲). آب‌انبارها با توجه به کاربرد آن‌ها در هر کجا که لازم بوده در شهرها و روستاها، در صحراها و مزارع کشاورزی و در میان راه‌ها و به اشکال مختلف استقرار یافته‌اند. با توجه به جدول ۱ –که مشخصات آب‌انبارهای انتخاب شده از شهر یزد را نشان می‌دهد آب‌انبار حاج نصیر، بر بالای یک تپه کوچک واقع شده و در داخل فضای چهار طاقی ان دو سکو برای استراحت زارعین ساخته شده است. آب‌انبار صحرای دستی در جاده یزد کرمان و جنوب شهر مهریز، پوششی با خیز بلند دارد. آب‌انبار برسویه تفت در زمان صفویه (قرن دهم هجری) ساخته شده است (همان، ۱۳۹). آب‌انبار حاج قاضی در حاشیه شمالی شهر ساخته شده است، پوشش طاقی این ساختمان با خیز و افراز زیادی دارد (معماریان ۱۳۷۲، ۱۴۵)؛ و آخرین نمونه آب‌انبار شاه ولی تفت، که قدمت آن به گفته اهالی حدود ۴۰۰ سال است این آب‌انبار در کنار یک حسینیه و در نزدیکی بازار تفت ساخته شده است (همان، ۱۳۸). مقطع گنبد آب‌انبارها نیز از کتاب سیری در معماری آب‌انبارهای یزد برداشت (معماریان ۱۳۷۲) و در نرم افزار رویت ۲۰۱۷ مدلسازی گردید. با استفاده از پلاگین گرس‌هاپر که در نرم‌افزار راینو ۵ نصب می‌گردد مقدار مساحت سطوح بیرونی تمام گنبد آب‌انبارهای یزد با الگوریتم area محاسبه گردید.

جدول ۱. معرفی ابعاد و اندازه گنبد آب‌انبارهای اقلیم یزد (مأخذ: معماریان ۱۳۷۲)

آب‌انبارهای یزد	مقطع گنبد آب‌انبارها	تصاویر آب‌انبارهای واقع در یزد	ارتفاع گنبد	عرض دهانه گنبد	شکل مخزن	تحلیل در گرم ترین روز سال	مساحت گنبدها
حاج نصیر			۳ m	۷ m	مدور	ساعت ۱۴ ساعت ۱۶ ساعت ۱۸	۷۵ m2
صحرایی دستی			۸,۲ m	۸ m	مدور	ساعت ۱۴ ساعت ۱۶ ساعت ۱۸	۲۶۲m2

برسویه تفت			۷ m	۱۱ m	مدور	ساعت ۱۴ ساعت ۱۶ ساعت ۱۸	۳۱۷ m2
حاج قاضی			۷٫۸ m	۸ m	مدور	ساعت ۱۴ ساعت ۱۶ ساعت ۱۸	۲۴۹ m2
شاه ولی تفت			۵ m	۱۱ m	مدور	ساعت ۱۴ ساعت ۱۶ ساعت ۱۸	۱۹۴ m2

٤. تحلیل دریافت تابش در گنبد آب‌انبارها

با استفاده از پلاگین‌های هانی‌بی و لیدی‌باگ در نرم‌افزار راینو [۵]، تحلیل میزان دریافت تابش خورشید و سایه‌اندازی بر روی گنبد آب‌انبارهای یزد انجام گردید. مدل‌های مورد نظر بر روی سطح زمین با تراز صفر، در شرایط آب و هوایی شهر یزد مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت؛ تا عملکرد حرارتی یعنی دریافت تابش و سایه اندازی بر روی سطوح گنبدها مشخص گردد. برای تحلیل دریافت تابش خورشید بر سطح گنبد آب‌انبارها، الگوریتم نوشته شده در پلاگین‌های هانی‌بی و لیدی‌باگ با موتور انرژی‌پلاس در گرم‌ترین روز سال، در ساعات ۱۴، ۱۶ و ۱۸ انجام گردید. لازم به ذکر است در تمامی مراحل فرم گنبد به عنوان متغیر اصلی مورد سنجش قرار گرفته است. دیگر پارامترهای پایه مانند ضخامت، بادگیر، مصالح گنبد ثابت فرض شده‌اند.

٤-۱. نتایج حاصل از اطلاعات شبیه‌سازی

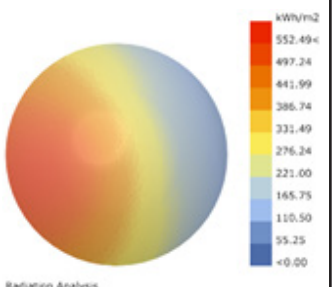
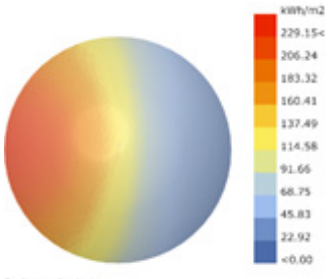
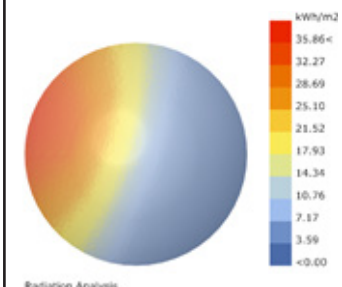
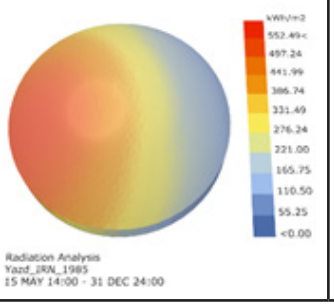
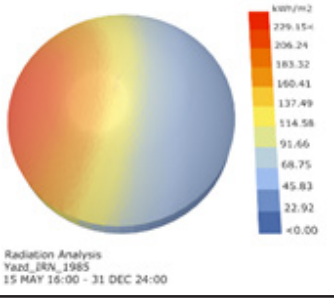
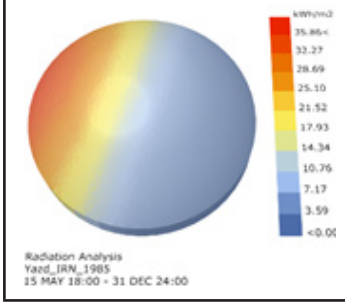
میزان دریافت تابش خورشید بر روی سطوح گنبد آب‌انبارها به نوع طاق، خیز و بلندی و مساحت بستگی دارد. با توجه به آنالیزهای صورت گرفته به وسیله‌ی نرم‌افزار انرژی‌پلاس معین گردید که میزان دریافت تابش خورشید و جذب حرارت در محدوده سایه در طول روز تغییر می‌کند. بیشترین نقطه‌ی جذب حرارت در ساعت ۱۴، ۵۵۲ kwh/m2 و کمترین دریافت تابش در این ساعت در تمام سطوح گنبدها ۵۵ kwh/m2 می‌باشد. این مقدار در ساعت ۱۶ در اقلیم یزد به ۲۲۹ kwh/m2 کاهش یافته و کمترین دریافت تابش نیز ۲۲ kwh/m2 جذب می‌گردد. و همچنین به خاطر پایین آمدن دید خورشید نسبت به سطوح گنبدها در ساعت ۱۸ غروب، بالاترین مقدار جذب حرارت ۳۵ kwh/m2 بوده و کمترین دریافت تابش در محیط سایه ۳ kwh/m2 می‌انجامد.

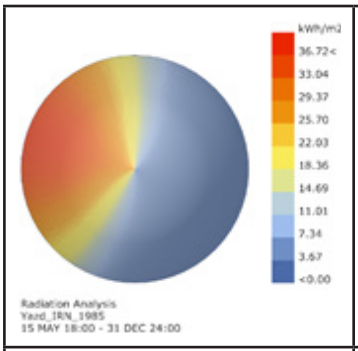
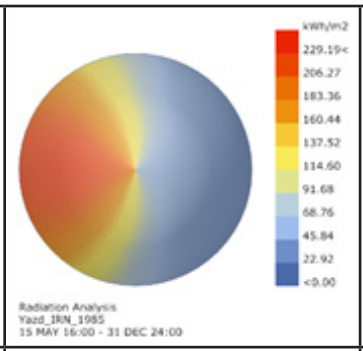
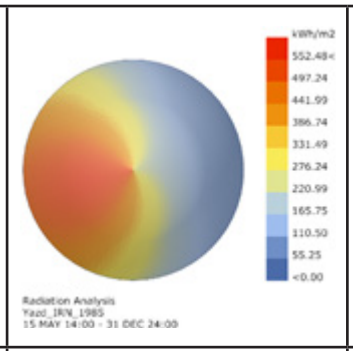
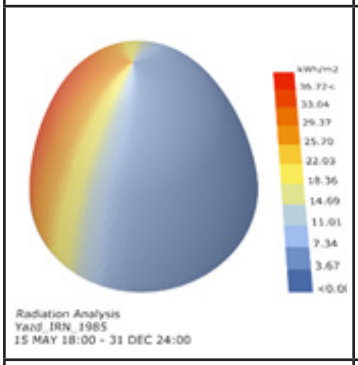
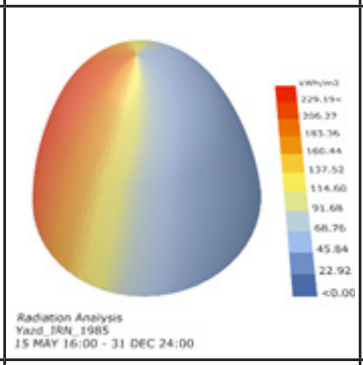
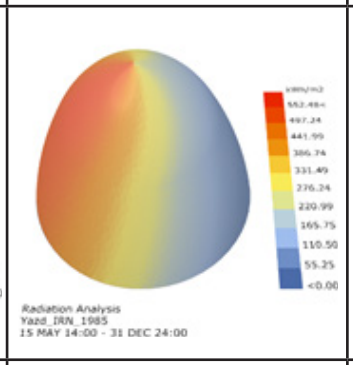
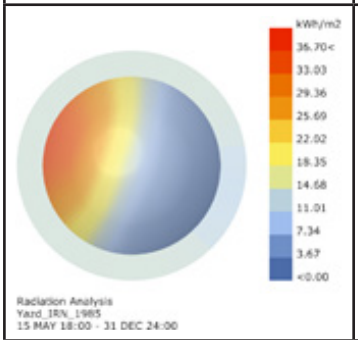
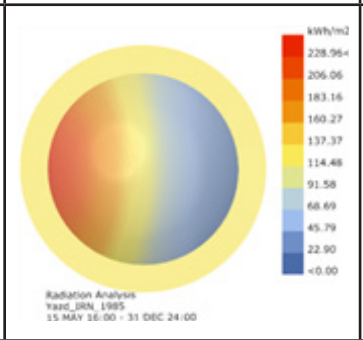
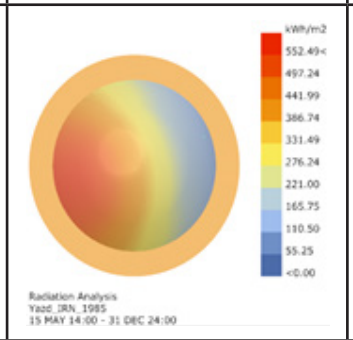
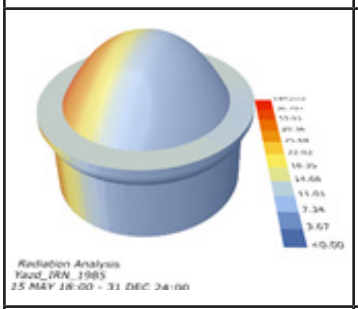
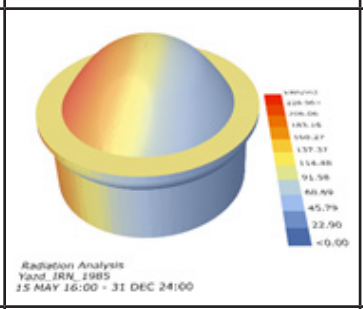
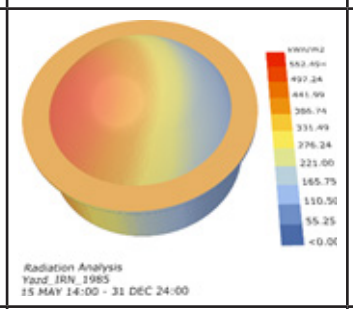
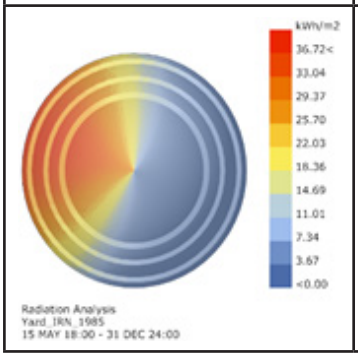
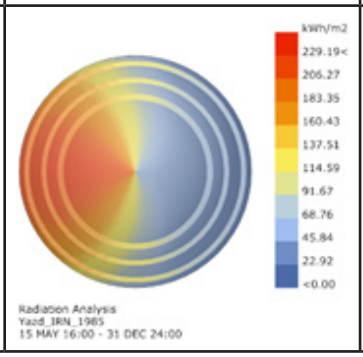
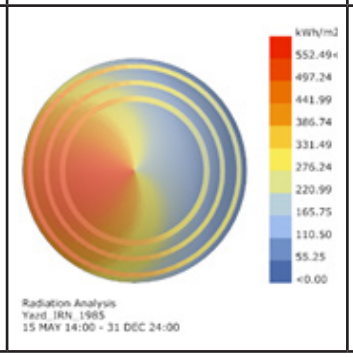
مساحت سطوح گنبدها در میزان جذب تابش خورشید نقش مهمی دارند؛ لذا بیشترین دریافت تابش خورشید در ساعت ۱۴ در بین گنبد آب‌انبارها، گنبد برسویه تفت با مساحت ۳۱۷ m2 با مقدار ۱۲۶۳۰۲ kwh/m2 می‌باشد. و در بین نمونه‌های موردی کمترین دریافت تابش را گنبد آب‌انبار حاج نصیر با مساحت کم۲۷۵ m به میزان ۲۴۸۲۵ kwh/m2 جذب می‌نماید. این مقدار در ساعت ۱۶ رو به کاهش می‌یابد که با کاهش میزان دریافت تابش خورشید، میزان جذب حرارت

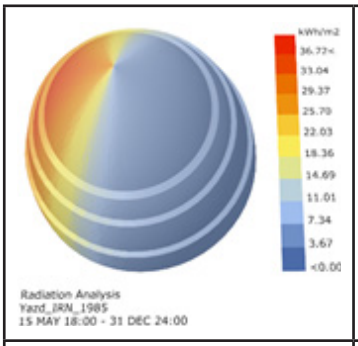
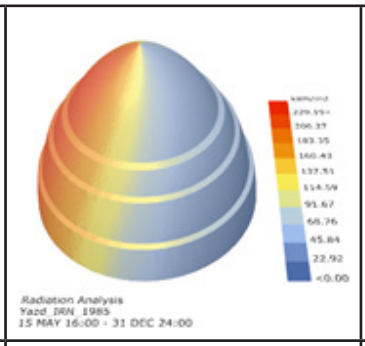
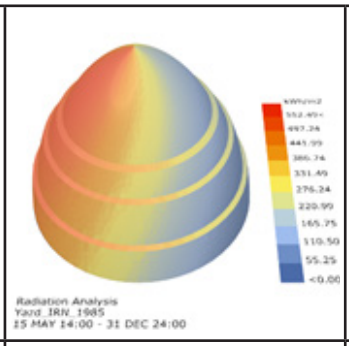
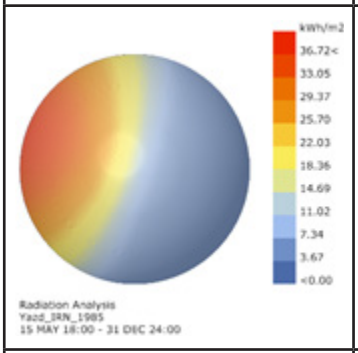
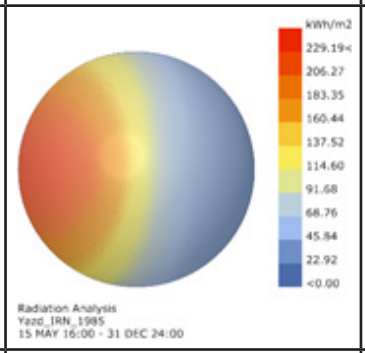
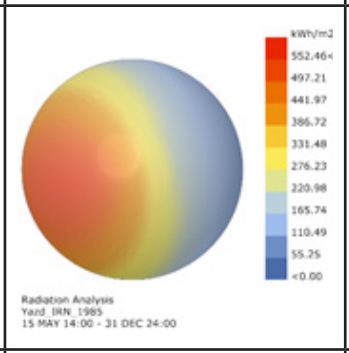
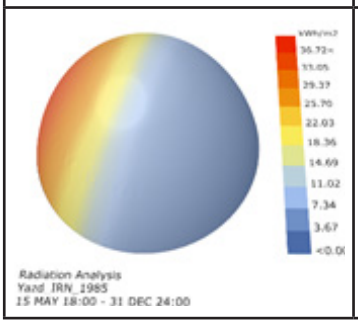
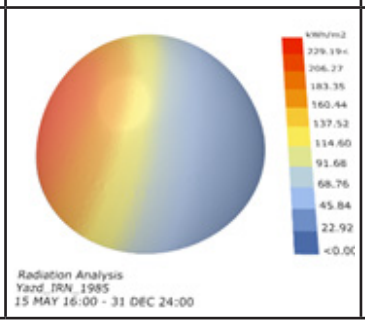
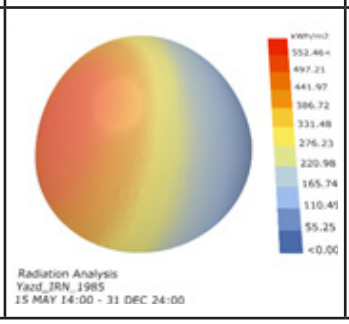
در محدوده سایه در سطوح گنبدها افزایش می‌یابد. در این زمان نیز به خاطر داشتن مساحت زیاد گنبد برسویه بالاترین جذب حرارت را با مقدار ۴۱۲۵۱ kwh/m2 دریافت و کمترین جذب را گنبد آب‌انبار حاج نصیر با مقدار ۷۰۸۵ kwh/m2 دریافت می‌نمایند. در ساعت ۱۸ سایه‌اندازی تقریباً دو سوم کل گنبدها را در بر می‌گیرد؛ بالاترین دریافت تابش در این ساعت بر روی گنبد برسویه تفت با میزان ۵۵۲۸ kwh/m2 و پایین‌ترین دریافت تابش نیز بر روی گنبد حاج نصیر با میزان ۸۸۲ kwh/m2 ایجاد می‌گردد. بنابرین مساحت سطوح گنبدها در جذب دریافت تابش خورشید در تمام طول روز نقش بسزای داشته است.

با اینکه میزان دریافت تابش در سطوح گنبد آب‌انبارها به مساحت گنبدها بستگی دارد؛ اما در ایجاد جذب حرارت در محدوده‌ی سایه، نوع طاق، خیز و بلندی گنبد رابطه‌ی تقریباً مستقیمی را به وجود می‌آورد. یعنی هرچقدر گنبد با خیز زیاد بنا می‌گردید؛ جذب حرارت در محدوده سایه را در گنبد بیشتر می‌کرده‌است. ایجاد سایه‌اندازی شاید در مواقع غروب و طلوع خورشید در اقلیم یزد چندان تفاوتی با همدیگر نداشته باشد؛ اما هر چقدر به گرم‌ترین زمان روز نزدیک گردد؛ این میزان در گنبدهای با خیز بلند بسیار بیشتر از گنبدهای با خیز ملایم و سطح تماس بالا می‌باشد. جذب حرارت در محدوده‌ی سایه در بین گنبدها بیشترین مقدار را گنبد برسویه تفت با میزان۱۸۳۰۶ kwh/m2 و کمترین مقدار را گنبد حاج نصیر با میزان ۲۲۲۹ kwh/m2 در ساعت ۱۴ دریافت می‌کنند. هرچقدر تابش خورشید به غروب نزدیک می‌گردد؛ میزان جذب حرارت در محدوده سایه در گنبدها کاهش یافته؛ ولی مقدار سایه‌اندازی بیشتر می‌گردد. در ساعت ۱۶ بیشترین میزان جذب حرارت در محدوده سایه بر روی گنبد برسویه تفت با مقدار ۱۴۴۱۷ kwh/m2 و کمترین دریافت را گنبد حاج نصیر با مقدار ۲۱۲۲ kwh/m2 جذب می‌کند. در ساعت ۱۸ نیز بیشترین سایه‌اندازی را گنبد برسویه تفت با مقدار/kwh m2 ۳۰۰ و کمترین جذب حرارت در سایه‌اندازی را گنبد حاج نصیر با مقدار ۸۶۳ kwh/m2 دریافت می‌نمایند.

جدول ۲. تحلیل دریافت تابش خورشید، جذب حرارت در محدوده سایه در گنبد آب‌انبارهای یزد بر حسب کیلووات بر مترمربع (مأخذ: نگارندگان)

گنبد آب‌انبارهای یزد	تحلیل در ساعت ۱۴	تحلیل در ساعت ۱۶	تحلیل در ساعت ۱۸
گنبد حاج نصیر از نمای بالا			
گنبد حاج نصیر از حالت سه بعدی			

گنبد صحرای دستی از نمای بالا			
گنبد صحرای دستی از حالت سه بعدی			
گنبد برسویه تفت از نمای بالا			
گنبد برسویه تفت از حالت سه بعدی			
گنبد حاج قاضی از نمای بالا			

گنبد حاج قاضی از حالت سه بعدی			
گنبد شاه ولی تفت از نمای بالا			
گنبد شاه ولی تفت از حالت سه بعدی			

جدول ۳. میزان جذب حرارت در محدوده در معرض تابش در گنبد آب‌انبارهای یزد بر حسب kwh/m2 (مأخذ: انرژی‌پلاس (هانی‌بی و لیدی‌باگ)؛ نگارندگان)

گنبد آب‌انبارها	مساحت گنبد	میزان بازه حرارت دریافتی در سطوح در معرض تابش در ساعت ۱۴						جمع کل جذب حرارت بر حسب kwh/m2
		۵۵۲ kwh/m2		kwh/ ۴۹۷ m2	kwh/ ۴۴۱ m2	kwh/ ۳۸۶ m2	kwh/ ۳۳۱ m2	kwh/ ۲۷۶ m2
حاج نصیر	۷۵ m2	۸۴۴۵	مساحتی از سطح گنبد که در معرض این میزان جذب حرارت قرار گرفته است.	۵۷۰۳	۳۳۷۳	۲۰۶۷	۱۰۱۲	۴۲۲۲	۲۴۸۲۵
صحرای دستی	۲۶۲ m2	۱۴۴۶۲		۱۴۳۲۳	۱۵۰۲۰	۱۴۱۵۸	۷۸۰۴	۸۶۷۷	۷۴۴۴۷
برسویه تفت	۳۱۷ m2	۳۸۴۹۶		۲۵۲۰۷	۱۸۱۷۳	۱۸۳۵۴	۴۱۹۷	۲۱۸۷۳	۱۲۶۳۰۲
حاج قاضی	۲۴۹ m2	۱۳۷۴۴		۱۳۶۱۲	۱۷۵۶۹	۱۳۴۵۵	۴۱۲۰	۹۶۲۱	۷۲۱۲۵
شاه ولی تفت	۱۹۴ m2	۱۷۱۳۴		۱۱۵۷۰	۱۱۶۳۵	۱۰۷۸۳	۷۱۹۱	۱۰۷۰۸	۶۹۰۲۳

گنبد آب‌انبارهای یزد	مساحت گنبدها	میزان بازه حرارت دریافتی در سطوح در معرض تابش در ساعت ۱۶						جمع کل جذب حرارت بر حسب kwh/m2
		۲۲۹ kwh/m2		۲۰۶ kwh/ m2	۱۸۳ kwh/ m2	۱۶۰ kwh/ m2	۱۳۷ kwh/ m2	۱۱۴ kwh/ m2	
حاج نصیر	۷۵ m2		۲۱۰۲	۲۰۴۸	۸۳۹	۳۶۷	۴۱۹	۱۳۰۸	۷۰۸۵
صحرای دستی	۲۶۲ m2	مساحتی از سطح گنبد که در معرض این میزان جذب حرارت قرار گرفته است.	۳۱۳۷	۳۶۶۸	۴۲۶۲	۲۸۴۹	۷۵۰	۱۸۷۴	۱۶۵۴۲
برسویه تفت	۳۱۷ m2		۱۰۸۸۸	۹۱۴۲	۶۹۶۱	۷۱۰۰	۱۷۳۷	۵۴۲۰	۴۱۲۵۱
حاج قاضی	۲۴۹ m2		۴۵۶۸	۱۶۴۳	۲۴۳۳	۲۹۷۹	۱۰۹۳	۳۰۳۲	۱۵۷۵۱
شاه ولی تفت	۱۹۴ m2		۵۳۳۱	۴۱۵۶	۳۹۷۴	۳۴۷۶	۲۵۵۱	۴۴۲۳	۲۳۹۱۴

گنبد آب‌انبارهای یزد	مساحت گنبدها	میزان بازه حرارت دریافتی در سطوح در معرض تابش در ساعت ۱۸						جمع کل جذب حرارت بر حسب kwh/m2
		۳۶ kwh/m2		kwh/ ۳۳ m2	kwh/ ۲۹ m2	kwh/ ۲۵ m2	kwh/ ۲۲ m2	kwh/ ۱۸ m2	
حاج نصیر	۷۵ m2		۲۷۵	۳۰۲	۱۳۳	۳۸	۵۰	۸۲	۸۸۲
صحرای دستی	۲۶۲ m2	مساحتی از سطح گنبد که در معرض این میزان جذب حرارت قرار گرفته است.	۵۹۱	۴۹۷	۳۹۷	۳۷۶	۱۲۰	۲۴۶	۲۲۳۰
برسویه تفت	۳۱۷ m2		۱۴۸۳	۱۲۵۵	۹۱۹	۷۹۲	۲۷۸	۷۹۸	۵۵۲۸
حاج قاضی	۲۴۹ m2		۵۷۴	۸۷	۱۵۴	۹۹	۸۷	۳۱۱	۱۳۱۵
شاه ولی تفت	۱۹۴ m2		۶۷۰	۵۱۲	۲۲۵	۳۸۸	۳۷۵	۴۱۹	۲۵۹۰

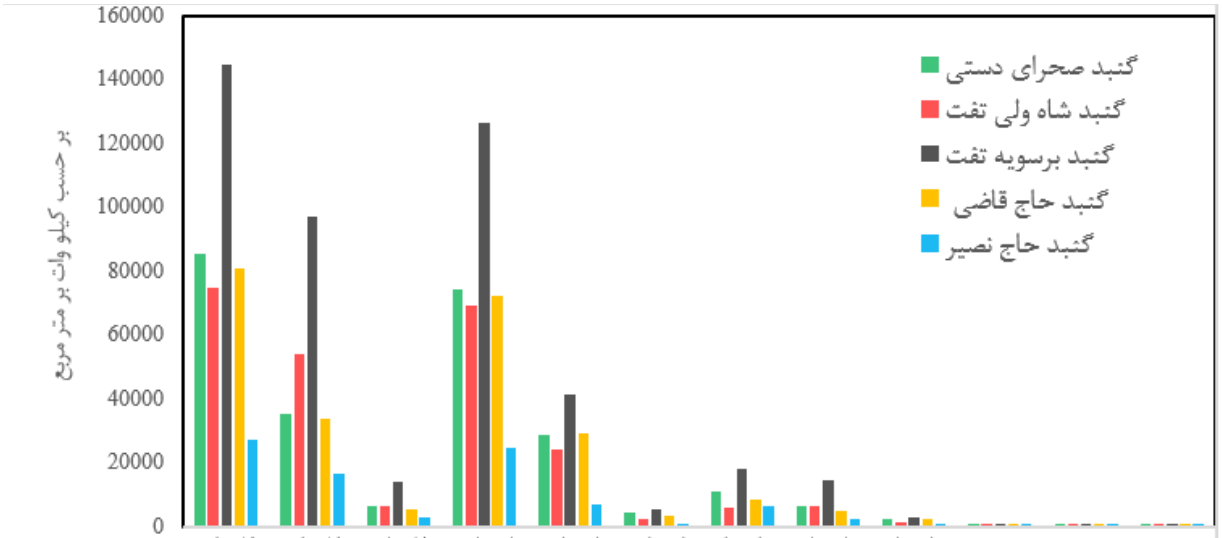
جدول ۴. میزان جذب حرارت در محدوده سایه در گنبد آب‌انبارهای یزد بر حسب kwh/m2 (مأخذ: انرژی‌پلاس(هانی بی و لیدی باگ) نگارندگان)

گنبد آب‌انبارهای یزد	مساحت گنبد	میزان بازه حرارت دریافتی در سطوح در معرض تابش در ساعت ۱۴					جمع کل جذب حرارت بر حسب kwh/ m2
		۲۲۰ kwh/m2		kwh/ ۱۶۵ m2	kwh/m2 ۱۱۰	kwh/m2 ۵۵	
حاج نصیر	۷۵ m2	مساحتی از سطح گنبد که در معرض این میزان جذب حرارت قرار گرفته است.	۸۴۱	۳۷۸	۵۰۴	۴۹۵	۲۴۸۲۵
صحرای دستی	۲۶۲ m2		۳۴۵۸	۴۳۲۳	۲۵۹۳	۷۲۰	۷۴۴۴۷
برسویه تفت	۳۱۷ m2		۳۴۸۷	۳۱۳۸	۸۰۲۰	۳۶۶۱	۱۲۶۳۰۲
حاج قاضی	۲۴۹ m2		۲۷۳۹	۳۶۹۷	۱۶۴۳	۵۴۷	۷۲۱۲۵
شاه ولی تفت	۱۹۴ m2		۱۳۶۵	۱۷۹۲	۲۲۱۹	۵۱۲	۶۹۰۲۳

گنبد آب‌انبارهای یزد	مساحت گنبدها	میزان بازه حرارت دریافتی در محدوده سایه در ساعت ۱۶				جمع کل جذب حرارت بر حسب kwh/ m2
		۹۱ kwh/m2		۶۸ kwh/m2	۴۵ kwh/m2	۲۲ kwh/m2
حاج نصیر	۷۵ m2		۳۱۹	۴۸۱	۶۲۴	۶۹۶	۲۱۲۲
صحرای دستی	۲۶۲ m2	مساحتی از سطح گنبد که در معرض این میزان جذب حرارت قرار گرفته است.	۲۲۴۴	۱۳۹۷	۱۵۴۱	۵۷۲	۵۷۵۵
برسویه تفت	۳۱۷ m2		۴۳۲۷	۲۸۰۲	۴۷۰۷	۲۵۸۰	۱۴۴۱۷
حاج قاضی	۲۴۹ m2		۲۵۴۱	۲۱۷۰	۱۶۷۵	۷۹۰	۷۱۷۸
شاه ولی تفت	۱۹۴ m2		۲۱۱۸	۱۸۹۹	۱۳۹۶	۷۵۱	۶۱۶۶
گنبد آب‌انبارهای یزد	مساحت گنبدها	میزان بازه حرارت دریافتی در محدوده سایه در ساعت ۱۸				جمع کل جذب حرارت بر حسب kwh/ m2
		۱۴ kwh/m2		۱۱ kwh/m2	۷ kwh/m2	۳ kwh/m2
حاج نصیر	۷۵ m2	مساحتی از سطح گنبد که در معرض این میزان جذب حرارت قرار گرفته است.	۳۱۰	۳۰۲	۱۶۰	۸۹	۸۶۳
صحرای دستی	۲۶۲ m2		۳۸۳	۳۷۶	۳۴۵	۲۰۵	۱۳۱۱
برسویه تفت	۳۱۷ m2		۸۴۳	۹۰۶	۷۷۶	۴۷۵	۳۰۰۱
حاج قاضی	۲۴۹ m2		۷۴۴	۳۸۰	۲۶۹	۱۳۱	۱۵۲۶
شاه ولی تفت	۱۹۴ m2		۵۴۳	۳۷۵	۲۶۰	۲۳۲	۱۴۱۲

۵. بحث پژوهش

تصویر۵، نمودار مجموع حرارت دریافتی در محدوده تابش و سایه بر روی سطوح گنبد آب‌انبارهای یزد در ساعات ۱۴، ۱۶، و ۱۸ را بر حسب kwh/m2 نشان می‌دهد. در این نمودار همانطور که مشاهده می‌شود؛ بیشترین دریافت حرارت در مدل‌های واقعی، مربوط به گنبد برسویه تفت و کمترین دریافت تابش مربوط به گنبد حاج نصیر یزد می‌باشد.



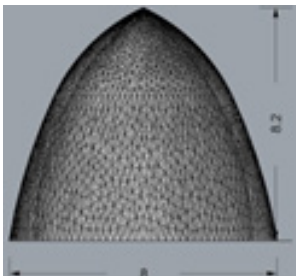
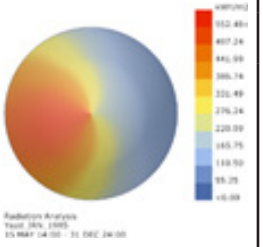
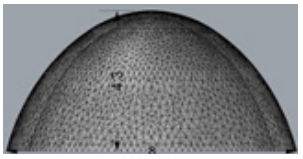
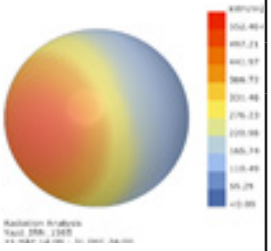
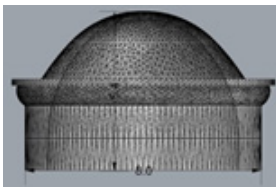
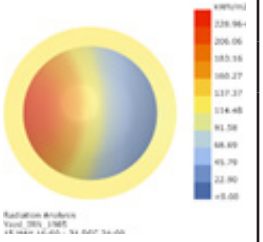
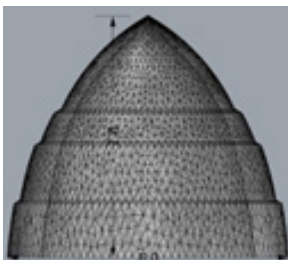
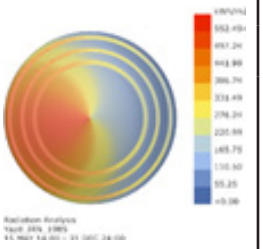
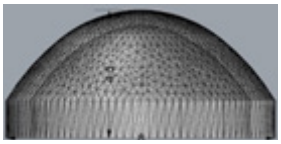
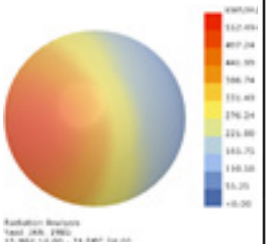
	کل حرارت دریافتی در ساعت ۱۴	کل حرارت دریافتی در ساعت ۱۶	کل حرارت دریافتی در ساعت ۱۸	جذب حرارت در محدوده تابش ساعت۱۴	جذب حرارت در محدوده تابش ساعت۱۶	جذب حرارت در محدوده تابش ساعت۱۸	جذب حرارت در محدوده سایه ساعت۱۴	جذب حرارت در محدوده سایه ساعت۱۶	جذب حرارت در محدوده سایه ساعت۱۸	مساحت گنبد	خیز(ارتفاع)	دهانه گنبد
گنبد صحرای دستی	85543	35042	6413	74447	28516	4265	11095	6526	2148	262	8.2	8
گنبدشاه ولی تفت	74913	53995	6592	69023	23914	2590	5889	6166	1412	194	5	11
گنبد برسویه تفت	144609	96919	14058	126302	41251	5528	18306	14417	3001	317	7	11
گنبد حاج قاضی	80753	33933	5308	72125	28981	3147	8627	4952	2161	249	7.8	8
گنبد حاج نصیر	27054	16292	2629	24825	7085	882	6510	2122	863	75	3	7

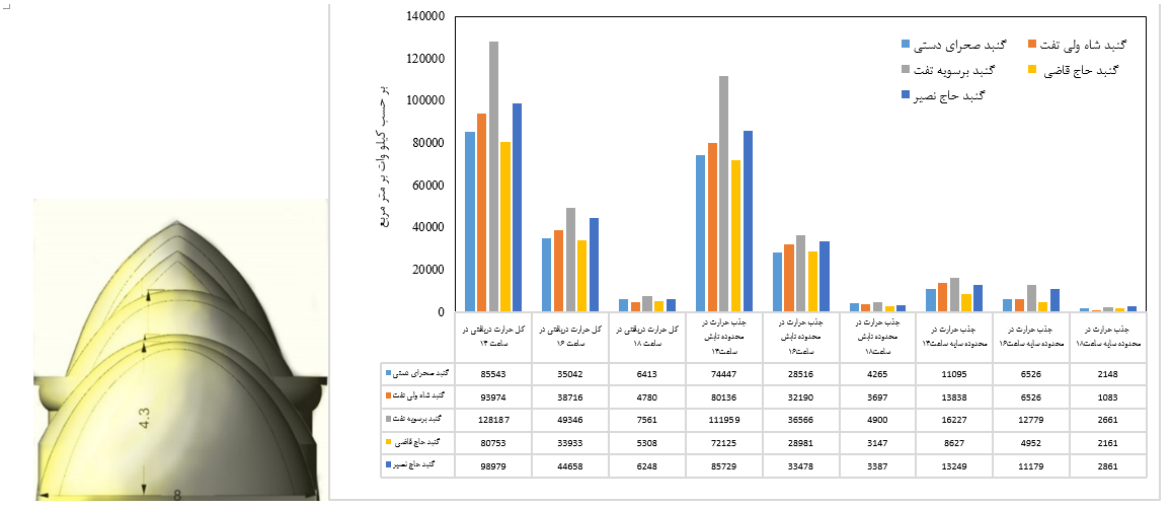
تصویر ۵. نمودار میزان دریافت حرارت، جذب شده در محدوده در معرض تابش و سایه در گنبد آب‌انبارهای یزد با مقیاس واقعی بر حسب kwh/m2

در جدول ۵ گنبدها با دستور Scale 3d در نرمافزار راینو ۵، با دهانه‌ی یکسان به ابعاد m8 مدلسازی گردید. سپس مجدداً تحلیل دریافت تابش در گرم‌ترین روز سال با مشخصات آب و هوایی شهر یزد انجام گرفت. با یکسان‌سازی دهانه گنبدها، خیز گنبدها نیز نسبت به هم تغییر پیدا کرد؛ که این تغییر در ابعاد مساحت گنبدها تأثیرگذار واقع شد.

نتایج رابطه نسبتاً مستقیمی بین خیز گنبد با میزان دریافت حرارت در معرض تابش و محدوده سایه ایجاد می‌کند. افزایش خیز و کاهش سطح تماس گنبدها نسبت به تابش خورشید در اقلیم یزد، موجب کاهش میزان جذب حرارت می‌گردد؛ و همچنین مقدار جذب حرارت در محدوده‌ی سایه نیز کاهش می‌یابد. اما با کاهش خیز (ارتفاع) گنبدها میزان جذب حرارت در معرض تابش و در محدوده‌ی سایه افزایش می‌یابد؛ که به دلیل سطح تماس زیاد گنبد نسبت به تابش خورشید و همچنین نزدیکی محدوده‌ی سایه‌ی گنبد با محدوده‌ی در معرض تابش میزان جذب حرارت را افزایش می‌دهد. در هنگامی که شدت تابش خورشید زیاد است؛ گنبدهای با خیز کم به دلیل سطح تماس زیاد نسبت به تابش خورشید بیشترین حرارت را دریافت می‌نمایند؛ و در هنگام غروب ساعت ۱۸ این میزان در گنبدهای با خیز و مساحت کمتر رو به کاهش است؛ زیرا اشعه‌ی خورشید به مساحت کمتری از گنبد برخورد می‌کند.

تصویر ۵. نمودار میزان دریافت حرارت، جذب شده در محدوده در معرض تابش و سایه در گنبد آب‌انبارهای یزد با مقیاس واقعی بر حسب kwh/m2

گنبد آب‌انبار	دهانه یکسان گنبد ۸ m	تحلیل در ساعت ۱۴		تحلیل در ساعت ۱۶	تحلیل در ساعت ۱۸
صحرای دستی			تابش	۲۸۵۱۶	۴۲۶۵
			سایه	۶۵۲۶	۲۱۴۸
			کل	۳۵۰۴۲	۶۴۱۳
شاه ولی تفت			تابش	۳۲۱۹۰	۳۶۹۷
			سایه	۶۵۲۶	۱۰۸۳
			کل	۳۸۷۱۶	۴۷۸۰
برسویه			تابش	۳۶۵۶۶	۴۹۰۰
			سایه	۱۲۷۷۹	۲۶۶۱
			کل	۴۹۳۴۶	۷۵۶۱
حاج قاضی			تابش	۲۸۹۸۱	۳۱۴۷
			سایه	۴۹۵۲	۲۱۶۱
			کل	۳۳۹۳۳	۵۳۰۸
حاج نصیر			تابش	۳۳۴۷۸	۳۳۸۷
			سایه	۱۱۱۷۹	۲۸۶۱
			کل	۴۴۶۵۸	۶۲۴۸



	کل حرارت دریافتی در ساعت ۱۴	کل حرارت دریافتی در ساعت ۱۶	کل حرارت دریافتی در ساعت ۱۸	جذب حرارت در محدوده دارای سایه ساعت ۱۴	جذب حرارت در محدوده دارای سایه ساعت ۱۶	جذب حرارت در محدوده دارای سایه ساعت ۱۸	جذب حرارت در محدوده سایه ساعت ۱۴	جذب حرارت در محدوده سایه ساعت ۱۶	جذب حرارت در محدوده سایه ساعت ۱۸
گنبد صحرای دستی	85543	35042	6413	74447	28516	4265	11095	6526	2148
گنبد شاه ولی تفت	93974	38716	4780	80136	32190	3697	13838	6526	1083
گنبد برسویه تفت	128187	49346	7561	111959	36566	4900	16227	12779	2661
گنبد حاج قاضی	80753	33933	5308	72125	28981	3147	8627	4952	2161
گنبد حاج نصیر	98979	44658	6248	85729	33478	3387	13249	11179	2861

تصویر۶. از سمت راست نمودار میزان دریافت حرارت در معرض تابش و در محدوده سایه در گرم‌ترین روز سال در ساعات ۱۴، ۱۶، ۱۸ با یکسان سازی گنبد آب‌انبارهای یزد. از سمت چپ نمودار گرافیکی رابطه خیز گنبدها با میزان دریافت تابش خورشید در گنبدها با تبدیل به دهانه ثابت آب‌انبارهای یزد.

در تصویر ۶ از سمت راست، نمودار مجموع حرارت دریافت کل، تابش و در محدوده‌ی سایه در گنبدهای دهانه یکسان آب‌انبارهای یزد ؛ در ساعات ۱۴، ۱۶، ۱۸ بر حسب kwh/m2 را نشان می‌دهد. در این نمودار بیشترین دریافت حرارت در گنبدها با دهانه ثابت؛ مربوط به گنبد برسویه تفت kwh/m² ۱۲۸۱۸۷ و کمترین دریافت حرارت در گنبد حاج قاضی یزد ۸۰۷۵۳ kwh/m2 به علت خیز بلند و سطح تماس کم است. گنبد حاج نصیر در ساعت ۱۴، ۹۸۹۷۹ kwh/m² حرارت به دلیل خیز کم و تماس زیاد دریافت می‌کند. در هنگام غروب به دلیل تغییر کردن زاویه تابش خورشید، میزان جذب حرارت در سطوح گنبد نیز تغییر می‌نماید؛ به‌طوری‌که گنبد خیز بلند صحرای دستی ۶۴۱۳ kwh/m2 گنبد خیز کم حاج نصیر ۶۲۴۸ kwh/m² حرارت جذب می‌کند. از سمت چپ، نمایش گرافیکی میزان دریافت تابش خورشید و سایه‌اندازی در سطوح گنبد آب‌انبارهای یزد با دهانه ثابت به ابعاد ۸m² است. در این نمودار نحوه‌ی دریافت تابش خورشید به صورت گرافیکی نشان داده شده است. خیز بلند گنبدها به دلیل کاهش سطح تماس در معرض تابش خورشید و افزایش سطوح سایه در گنبد آب‌انبارها می‌گردد. خیز کم گنبدها باعث افزایش سطح تماس در معرض تابش و کاهش محدوده‌ی سایه در گنبد آب‌انبارها می‌شود.

٦. نتیجه گیری

یافته‌های پژوهش نشان داد که مساحت زیاد گنبدها باعث افزایش جذب حرارت در محدوده در معرض تابش خورشید و محدوده‌ی سایه می‌گردد. دریافت تابش خورشید و جذب حرارت در محدوده سایه گنبد آب‌انبارها با افزایش مساحت گنبدها رابطه‌ی تقریباً مستقیم دارد؛ به طوری که هر چقدر مساحت گنبد زیاد باشد؛ جذب حرارت نیز بیشتر است. ولی با افزایش خیز، ارتفاع طاق و گنبد آب‌انبارهای یزد این میزان تغییر پیدا می‌کند. گنبد با خیز و ارتفاع کم در شرایط آب و هوایی یزد، در هنگام طلوع یا غروب خورشید مناسب می‌باشد؛ زیرا گنبد سطح تماس بیشتری دارد. میزان جذب حرارت و سایه اندازی در زمان طلوع و غروب خورشید در گنبدها به دلیل زاویه تابش تقریباً یکسان است و تفاوت چندانی در آن دیده نمی‌شود؛ اما هر چقدر خورشید به گرم‌ترین زمان روز می‌رسد گنبدهای با خیز بلند و دارای سطح تماس کم، بیشترین سایه‌اندازی را ایجاد می‌کنند. و گنبدهای با خیز کم و سطح تماس زیاد نسبت به تابش خورشید، بیشترین دریافت حرارت و کمترین سایه را ایجاد می‌نمایند.

بعد از یکسان‌سازی دهانه‌ی گنبد آب‌انبارها، تقریباً رابطه‌ی نسبتاً مستقیم تأثیر خیز گنبد بر میزان دریافت تابش و

جذب حرارت در محدوده سایه در گنبدها به دست آمد. که این مقدار در گنبد با خیز بلند صحرای دستی و حاج قاضی به مراتب از گنبد با ارتفاع پایین و سطح تماس زیاد آب‌انبار برسویه و حاج نصیر کمتر است. زیرا گنبدهای با خیز بلند و سطح تماس کم (هرمی شکل) سطوح کمتری را در معرض تابش قرار می‌دهند؛ و سایه‌اندازی نیز با ارتفاع خیز گنبد افزایش می‌یابد. الگوی دریافت تابش خورشید در گنبد آب‌انبارها به شکل و نوع طاق گنبدها بستگی دارد و متفاوت بودن شکل گنبدها نشان می‌دهد که میزان دریافت تابش خورشید و جذب حرارت در محدوده سایه نیز تغییر می‌کند. هر چه سطح گنبد با انحنای ملایم و در معرض تابش خورشید ساخته شود؛ انرژی تابشی بیشتری را جذب می‌کند و گنبدی که با خیز بلند و سطح تماس کم نسبت به تابش خورشید بنا گردد؛ انرژی تابشی کمتری جذب نموده ولی جذب حرارت در محدوده سایه بیشتری در پشت گنبد ایجاد می‌نماید؛ جذب حرارت در محدوده‌ی سایه کمتری در گنبد ایجاد می‌شود. که گنبد این آب‌انبارها در مقایسه با گنبدهای با خیز کم عملکرد مناسب‌تری در اقلیم یزد نشان می‌دهد.

پی‌نوشت

۱. Olgyay
۲. Energy Plus
۳. Honeybee
۴. Lady bog
۵. Fathy
۶. Mainstone
۷. Bowen
۸. Kita
۹. Tang. R.
۱۰. Nasrollahi
۱۱. Kanpaki
۱۲. Holger
۱۳. Nielsen
۱۴. Faghih Kashani
۱۵. Bahadori Neghad
۱۶. Urbon
۱۷. Routh
۱۸. Gomez
۱۹. Hadavand
۲۰. Yaghoubi
۲۱. Faghih
۲۲. Bahadori
۲۳. Revit
۲۴. Rhinoceros 5

منابع

۱. بافقی، مستوفی، محمد مفیدی، و جامع مفیدی. ۱۳۶۰. *تاریخ جدید یزد*. به کوشش ایرج افشار. تهران: انتشارات کتابفروشی اسدی.
۲. پوپ، آرتور. ۱۳۹۰. *معماری ایران* . ترجمه‌ی غلامحسین صدری افشار. تهران: دات.

۳. سادات زمردیان، زهرا، محمد علی‌آبادی، و فرشاد نصراللهی. ۱۳۹۱. *ارزیابی راهکارهای معماری کاهش مصرف انرژی در مدارس ابتدایی شیراز*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز.
۴. سالاروند، حسین، و محمد حسین طالبی. ۱۳۹۷. *تحلیل عددی آب‌انبارهای سنتی با استفاده از نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و هنر.
۵. سرپوشان، سعید، و محمود یعقوبی. ۱۳۸۱. محاسبه‌ی انرژی خورشید روی سطوح سه‌بعدی. *انرژی ایران ۷* (۱۳):۳-۲۱.
۶. عمید، حسن. ۱۳۷۸. *فرهنگ فارسی*. تهران: امیرکبیر.
۷. فولادی، واحدانه، طاهباز منصوره، و حمید ماجدی. ۱۳۹۵. گنبد دوپوسته از منظر عملکرد حرارتی در اقلیم کویری کاشان. *پژوهش‌های معماری اسلامی ۴* (۱۱):۹۰-۱۰۸
۸. قبادیان، وحید. ۱۳۹۳. *بررسی اقلیمی ابنیه سنتی ایران*. تهران: دانشگاه تهران.
۹. کسمایی، مرتضی، و محمد احمدی نژاد. ۱۳۸۳. *اقلیم و معماری*. تهران: خاک.
۱۰. معماریان، غلامحسین. ۱۳۶۷. *نیارش سازه‌های طاقی در معماری اسلامی ایران*. تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران.
۱۱. معماریان، غلامحسین. ۱۳۷۲. *سیری در معماری آب‌انبارهای یزد*. تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران.
۱۲. معماریان، غلامحسین. ۱۳۹۱. *معماری ایرانی نیارش*. تهران: نغمه نواندیش.
۱۳. معین، محمد. ۱۳۷۳. *فرهنگ معین*. تهران: بهزاد.
۱۴. ناصر خسرو. ۱۳۷۷. *گزیده دیوان ناصر خسرو*. تهران: قریانی.

References

1. Arefmanesh, A, A.A Dehghan, and A.R. Dehghani. 2008. Thermal Characteristics of an Underground Cold-Water Reservoir: Analytical and Experimental Studies. *Applied Thermal Engineering (29)*: 3261-3265.
2. Bafghi, Mostofi, Mohammad Mufidi, and Jame Mufidi. 1981. *New History of Yazd. With the Efforts of Iraj Afshar.* Tehran: Asadi Bookstore.
3. Bowen, A.B. 1981. Cooling Achievement in the Gardens of Moghul India. C. Bowen, K. Labs (Eds.), *In Proceeding of the International Passive and Hybrid Cooling Conference*, 27-32. Miami Beach, FL, 6–16 November.
4. Eameid, Hassan 1999. *Farsi Dictionary*. Tehran: Amir Kabir.
5. Faghih K.A, Bahadori M.N. 2008. Solar Radiation on Domed Roofs. *Energy and Buildings (41)*: 1238-1245.
6. Faghih A.K , Bahadori. M.N. 2009. Experimental Investigation of Air Flow over Domed Roofs. *Science & Technology:* 207-216.
7. Fathy, H. 1973. *Architecture for the Poor*. University of Chicago Press, Chicago, London.
8. Fooladi Vahdaneh, Mansoureh Tahbaz, and Hamid Majedi. 2016. Two-Dimensional Dome from the Perspective of Thermal Performance in Kashan's Desert Climate. *Researches in Islamic Architecture 4* (11): 90-10.
9. Ghobadian, Vahid. 2014. *Climate Study of Traditional Iranian Buildings*. Tehran: University of Tehran Press.
10. Hadavand, M, M.Yaghoubi, and H. Emdad. 2007. Thermal Analysis of Vaulted Roofs. *Energy and Buildings (40)*: 265-275.
11. Koch Nielsen, Holger. 2008. *Stay Cool a Design Guide for the Built Environment in Hot Climates.* Earthscan Publishing for a Sustainable Future Dunstan House, London.
12. Koita, Y. 1981. Comfort Attainment in Moghul Architecture. *In Proceedings of the International Passive and Hybrid Cooling Conference*, 32-36. Miami Beach, FL.
13. Memmarian, Gholam Hossein. 1988. *The Arch Structures in the Islamic Architecture of Iran.* Tehran: Iran University of Science and Technology.
14.Memmarian, Gholam Hossein. 1993. *A Look at the Architecture of Watersheds in Yazd.* Tehran: Iran University of Science and Technology.
15. Memmarian, Gholam Hossein. 2012. *Iranian Architecture*. Tehran: Naghme-ye Noandish.
16. Moeen, Mohammad. 1994. *Moeen Dictinary.* Tehran: Behzad.
17. Morteza, Kasmaei, and Mohammad Ahmadinejad. 2004. *Climate and Architecture.* Tehran: Khak.
18. Nasrollahi, Farshad. 2009. *Climate and Energy Responsive Housing in Continental Climates the Suitability of Passive Houses for Iran's Dry and Cold Climate*, PhD Thesis Berlin University of Technology.
19. Nasser, Khosrow. 1998. *Selection of Divan Nasser Khosrow*. Tehran: Qariyan.
20. Olgyay, Victor. 1963. *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism.* Princeton University Press.
21. Pope, Arthur. 2011. *Iranian Architecture.* Translation by Gholam Hossein Sadri Afshar. Tehran: Dot.

22. Salarwand, Hussein, and Mohammad Hussein Talebi. 2018. *Numerical Analysis of Traditional Water Reservoirs Using in Design Builder Software.* Master's Thesis, Mechanical Engineering, University of Science and Technology.
23. Serpooshan, Saeed, and Mahmoud Yaghoobi. 2002. Calculation of Solar Energy Three-Dimensional Surfaces. *Iranian Journal of Energy 7* (13): 3-21.
25. Tang. R. S, I.A. Meir, and Y. Etzion. 2003. An Analysis of Absorbed Radiation by Domed and Vaulted Roofs as Compared with Flat Roofs. *Energy and Building 35* (6): 539-548.
26. Urban, B., and K.Roth. 2010. *Guidelines for Selecting Cool Roofs.* U.S. Department of Energy Building Technologies Program and Oak Ridge National Laboratory.
27. Victor Gomez M, M.A.P. Gandara. 2003. Heared Ch, Solar Performance of Hemispherical Vault Roofs, *Building and Environment (38)*: 1431-1438.
28. Zomorodian's Zahra, Ali Abadi Mohammad, and Farshad Nasrallahi. 2012. *Assessment of Architectural Solutions for Reducing Energy Consumption in Elementary Schools in Shiraz,* Master's Thesis at the Faculty of Arts and Architecture, Shiraz University of Shiraz.

Journal of Reasearch in Islamic Architecture / No.25 / Winter 2020

Effect of Form on Shading amount and heat Absorption in Domes of YAZD AB ANBARS

Tohid Shiri *
Assistant professor, Department of Architecture Jundi-Shapur University of Technology, Dezful Iran
Mohammad Didehban **
Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran
Mohsen Taban ***
Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran

Received: 17/07/2017 Accepted: 27/04/2019

Abstract

Due to the dryness of the weather in most parts of Iran and the lack of sufficient rainfall in more than six months of the year in most places, resulting in the seasonality of rivers and the lack of access to water, various arrangements for fresh water supply in the dry seasons has been established. The construction of the AB ANBAR (water reservoir and cistern) is one of innovative ways to supply drinking water. In this regard, AB ANBAR, as its name implies, is to store water in watery seasons and use it during the rest of the year. The main structure of the AB ANBAR consists of an underground storage tank and dome to cover it on the ground. In some areas in Iran a wind catcher has been added to this structure to keep water cool in summer.The construction material used for Ab Anbars were special mortar called Sarooj which was made of sand, clay, lime, goat hair, egg whites and ash in specific proportions, depending on location and climate of the city. Some Ab Anbars had storage space tanks that were rectangular and some of them had cylindrical shape.

In order to study the thermal energy potential in the Ab Anbars of Yazd city and the amount of radiation and shading received on the surface of each dome, using the Energy Plus simulation software, thermal analysis was carried out to determine the effect of the dome form on the amount of received sunlight and shadow On the surface of the Ab Anbar dome. The calculations were carried out by selecting several samples of Yazd valued Ab Anbars, based on the form diversity and the type of dome arch. In order to simulate the domes, they were first modeled in Revit software 2017, and then models were transferred to Rhino 5 software, using the honeybee & lady bug, and with the Energy plus Engine analysis of the received solar radiation and shading were done.

The amount of received sunlight on the surfaces of the Ab Anbars dome in Yazd is different, and the shape of the dome has a strong relationship with the amount of received radiation. The amount of solar radiation received in the HAJ NASIR dome with an area of 75 square meters is 102906 kW / m2.

This amount of solar radiation on the surface of SAHRAIE DASTI dome with an area of 137 square meters is 198697 kW / m2 and Get more radiation than HAJ NASIR dome.

* t.shiri.m@jsu.ac.ir ** mdidehban@jsu.ac.ir *** mntaban@jsu.ac.ir

Another dome sample is BARSOIEH in TAFT with an area of 317 square meters is the largest dome among the studied cases. The dome receives 523597 kW / m 2 radiation. The Yazd HAJ GHAZI dome is 133 square meters and receive 215,712 kW / m2. The last one is Dome of SHAH VALLI in Taft, with a total area of 194 square meters which absorbs 286,159 kW / m2 radiation. The results of these analyzes shows that the highest amount of solar radiation received from the dome of the studied water reservoirs is BARSOIEH in TAFT dome with the amount of 76046 KW / m2, and the lowest amount of radiation received by Sun is in HAJ NASIR reservoir dome with the amount 102906 kW / m.

According to these results, HAJ NASIR dome is the most suitable dome in the hot and dry climate of Yazd and, in heat absorption in shadow area of domes, the largest shading is in dome of BARSOIEH in TAFT. But the point that should be considered in the analyzes is the area of the dome of the Ab Anbars in the Yazd climate, which is, of course, as far as the area of the domes is high, the amount of absorption and shadow of the sun will be greater. For this reason, in the analyzes, uniformity of the dimensions of the Ab Anbars domes were used, so that the optimum dome can be obtained in terms of receiving solar radiation and absorbing heat in the shadowed area. To equalize the domes, the absorption of the sun›s radiation of each dome is divided by the amount of shadowing of the same dome, the number obtained indicates the relationship between the amount of radiation and shadow on the dome. That is, greater number shows greater amount of radiation absorbed in that dome comparing shadow casted by the dome. The results show 6 for SAHRAIE DASTI dome, 7 for BARSOIEH in TAFT, 8 for HAJ GHAZI, 11 for HAJ NASIR, and finally the highest number were 12 for SHAH VALLI in Taft.

This results shows that the lowest radiation intake is in SAHRAIE DASTI dome and the highest radiation is in SHAH VALLI in Taft, it can be concluded that the most optimal AB ANBAR dome for the Yazd city climate is the dome of SAHRAIE DASTI.

Keywords: Solar Gain, Shading, Energy Simulation, AB ANBAR Dome, Yazd.

ISSN 2382 - 980X

25

Scientific Journal of Research in Islamic Architecture

Center of Excellence for Islamic Architecture

Vol. 7, No. 4, Winter 2020

Managing Director: vice chancellor for research-Iran University of Science and Technology

Editor-in-chief: Mohsen Faizi

Administrative Director: Fatemeh Mehdizadeh Seraj

Administrative assistant: AmirHosein Yousefi-Zahra Kashanidust

Persian literary Editor: Sara Motevalli

English literary editor: Mohammad Ataee

Editorial Board Members:

Seyyed Gholam Reza Eslami: Associate Professor, Tehran University

Hasan Bolkhari: Associate Professor, Tehran University

Mostafa Behzadfar: Professor, Iran University of Science and Technology

Mohammad Reza Pourjafar: Professor, Tarbiat Modares University

Mahdi Hamzeh Nejad: Assistant Professor, Iran University of Science and Technology

Esmaeil Shieh: Professor, Iran University of Science and Technology

Manoochehr Tabibian: Professor, Tehran University

Mohsen Faizi: Professor, Iran University of Science and Technology

Hamid Majedi: Associate Professor, Science and Research Branch, Islamic Azad University

Asghar Mohammad Moradi: Professor, Iran University of Science and Technology

Gholam Hossein Memariyan: Professor, Iran University of Science and Technology

Fatemeh Mehdizadeh: Professor, Iran University of Science and Technology

Mohammad Naghizade: Assistant Professor, Science and Research Branch, Islamic Azad University

Ali Yaran: Professor, Iran Ministry of Science, Research and Technology

Design assistant: Eng AmirHosein Yousefi

Reviewers for Volume7, Number25:

Hasan Sajadzadeh:Associate Professor ,Boali University

Hasanali Pourmand: Associate Professor,Tarbiat Modares University

Mohammad Manan Raesi: Assistant Professor, University of Qom

Mahdi Akhtarkavan: Assistant Professor, University of Qom

Ali Akbari: Assistant Professor, IslamicAzad University

Mahdi Khakzand: Associate Professor, Iran University of Science and Technology

Mansoureh Tahbaz: Associate Professor ,Shahid Beheshti University

Abouzar Salehi: Assistant Professor, Art Esfehan University

Neda Sadat Sahragard Monfared:Assistant Professor, Iran University of Science and Technology

Samaneh Taqdir:Assistant Professor, Iran University of Science and Technology

Fatemeh Mehdizadeh Seraj:Professor, Iran University of Science and Technology

Ahad Nezhad Ebrahimi: Assistant Professor, Art TabrizUniversity

Abdolhamid Noghrehkar:Associate Professor, Iran University of Science and Technology

Address: Center of Excellence in Islamic Architecture, Iran University of Science and Technology, Narmak, Tehran, Iran

Tel/Fax: (۲۱-۹۸+) ۷۷۴۹۱۲۴۳ /**E-mail:** jria@iust.ac.ir / **Website:** http://iust.ac.ir/jria

ISSN 2382980-X

25

Scientific Journal of Research in Islamic Architecture

Center of Excellence for Islamic Architecture

Vol. 7, No. 4, winter 2020

- **An Approach to Shared Infrastructure in Islamic-Iranian Architecture (Evidence-Based Design for Architecture Façades of the Qajar Period)**
  Mahshid Gholamian / Seyed-Abbas Yazdanfar / Saeid Norouzian-Maleki
- **Visual analysis of vault structures in the landscape of historical squares of Iran with emphasis on Safavid and Qajar periods**
  Abolfazl Ghorbani / Seyed Adaladi Daneshpour
- **The Conflict between Sublime- Aesthetics in Philosophy and Its Appearance in the Architecture Aesthetics of Contemporary Mosques and Contemporary Patterns (Case Study: Vali-e-Asr Mosque, Imam Khomeini Mosque in Tehran)**
  Fatemeh Baradaran Heravi / Mehdi Hamzehnejad
- **Effect of Form on Shading amount and heat Absorption in Domes of YAZD AB ANBARS**
  Tohid Shiri / Mohammad Didehbana / Mohsen Taban
- **"Islamic Critical View": an approach toward applicable course of History of Islamic Architecture**
  Masoud Nari Ghomi
- **A Comparative Analisys of Islamic Housing Indicators on Traditional Houses of Qom city, Based on Muslim Architects' Opinions**
  Mohsen Azizian Qaravi / Zeinab Azizian Qaravi
- **The Meaning of Emptiness and Its Role in Islamic Architecture (Case Study: Historical Houses of Yazd)**
  Zahra Ahmadi / Farah Habib