



## معماری زمین پناه الگویی برای معماری پایدار در اقلیم گرم و خشک ایران

### (بررسی معیارهای زیست محیطی معماری پایدار)

سحر اسکندری<sup>۱</sup>، بابک عالمی<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فناوری معماری بیونیک دانشگاه کاشان

۲- استادیار، گروه تکنولوژی معماری دانشگاه کاشان

Terrain architecture a model for sustainable architecture in hot and dry climate of Iran  
(Investigation of environmental criteria of sustainable architecture)

[alemi@kashanu.ac.ir](mailto:alemi@kashanu.ac.ir)

#### چکیده

در دهه های اخیر، بحران آلودگی محیط زیست در دنیا به طور گسترده ای مطرح شده که موجب نگرانی جامعه انسانی می باشد و با توجه به کاهش مستمر انرژی های تجدید ناپذیر و همچنین وجود منابع مناسب انرژی های پایدار (خورشیدی، زمین گرمایی، باد و...)، لازم است معماران به عنوان بخش مهمی از اجتماع که مداخله فراوانی در محیط زیست دارند، در ساخت و سازهای خود تامل بیشتری نموده و از ایده های جدید جهت کاهش مصرف انرژی و آلودگی های ناشی از آن بهره گیرند. معماری خاک اصیل ترین و کهن ترین نمونه معماری ایران زمین است و استفاده از خاک با خصوصیات از قبیل ظرفیت حرارتی بالا و زمان تأخیر حرارتی قابل توجه، در مدیریت مصرف انرژی و رسیدن به معماری پایدار و سبز راهگشاست. روش پژوهش به کمک مطالعات کتابخانه ای و منابع و اسناد به صورت توصیفی -تحلیلی است که به مقایسه انواع بناهای خاک پناه با کاربری های متنوع در ۳ دسته ی مذهبی، مسکونی، خدماتی در اقلیم گرم و خشک پرداخته می شود همچنین فضاهای زیرزمینی به عنوان معماری پایدار در اقلیم گرم و خشک را توضیح داده می شود و در آخر تطابق این الگوهای ساخت بنا با معیارهای اصول معماری پایدار سنجیده می شود.

واژه های کلیدی: زمین پناه، فضاهای زیرزمینی، معماری پایدار

#### Abstract

in recent decades, Environmental Pollution crisis in the world is widely discussed Which is of concern to human society And given the continued decline in non-renewable energy and the availability of suitable sources of sustainable energy (solar, geothermal, wind, etc.), Architects, as an important part of the community that are heavily involved in the environment, should reflect on their construction and take advantage of new ideas to reduce energy consumption and the resulting pollution. Soil architecture is the most ancient and ancient example of Iranian land architecture And the use of soil with properties such as high heat capacity and significant thermal delay time is instrumental in managing energy consumption and achieving sustainable green architecture. The research method is descriptive-analytical with the help of library studies and resources and documents Comparing different types of turret buildings with different uses in three categories: religious, residential, hot and dry climate services. Underground spaces are also described as sustainable architecture in hot and dry climates Finally, the conformity of these construction patterns with the criteria of sustainable architecture is measured.

**Keywords:** Shelter ground, Underground spaces, Sustainable Architecture

#### ۱- مقدمه

با توجه به رو به اتمام بودن منابع تجدید پذیر و آلودگی های زیست محیطی که بر اثر استفاده از منابع به وجود آمده، موجب شده است که کشورها رو به سوی استفاده از منابع تجدید پذیر و پایداری آورند. معماری پایدار بر مبنای سازگاری بنا با محیط زیست به منظور کنترل مصرف انرژی و حفظ منابع طبیعی به وجود آمده است. براین اساس، بناهای زمین پناه که بر اساس استفاده از انرژی گرمایی زمین طراحی شده اند از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند. با تجسس در معماری بومی ایران نیز می توان نمونه هایی از معماری زمین پناه را خصوصاً در اقلیم گرم و خشک یافت و از تجارب آن جهت طراحی های پایدار بهره مند شد. این شیوه در جهت آرایه ی الگویی با مصرف بهینه انرژی است. امروز با بحث های روز دنیا که دنباله روی صرفه جویی در مصرف انرژی و پایداری، به همراه تعاریف جدید و اصطلاحات علمی و اجرایی در زمینه احداث است، مجدداً مورد توجه قرار گرفته است [۶]. معماری در پناه خاک نمونه ای از معماری در بستر طبیعت محسوب می شود. طراحی معماری به عنوان راه حلی که هدف آن خلق پناهگاهی برای ایمن شدن از گزند عوامل طبیعی باشد از ابتدای تاریخ مورد توجه بشر بوده است. مردم ایران به ویژه ساکنان اقلیم های گرم و خشک برای مقابله با گرمای طاقت فرسا به ویژه در فلات



مرکزی ایران از این روش استفاده نموده اند [۷]. زمین به عنوان نخستین جایگاه و مصالح ساخت سرپناه، نقش بسزایی در شکل‌گیری معماری داشته است [۴]. معماری خاک پناه بیشتر در اقلیم گرم و خشک ایران و به جهت دوری جستن از شرایط سخت آب و هوایی استفاده می‌گردید. در مباحث مربوط به پدیده گرمایش زمین و رشد جمعیت، استفاده از فضاهای زیرزمینی فرصت‌هایی آرایه می‌نماید که به اصلاح و بهبود این روند کمک نماید [۲].

### سوالات تحقیق

- ۱- آیا بناهای خاک پناه جزو معماری پایدار است؟
- ۲- آیا اصول معماری محیطی پایدار با معماری زمین پناه مطابقت دارد؟
- ۳- کدام کاربری و پلان بناهای خاک پناه بیشتر و کمتر استفاده می‌شود؟
- ۴- کدام فضاهای زیرزمینی پایدار استفاده شده در اقلیم گرم و خشک بیشترین کاربرد و کدام کمترین کاربرد دارد؟

### روش تحقیق

روش پژوهش به کمک مطالعات کتابخانه‌ای و منابع و اسناد به صورت توصیفی-تحلیلی است به مقایسه انواع بناهای خاک پناه با کاربری‌های متنوع در ۳ دسته‌ی مذهبی، مسکونی، خدماتی در اقلیم گرم و خشک پرداخته می‌شود و فضاهای زیرزمینی که به عنوان معماری پایدار در اقلیم گرم و خشک استفاده شده است را توضیح می‌دهد و در آخر تطابق این الگوهای ساخت بنا با معیارهای اصول معماری پایدار سنجیده می‌شود. هم‌چنین به بررسی اینکه کدام کاربری بناهای خاک پناه، کدام پلان مربوطه، بیشتر مورد استفاده می‌شود پرداخته می‌شود و نهایتاً به اینکه چه فضاهای زیرزمینی پایداری در اقلیم گرم و خشک بیشتر و کمتر به کار برده می‌شود.

### ۲- پیشینه تحقیق

در ادامه به بررسی و یادآوری پاره‌ای از مبانی و مطالعاتی که بر روی بناهای زمین پناه صورت گرفته شده است پرداخته می‌شود. عرب و فرخ زاده در سال ۱۳۹۶ به بررسی طراحی بناهای خاک پناه بر مبنای اصول معماری پایدار برای کاهش مصرف انرژی در اقلیم گرم و خشک پرداختند. آنان پیشنهاد کردند برای مناطق و اقلیم‌های دارای آب و هوای سخت و دارای دمای نسبتاً بالا با دمای سطح آسایش، از احداث ساختمانها در پناه خاک و پوشش بدنه‌های خارجی با مصالح طبیعی زمین استفاده گردد [۳۱]. نصرالهی و ابرقویی در سال ۱۳۹۴ به بررسی اثر بهره‌وری انرژی ساختمان خاک پناه در اقلیم گرم و خشک یزد پرداختند. آنان به این نتیجه رسیدند با افزایش عمق فرو رفتن ساختمان در دل خاک، درصد صرفه‌جویی آن نسبت به ساختمان متداول روی سطح زمین افزایش میابد. در این شرایط با افزایش عمق فرو رفتن ساختمان، کاربری مسکونی بیشترین و کاربری آموزشی کمترین میزان همبستگی را با کاهش مصرف انرژی دارد [۹]. عمادیان رضوی در سال ۱۳۹۷ به ارزیابی عملکرد حرارتی بناهای زمین پناه اقلیم گرم و خشک شهر یزد پرداخت. از پژوهش حاصل به این نتیجه رسید که با بهره‌مندی از ایده معماری در پناه زمین، میتوان صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در مصرف انرژی در مواقع سرد سال در اقلیم گرم و خشک ایجاد نمود [۷]. کوهستانی و همکاران در سال ۱۳۹۷ به بررسی مدیریت مصرف انرژی در ساختمانهای خاک پناه مناطق کویری پرداختند. از مطالعات انجام شده این نتیجه بدست می‌آید که در اقلیم‌های گرم و خشک فضای زیر زمینی ساختمان‌ها اتلاف حرارتی کمتری نسبت به ساختمان‌های روی زمین دارند. به‌طور کلی استفاده از بناهای خاک پناه از لحاظ صرفه‌جویی در مصرف انرژی بسیار حائز اهمیت است [۸]. این پژوهش حاصل مراجعه به منابع مکتوب، مقالات علمی و پژوهش‌های انجام شده در مورد معماری خاک پناه در اقلیم گرم و خشک می‌باشد. و به جنبه معماری زیست محیطی پایدار پرداخته است.



### ۳- تعریف معماری زمین پناه

بناهای زمین پناه فضاهایی هستند که تمام یا درصدی از کالبد آنها در زیرزمین ساخته شده باشد و در واقع شیوه ای از ساختمان سازی است که در آن از جرم حرارتی موجود زمین پشت دیوارهای خارجی ساختمان، جهت کاهش اتلاف حرارتی و متعادل نمودن دمای هوای داخلی در حد آسایش انسان استفاده می گردد. به عبارتی در این شیوه، زمین به عنوان مولفه اصلی سامانه نظارت حرارتی ساختمان به شمار رفته است و در دهه های اخیر به عنوان شاخه ای از معماری پایدار و طراحی بر اساس فناوری و روش های نوین اجرایی در حال توسعه است. این گونه فضاها در طول تاریخ با فرمها و اهداف گوناگون از جمله اقلیمی، امنیتی، اقتصادی، حفاظتی، عمر بیشتر ساختمان های زیرزمینی، کمبود فضا، کاهش آلودگی و... مورد استفاده قرار گرفته اند [۶]. تعریف پذیرفته شده جهانی در مورد بنا در پناه زمین وجود ندارد و بیشتر تعاریف، این معماری را به بنایی اطلاق می دارند که حداقل ۵۰ تا ۸۰ درصد مساحت سقف آن با زمین یا خاک پوشیده شده باشد [۷].

همانطور که گفته شد معماری خاک اصیل ترین و کهن ترین نمونه معماری است و استفاده از خاک با خصوصیات از قبیل ظرفیت حرارتی بالا و زمان تاخیر حرارتی قابل توجه، در مدیریت انرژی و رسیدن به معماری پایدار با خاک راهگشاست [۱۱]. معماری فضاها های زیرزمینی بخاطر عمق، تاریکی، دوری از نور طبیعی، دوری از هوای مناسب و سایر عوامل تاثیرگذار، از اهمیت ویژه برخوردار است. در این نوع از فضاها، علاوه بر زیبایی حجم، که باید برای استفاده کننده دلپذیر و قابل استفاده باشد، مسائل روحی و ایمنی بیشتر مورد توجه قرار دارد؛ رعایت اصول معماری موجبات امنیت روحی و فکری کاربران را فراهم نموده و کارایی بهینه سازه را موجب خواهد شد. طراحی، فرم و استفاده از مصالح مناسب، هماهنگی دقیق با محیط، جریان و گردش هوای داخل حجم، وضع و شکل حجم مورد استفاده، مطلوب بودن حجم، داشتن استحکام، ایجاد فضای دور از دلهره و اضطراب، ایجاد آرامش نسبی در آن فضا و در نهایت زیبایی و هماهنگی آن با سنتها و سازه های قدیمی در قالب نوین است که چشم بیننده را به دنبال خود بکشاند و ضمن استفاده از آن حجم، بطور نسبی از محاط بودن در آن محیط احساس خوشایندی داشته و به جهت روانی، احساس فضای تنگ و فشار عصبی ناشی از عمق را احساس نکند. در واقع می توان گفت: معماری در فضای زیرزمینی علاوه بر عهده دار بودن زیبایی، دلپذیری و کارایی بهینه از سازه، وظیفه بزرگ دادن آرامش و ایجاد محیطی دور از اضطراب برای استفاده کننده را دارا می باشد [۱].

### ۳-۱ ویژگی های معماری زمین پناه

بناهای خاک پناه دارای ویژگی ها و مزیت های بی شماری هستند که برخی از آنها در اینجا پرداخته می شود. شکل ۱ ویژگی های معماری خاک پناه را نشان می دهد.



شکل ۱: ویژگی های معماری خاک پناه [۱۵]



### ۳-۲ جایگاه معماری زمین پناه در معماری بومی جهان

در همه نقاط جهان اقلیم ها و شرایط جغرافیایی مشابه ، مسبب شکل گیری معماری های هم شکل و با یک الگوی مشترک اولیه شده است. معماری در پناه خاک به عنوان یکی از تکنیک های سرمایه ایستای نیز از این قاعده مستثنی نیست. در ادامه جدید ترین نمونه های از این الگوی ساخت در معماری بومی جهان بررسی شده است.

۱- خانه زیرزمینی مدرن در لهستان: با مشاهده این خانه از بالا و اطراف متوجه می شویم که به گونه ای شگفت انگیز با طبیعت در هم آمیخته شده است. یکی از نکات مهم طراحی این خانه پشت بام های سرسبز آن است که چمن های آن به تنظیم رطوبت و دمای داخل خانه کمک می کند.

۲- خانه زیرزمینی در سوییس: این ویلا در برش دایره ای شکل از کوه قرار گرفته است. بنابراین در مقطع مثلثی و حیاط و نمای در پلان مدور است. نحوه قرارگیری این بنا شاید ما را به یاد مقابر هخامنشی در تخت جمشید و نقش رستم ببرد.

### ۳-۳ جایگاه معماری زمین پناه در معماری ایران

در سال های اخیر، استفاده از فضاهای زیرزمینی به طور گسترده ای به عنوان راه حلی برای ایجاد توسعه پایدار شناخته شده است. در معماری کویری ایران، زمانی برای همساز بودن با اقلیم ، بخش مهمی از ساختمان در دل خاک قرار می گرفت که در نتیجه ساختمان های زیرزمینی در تابستان خنک تر و در زمستان گرم تر از خانه های روی زمین بود. در معماری سنتی ایران از زمین به عنوان یک عایق همیشگی استفاده کرده اند که نشانه ای از پایداری است. ایجاد فضاهای زیرزمینی به فراخور اقلیم در خانه های سنتی ایران نظیر سرداب، زمهریر، حوضخانه، شبستان، یخچال و آب انبار و وجود معماری صخره ای و دستکند در روستاهای میمند و کندوان نمونه هایی در این زمینه اند [۴]. روستای میمند: این روستا در غرب استان کرمان واقع شده است و در نوع خود منحصر به فرد است. تمامی ساختمان های این روستا در طی قرون گذشته در دل کوه همانند یک سری غارهای بزرگ کنده شده و تنها ارتباط بین داخل و خارج این ابنیه زیرزمینی ، در ورودی می باشد. این ساختمان ها بسیار پایدار می باشند، به خاطر اینکه بدنه آنها یکپارچه است و در داخل زمین قرار دارند. نوسان درجه حرارت در طی شبانه روز ، در داخل بناها بسیار اندک است. باد و باران به داخل آنها نفوذ نمی کند و در مقابل آتش سوزی مقاوم می باشند [۲].

### ۳-۴ گونه ها و ویژگی های معماری زمین پناه در ایران

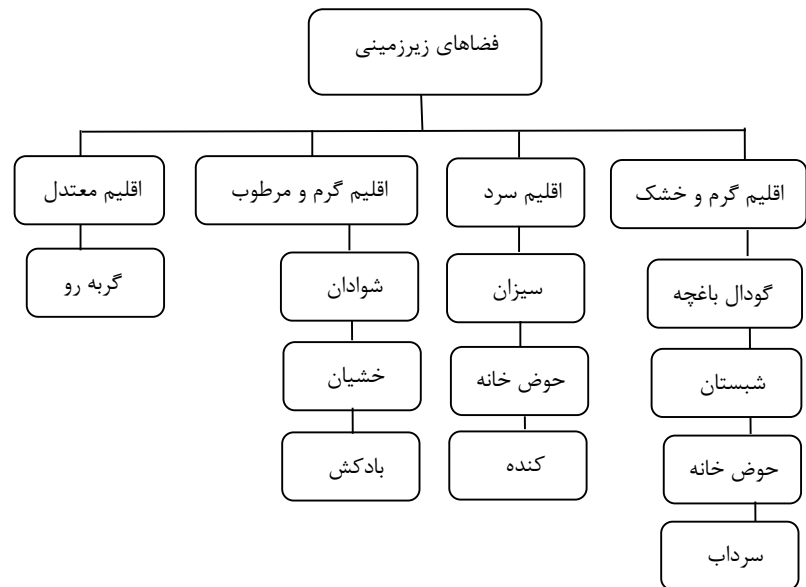
ایران دارای اقلیم های متفاوتی می باشد که هر کدام از اقلیم ها دارای فضاهای زیرزمینی هستند که به عنوان معماری زمین پناه شناخته می شوند. فضاهای زیرزمینی که به عنوان بخشی از الگوی معماری زمین پناه به کار میروند در اقلیم های متفاوت دارای فضاهای متفاوتی می باشند که در شکل ۲ آمده است. با توجه به اینکه در این پژوهش اقلیم گرم و خشک مورد بررسی قرار می گیرد به بررسی انواع فضاهای زیرزمینی در این اقلیم پرداخته می شود.

#### ۳-۴-۱ گودال باغچه

گودال باغچه در وسط حیاط مرکزی ساخته می شود و یک طبقه در داخل زمین فرو میرفته است. علاوه بر تأمین خاک مورد نیاز خشت های استفاده شده در بنا، امکان دسترسی به آب قنات را هم فراهم می کرده معمولاً در گودال باغچه آب روانی میبینیم که حوض میانی را پر میکرده و سر ریز آن به خانه های دیگر می رفته است.

#### ۳-۴-۲ شبستان

که در سایر نواحی گرم و خشک بسیار متداول است. این شبستان ها گاهی تمامی سطح زیر طبقه همکف را در بر می گرفته و سقف آن حدود یک متر از سطح حیاط بالاتر بوده و ما بقی شبستان در زمین قرار داشته است. بدین ترتیب رو شنایی و تهویه ی اتاق های شبستان از طریق پنجره های بین حیاط و شبستان تامین می شده است



شکل ۲: انواع فضاهای زیرزمینی به تفکیک اقلیم ایران

### ۳-۴-۳ حوض خانه و سرداب

زیرزمینی است که در زیر تابستان نشین ساخته شده فضایی نیمه باز است و اغلب یک حوض نیز دارد. در کاشان فضاهای بسیار متنوعی با عنوان حوض خانه در زیر زمین یا در گوشه ها به چشم می خورد. در شهرهایی چون تبریز که فاقد تابستان نشین هستند، حوض خانه در زیر فضای اصلی زمستان نشین با در و پنجره ساخته می شود. مهمترین الگوی مورد استفاده در حوضخانه ها، شکم دریده است. معمولاً امتداد بادگیرها به این فضا میرسد و عبور باد از روی آب حوض، هوایی لطیف در این فضا بوجود می آورد [۵].

جدول ۱: هدف طراحی اقلیمی فضاهای زیرزمینی در اقلیم های ایران

اقلیم	شهر	فضای زیرزمینی	هدفهای طراحی اقلیمی
سرد	همدان، تبریز، زنجان و...	سیزان، حوض خانه، کنده	افزایش کسب حرارت در زمستان
گرم و خشک	کاشان، نایین، یزد و...	گودال باغچه، زیرزمین، سرداب، حوض خانه	استفاده از رطوبت و خنکی زمین، تأمین خاک مورد نیاز خشتها (کاهش جذب حرارت خورشید)
گرم و نیمه مرطوب	دزفول، شوشتر و...	شوادان، شبابیک، خشیان و بادکش	پناه بردن به محیط خنک تر (کاهش نفوذ هوا)
معتدل و مرطوب	رشت، بندرانزلی، گرگان، بابل و...	گربه رو	کاهش اتلاف هدایت حرارتی کف بنا به زمین

جدول ۱ هدف طراحی اقلیمی فضاهای زیرزمینی در اقلیم های ایران را نشان می دهد. بیش از ۶۰ درصد وسعت ایران در اقلیم خشک و فراخشک واقع شده است، بنابراین شناسایی محدوده های آسایش در این اقلیم اهمیت مضاعفی می یابد. گرما و خشکی هوا در این اقلیم دو عامل کلیدی است تا از زمین بتوان به عنوان منبعی از خنکی و رطوبت استفاده نمود.



در این اقلیم ساختمان به زمین فرو می رود نه اینکه از آن فاصله بگیرد. گرما و سرمای موجود در زمین به عنوان منبع اصلی حرارتی و برودتی در معماری بومی این مناطق است. در ضمن علاوه بر فرار از گرما، با پناه گرفتن ساختمان ها در خاک کمبود رطوبت و خشکی هوا با رطوبت زمین مرتفع می گردد. جدول ۲ مزایا و معایب استفاده از زیرزمین در اقلیم های مختلف را نشان می دهد.

جدول ۲: مزایا و معایب استفاده از زیرزمین در اقلیم های مختلف

اقلیم	نحوه کاربرد فضای زیرزمینی	مزایا
اقلیم سرد	استفاده بسیار از زیرزمین	خاک مانع در بادهای سرد، خاک یک توده حرارتی، کاهش اتلاف حرارت بنا، استفاده از مصالح بومی و دوام زیاد، شکل گیری در فضاهای کوچک و محصور
اقلیم گرم و خشک	استفاده بسیار از زیرزمین	خاک مانعی در برابر دمای بالا، خاک یک توده حرارتی، کاهش نوسان دمای خانه، استفاده از مصالح بومی و دوام زیاد
اقلیم معتدل	عدم استفاده از زیرزمین	رطوبت زیاد در تابستان، بالا بودن سطح آبهای زیر زمینی
اقلیم گرم و نیمه مرطوب	استفاده اندک از زیرزمین	به دلیل مجاورت با دریا و بالا بودن سطح آب های زیرزمینی و رطوبت بسیار زیاد زیرزمین احداث نمی شود.

همچنین در این اقلیم خانه ها با استفاده از دمای ثابت زمین، نوسان دمای خانه را کاهش می دهند. برای مثال اختلاف دمای داخلی در برخی خانه های بومی این منطقه در بالاترین و پایین ترین حالت 10 درجه سانتی گراد است، درحالی که این اختلاف در خانه های روی زمین 23 درجه سانتی گراد است. بنابراین نوسان دمایی کاملا کمتری نسبت به نمونه های روی زمین خود دارند. خانه های زیر زمینی مزایای آشکاری در آسایش حرارتی و اقتصاد انرژی دارند [۴].

#### ۴- معماری پایدار

معماری پایدار به قرن ۱۹ بر می گردد. جان راسکین و ویلیام موریس و ریچارد لتابی از پیشگامان نهضت معماری پایدار محسوب می شوند. راسکین در کتاب "هفت مشعل معماری" خود می گوید که برای دستیابی به رشد و پیشرفت می توان نظم هارمونیک موجود در طبیعت را الگو قرار داد. موریس بازگشت به فضای سبز حومه شهر و خود کفایی و احیای صنایع محلی را توصیه می کرد [۱۴]. در جدول ۳ به تعاریف معماری پایدار پرداخته می شود.

دهخدا پایداری را به معنای بادوام، ماندنی آورده است [۲]. برای معمار، پایداری یک مفهوم پیچیده است، بخش بزرگی از تعریف پایداری از طریق بقای انرژی و کاربرد فناوری هایی چون ارزیابی چرخه ی عمر برای حفظ تعادل بین ارزش سرمایه و مقدار دارایی درازمدت بر گرمای جهانی اشاره دارد. اما طراحی پایدار همچنین به ایجاد فضاهایی سالم، بادوام از نظر اقتصادی و حساس به نیازهای اجتماعی میپردازد. این طراحی به احترام گذاشتن به سیستم های طبیعی و یادگیری فرآیندهای بوم شناختی مربوط میشود [۸] سه بعد اصلی مثلث توسعه پایدار - محیطی، اجتماعی، اقتصادی - که به شکوفایی مجدد و تداوم معماری منجر شده اند، با معماری از دیدگاه ویتراویوس و مثلث ثبات و استحکام، سودمندی و آسایش او نیز بخشهای مشترکی دارند. معماری پایدار، معماری سازگار با محیط اقتصادی، اجتماعی و طبیعی، فرآیند خلق فضا است که طی آن منابع طبیعی، در طول زمان ساخت و بهره برداری به کمترین حد آسیب می بیند. سه اصل اساسی برای پایداری در معماری مطرح میشود: صرفه جویی در مصرف منابع، که با کاهش مصرف، استفاده مجدد و بازیافت منابع طبیعی به کار



گرفته شده در ساختمان سروکار دارد، طراحی براساس چرخه حیات، که روشی را برای تحلیل فرآیند ساختن بنا و تأثیرات آن بر محیط زیست مطرح میکند و دست آخر طراحی انسانی، که بر تعامل بین انسان و جهان طبیعی تمرکز دارد.

### جدول ۳: تعاریف معماری پایدار

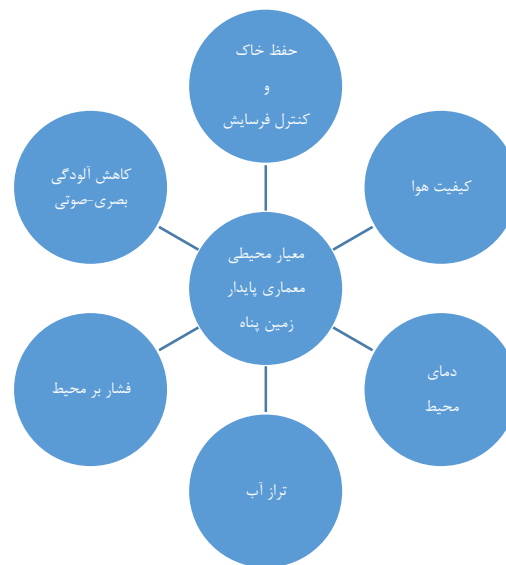
خلق محیط انسان ساخت و مدیریت متعهدانه آن بر مبنای اصول بوم سازگاری و بازدهی منابع. این اصول عبارتند از: به حداقل رساندن صرف منابع تجدید ناپذیر، ارتقا و بهبود شرایط محیط طبیعی و حداقل آسیب های بوم شناختی بر محیط [ ۱۶ ]	معماری پایدار
براساس طرح "OECD" بناهای پایدار بناهایی تلقی می شوند که کمترین تأثیر مخرب را بر محیط های ساخته شده و طبیعی مجاور و بلافصل خود و نیز ناحیه اطرافشان و همچنین زمینه کلی خود داشته باشند. ساختمان های پایدار به تمام چرخه حیات ساختمان، محیط با کیفیت، کارکرد مطلوب و آینده توجه می کنند [ ۱۸ ].	
اگرچه برداشت افراد از معماری پایدار متفاوت است، اما همه در این نکته که این معماری توجه زیادی به ساخت محیط مصنوع با در نظر گرفتن حفظ منابع طبیعی و استمرار آن برای آیندگان دارد، اتفاق نظر دارند [ ۱۸ ].	

از آنجا که معماری پایدار در سه وجه محیطی، اجتماعی و اقتصادی تعریف شده است در این پژوهش بیشتر بر روی جنبه معماری محیطی پرداخته می شود. هدف این نوع پایداری ضربه زدن به محیط زیست در عین استفاده بهینه از آن می باشد. که شامل: صرفه جویی در استفاده از منابع طبیعی، کاهش مواد ضربه زننده به انسان، کاهش اتلاف و پخش انرژی به محیط، استفاده پایدار از منابع تجدید ناپذیر، حفاظت موثر از محیط زیست، بازیافت آب از فاضلاب، حذف انتشار آلاینده، دفع مواد سمی، قابلیت کاربرد مجدد، مدیریت منابع طبیعی، حذف زباله و باز مانده، استفاده از مواد اولیه قابل بازیافت، پایداری محیط زیست یا اکولوژیک می باشد [ ۱۸ ].

### ۵- نسبت معماری زمین پناه با معماری پایدار

در چند دهه اخیر، با توجه به خطر ناشی از پدیده دگرگونی و آلودگی اقلیم، متفکران حوزه معماری وجهی از نگرش خود را به جهان پیرامونی با اهمیت بخشیدن به مقوله اقلیم سامان بخشیدند و پیدایش نگرش اقلیمی را در جوامع مهندسی ساختمان و روش های پایدار را در مکاتب معماری موجب شدند. نگرش اقلیمی مانند هر نگرش دیگر معماری با کاربر خود از چگونه دیدن معماری می گوید و به او میگوید که بنا یک آسایشگاه اقلیمی است و آن را باید با شرایط محیطی اش بسنجد. سه جز اصلی نگرش اقلیمی، انسان، سرپناه و محیط طبیعی می باشد. امروزه افزایش روز افزون جمعیت و مصرف بی رویه انرژی، خسارت غیر قابل جبرانی را به محیط زیست و طبیعت وارد کرده است و مشکلاتی از جمله کمبود منابع فسیلی، آلودگی های محیط زیست، ... ایجاد کرده است و منجر به گرم شدن تدریجی کره زمین و تغییر در اقلیم جهانی شده است. مصرف زیاد سوخت و منابع طبیعی جهت تامین سرمایه و گرمایش سبب شد تا راهبردهای طراحی ای برای ساختمان های با هدف کاهش آلودگی و مصرف سوخت مطرح شود با حفظ این هدف، معماری پایدار ایجاد شد که با طراحی ساختمان با ایده همزیستی با محیط پیرامون جهت بهره وری از توان محیط زیست و تعامل با محیط پیرامون به کاهش آلودگی و سایر اهداف متعالی حفظ زیست کره طرح شد. طرح شدن توسعه پایدار، توسعه ای که نیازهای فعلی خود را بدون خدشه دار کردن توانایی نسل آینده، برآورده ساخته و نیازهای خود را پاسخ گوید [ ۱۵ ] موارد موثر و مورد ارزیابی پایداری محیطی در شکل ۳ آمده است.





شکل ۳: معیار محیطی معماری پایدار زمین پناه

## ۵-۱- دمای محیط

حذف و دفع پوشش گیاهی از سطح زمین به هر دلیلی که انجام گیرد، باعث تغییر خصوصیات سطح آن شده و از اینرو در تراز انرژی و جرم آن تغییراتی به وجود می‌آورد از طرف دیگر، استقرار ساختمان باعث تغییراتی در وضعیت تابش، حرارت، رطوبت و خصوصیات آئروپنایمی محیط اطراف می‌شود. مهمترین اثر تابشی ساختمان را میتوان در کاهش دریافت تابش خورشید در نقاط سایه گیر، افزایش تابش به دلیل انعکاس دیوارهای آفتابگیر و کاهش سرمایش تراز امواج بلند سطوح نزدیک ساختمان خلاصه کرد که هم به دلیل کاهش بازتاب (ناشی از افزایش درجه ی استتار) و هم به لحاظ بازتاب امواج بلند از ساختمانهای گرم اطراف به سمت پایین انجام میگردد. معمولاً درجه حرارت هوا و خاک در نزدیکی ساختمان ها به دلیل هرز گرما در نتیجه ی عمل حفاظت باد بیش از محیط های باز است . همچنین تراز انرژی، به دلیل ایجاد سطح هندسی جدید و تغییرات آلودگی حاصل از آن ممکن است دچار اختلال شود. این موضوع میتواند به وسیله ی مجموعه ای جدید از ویژگی های حرارتی، رطوبتی و آئروپنایمی باعث تغییر در توزیع تراز انرژی ناحیه ی مزبور شود. این عوامل در مقیاس کلان ایجاد جزیره ی گرمایی میکند [۱۴].

## ۵-۲- تراز آب

ورودی آب به سیستم شهری، نسبت به محیط روستایی، با صرفنظر کردن از آبیاری بیشتر است؛ زیرا مقادیر آبی که به وسیله ی سوخت به جو رها می شود و آبی که از طریق مخازن به شهر حمل میشود، در شهرها بیشتر است .همچنین تبخیر، تعرق و ذخیره ی سطحی آب شهرها معمولاً از محیط های روستایی کمتر است که دلیل آن را در تخریب پوشش گیاهی و جایگزینی آن با مواد تقریباً غیرقابل نفوذ ساختما نهایی شهری باید توجه کرد .مثلاً حذف پوشش گیاهی غالباً باعث تغییر در تراز آب محل میشود، زیرا که نقش برگاب تاج گیاه از بین میرود و تبخیر و تعرق کاهش مییابد .توزیع پوشش برف و میزان پایایی آن تغییر کرده و ممکن است که باعث افزایش رواناب شود [۱۴]. همچنین ذخیره ی سطحی آب شهر به دلیل ترکیبات تقریباً غیرقابل نفوذ مصالح ساختمانی از محیط های روستایی کمتر است .بنابراین باتوجه به این موضوع و معادله ی مذکور، رواناب شهرها نسبت به مناطق روستایی بیشتر است که این مسأله با کمتر شدن ساخت وسا زهای مصنوعی بر روی زمینهای شهری، توسط ساخت بنا در پناه زمین قابل اصلاح است.





### ۵-۳ فشار بر محیط

زندگی زیرزمینی یک سازش فوق العاده با محیط است، یک مثال خوب برای استفاده‌ی مناسب منابع طبیعی و مصالح ساختمانی بوده و نسبت به خانه‌های معمول روزمینی کمتر برای محیط طبیعی و اکوسیستم مضر است. ما میتوانیم انتظار داشته باشیم که بنای زیرزمینی، اکوسیستم منطقه را نسبت به اجتماع روزمینی کمتر مختل کند. بنابراین فضاهای زیرزمینی میتوانند با رهاکردن اکوسیستم حساس طبیعی از این فشار، تأثیرات مثبت محیطی داشته باشند. علاوه بر این در کشورهایی که زمین نادر است و جایی که محیط شکننده و حساس است و امنیت بسیار اهمیت دارد، اقامتگاههای زیرزمینی میتوانند راه حل چشمگیری ارائه دهند [۲۴]. این اثر در مقیاس کلان روشنتر بوده و حتی میتوان گفت که باعث ایجاد خرداقلیم جدیدی میشود. بدون شک بسیاری از بناهایی که امروز سطح زمین را اشغال کرده اند، نیاز به شرایط روی زمین نداشته و به راحتی و بدون هیچگونه مسأله‌ای میتوانند در زیر زمین حتی با کیفیتی بهتر ارائه شوند. با زیر زمین بردن این بناها علاوه بر ایجاد آسانتر و ارزانتر شرایط آسایش دمایی در آنها، بخش وسیعی از سطح ارزشمند زمین رها شده و محیط شهری آزاد، باز و با کیفیت مناسب ایجاد خواهد شد.

### ۵-۴ کاهش آلودگی صوتی و بصری

فضاهای زیرزمینی با تأمین دمای محیطی مطلوب نقش مثبتی در ارتقا آرامش و سرزندگی روحی و کاهش اضطراب ایفا می نماید. آشفته‌گی و اغتشاش بصری و شنوایی را به حداقل می رساند. بر اساس تحقیقات دانشگاه مینه‌سوتا در واقع خاک به خوبی یک عایق صوتی در فضاهای در پناه خاک عمل می کند. فضاهای زیر زمینی همچنین تأثیر بر محیط طبیعی را به حداقل رسانده و با آزاد نمودن فضاهای رو سطحی برای ایجاد پارک ها و فضای سبز و انتقال کاربری های مثل توقفگاه ها و انباری ها به زیرزمین محیط شهری آرامش بخش و خوشایندی را به دور از آلودگی صوتی، بصری و هوا به ارمغان می آورد. وجود شبکه عابر پیاده ایمن، وسیع و جدا از سواره با کاربری های متنوع مانند تورتو و مونترال از دیگر امتیازات فضاهای زیرزمینی به نفع انسان و محیط زیست می باشد. [۲۴].

علاوه بر موارد ذکر شده معماری زمین پناه همچنین فرصت های متفاوتی دیگری نیز ایجاد می کند که می توان به گسترش در جهات مختلف (مانند ریشه درخت) بدون نیاز به تعریف نما و حجم بیرونی، نورپردازی طبیعی و مصنوعی بسیار تأثیر گذار، تأکید بر فضای درون، تلفیق معماری با طبیعت، خلق فضاهای پیچیده و پیوسته همچون غارهای طبیعی، القای حال و هوایی رمز آلود و اسرار آمیز و دوری از کلیشه های معماری مبتنی بر زیبا شناسی حجم بیرونی بنا اشاره کرد. معماری زیرزمینی با اهداف معماری پایدار هم پیوند بیشتری دارد بسیاری از معماران می کوشند با معماری پوشیده در خاک موجب کاهش مصرف انرژی و آلودگی های بصری، محیطی و صوتی شوند.

### ۵-۵ کیفیت هوا

سرعت باد در لایه ی سرپوش شهر بسیار پایینتر از لایه ی بالای ساختمانهاست. این در اصل به دلیل سختی شهرها، تأثیرات مجراهای شهری و به خاطر تأثیرات جزیره ی گرمایی است [۳۰]. رژیم سرعت باد در لایه ی سرپوش شدیداً امکان تهویه ی طبیعی بناهای شهری فراهم آورده و در نتیجه رو شهای غیرفعال سرمایش را تحت تأثیر قرار میدهد مطالعات مربوط به کاهش میزان تهویه ی طبیعی در بناها به خاطر تأثیر لایه ی سرپوش به گزارش سانتاموریس [۲۲] حاکی از آن بوده که تهویه ی طبیعی دوطرفه و یکطرفه درون لایه ی سرپوش به شدت کم شده، برای تهویه ی یکطرفه، جریان باد به 20 درصد و برای تهویه ی دو طرفه گاهی به 10 درصد میرسد. گروس 1998 برای محاسبه ی کاهش عملکرد روش های تهویه ی شبانه در لایه ی شهری، 10 لایه ی شهری مختلف را اندازه گیری کرده است. در تهویه ی یکطرفه بار سرمایش بناهای موجود در لایه ی شهری 6 تا 89 درصد بیشتر از بناهای حومه ی شهری بوده و در تهویه ی دو طرفه ی بار سرمایش



18 تا درصد بیشتر بوده است. بنابراین تأثیر لایه ی سرپوش شهری در رو شهای غیرفعال سرمایه‌ش در شهرهای متراکم، بسیار شدید است [۳۰].

#### ۵-۶ حفظ خاک - کنترل فرسایش

با ساختن بنا در پناه زمین، به جای اینکه خاک را به عنوان پایه ی بنای خود قرار داده و روی آن ساخت و ساز انجام دهیم، روی خاک را که بخش مفید و حاصلخیز زمین بوده نگه داشته و بنا را در زیر آن میسازیم. با این کار درواقع پوسته ی زمین را به زمین برمیگردانیم، به جای آنکه در نقش پایه ی بنا استفاده کنیم. با چنین کاری، میتوان در این خاک گیاه کاشت و از فرسایش این بخش ارزشمند خاک نیز جلوگیری کرد.

#### ۵-۷ خاک و اثر آن در کاهش انرژی مورد نیاز خانه

حل بحران انرژی و نیاز روزافزون به احداث ساختمانهای جدید در دنیا، احتیاج به استفاده از راه حل‌های ابتکاری و خلاقانه برای بهینه سازی انرژی، استفاده بهینه از سطح زمین، و نیز حفاظت از محیط زیست را آشکار می کند. زمین پناه روشی معمارانه برای استفاده از زمین در پیرامون دیوارهای ساختمان به عنوان توده حرارتی خارجی است؛ این روش به منظور کاهش افت حرارت و ثابت نگه داشتن دمای هوای داخلی به شیوه‌های ساده است. زمین پناه در عصر مدرن نسبتاً محبوب تر شده است؛ به ویژه در میان طرفداران محیط زیست و مدافعان سامانه غیرفعال خورشیدی و معماری پایدار. هر چند این روش در تمام زمانهایی که انسانها برای خود پناهگاه میساخته اند، مرسوم بوده است. [۱۶].

#### ۶-تحلیل و بررسی یافته ها

استفاده از زیرزمین ها یکی از روشهای سنتی مقابله با گرمای شدید در مناطق گرم و خشک (نظیریزد، نائین، زواره، کرمان و...) و حتی مناطق گرم و نیمه مرطوب (دزفول، شوشتر و...) ایران بوده است که مزایای آن در شکل ۳ بررسی شده است. در خانه های درونگرای فلات مرکزی ایران که به یکی دیگر از شگردهای طراحی به کار رفته درپهنه اقلیمی گرم و خشک برای همسازی با اقلیم عبارت از ایجاد حیاط هایی پایین تر از سطح کوچه است که گودال باغچه نامیده میشود. گودال باغچه و زیرزمینهای متعدد پیرامون آن، ضمن خانه های چهار فصل موسوم است، اطاق های اطراف حیاط بنابر فصل معین سال مورد استفاده قرارمیگیرند. در تابستان تالار و اطاق های پشت به قبله که در سایه قرار دارند و خنکتر هستند، محل سکونت افراد خانواده میباشد. غالباً سرداب(زیرزمین) در زیر این قسمت است. در فصول گرم دمای سرداب به علت اینکه در زیرزمین است، از دمای سایر قسمتها کمتر است. در مواقعی که دمای هوا بسیار بالا بوده، اهل خانه به سرداب رفته واز هوای خنکتر آن استفاده میکردند [۱۳]. برخورداری از نور و تهویه کافی، سبب نشست هوای خنک در شیبهای تابستان میشود. در تماس بودن جداره اتاقهای این فضاها با زمین اتلاف حرارتی در زمستان را نیز به حداقل میرسانده است [۱۰]. علاوه بر خانه ها، بسیاری از ابنیه سنتی ایران به دلیل حداقلسازی تبادل حرارتی با محیط پیرامون و بهره مندی از خاصیت ثبات حرارتی زمین در دل خاک ساخته میشدند. از جمله این موارد میتوان به حمامها، آب انبارها و یخچالها اشاره نمود. حال به بررسی یکسری از نمونه های معماری زمین پناه در اقلیم گرم و خشک پرداخته می شود و آنها را مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد.



جدول ۴: بررسی معماری های زمین پناه و نوع الگوی پایدار زیرزمینی به کار رفته در آنها

تصویر	پلان	نوع فضای زیرزمینی	کاربری	بناهای زمین پناه در گرم و خشک
	پیچ در پیچ	زیرزمین دست کند	مسکونی	شهر زیرزمینی نوش آباد و ..
	پیچ در پیچ	زیرزمین دستکند	مسکونی	روستای میمند و ..
	مربع مستطیل	گودال باغچه شبستان	مذهبی	بسیاری از مساجد: مسجد آقا بزرگ مسجد جامع یزد مسجد جامع اصفهان و ...
	پیچ در پیچ	زیرزمین	خدماتی	حمام ها: سلطان امیر احمد
	دایره مستطیل	زیرزمین	خدماتی	آب انبارها: ۶ بادگیر یزد شاه عباس
	مستطیل	زیرزمین	خدماتی	آسیاب ها: آبی ریگاره آبی کوشک نو یزد و ...
	دایره مستطیل	زیرزمین	خدماتی	یخچال ها: یخچال گنج یخچال میبد یخچال طغروود و ...



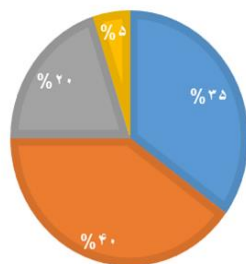
	مربع مستطیل	گودال باغچه زیرزمین سرداب حوض خانه	مسکونی	بسیاری از خانه ها: خانه پیرنیا خانه بنی طبّا خانه تاریخی مشکی خانه لاری ها و...
--	----------------	---	--------	---

استفاده از انرژی زمین گرمایی در ایران به سال های بسیار دور می‌رسد به طوری که مردم به شیوه های سنتی از این انرژی در محل هایی که چشمه های آب گرم وجود داشت، در قالب حمام ها و استخر های شنا جهت مصارف آب درمانی و تفریحی استفاده می‌کردند. بناهایی مانند یخچال، آب انبار، حمام، خانه های زیر زمینی مانند روستای زیر زمینی میمند در معماری گذشته در عمق زمین ساخته می‌شدند تا از انرژی گرمایی عمق زمین استفاده کنند. این بنا ها می‌توانند الگو هایی برای معماری امروز ما باشند

فرو رفتن در دل خاک و ساختن فضاهایی در زیرزمین جهت استفاده از ظرفیت حرارتی خاک در فصول مختلف سال از دیگر فنون اقلیمی بکار رفته در معماری سنتی می‌باشد. با توجه به بررسی نمونه های مورد بررسی شده و بناهایی نظیر: خانه عباسیان، خانه آل یاسین، خانه بابا افضل، خانه منوچهری، خانه راهب و ... این نتیجه حاصل شد که معماری زمین پناه در اقلیم گرم و خشک به سه گروه مسکونی و مذهبی و خدماتی تقسیم می‌شود که درصد بیشتری از ساختمانهای زمین پناه خدماتی و در صد کمتری مذهبی ساخته شده اند. همچنین فضاهای زیرزمینی اقلیم گرم و خشک به صورت گودال باغچه و شبستان و حوضخانه و سرداب می باشند که در صد بیشتری به صورت سرداب و گودال باغچه احداث شده اند. همچنین نمودارهای زیر از بررسی های مصادیق گفته شده به دست آمد. شکل ۴ انواع بناهای زمین پناه اقلیم گرم و خشک، شکل ۵ انواع فضاهای زیرزمینی اقلیم گرم، شکل ۶ انواع پلان ساختمانهای زمین پناه اقلیم گرم را نشان می دهد.

انواع پلان ساختمانهای زمین پناه اقلیم گرم و خشک

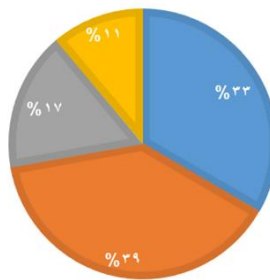
پلان بیچ در بیچ پلان دایره پلان مستطیل پلان مربع



شکل ۶: انواع پلان ساختمانهای زمین پناه اقلیم گرم

فضای زیرزمینی اقلیم گرم و خشک

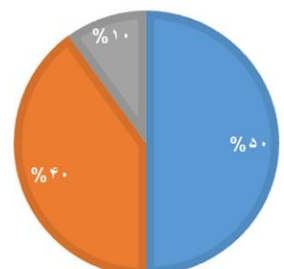
گودال باغچه سرداب شبستان حوض خانه



شکل ۵: انواع فضاهای زیرزمینی اقلیم گرم

انواع بناهای زمین پناه اقلیم گرم و خشک

مذهبی مسکونی خدماتی



شکل ۴: انواع بناهای زمین پناه اقلیم گرم و خشک



جدول ۵: تطبیق الگوهای معماری محیطی پایدار با بناهای زمین پناه در اقلیم گرم و خشک

معیار محیطی معماری پایدار زمین پناه	ویژگی ها	تطبیق الگو با نمونه های مورد بررسی
دمای محیط	کاهش دریافت تابش خورشید، تلطیف درجه حرارت هوا و خاک	*
تراز آب	اصلاح مسئله رواناب با کمتر شدن ساخت وسازهای مصنوعی بر روی زمینهای شهری، توسط ساخت بنا در پناه زمین	*
فشار بر محیط	ضرر کمتر ساخت بناهای زمین پناه نسبت به خانه های معمول روزمینی کمتر برای محیط طبیعی	*
کاهش آلودگی صوتی-بصری	خاک عایق صوتی خوب در فضاهای در پناه خاک به حداقل رساندن تاثیرات فضاهای زیرزمینی بر محیط طبیعی	*
کیفیت هوا	پایین تر بودن سرعت باد در لایه زیرین از لایه ی بالای بناها	*
حفظ خاک- کنترل فرسایش	با ساختن بنا در پناه زمین، روی خاک را که بخش مفید و حاصلخیز زمین بوده نگه داشته و ساخت بنا زیر آن	*
خاک	کاهش افت حرارت و ثابت نگه داشتن دمای هوای داخلی	*

## ۶-۱ تاثیرات معماری محیطی پایدار در بناهای زمین پناه

استفاده از خاک با داشتن خصوصیتی از قبیل ظرفیت حرارتی بالا و تاخیر حرارتی ۷ ساعته در مدیریت مصرف انرژی و رسیدن به معماری پایدار و سبز راهگشاست. معماری زمین پناه نیز در اقلیم گرم و خشک ایران دارای فضاهای زیرزمینی می باشد که درون زمین قرار گرفته و به نوعی باعث کاهش مصرف انرژی می گردد. هر ساختمان باید زمین را به گونه ای آرام و سبک لمس کند. معمار استرالیایی گلن مورکات این جمله عجیب را بیان می کند که: «ساختمان باید زمین را به گونه ای آرام و سبک لمس کند. این گفته یک ویژگی از تعامل میان ساختمان و سایت آن را در خود دارد که برای فرآیند معماری پایدار زیست محیطی امری ضروری است و در معماری زمین پناه نیز تمام یا بخشی از بنا در دل خاک قرار گرفته و هماهنگی خاصی با محیط بخشیده است.

درواقع یکی از راه حل های منطقی برای پاسخگویی به مشکلات اقلیمی در نواحی خشک و بیابانی استفاده از فضاهای حفر شده در زیرزمین است. ثابت شده است که در عمق ۹ متری زمین درجه حرارت همواره ثابت و در حدود میانگین درجه حرارت در سردترین و گرم ترین روز سال است. در زیرزمین ها جهت احداث سردابها و حوضخانه ها از این شیوه استفاده شده است.

استفاده از خاک و مشتقات آن به عنوان مصالح ساختمانی با توجه به ظرفیت حرارتی بالای آن که سبب جلوگیری از تبادل حرارتی داخل بنا و فضای خارج میگردد بردن بخشی از بنا به درون زمین به خصوص در نواحی سرد یا گرم که سبب تعدیل دما در این فضاها می گردد.

دلیل اصلی پناه بردن به خاک و زمین سختی شرایط آب و هوایی بوده است و می توان معماری با خاک و معماری برگرفته از خاک را جزئی از معماری بومی به حساب آورد زیرا در هر منطقه از جهان از خاک بر حسب شرایط اقلیمی و آب و هوایی استفاده می شود و بیشتر در اقلیم های خشن مثل اقلیم کوهستانی و گرم و خشک، به علت مشکلات اکولوژیکی، انرژی، آلودگی احساس می گردد لذا می توان با بهره مندی از محیط پیرامون و کاهش استهلاک طبیعت از طریق نگاه مجدد به خاک و





معماری خاک گام بزرگی در بهبود شرایط برداشت از این رو بناهای خاک پناه و در پناه زمین در روند اصلاح پدیده های گرمایش زمین، تخریب محیط زیست، آلودگی فرصت هایی ارائه می کند که به اصلاح و بهبود این روند کمک نماید. از آنجا که عملکرد حرارتی خاک مهم ترین و بزرگ ترین جنبه استفاده از فضاهای خاک پناه است، اولین توجه استفاده از آن، بنابر تجربه عموم، کاهش میزان مصرف انرژی است. در واقع کاهش ارتباط ساختمان خاک پناه با محیط بیرون و هوای آزاد، باعث کاهش دریافت و اتلاف حرارت از طریق پوسته ها می گردد و در نتیجه اوج بار گرمایشی و سرمایشی بنا کاهش می یابد. تحقیقات آنسلم درباره عملکرد ذخیره حرارت خانه های خاک پناه دارای آتریوم در منطقه گرم و خشک، نشان می دهد که در عمق ۵ متر حدود ۱۱ درجه از دمای هوا در فصل تابستان کاسته میشود [۱۸].

در اقلیم گرم و خشک و معماری زمین پناه مصالح اصلی آنها یعنی خاک در محل قابل تامین است به علاوه مصالح کاملاً طبیعی بوده و پس از پایان عمر بنا به راحتی به طبیعت باز می گردد. ساختمان خاک پناه به دلیل دید محدود تر به نمایان شدن منظر طبیعی و محیط زیست کمک شایانی می کند و با احیای منظر مناسب، نظم طبیعی پیرامون را حفظ می کند. اطلاق نام خاک پناه به این نوع معماری به علت ارتباط تعاملی با طبیعت و محیط است و ملاک اولیه همه آنها همسازی با محیط و کاهش مصرف انرژی است. مزیت های متنوع حضور خاک شامل کاهش انتقال حرارتی خاک، افزایش اینرسی حرارتی، ثبات دمای زمین، کنترل میزان هوای ورودی، کاهش دریافت حرارت، عملکرد بهتر در برابر عوامل جوی است. لذا میتوان نتیجه گرفت که این معماری یک بنای سلامت محیط زیست است که بیشترین بهره مندی از طبیعت و انرژی تجدید پذیر دارد و از تولید گازهای مخل و آلودگی جلوگیری میکند و حافظ چرخه بنا با قابلیت بازگشت به محیط است.

ساختمانهای خاک پناه از جمله نمونه هایی است که در راستای بهره وری انرژی و حفظ محیط زیست، ایده ی کاهش مصرف انرژی ساختمان و تامین آسایش ساکنان در کنار هم-زیستی مسالمت آمیز با محیط پیرامون، دنبال میکند. این گونه ساختمانی بهره وری ساختمان را از طریق کاهش دریافت و اتلاف بالا میبرد و سعی در کاهش اثرات تخریب محیط زیست دارد.

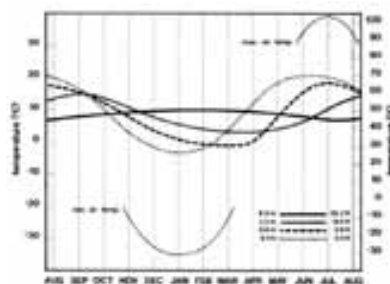
سامانه های غیرفعال از ارزانترین روشهای تامین سرمایش و گرمایش بنا میباشند. این سامانه ها کمترین اثرات تخریب محیط زیستی را داشت و بهره وری ساختمان را از طریق کاهش دریافت و اتلاف به حداکثر می رسانند. یک ایده مناسب به عنوان یک سامان کلی علاوه بر آن که میتواند هزینه ها را کاهش داده، باعث ارتقای آسایش و شیوه زندگی گردیده و تاثیرات زیانبار محیط زیستی را به حداقل میرساند. ساختمانهای خاک پناه از جمل ایده هایی است که به صورت غیرفعال، کاهش مصرف انرژی ساختمان و تامین آسایش حرارتی را تا حد بسیار زیادی تضمین مینماید. منظور از

ساختمانهای خاک پناه بنایی است که برای بهره گیری از طبیعت و تامین مقاصد خود، به دل زمین و خاک آن پناه میبرد. پوشش ضخیم خاک پیرامون ساختمان، کاهش اثرات نوسان دما، فرسودگی ناشی از اشعه ی فرابنفش خورشید، آسیب ناشی از انجماد و ذوب شدن آب بر سازه و عدم تجزیه مصالح با ماورا بنفش را در پی دارد. به این ترتیب لایه ی ضخیم خاک چون لایه ای محافظ بنا را در بر میگیرد. ساختمان باید در جهت حفظ محیط زیست و سازگار با آن طراحی و ساخته شود. مصالح آن در عین اینکه با دوام هستند، باید به راحتی در محیط زیست استحاله گردد. برخی اصول مربوط به پایبندی و سازگاری با محیط زیست در ادامه عنوان شده است.

- به حداقل رساندن تخریب در محیط زیست.
- طراحی کارآمد ساختمان از نظر انرژی و صرفه جویی در آن.
- طراحی به منظور استفاده بهینه از مصالح مناسب برای کم کردن صدمات وارده به طبیعت.
- طراحی با دوام باهدف پایداری محیط زیست.
- بازیافت ضایعات و زباله برای حفظ محیط زیست و صرفه جویی اقتصادی.



- بکارگیری اصولی که منجر به اجتناب از خطرات آتی ناشی از احداث ساختمان برای محیط زیست شود.
  - استفاده از فضای سبز در ساخت بنا برای داشتن یک محیط زیست پا کتر.
  - استفاده از مصالح سبز برای همسوئی با محیط زیست.
  - استفاده از مصالح با دوام برای پایدار نمودن ساختمان.
  - استفاده از مصالحی که نیاز کمتری به نگهداری دارند.
  - انتخاب مصالح بی خطر از جهت زیست محیطی و سلامت کاربران.
- تغییرات دمایی در زمین بایبشتر شدن عمق کمتر میشوند و در عمق 7.5 تا 9 متر و در مواردی 6 تا 8 متر به دمای ثابت می رسند. در عمق 3 متر دمای زمین دارای نوسانی حداکثر 5 درجه سانتیگراد بالا یا پایین میانگین سالانه ی دمای زمین است. علاوه بر این ، زمان تاخیر بین دما در زیر یا روی زمین با افزایش عمق زیاد می شود. شکل 7 نوسانات دمایی سالانه در اعماق مختلف زمین را نشان می دهد.



شکل 7: نوسانات دمایی سالانه در اعماق مختلف زمین [21]

خصلت خاص زمین که محیطی متعادل ایجاد میکند، به دلیل ظرفیت حرارتی ویژه ی بالای آن و عظیم بودن توده ی خاک آن است. در اغلب موارد گرما باید تمام مسیر را از درون بنای زیرزمینی تا روی سطح زمین طی کند، در صورتیکه در خانه های معمولی این اتلاف حرارت فقط از طریق پوست هی نازک خارجی صورت گرفته و این گرما سریعاً در هوا پراکنده میشود. در مواردی در بنای زیرزمینی حتی این اتلاف گرما کاملاً به هدر نمی رود، بلکه در خاک ذخیره شده و در صورتیکه دمای بنا به طور قابل ملاحظه ای افت کند به بنا برمیگردد.

زندگی در بنای زیر خاک در مقایسه با روی زمین دارای آسایش دمایی بیشتری است که این برتری درواقع به دلایل زیر است:

- کم کردن هدایت گرما به خارج
  - کم کردن بار حداکثر لازم برای اصلاح دمای فضا
  - کنترل نفوذ و نشت هوا
  - سرمایهش از طریق تبخیر ( کاهش تأثیرات تشعشعات انرژی خورشیدی)
- دمای زمین تنها در چند متر زیر سطح در میزان 5 تا 15 درجه ی سانتیگراد در طول سال ثابت است. وقتی هوا بسیار سرد است، زمین منبع گرما و در هوای بسیار گرم، منبع سرماست. انرژی تنها برای اصلاح اختلاف بین دمای زمین و دمای آسایش نیاز است، بنابراین نیاز انرژی حداکثر برای اصلاح دما را کم میکند. نتیجه ی آن میتواند سیستم سرمایهش و گرمایش کوچکتر باشد که هزینه ی ساخت اولیه و نیز هزینه ی نصب را کاهش میدهد. در اصل، زمین محیطی را که بنا در آن قرار گرفته است، متعادل میکند.

با پوشش خاک در بیشتر قسمت بنا، بنا میتواند بیشتر در مقابل هوا غیرقابل نفوذ باشد. در ساخت وسازهای زیرزمینی تا 35 درصد از اتلاف گرما اغلب به نفوذ و نشت هوا نسبت داده میشود. در هر صورت یک بنای در پناه زمین امکان بیشتری





برای کنترل میزان ورود و خروج هوای بیرون به داخل بنا را تأمین میکند برای سرمایش و گرمایش، هم اکنون ثابت شده است که خانه های زیرزمینی بیش از نصف تا ۶۶٪ هزینه ی خانه های معمولی را برای چنین منظوری صرفه جویی میکنند [۲۴].

با بررسی معماری زمین پناه این نتیجه حاصل شد که فضاهای زیرزمینی به دلیل هماهنگی با طبیعت دارای قابلیت های بسیاری می باشند که با الگوی معماری زیست محیطی پایدار منطبق می باشد. جدول ۶ تاثیرات معماری زیست محیطی پایدار در اقلیم های گرم و خشک را نشان می دهد.

جدول ۶: تاثیرات معماری زیست محیطی پایدار در اقلیم های گرم و خشک

صرفه جویی مصرف انرژی	تاثیرات معماری زیست محیطی پایدار در اقلیم گرم و خشک
هماهنگی با بستر ساختمان	
استفاده از خاک به عنوان مصالح سازگار با محیط زیست	
استفاده خردمندانه از زمین و همگونی شکل ساختمان با محیط زیست.	
ارتقای کیفیت محیط زیست و گسترش محیط زیست طبیعی	
از بین بردن یا به حداقل رساندن مصرف مواد آلوده و سمی	
استفاده از ظرفیت حرارتی خاک در فصول مختلف سال جهت تأمین آسایش	
کنترل سطح تبادل حرارت بین ساختمان	
جلوگیری از ورود بادهای نامناسب و افزایش آرامش ساکنین	

## ۷- نتیجه گیری

معماری خاک اصیل ترین و کهن ترین نمونه معماری ایران زمین است و استفاده از خاک با خصوصیاتی از قبیل ظرفیت حرارتی بالا و زمان تاخیر حرارتی قابل توجه ، در مدیریت مصرف انرژی و رسیدن به معماری پایدار راهگشاست. معماری زمین پناه بیشتر در اقلیم گرم و خشک ایران استفاده شده است و نمونه های فضاهای زیرزمینی در اقلیم گرم و خشک ایران شامل گودال باغچه و سرداب و حوضخانه و شبستان می باشد. در این مقاله با توجه به نمودارهای که از تحلیل مصادیق به دست آمد این نتیجه حاصل شد که:

- معماری زمین پناه در اقلیم گرم و خشک به سه گروه مسکونی و مذهبی و خدماتی تقسیم میشود که درصد بیشتری از ساختمانهای زمین پناه خدماتی و در صد کمتری مذهبی ساخته شده اند. همچنین فضاهای زیرزمینی اقلیم گرم و خشک به صورت گودال باغچه و شبستان و حوضخانه و سرداب می باشند که در صد بیشتری به صورت سرداب و گودال باغچه احداث شده اند.
- پلان های ساختمان های زمین پناه که در اقلیم گرم و خشک به کار رفته اند بیشتر به صورت مربع و مستطیل و کمتر به صورت پیچ در پیچ یا نامنظم بوده اند.

- با بررسی ویژگی های معماری زمین پناه این نتیجه حاصل می شود که با اصول معماری محیطی پایداری منطبق میباشد. استفاده از این نوع فضا ها می تواند ابزار موثری در نیل به اهداف پایداری باشد. فضای زیرزمینی دارای قابلیت های بالایی در صرفه جویی انرژی ، کاهش آلودگی صوتی، کاهش آلودگی هوا ، کاهش آلودگی بصری ، ایجاد فضاهای شهری مناسب از نظر اقلیمی ، کالبدی و .. می باشد. این فضاها معمولاً در زمستان گرمتر از بیرون و در تابستان سرد تر از بیرون بوده و به طور کلی ثبات دمایی خوبی دارند. معماری زمین پناه به دلیل هماهنگی با



طبیعت، کمترین خدشه ای از لحاظ بصری و زیستی به آن وارد می کند که به این واسطه یک معماری زیست محیطی پایدار محسوب می شود.

- جهت رسیدن به معماری پایدار و استفاده از انرژی های تجدید پذیر، می توان با الهام گرفتن از معماری گذشته ایران و الیخصوص فضاهای زیرزمینی در اقلیم گرم و خشک به فضاهایی دست یافت که عملاً نوعی از معماری زیست محیطی پایدار اند.

## مراجع

۱. اختر کاوان م؛ شکبیا م؛ (۱۳۹۲)، معماری پایدار و بررسی معماری دستکند در معماری ایران، اولین کنفرانس ملی معماری و فضاهای شهری پایدار
۲. استرلینگ، ریموند و جان کارمودی (۱۳۸۸)، طراحی فضاهای زیرزمینی، ترجمه وحید رضا ابراهیمی، مشهد: نشر مرنديز، چاپ اول
۳. آیین سمیرا، کرد جمشیدی ماریا و پور فلاح حامد، (۱۳۹۴)، بررسی عملکرد حرارتی معماری صخره ای روستایی کندوان، دو فصلنامه پژوهشی-تحلیلی مطالعات هنر بومی، شماره ۳، صص ۹۸
۴. برزگر، زهرا و مجید مفیدی شمیرانی (۱۳۸۹)، چگونگی بهره گیری از توده زمین در معماری بومی جهان، فصلنامه علمی پژوهشی باغ نظر، شماره ۱۵
۵. پوراحمدی، محبوبه، (۱۳۸۹)، بررسی الگوهای پایداری در معماری خانه های سنتی مهریز، نشریه شهر و معماری بومی، شماره ۳ تهران
۶. خدابخشیان، مقدی، (۱۳۹۰) بنای خاک پناه شیوه ای جهت ذخیره انرژی، اولین همایش اقلیم، ساختمان و بهینه سازی مصرف انرژی، اصفهان.
۷. رحیمی مهر، وحیده (۱۳۹۲)، نگاهی به توسعه پایدار در معماری خاک پناه، اولین همایش ملی معماری، مرمت، شهرسازی و محیط زیست پایدار، همدان، انجمن ارزیابان محیط زیست
۸. سجاذاده، نرجس طهماسبی، (۱۳۹۴) بررسی تاثیر و نقش شوادان در آسایش و پایداری اقلیمی خانه های دزفول، همایش ملی عمران و معماری با رویکرد توسعه پایدار.
۹. شکاری، روشنگر فرمانی، زینب عطار، تجلی شاخص های پایداری در معماری اقلیم گرم و خشک ایران، اردیبهشت
۱۰. طاهباز، منصوره. (۱۳۹۲). دانش اقلیمی، طراحی معماری. تهران: مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی
۱۱. عرب مریم، فرخ زاد محمد، (۱۳۹۶) طراحی بناهای خاک پناه بر مبنای اصول معماری پایدار جهت کاهش مصرف انرژی ساختمان اقلیم گرم و خشک، مطالعه موردی: شهر شاهرود، فصلنامه پژوهش های سیاست گذاری و برنامه ریزی انرژی، سال سوم، شماره ۸، صص ۱۷۳ - ۱۴۷
۱۲. فصیحی، مالک، (۱۳۸۲)، قصابه گمشده، انتشارات چمران، تهران
۱۳. قبادیان، وحید. (۱۳۸۲). "بررسی اقلیمی ابنیه سنتی ایران. تهران: مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.
۱۴. کاویانی. (۱۳۸۰)، "میکروکلیماتولوژی محمد رضا (۱۳۸۰)،" تهران، خانه چاپ.
۱۵. مختاری مهسا، (۱۳۹۲) "بررسی راهکارهای اجرایی نوین معماری در پناه زمین به منظور نگهداشت انرژی در مقیاس شهری"، دومین همایش ملی اقلیم، ساختمان و بهینه سازی انرژی
۱۶. ولی کلانتر، مریم مرتضوی زاده (۱۳۹۶)، "بررسی عددی روشهای کاهش مصرف انرژی در یک خانه در پناه خاک به منظور تامین سرمایش".



۱۷. A.L.A. Research Corporation. (1980). Regional Guidelines for Building Passive Energy Conserving Homes. Washington, D.C.: U.S. Department of Housing and Urban Development.
۱۸. Anselm, A. J. (2008). Passive Annual Heat Storage Principles in Earth Sheltered Housing, A Supplementary Energy Saving System in Residential Housing. *Energy and Buildings*. 40(7), 1214-1219.
۱۹. Best, D. 1981. "Measured Output of Two Active Systems." *Solar Age*, vol. 6, no. 7, 41-44.
۲۰. Barker, Michael B. "Using the Earth to Save Energy: Four Underground Buildings". Great Britain, *Tunneling and Underground Space Technology*, Vol. 1, pp. 59- 65, 1986.
۲۱. Carmody, John and Sterling, Dr. Raymond. 1984. *Earth Sheltered Housing design*. 2nd edition. New York : University of Minnesota, 1984.
۲۲. E., S. M. 'Case Studies', In *Natural Ventilation*. London, UK: James and James Science Publishers. 1998.
۲۳. Hylton, J. 1981. "Contrasts in Energy Design and Performance for Passive Solar vs Earth Sheltered Homes." In L. Boyer, ed. *Earth Shelter Performance and Evaluation*. Stillwater, OK: Oklahoma State University Press.
۲۴. Golany, Gideon S. *Earth-Sheltered Habitat; History, Architecture & Urban Design*. New York : Van Nostrand Reinhold Company, 1983.
۲۵. Goldberg, L. F. 1983. "Underground Space Center: Monitoring Program." *Earth Shelter Living*, no. 29, 33-35.
۲۶. Grondzik, W. T., L. L. Boyer, and J. W. Zang. 1981. "Analysis of Utility Billings for 55 Earth Sheltered Projects." In L. Boyer, ed. *Earth Shelter Performance and Evaluation*. Stillwater, OK: Oklahoma State University Press.
۲۷. Kern, K., Kern, B., Mullan, J., and O. Mullan. 1982. *The Earth Sheltered Owner-Built Home*. North Fork, CA: Owner-Builder Publications
۲۸. Labs, Kenneth B. *The Architectural Use of Underground Space: Issues & Applications*. Washington : Washington University, 2008.
۲۹. Ronkai, Kimmo, Ritola, Jouko and Rauhala, Kari. "Underground Space in Land-Use Planning", *Tunnelling and Underground Space Technology*, Vol. 13, pp. 39- 49, 1998.
۳۰. Santamouris, M. 2005. *PASSIVE COOLING OF BUILDINGS*. London: James and James Science Publishers.
۳۱. Scott, R. G. 1979. *How to Build Your Own Underground Home*. Blue Ridge Summit, PA: Tab Books
۳۲. Van Dronkelaar, C. 2013 *Underground buildings - Potential in terms of energy reduction*. MSc. Thesis, Department of the Built Environment, Eindhoven University of Technology,