

## ابرخشت

### ساختمان سازی به وسیله سیستم ابرخشت توسط نادر خلیلی



ابرخشت که حاصل حدود ۳۰ سال از زندگی حرفه‌ای، کار و تجربیات مرحوم نادر خلیلی، معمار ایرانی ساکن کالیفرنیا است در واقع کیسه‌های درازی است با عرض ۵۰-۴۰ سانتی‌متر و طول مورد نیاز که از خاک پر می‌شوند و مثل برچسب‌های لباس و به کمک دو ردیف سیم‌خاردار در حد فاصل هر کدام از آنها در هم تنیده می‌شوند و آن طور که می‌گویند بنای ساخته شده از آن در مقابل باد و باران و گرما و سرمای شدید، آتش‌سوزی و زلزله و... مقاوم است! روش ساخت ابتدایی است و حتی ساختمان‌سازی را تا مرحله‌ای از یک مقوله تخصصی به مقوله‌ای قابل انجام برای همه تبدیل می‌کند. ابرخشت به یک الگوی خاص محدود نمی‌شود. الگوی اتاق‌های ۴۰ متری و ۲۰۰ متری دارد. شاید ابرخشت برای ساخت مثلاً یک سالن بزرگ با محدودیت مواجه باشد ولی برای هر تعداد اتاقی که بخواهید جوابگو است.



## ساختن خانه ای به روش ابرخشت

پایه و اساس ساختاری سیستم «ابرخشت SuperAdobe»- بر کیسه های شنی با درازای قابل تنظیم قرار گرفته است. که این کیسه‌های بزرگی از خاک تقویت شده با فیبرهای ویژه‌ای که جایگزین کاه قدیمی شده بودند پر می‌شد و با ترکیب آب، رشته‌های طولانی را به وجود می‌آورد. این امر از یک طرف باتوجه به

دسترسی به این نوع مصالح بدون مشکل عمده، موجبات تسهیلات در همه گیر شدن سیستم را فراهم کرده است و از طرف دیگر باتوجه به انعطاف پذیری فرمی، به طرح معماری، قابلیت مانور را در زمینه شکل دهی انحنای زیبا، ساختار یک پارچه را می دهد، این همه به معنای توانایی استفاده از قالب و قاب برای شکل دادن، پیچ و تاب دادن فرم ها و بهره گیری از روند طراحی آلی یا ارگانیک در عین لحاظ شدن ویژگی های لازم به جهت سازه ای است. بناهای گنبدی جدید به جای آن که از بلوک های مجزا ساخته شود با بافتن این رشته های بلند ابر خشت ها شکل می گرفت و در برابر نور خورشید و حرارت محیط خشت ها خشک می شدند. در فرآیند بافت چنین بنایی، این امکان وجود داشت که برخی سازه های اصلی بنا درون آن بافته شود، مثلا سکوه های مختلف یا اتاقک های موجود را می شد در دل این بنا بافت. آزمایش های زلزله نگاری نشان داد این نوع بناها که ظاهر زیبایی هم داشت و قابلیت افزوده شدن بخش های مختلف به آن وجود داشت، توان مقابله ای کم نظیری را برابر لرزه های سنگین دارد.



### مراحل اجرای کار - سیستم ابر خشت

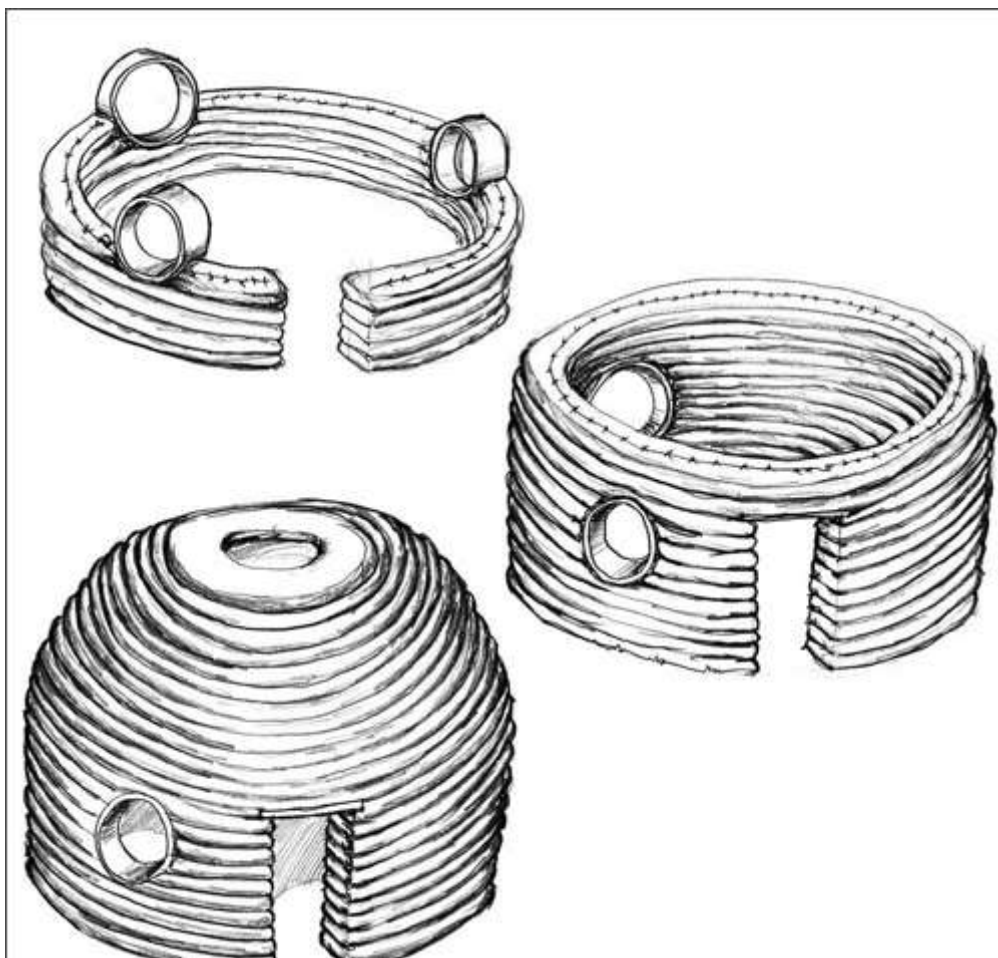
بعد از انتخاب پلان، نوبت به پیاده کردن آن بر روی زمین مورد نظر برای ساخت می رسد، بعد از این مرحله، ردیف اول از ابرخشت روی پلان جاگذاری می شود

کیسه هایی که معمولاً به صورت استاندارد برای این هدف منظور شده اند در حین جاگذاری، با خاک مرطوب پر و کوبیده می شوند و با روش بنایی « زنجیره پیوسته (running bond) » روی هم قرار می گیرند. در این بین، بین هر دو لایه از ابرخشت بعد از کوبش لایه پایینی، برای مهار کردن نیروهای کششی، ۲ ردیف سیم خاردار قرارداده می شود، هدف از این کار ایجاد نوعی سازه خود پشتیبان مقاوم در برابر

نیروهای کششی است. در یک کلام با روشی بسیار ساده ساختن یک خانه از دیوارها و سقف و پی و در کل آنچه «سفت کاری» می نامیم به طور کامل با این روش، قابل اجرا است.

گرچه که بعد از زلزله ی بم نادر خلیلی پیشنهاد ساخت خانه به این روش رو به مسئولان وقت داد، اما مسئولان این روش رو مناسب ندیدند به دلایلهای مختلف و یکی از آنها هم نداشتن پی و سایر ایرادات دیگر میدانستند که فعلاً مجالی برای بیان آنها در این تحقیق کلاسی نیست.

ابریخت، به راستی بسیار ساده است! همه چیز تقریباً در محل تأمین می شود و نیروی متخصص هم لازم نیست؛ مصالح خاک است و کیسه شن و سیم خاردار. کیسه‌هایی که طویل تر از کیسه‌های معمولی هستند با خاک پر می‌شوند، البته سیم‌های خاردار در بین این نوارهای فتیله‌ای کیسه شن، نقش اتصالات را بر عهده دارند و نیروهای کششی و جانبی را خنثی می‌کنند.



نحوه ی جاگذاری پنجره هاویژگیها و کاربرد روش سرپناه گلین با کیسه خاک

الف) امکان استفاده در مناطق جنگ زده یا خسارت دیده زلزله یکی از کاربردهای این روش، ساخت سر پناه برای خسارت دیدگان جنگ و زلزله است. این روش با سرپناه موقت مثل چادر یا حتی کانکس تفاوت داشته و به عنوان روشی دائمی تر از آنها محسوب می شود.

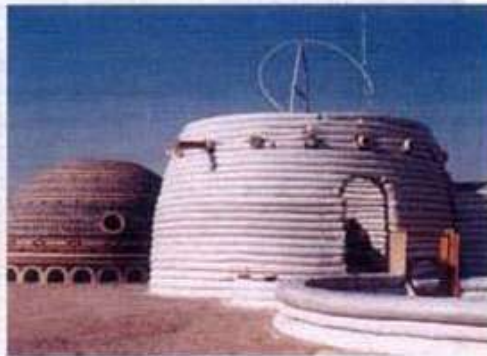
ب) مقاومت در برابر سرما و گرما یکی از ویژگیهای مثبت این طرح، به دلیل استفاده از دیواره های خشتی و شکل خاص بنا ، مقاومت در برابر سرما و گرما و مصرف انرژی پایین است ؛ نکته ای که ضعف همه روشهای دیگر سرپناه های موقت می باشد

ج) تکنولوژی پائین و اجرای سریع استفاده از در دسترس ترین مصالح یعنی خاک و تکنولوژی پائین یک ویژگی مثبت این طرح است ، ویژگی که به خصوص در نقاط دور دست یا در شرایط پس از زلزله یا جنگ که حمل و نقل و تولید مصالح و توزیع برق در مناطق آسیب دیده مختل شده است کاربرد دارد. با این روش می توان با کمک اهالی هر خانه حداکثر در طی یک هفته یک سرپناه مقاوم و مناسب اجرا کرد.



د) مقاومت در برابر زلزله به دلیل شکل خاص این بناها و نحوه انتقال نیرو به صورت فشاری؛ این ساختمان در برابر زلزله مقاوم است. این روش در ایلات متحده به عنوان یک روش ضد زلزله مورد تصویب قرار گرفته شده و آئین نامه ای نیز برای آن تدوین شده است. تقریباً از سال ۱۹۴۸ است که بحث سکونت در خارج جو زمین و خصوصاً ماه و مریخ بخش مهمی از مطالعات و پژوهشهای خلیلی را تشکیل می دهد. در همین سال طرح او برای ساخت مسکن در ماه با سیستم ابرخشت و گلتافتن در ناسا مطرح می شود و از آن زمان او از اعضای تیم تحقیقات طرح سکونت و ساخت و ساز در ماه است. پروفیسور خلیلی در سال ۱۹۹۱ موسسه ی Cal-Earth را در بیابان های هسپریا در کالیفرنیا بنیاد نهاد Cal-Earth. موسسه ی آموزشی و پژوهشی ای است که در آن او و همکارانش تحقیقات و آزمایشهای خود را بر روی نمونه های ابرخستی و گلتافتن ادامه می دهند. شایان ذکر است که در دوره هایی ناسا فضانوردان خود رو در شبیه سازی هایی با نحوه ی استفاده از این خانه ها و آدابته شدن با آنها آموزش می داد.

Hesperia Museum and Nature Center utilizes 91 percent in-situ materials to construct stabilized superadobe/superblock coils, with both pumping and manual systems.



The "Mars One" prototype employed in-situ unstabilized earthen material for construction and testing. Its reptile texture is the result of terrestrial demonstration of a random pattern finish.

Cal-Earth Institute's "Earth One" prototype structure was constructed and tested using unstabilized



superadobe/superblock walls. Cal-Earth prototypes are also used as grounds for space suit maneuvering and documentary research.



Superadobe/superblock coils under construction, demonstrating pumping method.

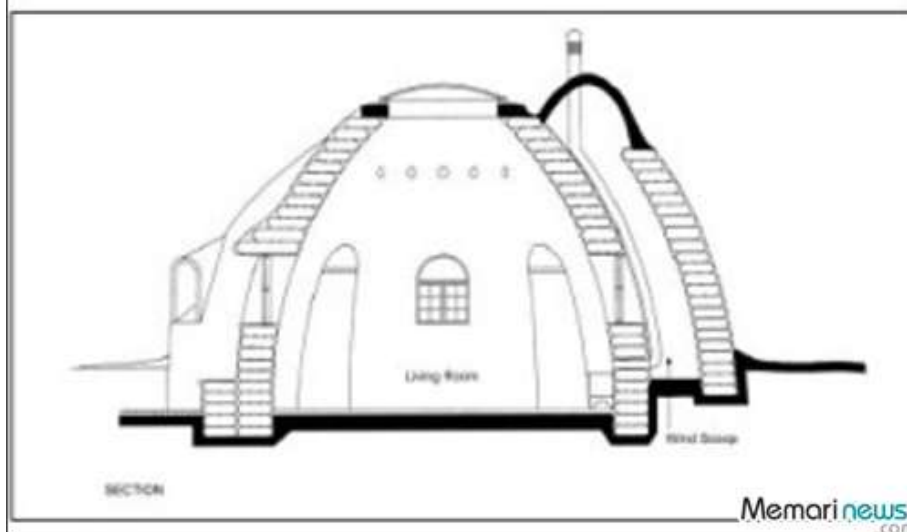
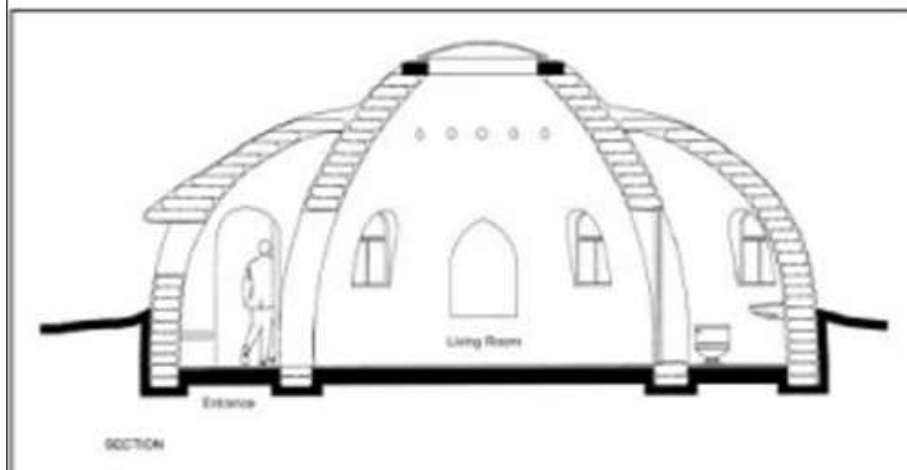
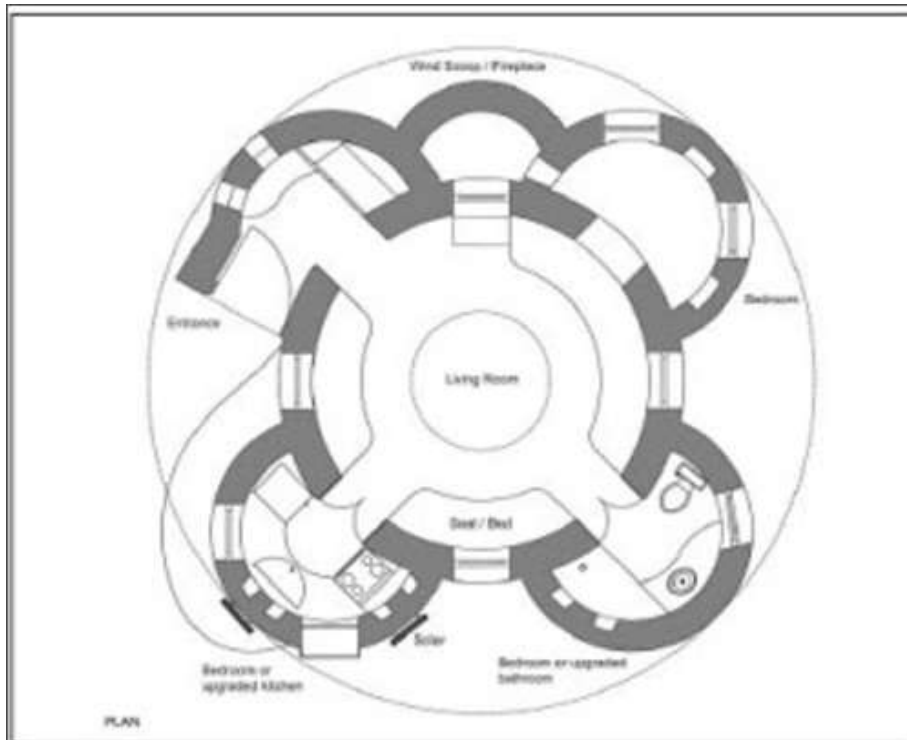


شبیه سازی ناسا برای آدابته کردن فضانوردان با این نوع از خانه ها در حین اجرا هر جا لازم باشد در یا پنجره ای قرار گیرد، قابلیت استفاده از قالب در سیستم ابرخشت به کمک ما می آید و به راحتی با قراردادن قالب های مذکور ( که بعدا برای نصب درگاه ها و پنجره ها برداشته خواهند شد) فضای خالی مورد نظر شکل می گیرد.)

همان طور که گفته شد، ابر خشت یک سیستم سازه ای و معماری ساختمان است که ساختمان های ساخته شده با این روش در واقع یک پناهگاه در مواقع اضطراری و یا یک سرپناه ارزان برای افرادی است که توان ساخت خانه را ندارند.

بنابر این نیاز است که این خانه ها در کوتاه ترین زمان با کمترین امکانات و بیشترین مقاومت در مقابل بلایای طبیعی ساخته شود.. این فناوری به مردمان بسیاری از نقاط دنیا یاری رسانده است. از جمله قربانیان زلزله پاکستان سال ۲۰۰۵، پناهندگان کمپ بانی نجار در استان خوزستان ایران، مردم سیل زده سنگال و

همه این ساختمان ها از خاک است. برای ساخت یک خانه گلی ابتدا باید پلان آن را که شامل یک دایره بزرگ و چهار دایره کوچک میشود را بر روی زمین ترسیم کرد. ابعاد و تناسبات این دواير توسط نادر خلیلی تعیین شده است. به طور تقریبی مساحت هر خانه ۴۰ متر مربع فضای داخلی می باشد.سازه این خانه از کیسه های شن بیابان است. که برای پایداری آن به شکل گنبد اجرا می شود. که در حین اجرا، سازه دیوار به دایره گنبد میرسد. بعد از تکمیل دیوارها و گنبد ها بر روی آن گچ کاری می کنند. هدف از این پناهگاه این است که نشان دهد بعد از وقوع بلایای طبیعی پناهگاهی وجود دارد که در عرض چند ساعت می توان آن را بنا کرد و آشکار است که اگر یک خانواده ای ۴ نفری باشد باید پناهگاه را کمی بزرگتر درست کرد و شاید ساخت این پناهگاه یک روز طول بکشد. در حالیکه ساخت کوچکترین پناهگاه که ۲\*۲ است تنها دو ساعت طول می کشد. این نشان دهنده امکان ایجاد انبوه سازی می باشد. که اساسا بر پایه تکنیک ساختمان سازی با کیسه شنی کار می کند. چیزی که نادر خلیلی بالغ بر ۳۰ سال پیش آغاز کرد. مردم از سرتاسر دنیا می خواهند یاد بگیرند که چگونه با صرف هزینه اندک می توانند صاحب خانه شوند.



یک پلان ساده از یکی از خانه های ساخته شده به وسیله ی ابر خشت

آموزش به این افراد بخش بزرگی از آرمان نادر خلیلی بوده است. ۵۰٪ از آموزش دیدن و درک کردن است. نوع ساختمان سازی با طبیعت هماهنگی دارد. وقتی باری به پایین می آید این امر با فشار نیروی جاذبه است. و وقتی از شکل هندسی یک طاق قوسی استفاده می شود بار را به پایین منتقل می شود. و طاق را تحت فشار قرار می دهد و بار به پایین می آید و به روشی بسیار مؤثر به زمین می رسد. زیرا طاق به طور طبیعی بار را به زمین می رساند. همه این ساختمان ها ساخته افرادی هستند که هیچ تخصصی ندارند. و فقط می خواهند برای خود یک خانه بسازند. این روش بسیار ساده و کم هزینه میباشد. که آقای ایان لادج روش ساخت خانه ها را این چنین بیان میکند:

ما در کال ارث دو کار انجام می دهیم. یکی با خاک خانه می سازیم و دومی از شکل هندسی گنبد استفاده می کنیم. زیرا در غیر این صورت محکم نمی شود. ما نمی خواهیم اینها را طوری بسازیم که در مقابل نیروی جاذبه مقاوم باشند بلکه می خواهیم هماهنگ با این نیرو به پیش برویم. از این رو مواد مصرفی ما فقط خاک است. لزومی به استفاده از آهن یا مواد صنعتی دیگر یا چوب نیست. ما از ماده ای استفاده می کنیم که در محل موجود است. اگر در آفریقا یا سنگال پروژه ای داشته باشیم به جز چمدان های خود چیزی به آنجا نمی بریم و با مواد موجود در محل خانه می سازیم. این روش ساختمان سازی کم هزینه و یادگیری آن آسان است. بیشترین هزینه این کار مربوط به کار مورد نیاز است. زیرا مواد در زمین هستند. و معمولاً هزینه ای ندارد. اگر روش این کار را بدانید می توانید با اعضای خانواده این را بسازید. اگر یکی از اعضای خانواده بیاید و این کار را بیاموزد و بعد به کشور یا محل زندگی خود بازگردد، بقیه مردم و خانواده هایشان را میتواند با این روش آشنا کند، آنها نیز می توانند بطور رایگان خانه بسازند و مثلاً برای خویشان خود خانه بسازند. و به همین شکل ادامه می یابد. اینها راه حل هایی خلاق برای جهانی در حال تغییر است. برای ایجاد حفاظت بیشتر در مقابل عناصر و افزایش زیبایی بنا ساختمان را گچ کاری می کنند. این یک گچ خاک است که ۹۰٪ آن خاک معمولی است. ۱۰٪ بقیه سیمان است. و سیمان موجب می شود در هنگام بارندگی دچار فرسایش نشود و انسجام آن حفظ شود و اکثر خانه های پناهگاه اضطراری کالیفرنیا ۱۵ سال از عمر آنها می گذرد؛ یعنی از زمانیکه مدرسه در آنجا دایر است. این نوع گچ خاک با دوام است. در کال ارث روش های مختلف مورد بررسی قرار می گیرد و تا حد امکان کمتر از مواد صنعتی استفاده می کنند.

ساختمان های ابرخشت موسسه کال ارث با کد های دقیق مقابله با زلزله بخش سان برناردینو در ایالت کالیفرنیا آمریکا هم خوانی دارد. بخش امور ساختمانی در مورد این که ساختمان های کال ارث با این کد ها مطابق باشد، بسیار سخت گیر بود. زیرا در آنجا گسل سند آندریاس وجود دارد. و نادر خلیلی به این دلیل به آن منطقه رفت که می خواست در شرایط اقلیمی بسیار بدی باشد که در زمستان سرمای یخبندان و در تابستان گرمای سوزان داشته باشد. و به منطقه زلزله خیز نزدیک باشد، تا اگر در استحکام مشکلی پیش آمد آن مشکل را برای ساختمان های دیگر در جنوب کالیفرنیا، که قوانین ساختمان سازی سخت تری دارد برطرف کند.



نادر خلیلی در حال کمک به ساختن یک خانه به وسیله ی ابر خشت

ایان لادج در این باره می گوید:

ما واقعا پیشرفت کردیم تا همه بتوانند به آنجا بروند. و از بخش ساختمان سازی محل خود درخواست کنند و بگویند: ما می خواهیم برای خود خانه بسازیم و مشکلاتی از قبیل عدم نظارت بخش مربوطه به این کار، برای آنها پیش نیاید. ما از نظر مهندسی مشکلی نداریم و می توانیم کار را به سطح دیگری ارتقاء دهیم.

## خانه گلی

یکی از خانه های این روستا خانه گلی با مساحت ۳۷ متر مربع است. نادر خلیلی درباره آن می گوید: به دلیل اینکه این خانه از مشتی گل ساخته شده است به آن خانه گلی می گویند. این خانه یکی از نمونه های ساخته شده با سیستم سازه ای سوپر آدوب می باشد؛ که در ادامه اجزای آن بررسی می شود. اجزای یک خانه سوپر آدوب دیوارهای این خانه شامل دیوارهای ابرخشت (دیوار های قطور) می باشد. وقتی شما از بیرون به داخل خانه بیاید متوجه می شوید که خانه چقدر سرد است. دیوار های این خانه همچون عایق عمل می کنند اینها اساسا انسان را در مقابل هوای بیرون ایزوله می کنند. تمامی این ساختار ها از درون بسیار راحت هستند و هزینه ساخت آنها نیز بسیار کم است. در این ساختمان ها از دستگاه تهویه استفاده نمیشود زیرا در اینجا سیستم های فعال وجود ندارد. اتاق خواب ها فضای کوچکی هستند که به فضای اصلی افزوده و با دیوار های خاکی ساخته شده اند. در مورد حمام این خانه مقداری کاشی به آنها اضافه شده و از آن استفاده کرده اند. خدمات معمولی مانند لوله کشی برق و آب هم وجود دارد. به راحتی می توان خدمات خانه های دیگر را در این خانه ها نیز بکار برد. زندگی درون این خانه ها به فرد آرامش می بخشد. این خانه ها را می توان به طور کامل در عرض ۶ هفته ساخت.

## بادگیر و سیستم تهویه طبیعی

این خانه ها شامل یک دودکش بلند هستند که بادگیر نام دارد. و در تابستان از باد شدید جلوگیری می کند. چون آنجا منطقه بیابانی است و دمای هوا به ۴۱ تا ۴۳ درجه سانتی گراد می رسد. این بادگیر باد را از بالا به درون ساختمان می آورد؛ و به نوعی موجب تهویه می شود. این روش منفعل است. این یکی از چیز هایی است که در استراتژی طراحی منفعل بکار می رود. منفعل یعنی سیستم برقی فعال در ساختمان بکار نرفته است. انتقال هوا میان دیوار های قطور و این بادگیر موجب می شود ساختمان حس خوب و راحتی به فرد بدهد. در زمستان در خانه های معمولی شما برای ایجاد گرما هوا را گرم می کنید اما به محض اینکه آن هوا بیرون رود گرما ندارید. چیزی که در این خانه ها روی می دهد این است که گرما جذب دیوارها می شود و دیوار ها به نوعی مثل باتری و ذخیره کننده توان عمل می کند. بجای گرم کردن هوا شما دیوار ها را گرم

می کنید و گرمایی که استفاده کرده اید حفظ می شود. اما شما به یک منبع گرمایی نیاز دارید. و باید به طریقی نور خورشید به داخل خانه بیاید و این کار به بهره مستقیم معروف است. خورشید به طور مستقیم کف خانه را گرم می کند و بعد این گرما درون خانه بازتاب می شود. اما ممکن است شما نخواهید در تابستان کف خانه شما گرم شود. در تابستان خورشید در آسمان اوج می گیرد و مستقیماً نور می تاباند و نور آن از طریق پنجره وارد ساختمان نمی شود زیرا شما یک بازتاب دهنده کوچک نوری روی پنجره گذاشته اید. و در زمستان که خورشید در ارتفاع پایین تری قرار دارد نور مستقیم از پنجره به درون می تابد و فضا را گرم می کند.

## پنجره

جای پنجره ها به این شکل در ساختمان تعبیه می شود که مقداری کیسه شنی در جایی که می خواهیم پنجره باشد قرار می دهیم و این کیسه ها را به شکل دریچه یا پنجره قالب بندی می کنیم و بعد کیسه شنی را پاره می کنیم و مواد بیرون می ریزد و به این شکل پنجره درست می شود. و یا قالب هایی را جای پنجره قرار داده بعد از ساخت در می آورند و پنجره را جاگذاری می کنند. لذا این راهی عالی برای ایجاد یک پنجره با استفاده از موادی نظیر کیسه شنی و خاک است.

## سکو

سکوهای ساخته شده در داخل خانه و ورودی نیز از همین مصالح ساخته شده است. یعنی با استفاده مقدار معینی سیمان که البته در مورد اینها ۱۵٪ سیمان و بقیه شنی بیابان است.

## نمای خانه

نوعی نما سازی در این خانه ها وجود دارد که به آنها کاشی رپ گفته می شود. در تابستان این بخش از دیوار در مقابل نور خورشید و بخش دیگر در سایه قرار می گیرد تا ساختمان زیاد گرم نشود. و در هنگام باران سنگین، باران را پراکنده می سازد و به صورت تدریجی و قابل کنترل به پایین می راند؛ و به همین

خاطر آنها انباشته و سیل آسا به پایین نمی آیند.

بعضی خانه ها نیز به شکل گنبد نیستند. نوعی خانه که سه تاغی نامیده می شود اولین خانه ای در این

پناهگاه است که به شکل دایره نیست. کف این خانه دارای خطوط مستقیم و در هیچ یک از دیوار ها از

سیمان استفاده نشده و فقط خاک بیابان است که به شکل آجر و گچ در آمده است. هدف از ساخت این

خانه نمایش یک ساختمان زیست سازگار با تسهیلات و تجملات مدرن به مردم و مهندسان است تا شاید

بتواند شکاف بین خانه های زیست سازگار و زندگی واقعی را از بین ببرد.

نادر خلیلی می گوید: تاکنون بسیاری از افراد یاد گرفته اند که چطور این خانه ها را بسازند و بسیاری دیگر

تبدیل خاک را شاهد بودند.



یک خانه ی ساخته شده به وسیله ی ابر خشت

## ویژگی های محیط زیست و سازه ای این خانه ها

-فراهم نمودن عملکرد های موردنیاز مردم مانند: اتاق نشیمن، سالن ورودی، آشپزخانه، حمام، اتاق خواب/

اتاق نشیمن، سالن ورودی، سه اتاق خواب/ اتاق نشیمن، سالن ورودی، دو اتاق خواب و حمام

-امکان اتصال دو خانه به هم و تشکیل یک خانه بزرگتر

-امکان ساخت با یک تیم ۳-۵ نفره

-استفاده از تهویه طبیعی و هماهنگی با باد و خورشید

-هماهنگ با استاندارد مبلمان کشور

-ایجاد حس فضای داخلی مطلوب از طریق فضای بین دو تاغ

-طراحی ساده بر اساس تکرار واحد تاغ

-امکان گسترش فضا با اضافه شدن گنبد در آینده

-تنوع در ابعاد و شکل پنجره ها و یا عناصری مانند سوله

-تکرار تاغ و حس زیبایی بنا

-بادگیر

-وجود گنبد و ایجاد مناطق سایه و تهویه در تابستان و زمستان

-بازی نور و سایه

-استفاده از فریم های متداول و اتصالات و یکپارچه بودن بنا



## -مقاومت بالا در مقابل عوامل جوی و آتش سوزی

در مصاحبه روزنامه همشهری با نادر خلیلی از مقاومت خانه هایش در برابر آتش سوزی اینگونه سخن می گوید: مقاومت ابر خشت در برابر آتش مقاومتی ذاتی است. درلس آنجلس نزدیک ما حدود ۳۰۰۰ خانه آتش گرفت و آتش تا نزدیکی های کارگاه ما هم آمد و ما خدا خدا کردیم که آتش به کارگاه ها هم نفوذ کند و شانس با ما نبود که ما عملاً نشان بدهیم این سیستم تا چه حد در برابر آتش مقاوم است.

به راستی که ساخت و ساز به وسیله سیستم ابر خشت بسیار ارزان و راحت می باشد و در آخر جمله ای برازنده تر از نمی توان یافت آنان که به نظر خاک را کیمیا کنند. با تشکر از وقتی که صرف خواندن این مطلب کردید.

Espacio recreativo, Escuela primaria (Melbourne, AU)



Muro de Retención, Tagari Farm (Tasmania, AU)



Horno refractario, Tagari Farm (Tasmania, AU)



Banca jardinera (Acapulco, MX)



Sistema acuapónico, La Loma (Limares, MX)



Vivienda, Hesperia (California, EEUU)



Jardines, Hesperia (California, EEUU)



Vivienda, Villa las Rosas (Córdoba, ARG)

