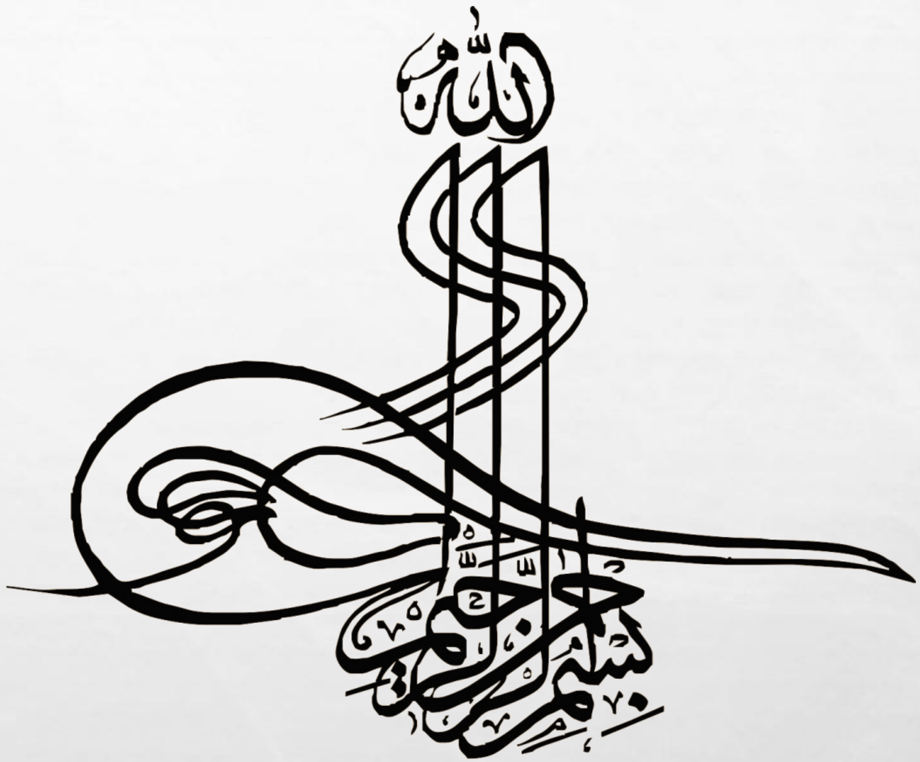

بسم الله الرحمن الرحيم

کاربرد پودر سرباره در صنعت سیمان و بتن در چشم انداز توسعه پایدار

محمد منعمی ، مسئول کنترل کیفیت

شرکت سیمان کویر کاشان

Application of slag powder in the cement and concrete industry in the perspective of sustainable development

- تاریخ علم بتن
  - روم باستان
  - ایران باستان
  - بناهای سنتی ایران
- صنعت سیمان و بتن در چشم انداز توسعه پایدار
- پودر سرباره
- کاربرد بتن های حاوی سرباره

➢ تاریخ علم بتن

❖ مصری ها از گچ کلسینه شده به عنوان یک سیمان استفاده می کردند.

❖ یونانی ها و رومی ها از آهک پخته شده استفاده می کردند و ماسه را برای ساخت ملات و سنگهای درشت تر را برای بتن استفاده می کردند.

❖ رومی ها سیمان را با افزودن خاکستر آتشفشانی به آهک ساختند که در تماس آب سخت می شد و بعدها بعنوان یک سیمان "پوزولانی" نامگذاری شد که به نام روستای پوزوولی در نزدیکی ووزویو نامگذاری شد. در مکان هایی که خاکستر آتشفشانی کمیاب بود، مانند بریتانیا، آجر یا کاشی خرد شده به جای آن استفاده می شد.

❖ ایرانی ها از ساروج (ملات آهک و خاکستر) و خشت و آجر در نیایشگاه باستانی زیگورات چغازنبیل (۳۲۵۰ سال پیش از میلاد در تمدن عیلامی ها) و سازه های آبی شوشتر (هخامنشیان تا ساسانیان) از سنگ خارا و ملات آهک و ساروج استفاده کردند.

- روم باستان

✓مشارکت رومیان در فناوری سیمان

مارکوس ویترویوس پولیو، معمار و مهندس رومی در قرن اول پیش از میلاد، "ده کتاب معماری" خود را با یک بینش تاریخی آشکاری از فناوری باستان در مورد کف های بتنی نوشت: "ابتدا با کفپوش بتنی که مهمترین پوشش پرداخت شده است شروع می کنم، روی آن، هسته‌ای متشکل از کاشی کوبیده شده با آهک به نسبت سه به یک.

همچنین نوعی پودر (پوزولان) وجود دارد که کاربرد طبیعی آن نتایج شگفت‌انگیزی به بار می‌آورد. این ماده هنگامی که با آهک و قلوه سنگ مخلوط می‌شود، نه تنها به ساختمان‌ها استحکام می‌بخشد، بلکه حتی زمانی که اسکله‌هایی از آن در دریا ساخته می‌شود، در تماس با آب دریا سخت می شوند.

▪ بتن رومی Roman Concrete

بتن رومی مانند هر بتن دیگری از یک سنگدانه شامل قطعات سنگ، کاشی سرامیک، آهک و قلوه سنگ از بقایای ساختمان های قبلی تخریب شده و ملات هیدرولیک بود که در تماس با آب سخت می شد. در روم، توف اغلب به عنوان سنگدانه و از گچ و آهک زنده به عنوان چسباننده و خاکسترآتشفشانی به نام پوزولان استفاده می شد. پوزولان ها بتن را نسبت به بتن امروزی در برابر آب نمک مقاوم تر می کند. ملات پوزولانی دارای محتوای بالایی از آلومینا و سیلیس بود. تحقیقات اخیر (۲۰۲۳) نشان داد که کلاست های آهکی، که قبلاً نشانه‌ای از تکنیک ضعیف تجمع در نظر گرفته می‌شدند، با نفوذ آب به هر شکافی واکنش نشان می‌دهند. این واکنش کلسیم فعالی تولید می‌کند که به کریستال های کربنات کلسیم جدید اجازه تشکیل می دهد تا درزه ها را ببندند. بنابراین به طور بالقوه نقش مهمی در مکانیسم خود ترمیمی ایفا می‌کنند.

استحکام و طول عمر بتن دریایی رومی از واکنش آب دریا با مخلوطی از خاکستر آتشفشانی و آهک زنده برای ایجاد کریستالی کمیاب به نام توبرموریت بهره می‌برد که ممکن است در برابر شکستگی مقاومت کند. هنگامی که آب دریا درون شکاف های ریز بتن رومی نفوذ کرد، با فیلیپسیت (نوعی زئولیت) که به طور طبیعی در سنگ های آتشفشانی یافت می شود واکنش نشان داد و کریستال های آلومینی توبرموریت را ایجاد کرد.در نتیجه بتن رومی نامزد دریافت "بادوام ترین مصالح ساختمانی در تاریخ بشر" است. در مقابل، بتن مدرنی که در معرض آب شور قرار می گیرد در طی چند دهه خراب می شود.

برای محیطی مستعد زلزله مانند شبه جزیره ایتالیا، درزه و ساختارهای داخلی درون دیوارها و گنبدها باعث ایجاد ناپیوستگی در توده بتن شده است. بخش‌هایی از ساختمان می‌توانند زمانی که زمین برای تحمل چنین تنش‌هایی حرکت می‌کند کمی جابه‌جا شوند و استحکام کلی سازه را افزایش دهند. از این نظر بود که آجر و بتن انعطاف پذیر بودند. ممکن است دقیقاً به همین دلیل باشد که اگرچه بسیاری از ساختمان‌ها به دلایل مختلف دچار ترک‌خوردگی جدی شده‌اند، اما تا به امروز همچنان پابرجا هستند. فناوری دیگری که برای بهبود مقاومت و پایداری بتن استفاده می شود، درجه بندی آن در گنبدها بود. یک نمونه پانتئون است که در آن سنگدانه های ناحیه گنبد بالایی از لایه های متناوب توف سبک و پوکه تشکیل شده است که به بتن چگالی ۱۳۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب می دهد. فونداسیون سازه از سنگ تراورتن به عنوان سنگدانه استفاده می کند که چگالی بسیار بالاتری معادل ۲۲۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب) دارد.

دیوارهای ساحلی روم باستان که تقریباً ۲۰۰۰ سال پیش ساخته شده‌اند، به دلیل یک واکنش شیمیایی نادر که ظاهراً بتن را در طول زمان تقویت کرده است، توانسته در برابر عناصر مقاومت کند. به گفته محققان، مخلوط‌های سیمان مدرن، به‌ویژه در حضور آب دریا، تمایل به فرسایش دارند، اما فرمول رومی شامل خاکستر آتشفشانی، آهک، آب دریا و کانی به نام توبرموریت آلومینیوم در واقع بتن را تقویت می‌کند و از گسترش ترک‌ها جلوگیری می‌کند. این واکنش به دلیل برخورد مداوم آب دریا به ساختارها برای صدها سال ایجاد شد و به ترکیب کانی های اکسید سیلیس و آهک اجازه داد تا بین سنگدانه های شامل سنگ‌های آتشفشانی و ملات رشد کند تا مقاومت ایجاد کند.

«بر خلاف اصول بتن مبتنی بر سیمان مدرن، رومی ها بتن سنگ مانندی ایجاد کردند که در تبادل شیمیایی باز با آب دریا رشد می کند. این مفهوم روزی می تواند به عنوان جایگزینی سازگار با محیط زیست برای ترکیب سیمان مدرن که مقدار قابل توجهی دی اکسید کربن را در جو منتشر می کند، استفاده شود. دانشمندان در حال ایجاد دستور العمل جایگزینی است که پیشنهاد کرده است به جای فولاد برای یک تالاب جزر و مدی در بریتانیا استفاده شود. بتن رومی یا نوعی از آن انتخاب بسیار خوبی است . این پروژه به ۱۲۰ سال عمر مفید برای استهلاک سرمایه‌گذاری نیاز دارد. مخلوط سیمان معمولی به خوبی بتن سبک رومی در مقابل عناصر مقاومت نمی کند. آنها مطمئناً در حداقل نیمی از عمر مفید فرسوده خواهند شد.

Ancient Roman Concrete

استخر حمام رومی Temple of Mercury

بندر سزاریا (تکتولوژی بتن رومی در تماس با آب دریا) Caesarea

Tomb of Caecilia Metella مقبره سیسیلیا متلا

بعد از رومیان، در اروپا مهارت های ساختمانی به ویژه در مورد سیمان از دست رفت. ملات ها عمدتاً توسط کربناته شدن آهک سخت می شوند که فرآیندی کند است. استفاده از پوزولان در اواخر قرون وسطی دوباره کشف شد. کلیساهای بزرگ قرون وسطی، مانند دورهام، لینکلن و روچستر در انگلستان و شارتر و ریمز در فرانسه، به وضوح توسط سنگ تراشان بسیار ماهر ساخته شده اند. با وجود این، احتمالاً منصفانه خواهد بود که بگوییم آنها فناوری مهارت بکار بردن خواص مواد سیمانی را به روشی که رومیان هزار سال قبل انجام داده بودند، را نداشتند.

در رنسانس و عصر روشنگری اسمیتون، با ساختن فانوس دریایی ادیستون (۱۷۵۹) در سواحل کورنوال در جنوب غربی انگلستان، دریافت که مخلوطی از آهک، خاک رس و سرباره خرد شده حاصل از کوره های ساخت آهن، ملاتی را تولید می کند که در در تماس با آب سخت می شود. جوزف آسپدین در سال ۱۸۲٤ حق ثبت اختراع "سیمان پرتلند" را به دست آورد، ماده ای که او باحرارت دادن خاک رس و سنگ آهک آسیاب شده بسیار ریز تا زمان کلسینه شدن سنگ آهک تولید کرد. او آن را سیمان پرتلند نامید زیرا بتن ساخته شده از آن، شبیه سنگ پرتلند بود، سنگ ساختمانی پر کاربرد در انگلستان.

در حالی که تاریخ معمولا آسپدین را مخترع سیمان پرتلند می‌داند، سیمان آسپدین در دمای آنقدر بالا تولید نمی‌شد که پیشرو واقعی سیمان پرتلند مدرن باشد. با این وجود، او یک نوآوری بزرگ بود و پیشرفت های بعدی را می توان صرفاً به عنوان یک توسعه در نظر گرفت. یک کشتی حامل بشکه های سیمان آسپدین در سواحل جزیره شپی در کنت، انگلستان غرق شد و بشکه های سیمان سخت شده منهای تخته های چوبی، بعداً در یک میخانه در شیرنس گنجانده شد و اکنون هم آنجا هستند. کسانی که مایلند می توانند یک پیمانه بنوشند و تاریخ سیمان را بیندیشند! چند سال بعد، در سال ۱۸٤۵، آیزاک جانسون اولین سیمان پرتلند مدرن را با پخت مخلوطی از آهک و خاک رس در دمای بسیار بالاتر، مشابه آنچه امروزه استفاده می شود، ساخت. در این دماها (۱۵۰۰-۱٤۰۰ درجه سانتیگراد)، کلینکرزایی و کانی زایی اتفاق می افتد که بسیار واکنش پذیر و سیمان های قوی ای هستند.

- **ایران باستان**
  - ✓ **تاریخ علم بتن در ایران باستان**

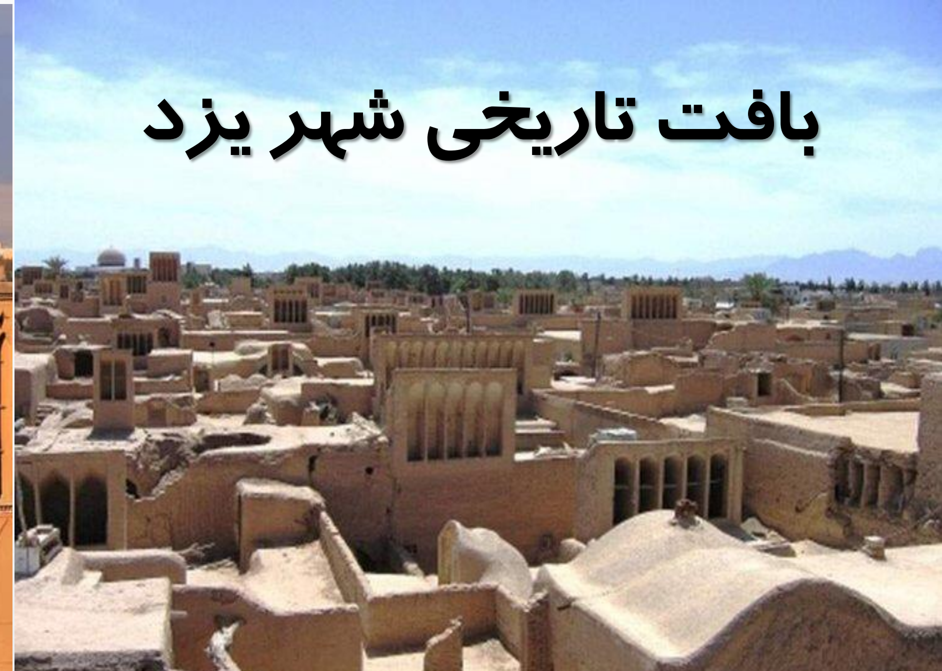
حدود ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ سال پیش حجم زیادی از بتن در ایران و مصر مصرف شد . اولین بتنی که در ایران به وجود آمد ساروج بود که سازه های مثل سازه های آبی شوشتر و چغازنبیل از آن ساخته شده اند. آهک شکفته، خاک رس، ماسه بادی، خاکستر حاصل از کودهای حیوانی یا گیاهی، الیاف گیاهی،موی حیوانات، آب و در برخی از موارد نادر، سفیده تخم مرغ و شیر از مواد اولیه ساروج به شمار می‌روند. خاک رس برای قوام ، ماسه بادی نقش پرکنندگی و لوئی نوعی الیاف گیاهی (یا مو و پشم بز) برای جلوگیری از ترک‌خوردگی و استحکام بتن است. این ملات، یک ملات کندگیر است.

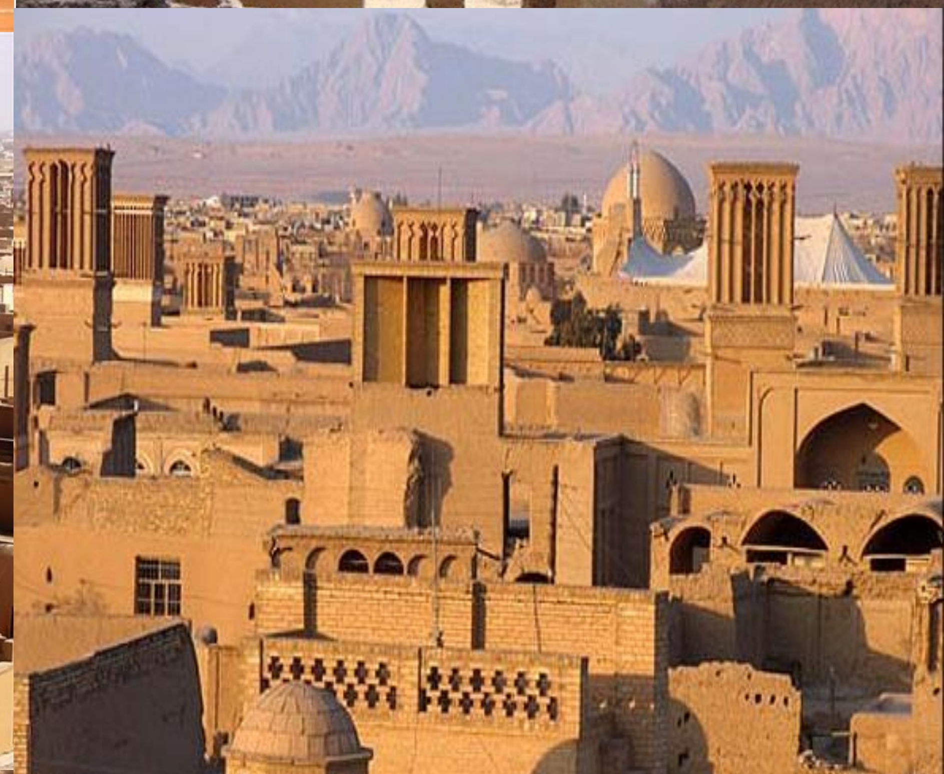

سازه های آبی شوشتر
ARCHIVED ON
KARNAVAL.IR

زیگورات چغازنبیل

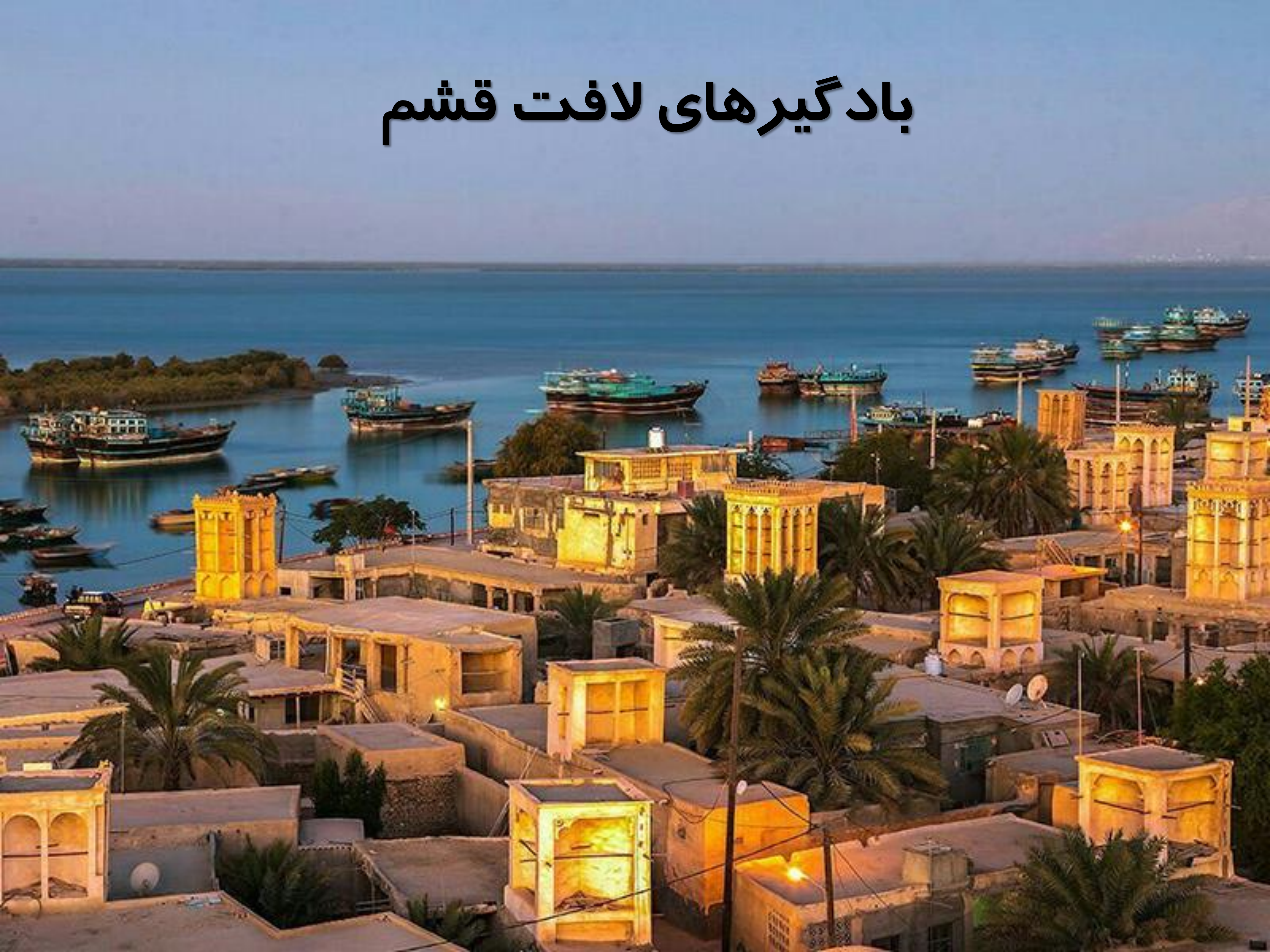
- بناهای سنتی ایران
  - ✓ راهکارهای سنتی پایدار در معماری نواحی کویری ایران برای حل مشکلات انرژی

بافت تاریخی شهر یزد





بادگیرهای لافت قشم



خانه تاریخی لاری ها شهر یزد

خانه تاریخی شهر یزد

خانه تاریخی طباطبایی ها شهر کاشان

بادگیر حفره ای خانه تاریخی بروجردی ها شهر کاشان

بادگیری دو طبقه و هشت طرفه باغ امیر قاین (گلشن) طبس

بادگیری دو طبقه و چهار طرفه خانه آقا زاده در ابر کوه

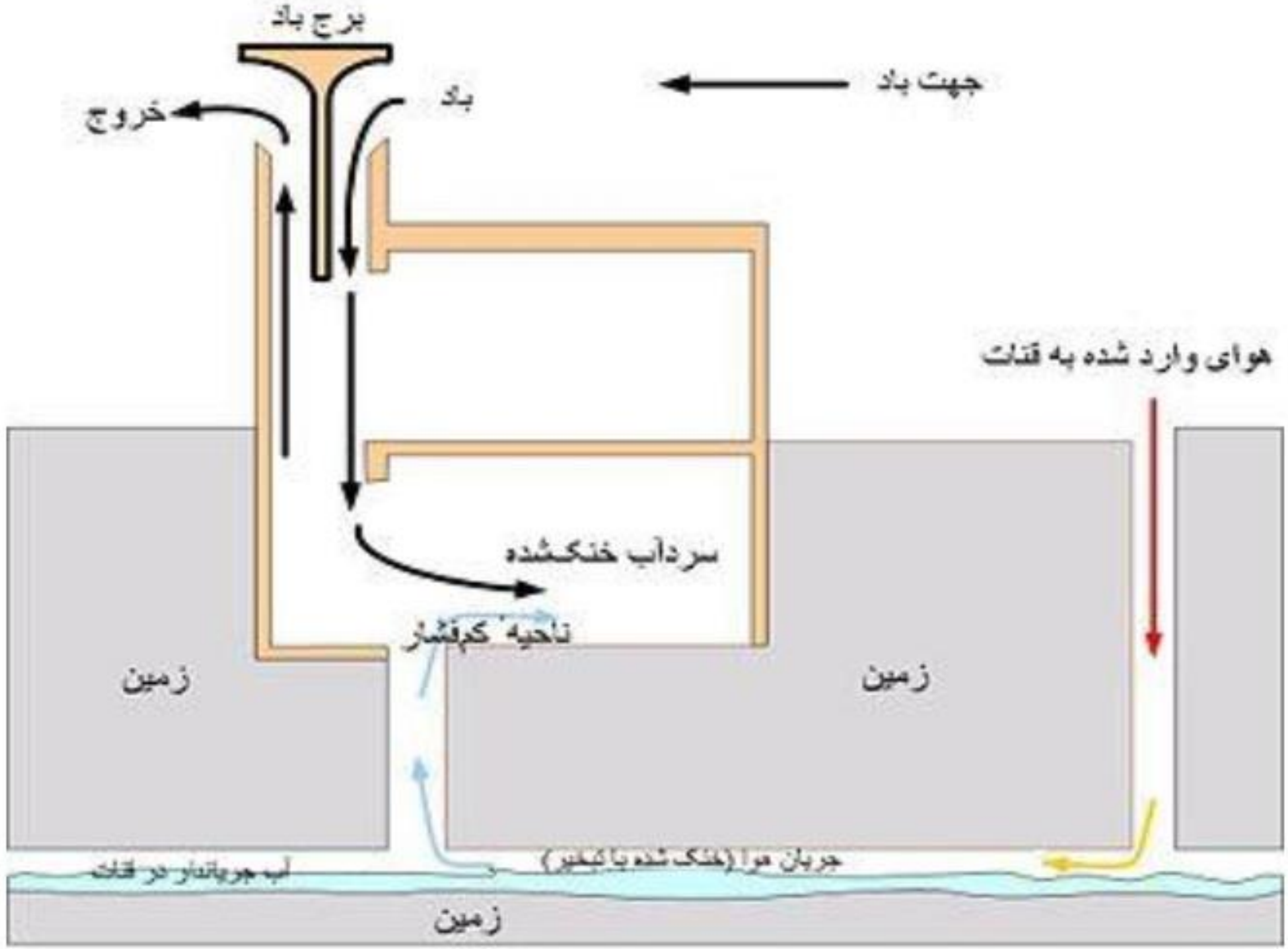
بادگیری چپقی سیرجان

بادگیری سه طبقه و چهار طرفه باغ صدری (نمیر) تفت

بادگیر هشت طرفه باغ دولت آباد شهر یزد

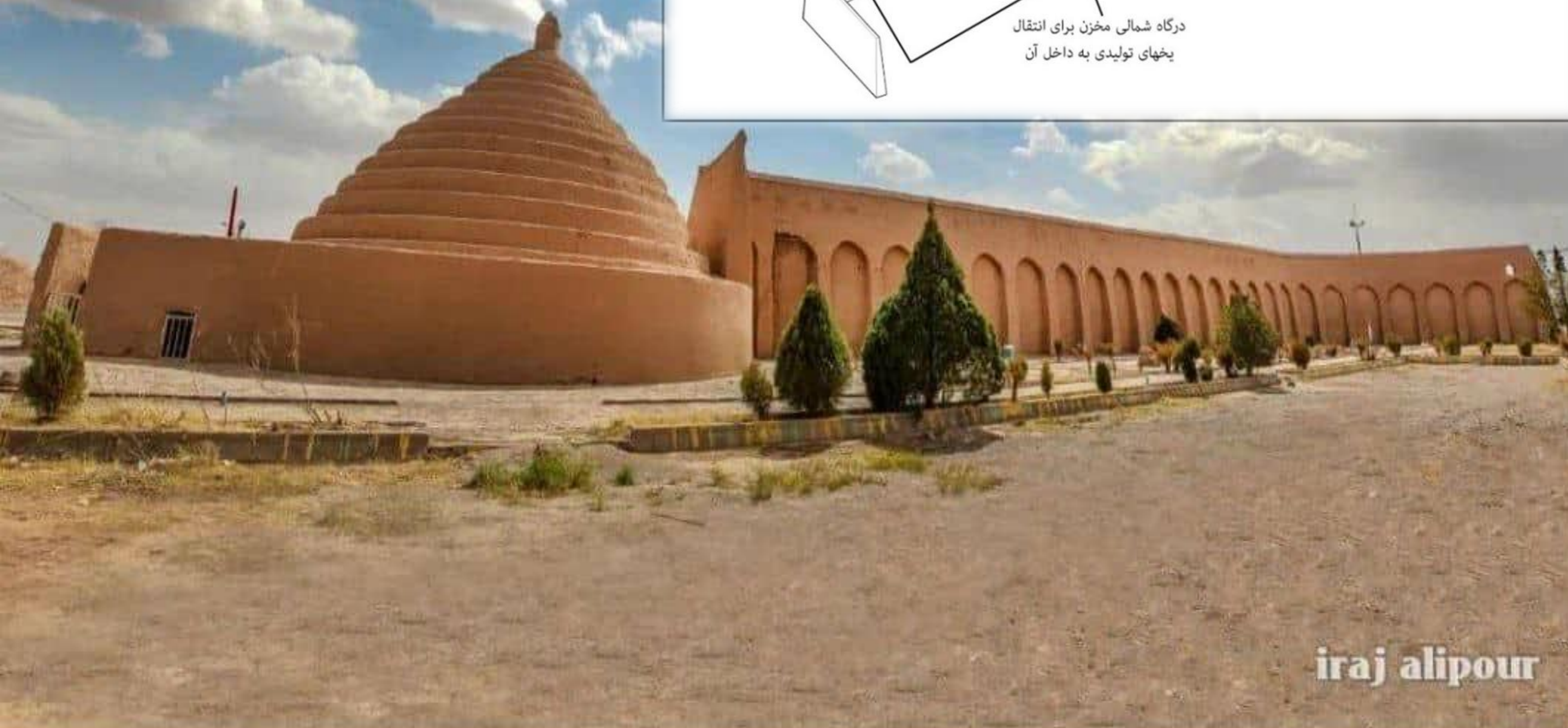
خانه تاریخی بروجردی ها شهر کاشان

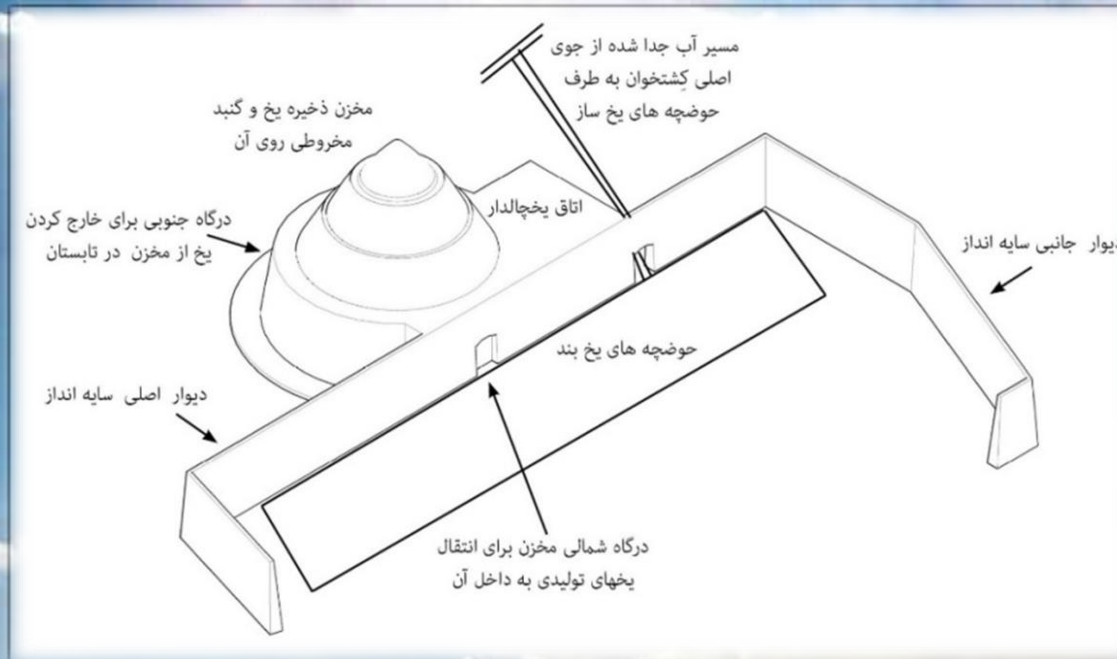
خانه تاریخی عباسیان شهر کاشان



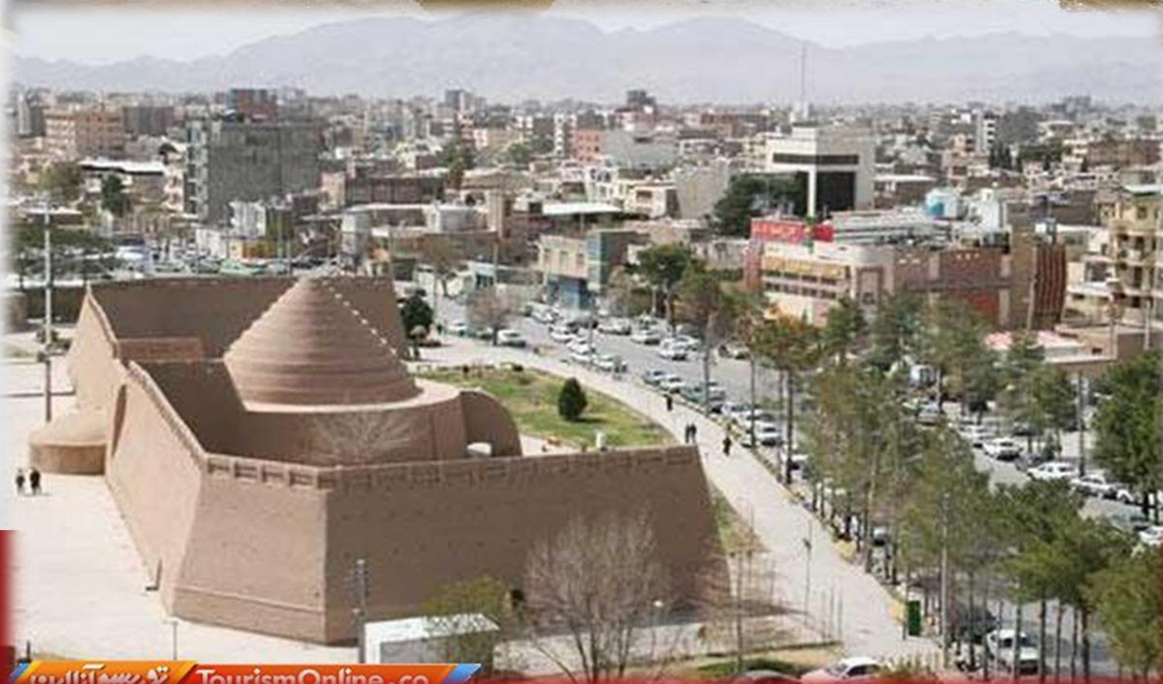
طرح شماتیکی از نحوه عملکرد بادگیرها

یخدان (یخچال) عباس آباد حاجی رفسنجان

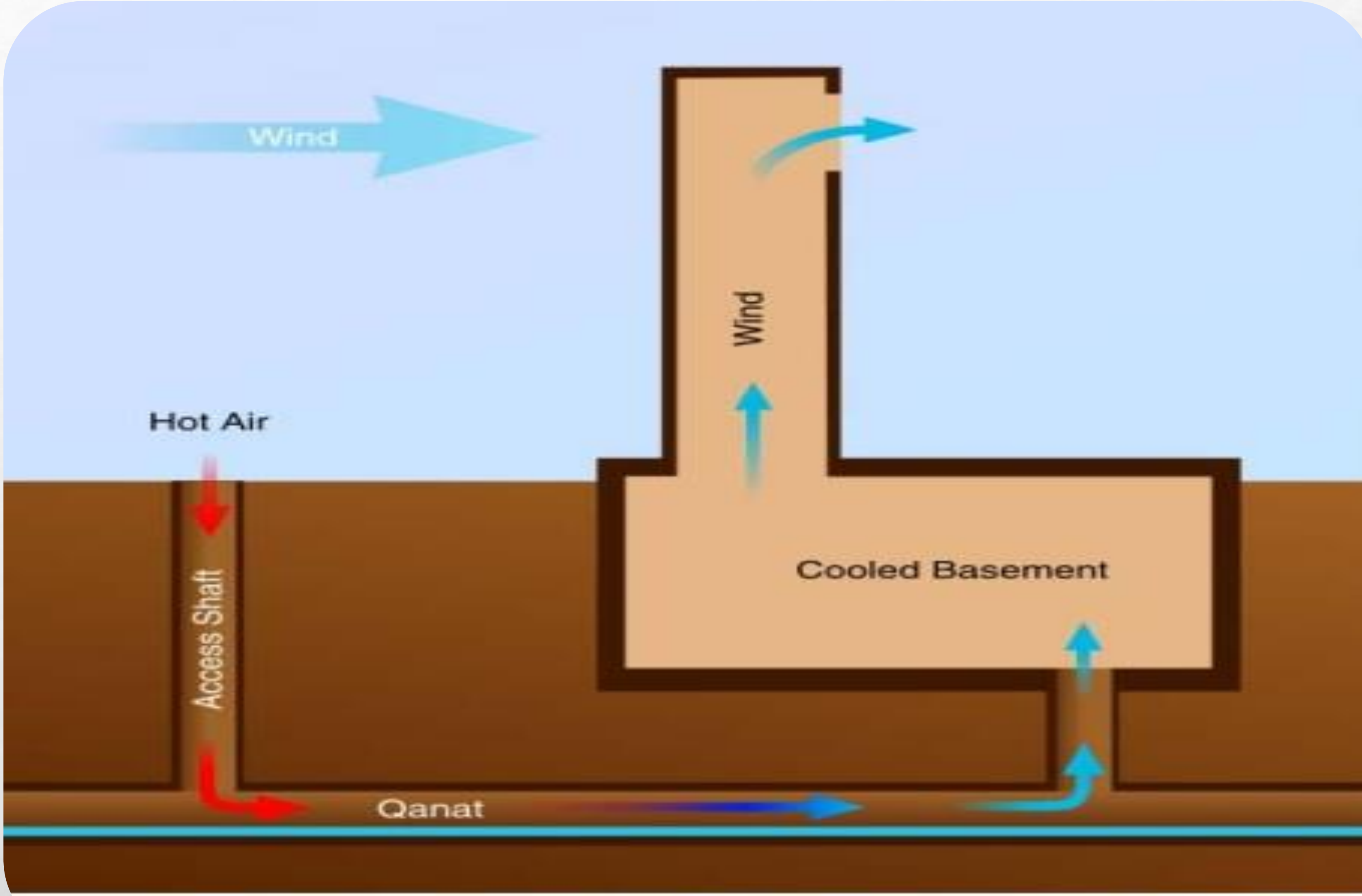




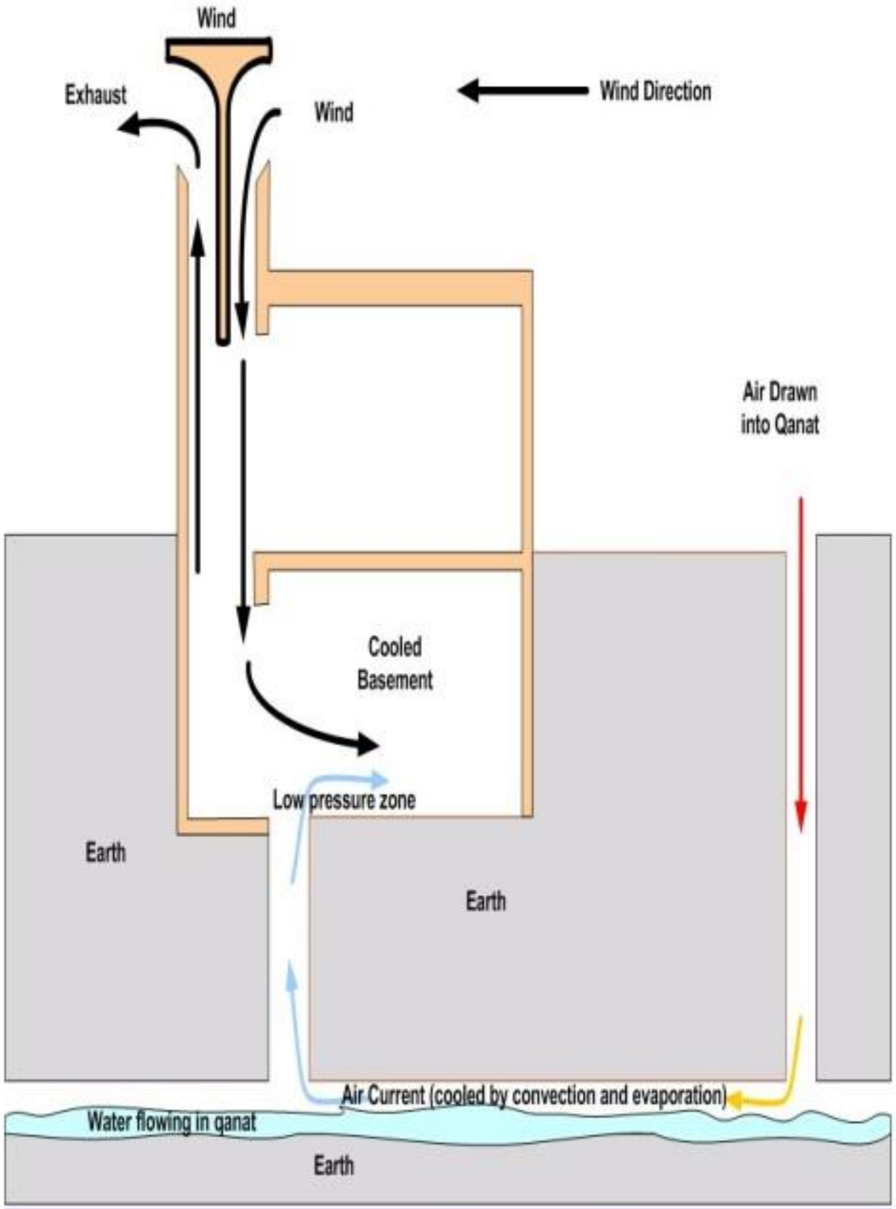
یخدان (یخچال) مؤیدی شهر کرمان



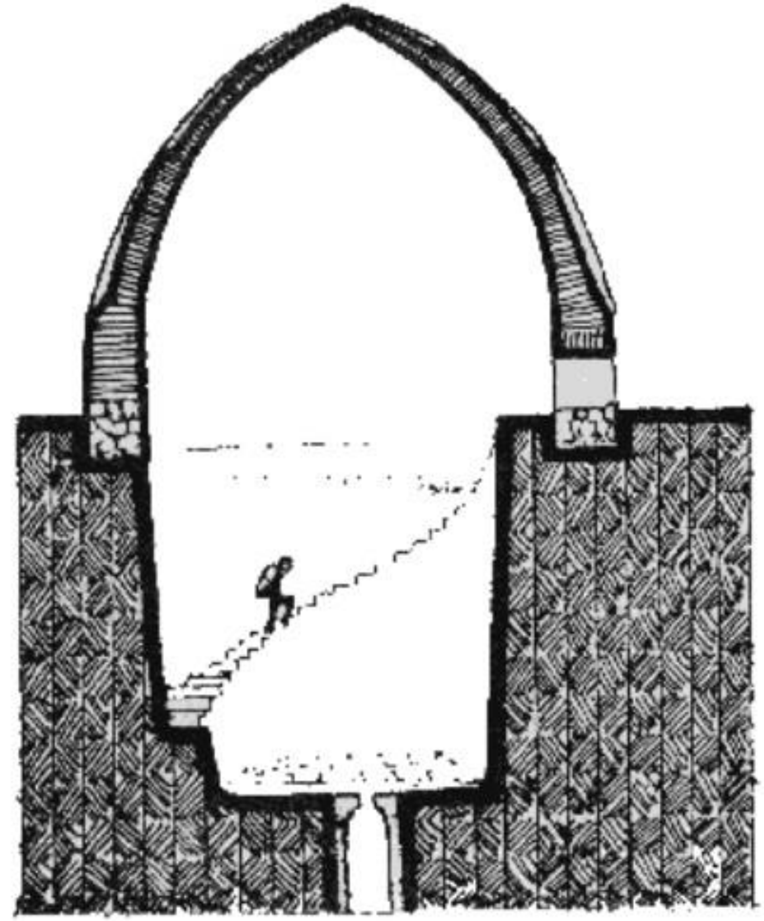
یخدان (یخچال) راور کرمان



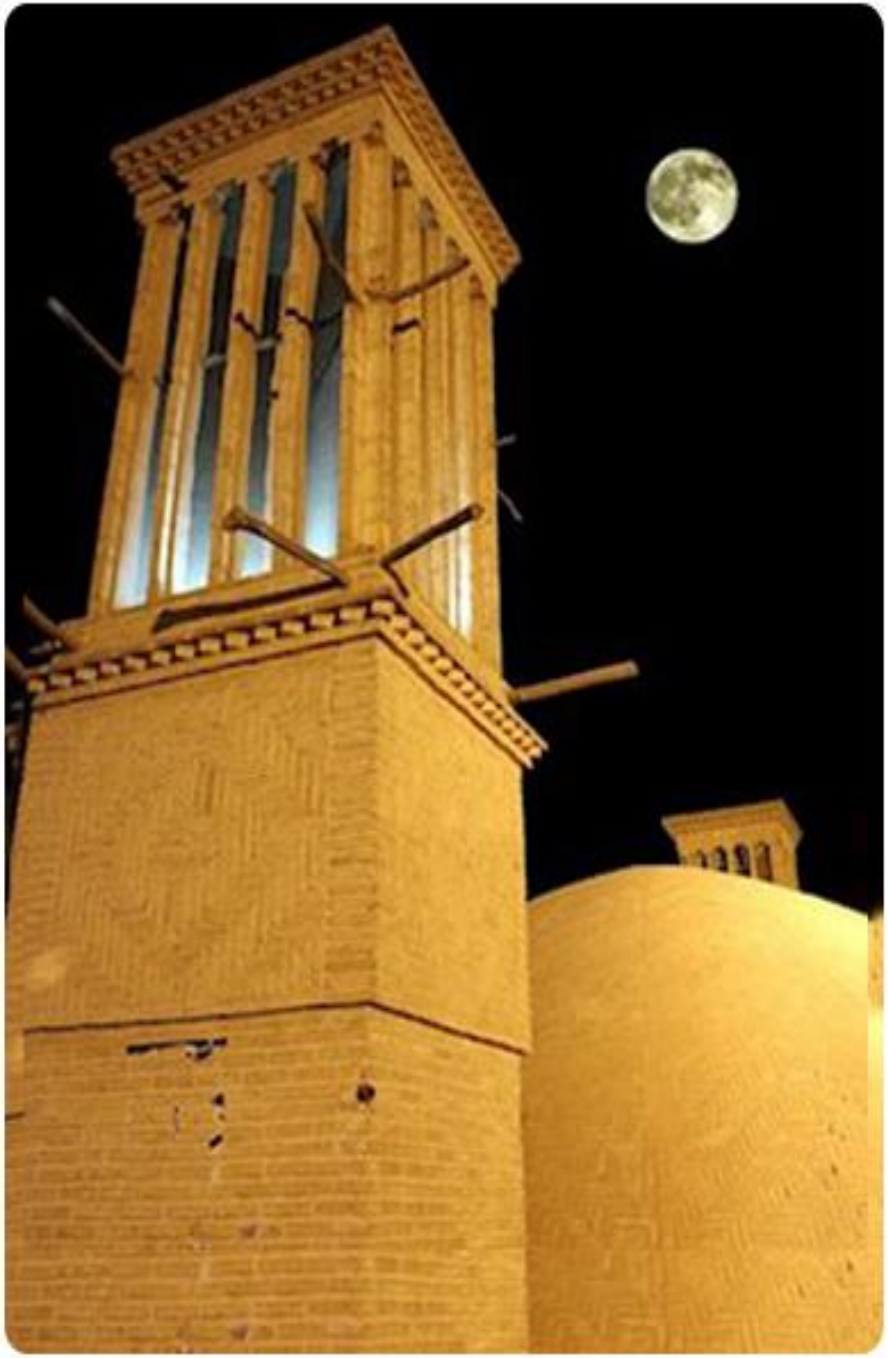
Energy conservation in Qanat & wind catcher in earth refrigerato



Energy conservation in earth refrigerator

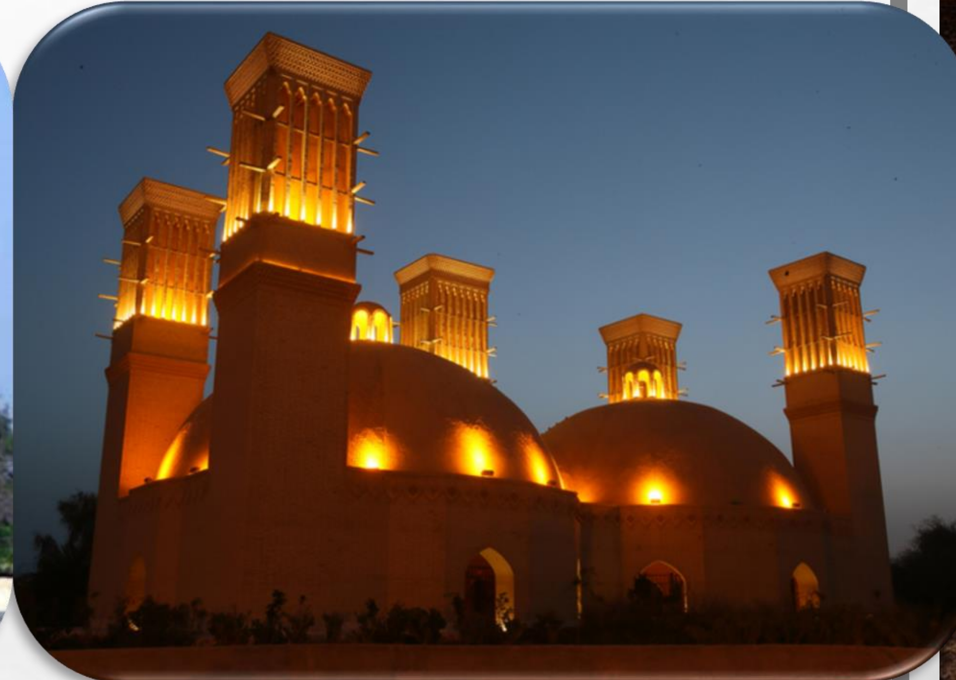


Requirements earth refrigerator in Iran desert

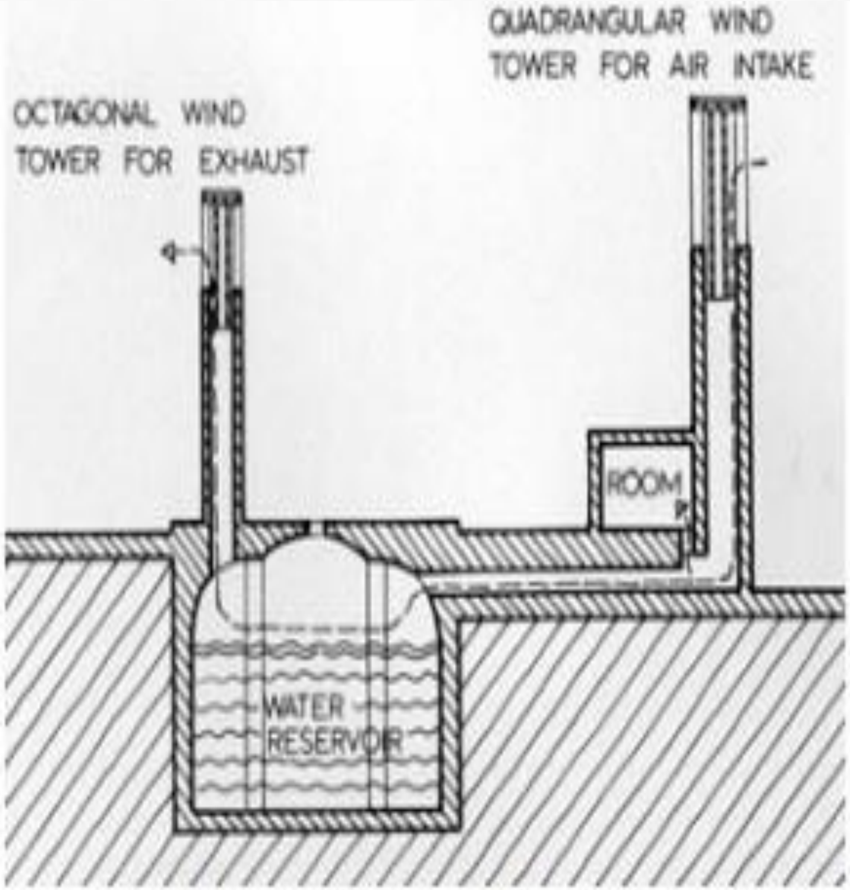


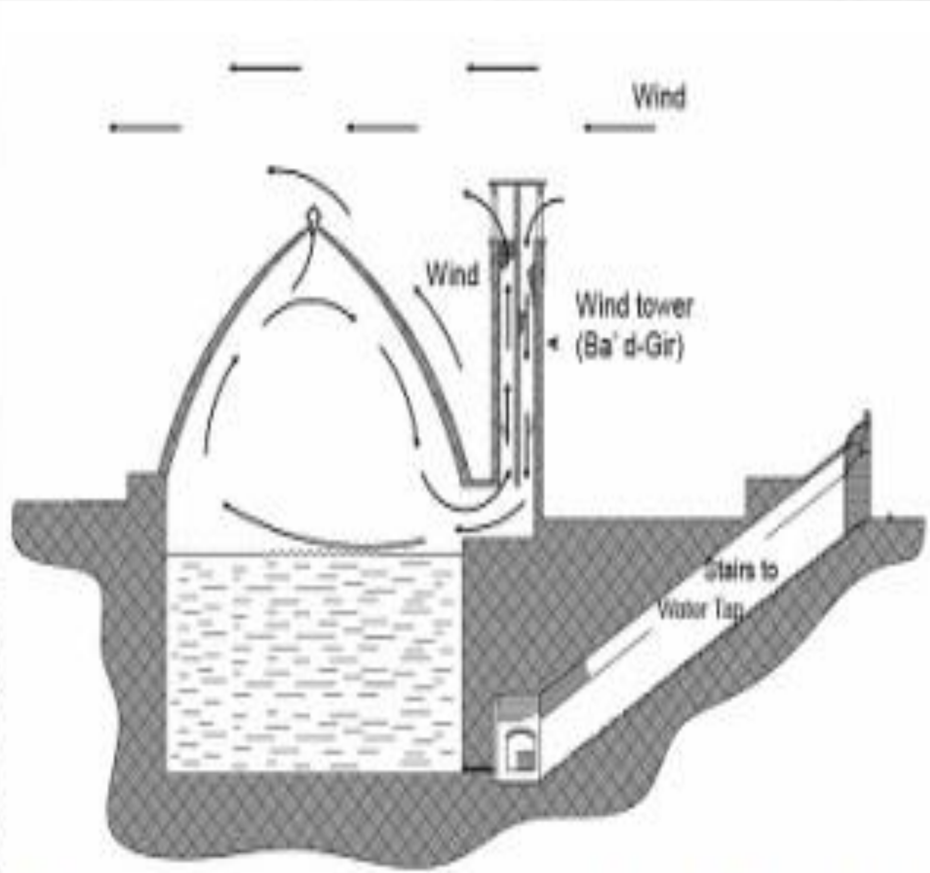
آب انبار شش بادگیر شهر یزد

آب انبار سنتی شهر کیش



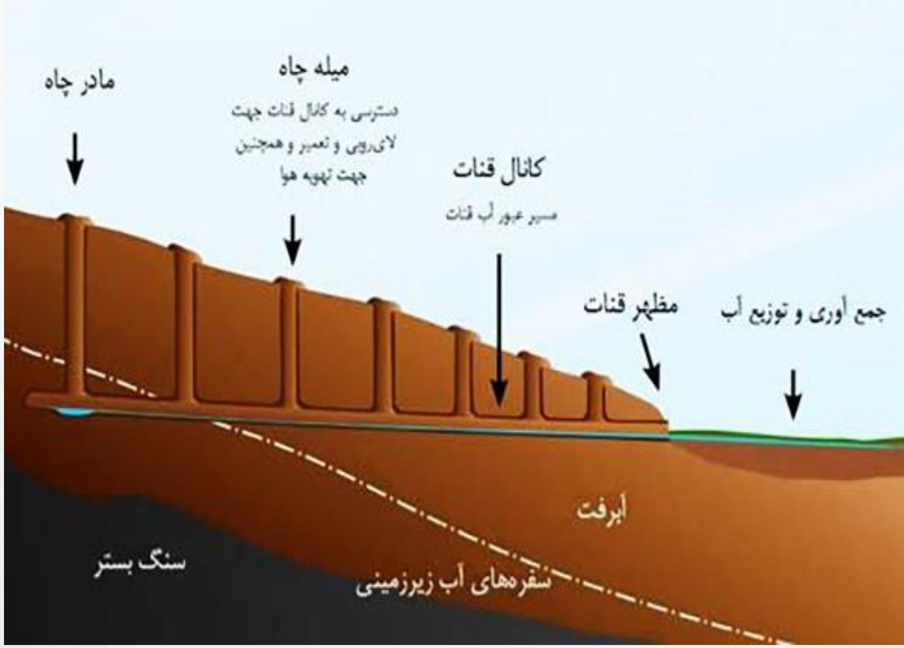
آب انبار هفت بادگیر عصرآباد شهر یزد

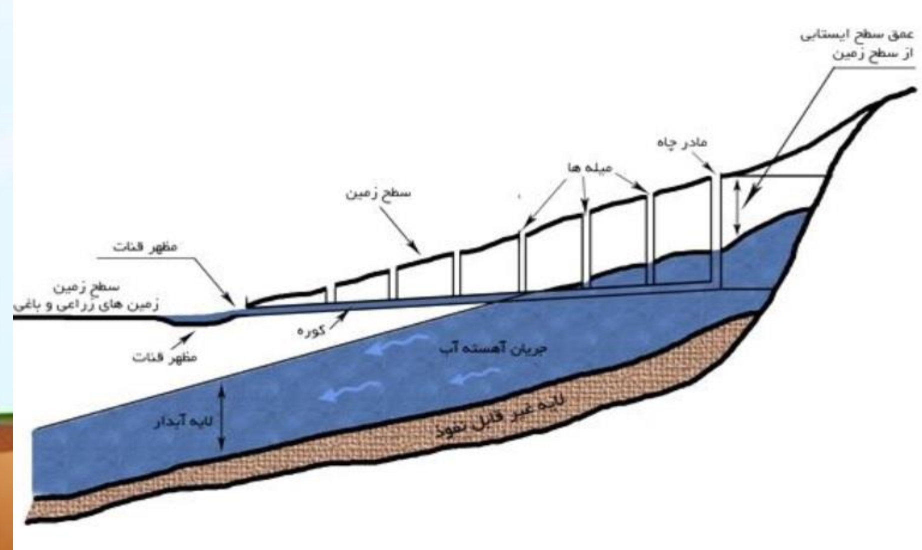




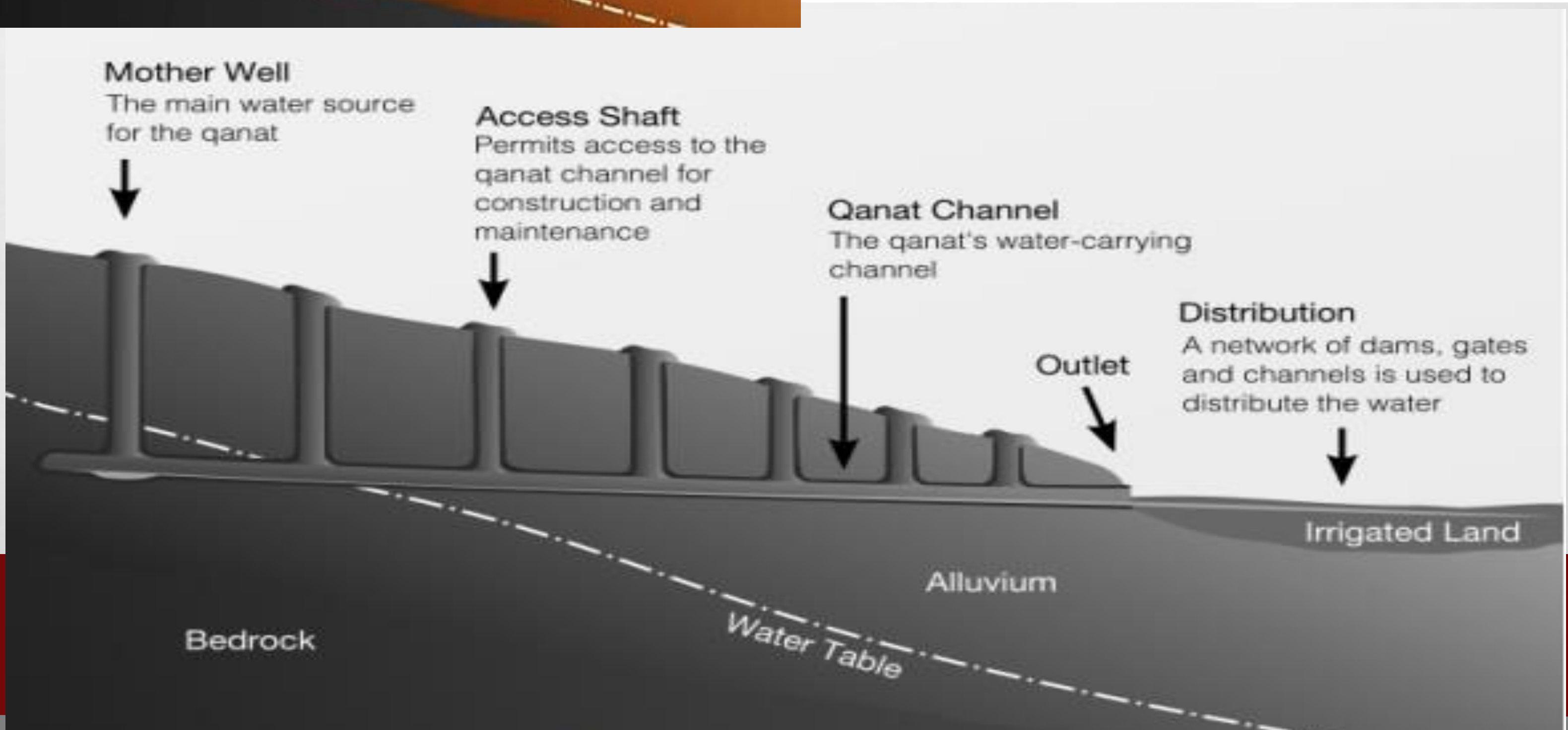
A section of cistern and its surrounding soil with wind-induced air flow over the water surface

اثر جهانی قنات قصبه گناباد





ساختار قنات



Qanat Construction.

➢ صنعت سیمان و بتن در چشم انداز توسعه پایدار

تعریف رسمی در گزارش کمیسیون کمیته جهانی گسترش محیط زیست با عنوان «آینده مشترک ما» آمده است: «توسعه پایدار توسعه‌ای است که نیازهای حال حاضر را تأمین کند بدون اینکه توانایی نسل‌های آینده در تأمین نیازهای خود را به خطر بیندازد.»

توسعه پایدار خواستار یک استراتژی ساختاری طولانی‌مدت برای سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی جهان است که هدف آن کاهش بار محیط زیست و منابع طبیعی به یک سطح دائمی مناسب بوده و در عین حال حفظ رشد اقتصادی و انسجام اجتماعی است.

- **چکیده**

- مصرف بتن به عنوان پر کاربرد ترین ماده ساختمانی روبه گسترش می باشد.
- نمی توان به جرات گفت سیمان های حاضر به مراتب برتر از سیمان های تولید شده ۳۰ تا ٤۰ سال پیش می باشد.
- به هیچ وجه برای ساخت یک بتن با مقاومت اولیه بالا نیاز به یک محتوای **C3A**، **C3S** بالا و یک نرمی بلین بالا نیست، این امر به سادگی با پایین آوردن نسبت آب به مواد چسباننده بتن (شامل سیمان و سایر افزودنی های هیدرولیکی و غیر هیدرولیکی بتن) قابل حصول می باشد.
- چیزی که بسیار مهم است طراحی مخلوط بتنی است که مقاومت فشاری ۲۸ روزه اش را در طول عمر ساختاری اش تحت شرایط ویژه محیطی حفظ نماید.

- در نهایت سیمان و بتن مجبورند درون ملاحظات زیست محیطی با یک چشم انداز توسعه پایدار به یک تکاملی برسند که این به معنی این است که ترکیبات معدنی بیشتری باید با کلینکر مخلوط گردند و برای افزایش چرخه عمر ساختارهای بتنی نسبت آب به مواد چسباننده بتن کاهش یابد و همچنین تا حد امکان کاربرد افزودنی های هیدرولیکی و سنگدانه افزایش یابد.
- در این تحقیق سعی شده است چالش های پیش روی صنعت سیمان و بتن برای تولید محصولی اقتصادی و سازگار با محیط زیست مورد بررسی قرار گیرد.

- مقدمه :

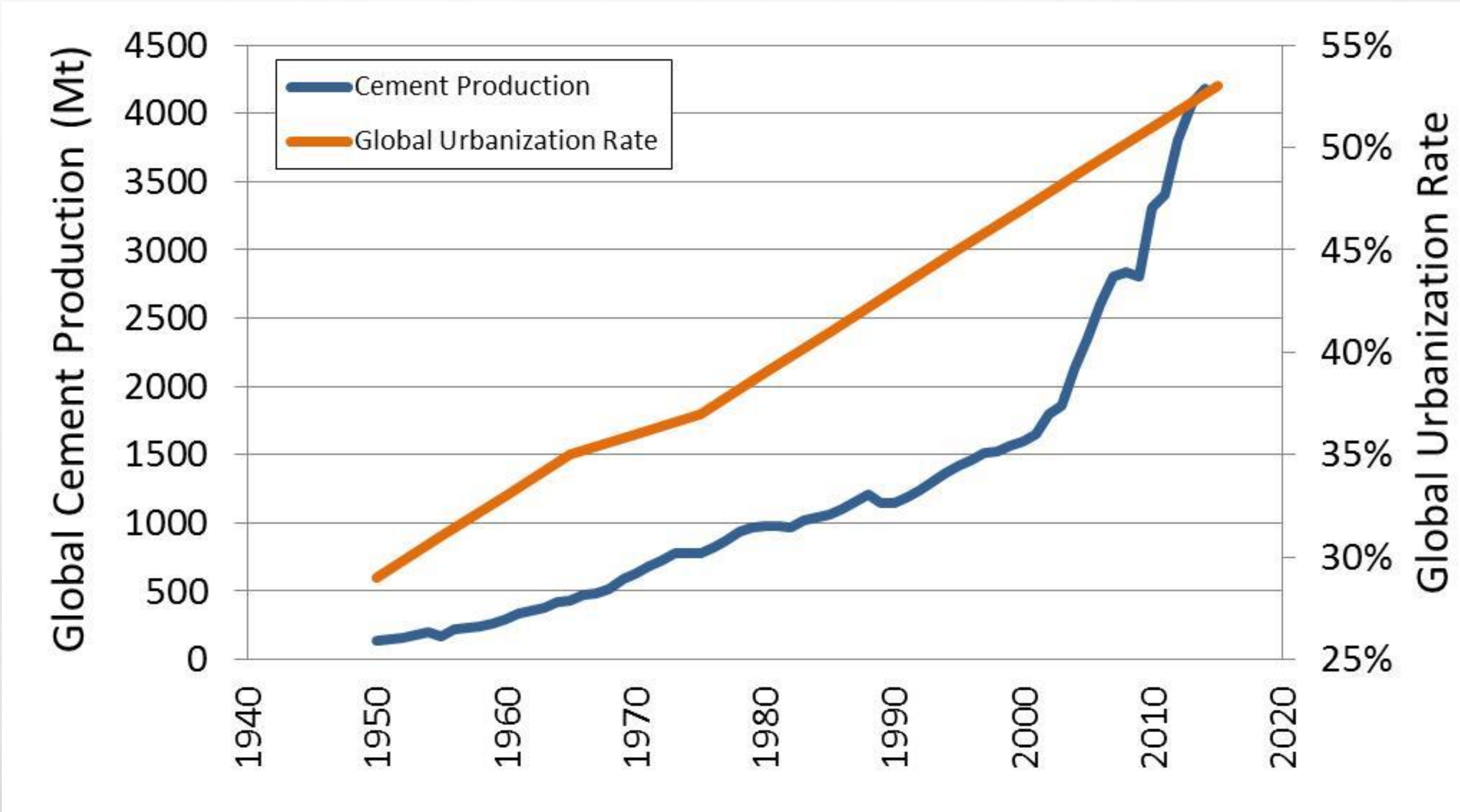
❖ مواد چسباننده بتن آینده شامل کلینکر کمتری خواهد بود به طوری که صنعت سیمان تبدیل به یک صنعت تولید کننده افزودنی های هیدرولیکی خواهد شد. این صنعت تولید کننده پودرهای ریزی خواهد بود که هنگامی که با آب مخلوط می شوند سخت می گردند.

❖ این افزایش قابل توجه کاربرد ترکیبات معدنی غیر از کلینکر به صنعت سیمان در یک چشم انداز توسعه پایدار برای تحقق برخی اهدافش کمک خواهد نمود که توسط دولت ها اعمال خواهند شد. بسیار مهم است که امروزه، صنعت سیمان این نقش جدید را برجسته نماید.

❖ ارزیابی چرخه حیات **A LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)** یک ارزیابی سیستماتیک اثرهای زیست محیطی یک سیستم یا یک محصول از تولد تا مرگ می باشد. این ارزیابی شامل بررسی انرژی های مصرفی، کاربرد مواد اولیه خام و سوخت و تولید آلاینده ها در طول فرآیند می باشد.

- **بتن گسترده ترین ماده ساختمانی بکاربرده شده در جهان**

❖ در سال ۱۹۰۰، تولید کلی سیمان جهان ۱۰ میلیون تن برآورد گردیده است و در حال حاضر تولید کلی سیمان جهان بیشتر از ٤ میلیارد تن می باشد. در سال ۱۹۰۰ تنها ٤۰ میلیون مترمکعب بتن بکاربرده شده است در صورتی که در حال حاضر، مقدار بتن تولیدی بیشتر از ۷ میلیارد متر مکعب می باشد. این کمی بیشتر از ۱ متر مکعب بتن برای هر شخص در یک سال یا بیشتر از ۲.۵ تن بتن برای هر شخص در یک سال می باشد. این تنها جایی است که اب تازه در مقادیر بسیار بالا بکار برده می شود و یکی از بیشترین دلایل هدر رفت آب می باشد (مقدار مصرف آب تقریباً ۱۲۰ تن به ازای هر نفر در جهان می باشد).



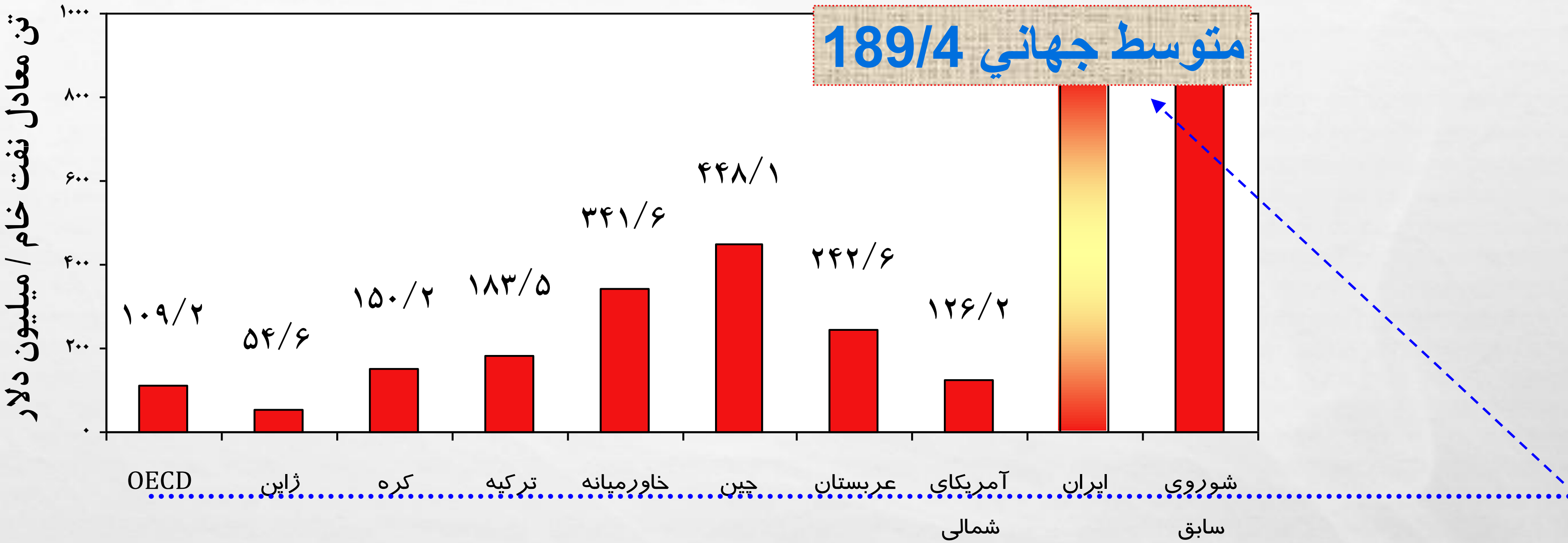
Cement Production
Global Urbanization Rate
Global Cement Production (Mt)
Global Urbanization Rate
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
55%
50%
45%
40%
35%
30%
25%
1940
1950
1960
1970
1980
1990
2000
2010
2020

صنعت سیمان دیروز و امروز

- سیمان های دیروز خیلی نرم نبودند و محتوی C3S بالا مشابه سیمان های امروزی نداشتند و از روی فشار پیمانکاران برخی از شرکت های سیمان تصمیم به افزایش نرمی و محتوای C3S سیمانشان گرفتند تا پیمانکاران با سرعت بیشتری قالب هایشان را از بتن باز کنند و منجر به رقابت پذیری بیشترشان گردد. اما این مقاومت ۲۸ روزه بالاتر از دوام طولانی مدت بتن هزینه می نماید. برای مثال در یک زمان مشخص ایالت کالیفرنیا مجبور شد به آنچه در کالیفرنیا "جنگ بلین" نامیده می شد پایان دهد.
- تولید کنندگان سیمان باید از خود سوال کنند افزایش میزان نرمی و C3S سیمان چه فواید و چه مضراتی برای بتن دارد. راه های کم خطرتر بسیاری وجود دارد تا مقاومت اولیه یک بتن را افزایش دهیم.

- بنابراین سیمان های خوب قدیمی که درشت تر بودند و محتوای C3S کمتری داشتند و برای ساخت بتن هایی بکار برده می شدند که مقاومت فشاری شان در بعد از ۲۸ روز گسترش پیدا می کرد در حالی که سیمان های کارآی مدرن امروزی همه مقاومتشان در ۲۸ روز می تواند حاصل شود.
- به محض اینکه بتن در معرض محیط شدید قرار می گیرد فاکتور کلیدی شرایط دوامی اش، نسبت آب به سیمان آن و نه مقاومت فشاری اش است.
- برای طراح و تولید کننده سیمان این سیمان ها مشابه هستند، اما برای صاحبانی که دخیل در هزینه های تعمیر و نگهداری چرخه حیات (سیکل زندگی) هستند، بتن های خوب قدیمی در نهایت قوی تر و مقاوم تر از آنهایی هستند که مقاومت ۲۸ روزشان را زودتر نشان می دهند

شدت مصرف نهایی انرژی کشورهای مختلف در سال ۱۳۸۸



شدت انرژی ایران بیش از ٤ برابر متوسط جهانی و ترکیه، ۲ برابر چین و ۱۶ برابر ژاپن می باشد.

(شدت مصرف نهایی انرژی = مصرف تن معادل نفت خام/تولیدناخالص برحسب میلیون دلار)

مقایسه آماری ایران و میانگین جهانی مصرف انرژی

۱– برق	منطقه	سرانه مصرف سالیانه (کیلووات)	نسبت
	ایران	۲۵۰۰	ایران ۳ برابر جهان
	جهان	۸۰۰	

۲– آب	منطقه	سرانه مصرف روزانه (لیتر)	نسبت
	ایران	۳۰۰	ایران ۲ برابر میانگین جهان
	جهان	۱۵۰	

۳– بنزین	منطقه	سرانه مصرف روزانه (لیتر)	نسبت
	ایران	۹۰	ایران ۶ برابر میانگین جهانی
	جهان	۱۵	

۴– گاز	منطقه	سرانه مصرف سالانه (مترمکعب)	نسبت
	ایران	۱۷۰۰	ایران ۳ برابر میانگین جهانی
	جهان	۶۰۰	

- **مصرف انرژی درصنعت سیمان**
  - مصرف متوسط برق و سوخت
  - آمار سه سال گذشته

مصرف انرژی طی ۷۸ سال

- میزان مصرف انرژی الکتریکی در صنعت سیمان کشور در سال ۱۳۱۲ معادل 4800 KWH
- میزان مصرف انرژی الکتریکی در صنعت سیمان کشور در سال ۱۳۸۹ معادل 7000,000 KWH

(یعنی معادل ۱۵۰۰ برابر)

- میزان مصرف انرژی فسیلی در صنعت سیمان کشور در سال ۱۳۱۲ معادل $8500\ MNm^3$
- میزان مصرف انرژی فسیلی در صنعت سیمان کشور در سال ۱۳۸۹ معادل $7200,000\ MNm^3$

(یعنی معادل ۸۵۰ برابر)

تاریخچه میانگین مصرف انرژی برای یک تن سیمان

تا سال ۱۳۸۰ برای یک تن سیمان:

۱۲۰ کیلو وات ساعت

۱۱۵۰ کیلو کالری بر کیلو گرم کلینکر

در سال ۱۴۰۰:

۱۰۵ کیلو وات ساعت

۹۰۰ کیلو کالری بر کیلو گرم کلینکر

مقایسه رشد تولید و مصرف انرژی

افزایش ۲٤۰۰ برابری تولید سیمان از ابتدا تا کنون در کشور

و در مقابل:

۲- افزایش ۱۵۰۰ برابری مصرف انرژی الکتریکی

و

۳- افزایش ۸۵۰ برابری مصرف انرژی فسیلی

یا به عبارتی دیگر:

اصلاح الگوبا کاهش ۳۳ درصدیدرمصرف انرژی الکتریکی ازابتداتا کنون

اصلاح الگوبا کاهش ۶۵ درصدی درمصرف انرژی فسیلی ازابتداتا کنون

- ظرفیت اسمی کارخانجات :بیش از ۸۸.۵ میلیون تن سیمان (۷۷ کارخانه و تولید سالانه ۶۸.۵ میلیون تن و هفتمین کشور دنیا)
- مصرف متوسط ویژه انرژی الکتریکی : ۱۱۰-۱۰۰ کیلو وات ساعت برای هر تن سیمان (۷.۵ میلیارد کیلووات ساعت برق در سال و نیاز به یک نیروگاه ۶۰۰ مگاواتی بدون احتساب تلفات انتقال و توزیع)
- میزان مصرف انرژی سوخت کارخانجات فوق :۶/٤ میلیارد لیتر سوخت مایع معادل ۷ میلیارد متر مکعب گاز طبیعی
- مصرف ویژه انرژی سوختی : ۹۹.۶ متر مکعب معادل گاز (یا ۹۰ لیتر سوخت مایع) (۹۰۰ کیلو کالری) برای هر کیلوگرم کلینکر
- در دنیا مصرف برق به۶۵ کیلووات ساعت بر تن سیمان و ۷۵ لیتر سوخت به ازای تن کلینکر تولیدی
- مصرف انرژی الکتریکی کارخانجات سیمان کشور معادل با حدود ٤ در صد از کل برق تولید شده در کشور و حدود ۱۱ در صد از سهم صنعت و نیز معادل ۳/٤ در صد از گاز مصرف شده در کل کشور بوده است

صنعت بتن در دیروز و امروز

- سال ها متمادی بتن های با مقاومت ۲۵-۱۵ مگا پاسکال در صنعت ساختمان مورد استفاده قرار می گرفت.
- در سال های بعد بتن های با مقاومت های ۳۵-۲۵ مگا پاسکال برای کاربردهای خاص استفاده شد.
- به مرور زمان بتن های با مقاومت اولیه بالا جای خود را به بتن های با کارآیی بالا دادند . این بتن ها شروع به مصرف در خارج از ساختمان در محیط های شدید از قبیل پلت فرم های دریایی، پل ها و جاده ها و .... گردید.
- در حاضر همزمان با توسعه بتن های با دوام کارآ ، بتن های مدرن و با تکنولوژی بالا نیز روبه گسترش می باشند

ULTRA-HIGH-PERFORMANCE-CONCRETE (UHPC)

بتن های ژئوپلیمری

ULTRA-HIGH PERFORMANCE GEOPOLYMER CONCRETE (UHPGC)

- برای تولید سیمان های با مقاومت بالاتر نیاز به افزایش LSF و C3S کلینکر و در نتیجه مصرف آهک بالاتر در خوراک کوره می باشد. کلسیناسیون آهک موجب بالا رفتن انتشار گازهای گلخانه ای در محیط زیست می گردد. از طرفی دیگر بالا بردن بلین سیمان برای افزایش مقاومت های سیمان، موجب بالا رفتن مصرف انرژی الکتریکی در آسیاها می گردد.
- مصرف سیمان های با LSFو C3S و بلین بالاتر در بتن، حمله سولفات ها و کربناتیزه شدن سریعتر بتن را موجب می گردند. این امر دوام بتن را با چالش جدی مواجه می سازد

- **پودر سرباره**

  - **افزودنی های هیدرولیکی و غیر هیدرولیکی سیمان و بتن**

- داده‌های آماری در ارتباط با مقدار واقعی تولید سربارۀ آهن و فولاد در جهان، در دسترس نیست؛ اما میزان تولید این ماده را می‌توان حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد تولید آهن خام و ۱۰ تا ۱۵ درصد تولید فولاد خام تخمین زد.

سرباره به‌دست آمده از تولید آهن خام (برحسب هزار تن)			
ایران	آمریکا	جهان	
۶۶۰	۱۱۷۳۰	۱۹۵۹۰۰	بیشینه
۵۵۰	۹۸۰۰	۱۶۳۲۰۰	کمینه
جدول ۲- سرباره به‌دست آمده از تولید فولاد خام (برحسب هزار تن)			
ایران	آمریکا	جهان	
۱۲۹۰	۱۳۵۴۰	۱۴۴۴۰۰	بیشینه
۷۹۰	۹۰۴۰	۹۶۳۰۰	کمینه
کل سربارهٔ تولید شده از آهن و فولاد (برحسب هزار تن)			
۱۸۶۰	۲۴۲۷۰	۳۴۰۳۰۰	بیشینه
۱۳۴۰	۱۸۸۴۰	۲۵۹۵۰۰	کمینه

- به طور متوسط در هر سال حدود ۱ میلیون تن سرباره صنایع تولید فولاد و حدود ۵۰۰ هزار تن سرباره کوره های ذوب آهن در کشور تولید می شود که پتانسیل های بالایی برای جایگزینی در مواد اولیه و کلینکر تولیدی کارخانجات سیمان دارند. آمار دقیقی از میزان دپوی این سرباره ها در کارخانجات ذوب آهن و تولید فولاد موجود نیست ولی پیش بینی می شود با توجه به انباشت این سرباره طی سالیان متمادی و عدم مصرف آنها، ذخایر چند میلیون تنی از این سرباره ها در کارخانجات ذوب آهن و تولید فولاد وجود داشته باشد.

نقش افزودنی ها در بتن به عنوان افزایش دهنده دوام بتن در مقایسه با سایر روش های افزایش دهنده دوام، یک روش کارآ و از لحاظ هزینه ای موثر می باشد و یک ساختار بتنی با مینیمم هزینه های چرخه حیات فراهم می سازد.

- افزودنی های هیدرولیکی از جمله سرباره های ذوب آهن با رنگ روشن تر نسبت به سیمان در بتن می تواند در ساخت ساختمان های با کارایی بالای انرژی بکار برده شود.

-کاربرد بتن سرباره ای موجب بهبود دوام بتن و موجب بالا رفتن عمر ساختارهای بتنی می گردد. در نتیجه هزینه نگهداری و تعمیرات ساختارهای بتنی کاهش می یابد.

-کاربرد سرباره در بتن موجب روشن تر شدن محیط پیرامون منجمله پارکینگ ها، خیابان ها و پیاده روها و موجب ایجاد محیطی با رنگ روشن تر و ایمنی بیشتر می گردد(در نتیجه بازتاب بیشتر نور).

- شهرهای بزرگ با توجه به تجمع بالاتر ساختار و سطوحی که گرما را جذب می کنند لذا تمایل بیشتر به جذب گرما دارند، آنها در مقایسه با روستاها تمایل بیشتر به تجربه دماهای بالاتر دارند. ساختمان ها و پیاده رو ها با رنگ روشن تر در نتیحه استقاده از بتن سرباره ای، نور بیشتری را بازتاب می کنند. این فرایند اثر جزایر حرارتی را به حداقل رسانده و انرژی لازم برای سرد کنند کردن را کاهش می دهد و موجب کاهش آسیب به لایه ازن می گردد.
- رنگ روشن تر بتن سرباره ای اثر جزایر حرارتی در کلان شهرها را کاهش می دهد.
- تخمین زده می شود خوردگی بر روی عرشه پل برای سیمان پرتلند بعد از ۱۳ سال اتفاق می افتد. ترکیب سیمان سرباره ای ٪۴۰ به همراه افزودنی های ضد خوردگی، زمان اولین خوردگی را به ۵۰ سال و زمان تعمیرات عمده را به ۷۵ سال افزایش می دهد. با یک هزینه ۱۵ هزار دلاری عمر پل ۳۷ سال افزایش داده می شود.

مقایسه منافع زیست محیطی سیمان سرباره ای

منافع زیست محیطی	سیمان سرباره ای ٪۳۵	سیمان سرباره ای ٪۵۰	بتن با ٪۲۰ خاکستر بادی
ذخیره سازی انتشار دی اکسید کربن	٪۳۰	٪٤۳	٪۱۷
ذخیره سازی انرژی	٪۲۱	٪۳۰	٪۱٤
کاهش مواد استخراجی	٪۵	٪۷	٪۳

➢ آینده صنعت سیمان و بتن در چشم انداز توسعه پایدار

- **نتیجه گیری**

❖ صنعت سیمان و بتن کشور هیچ انتخابی به جز حرکت به سمت توسعه پایدار ندارند و باید خود را برای تغییرات اساسی برای رسیدن به این هدف آماده سازند. مطمئنا بتن در آینده با دوام تر خواهد بود و برای برآورده نمودن نیازهای اجتماعی و اقتصادی با کمترین اثرات زیست محیطی توسعه خواهد یافت.

❖ برای ارزیابی هزینه یک پروژه در آینده نه تنها مجبوریم هزینه های اقتصادی حاضری که ما در محاسباتمان استفاده می کنیم لحاظ کنیم بلکه هزینه اجتماعی و زیست محیطی اعم از استخراج مواد خام و بکارگیری شان و هزینه های چرخه حیات نیز باید مد نظر قرار گیرد.

- آغاز قرن ۲۱ را باید شروع راه جدیدی برای کارخانه های سیمان دانست که مواد چسباننده مورد استفاده در بتن(شامل سیمان و سایر افزودنی های هیدرولیکی و غیر هیدرولیکی بتن) متعددی را توسعه می دهند که از نقطه نظر توسعه پایدار بیشتر دوستدار محیط زیست باشند.
- به همین دلیل است که استفاده از ترکیبات معدنی که در طول ۳۰ سال گذشته به شدت ترویج نشده است به طور جدی تر مورد استفاده قرار خواهد گرفت . دیری نخواهد پایید که دوباره لازم خواهد شد به متون کهن ایران باستان رجوع نموده و در مورد استفاده دوباره از پوزولان های طبیعی متقاعد شویم.
- صنعت سیمان و بتن شروع به کنترل بازارهای پوزولان های مصنوعی از قبیل سرباره و خاکستر بادی و خاکستر پوسته برنج و ..... خواهد نمود.

- سیمان ها در آینده مجبور به رعایت استاندارد های محدود تری خواهند بود و نیاز به پایداری خیلی بیشتر و خیلی بیشتر در خواصشان دارند زیرا محتوای کلینکر در سیمان های آمیخته کمتر و کمتر خواهد شد. مواد چسباننده بتن در آینده بیشتر و بیشتر با افزودنی های شیمیایی پیچیده سازگاری خواهند داست و کاربردهایشان منجر به ساخت بتن با دوام بیشتر بجای بتن های قوی تر خواهد گشت.
- در آینده ای نزدیک مواد چسباننده مورد استفاده در بتن دارای کلینکر خرد شده کمتر و کمتری خواهند بود . این کلینکرها لزوما داررای محتوای C3S بالا نبود و با سوخت های جایگزینی تولید خواهند شد.

بتن آینده سبز سبز خواهد بود. دارای یک نسبت آب به مواد چسباننده بتن پایین و با دوام بالاتر و خواص متعدد فراوانی خواهد بود به طوری که کاملا متفاوت برای استفاده در کاربردهای مختلف خواهد بود.

پیمانکاران مجبور خواهند بود بفهمند که چیزی که مهم است هزینه یک متر مکعب بتن نیست بلکه هزینه های یک مگا پاسکال مقاومت و هزینه های یک سال از چرخه حیات سازه مهم تر می باشد.

تولید کنندگان بتن در آینده مجبور خواهند بود تا بدانند چطور با انواع مختلف بتن پیشنهادی بوسیله تولیدکنندگان افزودنی های شیمیایی و سیمان بازی کنند تا بتنی برای پیمانکاران فراهم کنند که اقتصادی تر و با تکنولوژی بالاتر باشد و ارزش آن نه در هر مترمکعب آن و بلکه در کارآیی آن باشد.

➢ کاربرد بتن های حاوی سرباره

مهمترین مزایای بتن ژئوپلیمری نسبت به بتن حاوی سیمان

بتن ژئوپلیمری

انقباض و هدایت حرارتی کمتر

دوام بالا

مقاومت بالا در برابر اسید و نمک

مقاومت در برابر حرارت تا ۱۰۰۰ درجهٔ سانتیگراد

گیرش و سخت شدن در زمان کوتاه‌تر نسبت به بتن معمولی

جذب آب مناسب

الزامات فیزیکی پودر سرباره بر اساس استاندارد ASTM C 989

Physical Requirements

Item		
Fineness:		
amount retained when wet screened on a 45-µm (No. 325) sieve, max %	20	
Specific surface by air permeability, Test Method C 204 shall be determined and reported although no limits are required.	...	
Air Content of Slag Mortar, max %	12	

	Average of Last Five Consecutive Samples	Any Individual Sample
Slag Activity Index, min, %		
7-Day Index		
Grade 80	...	...
Grade 100	75	70
Grade 120	95	90
28-Day Index		
Grade 80	75	70
Grade 100	95	90
Grade 120	115	110

الزامات فیزیکی و شیمیایی پودر سرباره بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره 21319

ویژگی	مقادیر حدی نتیجه منفرد
اکسید منیزیم	۱۹ ٪
سولفید	۲٫۵ ٪
سولفات	۳٫۰ ٪
افت اشتعال	۳٫۵ ٪
کلرید[a]	۰٫۱۰ ٪
رطوبت	۱٫۵ ٪
نرمی (میزان ریز دانه بودن)	۲۵۰
زمان گیرش اولیه	۲٫۲۵ برابر با مقادیر متناظر برای سیمان آزمون
شاخص فعالیت در ۷ روز	۴۰ ٪
شاخص فعالیت در ۲۸ روز	۶۵ ٪

[a] مقدار کلرید پودر سرباره دانه‌ای کوره بلند می‌تواند بالاتر از ٪ ۰٫۱۰ باشد. ولی در این مورد باید مقدار بیشینه کلرید اظهار شود.

Austroads

Retaining walls
Bridge over Yarra River

Monitoring junction boxes, reference electrodes, electro potentials - since 2009






Geopolymer concrete footway panels
Salmon Street Bridge over West Gate Freeway

Austroads

180 precast footway units concrete grade VR470/55 to Section 610 manufactured/installed - 2009








Structural concrete walls
Dudley St Railway Bridge

Austroads

Reinforced soil and post and panel walls based on equivalence to concrete grade VR400/40, part of Regional Rail Link works





Other applications

- *Slabs and footings in housing and commercial construction*
- *Library building which utilised precast panels*




Geopolymer concrete wall
M80 Western Ring Road

Austroads

- *First major in-situ construction on a major infrastructure project in Australia – in mid 2012*
- *Near vertical 450 metre long "chevron" or zig-zag landscape retaining wall designed to double up as raised planter beds*





Geopolymer concrete pipes
Proof and Ultimate Load

Pipe Type	First crack kN/m	Proof Load kN/m	AS/NZS 4058 Min. Proof Requirement kN/m	Ultimate Load kN/m	AS/NZS 4058 Minimum Ultimate Requirement kN/m
Geopolymer Pipes	*65*	*85*	*30 - 50*	*125*	*45 - 80*
Conventional Pipes	*55*	*80*		*120*	





Geopolymer concrete pipes - on site and installation

Princess Highway Duplication - Winchelsea, Victoria

Austroads

Geopolymer concrete pipes - stored on site
Drainage works in Harley Street, Bendigo Victoria

Austroads

Following VicRoads acceptance of geopolymer concrete pipes - early 2013 per Section 701




Bicycles and footpaths
No-fines geopolymer concrete

Significant lengths of footpath and bicycle path using 25 MPa geopolymer concrete per Section 703 – since 2009

بسمه تعالی

تاریخ: ۱۴۰۱/۰۸/۲۴
شماره: ۱۴۰۱/ ۱۸۰۸۷
پیوست:

دانشگاه کاشان
دانشکده مهندسی

جناب آقای مهندس خادمی
مدیرعامل محترم شرکت سیمان کویر کاشان

احتراما به استحضار می رساند گروه پژوهشی بتن های ویژه این دانشکده با مساعدت حضرتعالی و همکاران محترم آن مجموعه معظم در حال بررسی کاربرد پودر سرباره در بهبود خواص بتن های با سنگدانه های بازیافتی می باشد. به پیوست نتایج اولیه حاصل از اندازه گیری شاخص فعالیت پودر سرباره ارسالی آن شرکت (مربوط به کارخانه ذوب آهن) طبق آزمون ذکر شده در استاندارد ASTM C۹۸۹ حضورتان ارسال می گردد. لازم به ذکر است که شاخص مذکور در سن ۲۸ روز بالغ بر ۹۱.۸۱ درصد بوده که می تواند بیانگر قابلیت مناسب پودر سرباره ارسالی برای استفاده در بتن باشد.

امید است با استمرار ارتباط علمی دانشگاه با صنعت شاهد آبادانی روزافزون میهن باشیم.

دکتر ابراهیم نعمتی لای
رئیس دانشکده مهندسی

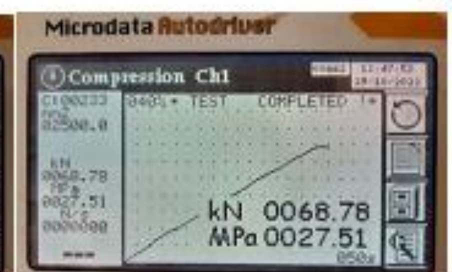
Faculty Of Engineering
دانشکده مهندسی
دانشگاه کاشان
University Of Kashan

آدرس: کاشان - بلوار قطب راوندی
کدپستی ۵۳۱۵۳-۸۷۳۱۷
تلفن: ۵۵۵۱۱۲۲۵۰ - دورنگار ۵۵۵۱۱۲۲۲۲
www.kashanu.ac.ir

								سرعت بارگذاری:۱۸۰۰نیوتون بر ثانیه			پیک بارگذاری: ۳ کیلونیوتن		
شماره آزمایش	برچسب نمونه	تاریخ نمونه	تاریخ آزمایش	سن (روز)	ابعاد(mm)			سطح بارگذاری (mm۲)	حجم (cm^3)	وزن (gr)	وزن مخصوص (gr/cm۳)	حداکثر نیرو (kN)	مقاومت فشاری مکعبی	میانگین مقاومت فشاری (N/mm۲)
					طول	عرض	ارتفاع							
۱۴۲	S۰	۱۴۰۱/۰۵/۲۹	۱۴۰۱/۰۶/۲۶	۲۸	۵۰.۱۳	۵۰.۶۵	۵۰.۳۲	۲۵۳۹.۰۸	۱۲۷.۷۷	۲۷۶.۰۰	۲۱۶۰.۱۹	۹۶.۸۰	۳۸.۱۲	۳۳.۳۷
۱۴۳					۵۰.۰۹	۵۱.۳۹	۵۰.۳۴	۲۵۷۴.۱۳	۱۲۹.۵۸	۲۷۸.۱۰	۲۱۴۶.۱۴	۷۹.۹۰	۳۱.۰۴	
۱۴۴					۵۰.۹۴	۵۱.۶۴	۵۰.۷۴	۲۶۳۰.۵۴	۱۳۳.۴۷	۲۸۴.۱۰	۲۱۲۸.۵۱	۸۱.۳۸	۳۰.۹۴	
۲۳۱	S۲-S۵۰	۱۴۰۱/۰۷/۱۰	۱۴۰۱/۰۸/۰۸	۲۸	۵۰.۵۷	۴۹.۴۲	۵۰.۷۱	۲۴۹۹.۶۸	۱۲۶.۷۶	۲۷۱.۰۰	۲۱۳۷.۹۲	۸۰.۹۴	۳۲.۳۸	۳۰.۶۴
۲۳۲					۵۰.۷۹	۴۸.۵۱	۵۰.۴۵	۲۴۶۳.۸۲	۱۲۴.۳۰	۲۶۵.۰۰	۲۱۳۱.۹۴	۷۸.۴۷	۳۱.۸۵	
۲۳۳					۵۰.۵۴	۴۹.۱۷	۵۰.۶۴	۲۴۸۵.۰۵	۱۲۵.۸۴	۲۶۶.۸۰	۲۱۲۰.۱۰	۶۸.۷۸	۲۷.۶۸	
توضیحات	با توجه به نتایج، میانگین مقاومت فشاری مکعبی ۵ سانتی متری نمونه های شاهد برابر با ۳۳.۳۷ و میانگین مقاومت فشاری مکعبی ۵ سانتی متری نمونه های دارای ۵۰٪ سرباره برابر با ۳۰/۶۴ مگاپاسکال بدست آمده است. بنابراین **شاخص فعالیت پودر سرباره ارسالی** در سن ۲۸ روز (نسبت مقاومت فشاری نمونه های دارای ۵۰٪ سرباره به نمونه های شاهد) برابر با **۹۱.۸۱٪** بدست می آید. توضیح اینکه از اصلاح مقاومت فشاری نمونه ها صرف نظر شده و میانگین گیری از کلیه داده های موجود انجام شده است.													

طرح شاهد S۰:

طرح پوزولانی S۲-S۵۰:



شرکت نانوبتن امین
شماره ثبت: ۲۱۵۷

تاریخ: ۱۴۰۱/۰۸/۲۲
شماره: ۵۱۹ الف ۱۴۰۱
پیوست: ندارد

بسمه تعالی

جناب آقای مهندس خادمی

مدیرعامل محترم شرکت سیمان کویر کاشان

با سلام

احتراما به استحضار می رساند شرکت نانو بتن امین قم طی سالیان گذشته پودر سرباره ذوب آهن مصرفی خویش برای تولید بتن های خاص و بادوام را از شرکت سیمان کویر کاشان تامین نموده است و پودر سرباره ذوب آهن تولیدی در شرکت سیمان کویر کاشان با داشتن بلین بالا (بیش از ۴۲۰۰ سانتیمتر مربع بر گرم) و اکتیویته قابل قبول موجب کسب مقاومت های ۲۸ روزه مناسب ملات سرباره ای با نسبت ۱ به ۱ (سرباره به سیمان در ملات) و افزایش دوام بتن و همچنین کاهش نیاز آبی بتن تولیدی و امکان افزایش گستره محصولات تولیدی شده است. پودر سرباره با ویژگیهای فنی خود برای تولید بتن های خودتراکم، بادوام، ناتراوا موثر بوده و برای عملیات بتن ریزی شرایط مناسبی را فراهم می نماید. شرکت نانو بتن امین از این سرباره مصرفی رضایت کامل داشته و امید است که با افزایش سهم پودر سرباره در بتن های مصرفی کشور و جایگزینی درصدهای بالاتری از سرباره به جای کلینکر تولیدی کارخانه های سیمان و فرهنگ سازی در این زمینه، علاوه بر کاهش تولید آلاینده های زیست محیطی و گازهای گلخانه ای و همچنین کاهش مصرف سوخت های فسیلی و تجدید ناپذیر در کشور ، قدم های موثری در افزایش دوام وکیفیت بتن های تولیدی کشور برداشته شود. ضمن تشکر و قدردانی از شرکت سیمان کاشان که پیشرو و در حال حاضر تنها تولید کننده پودر سرباره ذوب آهن با بلین بالا در شهرهای همجوار بوده امید است که با حفظ کیفیت محصول تولیدی در رسیدن به اهداف عالیه پیش روی خویش موفق و موید باشد

باسپاس

مدیریت کارخانه

هادی خرسند

۱۴۰۱/۰۸/۲۲

کارخانه: قم – جاده قدیم اصفهان، بعد از سه راه ونارچ
تلفن: ۲– ۳۸۷۰۰۶۵۱ – ۰۲۵
پایگاه اینترنتی: www.nanobetonamin.com

دفتر فروش: قم – بلوار امین –ابتدای کوچه ۲۱
تلفن: ۳۲۹۱۳۳۵۵ – ۰۲۵
فکس: ۳۲۹۲۳۳۵۵ – ۰۲۵

بسمه تعالی

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مهندسی عمران
اصفهان - کد پستی ۸۴۱۵۶-۸۳۱۱۱ تلفن ۰۲-۳۳۹۱۲۷۰۱ دورنویس ۳۳۹۱۲۷۰۰

تاریخ ۱۴۰۱/۸/۲۱
شماره ۱۱۰/۴-۲۴۸
پیوست

جناب آقای مهندس خادمی
مدیر عامل محترم شرکت سیمان کویر کاشان

با سلام و احترام،

ضمن تشکر از سربارهٔ ارسالی به این دانشکده جهت انجام تحقیقات دانشجویان تحصیلات تکمیلی، به اطلاع می‌رساند که استفاده از سربارهٔ ذوب آهن که در کارخانهٔ سیمان کویر کاشان آسیاب شده، در تحقیقات انجام شده در دانشکدهٔ مهندسی عمران دانشگاه صنعتی اصفهان، منجر به حصول نتایج مطلوبی شده است. این مسئله با توجه به بلین بالای سربارهٔ محصول کارخانهٔ سیمان کویر کاشان قابل درک و استنتاج است. امید آن است که کیفیت خوب این محصول مستدام باشد.

قبلا " از لطف و مساعدت جنابعالی سپاسگزاری می گردد.

با احترام
محمد نوید مقیم
رئیس دانشکده مهندسی عمران

آنالیز شیمیایی
پودر سرباره
ذوب آهن اصفهان

Chemical Composition	Ground Granulated Blast Furnace Slag Fine Powder
SiO_2(%)	35.96
CaO(%)	38.14
Al_2O_3(%)	11.46
MgO(%)	9.42
TiO_2(%)	1.64
MnO(%)	0.72
Fe_2O_3(%)	0.98
Na_2O(%)	0.48
K_2O(%)	0.75
SO_3(%)	0.24
LOI(%)	0.00
Blaine (Cm2/g)	Min.4500

- **نتیجه گیری**

سیمان محصولی است که نهایتاً تبدیل به بتن می گردد و به تنهایی و بدون در نظر گرفتن بتن معنا و هویت مستقلی ندارد. مگر سیمان به جز ساخت بتن کاربرد مهمتر دیگری دارد. با تغییرات ایجاد شده بر روی فرآیند تولید و کیفیت سیمان باید به این سوال پاسخ داده شود که نتیجه این تغییر کیفیت سیمان بر روی کیفیت بتن ساخته شده با این سیمان چه خواهد بود. با در نظر گرفتن این که دوام بتن پارامتری مهمتر از مقاومت فشاری آن می باشد. این مهمترین چالش صنعت سیمان و بتن در قرن ۲۱ خواهد بود.

مراجع:

- [1]-CEMENTS OF YESTERDAY AND TODAY: CONCRETE OF TOMORROW, PIERRE-CLAUDEAÏTCIN, CEMENT AND CONCRETE RESEARCH,VOLUME 30, ISSUE 9, SEPTEMBER 2000, PAGES 1349-1359
- [2]SUSTAINABLE CEMENT PRODUCTION—PRESENT AND FUTURE M.SCHNEIDERAM.ROMERBM.TSCHUDINB H.BOLIOC, CEMENT AND CONCRETE RESEARCH,VOLUME 41, ISSUE 7, JULY 2011, PAGES 642-650
- [3]HTTP://WWW.SABA.ORG.IR/FA/MASRAFEENERGY/INDUSTRY2/PROCESS/CEMENT/STATISTICS
- [4]-LEED-NC™ 2.1 GUIDE:USING SLAG CEMENT IN SUSTAINABLE CONSTRUCTION, SLAG CEMENT ASSOCIATION,6478 PUTNAM FORD DRIVE, SUITE 219,WOODSTOCK, GA 30189,678-494-8248
- [5] -SLAG CEMENT AND THE ENVIRONMENT, SLAG CEMENT ASSOCIATION,NO.22

مراجع :

[6] اولین گردهمایی دانش آموختگان دوره مدیریت انرزی سازمان بهره وری انرژی ایران اسفند ۱۳۹۰ – تهران، صنعت سیمان هزینه های انرژی و راه های برون رفت ازآن، انجمن صنفی صنعت سیمان - امینی یکتا

[7] بررسی فرصت های پیش روی توسعه صادرت مواد معدنی ایران توسط جذب سرمایه گذاری خارجی در بخش معدن و صنایع معدنی، : کیوان جعفری طهرانی مشاور عالی بین الملل خانه اقتصاد ایران و رییس امور بین الملل انجمن سنگ آهن ایران، نمایشگاه صنعت سیمان ایران ۴ شهریور ۱۳۹۵ شیراز

باتشکر از حضور شما سروران ارجمند

سرباره آسیاب شده

بررسی استفاده از سرباره در بتن با رویکرد دوام و اقتصاد

ارائه آقای مهندس حاجی مهدی

پوزولان ها

پوزولان ماده ای است سیلیسی یا سیلیسی آلومیناتی که به خودی خود ارزش چسبندگی ندارد، اما به شکل ذرات بسیار ریز در مجاورت رطوبت با درجات حرارت معمولی با هیدروکسید کلسیم واکنش شیمیایی داشته و ترکیباتی را به وجود می‌آورد که خاصیت سیمانی و چسبندگی دارد.

پوزولان های طبیعی:

موادی هستند که به منظور تولید یک پوزولان از مصالح موجود در زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند. معمولا روند تولید شامل، خرد کردن، آسیاب، جدا نمودن اندازه ها و در بعضی از موارد اعمال حرارت فعال سازی می باشد.

پوزولان های مصنوعی :

موادی هستند که در فرآیندهای تولید به عنوان هدف اصلی مورد توجه نبوده اند. محصولات جانبی صنایع هم با فرآیندهای خاص و همچنین بدون آن‌ها می توانند باعث تولید مواد پوزولانی گردند.

موضوعات

۰۱ معرفی کلی سرباره

۰۲ معرفی موضوع تحقیق

۰۳ فعالیت های انجام شده

۰۴ نتایج و جمع بندی

نانوبتن
NANO BETON

KC
شرکت سیمان کویر کاشان

۰۱ معرفی سرباره

نانوبتن NANO BETON

KC
شرکت سیمان کویر کاشان

تعریف سرباره

- سرباره ی کوره آهنگدازی که از سرد کردن سریع روباره ها به دست می آید دارای خاصیت سیمانی پوزولانی بوده و با واکنش باآب در یک محیط قلیایی عمل پر کردن فضاهای خالی و کاهش نفوذ پذیری و افزایش دوام را انجام می دهد . اگر سربارۀ کورۀ آهنگدازی مذاب به آرامی سرد شود، کریستاله شده و تبدیل به مواد معدنی منظمی مانند مروینایت و ملیلیت می شود. در حالی که سرد شدن ناگهانی آن باعث متراکم شدن سریع آن و در نتیجه آمورف شدن سرباره می گردد.

سرباره ذوب آهن اصفهان

شرکت کانساران بینالود
KANSARAN BINALOUD Co.

کد فرم: **LF51-00**	شماره:۱۲۲۰۱	**Test Method: LW03**
تاریخ دریافت نمونه: ۱۳۹۷/۰۳/۱۰	تاریخ انجام آزمایش:۱۳۹۷/۰۳/۲۸	تاریخ تهیه گزارش :۱۳۹۷/۰۳/۲۸

متقاضی: مدیریت محترم تعاونی نانو بتن امین

شماره صفحه: ۱ از ۱

نتیجه آنالیز شیمیایی

Sample	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	Na2O	K2O	MgO
	%	%	%	%	%	%	%
نمونه شماره 1	51.95	6.63	0.37	28.34	0.69	0.95	7.43
نمونه شماره 2	52.12	7.18	0.20	28.19	0.62	0.89	8.25
نمونه شماره 3	51.40	7.52	0.69	28.82	0.56	0.79	7.29

Sample	TiO2	MnO	P2O5	L.O.I	S	Cl	Ba
	%	%	%	%	%	ppm	ppm
نمونه شماره 1	1.687	0.924	0.014	0.02	0.74	259	1551
نمونه شماره 2	1.654	0.747	0.012	0.03	1.01	113	633
نمونه شماره 3	1.414	0.886	0.023	0.05	0.95	74	1646

با تشکر
کانساران بینالود
مدیر عامل جواد همتی

کریستال آمورف (فاز شیشه)

شرکت تحقیق و توسعه صنعت سیمان

درخواست کننده	کد نمونه
شرکت تعاونی نانو بتن امین	200

1	کد نمونه:
سرباره	نوع نمونه:

جدول شماره ۱ : نتایج تجزیه سرندی

Size	180 Mic	125 Mic	90 Mic	75 Mic	63 Mic	45 Mic	Un 45 Mic
Gr	3.89	4.16	3.12	2.85	4.16	2.22	29.60
R.P	7.78	8.32	6.24	5.70	8.32	4.44	59.20
Wt.P	7.78	16.10	22.34	28.04	36.36	40.80	100.00

جدول شماره۲: نتایج شمارش تشکیل دهنده ها در فراکسیون های مختلف

Size	180 Mic	125 Mic	90 Mic	75 Mic	63 Mic	45 Mic
کوارتز	4.00	2.00	2.00	1.00	4.00	1.00
مواد آمورف و شیشه	215.00	196.00	245.00	319.00	392.00	294.00
کوارتز آغشته	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
مواد آمورف و شیشه آغشته	4.00	2.00	3.00	8.00	5.00	4.00
کربنات	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
کانیهای رسی	2.00	1.00	3.00	3.00	5.00	3.00
کانیهای اپک(کدر)	8.00	5.00	8.00	16.00	15.00	15.00
مجموع	233.00	206.00	262.00	347.00	421.00	318.00

جدول شماره ۳ : نتایج درصد نسبی در فراکسیون های مختلف

Size	180 Mic	125 Mic	90 Mic	75 Mic	63 Mic	45 Mic
کوارتز	1.72	0.97	0.76	0.29	0.95	0.31
مواد آمورف و شیشه	92.27	95.15	93.51	91.93	93.11	92.45
کوارتز آغشته	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.31
مواد آمورف و شیشه آغشته	1.72	0.97	1.15	2.31	1.19	1.26
کربنات	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
کانیهای رسی	0.86	0.49	1.15	0.86	1.19	0.94
کانیهای اپک(کدر)	3.43	2.43	3.05	4.61	3.56	4.72
مجموع	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

جدول شماره ۴: نتایج درصد نسبی وزنی تشکیل دهنده ها در فراکسیون های مختلف

Size	180 Mic	125 Mic	90 Mic	75 Mic	63 Mic	45 Mic
کوارتز	0.13	0.08	0.05	0.02	0.08	0.01
مواد آمورف و شیشه	7.18	7.92	5.84	5.24	7.75	4.10
کوارتز آغشته	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01
مواد آمورف و شیشه آغشته	0.13	0.08	0.07	0.13	0.10	0.06
کربنات	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
کانیهای رسی	0.07	0.04	0.07	0.05	0.10	0.04
کانیهای اپک(کدر)	0.27	0.20	0.19	0.26	0.30	0.21
مجموع	7.78	8.32	6.24	5.70	8.32	4.44

جدول شماره ۵ : میانگین درصد نسبی و مجموع درصد وزنی

	کوارتز	آمورف و شیشه	کوارتز آغشته	آمورف و شیشه آغشته	کربنات	کانیهای رسی	کانیهای اپک(کدر)	مجموع
AVG	0.91	93.19	0.09	1.40	0.00	0.90	3.50	100.00
Total-Wt.P	0.37	38.02	0.04	0.57	0.00	0.37	1.43	40.80

Head of Lab: Eng. S.Salehi

امضاء سرپرست آزمایشگاه: مهندس صمد صالحی **مشاور مینرالوژی :** مهندس روح شهباز

۰۲ معرفی تحقیق

موضوع تحقیق

- در این تحقیق برای دستیابی به مقاومت فشاری ۳۰ مگاپاسکال با استفاده از ترکیب سه جزیی سرباره، سیمان، دوده سیلیسی (یا به اصطلاح میکروسیلیس) استفاده شده است و پارامتر اولیه کسب مقاومت با شرایط اقتصادی مناسب و کسب دوام قابل قبول بوده است که طراحی آزمون با استفاده از نرم افزار متغییرهای معادله ای استخراج شده است و پس از آن حالت بهینه معرفی شده از نرم افزار کنترل های لازم را انجام شده که صحت آنها کنترل گردد

طرح اختلاط نهایی با عیار ۳۸۵ کیلوگرم مواد سیمانی، ۲۱.۱ درصد سرباره جایگزین، ۳.۲ درصد میکروسیلیس، ۰.۹۱ نسبت سنگدانه درشت به ریز و آب به سیمان ۰.۴۷۸ بدست آمده است

مصالح

مصالح استفاده شده

۱- سیمان پرتلند تیپ ۲

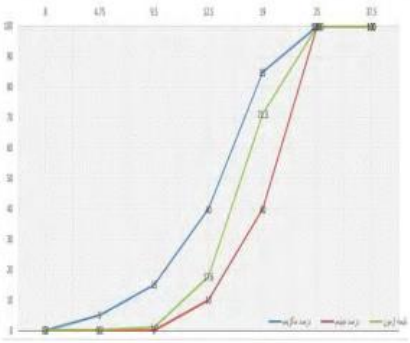
۲- مصالح سنگی تولیدی شرکت نانوبتن امین

۳- افزودنی شیمیایی شرکت نانوبتن امین

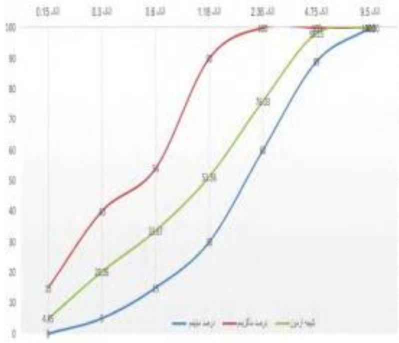
۴- آب شهری

۵- سرباره آسیاب شده

۶- دوده سیلیسی (میکرو سیلیس)



شکل ۱- نمودار دانه بندی ریزدانه (ماسه)



شکل ۲- نمودار دانه بندی درشت‌دانه(شن)

شکل ۳- سنگدانه ها

۳۰ طرح اختلاط تست شده

جدول ۵- طرح اختلاط آزمایش‌ها

شماره آزمایش	سیمان	سرباره	[illegible]	آب	درشت‌دانه	ریزدانه
۱	۲۴۰	۱۵۰	۱۰	۲۱۲,۳۴	۷۰۸,۷۷	۹۳۳,۹۹
۲	۲۲۰	۱۵۰	۳۰	۲۰۸,۰۶	۷۰۵,۸۲	۹۳۴,۳۸
۳	۲۴۰	۱۵۰	۱۰	۱۹۲,۷۶	۷۹۰,۰۰	۹۱۴,۴۵
۴	۱۸۰	۲۰۰	۲۰	۲۰۶,۲۴	۸۶۰,۴۳	۸۱۱,۳۸
۵	۲۸۰	۱۰۰	۲۰	۲۱۵,۹۳	۸۶۳,۴۴	۸۰۴,۴۸
۶	۲۸۰	۱۰۰	۲۰	۲۱۶,۸۸	۱۰۰۳,۷۱	۶۳۷,۳۵
۷	۳۰۰	۱۰۰	۰	۲۱۳,۵۹	۸۶۶,۱۵	۸۱۰,۹۹
۸	۲۲۰	۱۵۰	۳۰	۲۲۴,۲۵	۷۵۷,۳۳	۸۷۰,۴۶
۹	۲۸۰	۱۰۰	۲۰	۲۱۶,۹۳	۸۶۲,۷۸	۸۰۴,۱۴
۱۰	۳۸۰	۰	۲۰	۲۱۶,۹۹	۸۶۵,۷۵	۸۰۶,۹۱
۱۱	۳۴۰	۵۰	۱۰	۲۲۹,۶۹	۷۶۴,۰۱	۷۸۰,۹۸
۱۲	۲۸۰	۱۰۰	۲۰	۲۱۸,۳۰	۸۶۳,۴۷	۸۰۲,۰۸
۱۳	۲۸۰	۱۰۰	۲۰	۱۸۶,۴۳	۸۹۱,۶۱	۸۳۷,۹۳
۱۴	۳۲۰	۵۰	۳۰	۲۱۶,۸۵	۷۶۲,۰۵	۸۷۸,۹۲
۱۵	۳۴۰	۵۰	۱۰	۱۹۵,۴۲	۷۹۴,۰۱	۹۱۳,۵۶
۱۶	۲۲۰	۱۵۰	۳۰	۱۹۵,۳۷	۷۸۸,۱۶	۹۰۶,۸۳
۱۷	۲۸۰	۱۰۰	۲۰	۲۰۱,۰۹	۸۶۴,۷۶	۸۱۸,۰۰
۱۸	۳۴۰	۵۰	۱۰	۲۱۴,۶۵	۹۲۷,۳۱	۷۳۴,۳۷
۱۹	۲۴۰	۱۵۰	۱۰	۲۱۱,۰۲	۷۶۳,۲۴	۸۸۴,۶۴
۲۰	۳۴۰	۵۰	۱۰	۱۹۰,۲۳	۹۶۳,۲۳	۷۶۱,۶۱
۲۱	۲۸۰	۱۰۰	۲۰	۲۰۲,۷۶	۸۶۴,۸۵	۸۱۶,۲۴
۲۲	۳۲۰	۵۰	۳۰	۲۱۶,۱۲	۹۲۳,۵۶	۷۲۹,۷۵
۲۳	۲۸۰	۱۰۰	۲۰	۲۰۴,۵۷	۶۶۱,۱۵	۱۰۰۳,۵۹
۲۴	۳۲۰	۵۰	۳۰	۱۹۴,۶۰	۱۸۹,۳۴	۹۱۲,۲۰
۲۵	۲۴۰	۱۵۰	۱۰	۱۹۲,۰۴	۹۵۸,۱۷	۷۵۹,۰۵
۲۶	۲۲۰	۱۵۰	۳۰	۱۹۲,۰۲	۹۵۴,۳۳	۷۵۶,۰۱
۲۷	۳۲۰	۵۰	۳۰	۱۹۳,۷۵	۹۵۸,۴۳	۷۵۶,۰۰
۲۸	۲۸۰	۱۰۰	۲۰	۲۰۴,۳۴	۸۶۴,۷۶	۸۱۴,۷۵
۲۹	۲۶۰	۱۰۰	۴۰	۲۰۳,۶۷	۸۶۰,۴۶	۸۱۲,۸۴
۳۰	۲۸۰	۱۰۰	۳۰	۲۲۳,۵۷	۸۳۷,۲۴	۷۹۰,۹۱

رابطه محاسبه مقاومت فشاری

۳,۵,۳. معادله نهایی برای مقاومت فشاری ۲۸روزه

با توجه به ضرایب متغیرها برای این معادله (۳)، بیشترین تاثیر منفی بر روی مقاومت فشاری ۲۸ روزه مربوط به ضریب آب به سیمان برابر ۲۸۸۵۸,۴۱ بوده است و همچنین بیشترین تاثیر مثبت بر روی معادله مربوط به ضریب $\left(\frac{C}{F}\right)*\left(\frac{W}{C}\right)$ ، برابر با ۴۵۷,۸ بوده است.

(۳)

$$
\begin{aligned}
CS28 = {} & -56.42369(SF) - 12.49293(SLAG) - 673.00527\left(\frac{C}{F}\right) - 28853.41365\left(\frac{W}{C}\right) \\
& - 0.136(SF)*(SLAG) + 5.06024(SF)*\left(\frac{C}{F}\right) + 106(SF)*\left(\frac{W}{C}\right) \\
& - 0.289157(SLAG)*\left(\frac{C}{F}\right) + 19.2(SLAG)*\left(\frac{W}{C}\right) + 457.83133\left(\frac{C}{F}\right)*\left(\frac{W}{C}\right) \\
& + 0.353333(SF)^2 + 0.041333(SLAG^2) + 193.54527\left(\frac{C}{F}\right)^2 \\
& + 25933.33333\left(\frac{W}{C}\right)^2 + 8562.19773
\end{aligned}
$$

در این رابطه CS28 نماد مقاومت فشاری ۲۸روزه، SF نماد درصد میکروسیلیس، SLAG نماد درصد سرباره، C/F نماد نسبت درشت دانه به ریزدانه، W/C نماد نسبت آب به سیمان می‌باشد.

۰۳

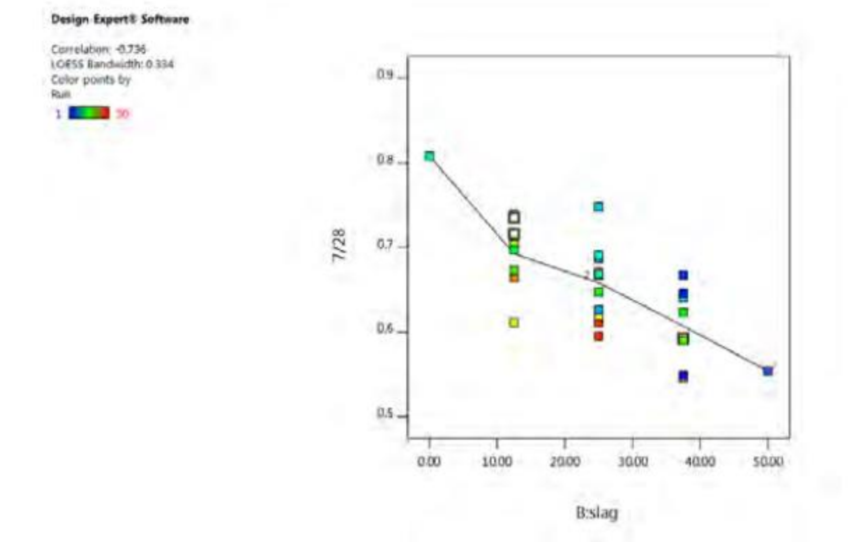
فعالیت های انجام شده

نتایج مقاومت فشاری

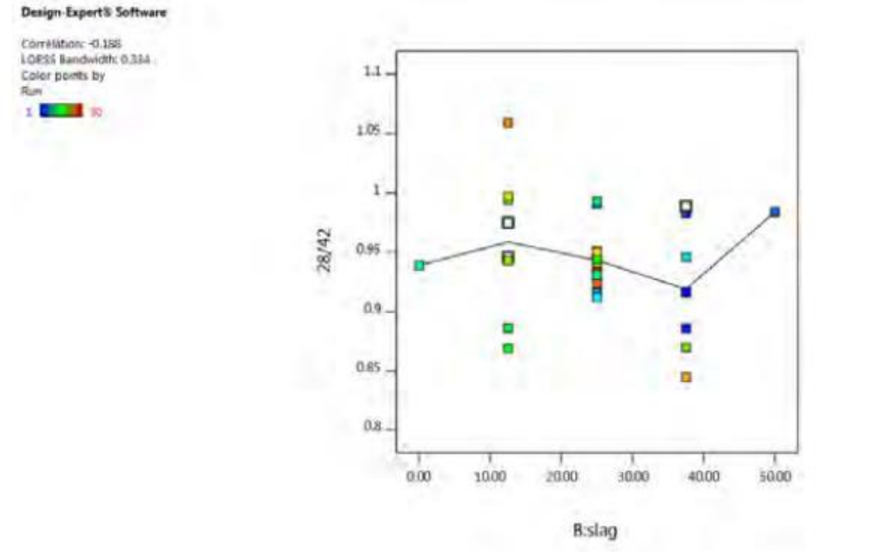
جدول ۶- نتایج آزمایش‌ها

شماره آزمایش	درصد میکروسیلیس	درصد سرباره	نسبت شن به ماسه	نسبت آب به سیمان	اسلامپ	میانگین وزن	مقاومت ۷ روزه	مقاومت ۲۸ روزه	مقاومت ۴۲ روزه	نسبت مقاومت ۷به ۲۸روزه	نسبت مقاومت ۲۸به ۴۲روزه
۱	2.50	37.50	1.29	0.53	۱۲	۲۴۳۳	۱۵۱	۲۷۵	300	0.549	0.917
۲	7.50	37.50	1.29	0.53	۸	۲۳۹۸	۲۱۲	۳۲۸	370	0.646	0.886
۳	2.50	37.50	0.88	0.47	۴	۲۴۷۶	۲۳۶	۳۵۴	360	0.667	0.983
۴	5.00	50.00	1.08	0.50	۸,۵	۲۴۲۵	۱۷۰	۳۰۷	312	0.554	0.984
۵	5.00	25.00	1.08	0.50	۷,۵	۲۴۱۲	۲۱۱	۳۰۷	335	0.687	0.916
۶	5.00	25.00	1.50	0.50	۹	۲۴۳۱	۲۰۶	۳۲۹	332	0.626	0.991
۷	0.00	25.00	1.08	0.50	۱۰	۲۴۸۱	۲۳۴	۳۱۳	337	0.748	0.929
۸	7.50	37.50	0.88	0.53	۱۱	۲۳۶۱	۱۸۰	۲۸۱	297	0.641	0.946
۹	5.00	25.00	1.08	0.50	۸	۲۴۲۵	۲۵۱	۳۱۱	393	0.807	0.791
۱۰	5.00	0.00	1.08	0.50	۱۰	۲۴۳۴	۲۹۸	۳۶۹	393	0.808	0.939
۱۱	2.50	12.50	0.88	0.53	۱۹	۲۴۰۳	۲۲۷	۳۰۹	317	0.735	0.975
۱۲	5.00	25.00	1.08	0.50	۹	۲۴۲۹	۲۰۷	۲۹۳	333	0.706	0.88
۱۳	5.00	25.00	1.08	0.45	۲,۵	۲۵۰۷	۳۰۶	۴۵۸	461	0.668	0.993
۱۴	7.50	12.50	0.88	0.53	۸	۲۴۰۳	۲۴۹	۳۵۷	403	0.697	0.886
۱۵	2.50	12.50	0.88	0.47	۴	۲۴۹۰	۳۰۳	۴۱۰	472	0.739	0.869
۱۶	7.50	37.50	0.88	0.47	۲,۵	۲۴۴۸	۲۱۸	۳۵۰	382	0.623	0.916
۱۷	5.00	25.00	1.08	0.50	۸	۲۴۲۲	۲۰۷	۳۵۰	367	0.591	0.954
۱۸	2.50	12.50	1.29	0.53	۱۳	۲۴۲۶	۲۲۲	۳۳۰	332	0.673	0.994
۱۹	2.50	37.50	0.88	0.53	۱۵	۲۴۳۱	۱۷۰	۲۸۸	331	0.59	0.87
۲۰	2.50	12.50	1.29	0.47	۵	۲۴۸۷	۲۸۱	۳۹۹	423	0.704	0.943
۲۱	5.00	25.00	1.08	0.50	۷	۲۴۴۵	۲۳۱	۳۳۲	335	0.696	0.991
۲۲	7.50	12.50	1.29	0.53	۹	۲۳۸۹	۲۰۷	۳۳۹	340	0.611	0.997
۲۳	5.00	25.00	0.67	0.50	۶	۲۴۳۸	۲۲۴	۳۶۲	381	0.619	0.95
۲۴	7.50	12.50	0.88	0.47	۵	۲۴۴۰	۲۸۸	۴۰۲	425	0.716	0.946
۲۵	2.50	37.50	1.29	0.47	۹	۲۵۰۰	۲۱۰	۳۵۴	358	0.593	0.989
۲۶	7.50	37.50	1.29	0.47	۵,۵	۲۴۷۱	۱۷۹	۳۲۸	388	0.546	0.845
۲۷	7.50	12.50	1.29	0.47	۵	۲۴۷۶	۲۸۸	۴۳۴	435	0.664	1.059
۲۸	5.00	25.00	1.08	0.50	۸	۲۴۲۴	۲۳۰	۳۲۱	382	0.717	0.84
۲۹	10.00	25.00	1.08	0.50	۵,۵	۲۴۱۰	۲۰۱	۳۲۹	346	0.611	0.951
۳۰	5.00	25.00	1.08	0.55	۱۸	۲۳۹۵	۱۷۶	۲۹۶	316	0.595	0.937

نسبت مقاومت ها



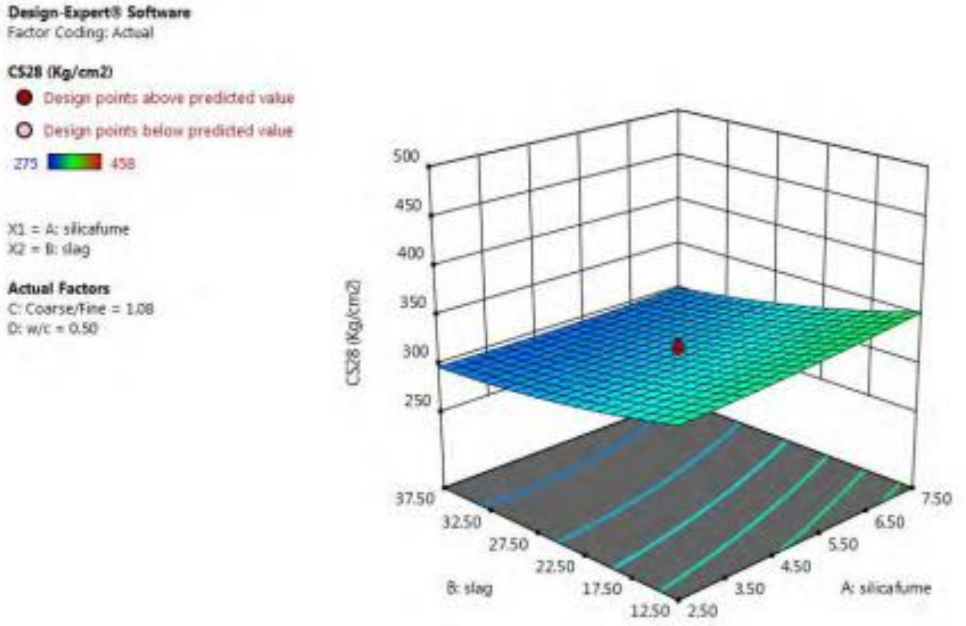
شکل ۸- نمودار درصد سرباره به نسبت مقاومت فشاری ۷روزه به ۲۸روزه



شکل ۹- نمودار درصد سرباره به نسبت مقاومت فشاری ۲۸روزه به ۴۲روزه

۳.۴. تاثیر بر هم کنش میکروسیلیس و سرباره بر روی مقاومت فشاری ۲۸ روزه برای نقطه مرکزی

با توجه به شکل ۱۰ مشاهده می‌شود که با کاهش سرباره از ۲۵ و همچنین افزایش درصد میکروسیلیس، سبب افزایش مقاومت فشاری ۲۸ روزه می‌شود.



شکل ۱۰- نمودار سه بعدی تاثیر برهم کنش میکروسیلیس و سرباره بر مقاومت فشاری ۲۸ روزه

۰۴ نتایج و جمع بندی ها

نتایج مقاومت فشاری

جدول ۶- نتایج آزمایش‌ها

شماره آزمایش	درصد میکروسیلیس	درصد سرباره	نسبت شن به ماسه	نسبت آب به سیمان	اسلامپ	میانگین وزن	مقاومت ۷ روزه	مقاومت ۲۸ روزه	مقاومت ۴۲ روزه	نسبت مقاومت ۷به ۲۸روزه	نسبت مقاومت ۲۸به ۴۲روزه
۱	2.50	37.50	1.29	0.53	۱۲	۲۴۳۳	۱۵۱	۲۷۵	300	0.549	0.917
۲	7.50	37.50	1.29	0.53	۸	۲۳۹۸	۲۱۲	۳۲۸	370	0.646	0.886
۳	2.50	37.50	0.88	0.47	۴	۲۴۷۶	۲۳۶	۳۵۴	360	0.667	0.983
۴	5.00	50.00	1.08	0.50	۸،۵	۲۴۲۵	۱۷۰	۳۰۷	312	0.554	0.984
۵	5.00	25.00	1.08	0.50	۷،۵	۲۴۱۲	۲۱۱	۳۰۷	335	0.687	0.916
۶	5.00	25.00	1.50	0.50	۹	۲۴۳۱	۲۰۶	۳۲۹	332	0.626	0.991
۷	0.00	25.00	1.08	0.50	۱۰	۲۴۸۱	۲۳۴	۳۱۳	337	0.748	0.929
۸	7.50	37.50	0.88	0.53	۱۱	۲۳۶۱	۱۸۰	۲۸۱	297	0.641	0.946
۹	5.00	25.00	1.08	0.50	۸	۲۴۲۵	۲۵۱	۳۱۱	393	0.807	0.791
۱۰	5.00	0.00	1.08	0.50	۱۰	۲۴۳۴	۲۹۸	۳۶۹	393	0.808	0.939
۱۱	2.50	12.50	0.88	0.53	۱۹	۲۴۰۳	۲۲۷	۳۰۹	317	0.735	0.975
۱۲	5.00	25.00	1.08	0.50	۹	۲۴۲۹	۲۰۷	۲۹۳	333	0.706	0.88
۱۳	5.00	25.00	1.08	0.45	۲،۵	۲۵۰۷	۳۰۶	۴۵۸	461	0.668	0.993
۱۴	7.50	12.50	0.88	0.53	۸	۲۴۰۳	۲۴۹	۳۵۷	403	0.697	0.886
۱۵	2.50	12.50	0.88	0.47	۴	۲۴۹۰	۳۰۳	۴۱۰	472	0.739	0.869
۱۶	7.50	37.50	0.88	0.47	۲،۵	۲۴۴۸	۲۱۸	۳۵۰	382	0.623	0.916
۱۷	5.00	25.00	1.08	0.50	۸	۲۴۲۲	۲۰۷	۳۵۰	367	0.591	0.954
۱۸	2.50	12.50	1.29	0.53	۱۳	۲۴۲۶	۲۲۲	۳۳۰	332	0.673	0.994
۱۹	2.50	37.50	0.88	0.53	۱۵	۲۴۳۱	۱۷۰	۲۸۸	331	0.59	0.87
۲۰	2.50	12.50	1.29	0.47	۵	۲۴۸۷	۲۸۱	۳۹۹	423	0.704	0.943
۲۱	5.00	25.00	1.08	0.50	۷	۲۴۴۵	۲۳۱	۳۳۲	335	0.696	0.991
۲۲	7.50	12.50	1.29	0.53	۹	۲۳۸۹	۲۰۷	۳۳۹	340	0.611	0.997
۲۳	5.00	25.00	0.67	0.50	۶	۲۴۳۸	۲۲۴	۳۶۲	381	0.619	0.95
۲۴	7.50	12.50	0.88	0.47	۵	۲۴۴۰	۲۸۸	۴۰۲	425	0.716	0.946
۲۵	2.50	37.50	1.29	0.47	۹	۲۵۰۰	۲۱۰	۳۵۴	358	0.593	0.989
۲۶	7.50	37.50	1.29	0.47	۵،۵	۲۴۷۱	۱۷۹	۳۲۸	388	0.546	0.845
۲۷	7.50	12.50	1.29	0.47	۵	۲۴۷۶	۲۸۸	۴۳۴	435	0.664	1.059
۲۸	5.00	25.00	1.08	0.50	۸	۲۴۲۴	۲۳۰	۳۲۱	382	0.717	0.84
۲۹	10.00	25.00	1.08	0.50	۵،۵	۲۴۱۰	۲۰۱	۳۲۹	346	0.611	0.951
۳۰	5.00	25.00	1.08	0.55	۱۸	۲۳۹۵	۱۷۶	۲۹۶	316	0.595	0.937

آزمون مقاومت الکتریکی بتن سخت شده

آزمونهای دوامی RCPT و RCMT

آزمون‌های دوامی RCMT

جمع بندی نتایج

ردیف	شماره نمونه	تاریخ نمونه گیری	مواد سیمانی	مقاومت فشاری						مقاومت الکتریکی						RCMT		RCPT		میانگین جذب آب نیم ساعته	میانگین جذب آب یک روزه
				۳	۷	۲۸	۴۲	۵۶	۹۰	۳	۷	۲۸	۴۲	۵۶	۹۰	۵۶	۹۰	۵۶	۹۰		
۱	۳۷۳۴	۱۳۹۸/۰۷/۰۷	۲۴۰+۱۰+۱۵۰	۱۶۴	۲۳۶	۳۵۴	۳۴۷	۳۹۷		۴.۷۸	۶.۴۸	۲۶.۲	۳۲.۷	۳۸.۸	۴۸.۹	۵.۴۳	۳.۱۷	۹۳۸.۶	۸۰۷.۸	۱.۵۷	۶.۱۵
۲	۳۷۳۵	۱۳۹۸/۰۷/۰۷	۱۸۰+۲۰+۲۰۰	۱۱۷	۱۷۰	۳۰۷	۳۱۲	۳۳۶		۳.۷۵	۷.۵۷	۳۹.۷	۴۵.۸	۵۴	۶۴.۲	۳.۶۸	۰.۹۸	۸۰۱.۸	۵۲۹.۶	۲.۱۵	۷.۲۶
۳	۳۷۷۸	۱۳۹۸/۰۷/۱۵	۳۰۰+۱۰۰	۱۶۴	۲۳۴	۳۱۳	۳۳۷	۳۸۴		۴.۰۸	۵.۶۳	۱۰.۲	۱۲.۵	۱۴.۴	۲۰.۱	۸.۴۴	۸.۲۱	۳۸۵۱	۲۴۵۴	۲.۰۴	۶.۸۴
۴	۳۷۹۴	۱۳۹۸/۰۷/۱۷	۳۸۰+۲۰		۲۹۸	۳۶۹	۳۹۳	۳۸۷			۶.۸۴	۱۹.۵	۲۲	۲۲.۹	۲۴.۲	۶.۹۶	۶.۵۳	۱۸۶۵	۱۵۴۲	۲.۳۵	۶.۹۳
۵	۳۸۱۰	۱۳۹۸/۰۷/۲۱	۲۸۰+۲۰+۱۰۰	۲۱۳	۳۰۶	۴۵۸	۴۴۱	۴۶۱		۴.۸۸	۷.۳۶	۳۰	۳۷.۵	۴۳.۳	۴۶.۴	۳.۹۳	۳.۲۶	۱۰۸۰	۸۰۰.۹	۱.۴۷	۴.۹۳
۶	۳۸۱۱	۱۳۹۸/۰۷/۲۱	۳۲۰+۳۰+۵۰	۱۷۱	۲۴۹	۳۵۷	۴۰۳	۴۳۲		۳.۸۹	۵.۹۸	۲۷.۵	۳۱.۳	۳۵.۳	۳۹.۲	۴.۲۴	۴.۶۵	۱۲۴۰	۱۰۰۶	۲.۳۹	۷.۵
۷	۳۸۱۸	۱۳۹۸/۰۷/۲۲	۲۲۰+۱۵۰+۳۰	۱۴۷	۲۱۸	۳۵۰	۳۸۲	۴۲۹		۳.۸۲	۷.۳۸	۳۷.۵	۵۳.۴	۵۷.۱	۵۸.۲	۱.۷۲	۳.۹۳	۵۴۶.۵	۵۶۴.۵	۲.۰۷	۵.۶۷
۸	۳۸۲۴	۱۳۹۸/۰۷/۲۳	۲۸۰+۲۰+۱۰۰	۱۵۶	۲۰۷	۳۵۰	۳۶۷	۳۹۹		۴.۴۶	۶.۲۵	۲۶.۱	۳۵	۳۸.۴	۴۱.۱	۳.۷۱	۴.۰۹	۸۸۵.۲	۹۶۴.۵	۱.۸۳	۷.۵۵

نتایج نمونه های بهینه نرم افزار

ردیف	شماره نمونه	تاریخ تولید / نمونه گیری	عیار مواد سیمانی	مقاومت فشاری			RCMT	RCPT	
				۷	۲۸	۴۲	۵۶	۵۶	۹۰
۱	۴۰۴۰	۱۳۹۸/۰۹/۱۴	۳۰۳+۸۱.۶+۱۶	۲۶۶	۴۱۶	۴۳۷	۴.۲۷	۱۰۱۳.۴۷	
۲	۴۰۴۱	۱۳۹۸/۰۹/۱۴	۲۹۶.۱۹+۲۷.۰۸+۷۶.۷۳	۲۷۱	۳۸۲	۴۶۴	۴.۶۴	۱۰۲۱	
۳	۴۰۴۲	۱۳۹۸/۰۹/۱۴	۳۰۵.۷۸+۱۲.۲۰+۸۲.۰۲	۲۶۲	۳۷۰	۴۲۲	۴.۸۳	۱۰۹۰.۹۷	
۴	۴۰۵۲	۱۳۹۸/۰۹/۱۷	۳۲۳.۸۵+ ۱۰.۰۵+۶۶.۱۰	۳۰۹	۴۳۲	۴۰۱	۶	۲۱۶۱.۴۹	
۵	۴۰۵۳	۱۳۹۸/۰۹/۱۷	۳۱۰.۷۶+ ۲۹.۶+۵۹.۶۴	۳۲۵	۴۲۴	۵۰۴	۴.۰۷	۹۲۳.۷۷	
۶	۴۰۵۴	۱۳۹۸/۰۹/۱۷	۳۳۹.۰۴+ ۱۰.۴۴+۵۰.۵۲	۳۲۴	۴۳۷	۴۷۰	۷.۰۳	۱۸۰۷.۳۳	

سایر بررسی ها

نتایج حاصل شده از بررسی های دیگر

تاثیر استفاده از سرباره بر زمان گیرش

کارخانه سازنده سیمان	نوع سیمان	مشخصات سیمان	آب نرمال (mm)	مقدار آب نرمال (گرم)	ساعت شروع	گیرش اولیه(min)	گیرش نهایی(min)	درصد آب
نیزار	تیپ ۲	خمیرسیمان-بدون ماسه	۱۱	۱۵۳	۱۳:۵۵	۱۰۰	۱۶۵	۲۳.۵۳۸
نیزار-سرباره	تیپ ۲	۱۰درصدافزودنی سرباره	۱۰	۱۵۵	۱۰:۱۰	۱۲۰	۱۸۰	۲۳.۸۴۶
نیزار-سرباره	تیپ ۲	۲۰درصدافزودنی سرباره	۱۰	۱۵۴	۱۱:۲۰	۱۲۰	۱۸۰	۲۳.۶۹۲
نیزار-سرباره	تیپ ۲	۳۰درصدافزودنی سرباره	۹	۱۵۴	۱۳:۴۰	۱۲۰	۱۸۰	۲۳.۶۹۲
نیزار-سرباره	تیپ۲	۴۰درصد افزودنی سرباره	۹	۱۵۵	۱۰:۴۰	۱۲۰	۱۸۰	۲۳.۸۴۶
نیزار-سرباره	تیپ۲	۵۰درصدافزودنی سرباره	۹	۱۵۵	۱۴:۳۰	۱۲۰	۱۸۰	۲۳.۸۴۶

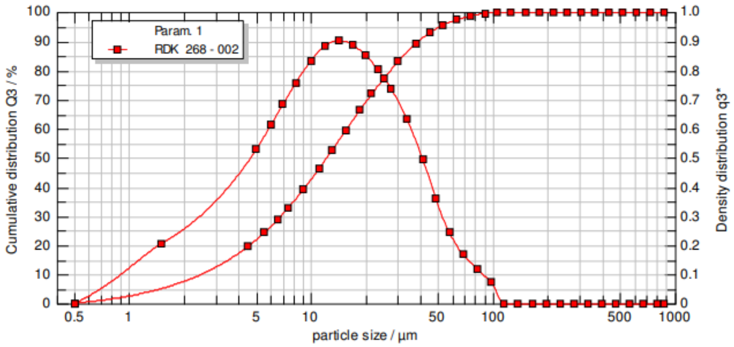
دانه بندی لیزری

Sympatec GmbH
System-Partikel-Technik

HELOS Particle Size Analysis
WINDOX 5

HELOS (H1681) & RODOS, R5: 0.5/4.5...875µm **2018-07-16, 08:43:00**,421
Raw Material

x_{10} = 2.54 µm **x_{50} = 12.19 µm** **x_{90} = 39.23 µm** **SMD = 7.09 µm** **VMD = 17.43 µm**
x_{16} = 3.76 µm x_{84} = 31.27 µm x_{99} = 81.76 µm S_V = 0.85 m²/cm³ S_m = 3122.89 cm²/g
N = 1.07 **d' =17.44µm**



cumulative distribution

x_0/µm	Q_3/%	x_0/µm	Q_3/%	x_0/µm	Q_3/%	x_0/µm	Q_3/%
4.50	19.64	18.50	66.31	75.00	98.59	305.00	100.00
5.50	24.25	21.50	71.86	90.00	99.50	365.00	100.00
6.50	28.69	25.00	77.12	105.00	100.00	435.00	100.00
7.50	32.93	30.00	82.96	125.00	100.00	515.00	100.00
9.00	38.93	37.50	89.10	150.00	100.00	615.00	100.00
11.00	46.18	45.00	93.01	180.00	100.00	735.00	100.00
13.00	52.60	52.50	95.40	215.00	100.00	875.00	100.00
15.50	59.49	62.50	97.26	255.00	100.00		

evaluation: WINDOX 5.1.2.0, *HRLD*
revalidation:
reference measurement: 07-16 08:39:16
contamination: 0.00 %

product: Raw Material
density: 2.71 g/cm³, shape factor: 1.00
disp. meth.: 3 bar - F 70% -G 1.2
C_{opt}= 3.87 %

trigger condition: Ref 10s-opt1%-T10s
time base: 100.00 ms
start: c.opt >= 1.0%
valid: always
stop: 10.000s c.opt <= 1.0% or 15.000s real time

user parameters:
Sample Code: RDK 268 - 002
Costumer code: Sample 1
Costumer Name: Nano Beton Amin Co .
Operator: Jamei

دانه بندی سرباره در کارخانه سیمان

ردیف	سایز الک	درصد باقیمانده
۱	۲۱۲ میکرون	۰
۲	۹۰ میکرون	۰.۶
۳	۶۳ میکرون	۲.۶
۴	۴۵ میکرون	۴

با تشکر از توجه شما

نانوبتن
NANO BETON

KC
شرکت سیمان کویر کاشان