مزایا وبرتری های عملکردی سیمان های کامپوزیت نسبت به سیمان های معمولی

حمیدرضا تاجیک

دبیر کمیته فنی استاندارد سیمان INSO/TC74-ISO

عضو هیات مدیره سیمان آرتا اردبیل

فهرست مطالب
سیمان های کامپوزیت

01 چشم انداز بازار مصرف

02 انواع سیمان آمیخته و کامپوزیت

03 استانداردها والزامات قانونی

04 مزایا وبرتری ها

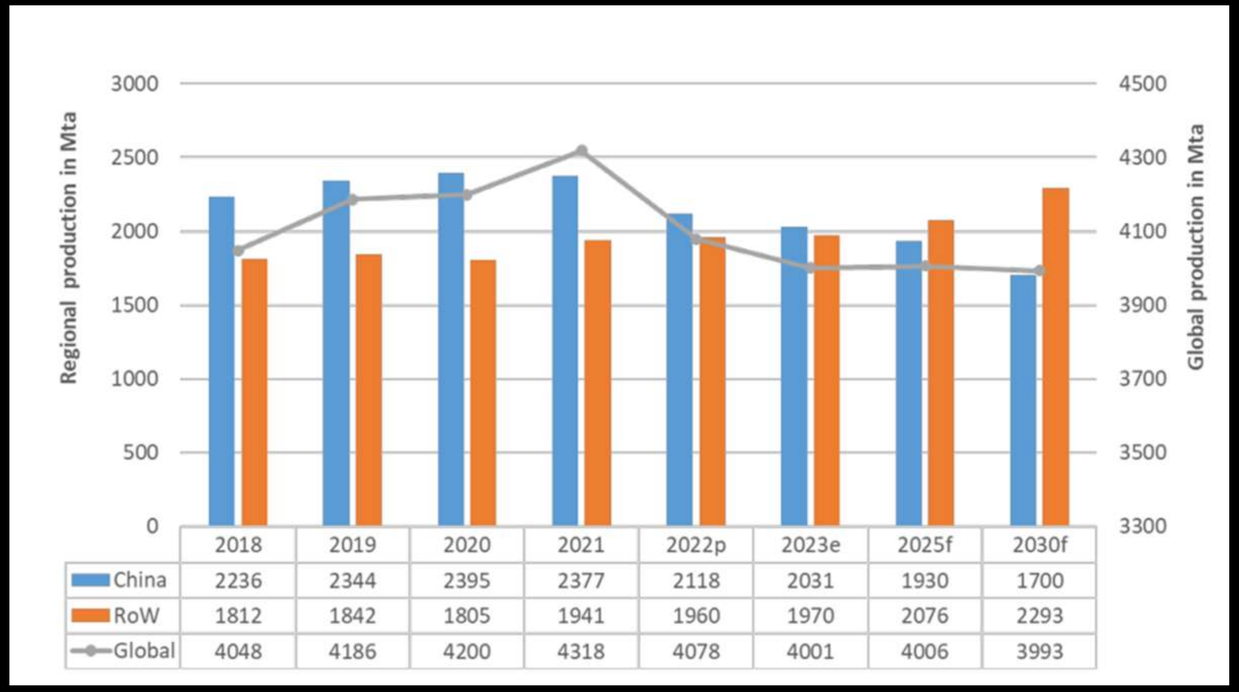
05 اولین استاندارد جهانی کلینکر

06 کاربردها و مثال های عملیاتی

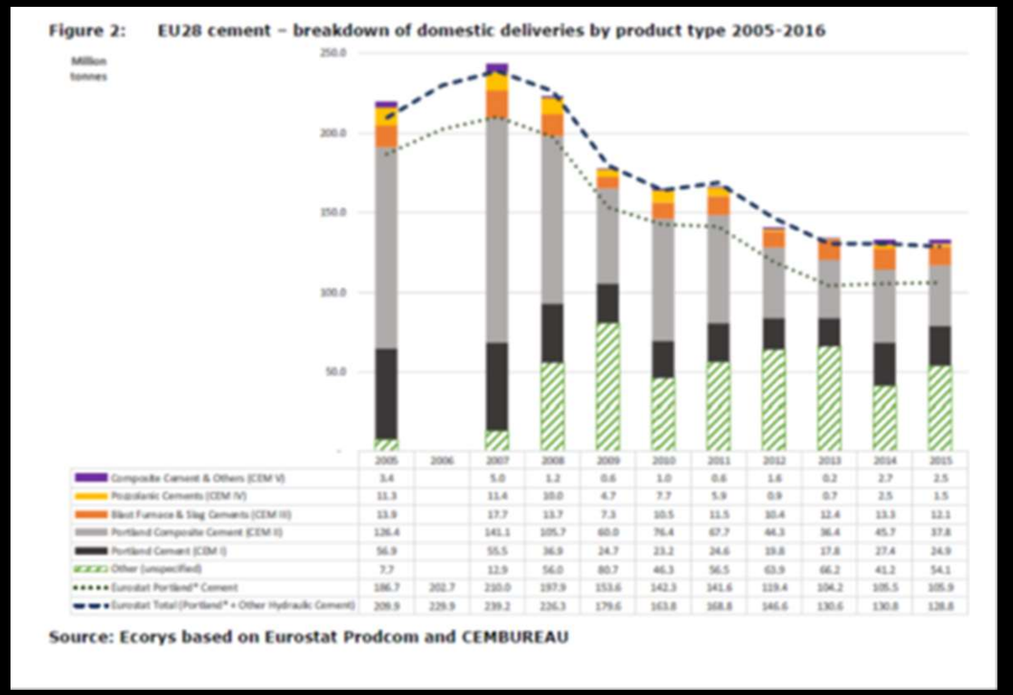
07 اقدامات برای توسعه مصرف

08 تنتیجه گیری

بیش از **۷۰ درصد** از سیمان مصرفی در اروپا از انواع کامپویت ، آمیخته ومرکب می باشد



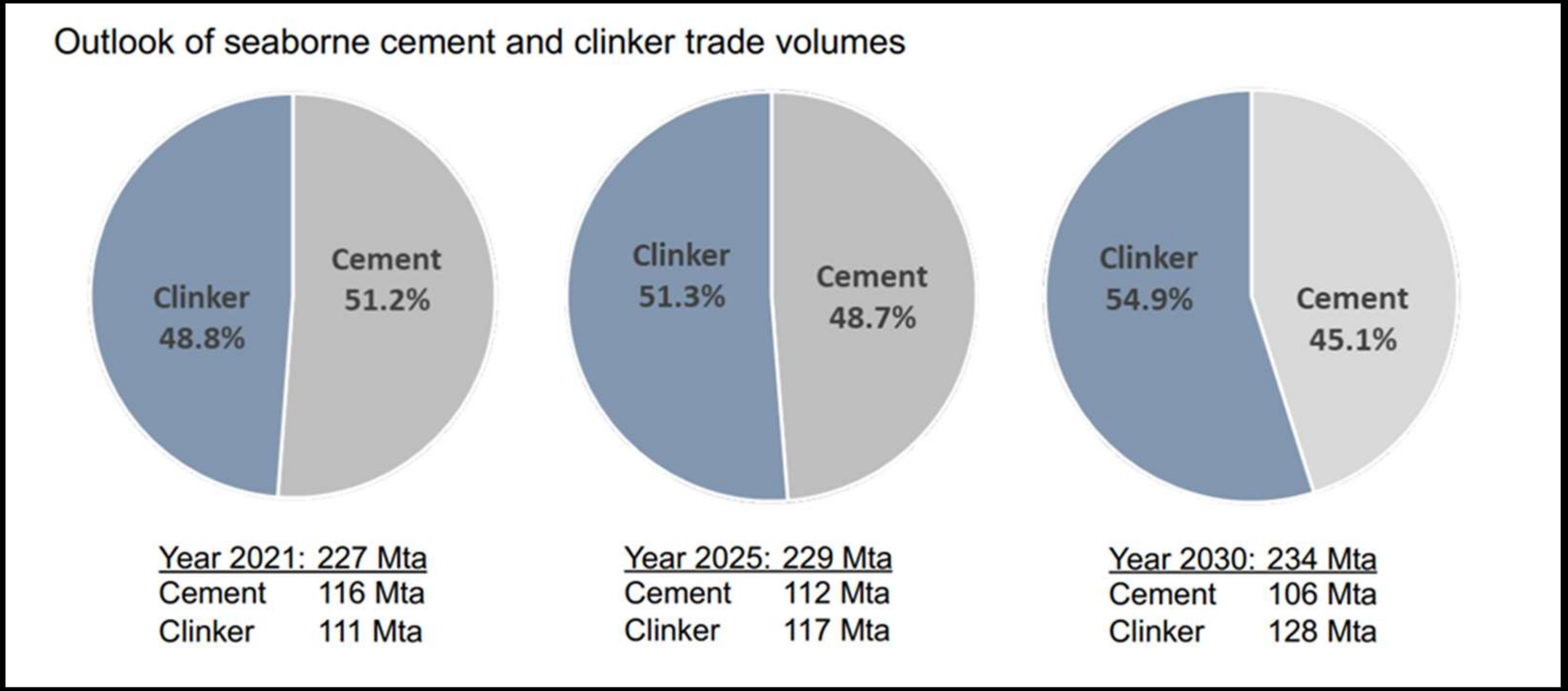
	2018	2019	2020	2021	2022p	2023e	2025f	2030f
China	2236	2344	2395	2377	2118	2031	1930	1700
RoW	1812	1842	1805	1941	1960	1970	2076	2293
Global	4048	4186	4200	4318	4078	4001	4006	3993



حدود ۴ میلیارد تن سیمان سالانه در جهان مصرف می شود.

Source: aCCF2Up

تغییرات جهانی در صادرات کلینکر به جای سیمان به منظور تولید سیمان های کامپوزیت



در سال‌های آینده کلینکر با داشتن سهمی از بازار بر تجارت سیمان غلبه خواهد کرد و تقریباً 55 درصد از این بازار را تا سال 2030 خواهد گرفت.

تاریخچه سیمان های آمیخته (کامپوزیت)

I. در سال 1965 سیمان کامپوزیت با 20 درصد آهک برای مصارف خاص در کشور آلمان بکار گرفته شد.

II. در سال 1967 سازمان ملی فرانسه مصرف آهک در سیمان را مجاز اعلام کرد.

III. در سال 1990 آلمان اجازه مصرف سیمان کامپوزیت با 15 % سنگ آهک را در ساخت وسازهای روتین مجاز اعلام کرد.

IV. درسال 1992 انگلستان تا 20 % سنگ آهک را مجاز اعلام کرد.

V. در سال 2000 اتحادیه اروپا استاندارد برای 27 نوع سیمان کامپوزیت با 6 الی 35 درصد سنگ آهک ارایه کرد.

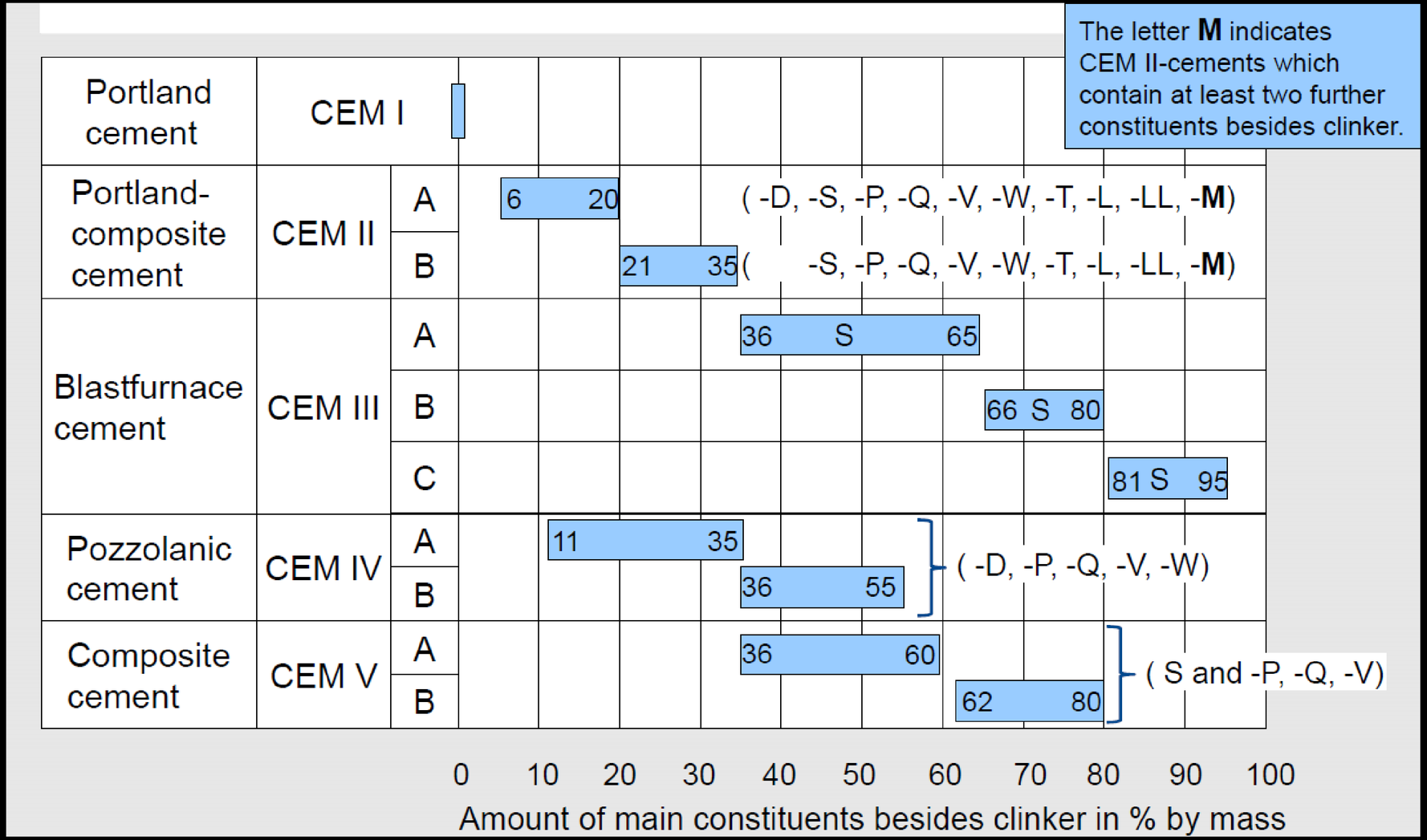
VI. در سال 2004 سازمان ملی استاندارد آمریکا انواع سیمان با 5% سنگ آهک در استاندارد ASTM C150 ارایه نمود.

VII. در سال 2007 استاندارد آشتو (وزارت راه آمریکا) برای مصرف سیمان کامپوزیت تا 5 % آهک ارایه شد.

VIII. تا سال 2030 کلینکر فاکتور در اتحادیه اروپا به 74 درصد کاهش می یابد به عبارت دیگر در سیمان 36 در صد از مواد طبیعی ومصنوعی دیگر بجای کلینکر استفاده می شود. واین مقدار تا سال 2050 به 65 درصد می رسد.

سیمان های کامپوزیت – مشخصات الزامی استاندارد

- Standard EN 197-1
  - 2011 (46 pages),
  - Revise 2018
- Standard Iran 11571-1
  - 1387 (7 pages)



سیمان کامپوزیت در استاندارد جدید اروپا ۲۰۱۹– کاهش مجدد مقدار کلینکر

- کاهش کلینکر به ۵۰ –۶۴درصد
- تولید سیمان جدید LC3

Revision of EN 197-1 (expected in 2018/2019)

- Investigated ternary cements confirm similar behaviour and performance like common hydraulic cements based on Portland cement clinker.
- Investigated cements show behaviour similar to CEM II and CEM III cements already standardized in EN 197-1

Proposal of introducing new ternary cement types in EN 197-1

Portland-composite cement CEM II/C-M

- **K-S-L/LL**
- **K-V-L/LL**
- **K-P-L/LL**
- **K-S-V**

Clinker content 50-64 %
16 to 44 % fly ash or slag
and 6 to 20 % limestone

Composite cement CEM VI

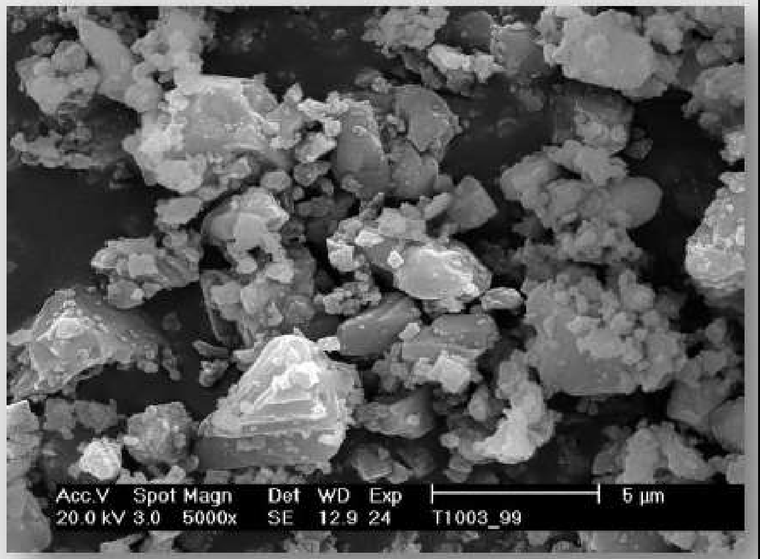
- **K-S-L/LL**
- **K-S-V**

Clinker content 35-49 %
31 to 59 % slag and 6 to 20 % limestone

ویژگی های الزامی در مواد جایگزین کلینکر – سنگ آهک

Requirements for limestone acc. EN 197-1 (L, LL)

- $CaCO_3$ content calculated from CaO — ≥ 75 mass %
- clay content acc. EN 933-9 — ≤ 1.20 g/100 g
- Total Organic Carbon acc. EN 13639 (TOC) content
  - “L” — ≤ 0.50 mass %
  - “LL” — ≤ 0.20 mass %

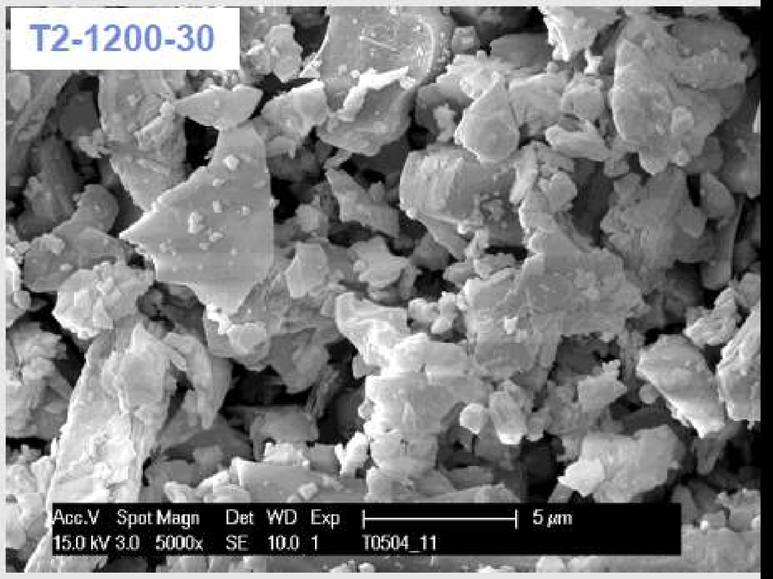


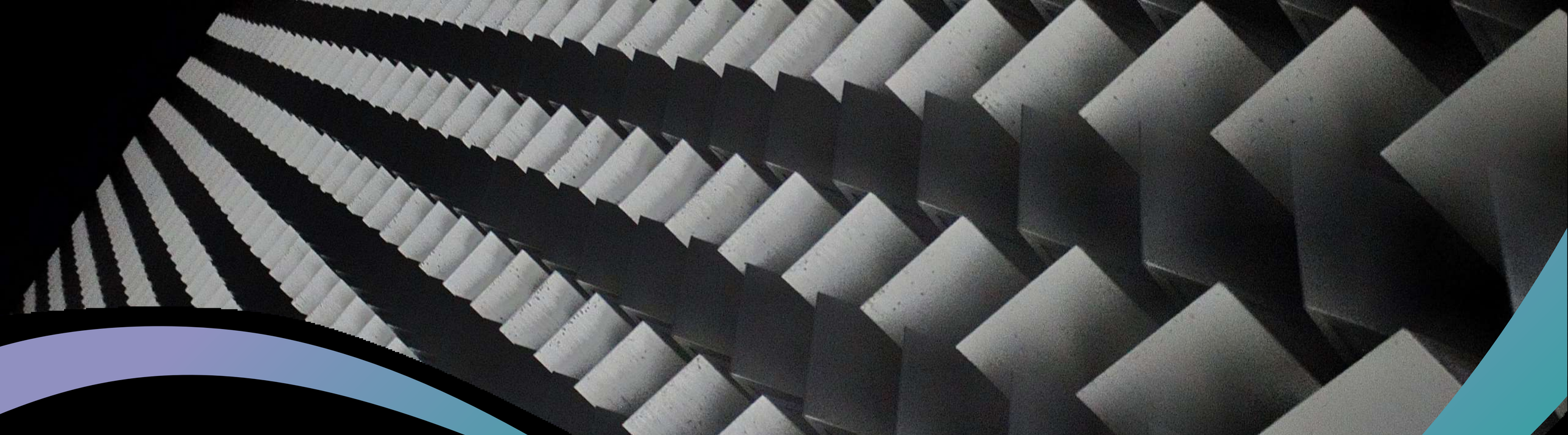
all limitations are due to avoiding damages caused by frost

ویژگی های الزامی در مواد جایگزین کلینکر – سنگ پوزولان

Requirements for pozzolanic materials acc. EN 197-1 (P,Q)

- natural substances of siliceous or silico-aluminous combinations
- reactive SiO_2 content ≥ 25.0 mass %
- finely ground and in the presence of water reaction with dissolved calcium hydroxide to CASH - phases
- natural pozzolanas (P) are materials of volcanic origin or sedimentary rocks
- natural calcined pozzolanas (Q) are materials of volcanic origin, clays, shales or sedimentary rocks that must be activated by thermal treatment





سیمان کامپوزیت سه جزئی

نوعی سیمان هیدرولیک که از آسیا کردن (همزمان یا جداگانه) کلینکر سیمان پرتلند با سنگ گچ وافزودنی های معدنی شامل:

1. سنگ آهک؛ 2.سنگ پوزولان؛ 3.سرباره 4.میکروسیلیس

واخیرا رس پخته شده LC3(اختراع پرفسور کارن اسکریوتر)

که به صورت تنهایی یا ترکیبات دوتایی در آسیاب اضافه می شوند، بدست می آید.

<u>توجه ویژه به همگنی پس از اختلاط</u>

هدف: ارتقای کیفیت و استاندارد سازی سیمان های کامپوزیت

از طریق ارایه ابزار های تشخیص جدید کیفیت در سیمان های کامپوزیت

مهمترین ویژگی وهدف در سیمان کامپوزیت = دوام بالا

ترک خوردگی وحفرات کمتر

گرمای هیدراتاسیون سیمان پایین تر

سینتیک واکنش های هیدراتاسیون آرام تر

Slag

Fly Ash

Shale

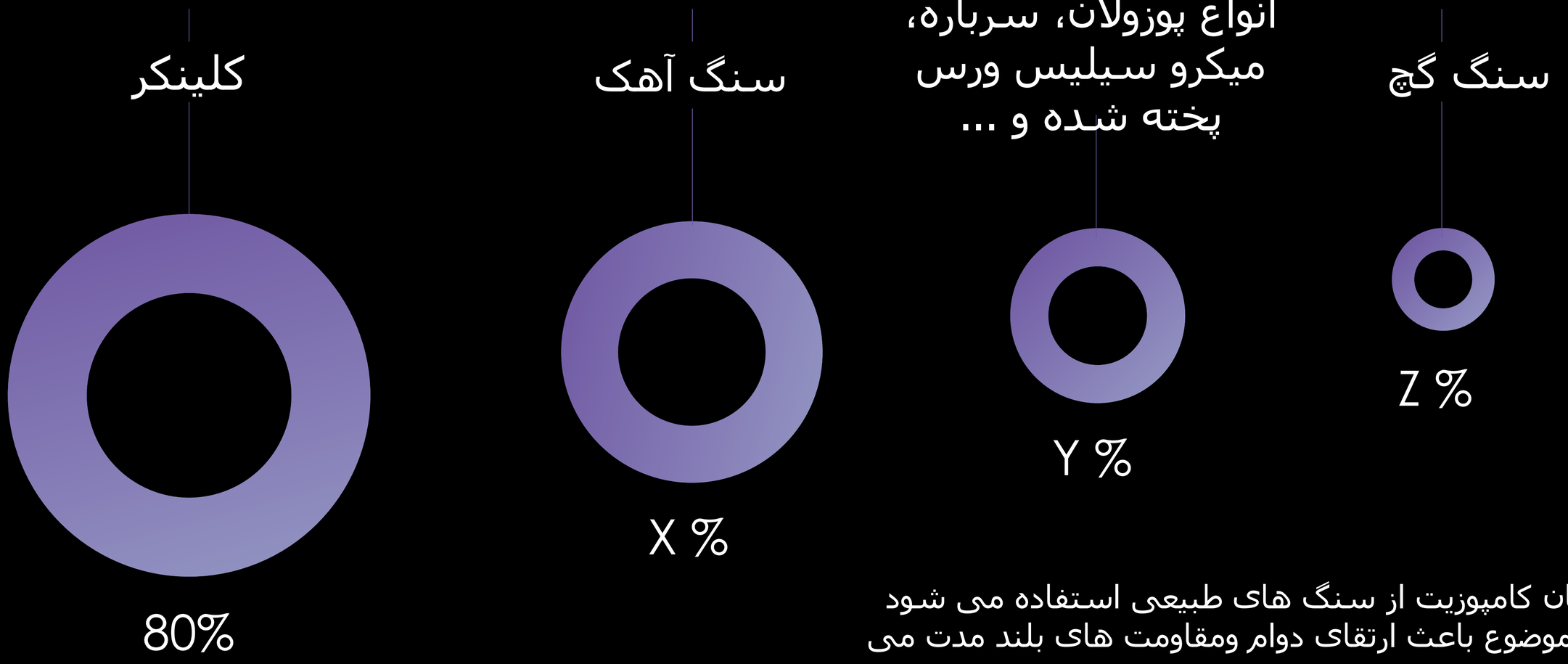
LC3 Calcined Clay

میکروسیلیس

پوزولان

سنگ آهک

فرمولاسیون سیمان کامپوزیت سه جزئی

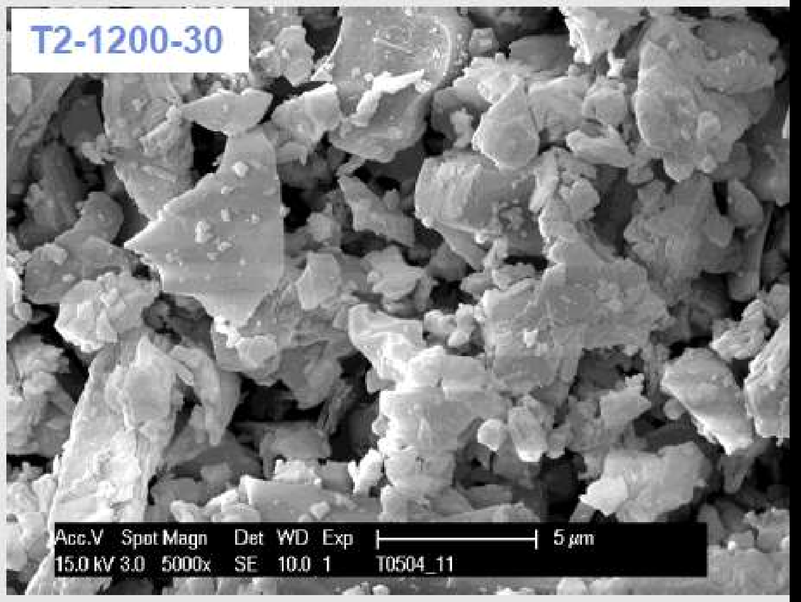


در سیمان کامپوزیت از سنگ های طبیعی استفاده می شود وهمین موضوع باعث ارتقای دوام ومقاومت های بلند مدت می شود
(مثل غذاهای خانگی وطبیعی در برابر فست فود که باروغن سرخ شده اند)

ویژگی های الزامی در ارزیابی کیفیت مواد اولیه سیمان کامپوزیت (پوزولان)

Requirements for pozzolanic materials acc. EN 197-1 (P,Q)

- natural substances of siliceous or silico-aluminous combinations
- reactive SiO_2 content ≥ 25.0 mass %
- finely ground and in the presence of water reaction with dissolved calcium hydroxide to CASH - phases
- natural pozzolanas (P) are materials of volcanic origin or sedimentary rocks
- natural calcined pozzolanas (Q) are materials of volcanic origin, clays, shales or sedimentary rocks that must be activated by thermal treatment



ویژگی های الزامی در ارزیابی کیفیت مواد اولیه کامپوزیت (سنگ آهک)

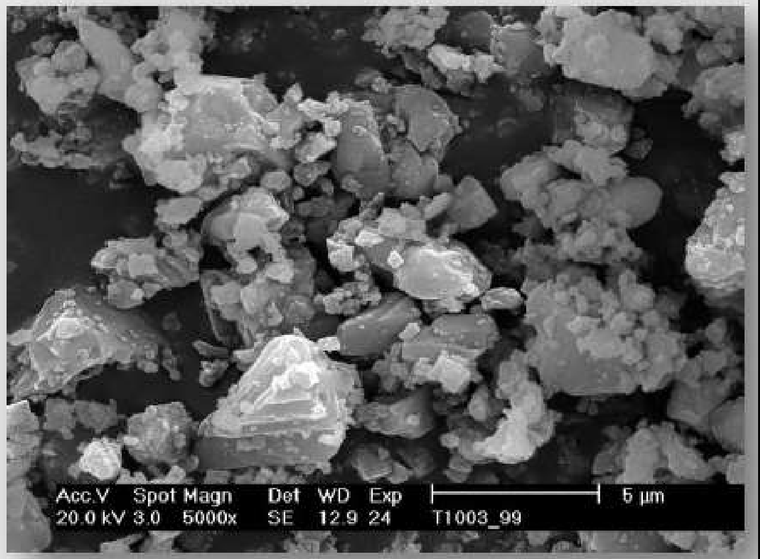
Requirements for limestone acc. EN 197-1 (L, LL)

- $CaCO_3$ content calculated from CaO ≥ 75 mass %
- clay content acc. EN 933-9 ≤ 1.20 g/100 g
- Total Organic Carbon acc. EN 13639

  (TOC) content

  “L” ≤ 0.50 mass %

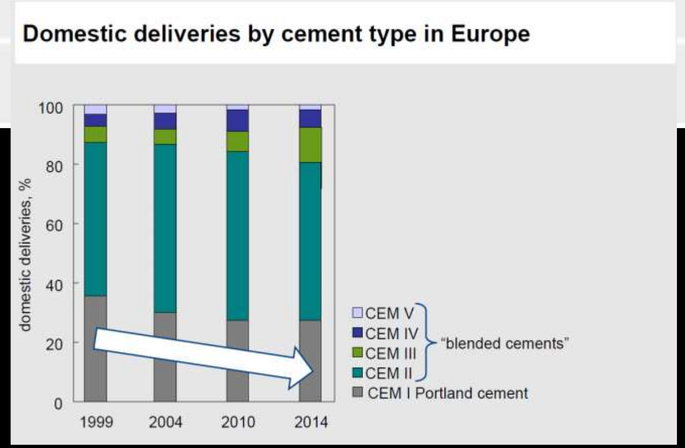
  “LL” ≤ 0.20 mass %



all limitations are due to avoiding damages caused by frost

Report 2018 VDZ – تولید وتوزیع انواع سیمان در اروپا

Domestic cement deliveries by type in %[4)]				
CEM I: Portland cement	29.8	30.4	28.6	27.6
CEM II/S, CEM II/P, CEM II/V: Portland-slag cement, Portland pozzolanic cement, Portland-fly ash cement	17.7	18.0	19.1	18.9
CEM II/T, CEM II/LL: Portland-burnt shale cement, Portland-limestone cement, Portland-composite cement	29.1	27.7	27.7	27.7
CEM III: Blastfurnace cement	22.4	22.7	23.9	25.4
CEM IV, CEM V: Pozzolanic cement, Composite cement	< 0.1	0.1	0.1	< 0.1
Other cement	1.0	1.1	0.5	0.4
Domestic cement deliveries	100.0	100.0	100.0	100.0



پروژه های انجام شده با سیمان کامپوزیت

German Motorway A 44 between Unna East and Werl

CEM III/A 42,5 N

Merklingen Bridge

CEM II/A-LL 32,5 R

Practical Experiences

Saale River Bridge at Beesedau. Part of motorway A 14

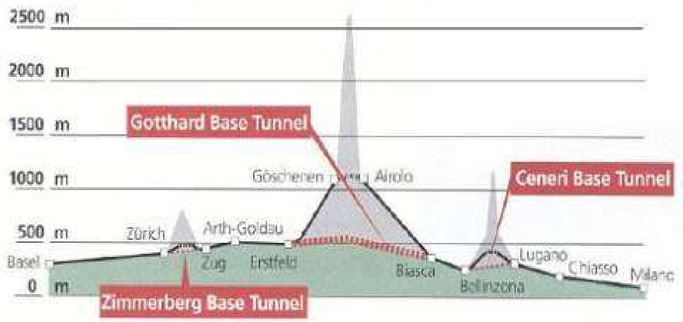
CEM III/A 32,5 N-NW/NA (columns)
CEM II/B-S 42,5 R (superstructure)
CEM II/B-S 32,5 R (deck)

Hohenwarthe Lock

CEM III/A 32,5 N-LH/NA (Bottom of the lock and side pond, chamber walls)

Gotthard tunnel, Switzerland

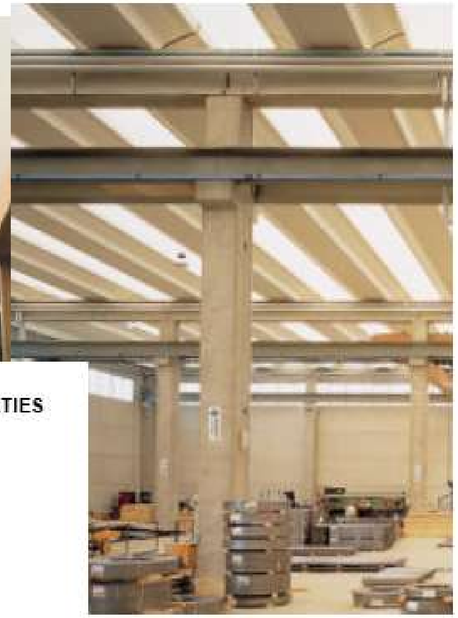
- Longest train tunnel worldwide with 57 km length
- Fastest way to pass through the alps
- Cement used:
  - CEM III: concrete in contact with high sulfated water
  - CEM II/A-D 52,5: shotcrete and precast
  - CEM II-A- L: concrete for paving



Use of CEM II A-L 42.5 R in precast industry - Italy

PANELS: CONCRETE MIX DESIGN AND PROPERTIES

CEM IIAL 42.5R	300 kg/m³
maximum size of aggregates	15 mm
Water	175 liters/ m³
Acrilic superplasticizer	3.5 l/ m³
Slump = 120 mm	
Rck = 30 MPa	
Rc at 15h (steam curing)	= 15 MPa at demoulding
Rc at 28 gg	= 40 MPa

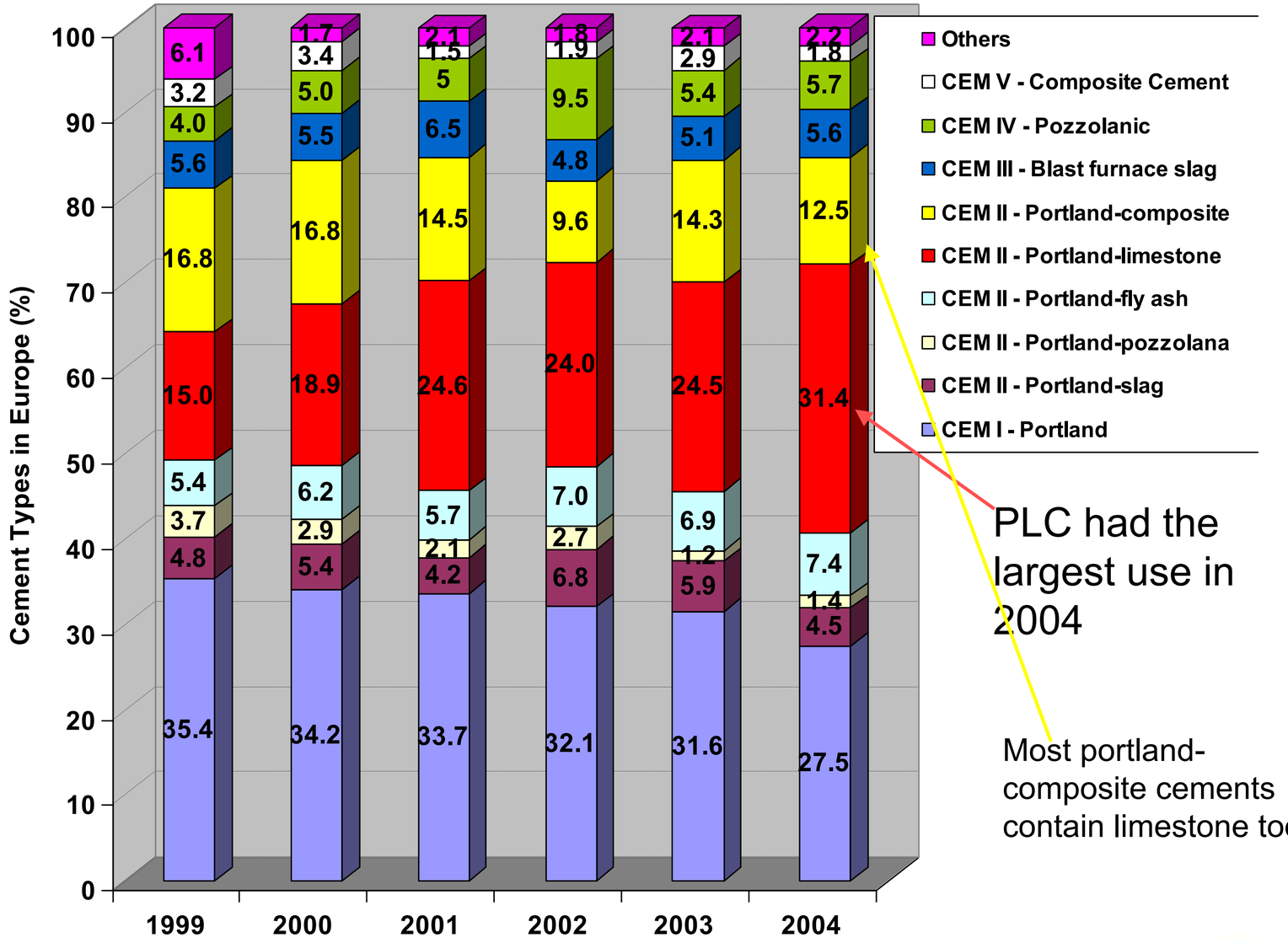


PILOTS: CONCRETE MIX DESIGN AND PROPERTIES

CEM IIAL 42.5R	400 kg/m³
maximum size of aggregates	20 mm
Water	150 liters/ m³
Acrilic superplasticizer	2,2 l/ m³
Slump = 180 mm	
Rck = 55 MPa	
Rc at 16 h (natural curing)	= 15 MP at demoulding
Rc at 28 gg	= 65 MPa

Use of CEM II A-L 42.5 R in precast industry - Germany

Cement types sold in Europe (according to Cembureau)



PLC had the largest use in 2004

Most portland-composite cements contain limestone too!

موارد مصرف سیمان کامپوزیت

مواردی که باید سیمان کامپوزیت با احتیاط مصرف نمود

1
Tile
کاشی کاری

2
Reduce
نمای ساختمان

3
Increase
بتن ریزی های سریع

4
Eliminate
بتن آماده بارده
مقاومت C40, C50

5
Minimize

ذینفعان

- کارخانجات سیمان
- شرکت ملی نفت وگاز
- سازمان محیط زیست
- مشتریان نهایی

قانون گذارن

- مجلس شورای اسلامی
- مرکز تحقیقات مسکن، راه وشهرسازی
- نظام مهندسی
- وزارت صمت
- سازمان ملی استاندارد

تصمیم گیران وتصمیم سازان

- بناها
- عاملین فروش سیمان
- کارخانجات بتن آماده
- مصالح فروشان
- مشاوران پروژه های عمرانی

موتورمحرک

- کمیته فنی استاندارد سیمانTC74
- انجمن صنفی کارفرمایان صنعت سیمان
- انجمن بتن وبتن آماده

شرط لازم برای اجرای پایدار طرح "توسعه تولید ومصرف سیمان های کامپوزیت" = هماهنگی کلیه سیستم ها

سازمان حفاظت محیط زیست

کارخانجات تولید کننده سیمان

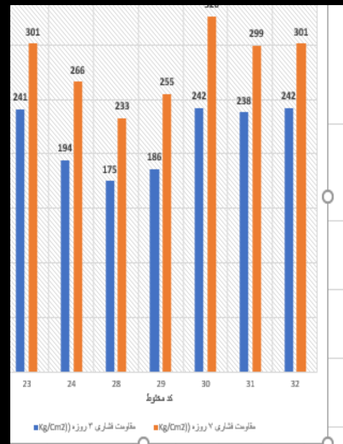
طرح کمیته فنی استاندارد سیمان TC74 ، انجمن صنفی سیمان، انجمن بتن وبتن آماده

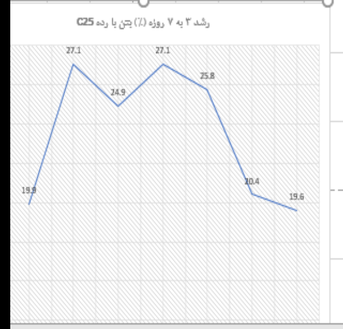
وزارت مسکن، راه وشهرسازی

وزارت نفت :شرکت ملی پالایش وپخش فراورده های نفتی - شرکت ملی گاز

بناها، مشاوران پروژه های عمرانی ، عاملین فروش، مصالح ساختمانی

مجلس شورای اسلامی، نظام مهندسی، وزارت صمت





کد مخلوط	عنوان طرح	مقاومت فشاری ۳ روزه Kg/Cm (۲)	مقاومت فشاری ۷ روزه Kg/Cm (۲)	مقاومت فشاری ۲۸ روزه Kg/Cm (۲)	مقاومت فشاری ۴۲ روزه Kg/Cm (۲)	رشد ۳ به ۷ روزه (٪)	اسلامپ ۵ دقیقه (اولیه)	اسلامپ ۲۰ دقیقه	اسلامپ ۴۰ دقیقه	اسلامپ ۶۰ دقیقه	وزن مخصوص بتن تازه بعد از ۵ دقیقه	وزن مخصوص بتن تازه بعد از ۶۰ دقیقه	هوای بتن تازه بعد از ۵ دقیقه	هوای بتن تازه بعد از ۶۰ دقیقه	توضیحات و مشاهدات کیفی	مشخصات بتن تازه
23	طرح بتن با عیار ۳۵۰ با سیمان نوع ۲ تیزارقم با رده مقاومتی C25- بدون افزودنی - نمونه گیری در دقیقه ۶۰-نسبت آب به سیمان ۰/۵۲	241	301	350		19.9	110	110	80	65	2.40	...	1.5	—	اسلامپ اولیه ۱۱۰میلیمتر اسلامپ ۲۰ دقیقه ۱۱۰ میلیمتر اسلامپ ۴۰ دقیقه ۸۰ میلیمتر اسلامپ ۶۰دقیقه ۶۵ میلیمتر	بتن در لندا بسیار مطلوب بود.۴۰دقیقه ۶۰ تا ۶۰بتن کارایی آن کاهش پیدا کرد ولی در هنگام نمونه گیری جای دهی آن در قالب بسیار مطلوب بود.۲۵ ضربه در دو لایه
24	طرح بتن با عیار ۳۵۰ با سیمان مرکب اردبیل با رده مقاومتی C25- بدون افزودنی - نمونه گیری در دقیقه ۶۰-نسبت آب به سیمان ۰/۵۷	194	266	320		27.1	110	90	45	30	2.34	...	1.5	—	اسلامپ اولیه ۱۱۰میلیمتر اسلامپ ۲۰ دقیقه ۹۰ میلیمتر اسلامپ ۴۰ دقیقه ۲۵ میلیمتر اسلامپ ۶۰دقیقه ۳۰ میلیمتر	بتن ۲۰دقیقه ۲۰ قت اسلامپ ظاهری چشمگیری داشت در دقیقه ۶۰ هنگام نمونه گیری بتن به سختی در قالب جای دهی شد.۳۵ ضربه در دو لایه
25	طرح بتن با عیار ۲۶۰ با سیمان نوع ۲ تیزارقم با رده مقاومتی C50- نسبت آب به سیمان ۰/۲۷	452	506			10.7	230	200	160	100	2.42	...	1.7	—	بتن تا ۴۰ دقیقه کارایی داشت و قابل پمپ شدن بود دقیقه ۶۰ اینکه بتن اسلامپ ۱۰ داشت ولی پمپ پذیر و کار نیچ سرباش به دلیل چگالی بالای آن در بتن به سختی فرو می رفت	اسلامپ اولیه ۲۳۰ (۲۳۰ mm) ارزیابی اسلامپ ۲۰ دقیقه (۲۰ mm) ارزیابی اسلامپ ۴۰دقیقه ۱۶۰ میلیمتر اسلامپ ۶۰دقیقه ۱۰۰ میلیمتر
26	بتن در لندا مانند سیمان پنزار قم ۳۵ گرم فزودنی کلفه گرید ولی اسلامپ اولیه حدودا ۵۰ میلیمتر بود لذا بتن را روانی محور در نظر گرفتیم و ۶۱ گرم فزودنی کلفه گرید تا روانی اولیه مثل سیمان پنزار قم شود بتن ۲۰دقیقه ۲۰ به بعد قت اسلامپ شدید داشت و در دقیقه ۶۰ بتن اسلامپ	386	462			16.5	220	150	60	2	2.41	...	1.5	—		اسلامپ اولیه ۲۲۰ (۲۲۰ mm) ارزیابی اسلامپ ۲۰ دقیقه (۱۵۰ mm) اسلامپ ۴۰ دقیقه ۶۰ میلیمتر اسلامپ ۶۰دقیقه بتن اسلامپ
28	.....	175	233			24.9	100	100	100	100	2.33	2.30	1.4	1.3	بتن در دقیقه ۲۰ و ۴۰ و ۶۰ قت اسلامپ داشت و با آب اجرا گردید	
29	طرح اولیه با کد ۲۸ دقیقا یکی بود.جز دقیقه ۱ اسلامپ ۱۰۰ میلیمتر بود.با روان کننده SPN21S در دقایق ۱۰ و ۲۰ به روانی ۱۰۰ میلیمتر رسید. در دقیقه ۶۰ اسلامپ ۱۰۰ حفظ شد و روان کننده اضافه نشد	186	255			27.1	100	100	100	100	2.34	2.33	1.4	1.9	بتن در دقایق ۱۰ و ۲۰ افزودنی اضافه شد ولی در دقیقه ۶۰ روانی ۱۰ حفظ شده بود. پرداخت بتن در حین نمونه گیری و صاف کردن نمونه ها بسیار عالی بود	
30	در دقایق ۱و ۲۰و ۴۰و ۶۰ روان کننده کلفه گرید بتن با قضاوت بصری از کسب روانی ۱۰۰ میلیمتر قت اسلامپ داشت	242	326			25.8	100	100	100	100	2.38	2.36	1.9	2.2	مقایسه سیمان مرکب اردبیل با سیمان نوع دو پنزار۲ بتن با سیمان مرکب با نسبت آب به سیمان ۰/۵۲، روانی ۲۵ میلیمتر و سیمان پنزار قم با آب به سیمان ۰/۵۳، روانی ۱۰۰ میلیمتر گزارش شده است	
31	در دقایق ۱و ۲۰و ۴۰و ۶۰ روان کننده کلفه گرید بتن با کمک تمرین قت اسلامپ داشت به طوری که در مراحل ۲۰، ۴۰و ۶۰ اسلامپ ۷۵ میلیمتر به ۱۰۰ میلیمتر رسید به همین دلیل درصد کلی مواد کاهش داشت	238	299			20.4	100	100	100	100	2.38	2.37	1.6	1.8	بتن با کمک تمرین قت داشت به طوری که در دقایق ۲۰، ۴۰و ۶۰ اسلامپ ۷۵ میلیمتر بود و حدودا چهار گرم فزودنی در مراحل بعدی کلفه شد بتن در حین نمونه گیری بسیار نرم و کارایی و سطوح نمونه بسیار خوب پرداخت گردید	
32	بتن در دقایق ۱ و ۲۰ به آن فزودنی کلفه شد در دقایق حدودا ۲۰ دقیقه قت اسلامپ منتهی بود (حدودا ۱۰ میلیمتر)	242	301			19.6	100	100	100	100	2.38	2.38	1.6	1.7	هنگام نمونه گیری بتن بسیار کارایی و قابلیت پمپ پذیری را داشت با قضاوت کلی این نوع سیمان در مقایسه با نوع ۲ (پنزار) فزودنی بیشتری را استفاده می نماید	

vdz.

VDZ gGmbH

research ■ technology

Development of Nano Technology Co.
Mr Hamid Reza Tajik
Unit 6, Asia Apartment, next to Shohadaye Police
Bridge, East Sardaran Boulevard, Fajr Square
Karaj
IRAN

Offer No. AN-2017/0784/01 of 11.09.2017
(please quote in all correspondence)

P.O Box 30 10 63
40410 Duesseldorf

Tannenstrasse 2
40476 Duesseldorf

Phone: +49-211-45 78-1
Fax: +49-211-45 78-298

info@vdz-online.de
www.vdz-online.de

Chief Executive VDZ e.V.:
Dr Martin Schneider

Managing directors:
Dr Volker Hoenig
Dr Christoph Müller

Registration office:
Duesseldorf
Court of registration:
Duesseldorf
Commercial registration no.:
66808

Tax-no.: 105/5804/2241
VAT-no.: DE815327988

Bank details:
Commerzbank Duesseldorf
DE02300800000210020400
DRESDEFF300

Please note that all bank transfer costs must be paid by the ordering party

Total
1,595.00
900.00
2,600.00
-2,345.00
2,750.00
2,750.00

کمیته ملی استانداردهای اینزو
کمیته فنی سیمان و اجگ

شماره: ۹۴/ ۱۴۰۱

پیوست:

ریاست محترم کمیسیون اقتصاد مجلس شورای اسلامی

جناب آقای دکتر پور ابراهیمی

با سلام و احترام :

چنانکه مستحضرید سهم صنعت سیمان در مصرف انرژی اعم از الکتریکی وحرارتی بسیار قابل توجه است. بررسی ها نشان می دهد سهم انرژی الکتریکی ۴ درصد (معادل ۷۵۰۰ میلیون کیلووات) وسهم گازهای گلخانه ای تولید شده توسط این صنعت ۵ درصد (معادل ۷،۲ میلیون متر مکعب) می باشد که با تولید سیمان های کامپوزیت مطابق استاندارد های جدید هم مصرف انرژی وهم گازهای آلاینده کاهش چشمگیری خواهند داشت ضمن آنکه سیمان های کامپوزیتی خواص بهبود یافته ای نسبت به سایر سیمان ها داردومنجر به به افزایش ظرفیت تولیدسیمان در کشور می شود.

از سوی دیگر تولید سیمان به عنوان یک کالای استراتژیک نقش عمده ای را در اقتصاد کشور، به ویژه صنعت ساخت و ساز ایفاء می کند. تقابل این دو موضوع ، زمینه تصمیم گیری بهینه ای را برای بکارگیری شهیدانی که بتواند در عین افزایش تولید این فراورده مهم ، مصارف انرژی در این صنعت را کاهش دهد ، ایجاب می کند .

دراین راستا کمیته فنی استاندارد سیمان TC74 طرحی را تحت عنوان "توسعه تولید ومصرف سیمان های کامپوزیت" با هدف بهینه سازی مصرف انرژی و کاهش آلودگیهای زیست محیطی وکاهش مصرف کلینکردر سیمان، آماده کرده است که برای اجرای آن از یک سو نیازمند سرمایه گذاری توسط صنعت سیمان (تکنولوژی جدید،اضافه کردن سیلو، تجهیزات و...) وازسوی دیگر هماهنگی میان سیستم های قانون گذار نظیر مقررات ملی ساختمان وسیستم های اجرایی برای حمایت از این سرمایه گذاری ها در قالب "مشوق های مالیاتی به میزان سوبسید انرژی کاهش یافته در اثر تولید سیمان کامپوزیت" می باشد .

لازم به ذکر است موجب امتنان خواهد بود تا دستور فرمائید که یک جلسه در اسرع وقت در محضر جنابعالی در مجلس شورای اسلامی برگزار گردد تا جزئیات بیشتر تشریح شود. پیشاپیش از بذل توجه و حسن التفات جنابعالی به این موضوع کمال تشکر را داریم.

حمیدرضا تاجیک

دبیر کمیته استاندارد سیمان وآهک ISIRI TC74

آدرس: تهران، خیابان آفریقا، خیابان شهید ستاری، پلاک ۵۱ ، تلفن ۷ - ۸۸۷۸۵۶۳۵ و ۰۹۱۲۴۷۵۸۶۴۱

تغییر نگرش در مهندسی فروش به سمت کیفیت سیمان در بتن

همگنی واستانداردهای جدید کلینکر

سیال رئو پکتیک

خمیر سیمان سیال غیر نیوتنی وابسته به زمان

Slag

Fly Ash

Shale

LC3 Calcined Clay

میکروسیلیس

پوزولان

سنگ آهک

میزان کاهش هزینه ها، کاهش مصرف انرژی وکاهش آلاینده های محیط زیست

- **تاسیس اولین آزمایشگاه مرجع بین المللی بی طرف در صنعت سیمان**

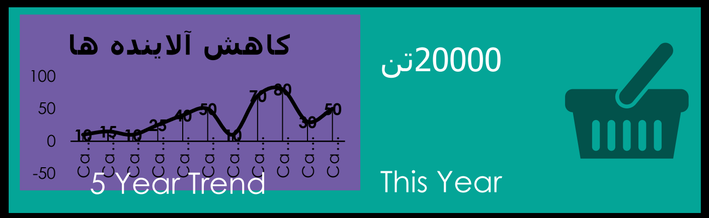
- انجام خدمات آزمایشگاهی وتحقیقاتی، تضمین کیفیت نتایج آزمون های استاندارد سیمان، مشاوره برای انتخاب صحیح نوع سیمان براساس نتایج کیفی سیمان ونوع پروژه ورسیدگی به شکایات

- **ارایه راه کار های عملی وکاربردی برای توسعه مصرف سیمان های کامپوزیت**

- انجام تحقیقات کاربردی برای ارایه راه حل های مهندسی به منظور برطرف نمودن نقاط ضعف سیمان های کامپوزیت هنگام استفاده در بتن آماده یا مصارف خاص

- **ایجاد مشوق های قانونی برای تولید کنندگان**

- ارایه طرح به مجلس برای اعطای معافیت های مالیاتی در ازای تولید ومصرف سیمان های کامپوزیت



قیمت تمام شده انرژی ومقدار انرژی حفظ شده

پارامتر	میزان مصرف انرژی حرارتی	مازوت	گاز
کلینکر	800 Kcal/Kg. clinker	ارزش حرارتی مازوت: 9250 kcal/lit	ارزش حرارتی گاز: 8100 kcal/m^3
مقدار مصرف	800 Kcal/Kg. clinker	90 lit/ton clinker	100 m^3 /ton clinker
قیمت با سوبسید	متوسط قیمت سال 1400	5750 ریال به ازای هر لیتر	5000 ریال به ازای هر متر مکعب
قیمت فوب خلیج فارس	متوسط قیمت سال 1400 براساس گرید 280	139/000 ریال	10 درصد خوراک پتروشیمی ها (50000 ریال قیمت پتروشیمی ها)
کاهش 20درصد انرژی			

قیمت تمام شده انرژی ومقدار انرژی حفظ شده

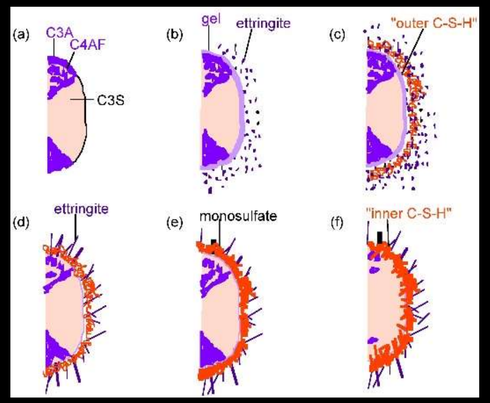
کارخانه 1 میلیون تنی	گازمصرفی	درصد جایگزین 20 %	هزینه پرداختی گاز بدون سوبسید ریال	هزینه پرداختی کارخانجات	مابه التفاوت
1,000,000	100,000,000	20,000,000	10,000,000,000,000	100,000,000,000	9,900,000,000,000

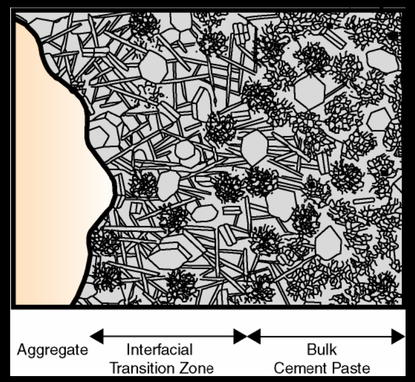
کارخانه 1 میلیون تنی	گازمصرفی	درصد جایگزین 20 %	هزینه پرداختی مازوت بدون سوبسید ریال	هزینه پرداختی کارخانجات	مابه التفاوت
1,000,000	100,000,000	20,000,000	2,780,000,000,000	115,000,000,000	2,665,000,000,000

تولید 60 میلیون تن سیمان				
جایگزینی 50 درصد سیمان کامپوزیت گاز	30,000,000	30,000,000,000,000	3,000,000,000,000	27,000,000,000,000
جایگزینی 50 درصد سیمان کامپوزیت مازوت	30,000,000	83,400,000,000,000	3,450,000,000,000	79,950,000,000,000
جایگزینی 70 درصد سیمان کامپوزیت مازوت	420,000,000	1,167,600,000,000,000	48,300,000,000,000	1,119,300,000,000,000
جایگزینی 70 درصد سیمان کامپوزیت گاز	420,000,000	420,000,000,000,000	42,000,000,000,000	378,000,000,000,000

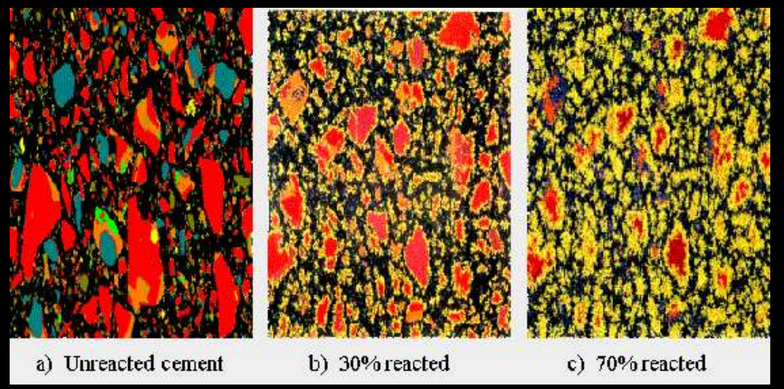
چرا سیمان کامپوزیت در ساختمان سازی بهتر عمل می کند؟

- **سیمان پرتلند معمولی بدون افزودنی**



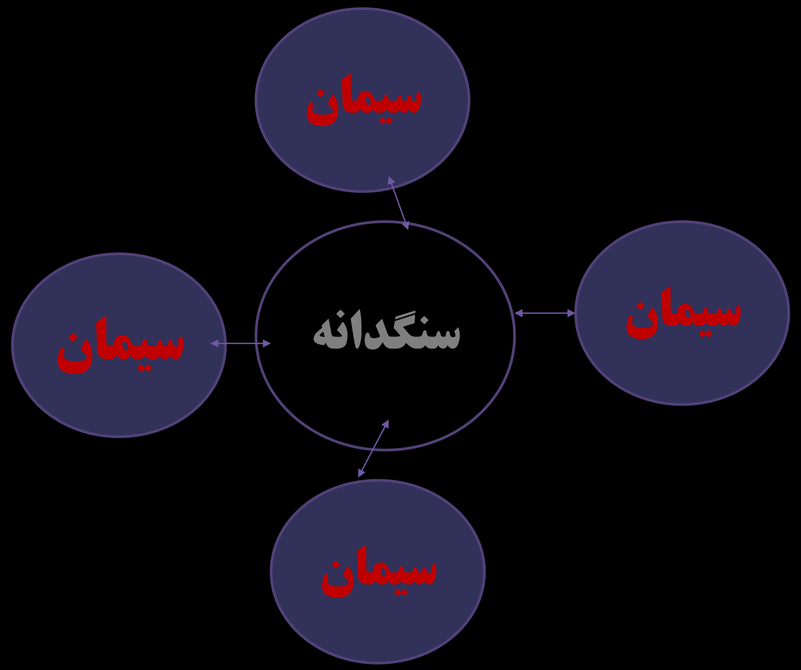


- **سیمان کامپوزیت**

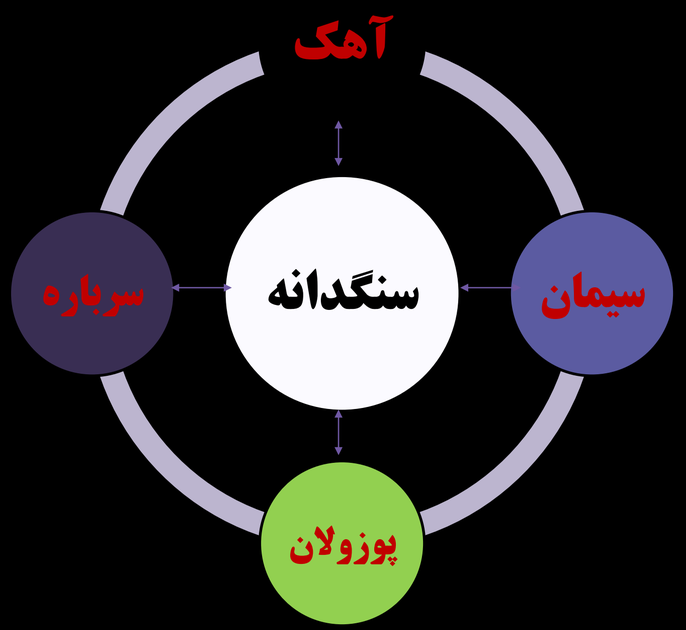


چرا سیمان کامپوزیت در ساختمان سازی بهتر عمل می کند؟

سیمان پرتلند معمولی



سیمان کامپوزیت پیوند دوبل



اثرفرمول طلایی سیمان کامپوزیت نتایج رویکرد سیمان LC3

افزایش مقاومت خمشی (موثر در زلزله)

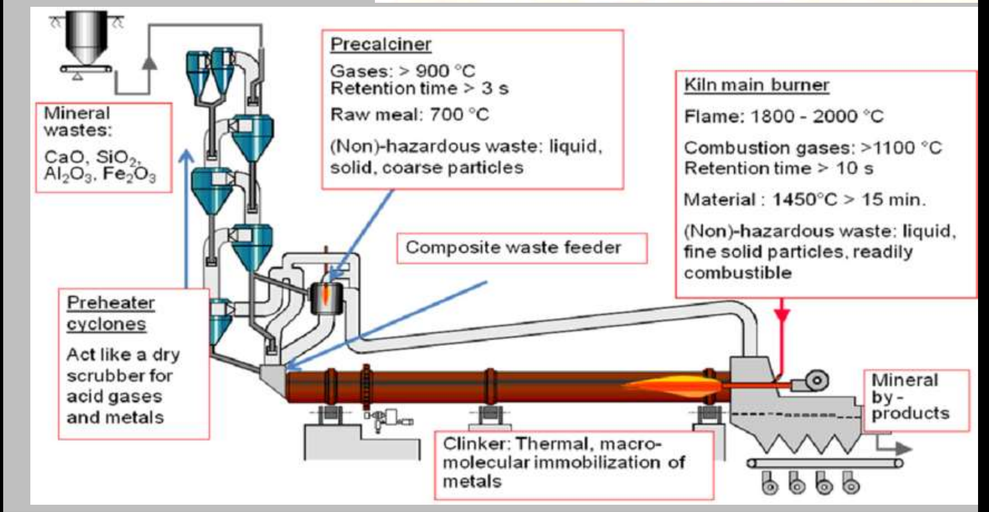
مقاومت اولیه بالاتربدلیل دانه بندی وتشکیل هسته های واکنش پذیر با آلومینات

حفظ آب در ملات بدلیل خاصیت خنثی سنگ آهک نسبت به کلینکر

کارپذیری و روانی بهتر بدلیل پکینگ بهتر

ماده اصلی (جزء اول) : اولین استاندارد ملی کلینکر سیمان پرتلند

تغییر رویکرد استاندارد سازی - 22 جلسه فنی به همراه آزمایش های جدید در داخل وخارج کشور



- **کلینکر سیمان پرتلند**

- **portland cement clinker**

محصول عملیات حرارتی مخلوط **مشخص و همگنی** از مواد خام حاوی کلسیم اکسید (CaO)، سیلیسیم اکسید (SiO_2)، آلومینیم اکسید (Al_2O_3)، آهن (III) اکسید (Fe_2O_3) و مقادیر کمی منیزیم اکسید (MgO)، سدیم اکسید (Na_2O)، پتاسیم اکسید (K_2O)، سولفور تری اکسید (SO_3) و کلرید (Cl^-) که به صورت خشک یا تر به طور مناسب آسیا، مخلوط و پس از **همگن شدن** تا دمای حدود **۱۴۵۰ °C** در کوره پخته می‌شود ودر نهایت خنک سازی شده و بصورت گندله یا ذرات جامد خاکستری رنگ به نام کلینکر سیمان پرتلند در می آیند.

اجزای تشکیل‌دهنده کلینکر

- اجزای تشکیل دهنده کلینکر شامل دو بخش فازهای اصلی و اکسیدهای عناصر فرعی است.
- فازهای اصلی شامل آلیت، بلیت، آلومینات و فریت می‌باشند.
- اکسیدهای فرعی شامل آهک آزاد، منیزیم آزاد، قلیایی‌ها، سولفورها و برخی اجزا جزیی نظیر تیتانیم دی اکسید و کلرید است.
- مقادیر فازهای اصلی کمینه ۹۰ درصد جرمی تولید معمول کلینکر را تشکیل می‌دهد. مقدار درصد جرمی تشکیل دهنده‌های اصلی کلینکر معمولا به **صورت تقریبی، از معادلات بوگ محاسبه و برآورد** می‌شود.

آلیت: سه کلسیم سیلیکات ($3CaO \cdot SiO_2$) تحت عنوان فاز آلیت با علامت اختصاری C_3S، تشکیل دهنده اصلی و عمده کلینکر است.

هنگامیکه نسبت اکسید آلومینیم به اکسید آهن بیشتر از ۰/۶۴ باشد، درصد فازهای تری کلسیم سیلیکات، دی کلسیم سیلیکات وتری کلسیم آلومینات می بایست براساس آنالیز شیمیایی و فرمول های ذیل محاسبه شوند.

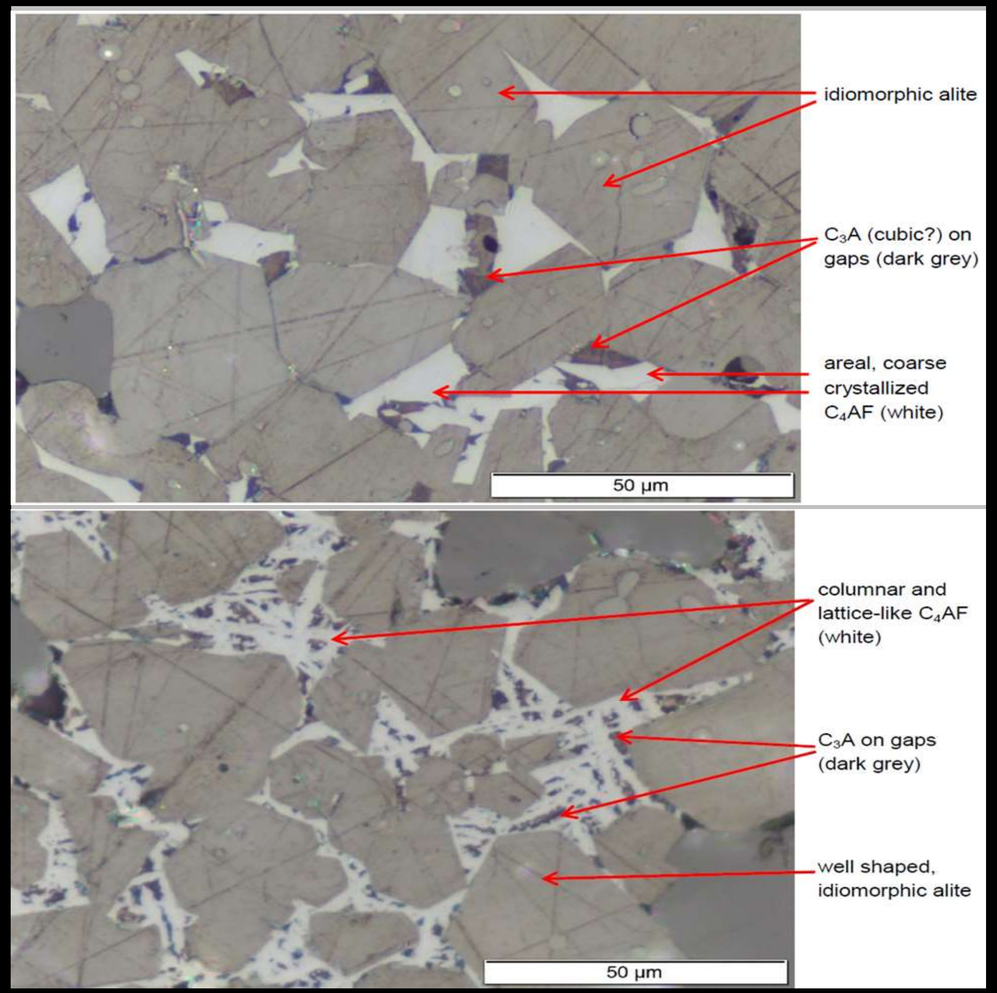
Tricalcium Silicate (C_3S) = (4.071 × %CaO) - (7.600 × % SiO_2) – (6.718 × % Ai_2O_3) - (1.430 × % Fe_2O_3)

Dicalcium Silicate(C_2S) = (2.867 × % SiO_2) - (0.7544 × % C_3S)

Tricalcium aluminate(C_3A) = (2.650 × % Al_2O_3) - (1.692 × % Fe_2O_3)

Tetracalcium aluminoferrite (C_4AF) = 3.043 × % Fe_2O_3

انواع روش های تشخیص کیفیت کلینکر



- روش میکروسکوپی

سایز فازها، شکل، مقدار کمی ، نحوه توزیع وپراکندگی

- XRD وXRF

شناسایی انوع پلی مرف ها ومحصولات هیدراتاسیون سیمان

- اندازه گیری اکتیویته به روش سیمان سازی

- ایزوترمال کالریمتری

روش قدرتمند برای مطالعه رفتار انواع افزودنی های شیمیایی با سیمان وبهینه سازی مقدار گچ

انواع روش های تشخیص کیفیت کلینکر –پراش اشعه ایکس یا XRD

- یک روش سریع و قدرتمند برای شناسایی ساختار بلوری (آمورف یا کریستالی) ، فازهای موجود در مواد صنعتی (سیمان، کلینکر، سیمان هیدراته شده) یا کانی های طبیعی ، سنگ های معدنی و ترکیبات شیمیایی موجود درآنها می باشد به شرط آنکه به صورت مناسب بکار گرفته شود .
- آماده سازی نمونه، گرفتن داده های مناسب از دستگاه XRD، تحلیل درست پیک ها ارکان آزمون XRD راتشکیل می دهند.
- پیشرفت های انجام شده در XRD ، دامنه وسیعی از فرصت های جدید برای مطالعه سیمان و مواد سیمانی فراهم کرده است

Table A4.1 Calcium silicate phases

Phase name	Chemical formula	Space group	Lattice parameters a	b	c	α	β	γ	ICSD no.	PDF no.	Reference
Alite R	Ca_3SiO_5	R3m	7.057	–	24.974	–	–	–	22501	16-406	Il'inets et al. 1985
Alite M3	Ca_3SiO_5	Cm	33.108	7.036	18.521	–	94.137	–	94742	85-1378	De la Torre et al. 2002
Alite M1	Ca_3SiO_5	Pc	27.874	7.059	12.258	–	116.03	–	–	–	de Noirfontaine et al. 2012
Alite M	Ca_3SiO_5	Cm	12.235	7.073	9.298	–	116.31	–	81100	42-551	Mumme 1995
Alite T3	Ca_3SiO_5	P-1	11.629	14.172	13.643	104.98	94.62	90.11	162744	–	De la Torre et al. 2008
Alite T2	Ca_3SiO_5	P-1	11.742	14.279	13.773	105.13	94.41	89.89	–	–	Peterson et al. 2004
Alite T	Ca_3SiO_5	P-1	11.67	14.24	13.72	105.5	94.33	90	4331	01-070-1846	Golovastikov et al. 1975
Belite α	Ca_2SiO_4	$P6_3/mmc$	5.42	–	7.027	–	–	–	81099	23-1042	Mumme et al. 1995
Belite α'_H	Ca_2SiO_4	Pnma	6.767	5.519	9.303	–	–	–	81097	20-237	Mumme et al. 1995

(Continued)

X-ray powder diffraction applied to cement 163

تشخیص کیفیت کلینکر – روش XRD

تعیین مقدار کمی فازهای سیمان پرتلند CEM I 52.5N توسط XRD با استفاده از روش ریتولد

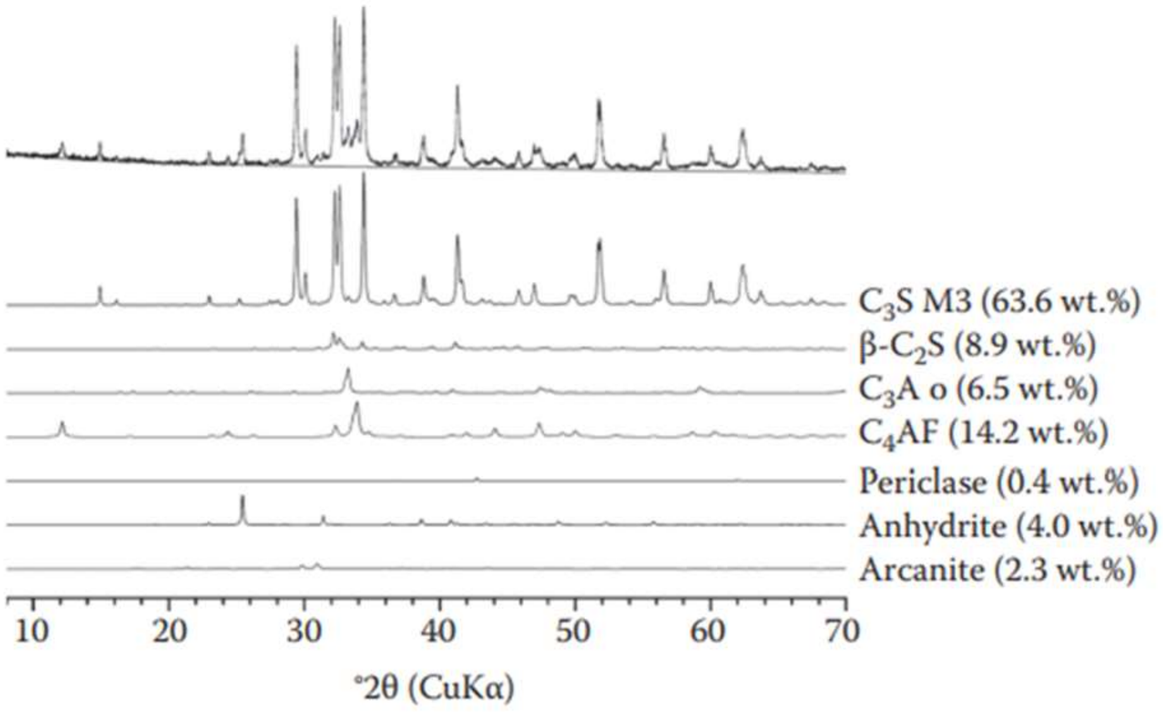


Figure 4.2 XRD scan of a portland cement (CEM I 52.5 N) (top) and its pattern decomposition calculated by Rietveld QPA (downwards from XRD scan). At right the QPA results are presented for indicative purposes. Arcanite was identified by means of a salicylic acid/methanol selective dissolution treatment.

تشخیص کیفیت کلینکر – روش XRD

الگو XRDپلی مرف های آلیت به چه صورت است وچه تاثیری در واکنش پذیری آلیت دارد؟ مقدار کمی فازهای سیمان پرتلند CEM I 52.5Nتوسط XRDبا استفاده از روش ریتولد

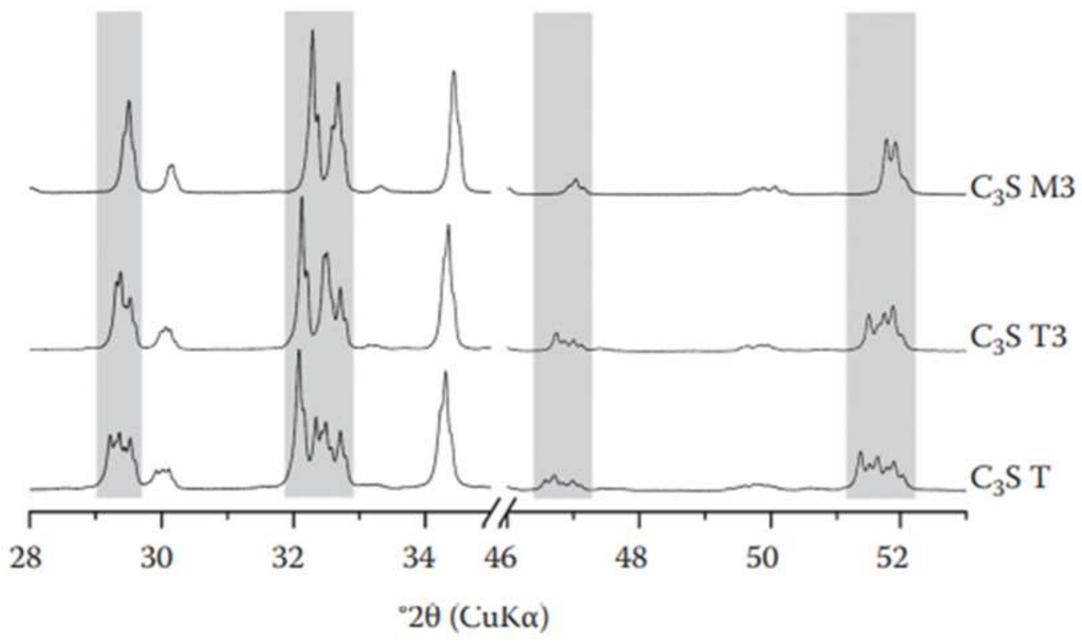
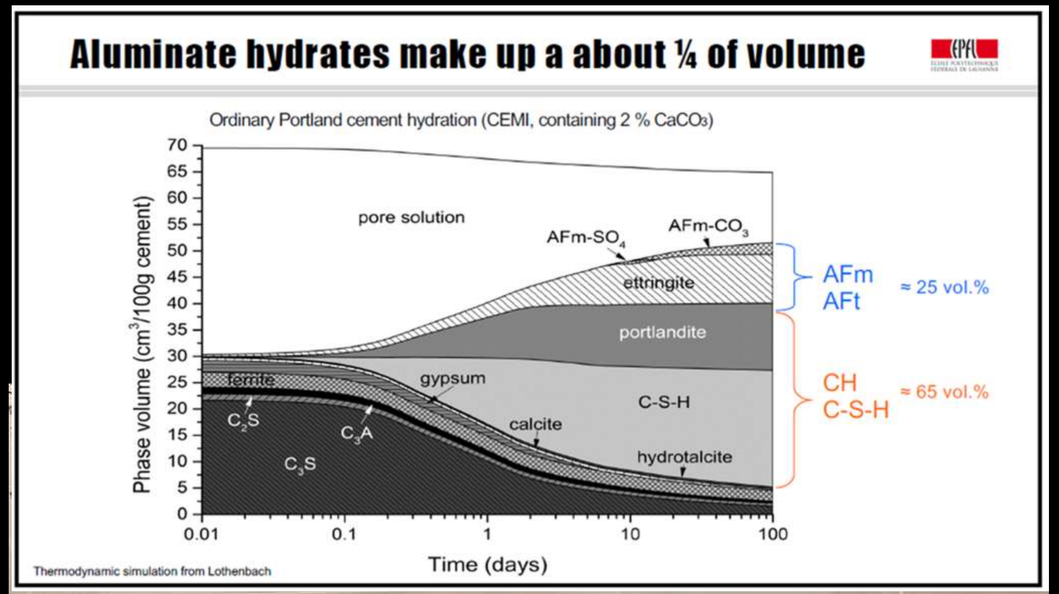
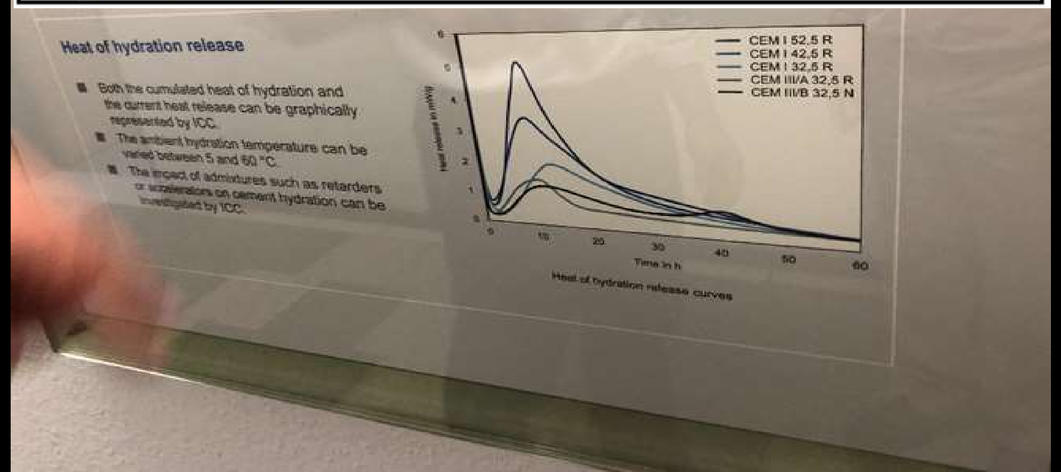


Figure 4.5 XRD scans of alite (C_3S) polymorphs showing clear differences in characteristic peak profiles with changing crystal structure. The comparison illustrates a clear increase in the number of diffraction peaks with decreasing crystal symmetry from monoclinic to triclinic (M3 > T3 > T). In industrial portland cements, solid solution of magnesium and sulfate into the C_3S structure normally leads to the stabilisation of monoclinic (M1 and M3) alite polymorphs.

ایزوترمال کالریمتری مطابق استاندارد EN 196-11

کالریمتری یک روش قدرتمند برای برای اندازه گیری حرارت وسرعت آزاد شدن یا تولید گرما می باشد این روش یک روش عمومی برای مطالعه تمام فرایندهای فیزیکی، شیمیایی وبیولوژیکی می باشدکه با تغییرات انتالپی مربوط هست.

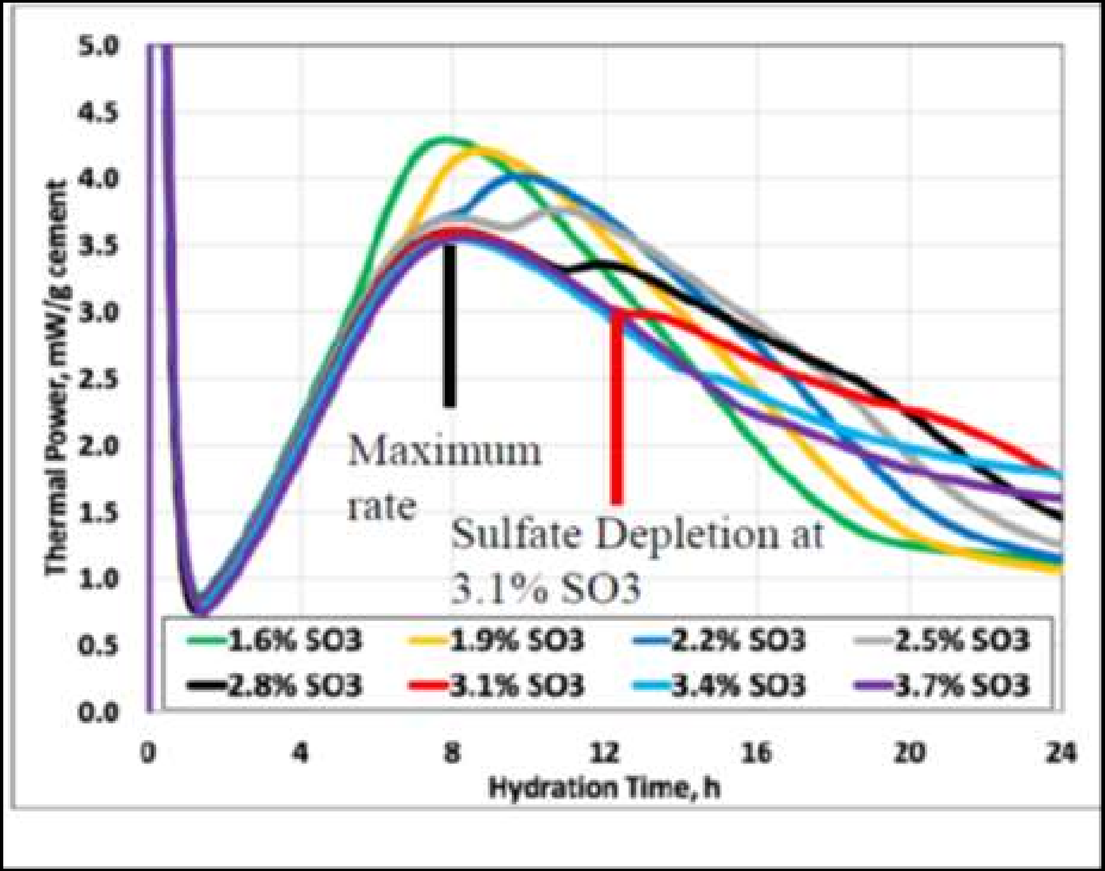


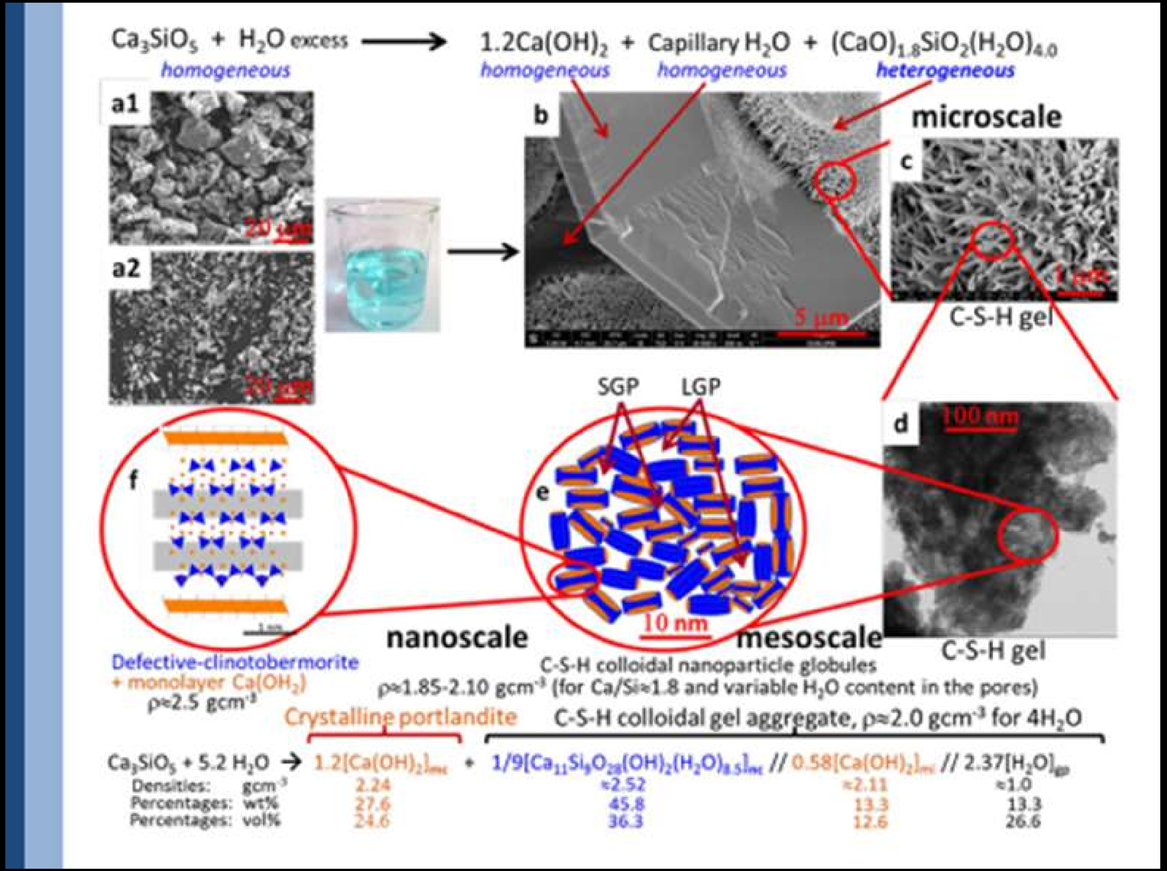


- اندازه‌گیری‌های گرماسنجی ایزوترمال بر روی ملات سیمان به اندازه کافی دقیق و صحیح هستند تا بتوانند عنوان اندازه‌گیری مقاومت فشاری روی ملات سیمان و به صورت یک روش کنترل کیفیت در تولید سیمان جایگزین شوند. همبستگی قابل قبولی طی 24 ساعت بین حرارت هیدراتاسیون در ملات سیمان و مقاومت فشاری ملات وجود دارد و سنجش مقاومت و گرماسنجی تکرارپذیری نسبی مشابهی دارند
- گرماسنجی ایزوترمال یک گزینهٔ مناسب برای اندازه‌گیری مقاومت در زمان های اولیه کلینکرمی باشد.

تشخیص کیفیت کلینکر – روش ایزوترمال کالریمتری

کالریمتری یک روش قدرتمند برای برای اندازه گیری حرارت وسرعت آزاد شدن یا تولید گرما می باشد این روش یک روش جدید برای مطالعه تمام فرایندهای فیزیکی، شیمیایی وبیولوژیکی می باشدکه با تغییرات انتالپی مربوط هست.



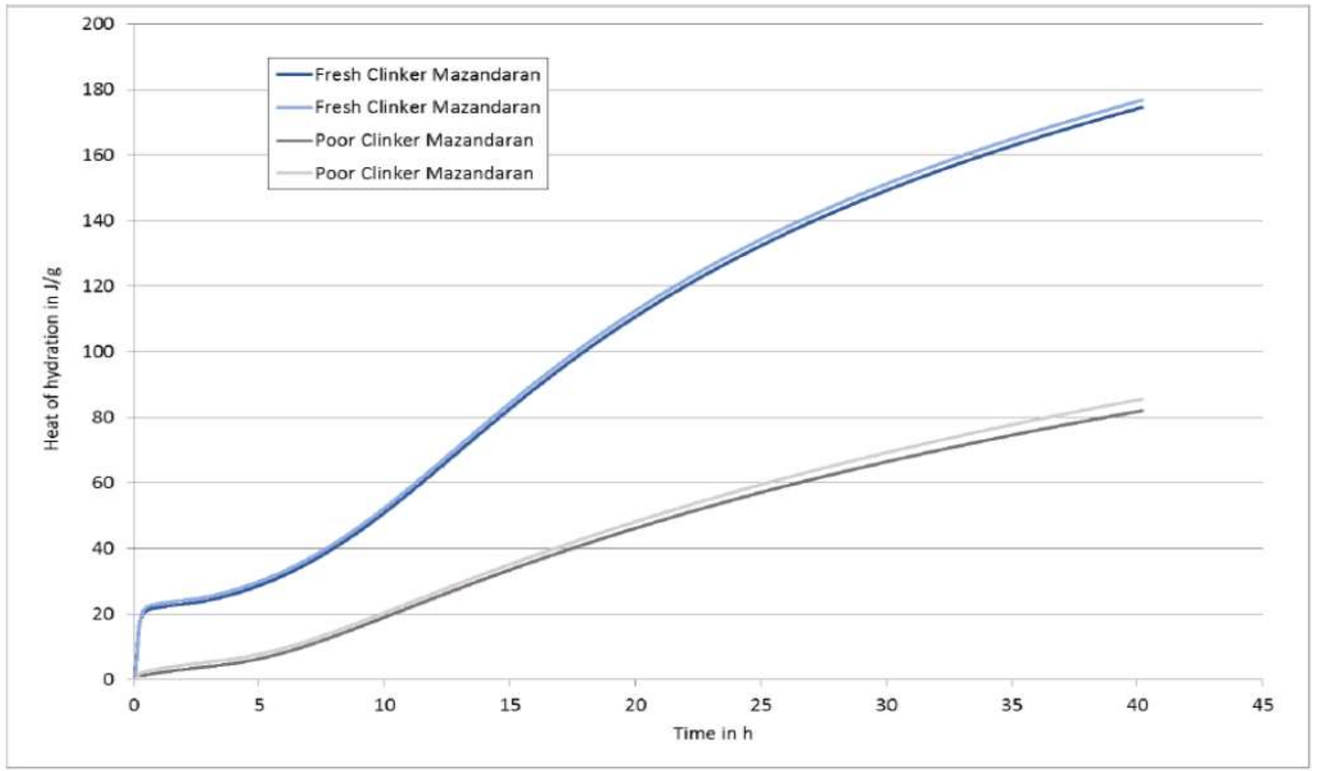


تشخیص کیفیت کلینکر – روش ایزوترمال کالریمتری

نتایج بررسی یک کلینکر ضعیف که زمان طولانی از پخت آن گذشته است و کلینکرهایی که اخیرا توسط روش ایزوترمال کالریمتری در انجمن سیمان آلمان VDZآلمان برروی کلینکرهای صنعتی با خوراک یکسان وکوره ها وپرفایل حرارتی متتفاوت وبررسی اثر زمان در کیفیت کلینکر

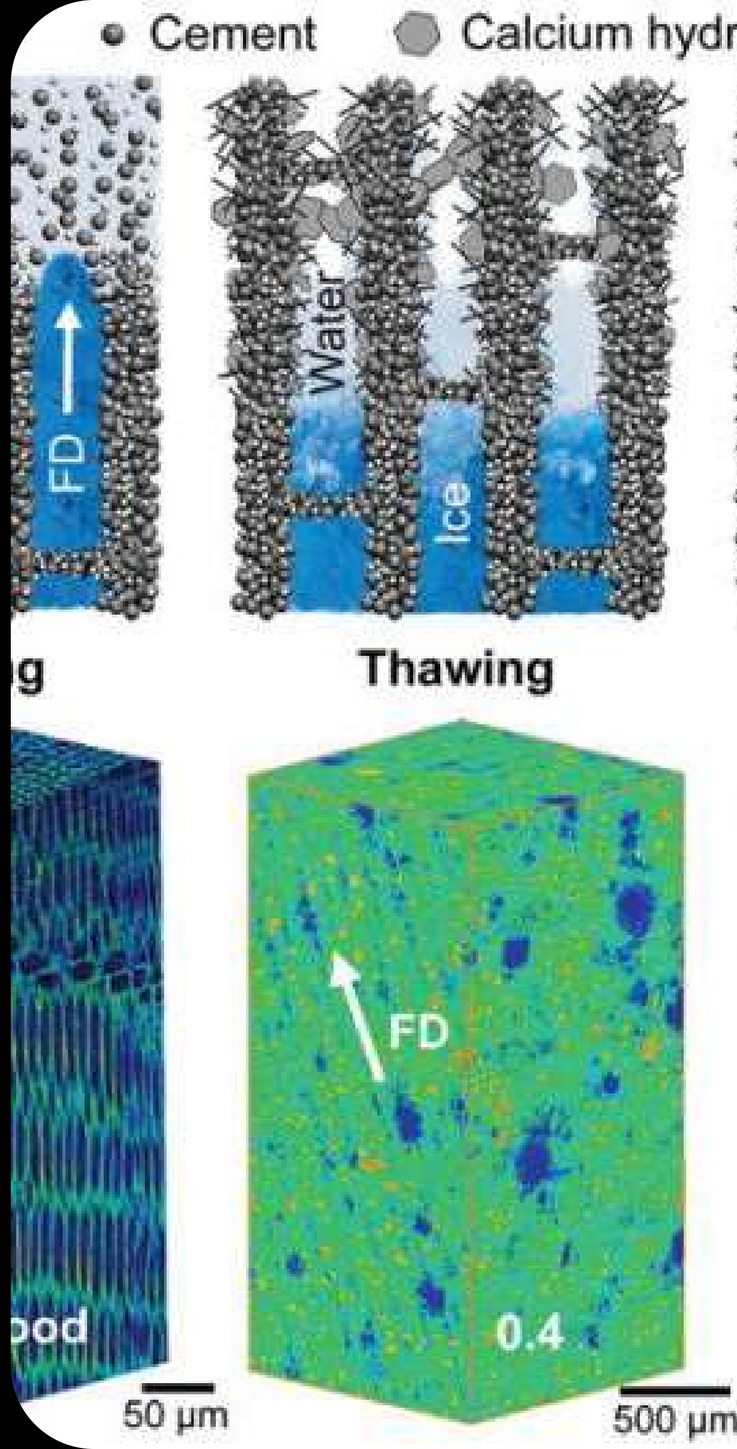
vdz.

ENCLOSURE



تولید وتوزیع انواع سیمان در اروپا – Report 2018 VDZ

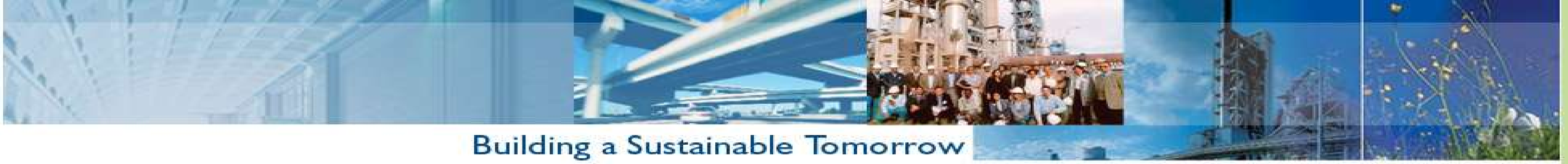
Domestic cement deliveries by type in %[4)]				
CEM I: Portland cement	29.8	30.4	28.6	27.6
CEM II/S, CEM II/P, CEM II/V: Portland-slag cement, Portland pozzolanic cement, Portland-fly ash cement	17.7	18.0	19.1	18.9
CEM II/T, CEM II/LL: Portland-burnt shale cement, Portland-limestone cement, Portland-composite cement	29.1	27.7	27.7	27.7
CEM III: Blastfurnace cement	22.4	22.7	23.9	25.4
CEM IV, CEM V: Pozzolanic cement, Composite cement	< 0.1	0.1	0.1	< 0.1
Other cement	1.0	1.1	0.5	0.4
Domestic cement deliveries	100.0	100.0	100.0	100.0


Cement
Calcium hydr
FD
Water
Ice
g
Thawing
ood
FD
0.4
50 µm
500 µm

چرا سیمان کامپوزیت عملکرد بهتری دارد؟

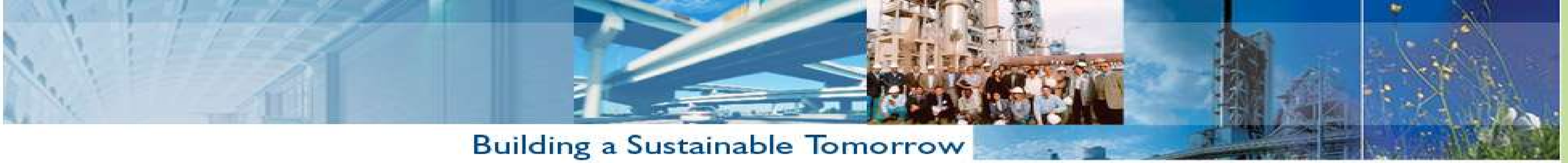
- بررسی هیدراتاسیون سیمان کامپوزیت

PLC + 25% SCM
PLC + 50% SCM
PC + 25% SCM
PC + 50% SCM



Concrete Pavement Performance

- Concrete pavement constructed with PLC (20% limestone) at a Heidelberg cement plant. For the first 5 years, de-icing salts were applied to the surface of the concrete pavement.
- After 13 years the pavement surface was assessed both visually and with laboratory tests.
- The results show that:
  - The surface was still undamaged by freeze-thaw. No changes in the concrete due to weathering or loading were observed.
  - Concrete strength increased with age
  - Since 1997 several bridge decks and highway paveement projects were completed with PLC in Europe.



PLC Limitations of Use

- Concretes made with PLC CANNOT BE USED IN SULPHATE EXPOSURE (even when combined with SCMs).

- This is due to concerns about mixed information in the literature, and to minimize any concern for Thaumasite sulphate attack.

This issue is currently being addressed in three independent research programs. Early results are very encouraging.