

Alternativa bindemedel för vattenbyggnadsverk

RI.
SE

Katarina Malaga
Marknadschef

Samhällsbyggnad, Infrastruktur och betongbyggande

2024-03-13

Kraftindustrins betongdag
Energiforsk



Projekt och deltagare

Energiforsk: RfQ_VKU14642: Bindemedel i framtidens vattenbyggnadsbetong (mars-juni 2024)

- Katarina Malaga, seniorforskare inom betong, projektledare
- Elisabeth Helsing, seniorforskare inom cement och betong, ansvarar för kravställande och regelverk
- Gilles Plusquellec, forskare inom alternativa bindemedel (bioaskor, lera, LC3)
- Emilie L'Hopital, forskare inom alternativa bindemedel (trippelblandningar, belit, lera)
- Sumit Srivastava, forskare inom alternativa bindemedel från restmaterial (gruvor, stålproduktion, karbonatisering av restmaterial/mineral)
- Yuri Yan, forskare inom cementkemi, termodynamisk modellering
- Natechanok Chitvoranund, specialist inom belite-ye'elimite cement

Mål

- Att samla och analysera tillgänglig kunskap och information om potentiella låg-eller nollkoldioxidbindemedel och dess utmaningar och möjligheter för framtidens vattenbyggnadsbetong i svenskt klimat.

Varför

- Det pågår en intensiv utveckling av olika alternativa bindemedel både i Sverige och i övriga länder
- Vissa råmaterial som används till framställning finns i Sverige men andra måste vi importera.
- Det behövs en samlad kunskap av vilka bindemedel eller kombinationer av bindemedel som kan användas för vattenbyggnadsbetong, som uppfyller både tekniska och miljömässiga krav.

Bindemedel – vilka och varför

IDAG:

- belitcement
- CSA-belit (calcium-silicate-aluminate)
- belit-kalcium sulfoaluminat-ternesit (BCT) cement

IMORGON

- Alternativa bindemedel med låg klimatpåverkan?

Tabell 6. Jämförelse av olika bindemedel med avseende på ett antal bedömningskriterier.

Bindemedel	Global tillgänglighet	Teknisk mognadsgrad	Standardiseringsnivå	Certifiering	Kvalitetskontroll	Annan användning	Prestandoförbättring	Behandling krävs
Portlandcement	●	9	✓	✓	✓	✗		✗
GGBS	●	9	✓	✓	✓	✓	●	✓ ³
Kiselrik flygaska	●	9	✓	✓	✓	✓	●	✗
Silikastoft	●	9	✓	✓	✓	✓	●	✗
Kalkrik flygaska	●	9	✓	✓ ¹	✓	✓	●	✗
Naturliga puzzolaner (vulkaniska)	●	9	✗	✓ ¹	✓	✓	●	✓ ³
Filler av bergmaterial (kalksten, basalt)	●	9	✓	✓	✓	✓	●	✓ ³
Aktiverade leror	●	9	✓	✓	✓	✓	●	✓ ^{2,3}
Bottenaska från kolkraftverk	●	7	✗	✗	✗	✓	na	✓ ^{3,4}
Stålslagg	●	9	✗	✓ ¹	✓	✓	●	✓ ³
Icke järnhaltig metallurgisk slagg	●	4	✗	✗	✗	✗	●	✓ ³
Suevit (meteoritnedslag)	●	9	✗	✗	✓	✗	●	✓ ³
Flygaska från biomassa (skogsprodukter)	●	5	✗	✗	✗	✓	●	✓ ⁴
Bottenaska från biomassa (skogsprodukter)	●	5	✗	✗	✗	✓	na	✓ ^{3,4}
Aska från jordbruksprodukter	●	6	✗	✗	✗	✓	●	✓ ⁴
Flygaska från avfallsförbränning	●	5	✗	✗	✗	✓	na	✓ ⁴
Bottenaska från avfallsförbränning	●	5	✗	✗	✗	✓	na	✓ ^{3,4}
Gruvavfall	●	4	✗	✗	✗	✓	na	✓ ^{3,4}

na Inte tillgängligt

¹ Certifiering baserat på ETA eller nationell standard

² Värmebehandling

³ Malning

⁴ Tvättning/homogenisering

ANM: Betydelse av markeringar se text.

SGU- RR 2023:02

Vilka bedömningskriterier är viktiga för vattenbyggnad?

Alternativa bindemedel – forskning på RISE

Material av intresse: stora volymer av material med kemisk sammansättning av: Al_2O_3 , SiO_2 , CaO , MgO , Fe_2O_3 , etc.

- Kalcinerad lera
- Metallurgiskt avfall
- Gruv-bryttningsavfall
- Askor
- Peppersmassa – biprodukt/avfall

RISE BUILT ENVIRONMENT INFRASTRUCTURE AND CONCRETE TECHNOLOGY



Biomass ash as supplementary cementitious materials: Characterization, application, and re-conditioning

Gilles Plusquellec, Emilie L'Hopital, Arezou Babaahmadi, Urs Mueller

RISE Report 2022:30

RISE BUILT ENVIRONMENT INFRASTRUCTURE AND CONCRETE TECHNOLOGY




Activated clays as supplementary cementitious material

Gilles Plusquellec, Arezou Babaahmadi, Emilie L'Hopital, Urs Mueller

RISE Report 2021:25

RISE BUILT ENVIRONMENT INFRASTRUCTURE AND CONCRETE TECHNOLOGY



Potential for use of activated clays in concrete in Sweden – Roadmap

Urs Mueller, Gilles Plusquellec, Katarina Malaga

RISE Report 2021:10

Kraftsamlar för klimatet

RISE BETECRETE 3.0

Betong- och cement-branschen har i Betongplan mot ett fossilfritt Sverige 2045 är en komplex resa som kräver ett gemensamt kraftlag. I projektet Betcrete 3.0 samlar RISE och Vinnova hela värdekedjan för att nå målet.

Vår är avsett nästan 30 miljarder ton betong i världen. Det är nog för att bygga ett nytt New York City varje sekund. Framtiden säger att det ska bli två gånger så mycket betong i världen.

Enligt Katarina Malaga är det förstås viktigt att betongens miljökvalitet förbättras. Men för professor emerita Katarina Malaga är det också viktigt att betongens kvalitet förbättras. Det är inte bara miljökvalitet som räknas utan också betongens styrka och hållbarhet. Det är inte bara miljökvalitet som räknas utan också betongens styrka och hållbarhet. Det är inte bara miljökvalitet som räknas utan också betongens styrka och hållbarhet.

RISE BETECRETE 3.0 är ett samarbete mellan RISE och Vinnova för att utveckla ett fossilfritt Sverige 2045. Projektet samlar ihop alla aktörer i betongbranschen för att utveckla nya material och processer som kan bidra till att nå målet.

RISE BETECRETE 3.0 är ett samarbete mellan RISE och Vinnova för att utveckla ett fossilfritt Sverige 2045. Projektet samlar ihop alla aktörer i betongbranschen för att utveckla nya material och processer som kan bidra till att nå målet.

Rapportering av regeringsuppdrag

Alternativa bindemedel till betong

– En sammanfattning av kunskapsläget, i ett hållbarhetsperspektiv

februari 2023

Gry Møl Mortensen, Henrik Tarras, Mattias Göransson, Olof Taromi Sandström, Katarina Malaga, Elisabeth Helsing, Peter Utgenannt & Emma Sundling

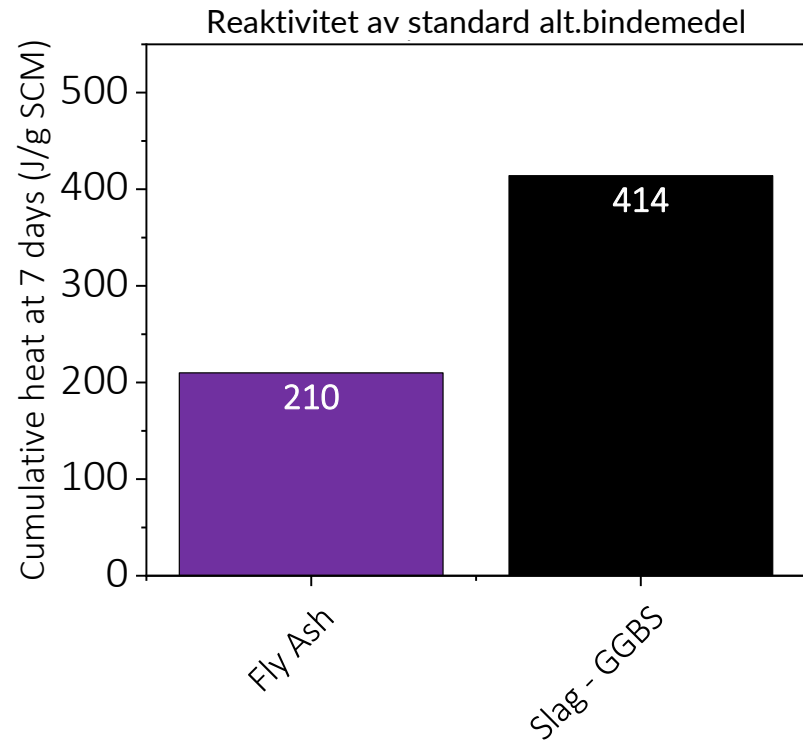
Diarie-nr: 31-841/2022

RR 2023:02

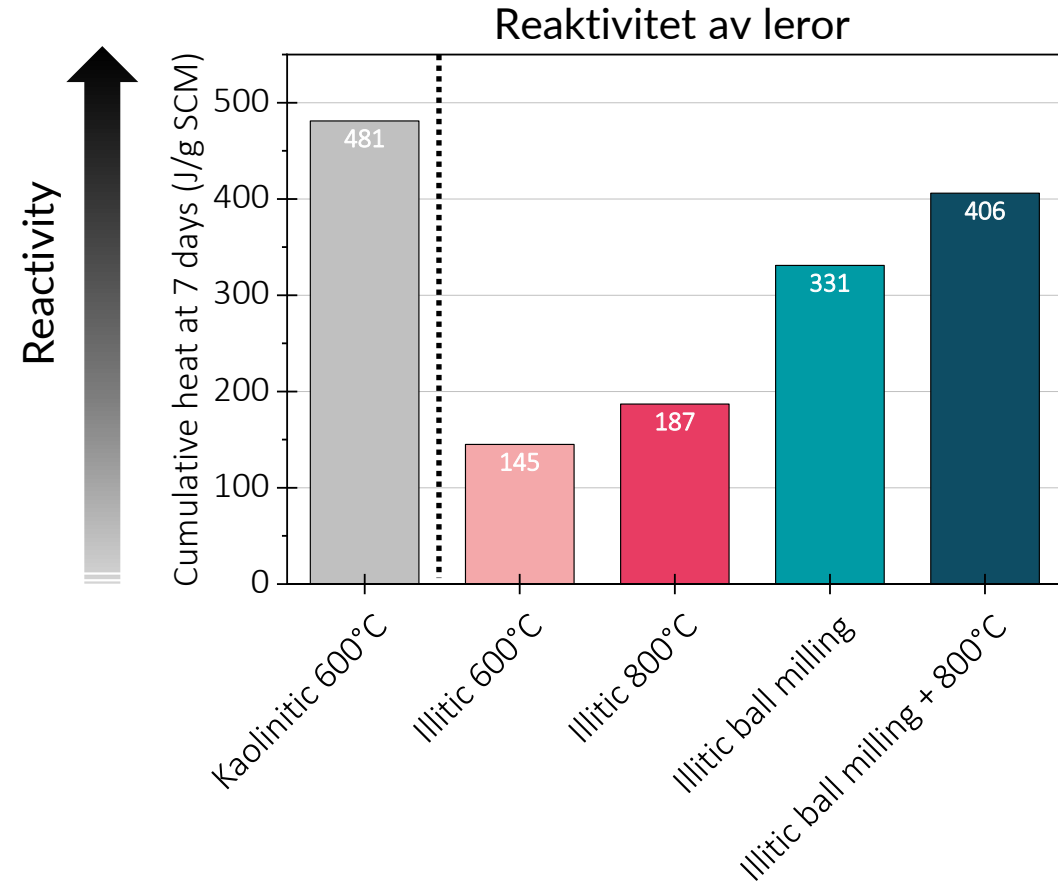


Reaktivitet / påverkan av 'förbehandling' (R3)

Kan det materialet fungera ihop med cement?



Skillnad mellan pozzolan vs hydraulisk reaktivitet.







Regler för XF3 i olika länder

Regler för XF3 enligt CEN/TR 15868:2021								
En översikt av nationella bestämmelser vid tillämpning av den europeiska betongstandarden EN 206:2013 (max vct och tillåtna cement)								
	SE	FI	NO	CH	UK	DE	AT	FR/IT
vct _{ekv}	0,55/0,45	0,50	0,45	0,50	0,40/0,60	0,50/0,55	0,55	
I	X	X	X	X	X	X	X	Alla cement i EN 197-1
IIA-S	X	X	X	X	X	X	X	
IIA-D	(≤ 5 %)	X	X	X	X	X	X	
IIA-V	X		X		X	X	X	
IIA-W								
IIA-L					X		X	
IIA-LL	X	X		X	X	X		
IIA-P						X		
IIA-Q						X		
IIA-T						X		
IIA-M	X*	X*	X*	X*		X*	X*	
IIB-S		X			X	X	X	
IIB-V					X		X	
IIB-W								
IIB-P						X		
IIB-Q						X		
IIB-T						X		
IIB-L							X	
IIB-LL								
IIB-M		X*	X*			X*	X*	
III-A		X		X	X	X	X	
III-B					X	X	X	
IV-A					X	X		

* Restriktioner av tillåtna beståndsdelar

Egenskapskrav för olika dammtyper – (Rise tolkning)

	Massivdamm oarm	Massivdamm arm	Lamelldamm	Valvdamm	Utskovsdelar
Hållfasthet	Yellow	Yellow	Red	Red	Orange
Tyngd	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow
Permeabilitet	Orange	Orange	Red	Red	Orange
Sprickbenägenhet	Red	Red	Orange	Orange	Orange
Frostbeständighet, yttre och inre	Red	Red	Red	Red	Red
ASR	Red	Red	Red	Red	Red
Erosionsmotstånd	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Red
Korrosionskänslighet	Grey	Yellow	Red	Red	Red
Risk för urlakning	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange
Risk för tempsprickor	Red	Red	Orange	Orange	Orange
 Mycket viktig egenskap					
 Viktig egenskap					
 Relevant egenskap					
 Ej relevant egenskap					

Exempel från andra länder

Norge och Island

	Binder	Issues	Comments
Norway – Votna I (mid 60's)	100% CEM I	Intense ASR	Heavy & costly repair
Norway – Alta (early 80's)	CEM I / SF (unknown proportions)	No	SF was used to reduce heat production and associated cracking
Norway – Sarvsfossen (early 2010's)	70% CEM I / 25% FA / 5% SF	No	Binder designed to have max temp. below 65°C
Iceland – Kárahnjúkar (2003-2010)	Shotcrete: CEM II/A-M 42.5R (with 6% condensed silica fume) Normal concrete: CEM II/A-V 42.5R + 20% FA	No	Iceland has no AAR aggregates Harsh arctic climate, 590 m above sea level

SF = Silica Fume
FA = coal Fly Ash



Ref. Alta dam – flickriver.com

Canada - kalt klimat

	Binder	Issues	Comments
Canada – Magpie river (end 80's)	50% CEM I / 50% GGBS	Unknown, good up to 1996	The goal was to prevent ASR
Canada – Les Cèdres	CEM I / FA / SF (unknown proportion)		

General observation for Canada:

- A lot of dams are affected by ASR → use of SCM to decrease the risk of high expansion (proven to be effective).
- Ongoing research includes the use of LC3 binders for dams.

SF = Silica Fume

FA = coal Fly Ash

GGBS = ground granulated blast furnace slags



Ref. Barrage des Rapides-des-Cèdres – patrimoine-culturel.gouv.qc.ca

Schweiz

	Binder	Issues	Comments
Switzerland – Luzzone	80% CEM I / 20% FA	No	Use FA to give up artificial cooling of the concrete (post-cooling) Binder content of 250 kg/m ³
Switzerland – Barberine	Cement (not specified type)	No	Use w/c = 0.8 and binder content of 200 kg/m ³
Switzerland – Spitalamm (new)	CEM I / FA (unknown proportions)	Found crack on the old dam	1900 m above sea level

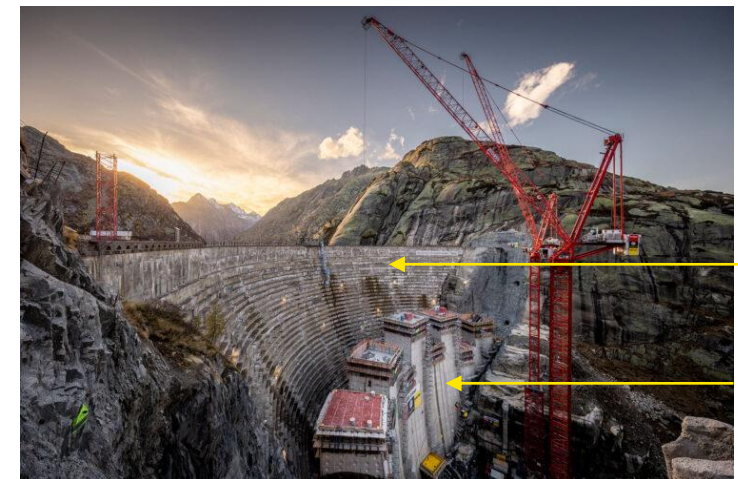
General observation for Switzerland:

A lot of dams are affected by AAR and ASR → use of SCM to decrease the risk of high expansion

SF = Silica Fume

FA = coal Fly Ash

GGBS = ground granulated blast furnace slags



Spitalamm
(old)

Spitalamm
(new)

Ref. Grimselwelt | our Tours trough the hydroelectric power stations –
www.grimselwelt.ch/en/tours

**RL
SE**

Andra länder

	Binder	Issues	Comments
China - Three Gorges (90's)	CEM II / FA (10-30-40%) depending on location High belite cement (HBC) / FA	No (Carbonation and leaching altered the surface, but no impact on performance)	CEMII, FA and HBC to reduce heat.
China - Naheng	CEM I / FA (60 - 70%)	No	
China - Liujiaxia dam	CEM II 52.5 with 4.5% MgO / FA depending on location	No	Some cracks
France - Galens	CEM III/B 42.5N-LH/SR CE OM NF (only 28.5% clinker + 71% GGBS)	Crack at the base of the central cantilevers near the contact with the ground level	Using high blain fineness cement (4600 g/cm ²) and limestone filler (5500 g/cm ²)
Germany	CEM I 50-70 kg/m ³ and SCM 70-150 kg/m ³	No	

SF = Silica Fume

FA = coal Fly Ash

GGBS = ground granulated blast furnace slags



Tack

katarina.malaga@ri.se