



Bindemedel för stabilisering av muddermassor

Sven-Erik Johansson
Cementa AB

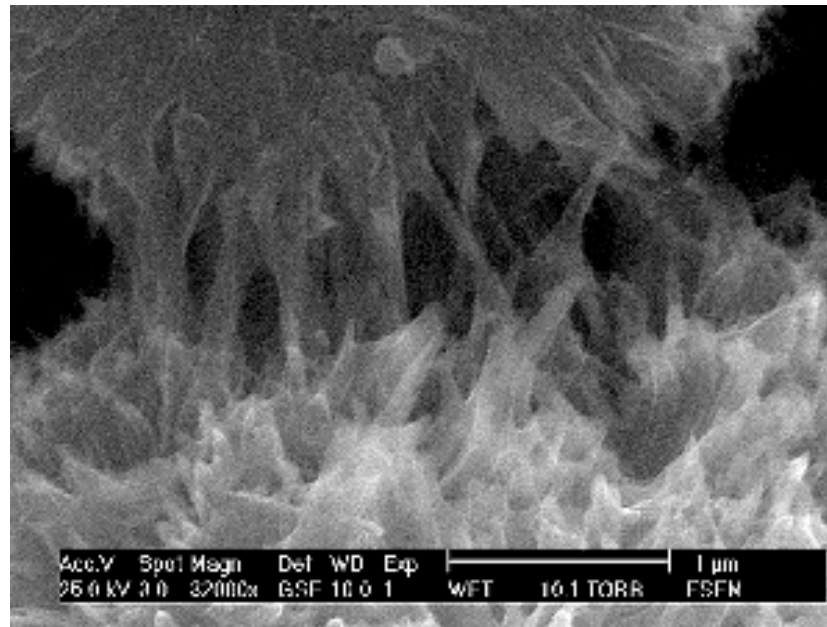


Inledning

- Vad vill vi åstadkomma?
 - Täthet
 - Hållfasthet
 - Miljöegenskaper
 - Beständighet

Grundprinciper för funktion

- Struktur

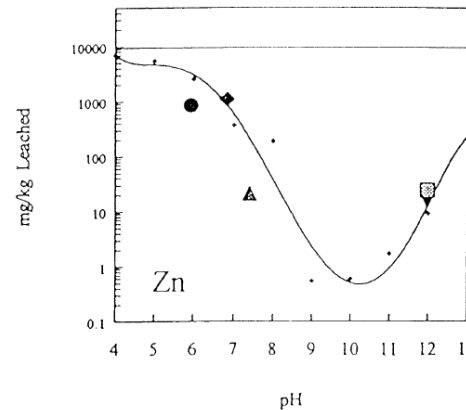
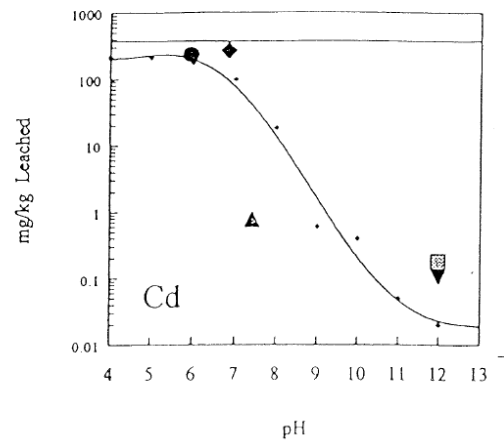


Grundprinciper för funktion

pH



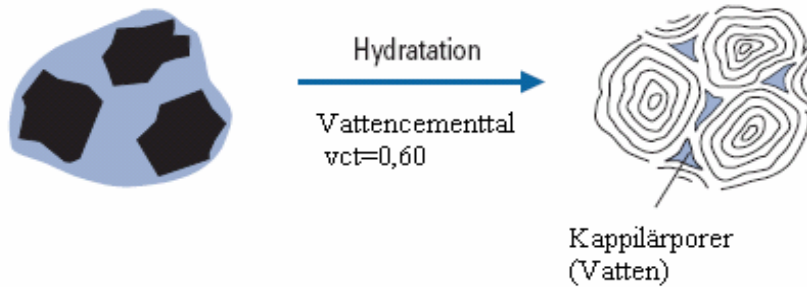
$$[\text{OH}^-] \times [\text{H}^+] = 10^{-14}$$



Bindemedel

Grundprinciper för funktion

- Porositet

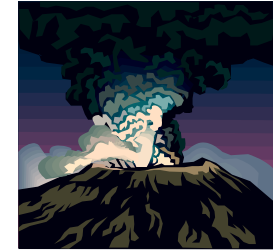


Inverkande faktorer:

antal reaktiva korn
vattenhalt

Bindemedelssystemet

- Kalciumsilikater ”CS”
- CaO och SiO₂
- Reaktion
- ”CS + H₂O → CSH”
 - Bindande produkt **kalciumsilikathydrat**
- **CaO/SiO₂ ≈ 1-3**



Bindemedelssystemet

- **Puzzolaner**

- Löslig Al_2O_3 och SiO_2

- Puzzolan + kalciumhydroxid + vatten → "CASH" / "CSH"

- Reaktiva puzzolaner: Vulkanaska, flygaska

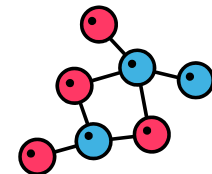
- Mindre reaktiva puzzolaner: Lermineral

”Massorna”

- Lera
 - Kornstorlek 0,002 mm
 - Vattenkvot 90 %
 - NaK-aluminiumsilikat
- Gyttjig lera
 - Lera med organiskt material (5%)
 - Humus

”Massorna”

- **Muddermassor** = förorenad lera eller gyttjig lera
- Organiska föroreningar kan påverka reaktionshastighet
- Oorganiska påverkar jonbalans:
 - Metaller: Konkurrerar med Ca. Förbrukar OH
 - Motjoner: Faller ut med Ca och blockerar ytor.





Cement

– IN

- Kalksten (CaCO_3)
- ”Lera”

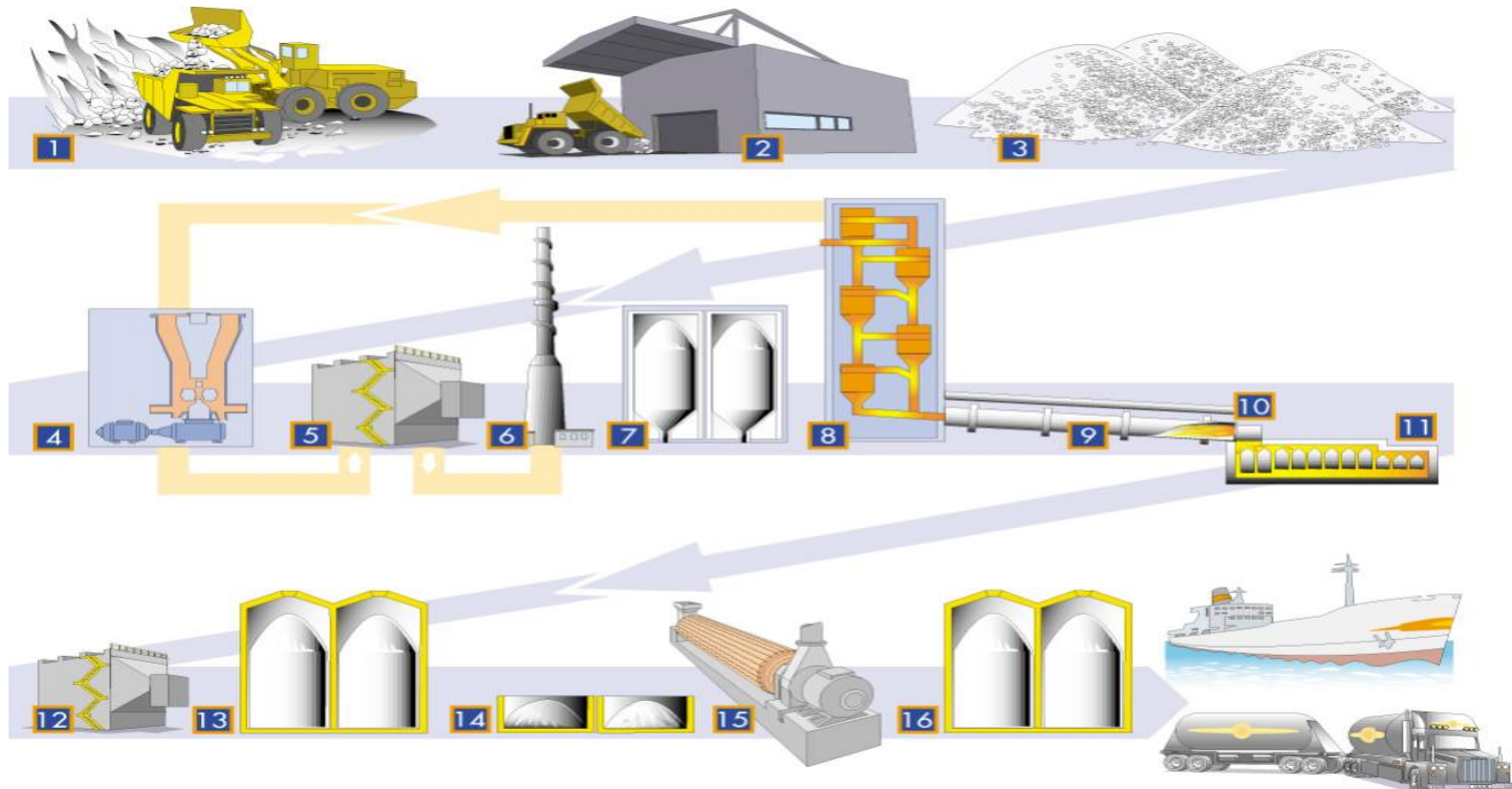


– UT

- Cement
- CO_2



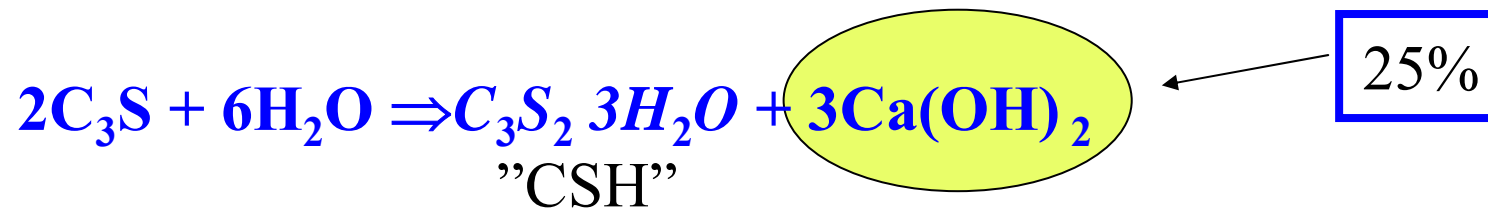
Cement-tillverkning



Bindemedel

Cement - reaktion

- C = CaO och S = SiO₂



- $2C_2S + 4H_2O \Rightarrow C_3S_2 \cdot 3H_2O + Ca(OH)_2$

CSH-gel - Ger Styrka

$$CaO/SiO_2 \approx 3$$

Bindemedel

Slaggbaserat bindemedel Merit

– IN

- Malm
- Kol (koks)
- Kalksten

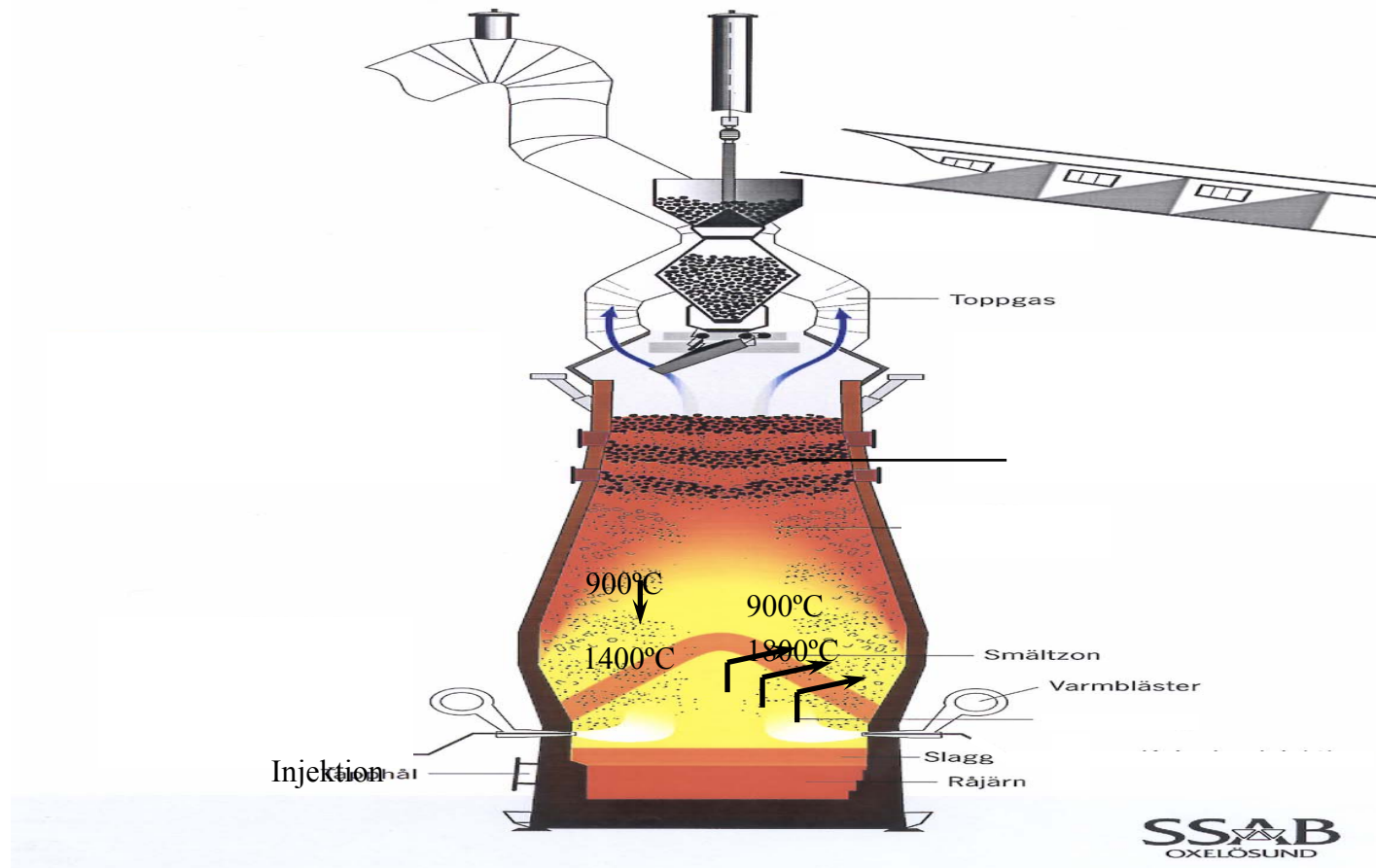


– UT

- Järn
- Slagg
- CO₂



Masugnsslagg -process



Bindemedel

SSAB
OXELÖSUND

CEMENTA
HEIDELBERGCEMENT Group

■ Slaggbaserat bindemedel - reaktion

- Merit är vattengranulerad finmald masugnsslagg
 - Ett reaktivt glas
 - Aktiveras av OH (eller sulfat)
 - Innehåller sulfider
- Merit ("CS") + vatten + $\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow$ "CSH"

$$\text{CaO/SiO}_2 \approx 1$$

Bindemedel

Bränd kalk

– IN

- Kalksten



– UT

- Bränd kalk
- CO₂



Bränd kalk -reaktion

- $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ (+värme)
- Torkar jorden
- Binder inte själv
- Kalciumhydroxiden reagerar med SiO_2 och Al_2O_3 från andra bindemedel eller lerpartiklarna.

$\text{CaO/SiO}_2 \approx 70$

Bindemedel

Flygaska

– IN

- Kol



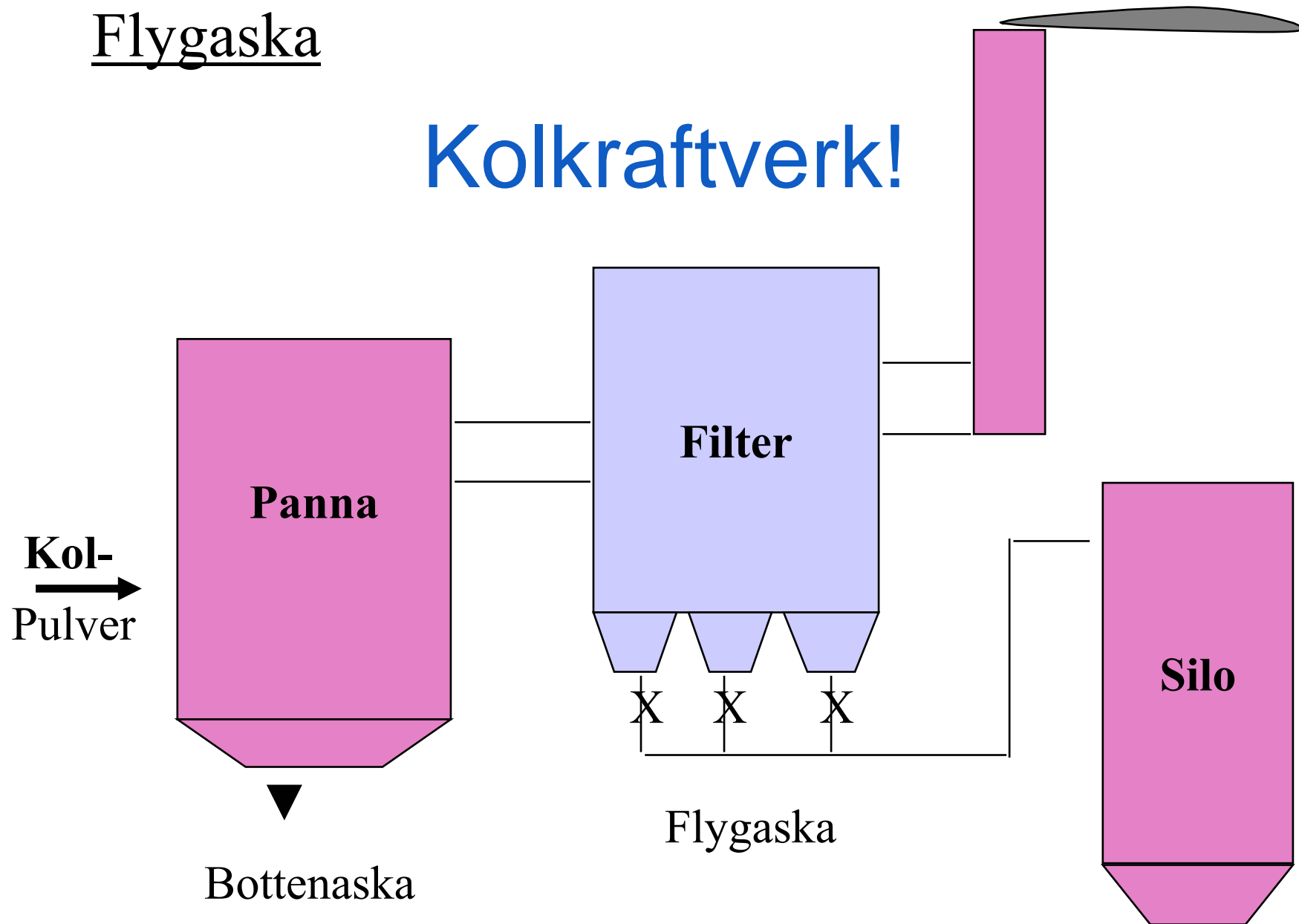
– UT

- Energi
- Aska
- CO₂



Flygaska

Kolkraftverk!



Bindemedel

Flygaska -reaktioner

- $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{löslich Al}_2\text{O}_3 + \text{löslich SiO}_2 \rightarrow \text{“CASH”}$

exempel.



$$\text{CaO/SiO}_2 \approx 0,15$$

Bindemedel

Övriga bindemedel

- Slagger
 - Stål
 - Andra metaller
- Andra askor
 - Bio
 - Sopor
 - Pappersbruk
 - Avfallsslam
- Gips

Sammanfattning Kemi

	Bränd kalk	Cement	Slagg	Flyg- aska
CaO %	94	62	36	5
SiO ₂	1,5	20	36	45
Al ₂ O ₃	0,8	4,5	10	25
Fe ₂ O ₃	0,4	2,3	0,4	8
MgO	1,7	2	13	2
Alkali	0,15	1,6	1	3

Spårämne mg/kg

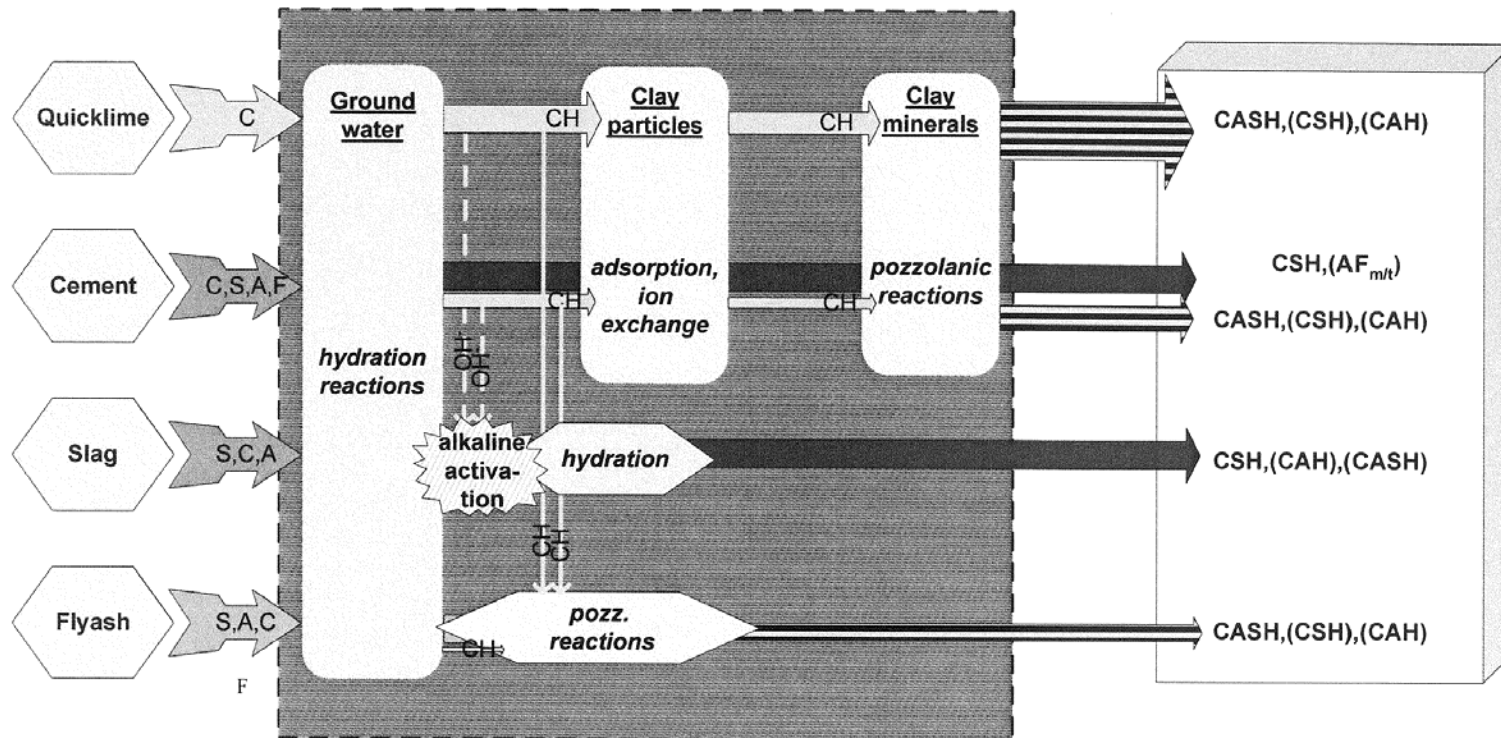
	Cement	Merit	BrändKalk	Flygaska
As	5,7	0,069	0,646	23,2
Cd	0,012	0,0226	0,196	0,0897
Co	6,86	3,11	8,36	13,9
Cr	32,1	36	8,58	46
Cu	9,06	17,8	6,3	39,7
Hg	<0,04	0,0547	<0,05	0,297
Mn	360	3590	141	257
Ni	27,4	17,1	4,08	34,3
Pb	15	0,52	6,54	19,7
Sb	0,0406	<0,04	0,117	1,46
Tl	<0,04	<0,04	<0,04	0,388
V	37,9	324	9	127
Zn	120	<1	51,1	49,4

Bindemedel

Mängd reaktionsprodukter beräknat

- Antagande:
 - Cement ger CSH + Ca(OH)_2 till puzz-reaktion
 - Merit ger CSH
 - Bränd kalk ger Ca(OH)_2 till puzz-reaktion
 - Lermineral reagerar med Ca(OH)_2

Reaktionsmuster



Helen Åhnberg

Bindemedel

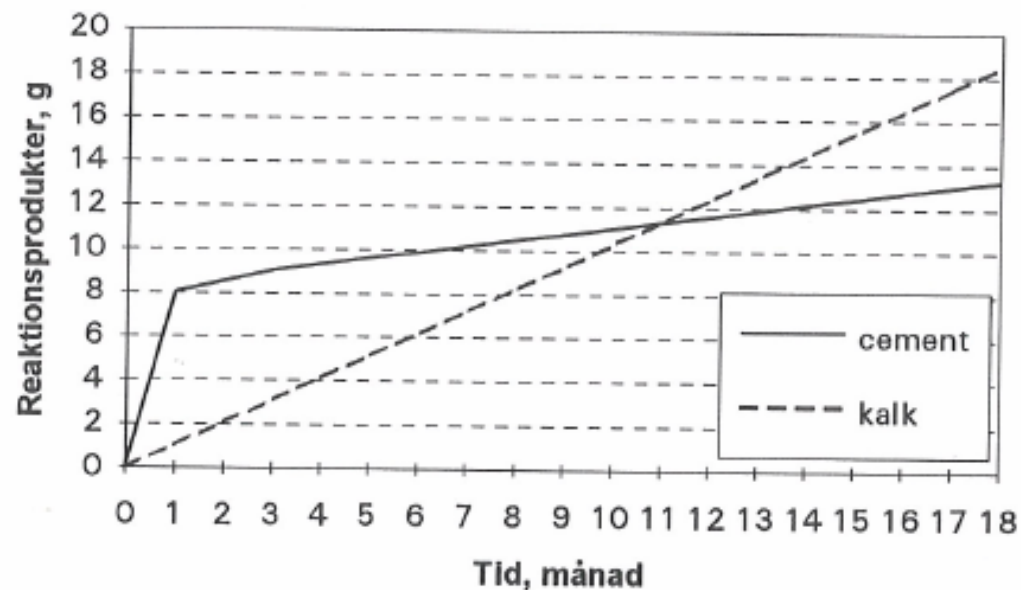
Mängd reaktionsprodukter av 100 kg stabmedel

Stabm	Eget	Pozz	Total
Cement	100	75	175
Kalk	-	370	370
K+C	50	234	284
C+SI	100	37	137
K+SI	50	198	248

50/50 blandningar
Bindemedel

Reaktioner

produktmängd-hastighet



- Mängd bildade reaktionsprodukter med 10 g stabiliseringsmedel per 100 g torrt material. Principfigur.

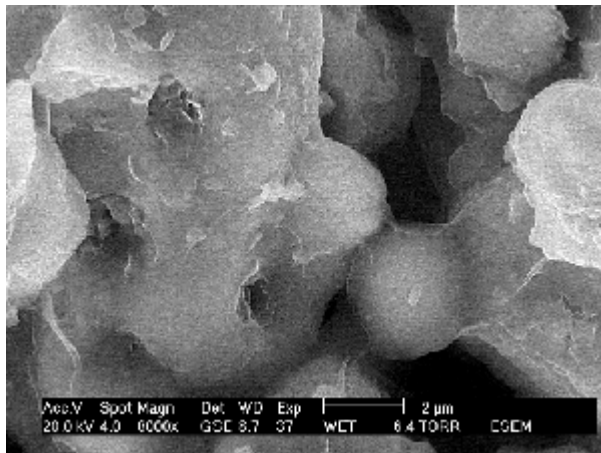
Reaktionshastighet

påverkande faktorer

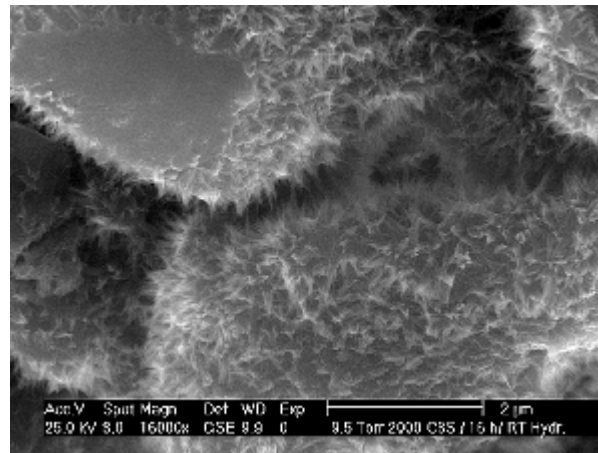
- Bindemedlets sammansättning
 - Cementhalt positiv
- Kornstorlek
 - Cement, Merit och flygaska har medelkorn 10-20 μm
 - Finare produkt snabbare
- Temperatur
 - Minus 10 °C ger halva hastigheten
 - Puzzolanreaktionen speciellt känslig
- Jordens vattenhalt
- Jordens sammansättning

Reaktionshastighet

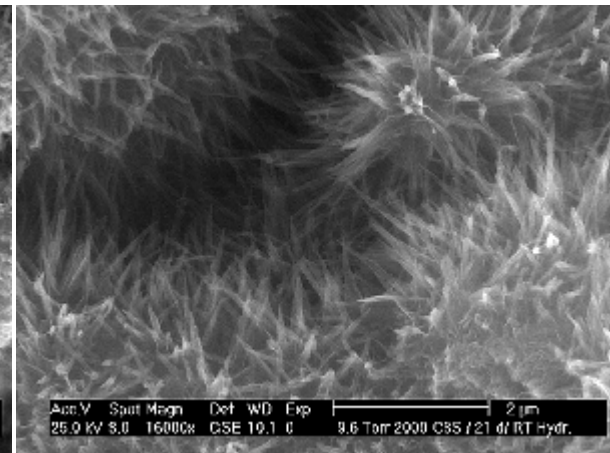
Silikathydrater i mikroskop



5 min hydratation av C3S, ett
hölje av gelformig silikathydrat



Efter 16 timmars
hydratation nålformiga
hydrater med längd upp till
400 nm



21 dygn- mer av
nålformiga hydrater (upp
till 900 nm

Bindemedel

CEMENTA
HEIDELBERGCEMENT Group



Bindemedel