

# Basiskennis betontechnologie

*Welkom*

Hoofdstuk 4:

De Lijm



# Cementsteen = “de Lijm”

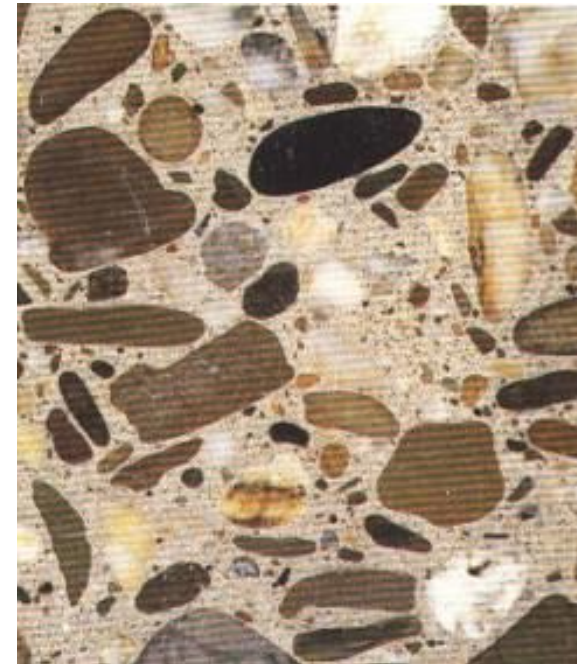
## *Begrippen:*

- Vloeibare fase: Cementlijm of Cementpasta
- Verharde fase: Cementsteen

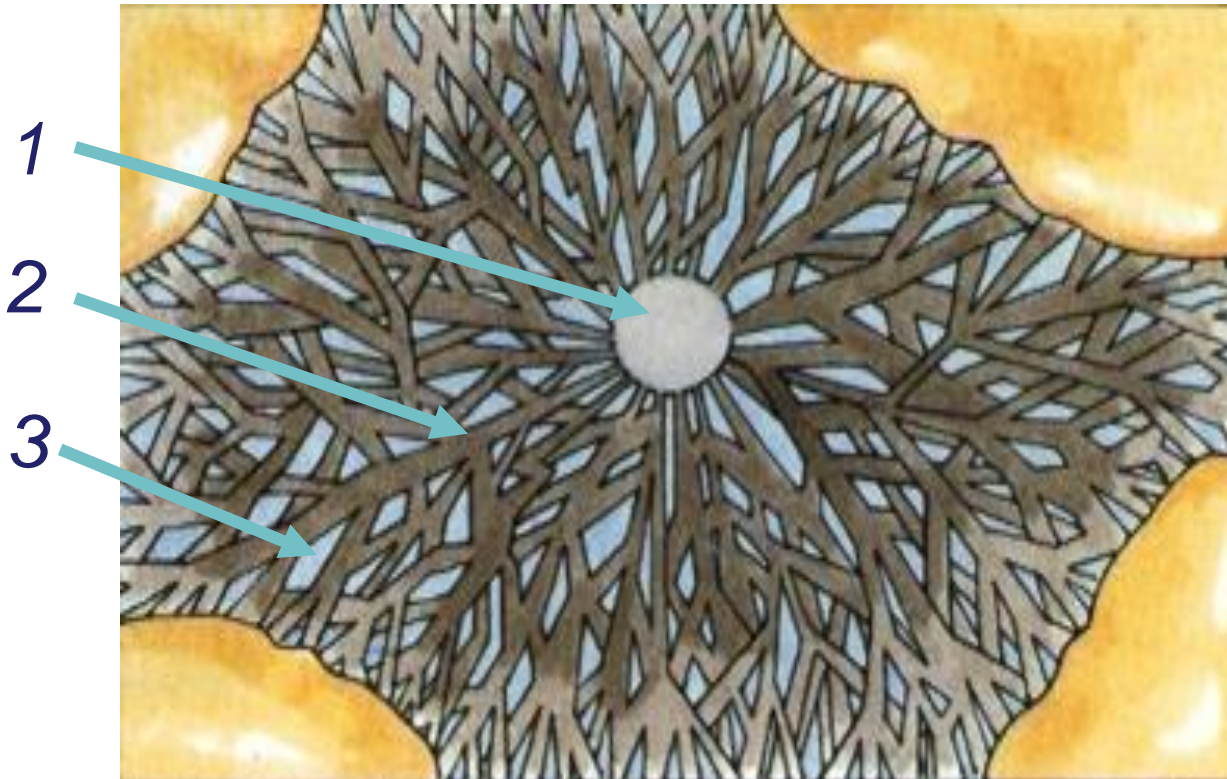
Cementsteen is opgebouwd uit:

- Water
- Cement

Cementsteen is een complexe structuur van zeer veel verschillende verbindingen. Daarom moeten we voor een goed begrip eenvoudig beginnen

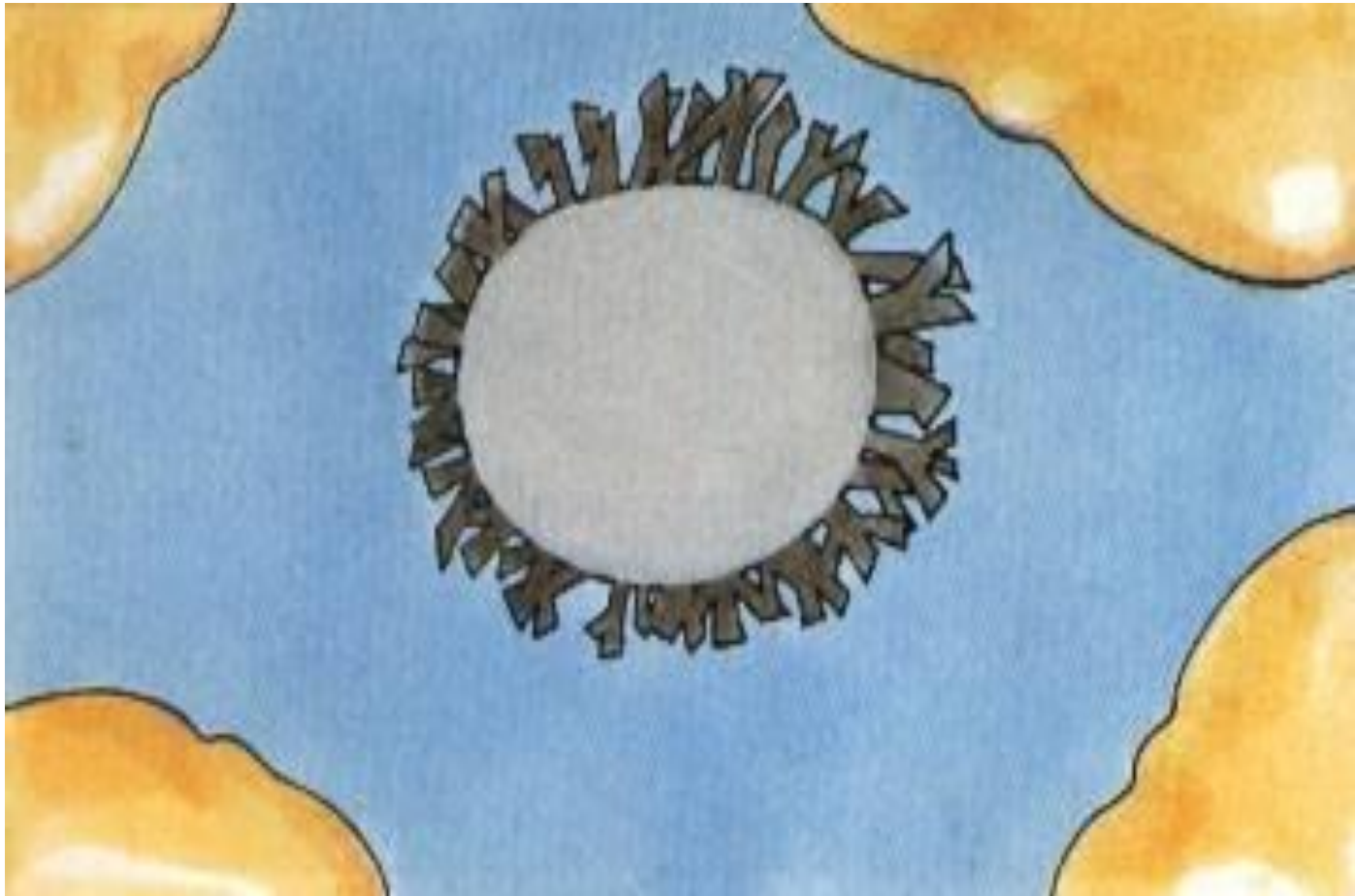


# Cementsteen – Eenvoudig model

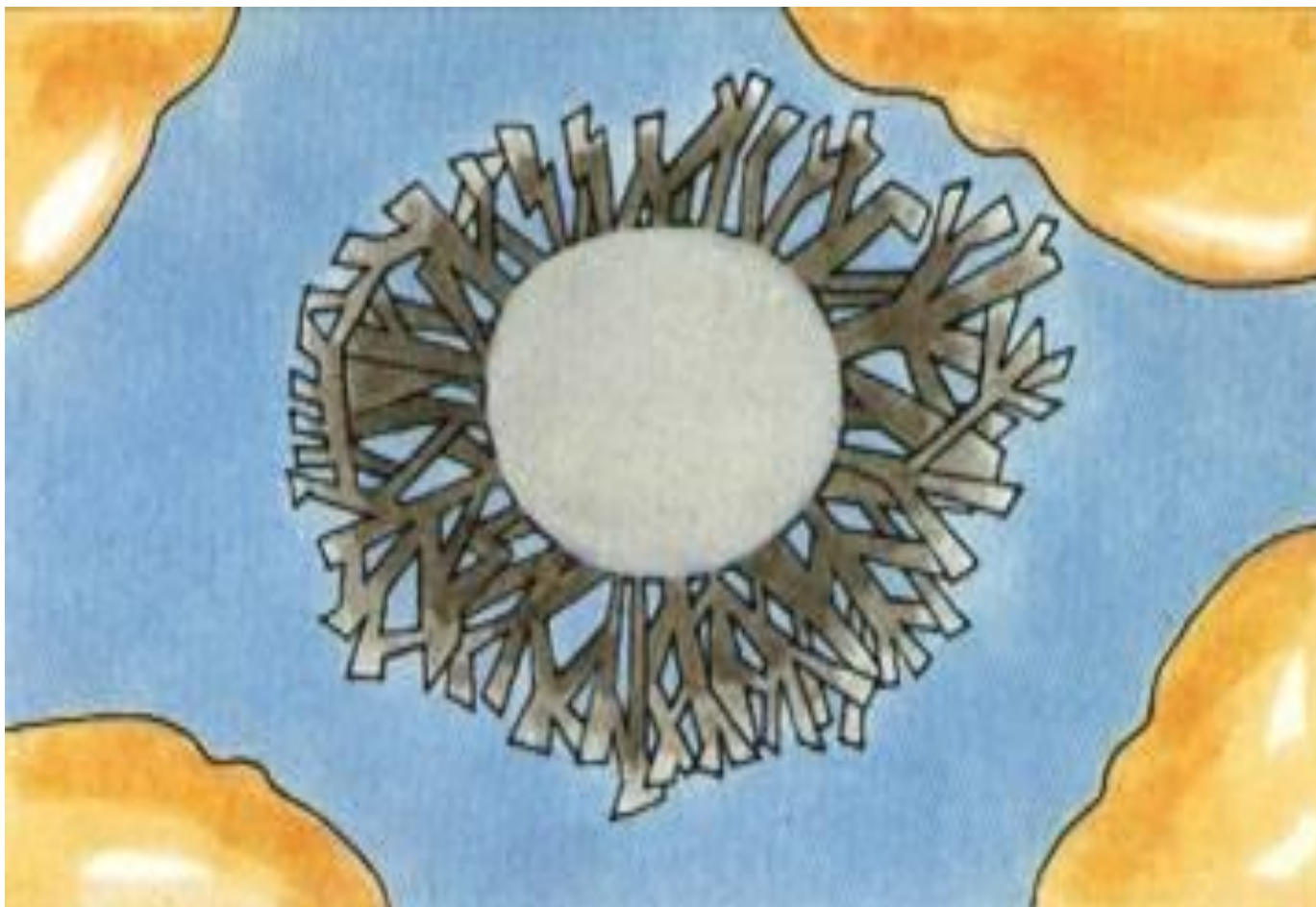


1. Nog niet gereageerd cement
2. Cementshydraten
3. Water in capillaire poriën

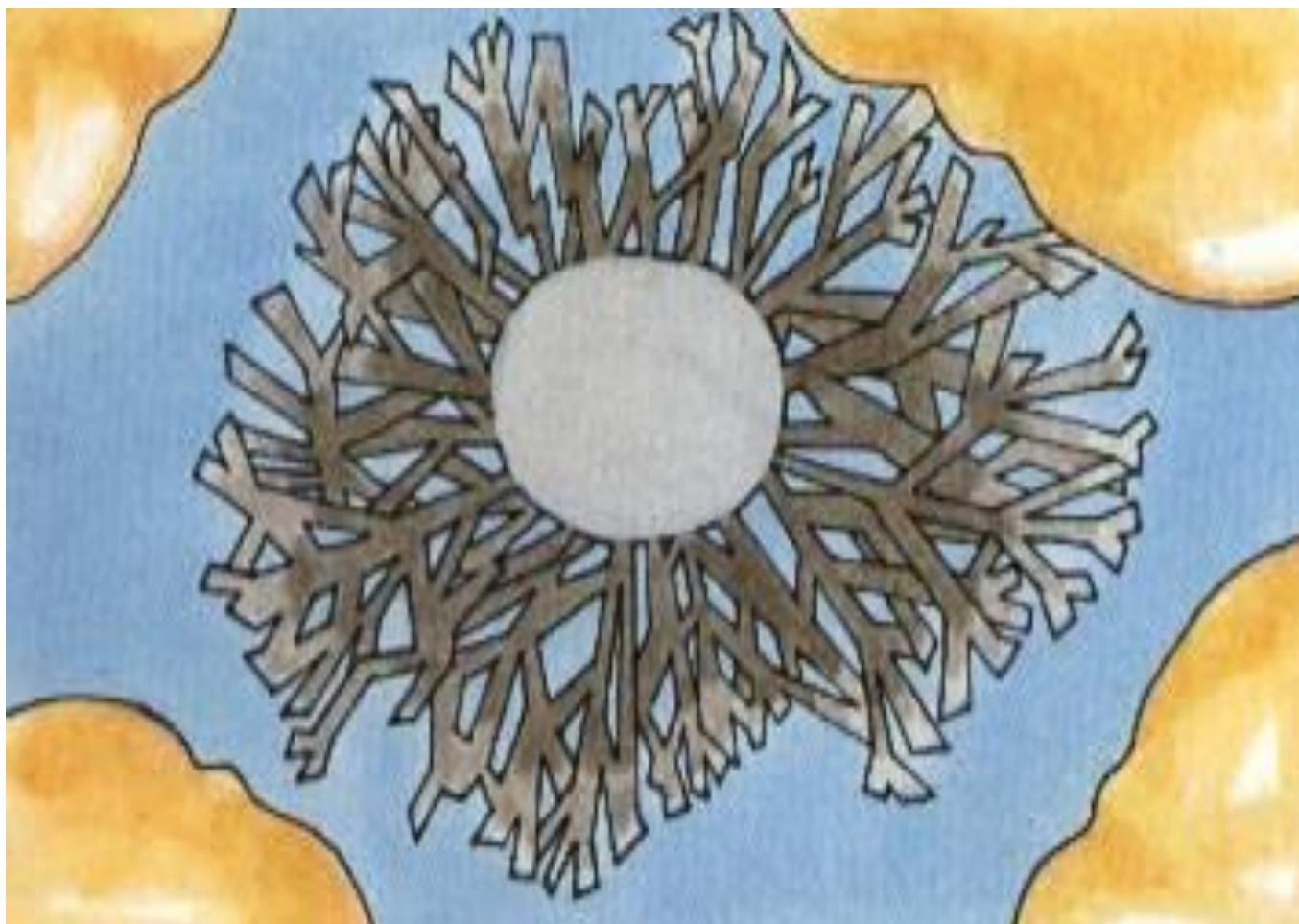
# Hydraterende cementkorrel



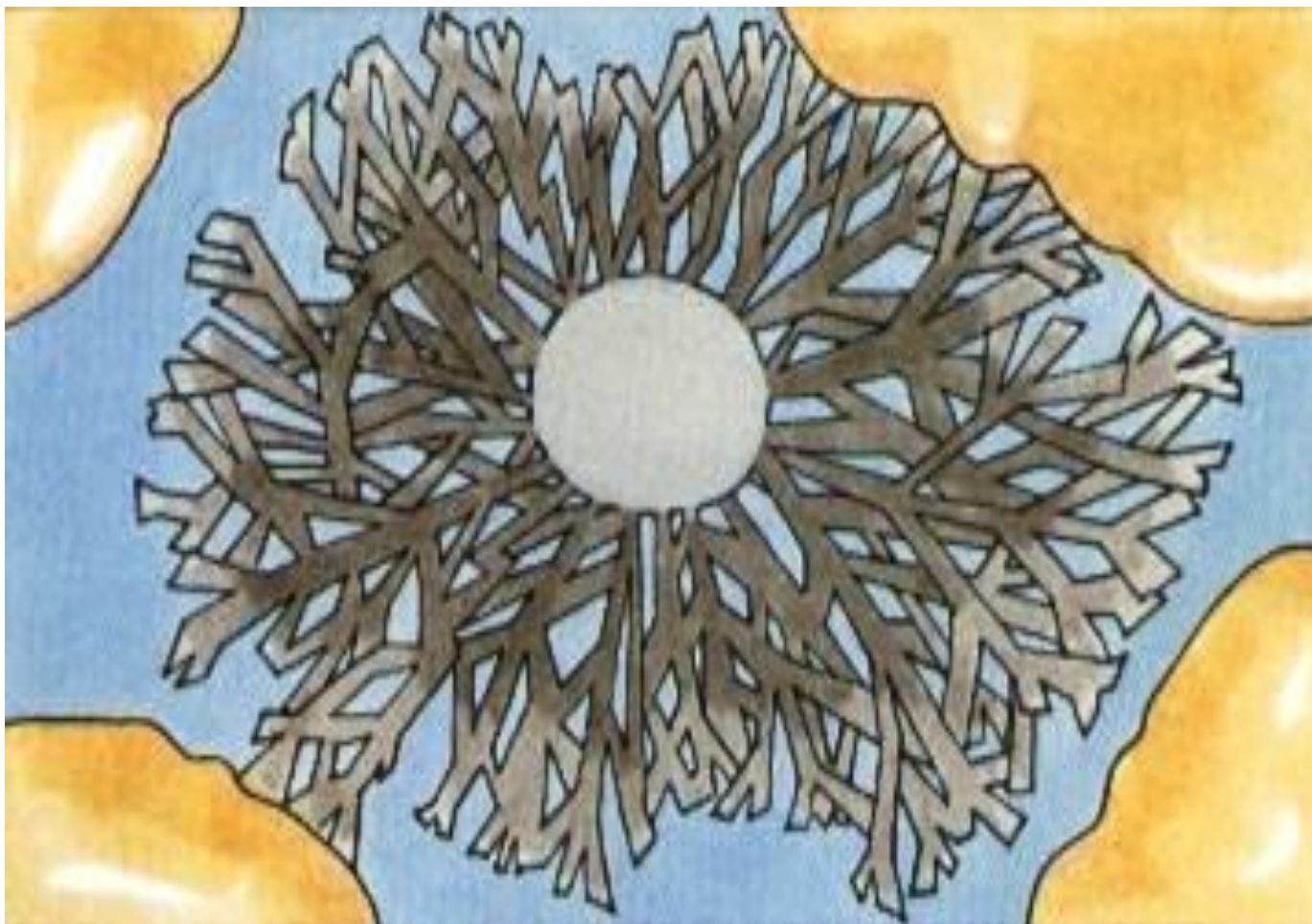
# Hydraterende cementkorrel



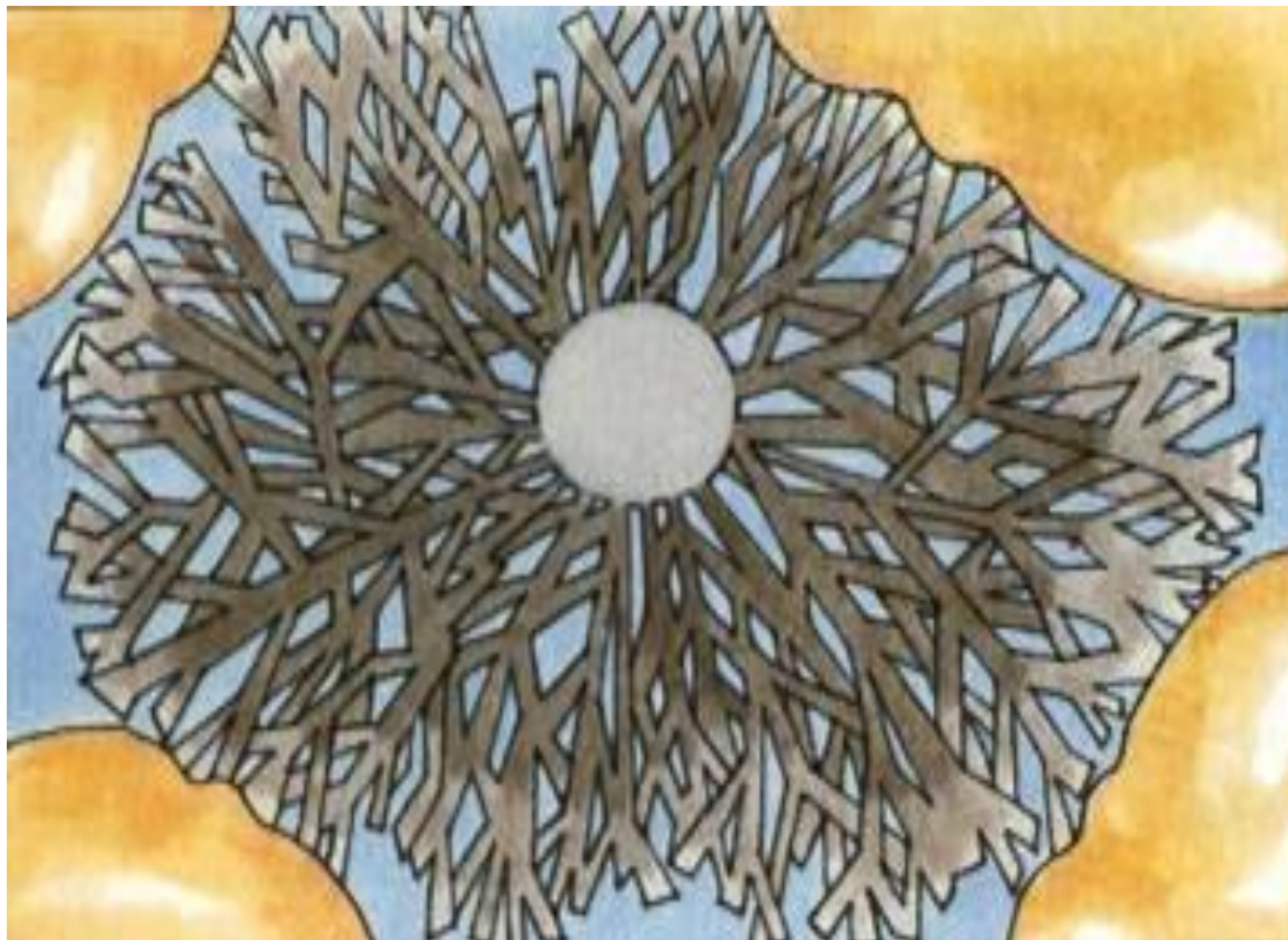
# Hydraterende cementkorrel



# Hydraterende cementkorrel

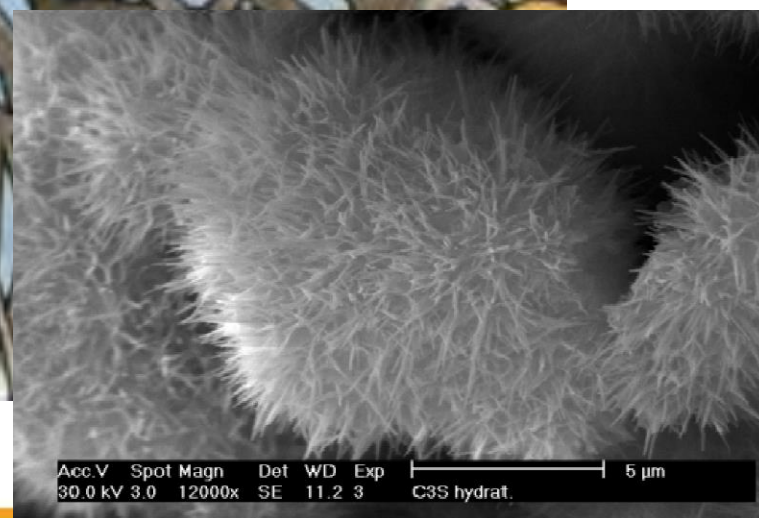
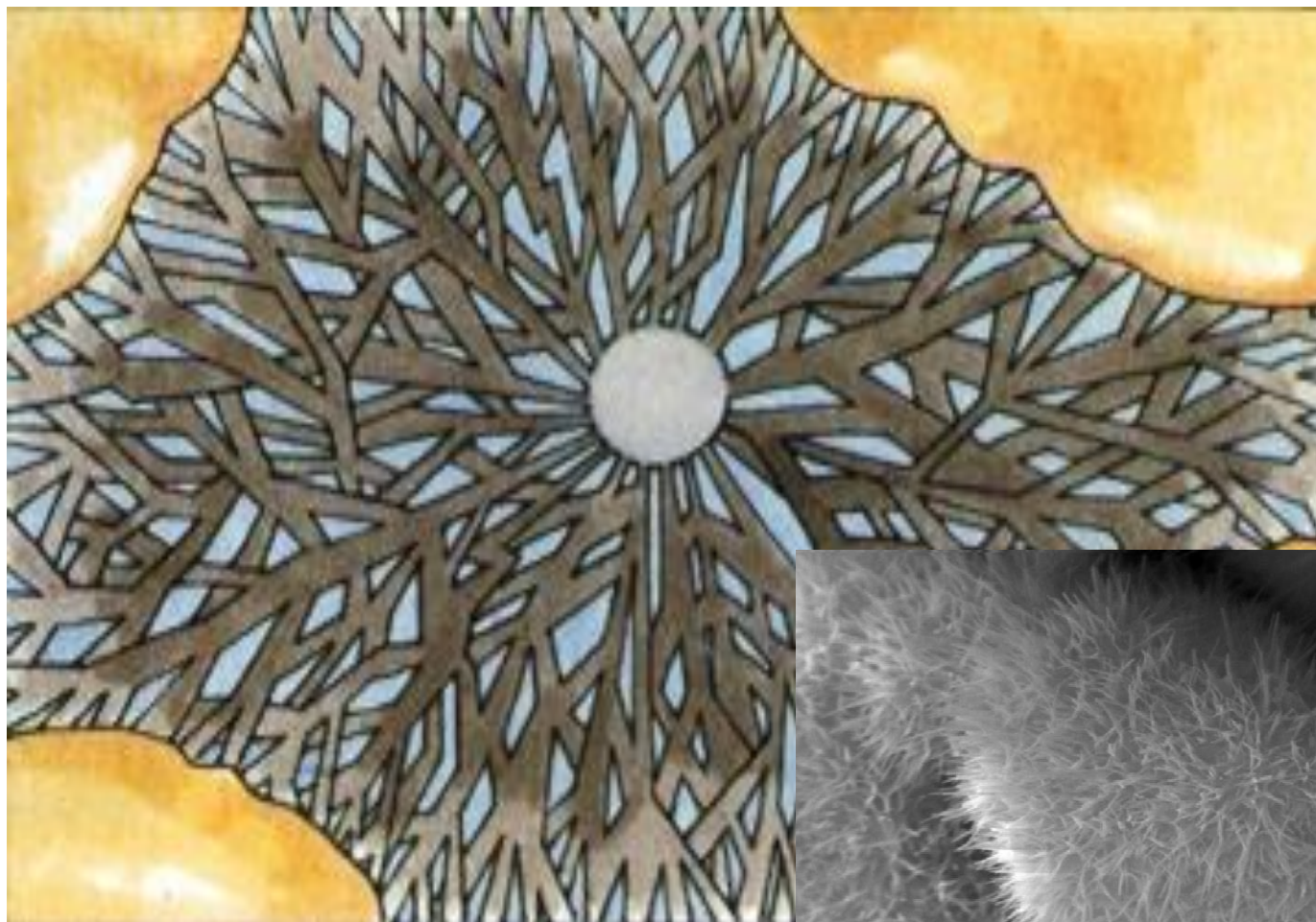


# Hydraterende cementkorrel



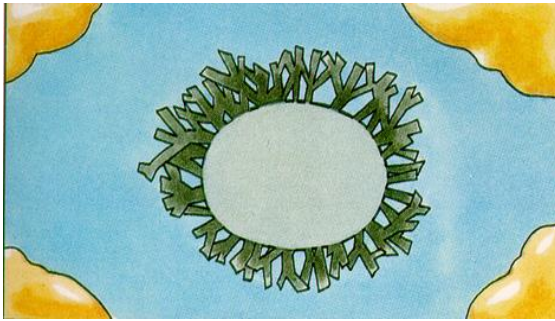


# Hydraterende cementkorrel

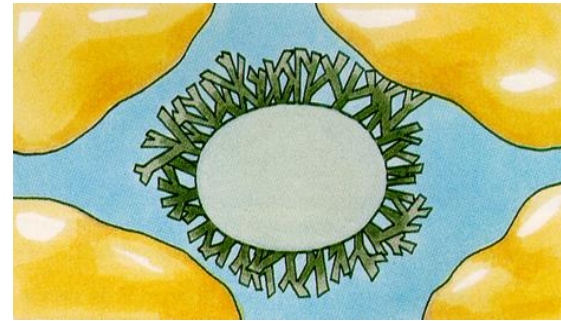


# Water-cementfactor

*Wcf = hoog*



*Wcf = laag*

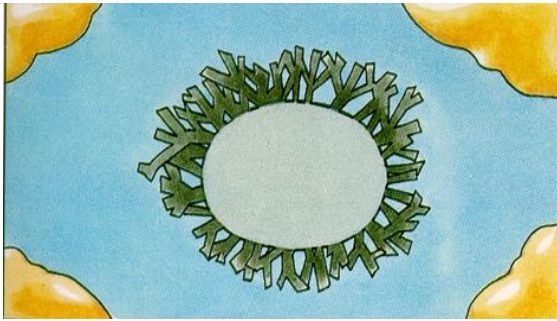


$$\text{W/C-factor of } Wcf = \frac{\text{Water (massa)}}{\text{Cement (massa)}}$$

Let op : Dit geldt alleen bij een constant cementgehalte

# Water-cementfactor

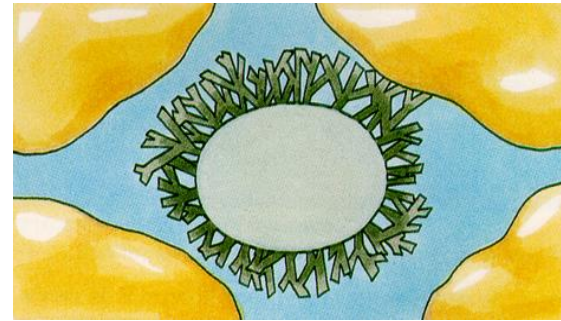
*Wcf = hoog*



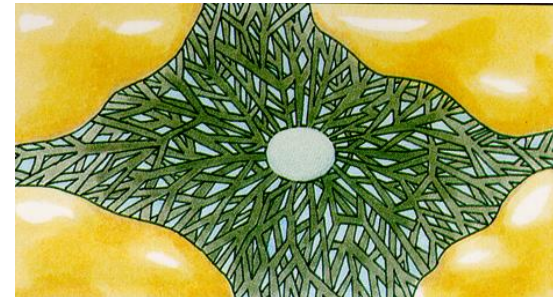
*Veel capillaire poriën*



*Wcf = laag*



*Minder capillaire poriën*



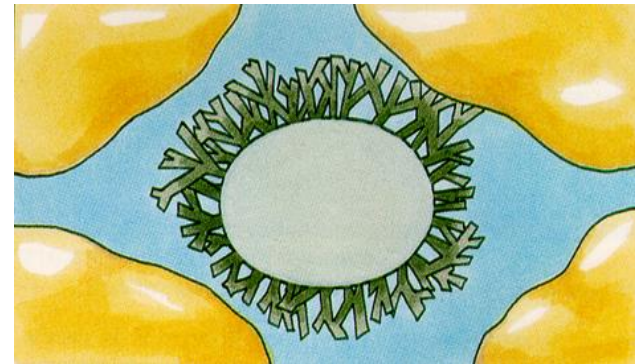
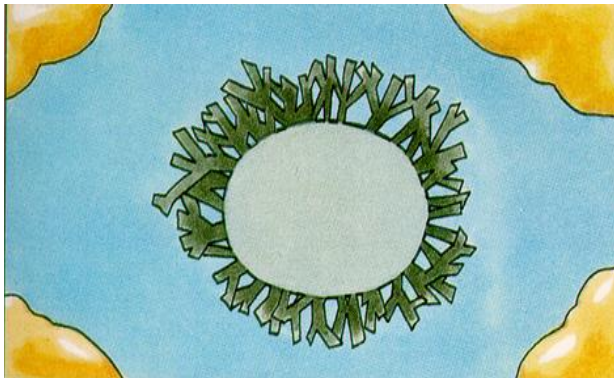
Let op : Dit geldt alleen bij een constant cementgehalte

# Water-cementfactor

*Wcf = hoog*

*Wcf = laag*

Meer druksterkte

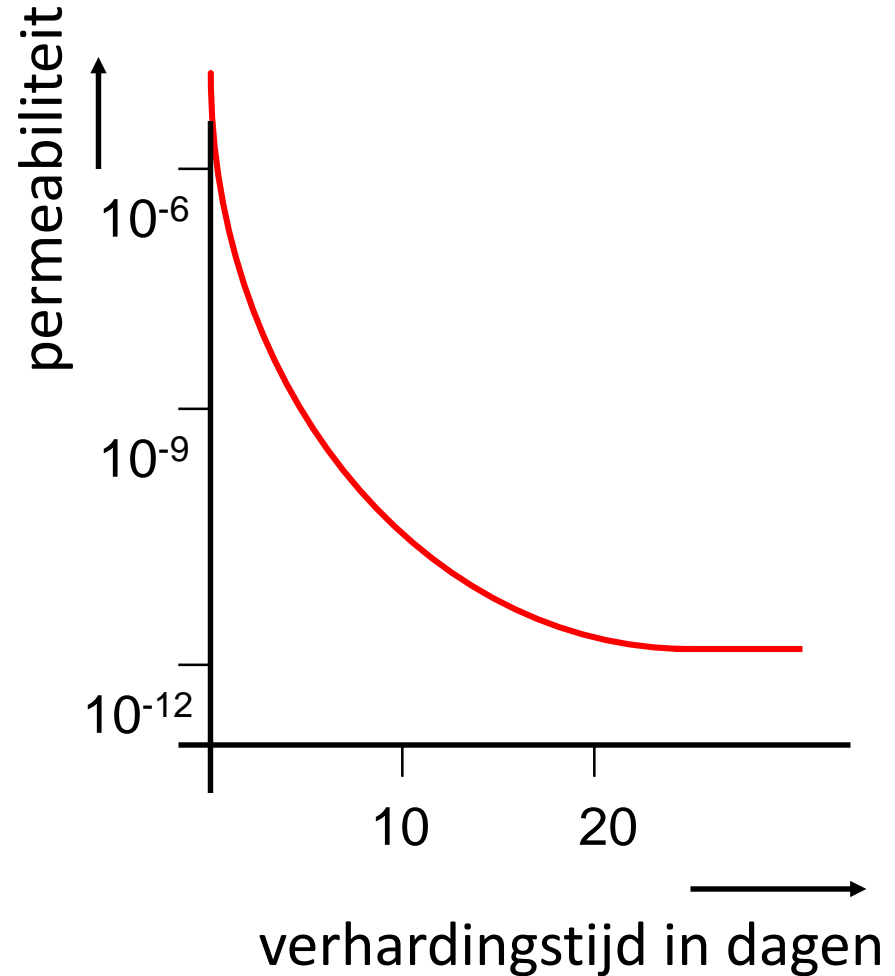


Dichtere structuur

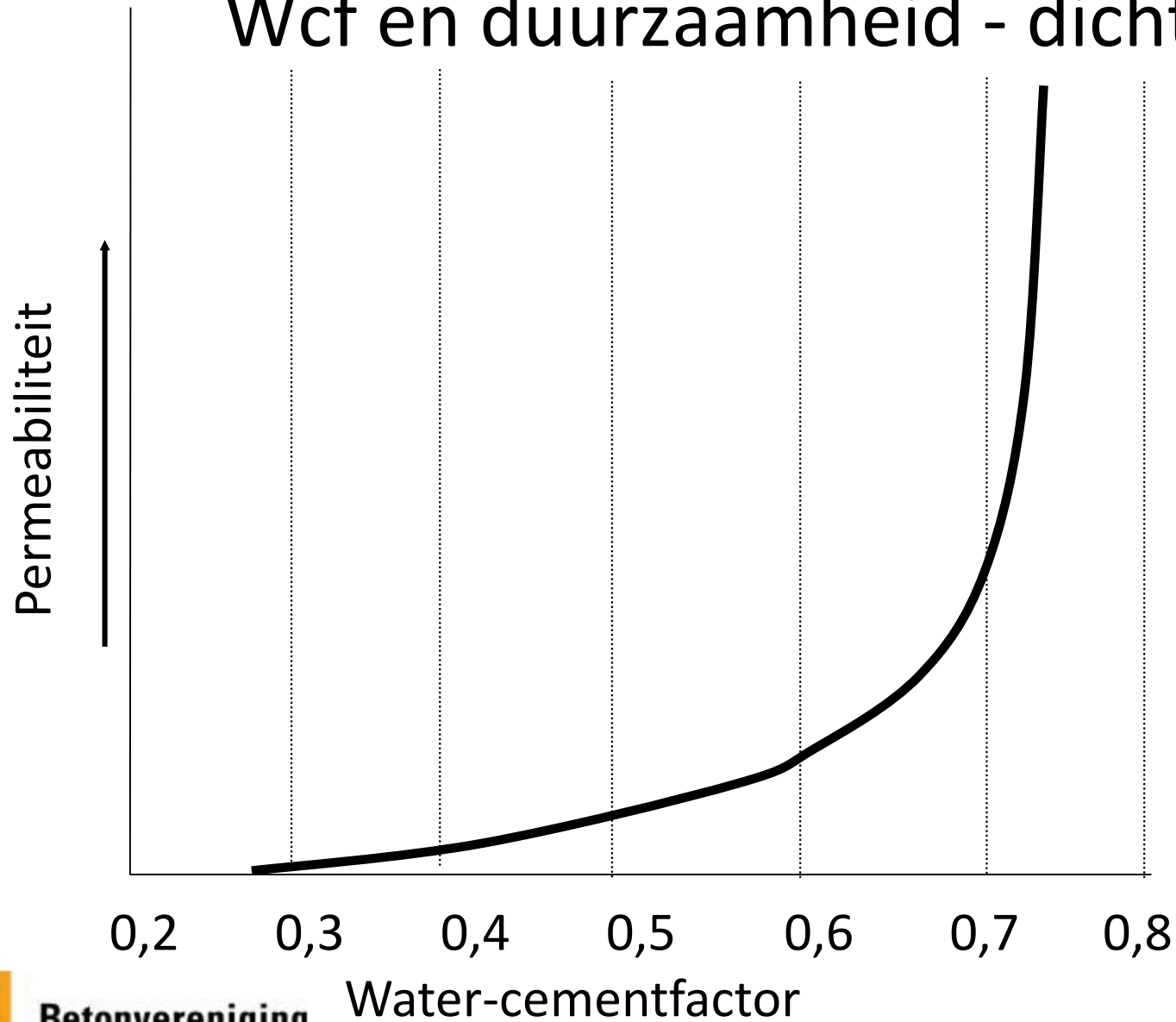


# Permeabiliteit

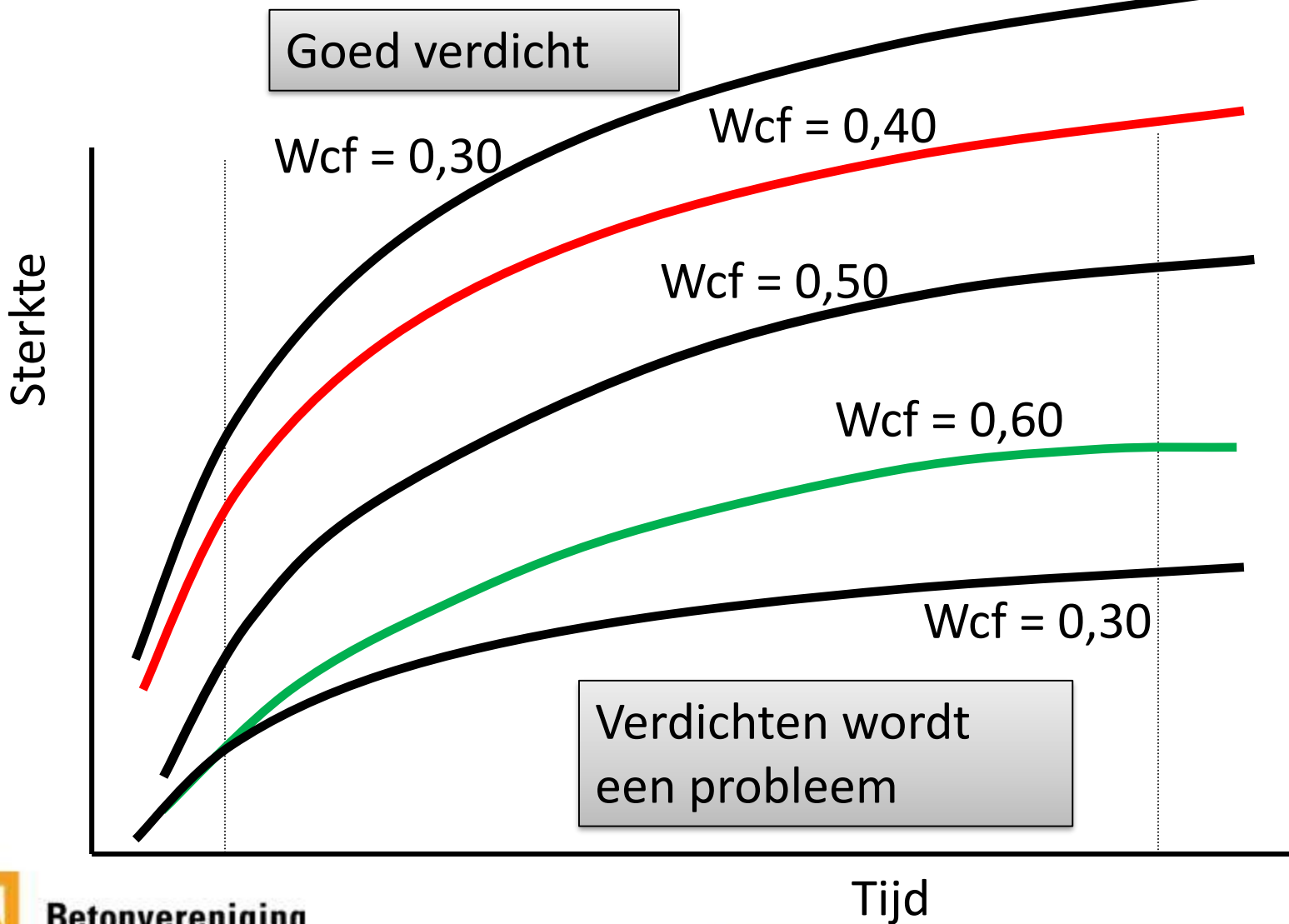
- Het gemak waarmee water zich door een poriënsysteem kan bewegen
- In m/s bij 1 m. waterkolom
- Duurzaamheid



# Wcf en duurzaamheid - dichtheid



# Wcf en sterkteontwikkeling

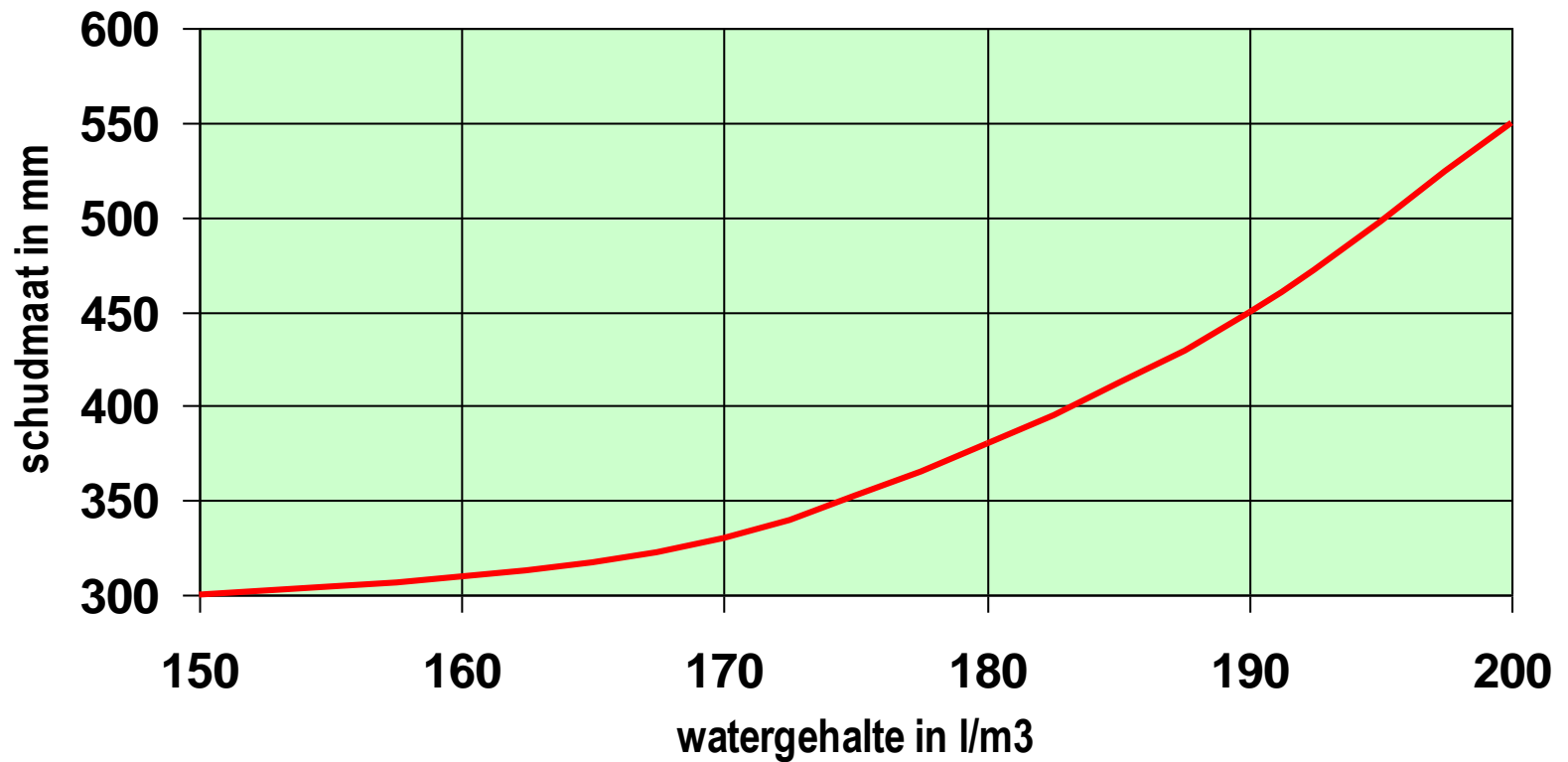


# Water-cementfactor

	Wcf = 0,65	Wcf = 0,45
Water t.o.v. cement	Veel	Weinig
Sterkteontwikkeling	Langzaam	Snel
Eindsterkte	Lager	Hoger
Porie diameter	Groter	Kleiner
Duurzaamheid	Slechter	Beter



# Verwerkbaarheid

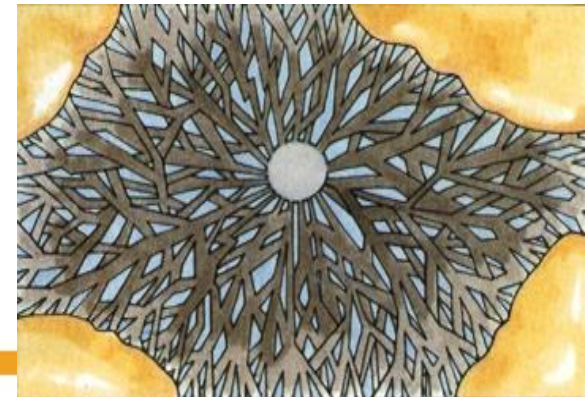


# Poriën in de cementsteen

Poriën hebben invloed op:

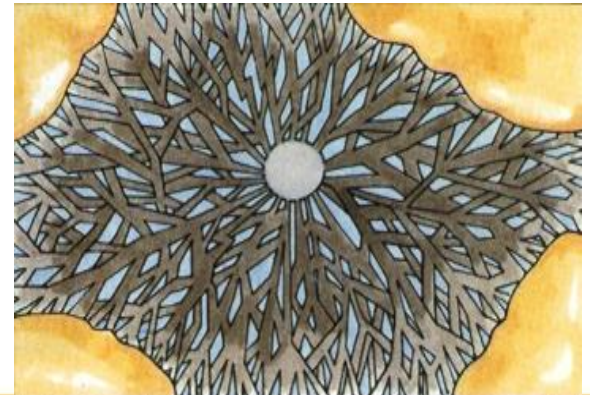
1. De sterkte van de cementsteen
2. Mogelijkheid tot transport van gassen, vloeistoffen en ionen
3. Mogelijkheid van bevriezen van water
4. Gevoeligheid voor uitdrogen van beton

*De belangrijkste poriën zijn de capillaire poriën.*



# Capillaire poriën

- Niet gebonden water (niet verbruikt aanmaakwater)
- In begin doorlopend kanalenstelsel
- Afhankelijk van w/c-factor en hydratatiegraad
- Pore afmeting  $10^{-5} - 10^{-3}$  mm
- Verlaagd vriespunt, maar kan bevriezen



# Gelporiën

In de cementhydraten zitten ook poriën, de:

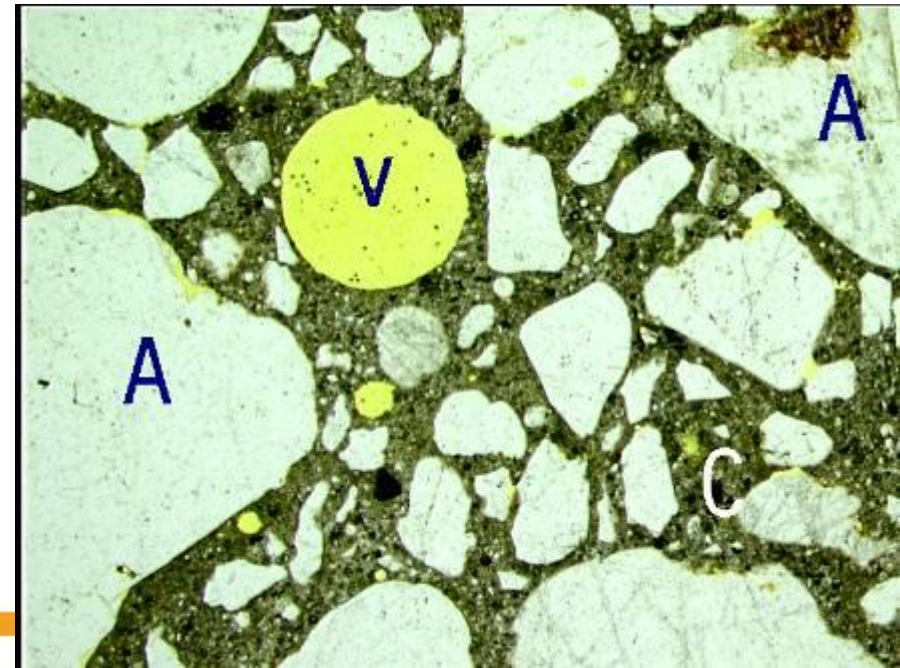
## *Gelporiën*

- Vrijwel geen water transport
- Bevriest niet !!!!
- Porie afmeting tot 0-2 nm



# Luchtbelletjes

- Onderbreken doorlopende kanaaltjes
- Verdwijnen gedeeltelijk door verdichten
- Of ze zijn zo stabiel dat ze achterblijven
- Normaal 1 à 2 %, met LBV tot 10 %
- Afmeting ca. 0,1 mm



Plaatje 2,7 x 1,8 mm

# Micro-scheuren

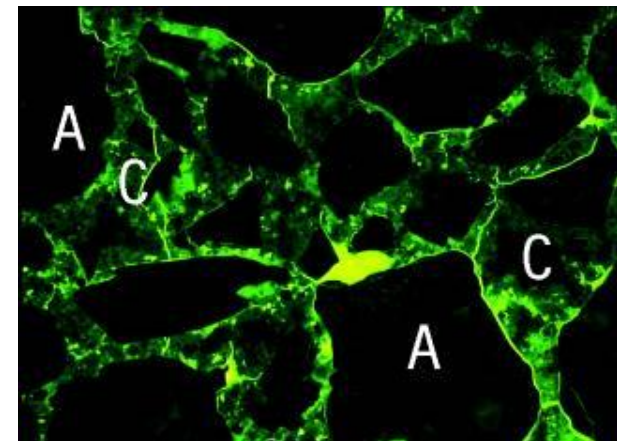
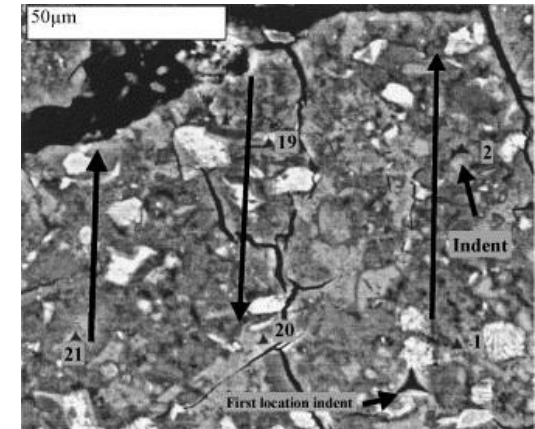
- Discontinuïteit in de cementsteen.
- Spanning in het materiaal is groter dan de treksterkte van de cementsteen
- 0,001 tot 0,1 mm

## *Oorzaak:*

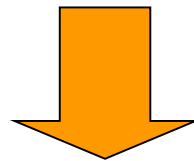
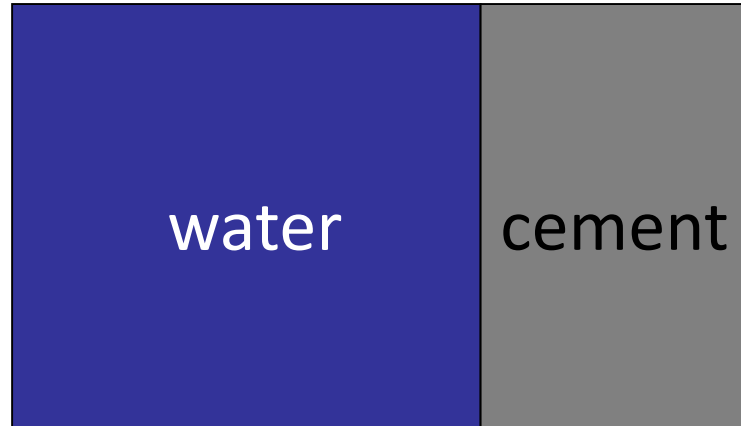
1. Uitwendige krachten
2. Inwendige krachten (krimp)

## *Gevolg:*

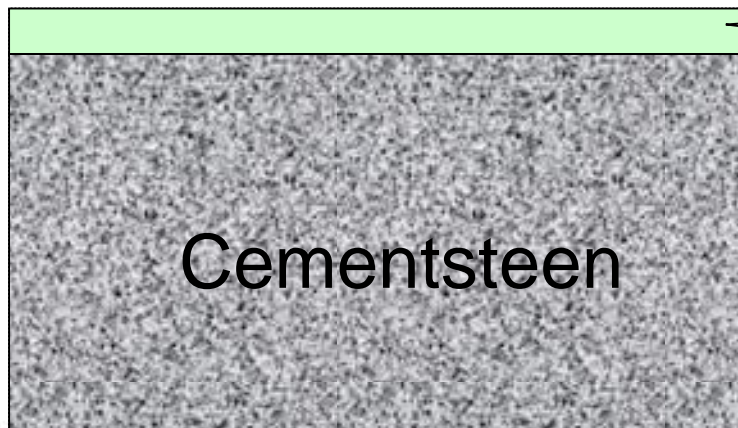
Scheurinleider bij bezwijken



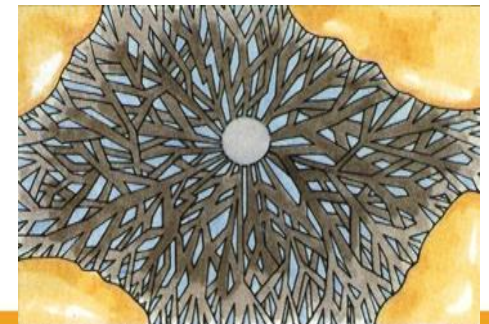
# Hydratatie krimp



Verharding



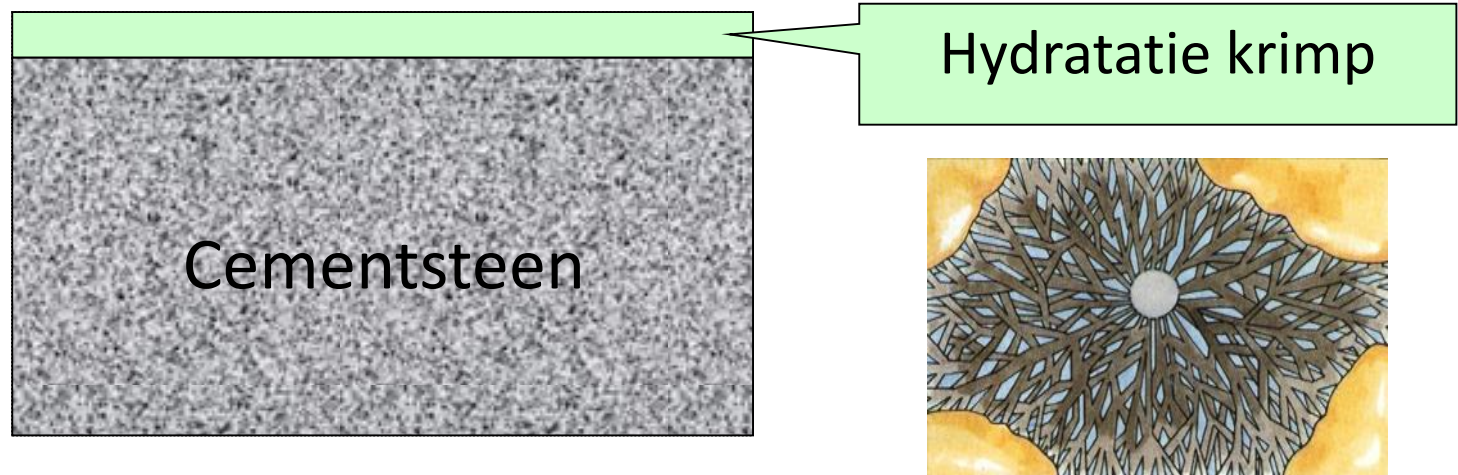
Hydratatie krimp



# Hydratatatie krimp

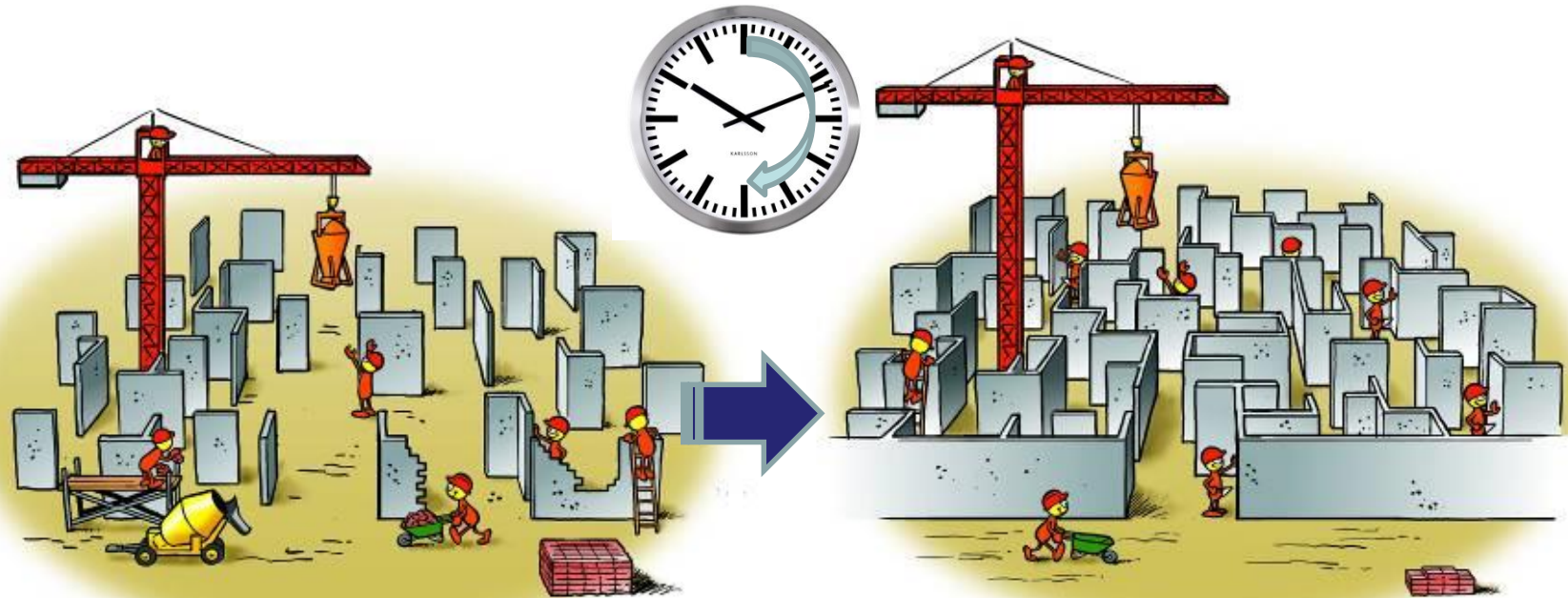
*Hydratatatie krimp:*

- Resulteert in meer capillair poriënvolume
- Geen invloed op het volume van beton





# Cementsteen opbouwen

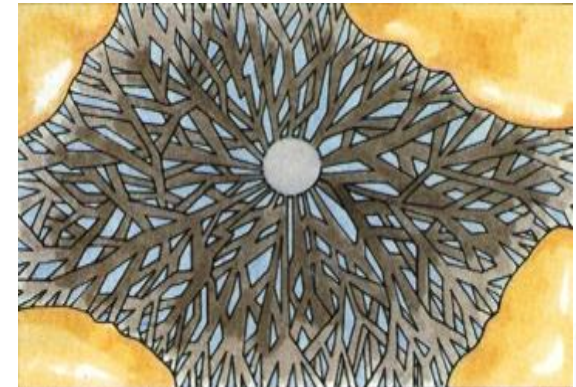
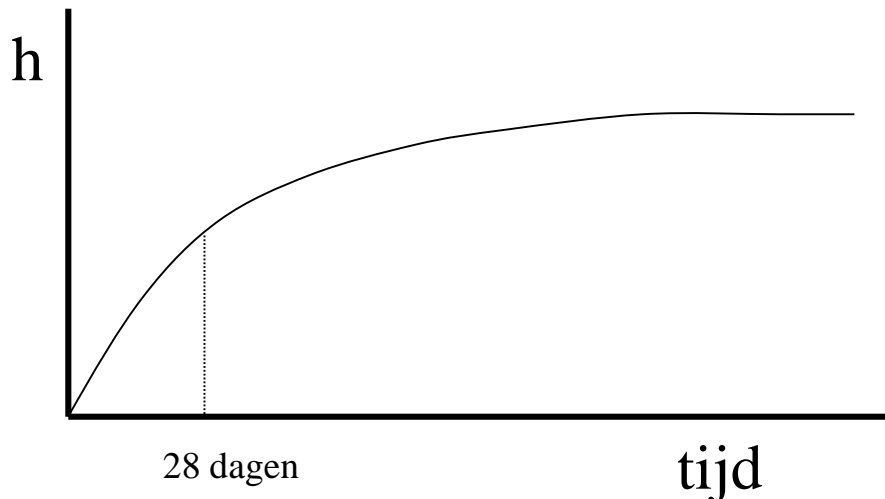


*Een dichte cementsteenstructuur wordt in de tijd opgebouwd.*

*Goed werk heeft tijd nodig!*

# Hydratatiegraad

- Er is nog niet gereageerd cement in de cementsteen aanwezig
- Hydratatiegraad geeft aan hoeveel cement er reeds heeft gereageerd.
- Aanduiding met de letter “h”



# Hydratatiegraad

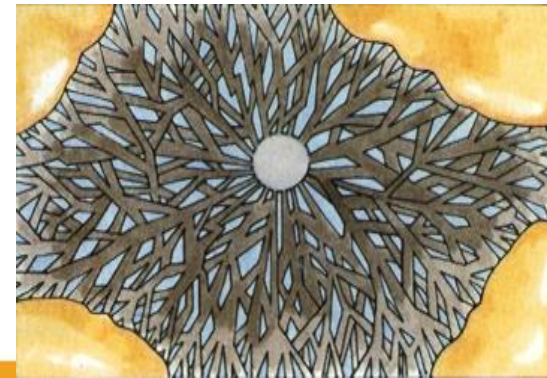
$$h = \frac{\text{hoeveelheid gehydrateerd cement}}{\text{de oorspronkelijke hoeveelheid cement}}$$

*Voorbeeld*

*Cement 320 kg/m<sup>3</sup> en h = 0,6*

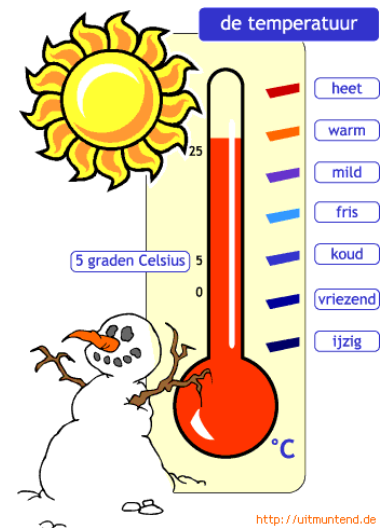
⇒ 192 kg gehydrateerd cement

⇒ 128 kg ongehydrateerd cement

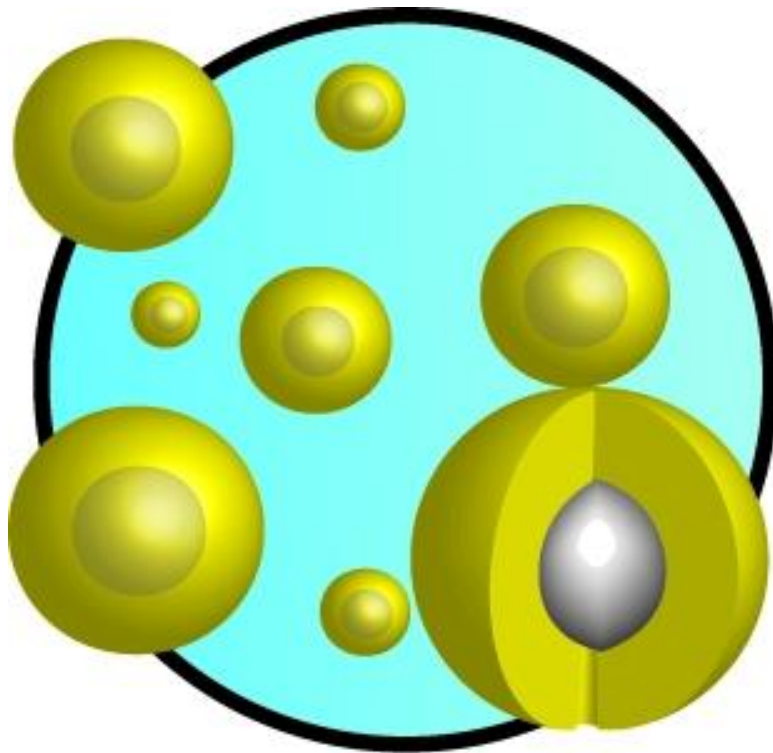


# Overige invloeden op de Lijm

- Invloed van de fijnheid van het cement
- Invloed van de temperatuur
- Invloed van de materialen zelf



# Fijnheid van het cement



*Cementkorrels reageren van buiten naar binnen.*

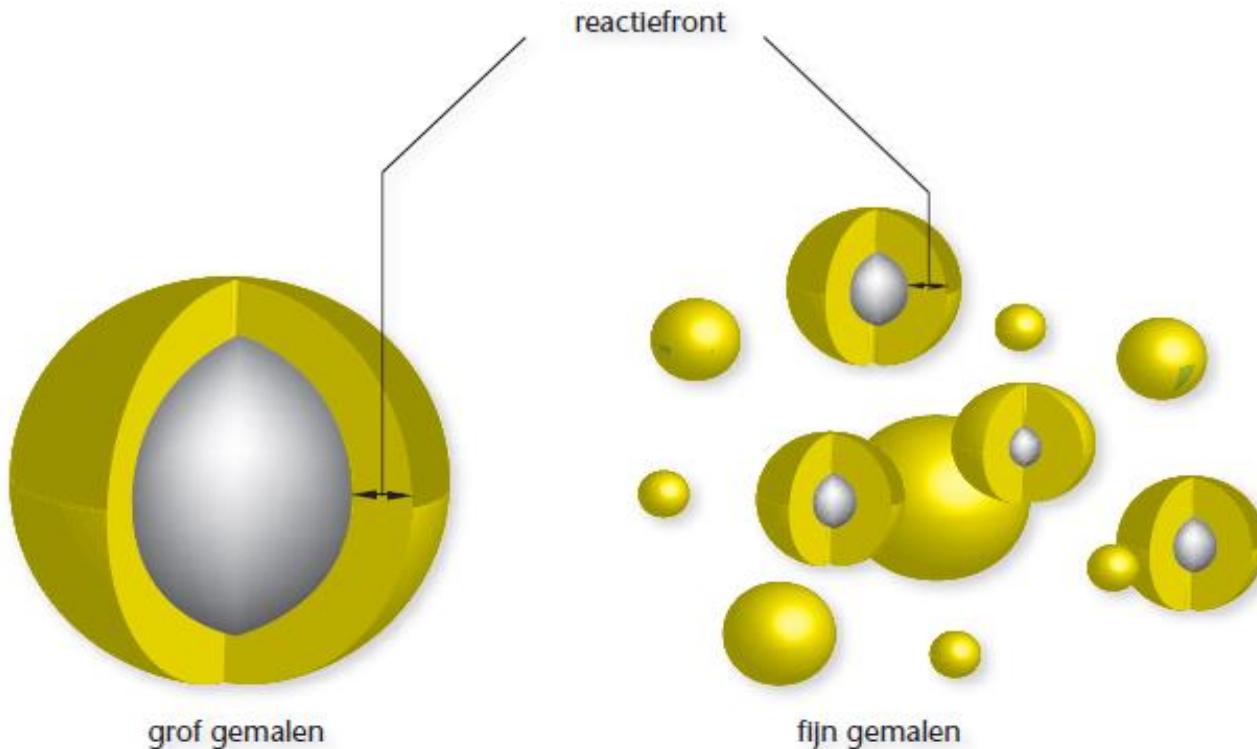
Grijs: Nog niet gereageerd

Geel: Reactieproduct

# Fijnheid van het cement

*Een fijner gemalen cement heeft:*

- een hogere hydratatiesnelheid

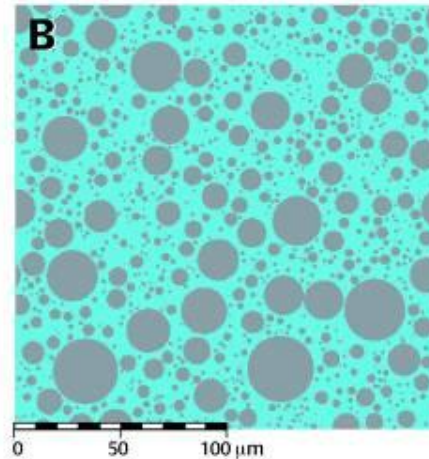
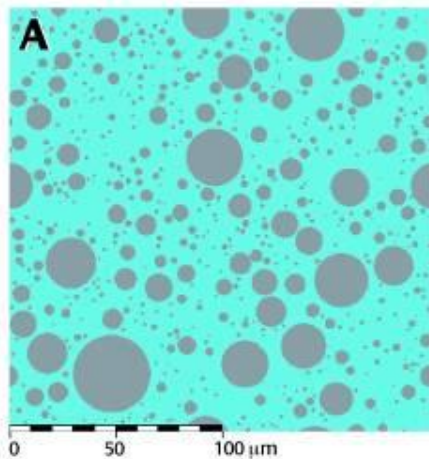


# Fijnheid van het cement

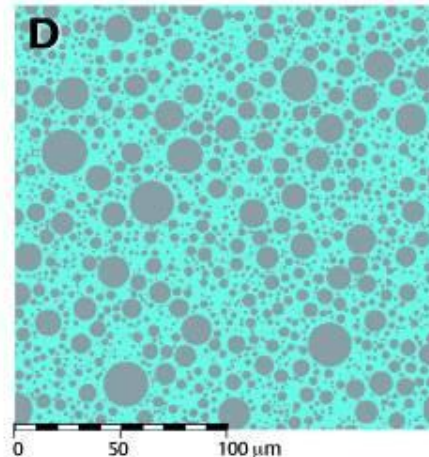
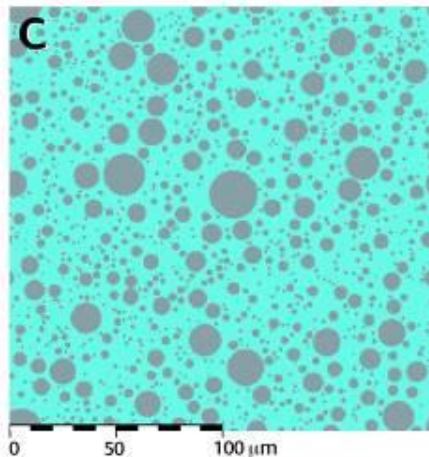
$W_{cf} = 0,60$

$W_{cf} = 0,30$

Grof cement

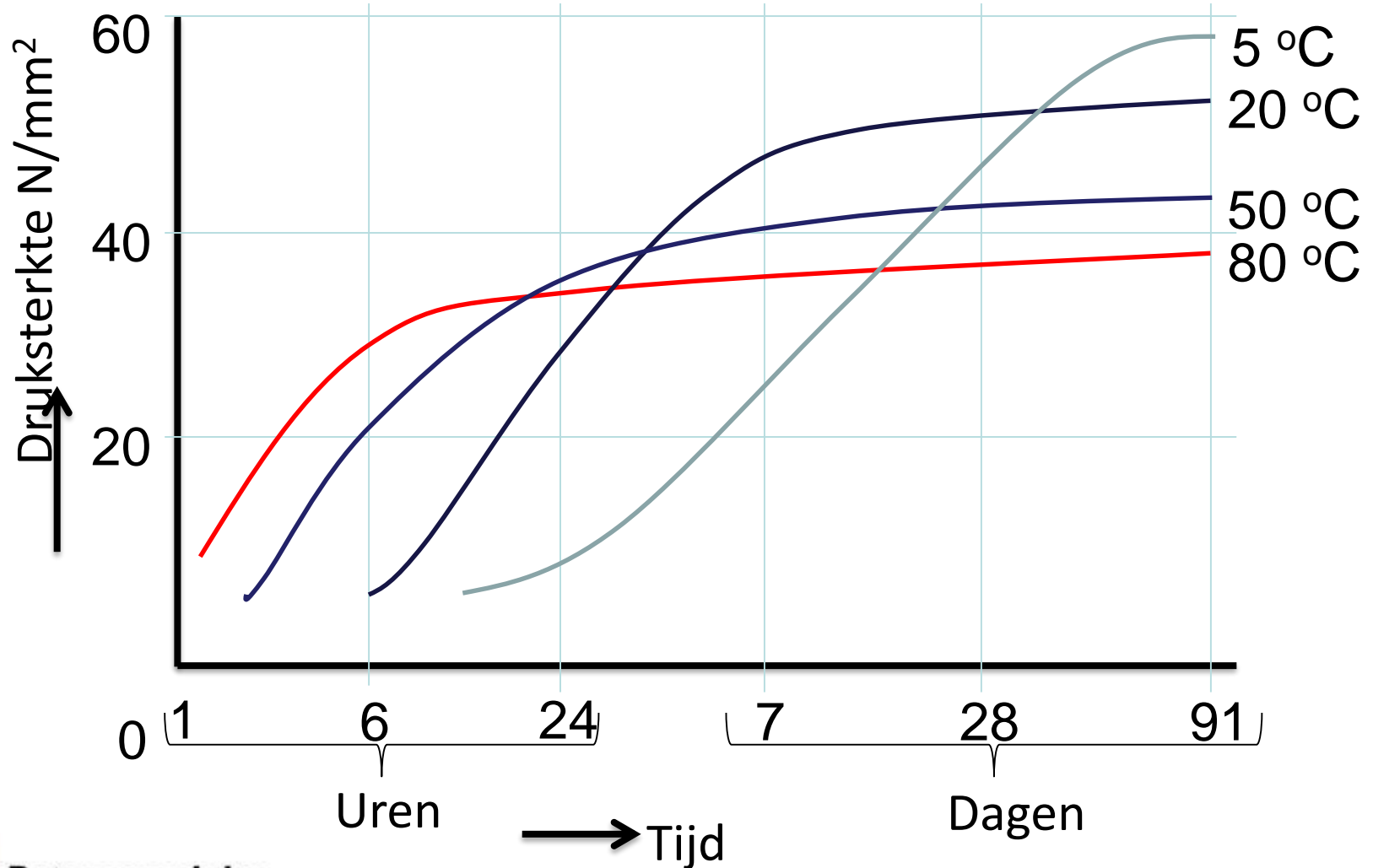


Fijn cement



Een fijner gemalen cement levert kleinere poriën en een fijner capillair poriënsysteem

# Temperatuur en sterkte





# Samenstelling cementsteen

*We nemen nu twee van de basiscomponenten van cementsteen in beschouwing :*

- Water
- Cement



# Aanmaakwater

## Uitgangspunt

*Water mag geen invloed hebben op:*

- de hydratatie van cement
- duurzaamheid van beton



# Herkomst van water

- Drinkwater
- Teruggewonnen water op de betonindustrie.
- Bronwater; grondwater, oppervlaktewater.
- Industrieel water
- Zeewater of brakwater
- Huishoudelijk afvalwater of rioolwater



# Bepaling van de geschiktheid

## Stap 1: Eerste beoordeling

- A. Zintuigelijke controle
- B. Basis chemische analyse

### Optie 1:

A en B voldoen beide

### Keuze:

Of stap 2 of stap 3



**Stap 2**  
**Betononderzoek**

OF !!!!

**Stap 3**  
**Aanvullende chemische analyse**

# Bepaling van de geschiktheid

## Stap 1: Eerste beoordeling

- A. Zintuigelijke controle
- B. Basis chemische analyse



**Optie 2:**  
B voldoet niet



**Water**  
**Wordt afgekeurd**



# Bepaling van de geschiktheid

## Stap 1: Eerste beoordeling

- A. Zintuigelijke controle
- B. Basis chemische analyse

### Optie 3:

A voldoet niet  
B voldoet wel

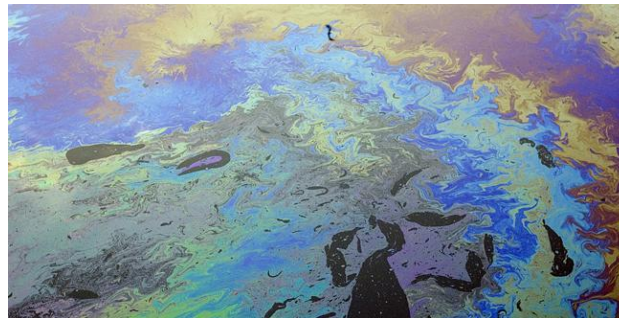
Goedkeuring alleen  
mogelijk via stap 2



**Stap 2**  
**Betononderzoek**

# Zintuigelijke beoordeling

	Beoordeling
Kleur	Moet helder zijn
Geur	Natuurlijk ruiken
Schuim	Geen schuim blijven staan na schudden
Bezinksel	Dunne laag na een half uur
Zuurgraad	pH-waarde moet hoger zijn dan 4
Humuszuren	Natronloogproef max. lichtbruin na 1 uur
Olie en Vet	Geen sporen van zichtbaar zijn

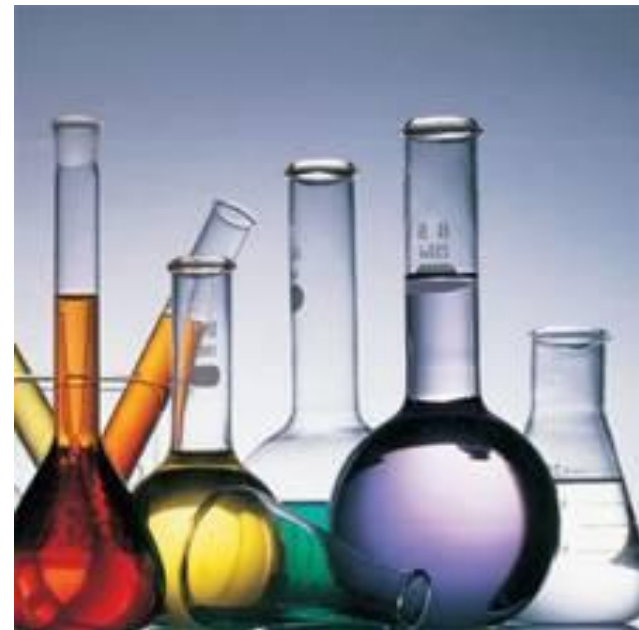


# Basis chemische analyse

*Gezocht wordt naar schadelijke bestanddelen:*

- Chloriden            Corrosie
- Sulfaatgehalte    Sulfaataantasting
- Alkaliën            ASR

Zie tabel 4.2





# Betononderzoek

## *Bindtijd*



Toestel van Vicat

BB min 1 uur

EB min 12 uur

Max 25 %  
afwijking van de  
referentie

## *Druksterkte*



Na 7 dagen  
tenminste 90 %  
van de sterkte  
van de  
referentie

# Aanvullende chemische analyse

*Gezocht wordt naar schadelijke bestanddelen:*

- Suiker                      Vertraging
- Fosfaat                     Vertraging
- Nitraat                     Corrosie van wapening
- Lood of zink              Arbo

Zie tabel 4.2



# Hergebruik van spoelwater



# Eisen voor toepassing spoelwater

1. Minimaal 1x per dag bepalen volumieke massa
2. Max. 1,0 % vaste stof t.o.v. de massa van het toeslagmateriaal mag per  $\text{m}^3$  worden gedoseerd.

## *Voorbeeld:*

Volumieke massa spoelwater = 1,12 kg/l

Spoelwater bevat 0,229 kg vaste stof per liter (tabel 4.3)

Toeslagmateriaal 1800  $\text{kg}/\text{m}^3$

Maximaal  $18/0,229 = 78,6$  l spoelwater doseren per  $\text{m}^3$ .

# Cement

## *Definitie:*

Een fijn gemalen hydraulisch materiaal, dat na mengen met water een min of meer plastische massa vormt, die zowel onder water als in de lucht verhardt en daartoe geschikte materialen aaneen kan kitten tot een ook in water stabiele massa.



# Cement of Bindmiddel

## *Cement:*

Kant en klaar, in de cementfabriek samengesteld cement dat voldoet aan de eisen in de cementnorm

## *Bindmiddel:*

Zelf samengesteld, in de betonfabriek of betoncentrale. Een bindmiddel bestaat altijd uit een cement + een zelf gedoseerd **bestanddeel** voor cement. Hierbij moeten we voldoen aan de CUR-Aanbeveling 48

# Bestanddelen voor cement en bindmiddel

## *Hydraulische*

K: portlandcement klinker

## *Latent hydraulisch*

S: gegranuleerde hoogovenslak

## *Puzzolanen*

D: microsilica

P: natuurlijke puzzolanen

Q: gebrande natuurlijke puzzolanen

V: silica houdende poederkoolvliegias

W: calcium houdende poederkoolvliegias

T: gebrande leisteen

## *Inert materiaal*

L: kalksteenmeel (TOC < 0,50 %)

LL: kalksteenmeel (TOC < 0,20 %)

# Inert - Reactief

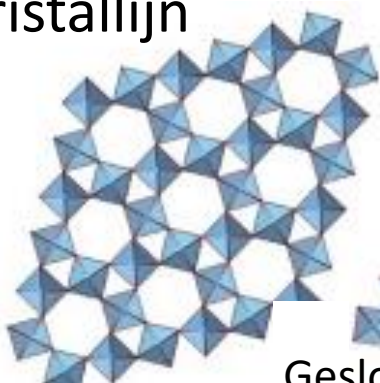
Zand



Glas



Inert  
Kristallijn



Gesloten structuur

*Verhitten  
&  
Afkoelen*

Reactief  
Amorf of glasachtig



Open structuur

B) Amorf





# Portlandcementklinker

*Basismateriaal voor alle cementen.*



## *Grondstoffen*

Kalksteen/Mergel

$C = CaCO_3$  (calciet)

Zand/vliegas

$S = SiO_2$  (siliciumoxide)

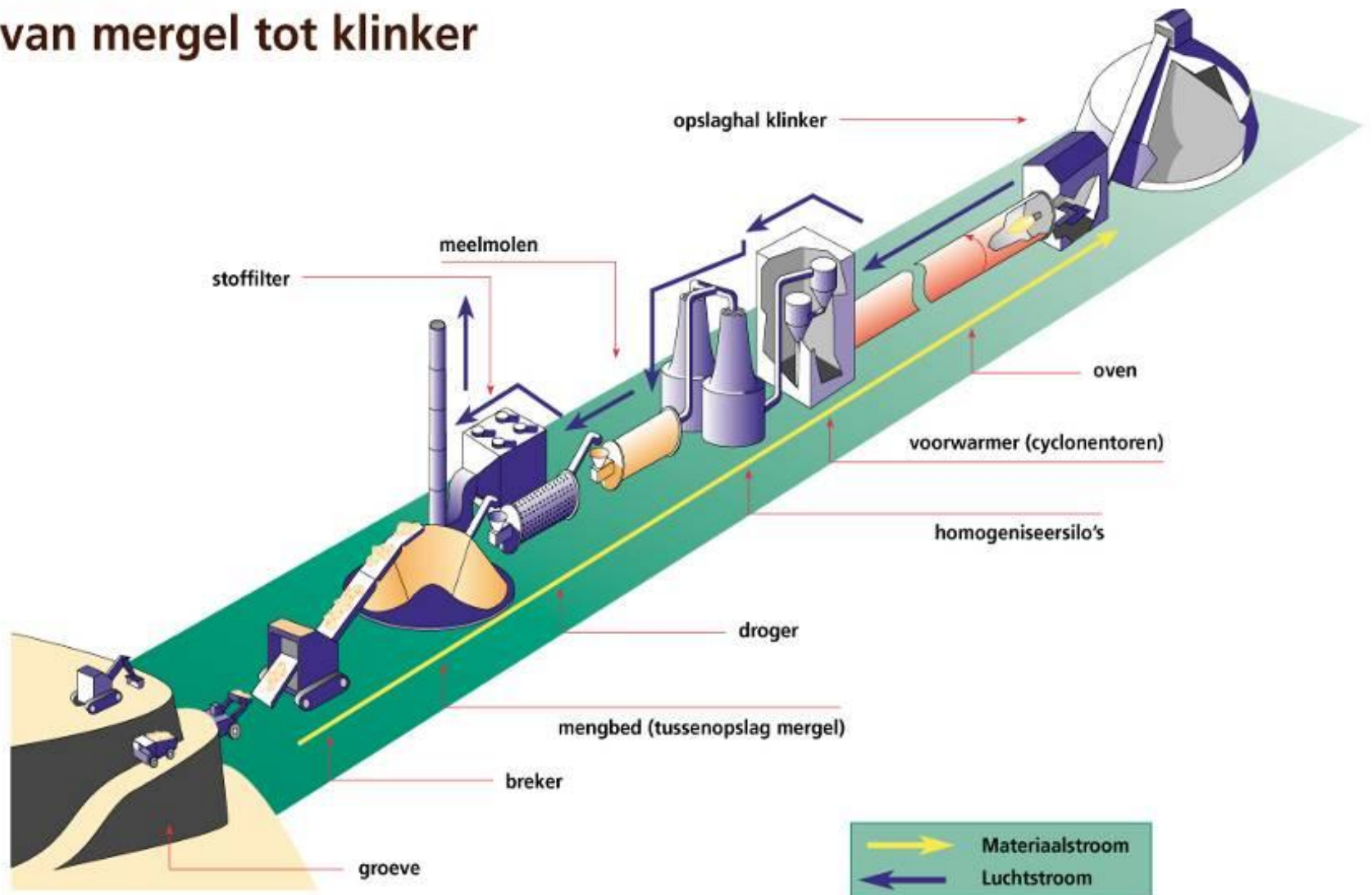
Klei/zand

$A = Al_2O_3$  (aluminiumoxide)

Pyriet-as

$F = Fe_2O_3$  (ijzeroxide)

# Productieschema van mergel tot klinker



# Mergelgroeve



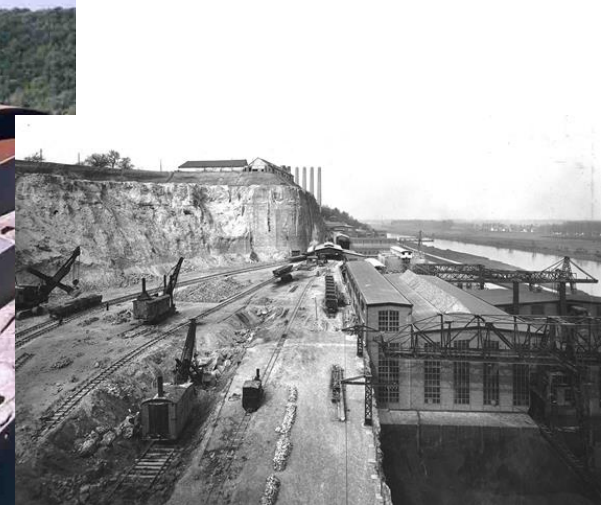
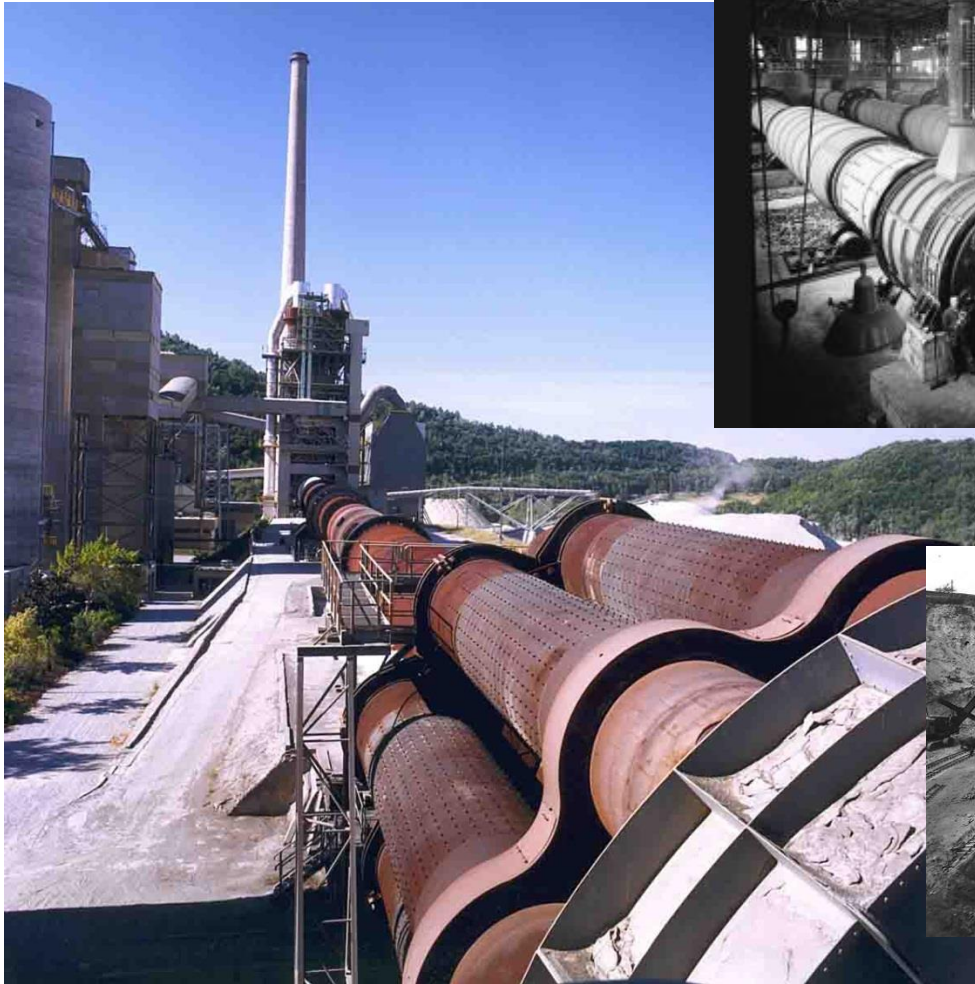
# Mergelwinning



# Mergelbed



# Klinkeroven

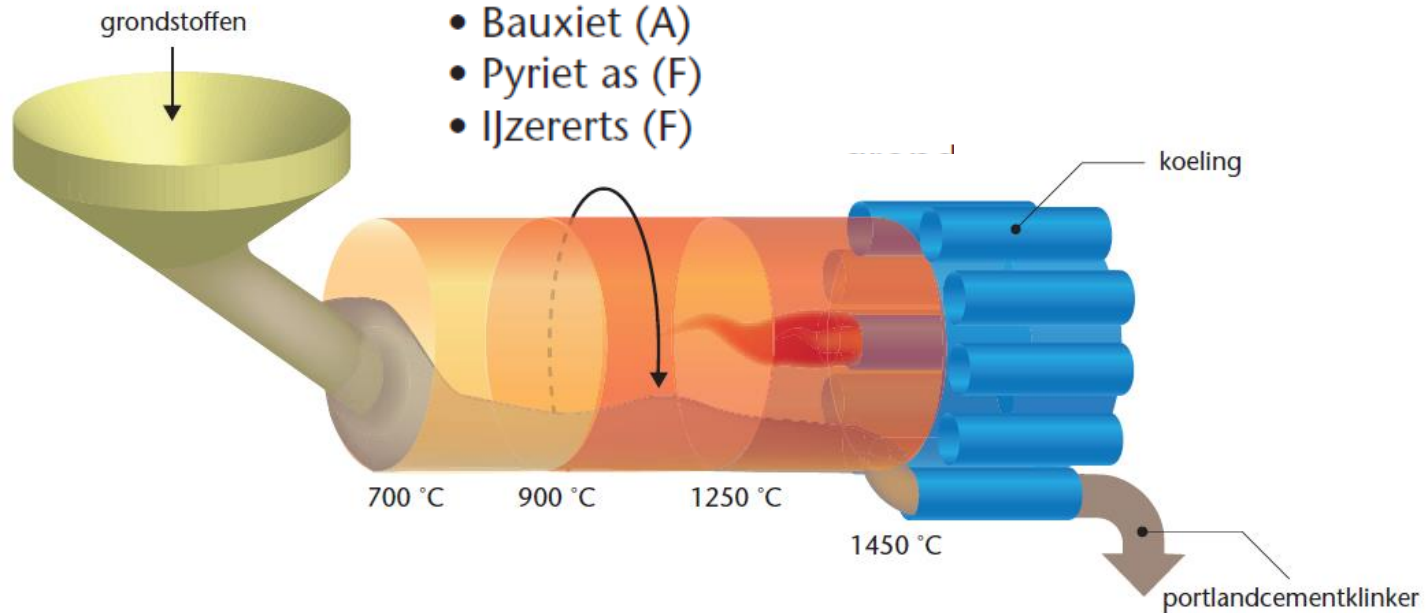


# Brander in oven



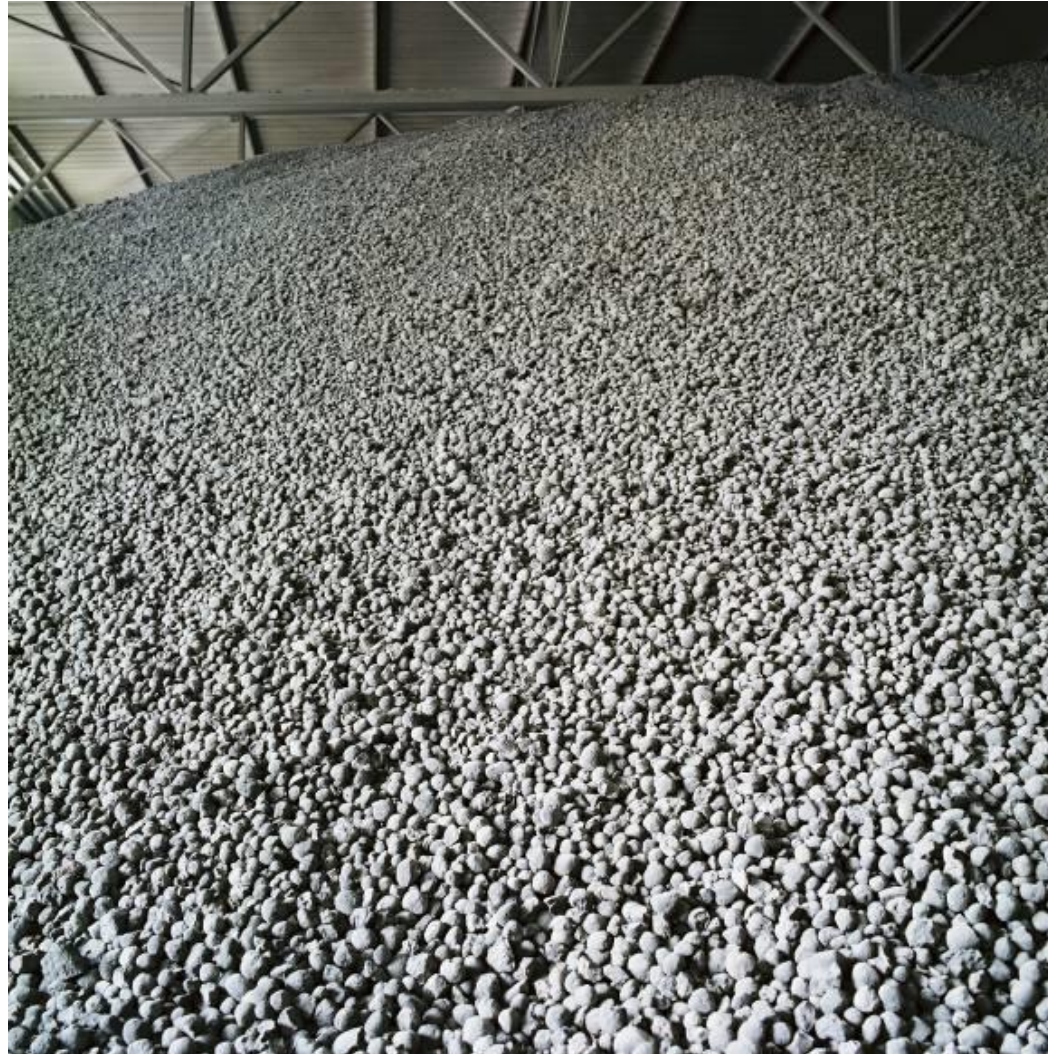
# Grondstoffen

- Kalksteen (C)
- Klei (C, S, A en F)
- Poederkoolvliegias (S, A)
- (Kwarts)zand (S)
- Kaoliniet (A, S)
- Bauxiet (A)
- Pyriet as (F)
- IJzererts (F)





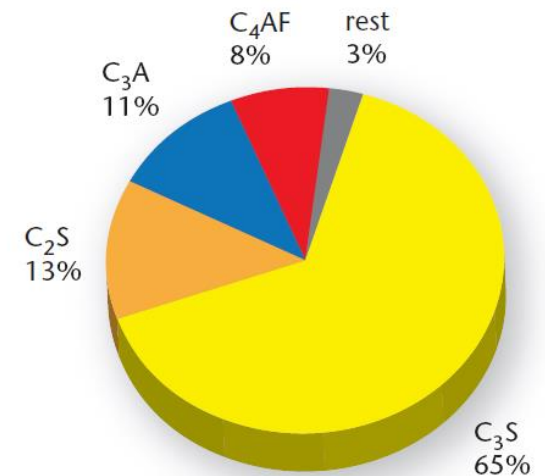
# Portlandcementklinker



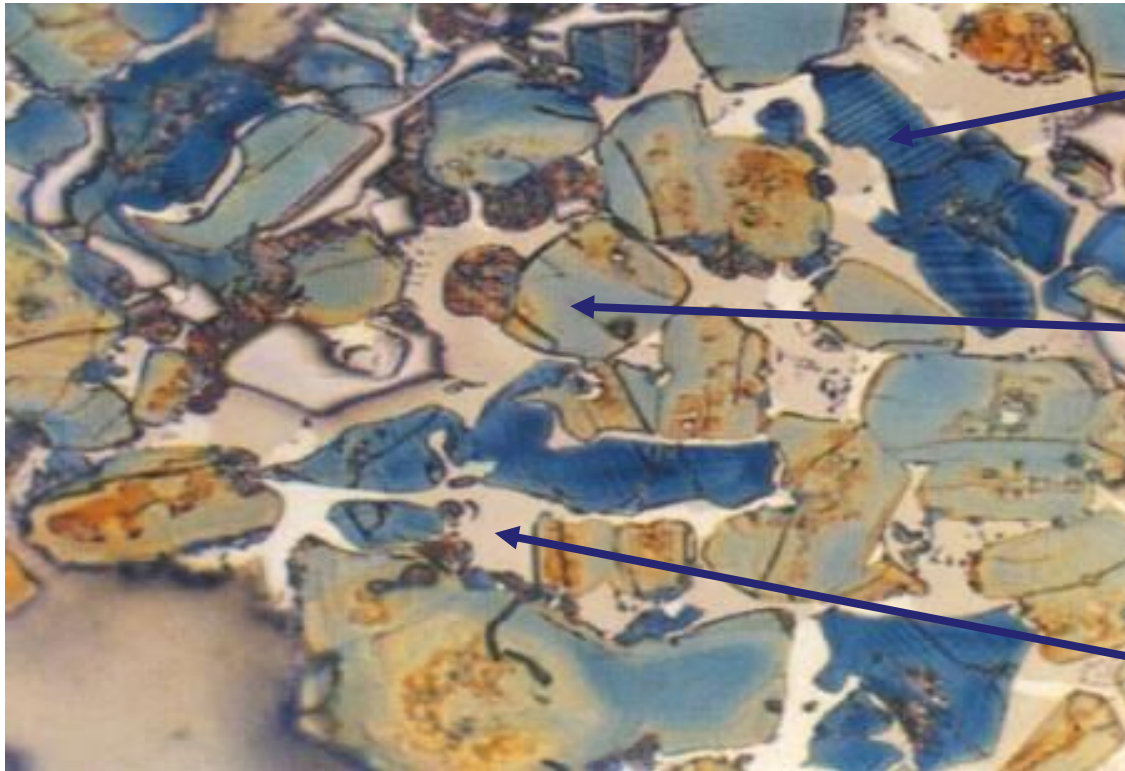
# Portlandcementklinker

## *Klinkermineralen*

- $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$   $\Rightarrow$   $\text{C}_3\text{S}$  (65 %)
- $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$   $\Rightarrow$   $\text{C}_2\text{S}$  (13 %)
- $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$   $\Rightarrow$   $\text{C}_3\text{A}$  (11 %)
- $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$   $\Rightarrow$   $\text{C}_4\text{AF}$  ( 8 %)



# Portlandcementklinker

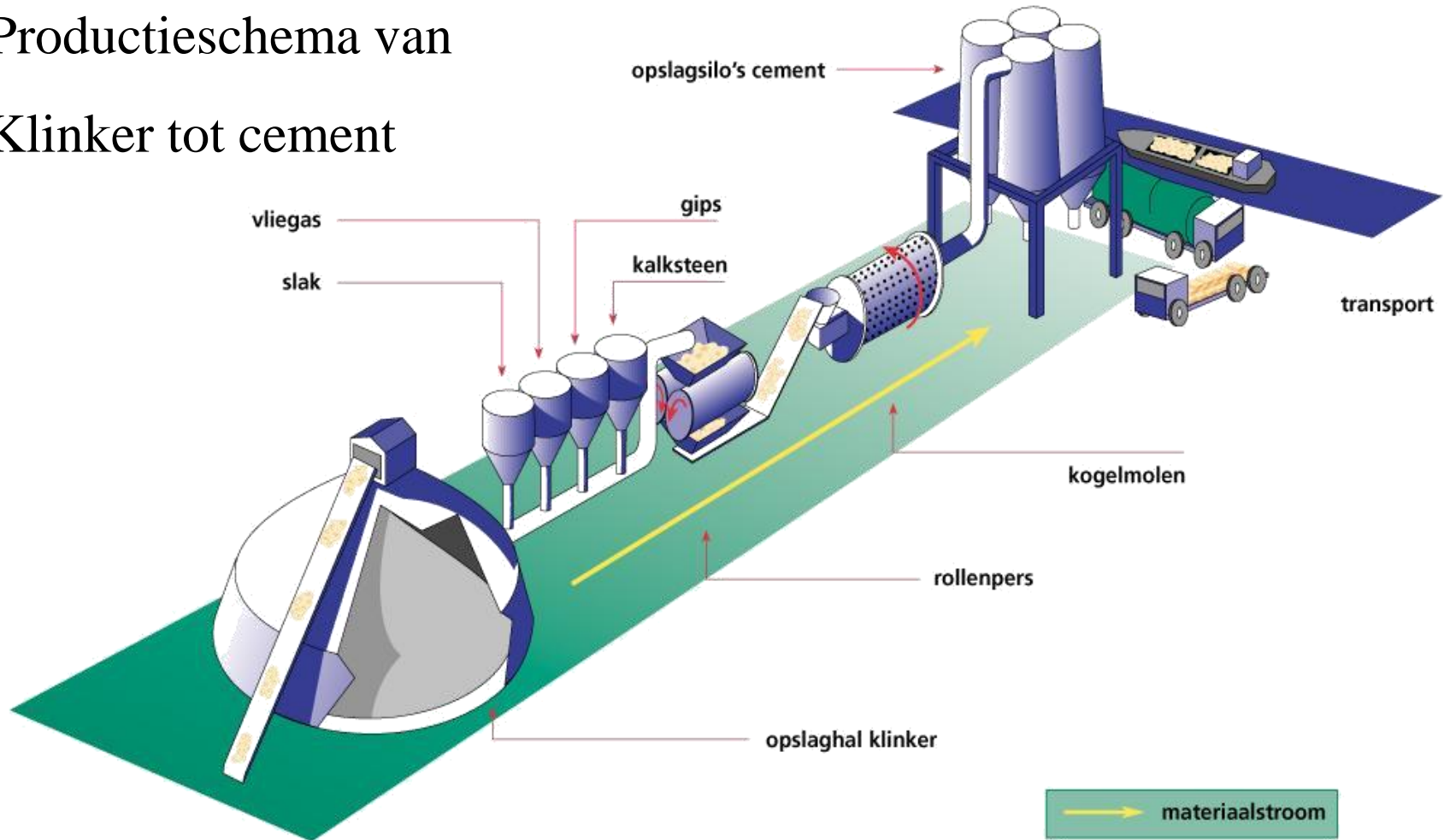


C2S

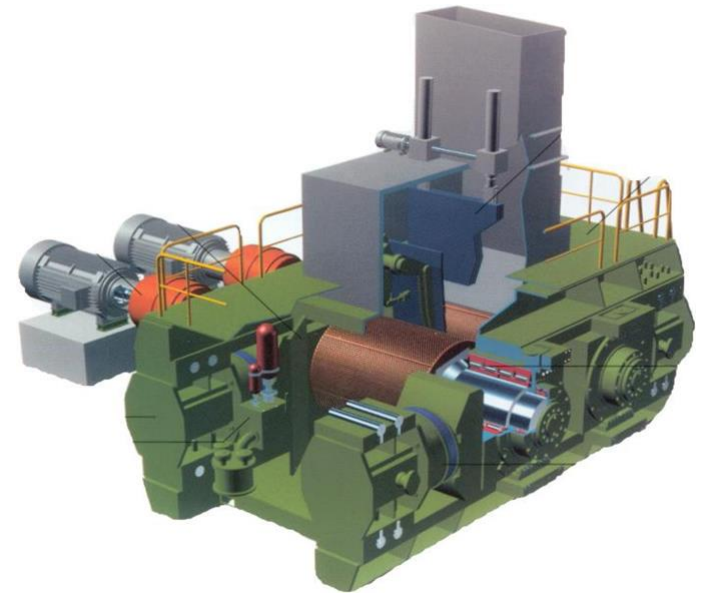
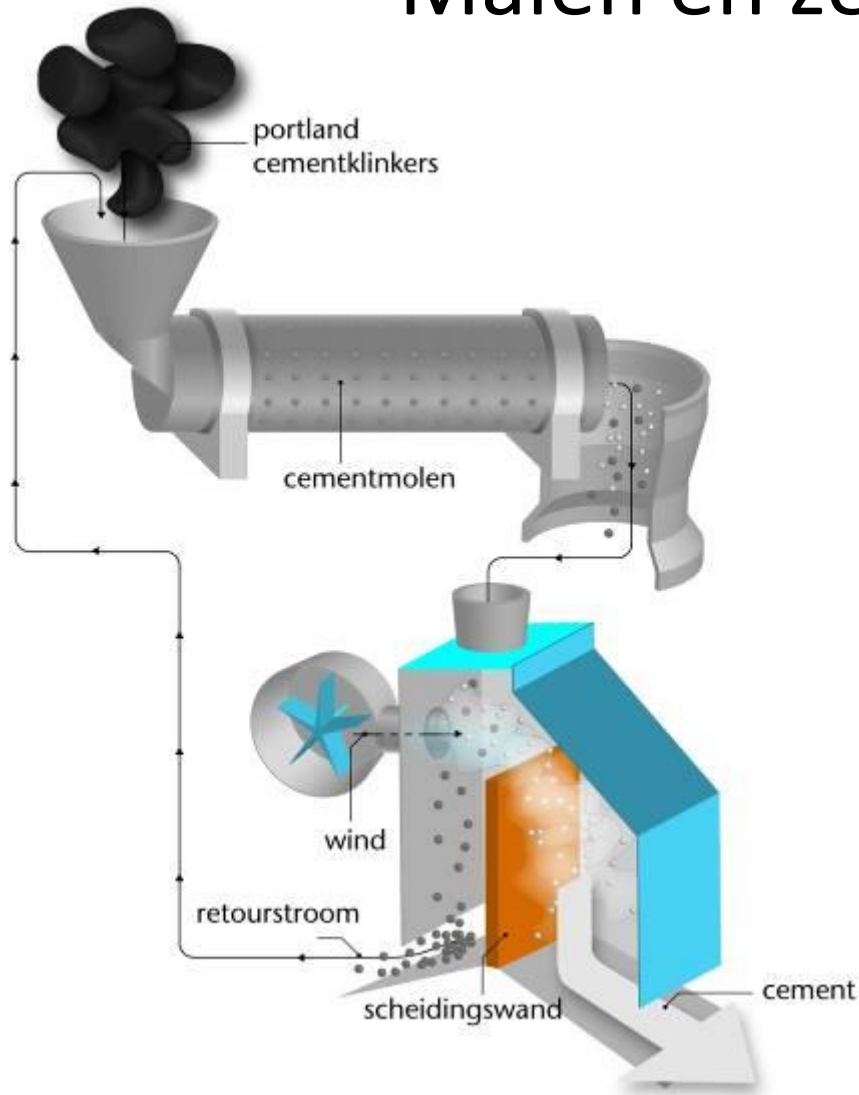
C3S

C3A & C4AF

# Productieschema van Klinker tot cement

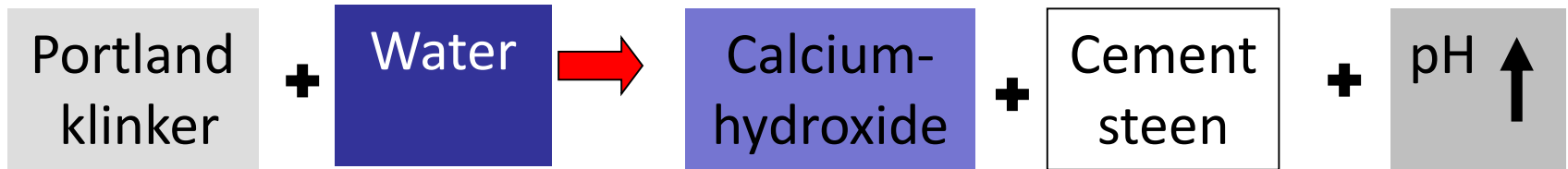


# Malen en zeven



# Reactie portlandcementklinker

*Hydraulisch*



# Hydratatie klinkermineralen



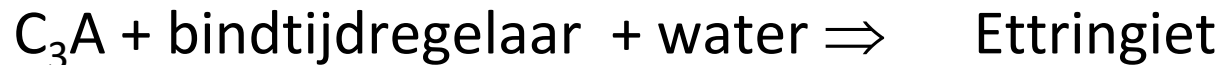
Sterkte



Hoge pH  
(Alkaliën)

$\text{C}_3\text{A}$  wil direct reageren met water (Snelbinding).

*Daarom:*



*Reactie wordt uitgesteld*

$\text{C}_4\text{AF}$  reactie draagt niet bij aan de sterkte.

# Bindtijdregelaar

*C<sub>3</sub>A wil heftig reageren met water*

Bindtijd regelaar:

- Calciumsulfaat (Gips)

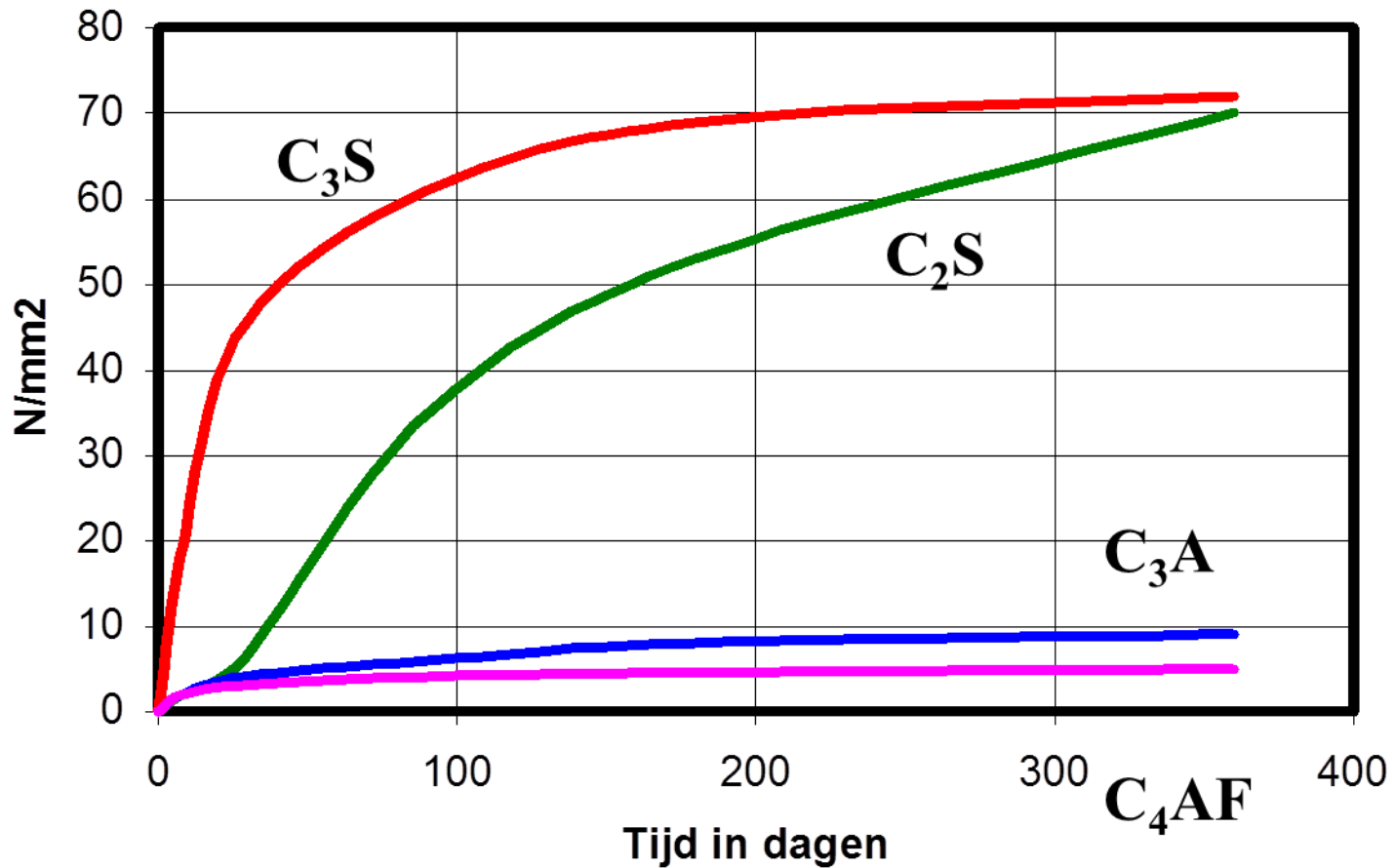


Ettringiet:

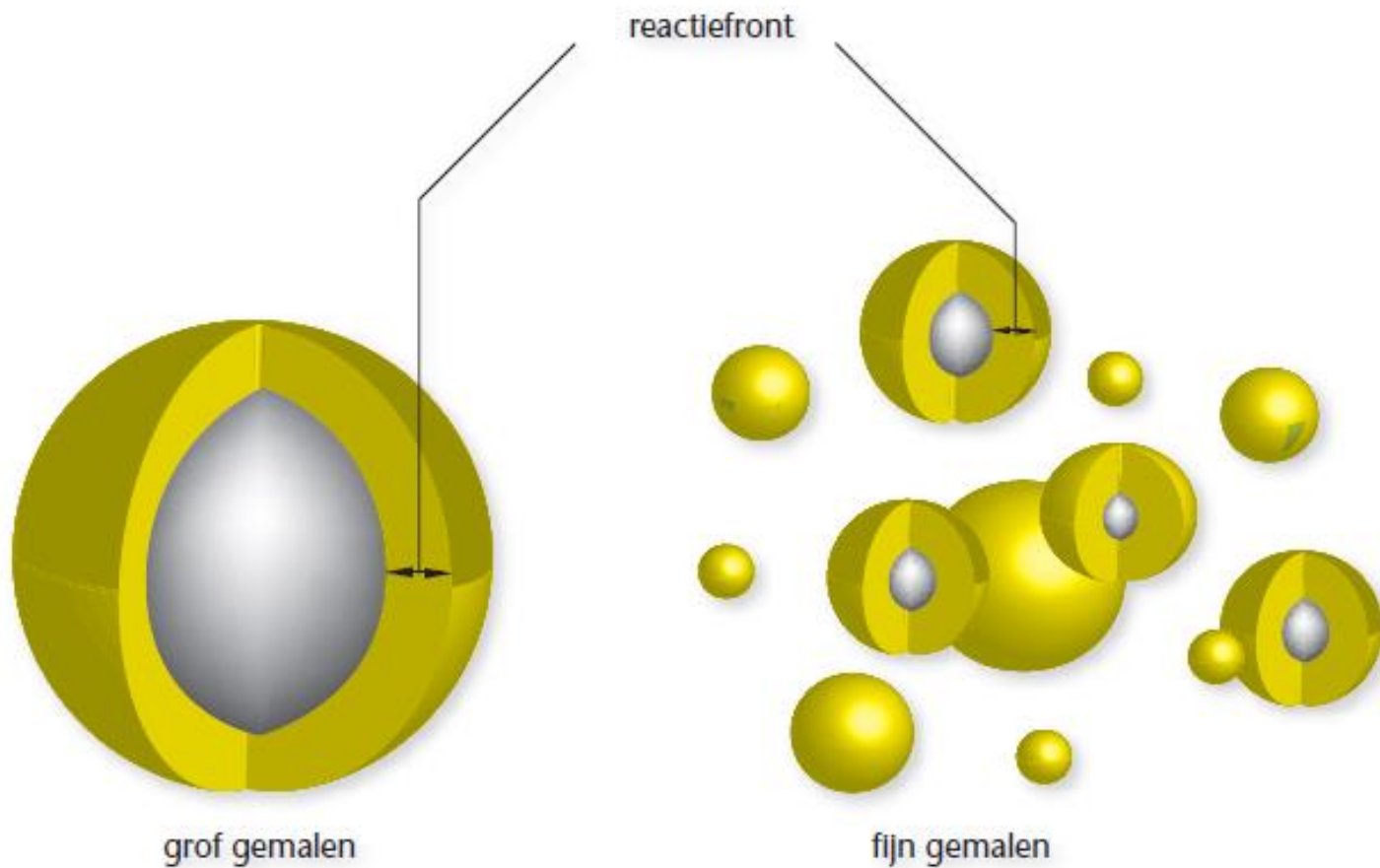
- Reactieproduct van Gips + C<sub>3</sub>A en water
- Afsluitende laag
- Dit zorgt ervoor dat beton een open tijd heeft



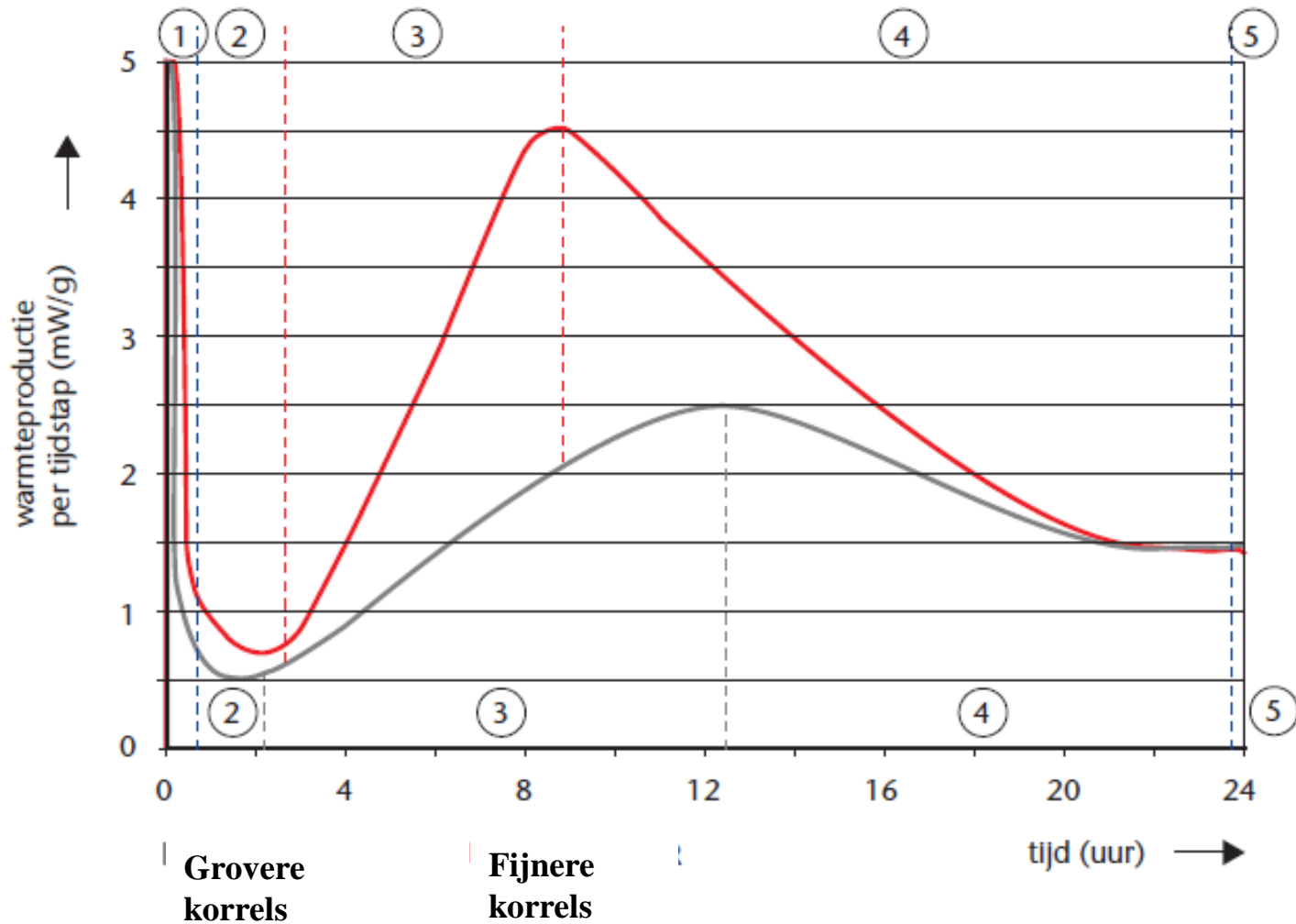
# Sterkte ontwikkeling



# Invloed van de fijnheid



# Reactie stadia



# Latent hydraulisch

## *Materiaal:*

Gegranuleerde hoogovenslak (S)

## *Latent hydraulische eigenschap:*

De slak-mineralen reageren met water tot in water vrijwel **onoplosbare** hydratatieproducten .. Cementsteen.

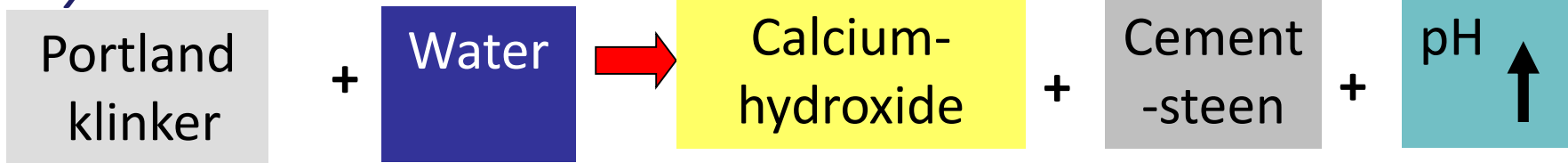
Latent betekent langzaam.

Reactie moeten we activeren

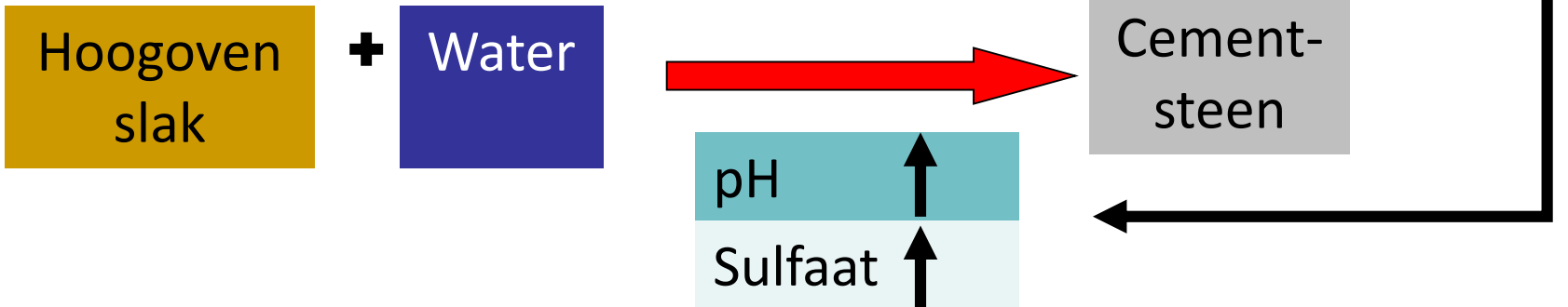


# Reactie

## *Hydraulisch*



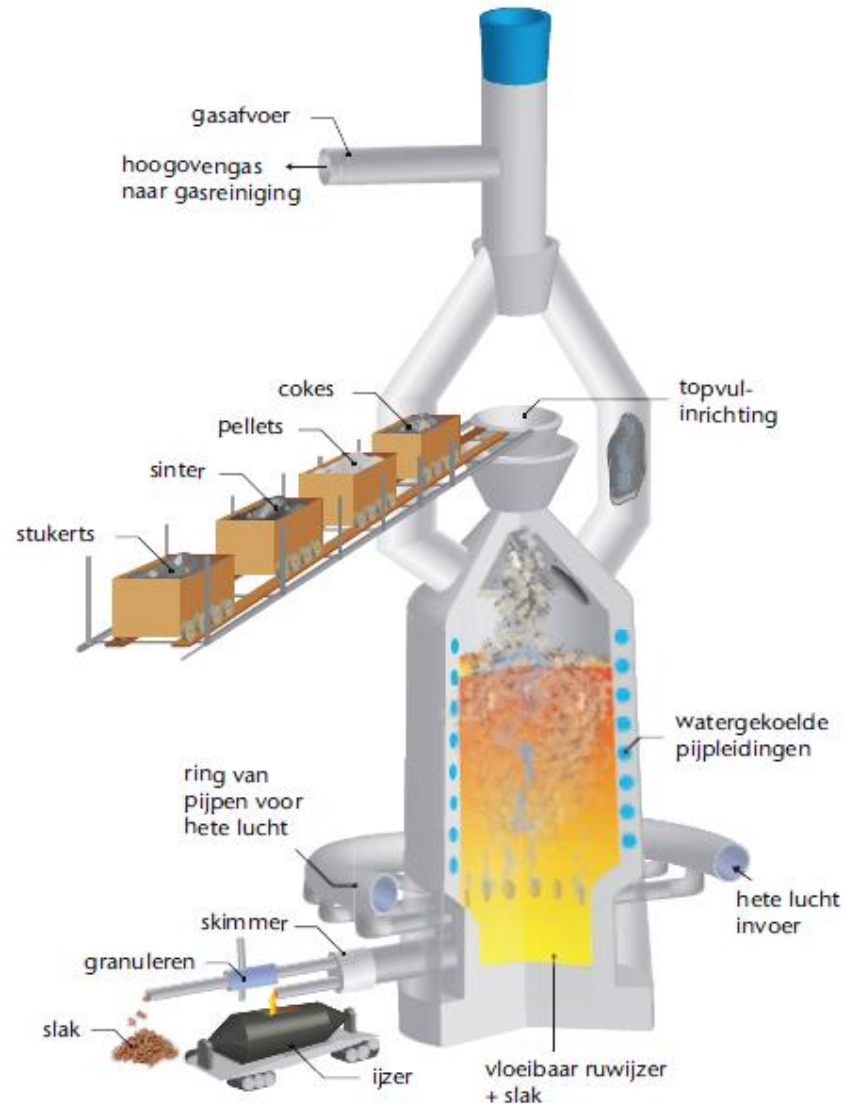
## *Latent Hydraulisch*



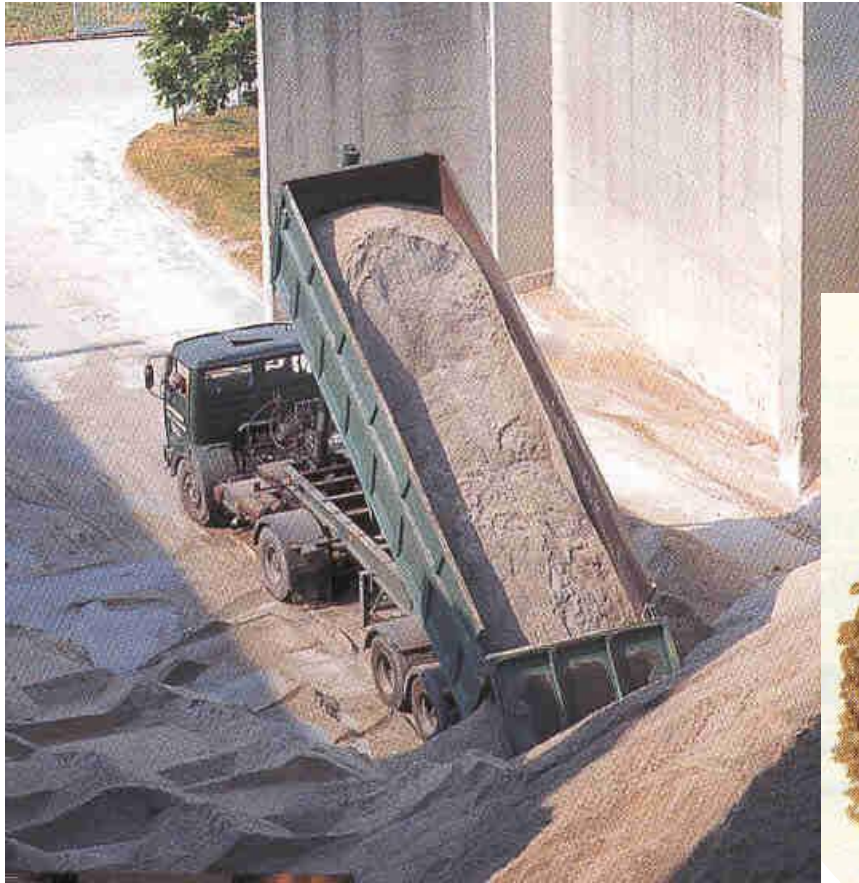
# Hoogovenproces



# Hoogovenproces



# Slakkenzand





# Puzzolaan

## *Definitie:*

Een materiaal dat in aanwezigheid van  $\text{CaOH}_2$  in water oplost en daarmee, tezamen met de  $\text{CaOH}_2$ , verbindingen aangaat en vervolgens uitkristalliseert tot een niet meer in water oplosbare stof (cementsteen).

## *Voorwaarden puzzolane reactie:*

1. Aanwezigheid van calciumhydroxide
2. Aanwezigheid van water
3. pH waarde moet hoger zijn dan 13.



# Samenwerking

## *Puzzolaan*

Tras  
Silicafume  
PK vliegas

Poederkool  
vliegas

+ Water +

Kalk  
 $\text{Ca(OH)}^-$

pH ↑

Cement-  
steen

## *Hydraulisch*

Portland  
klinker

+ Water +

Kalk  
 $\text{Ca(OH)}^-$

Cement-  
steen +

pH ↑

## *Latent Hydraulisch*

Hoogoven  
slak

+ Water +

*Activeren*

Cement-  
steen

pH ↑

Sulfaat ↑



# Puzzolane materialen

## *Puzzolanen*

- D:* microsilica
- P:* natuurlijke puzzolanen
- Q:* gebrande natuurlijke puzzolanen
- V:* silicahoudende poederkoolvliegias
- W:* calciumhoudende poederkoolvliegias
- T:* gebrande leisteen

# Silicafume

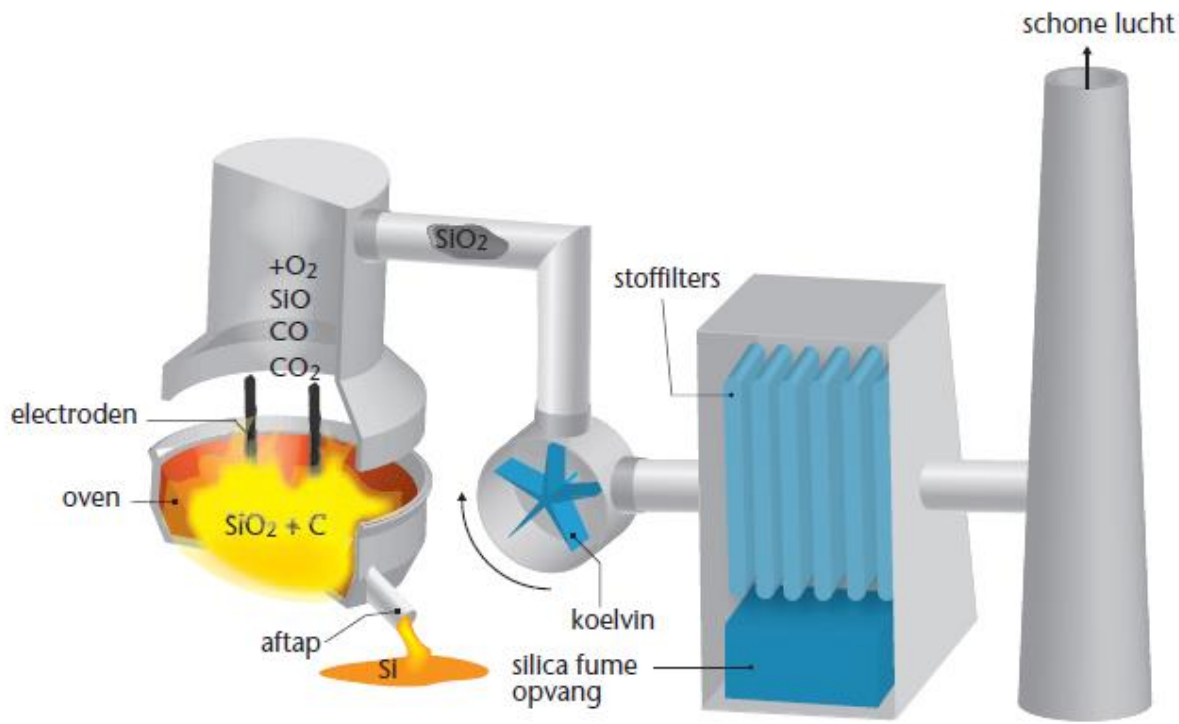


*Cement*



*Silicafume*

# Productie locatie



# Kwarts en Koolstof bij 2000 °C



# Silicafume



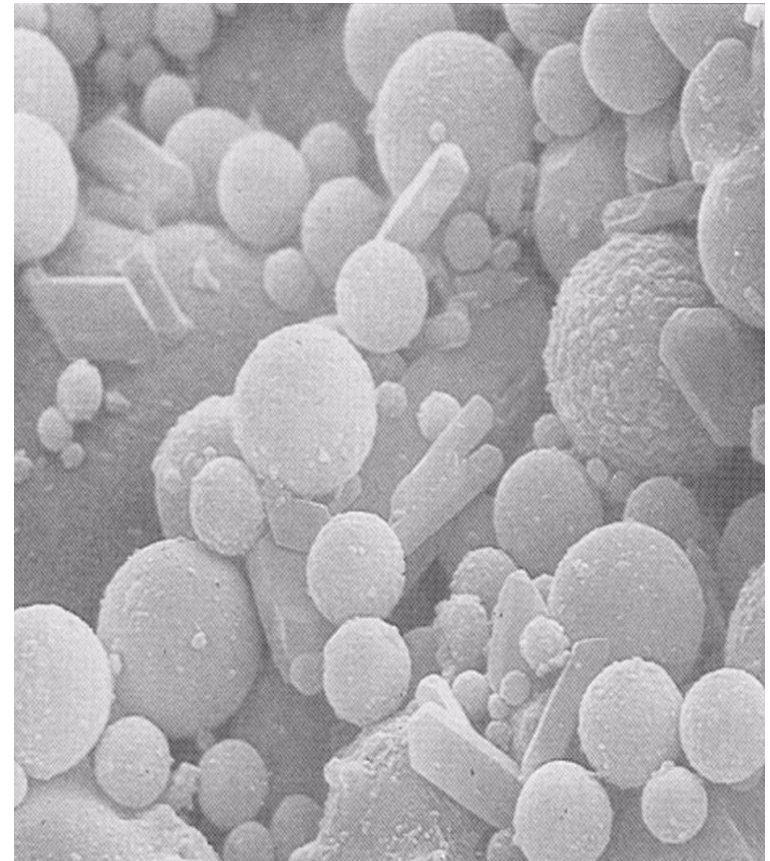
- Afkoelen van de rook
- Neerslag van kleine silicium deeltjes.

# Eigenschappen silica fume

- Puzzolaan
- Fijnheid 12.000-30.000 [m<sup>2</sup>/kg]
- $\rho_{rd}$  2400 [kg/m<sup>3</sup>]
- Bolletjes < 0,001 mm
- In 3 vormen leverbaar :
  - ✓ Poeder;
  - ✓ Korrels (gecompacteerd);
  - ✓ Slurry.



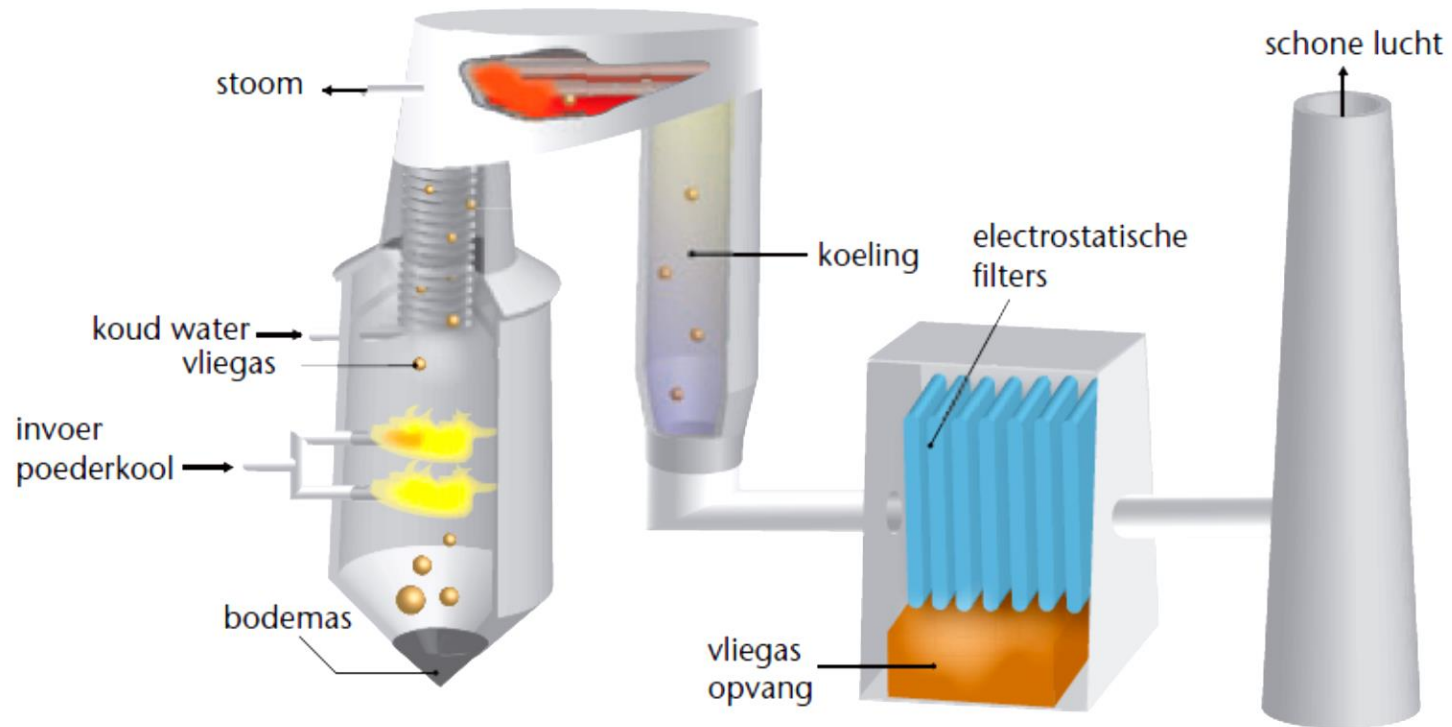
# Poederkoolvlieg



# Kolen gestookte elektriciteitscentrale



# Vliegas-productie



# Poederkoolvliegias indeling

## *Categorie*

**A – Gloeiverlies maximaal 5 % ( $m/m$ )**

**B – Gloeiverlies maximaal 7 % ( $m/m$ )**

**C – Gloeiverlies maximaal 9 % ( $m/m$ )**

**A:** is toepasbaar in beton en cement

**B en C:** alleen toepasbaar als de geschiktheid is aangetoond en het gebruik is overeengekomen

# Koolstofgehalte

*Koolstof gehalte in vliegash is maximaal 5 % omdat:*

- Veroorzaken van putcorrosie op de wapening;
- Absorptie van luchtbelvormer (hulpstoffen);
- Bestandheid tegen vorst in combinatie met dooizouten neemt af.



# Inert materiaal

*Bestanddelen die geen reactie aangaan met water.*

- Kalksteenmeel (L of LL)

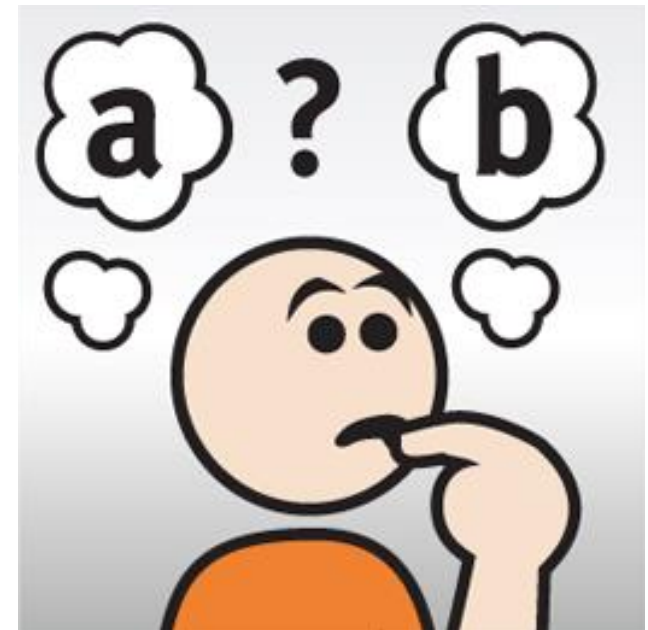


# Bestanddelen kiezen....

We kunnen het cement uit verschillende bestanddelen opbouwen.

*Waarom kiezen we voor:*

- Portlandcementklinker
- Hoogovenslak
- Silica fume
- Poederkoolvliegias



# Kiezen voor:

## *Portlandcementklinker:*

- Basisproduct van elk cement

## *Het aandeel portlandcementklinker wordt groter als:*

- Beginsterkte hoog moet zijn
- Warmteontwikkeling (in de winter)
- Vorstbestandheid (wegenbouw, straatstenen)
- Minder temperatuurgevoelig (in de winter)

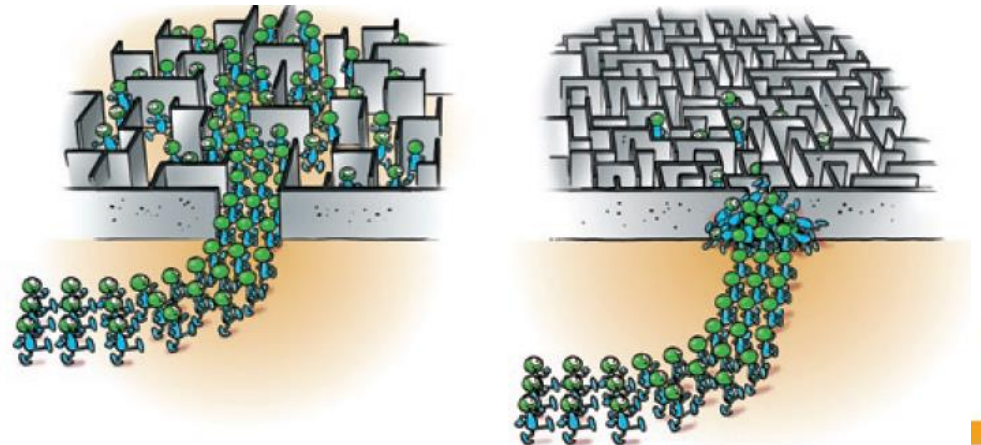




# Kiezen voor:

*Meer hoogovenslak geeft een:*

- Dichtere poriënstructuur (duurzaamheid)
- Lagere beginsterkte
- Beter weerstand tegen chloride-indringing.
- Lagere vorstbestand
- Meer temperatuur gevoeligheid
- Een lichtere kleur



# Kiezen voor:

*Meer silicafume geeft een:*

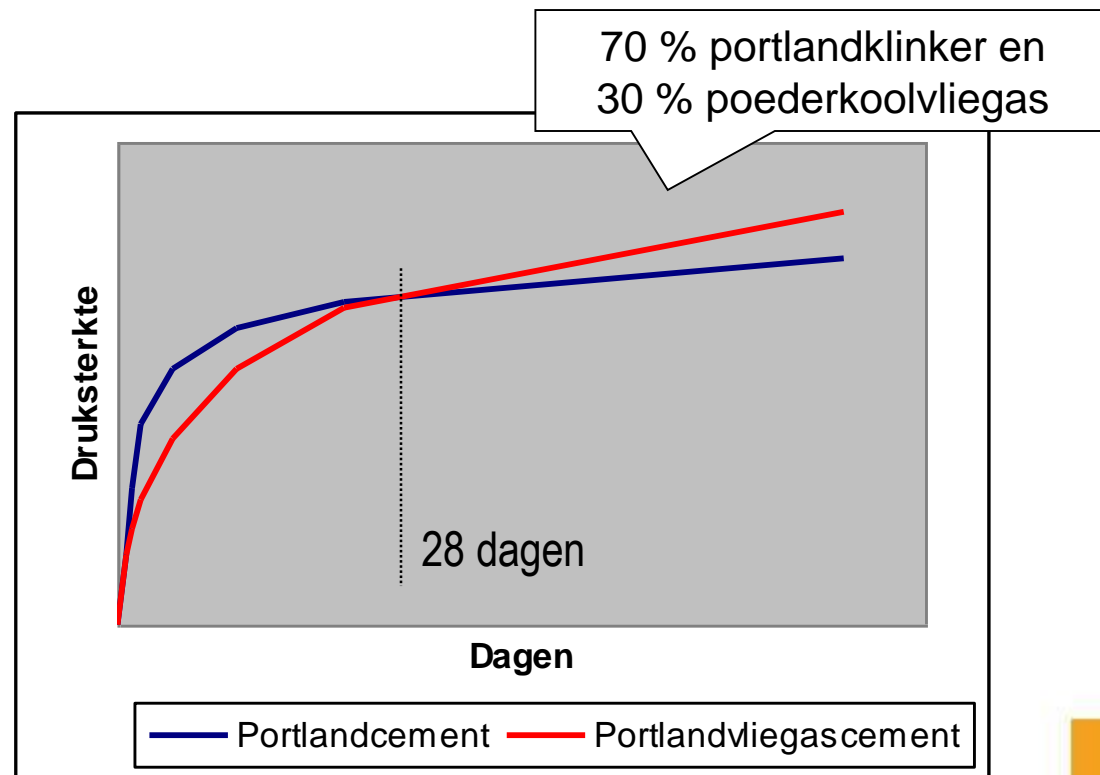
- Verhoging begin- en vooral de eindsterkte (HSB)
- Dichtere poriënstructuur
- Lage verwerkbaarheid
- Zeer hoge stabiliteit
- Veel donkerder kleur
- Mogelijke negatieve invloed op de werking van een luchtbelvormer.



# Kiezen voor:

*Meer poederkoolvliegias geeft een:*

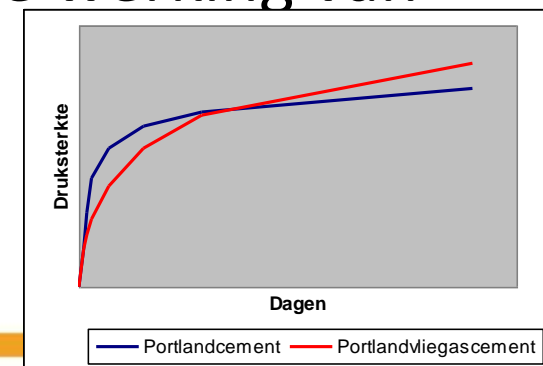
- Lagere beginsterkte (pH moet eerst stijgen)
- Veel doorgroei in sterkte na 28 dagen



# Kiezen voor:

*Meer poederkoolvliegias geeft een:*

- Lagere beginsterkte (pH moet eerst stijgen)
- Doorgroei in sterkte na 28 dagen
- Verbetering van de verwerkbaarheid
- Dichtere poriënstructuur op termijn
- Donkerder kleur
- Mogelijke negatieve invloed op de werking van een luchtbelvormer.



# Cement (4.5.2)

We gaan nu verder met de standaard vervaardigde cementen.

Dit zijn combinaties van bestanddelen die gezamenlijk voldoen aan de eisen van de

NEN-EN 197-1 :

*de “Europese cementnorm”.*

CE



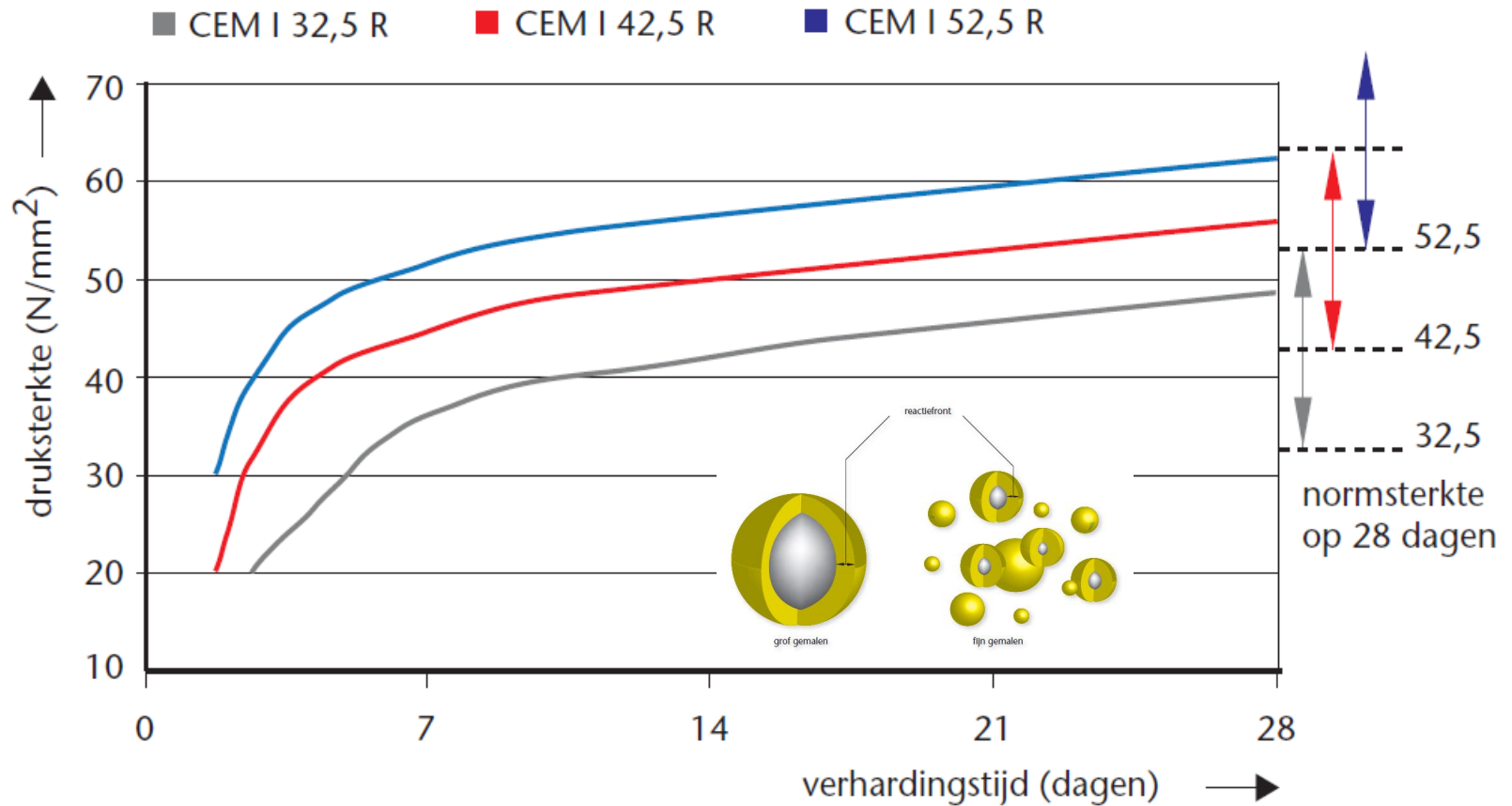
# Europese cementnorm : NEN-EN 197-1

<i>Aanduiding</i>	<i>Soort</i>
CEM I	Portlandcement
CEM II	Samengesteld portlandcement
CEM III	Hoogovencement
CEM IV	Puzzolaancement
CEM V	Composietcement

# NEN-EN 197-1: Sterkteklassen

sterkte- klasse	normsterkte [N/mm <sup>2</sup> ]			
	beginsterkte		sterkte na 28 dagen	
	na 2 dagen	na 7 dagen		
32,5 L <sup>1)</sup>		≥12	≥ 32,5	≤ 52,5
32,5 N	-	≥16		
32,5 R	≥ 10	-		
42,5 L <sup>1)</sup>		≥16	≥ 42,5	≤ 62,5
42,5 N	≥ 10	-		
42,5 R	≥ 20	-		
52,5 L <sup>1)</sup>	≥ 10	-	≥ 52,5	-
52,5 N	≥ 20	-		
52,5 R	≥ 30	-		

# NEN-EN 197-1: Sterkteklassen





# Naamgeving van cement

- CEM I 52,5 R
- CEM IV/B-P 42,5 L
- CEM II/B-S 32,5 N
- CEM III/B 42,5 N LH SR
- VLH V/A 22,5



Tabel in het boek  
bekijken

# Speciale eigenschappen

- SR = Sulfaatbestandheid
- LH = Lage warmteontwikkeling
- VLH = Speciaal cement met zeer lage warmteontwikkeling
- Wit cement
- Metselcement



# SR - Sulfaatbestandheid



hoofdgroep	schrijfwijze van de zeven producten (drie groepen van sulfaatbestand cement)	
CEM I	sulfaatbestand portlandcement	CEM I - SR 0
		CEM I - SR 3
		CEM I - SR 5
CEM III	sulfaatbestand hoogovencement	CEM III/B - SR
		CEM III/C - SR
CEM IV	sulfaatbestand puzzolaancement	CEM IV/A - SR
		CEM IV/B - SR

Ontleend aan een laag  $C_3A$ -gehalte

Ontleend aan dichtheid van de cementsteen en een laag  $C_3A$ -gehalte

# SR - Sulfaatbestandheid

*Sulfaatbestandheid wordt bepaald door samenstellingseisen aan het cement*

hoofd-groep	schrijfwijze van de zeven producten (drie groepen van sulfaatbestand cement)		samenstelling in % [m/m]					maximaal toegestane C <sub>3</sub> A-gehalte in de klinker (K)
			hoofdbestanddelen				nevenbestanddelen	
			klinker K	hoogoven-slak S	natuurlijke puzzolaan P	silicium houdende vliegas V		
CEM I	sulfaatbestand portlandcement	CEM I - SR 0	95-100				0-5	0
		CEM I - SR 3						3
		CEM I - SR 5						5
CEM III	sulfaatbestand hoogovencement	CEM III/B - SR	20-34	66-80	-	-	0-5	-
		CEM III/C - SR	5-19	81-95	-	-	0-5	-
CEM IV	sulfaatbestand puzzolaancement	CEM IV/A - SR	65-79		21-35		0-5	9
		CEM IV/B - SR	45-64		36-55		0-5	9

# LH - lage warmteontwikkeling

- Cement met een lage warmteontwikkeling
- LH, als de warmteontwikkeling binnen 7 dagen bij een constante temperatuur van  $20\text{ °C} < 270\text{ J/gr.}$
- LH komt dan achter de cementnaam



# VLH “Very low” hydratatiewarmte

- Speciaal cement conform EN 14126
- Cement met een zeer lage warmte-ontwikkeling  $< 220 \text{ J/gr.}$
- Aanduiding VLH vervangt nu de aanduiding CEM
- Alleen sterkteklasse 22,5

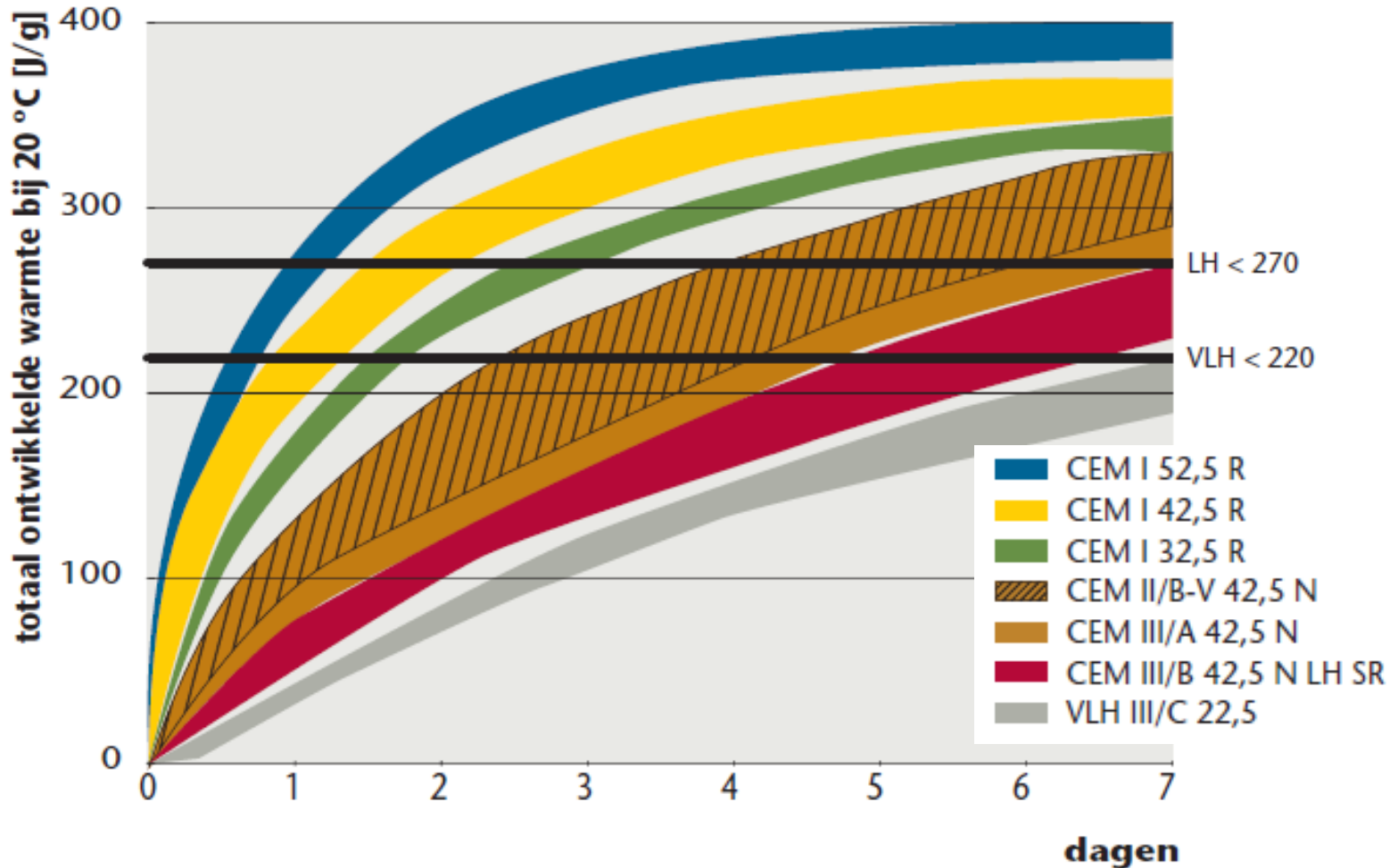


# VLH "Very low" hydratatiewarmte

hoofdgroep	aanduiding	sterkteklasse
VLH III hoogovencement	VLH III/B 22,5	22,5
	VLH III/C 22,5	22,5
VLH IV puzzolaancement	VLH IV/A 22,5	22,5
	VLH IV/B 22,5	22,5
VLH V composietcement	VLH V/A 22,5	22,5
	VLH V/B 22,5	22,5



# Hydratatiewarmte





# Wit cement

- Speciale portlandcementklinker
- In de oven wordt geen ijzerhoudende toeslag gedoseerd
- Hogere smeltemperatuur



# Aluminiumcement

- De naam geeft het al aan: een cement met een hoger aluminiumgehalte.
- Het is een cement met een enorm snelle sterkteontwikkeling.

## *Toepassingen:*

- Vuurvast beton – Als het aluminiumgehalte van het cement hoger wordt, kan het cement tegen een hogere temperatuur.
- Snelcement – Mengen met een normaal portlandcement geeft een snelle opstijving.

*Niet toepasbaar in constructief beton !*

In speciale situatie een sterktedaling door de tijd heen.



# Toepasbare cementsoorten

*De volgende cementen mogen worden toegepast in beton volgens de NEN 8005.*

Aanduiding volgens NEN-EN 197-1	Benaming cementsoort
CEM I	portlandcement
CEM II/A-S en CEM II/B-S	portlandslakcement
CEM II/A-V en CEM II/B-V	portlandvliegascement
CEM II/B-T	portlandleisteencement
CEM III/A en CEM III/B	hoogovencement

# Toelaten nieuw cement

Nieuw cement voor de toepassing in beton moet vijf duurzaamheidstesten doorstaan:

1. weerstand tegen carbonatatie **(XC)** ;
2. weerstand tegen chloride-indringing **(XD)** ;
3. vorst- dooizoutbestandheid **(XF)** ;
4. bestandheid tegen zeewater **(XS)** ;
5. bestandheid tegen sulfaten **(XA)** .

Een nieuw cement moet altijd in elke milieuklasse vergelijkbaar zijn met één van de toegelaten cementen

# Bindmiddel

Bindmiddel kunnen we zelf maken door het mengen van :

1. Een cement
2. Een materiaal uit de tabel bestanddelen voor cement en bindmiddelen (figuur 4-16)

## Hydraulische

K: portlandcement klinker

## Latent hydraulisch

S: gegranuleerde hoogovenslak

## Puzzolanen

D: Microsilica

P: natuurlijke puzzolanen

Q: gebrande natuurlijke puzzolanen

V: silica houdende poederkoolvliegias

W: calcium houdende poederkoolvliegias

T: gebrande leisteen

## Inert materiaal

L: kalksteenmeel (TOC < 0,50 %)

LL: kalksteenmeel (TOC < 0,20 %)

# Bindmiddel

## *Voordeel van een bindmiddel*

- Eigenschappen van beton helemaal zelf kunnen sturen. Bijvoorbeeld: stabiliteit, krimp.

## *Nadeel van een bindmiddel:*

- Extra siloruimte nodig
- Extra spreiding

### *Bindmiddelfunctie:*

De mate waarin het bij gedoseerde materiaal het cement kan vervangen.

# Bindmiddelfunctie

*Poederkoolvliegas NEN-EN 206 en NEN 8005:*

$V$  = de hoeveelheid poederkoolvliegas waarover de bindmiddelfunctie mag worden uitgerekend.

$C$  = Cement

$B$  = Bindmiddel       $B = C + ( k * V )$

Cement-soort	k-factor	Poederkoolvliegas/cement [massa]	Beschreven in de
CEM I	0,4	$\leq 0,33$	NEN-EN 206
CEM II/A	0,4	$\leq 0,25$	NEN-EN 206
CEM III/A	0,2	$\leq 0,33$	NEN 8005
CEM III/B	0,2	$\leq 0,33$	NEN 8005

# Bindmiddelfunctie

*Silica fume EN 206:*

$S$  = de hoeveelheid silica fume waarover de bindmiddelfunctie mag worden uitgerekend.

$C$  = Cement

$B$  = Bindmiddel  $B = C + (k * S)$

Cement-soort	w/c-factor en milieuklasse	k-factor	Silica fume/ Cement [massa]
CEM I	w/c-factor $\leq 0,45$	2,0	$\leq 0,11$
CEM I	w/c-factor $> 0,45$ behalve in milieuklasse XC of XF	2,0	$\leq 0,11$
		1,0	$\leq 0,11$



# Bindmiddelfunctie (CUR-Aanbeveling 48)

## *Geattesteerd beton:*

Een goedgekeurde betonsamenstelling waarbij:

1. Een zelf gemengd bindmiddel wordt toegepast waarbij elke kg poeder meetelt als cement.
2. De toepassing ligt binnen de goedgekeurde milieuklassen.

Geattesteerd beton wordt beproefd volgens de CUR-aanbeveling 48.

# Bindmiddelfunctie (CUR-Aanbeveling 48)

## *Geattesteerd beton*

### Bindmiddeleisen:

- Samengesteld uit bestanddelen voor cement
- Van elk materiaal moet een productnorm aanwezig zijn
- Bij toepassen van gemalen hoogovenslak moet  $K \geq 20 \% (m/m)$
- Bij de overige materialen moet  $K \geq 25 \% (m/m)$
- Kalksteenmeel gehalte  $\leq 35 \% (m/m)$

# Bindmiddelfunctie (CUR-Aanbeveling 48)

## *Geattesteerd beton*

### Bindmiddelgehalte in beton:

- Minimale bindmiddelgehalte moet gelijk zijn aan het minimale cementgehalte van de betreffende milieuklasse
- We spreken van een water-bindmiddelfactor w/b-factor.
- De w/b-factor mag niet hoger zijn dan de maximale w/c-factor van de betreffende milieuklasse

# Bindmiddelfunctie (CUR-Aanbeveling 48)

## *Geattesteerd beton*

### Beoordeling van het beton:

- Eerst op druksterkte
- Daarna op de aantastingsmechanismen die horen bij een milieuklasse.

Een geattesteerd beton kan ook voor één milieuklasse zijn toegelaten. Dit in tegenstelling tot een cement.

# Vulstoffen

## *Type I – inerte vulstoffen*

- Steenmeel
- Gemalen silicium dioxide meel
- Kalksteenmeel?

## *Type II – Reactieve vulstoffen*

- Poederkoolvliegias (geen andere)
- Tras of andere natuurlijke puzzolanen
- Silica fume
- Gemalen gegraneleerde hoogovenslak

Puzzolaan

Latent hydraulisch