BASISKENNIS BETON ALGEMEEN

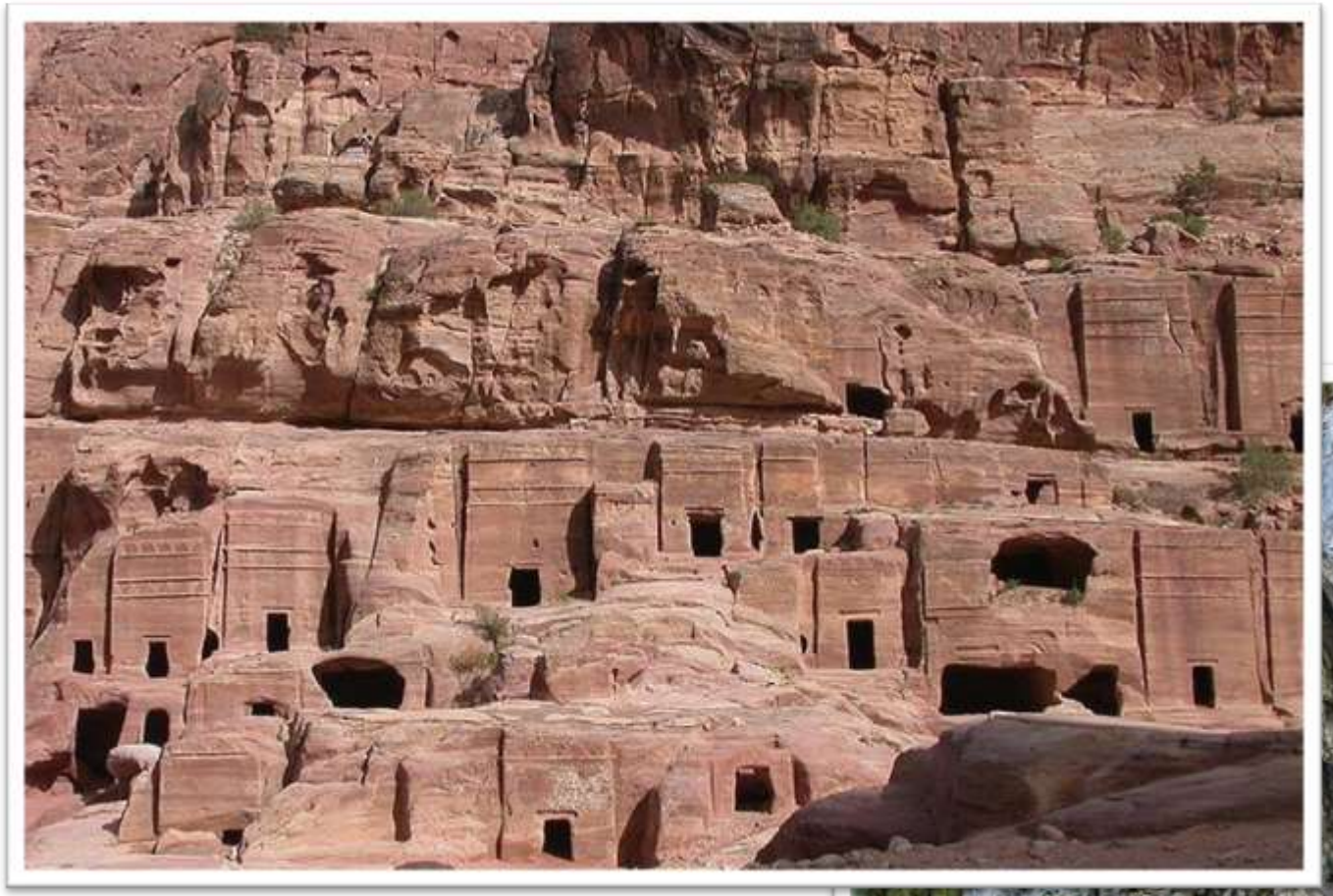


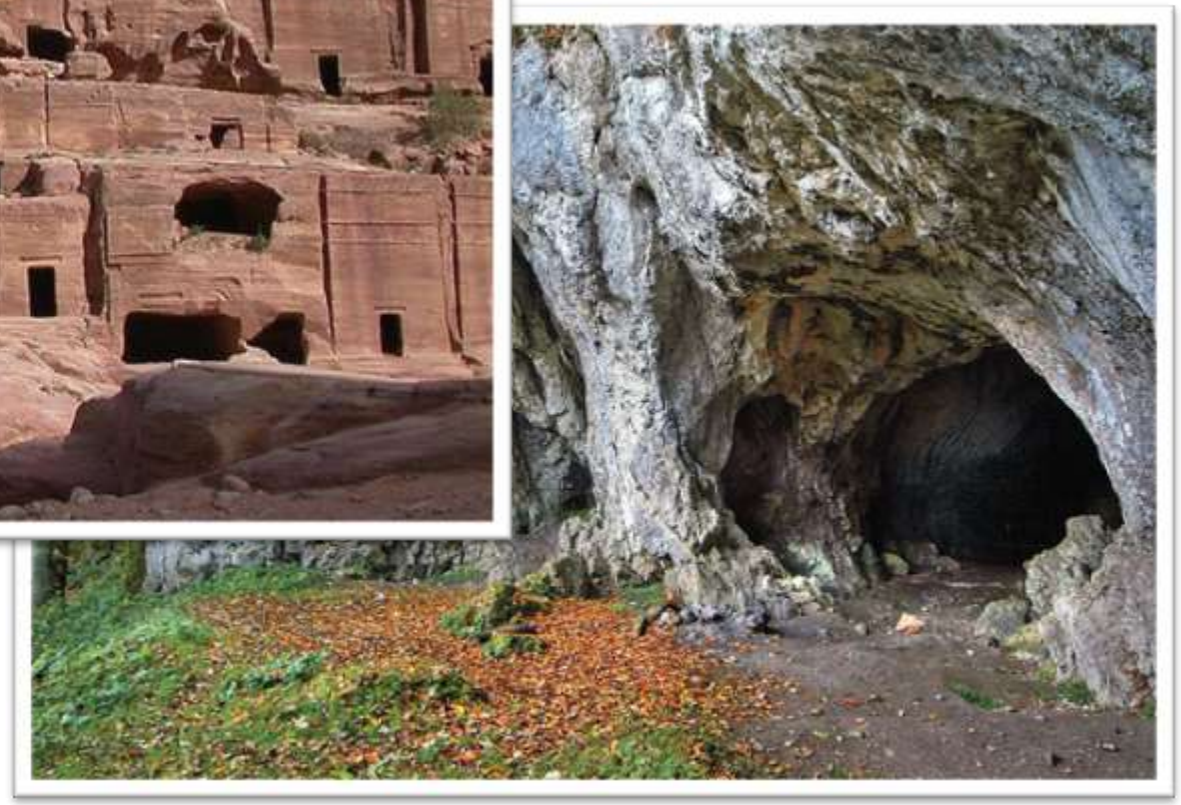
INHOUD BBA

Les 1	*H1:* Beton in het algemeen
Les 2	*H2:* Cement
Les 3	*H3:* Toeslagmaterialen en overige grondstoffen
Les 4	*H4:* Eigenschappen van betonspecie *H5:* Eigenschappen van beton
Les 5	*H6:* Samenstellen van beton
Les 6	*H7:* Vervaardiging van betonspecie
Les 7	*H8:* Bekisting, wapening en voorspanning
Les 8	*H9:* Verwerking en nabehandeling *H10:* Kwaliteit en veiligheid
Les 9	Examenvoorbereiding

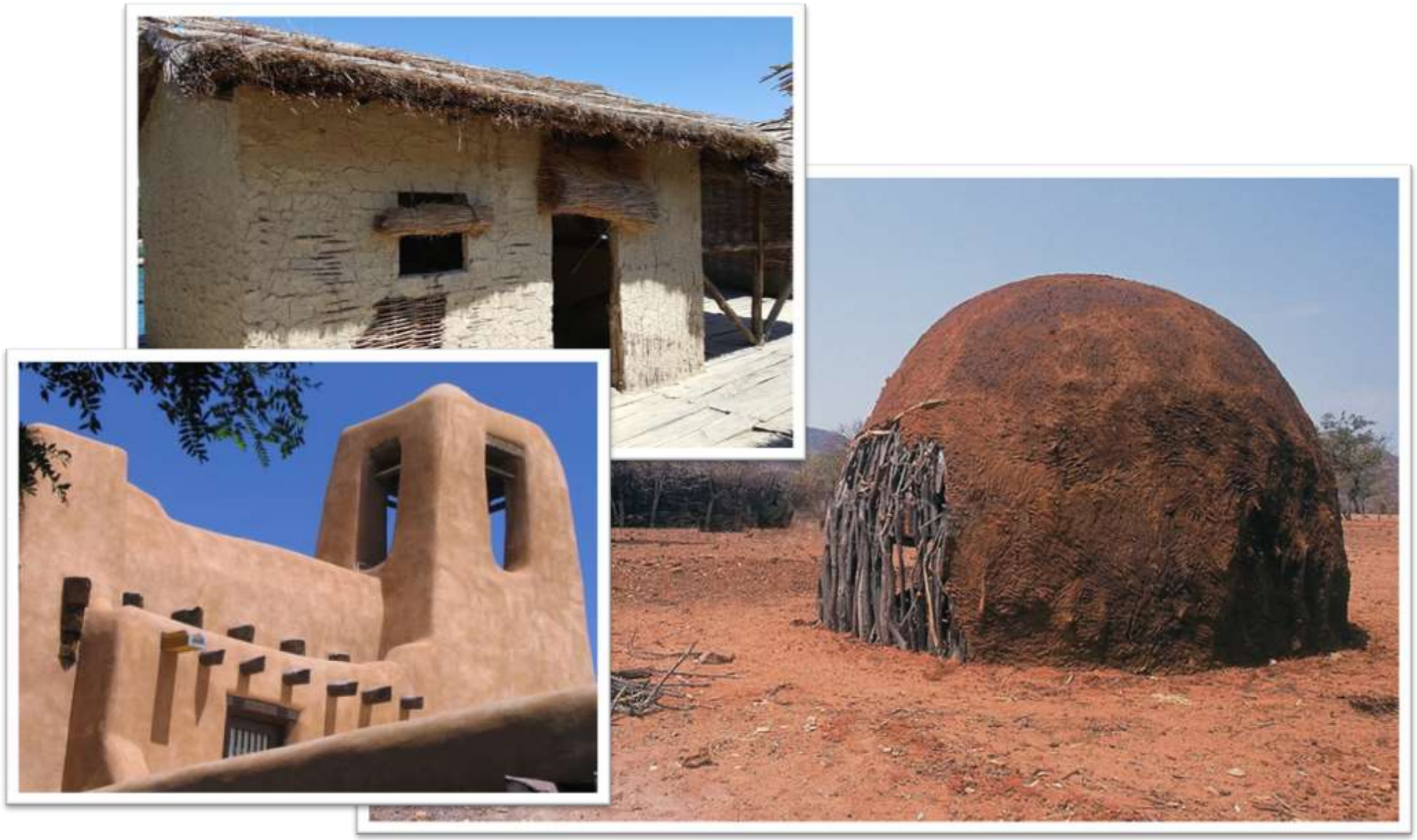


In den beginne…

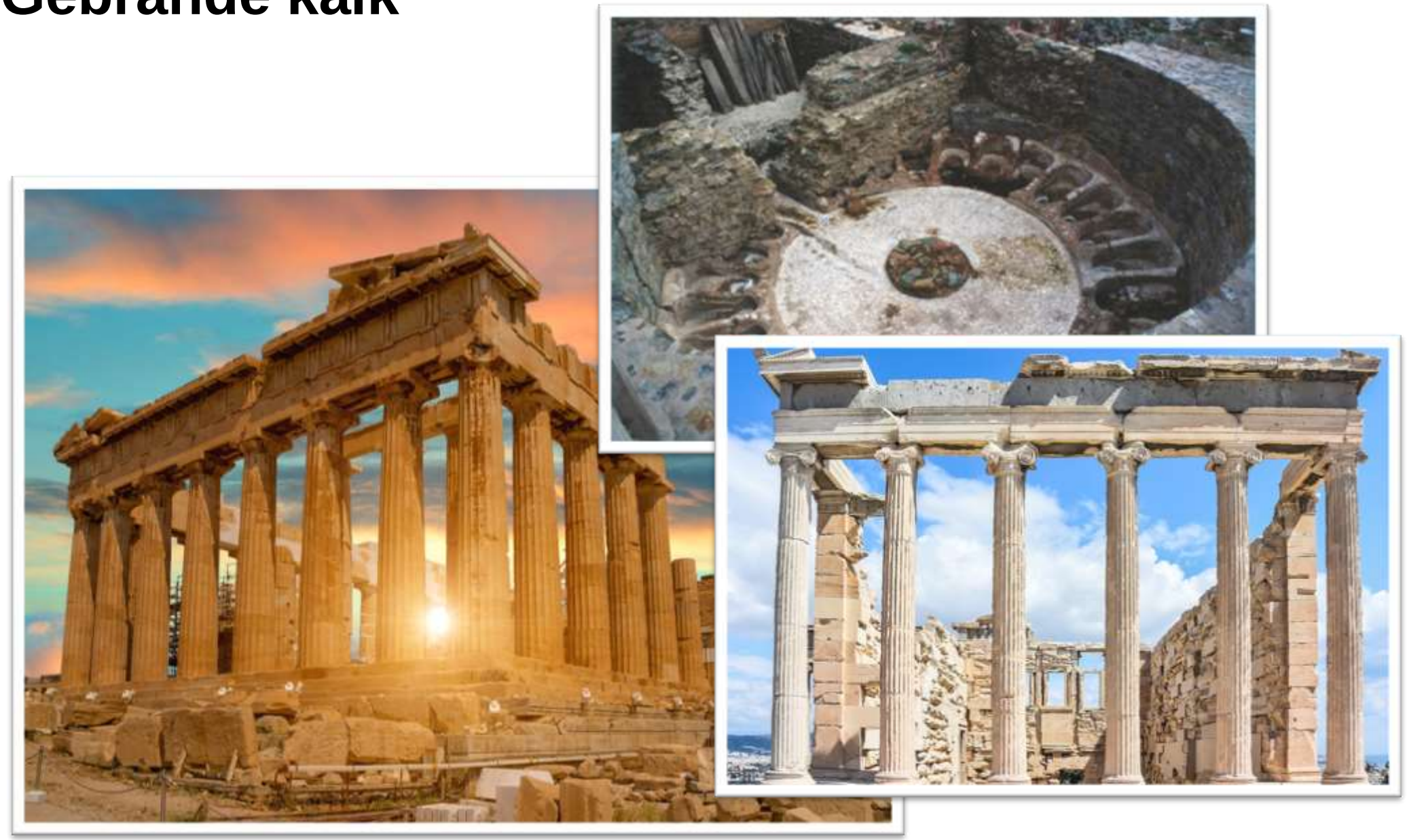




Klei en leem



Gebrande kalk



Gebrande kalk + vulkanische as (puzzolaan)









Portlandcement (18e eeuw)







Portland: vernoemd naar gesteente op eiland Portland in Zuid-Engeland

Cement: ‘Caementum’. Latijn voor bindmiddel.



Wat is beton nu eigenlijk?

Beton is een verhard mengsel van:

- Cement
- Water
- Zand (fijn toeslagmateriaal)
- Grind (grof toeslagmateriaal)

30% Cement + Water

70% Zand + Grind

…% Hulp- en Vulstoffen

Concrete: ’Concretus’: *aan elkaar gegroeid*


grondstoffen


(beton)specie


beton



Enkele begrippen

Beton is een verhard mengsel van:

- Cement (C)
- Water (W)
- Zand (fijn toeslagmateriaal) (T < 4mm)
- Grind (grof toeslagmateriaal) (T > 4mm)

	Vloeibaar	Verhard
C+W	cementlijm/pasta	cementsteen
C+W+T <4mm	mortelspecie	mortel
C+W+T >4mm	betonspecie	beton


grondstoffen


(beton)specie


beton



Belangrijk: half-product

Kwaliteit beton afhankelijk van:

- Productie betonspecie betoncentrale (fase 1)
  - Juiste grondstoffen
  - Correcte verhoudingen
  - Effectieve menging
  - Transport (zonder ontmenging)
  - Etc…

- Verwerking/nabehandeling bouwplaats (fase 2)
  - Stortwijze
  - Storthoogte
  - Verdichten
  - Afwerken
  - Nabehandelen (afdekken, bespuiten, koelen, verhitten, etc)


grondstoffen


(beton)specie


beton



Wat maakt beton zo uniek

Eigenschappen van beton(specie):

- is vervormbaar
- heeft tijd nog om te verharden
- hecht aan verhard beton
- hecht goed aan staal
- resulteert in stevig materiaal
- relatief lange levensduur



1. Betonspecie is vervormbaar

- Betonspecie is een plastisch materiaal en gedraagt zich soms zelfs als een vloeistof.
- Hierdoor kan het in iedere gewenste vorm gebracht worden d.m.v. bekisting en mallen.









2. Betonspecie heeft tijd nodig om te verharden

- Verhardt pas na enkele uren
- Hierdoor naadloze constructies verkregen door betonspecie op nog niet verharde eerder gestorte specie te storten. Geen verzwakkingen in de constructie.
- Nadeel is wachttijd voor ontkisten en belasten.







3. Betonspecie hecht aan verhard beton

- Hecht goed aan verhard beton
- Echter niet zo goed als aan pas gestorte beton**specie**
- Resultaat is stortnaden
- Stortnaden soms ongewenst door architect









4. Beton(specie) hecht goed aan staal

- Hecht goed aan staal: goede overbrenging krachten
- Dezelfde uitzettingscoëfficiënt (evenveel krimp en uitzetting)
- Beton en stalen wapening: een goede combinatie









5. Resulteert in stevig materiaal

- Beton kan hele hoge drukkrachten opnemen



deltawerken

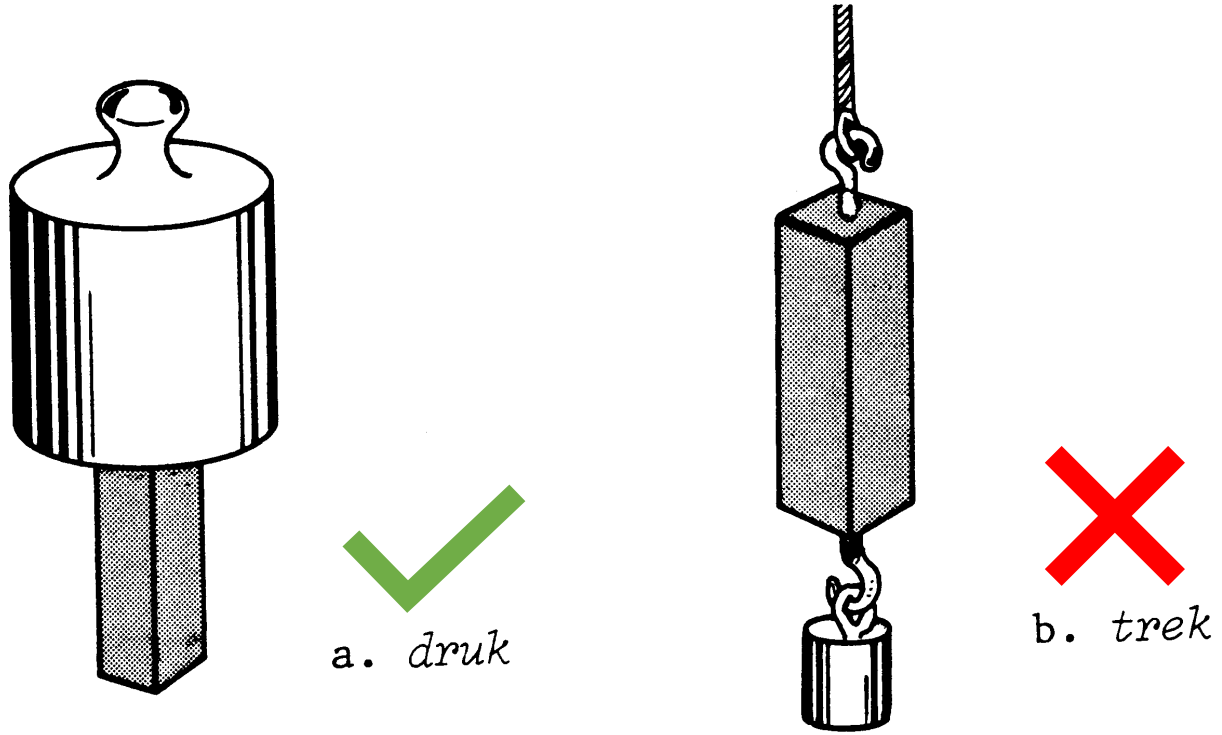


hoover dam



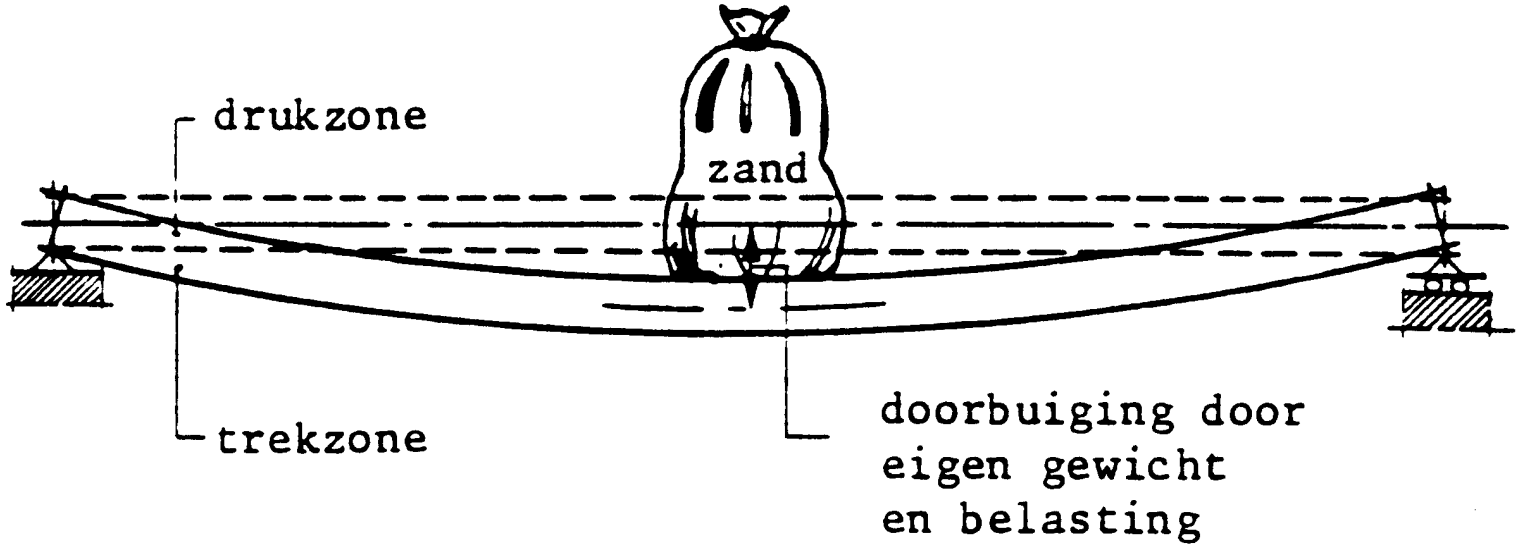
5. Resulteert in stevig materiaal

- Beton kan hele hoge drukkrachten opnemen
- Beton kan echter slecht trekkrachten opnemen (circa 10% van drukkracht)
- Hierdoor wapening meestal noodzakelijk: wapenen



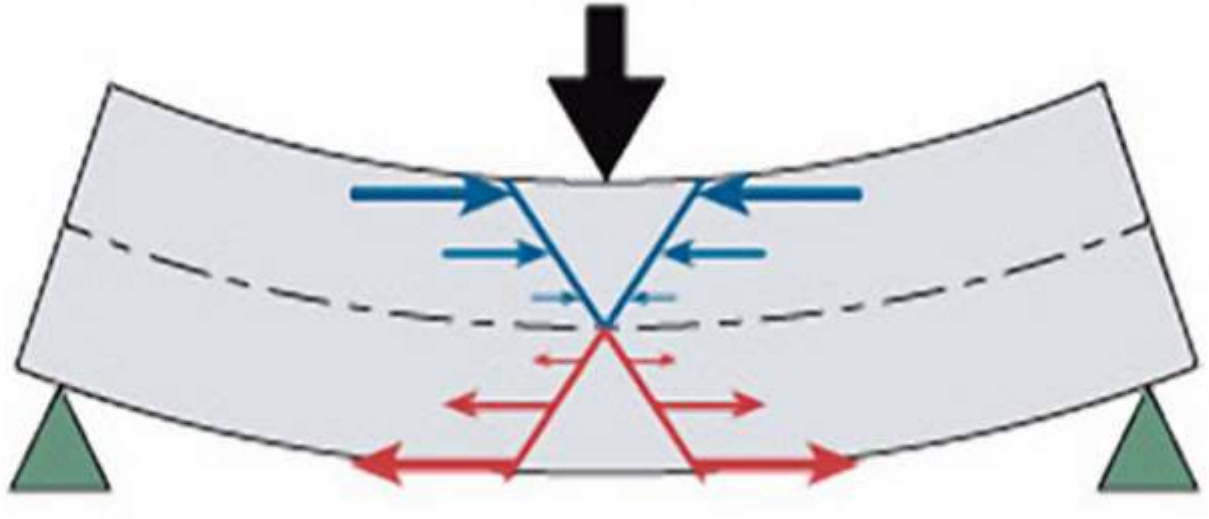
5. Resulteert in stevig materiaal

- Beton kan hele hoge drukkrachten opnemen
- Beton kan echter slecht trekkrachten opnemen (circa 10% van drukkracht)
- Hierdoor wapening meestal noodzakelijk: wapenen



5. Resulteert in stevig materiaal

- Beton kan hele hoge drukkrachten opnemen
- Beton kan echter slecht trekkrachten opnemen (circa 10% van drukkracht)
- Hierdoor wapening meestal noodzakelijk: wapenen



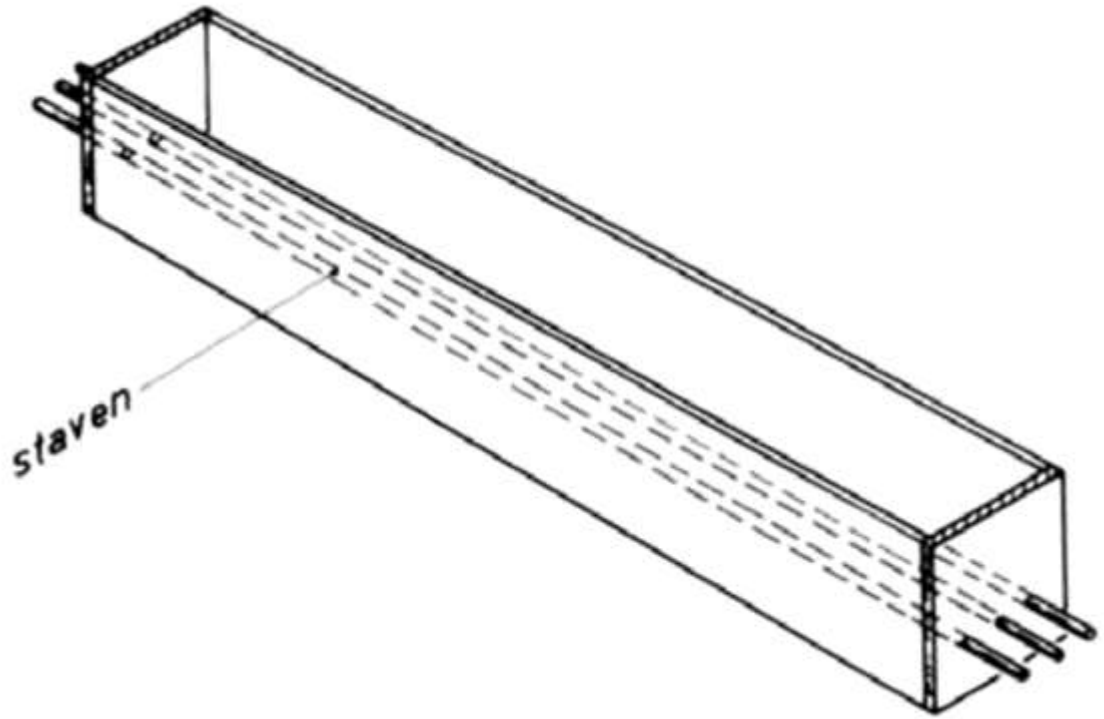
Bovenkant
Verkort: drukkracht

Onderkant
Verlengt: trekkracht



5. Resulteert in stevig materiaal

- Beton kan hele hoge drukkrachten opnemen
- Beton kan echter slecht trekkrachten opnemen (circa 10% van drukkracht)
- Hierdoor wapening meestal noodzakelijk: wapenen



Bovenkant
Beton neemt druk op

Onderkant
Wapening neemt trek op



5. Resulteert in stevig materiaal

- Beton kan hele hoge drukkrachten opnemen
- Beton kan echter slecht trekkrachten opnemen (circa 10% van drukkracht)
- Hierdoor wapening meestal noodzakelijk: wapenen

Drie varianten

- Ongewapend beton
- Gewapend beton
- Voorgespannen beton



5. Resulteert in stevig materiaal

Drie varianten

- Ongewapend beton
- Gewapend beton
- Voorgespannen beton

Constructies met slechts geringe trekkrachten

- Vloeren in kruipruimtes van woningen
- Werkvloeren onder betonconstructies
- Betontegels, trottoirbanden en straatstenen
- Ballastmateriaal in schepen ter verzwaring van de kiel









5. Resulteert in stevig materiaal

Drie varianten

- Ongewapend beton
- **Gewapend beton**
- Voorgespannen beton

Constructies waarin druk- én trekkrachten optreden

- Beton neemt de drukkrachten op
- Stalen wapening neemt de trekkrachten op









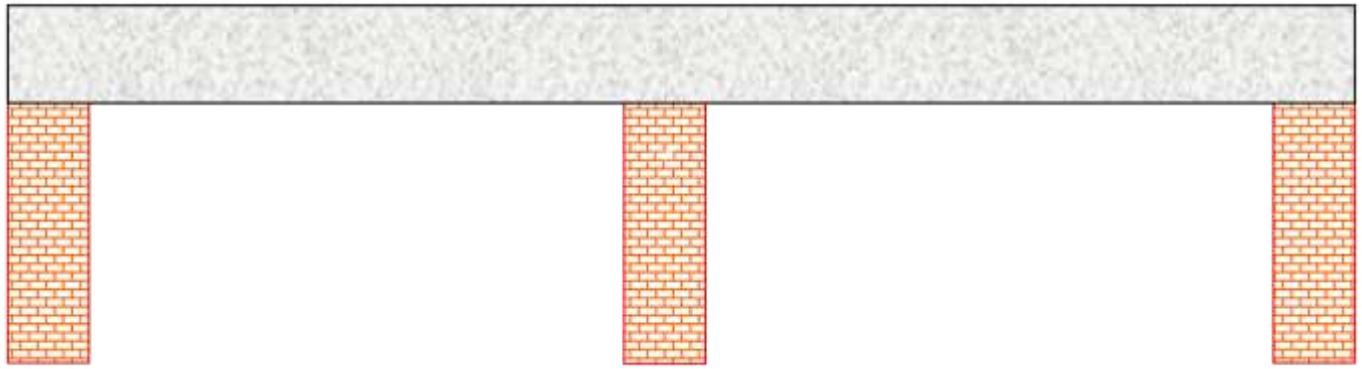
5. Resulteert in stevig materiaal

Drie varianten

- Ongewapend beton
- **Gewapend beton**
- Voorgespannen beton

Constructies waarin druk- én trekkrachten optreden

- Beton neemt de drukkrachten op
- Stalen wapening neemt de trekkrachten op











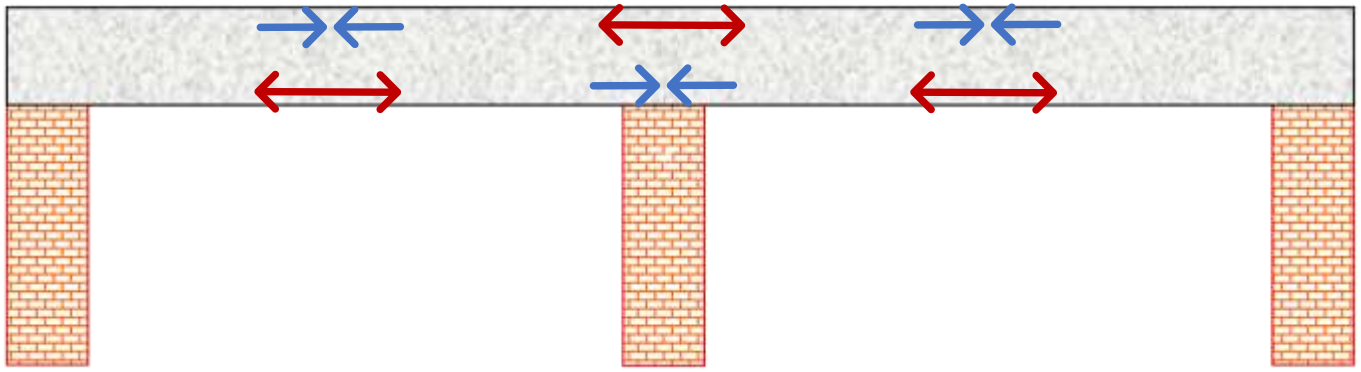
5. Resulteert in stevig materiaal

Drie varianten

- Ongewapend beton
- **Gewapend beton**
- Voorgespannen beton

Constructies waarin druk- én trekkrachten optreden

- Beton neemt de drukkrachten op
- Stalen wapening neemt de trekkrachten op











5. Resulteert in stevig materiaal

Drie varianten

- Ongewapend beton
- **Gewapend beton**
- Voorgespannen beton

Constructies waarin druk- én trekkrachten optreden

- Beton neemt de drukkrachten op
- Stalen wapening neemt de trekkrachten op











5. Resulteert in stevig materiaal

Drie varianten

- Ongewapend beton
- **Gewapend beton**
- Voorgespannen beton

Constructies waarin druk- én trekkrachten optreden

- Beton neemt de drukkrachten op
- Stalen wapening neemt de trekkrachten op











5. Resulteert in stevig materiaal

Drie varianten

- Ongewapend beton
- **Gewapend beton**
- Voorgespannen beton







5. Resulteert in stevig materiaal

Drie varianten

- Ongewapend beton
- **Gewapend beton**
- Voorgespannen beton

Niet alleen maar voordelen!

- (Beton)staal kan roesten door zuurstof en water
- Roest (corrosie) neemt 10x zoveel ruimte in als oorspronkelijke materiaal. Uitzettende corrosie drukt het beton van binnenuit uit elkaar.
- Water en lucht kunnen nu nóg beter bij de wapening...
- Dit fenomeen noemen we ‘betonrot’









5. Resulteert in stevig materiaal

Hoe komen zuurstof en water bij de wapening in beton?

Scheurtjes

- Trekkrachten in de trekzone veroorzaken scheurtjes in het beton
- Door scheurtjes groter dan circa 0.1 - 0.3 mm kunnen water en zuurstof binnentreden *(kleiner is dus niet direct een probleem)*



Poriën

- Beton is een poreus materiaal: het heeft (microscopische) poriën
- Door dit poriënstelsel kunnen o.a. zuurstof en water binnendringen en bij de wapening komen





5. Resulteert in stevig materiaal

Hoe kunnen we dit voorkomen/verminderen?

Effectieve wapening

- Effectieve wapening verkleint de kans op teveel en te grote scheuren in het beton.

Voldoende (ver)dicht beton(oppervlak)

- Een voldoende dicht beton heeft intern slechts zeer kleine poriën.
- Een goed verdicht, afgewerkt en nabehandeld betonoppervlak heeft slechts zeer kleine poriën.

Voldoende dekking

- Een voldoende dichte en dikke betonlaag tussen de wapening en de buitenlucht werkt als een beschermlaag tegen indringing.







5. Resulteert in stevig materiaal

Samengevat: waarom beton en staal goed samen?

1. Beton kan goed druk opvangen, staal goed trek
2. Beton(specie) hecht goed aan staal
3. Beton en staal dezelfde uitzettingscoëfficiënt
4. Staal roest niet in goed beton (o.a. water en zuurstof komen niet bij de wapening)



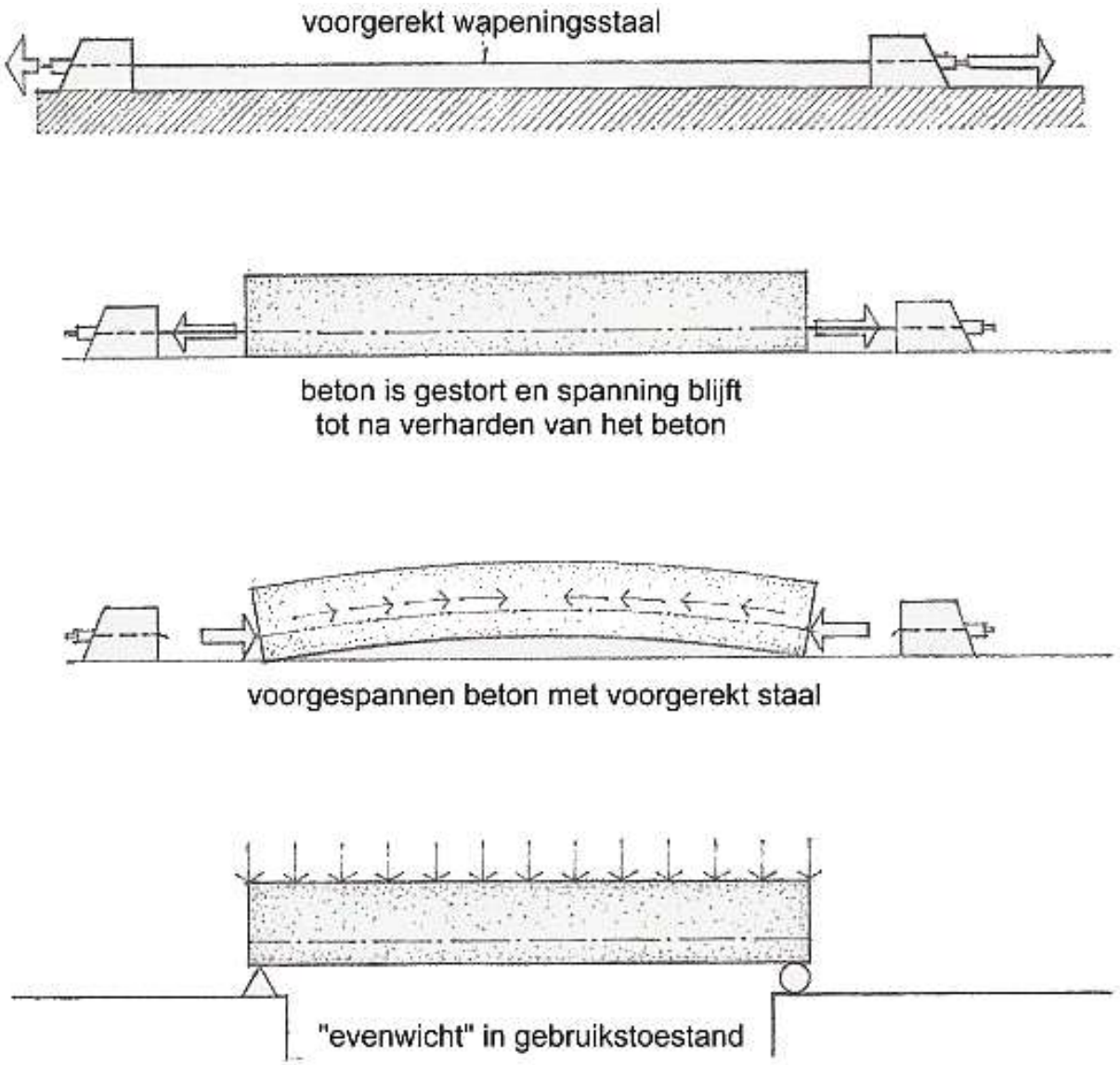
5. Resulteert in stevig materiaal

- Soms moet een dunne, lichte constructie worden gerealiseerd.
- Beton en wapening kunnen de belasting dan niet opnemen, waardoor doorbuiging scheuren veroorzaakt.
- Agressieve milieus tasten wapening aan door zelfs de kleinste scheurtjes.





5. Resulteert in stevig materiaal



- Voorspanstaal geeft zeer hoge drukkracht op het beton.
- Hierdoor treden er (bijna) geen trekkrachten meer op.

5. Resulteert in stevig materiaal

- Krachten voorspanning ontzettend groot!
- Beton moet dus **voldoende verhard** zijn om deze krachten op te vangen.
- Voorspanningskabels **niet te vroeg** doorsnijden!



6. Beton heeft een lange levensduur



6. Beton heeft een lange levensduur

Levensduur beton o.a. afhankelijk van:

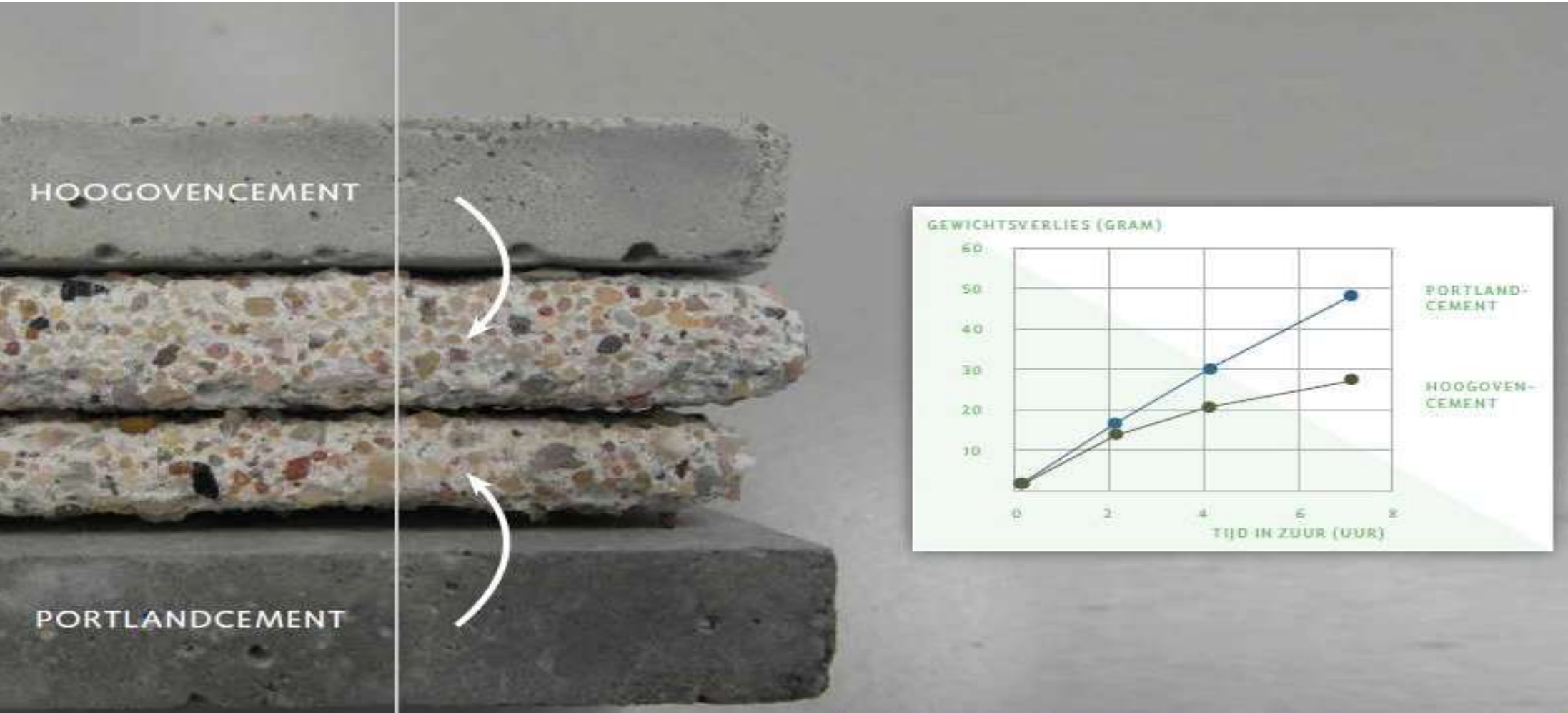
- Milieu waarin het beton zich bevindt
- Gebruik van de constructie
- Belastingen op de constructie
- Dichtheid van het beton
- Juiste cementsoort



6. Beton heeft een lange levensduur

Milieu waarin het beton zich bevindt

- Zuren uit de lucht, grondwater en mest lossen beton op



6. Beton heeft een lange levensduur

Milieu waarin het beton zich bevindt

- Schadelijke stoffen kunnen uitzetten (expansie) veroorzaken en beton van binnenuit kapot drukken.



6. Beton heeft een lange levensduur

Milieu waarin het beton zich bevindt

- Binnendringen stoffen die wapening aantasten (corrosie). Expansie drukt beton uit elkaar.



6. Beton heeft een lange levensduur

Maatregelen milieu

- Afhankelijk van in welk milieu het beton terecht komt, worden er eisen aan de ‘milieuklasse’ gesteld.
- Aan een milieuklasse hangen eisen voor de samenstelling van de betonspecie.
- Hierover meer in hoofdstuk 6…



6. Beton heeft een lange levensduur

Gebruik van en belasting op de constructie



rustig fietspad

vs.



drukke rotonde

6. Beton heeft een lange levensduur

Dichtheid van het beton



dicht

vs.



poreus



Duurzaamheid van beton

Twee betekenissen van ‘Duurzaamheid’

- Durability: verwijst naar de technische levensduur
- Sustainability: verwijst naar de impact van beton op het milieu





Duurzaamheid van beton

CO_2-voetafdruk → 10% totale NL-uitstoot

- Van cement, water, zand en grind heeft **cement de grootste CO_2-voetafdruk**

Maatregelen

- Cement gebruiken met een laag portlandklinkergehalte.
- Verlagen cementgehalte.
- Toeslagmateriaal vervangen door gerecycled betongranulaat.
- Goed beton gaat lang mee.



Betongranulaat



portlandklinker

Normen

- Betonconstructies: verschillende disciplines, partijen en omstandigheden.
- Normen geven voorspelbaarheid en herhaalbaarheid van de kwaliteit

Wetgeving

- Bouwbesluit
- Besluit bodemkwaliteit
- NEN-EN 206-1: eisen aan beton
- BRL-1801: productie beton
- Daarnaast meerdere normen voor o.a. grondstoffen, ontwerp betonconstructies, betonspecie en betonstaal.



EINDE HOOFDSTUK 1

HOOFDSTUK 2
CEMENT

Waarom wordt beton hard

Beton is een verhard mengsel van:

- **Cement**
- Water
- Zand (fijn toeslagmateriaal)
- Grind (grof toeslagmateriaal)



Grondstoffen



Waarom wordt beton hard

- Cement + water → **cementlijm** (vloeibaar)
- Na enkele uren begint opstijven → **cementsteen** (verhard)
- Reactie tussen cement + water: **hydratatie**



cementlijm



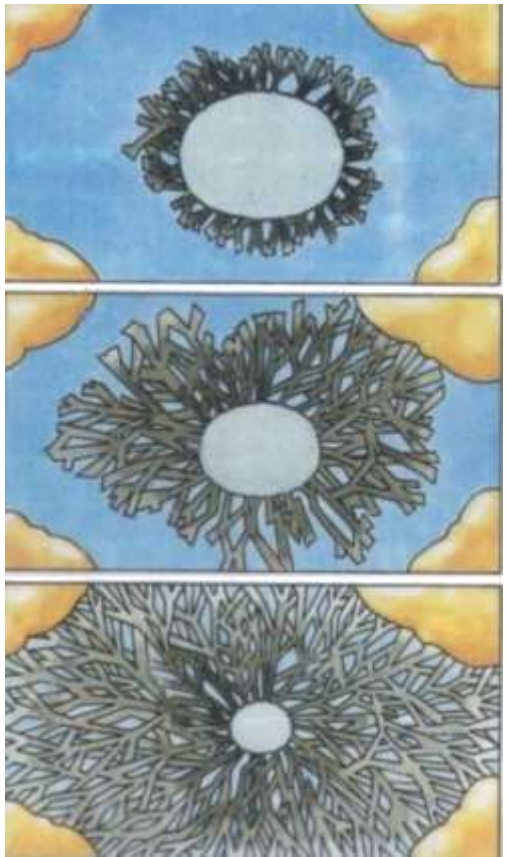
cementsteen

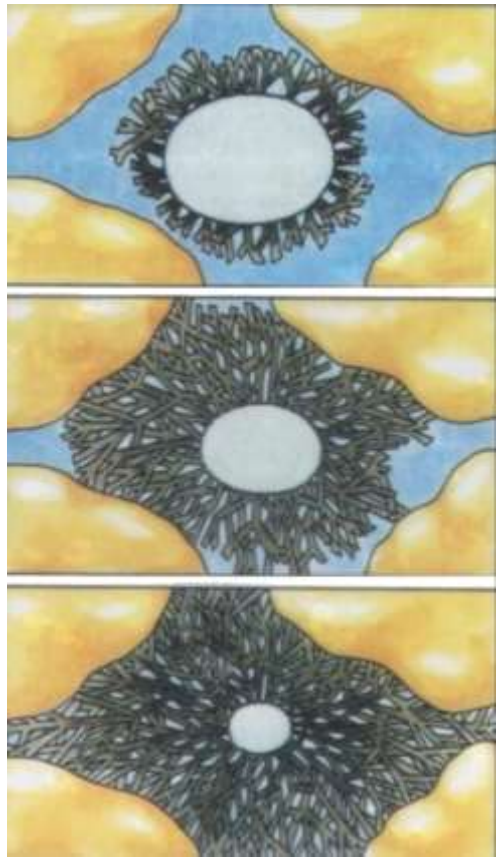


Waarom wordt beton hard

- Beton is een verhard mengsel van cement, water **+ zand en grind**.
- De **hydratatie** lijmt cementsteen toeslagmaterialen aan elkaar.

veel water
open structuur
zwakker beton



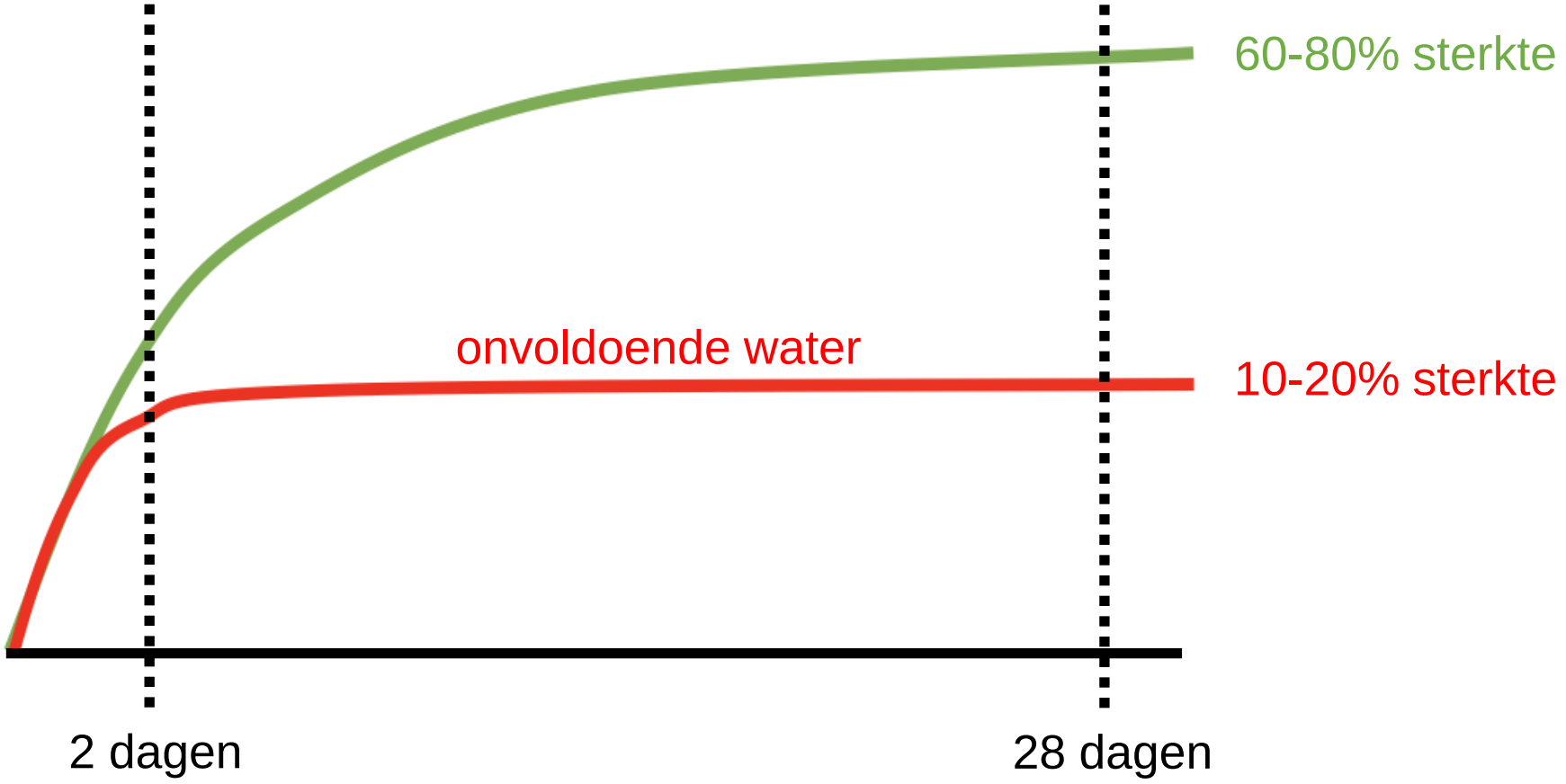


weinig water
dichte structuur
sterker beton



Waarom wordt beton hard

- Na 28 dagen 60-80% eindsterkte bereikt (20°C en RV 98%)
- Reactie **stopt als er geen water** meer beschikbaar is





Waarom wordt beton hard

- Na 28 dagen 60-80% eindsterkte bereikt (bij 20°C)
- **Reactie stopt als er te weinig water** beschikbaar is

- Indien beton(specie)oppervlak niet goed nabehandeld (afdekken, onder water zetten, curing compound opspuiten etc.) → **water verdampt te snel uit toplaag**.
- Te weinig water in toplaag → **cement blijft poeder.**







Waarom wordt beton hard

Teveel water óók niet goed

- Overgebleven water vormt poriënstelsel
- Grote poriën laten schadelijke stoffen door

weinig poriën
kleine poriën
dicht
sterk



veel poriën
grote poriën
poreus
zwak





Waarom wordt beton hard

Water-cementfactor

- Je wil niet teveel water…
- Maar ook niet te weinig…
- Een gevoelige balans per situatie

Deze balans noemen we **water-cementfactor**.

Dit geeft aan hoeveel water er in 1m^3 betonspecie zit t.o.v. de hoeveelheid cement.

$$\frac{\text{hoeveelheid water (kg)}}{\text{hoeveelheid cement (kg)}} = \text{wcf}$$

Dus niet zomaar even wat extra water erbij om het 'lekker vloeibaar' te maken!



weinig niet-gereageerd water over

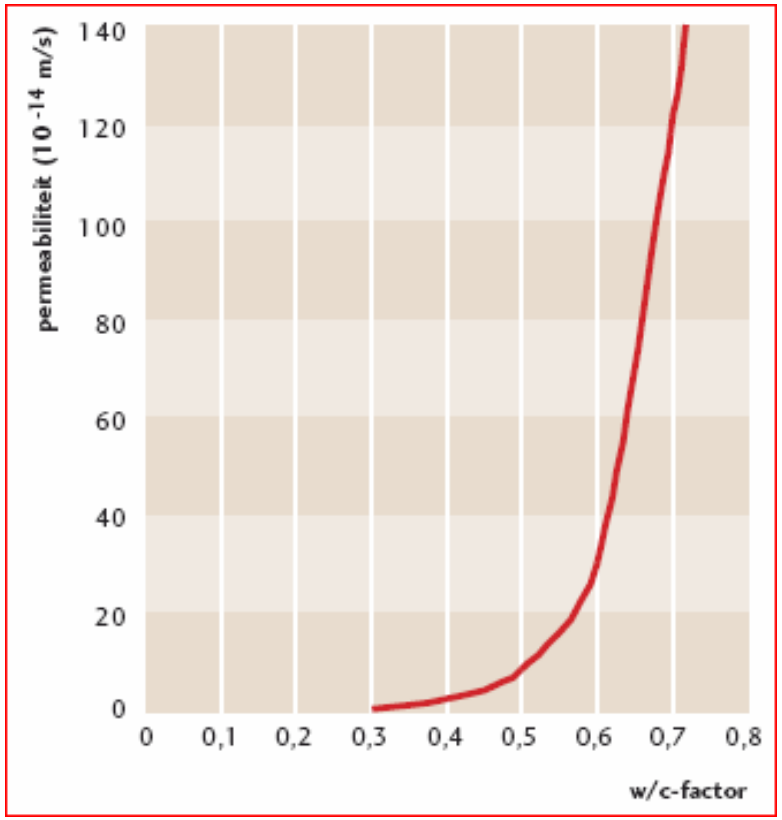


veel niet-gereageerd water over

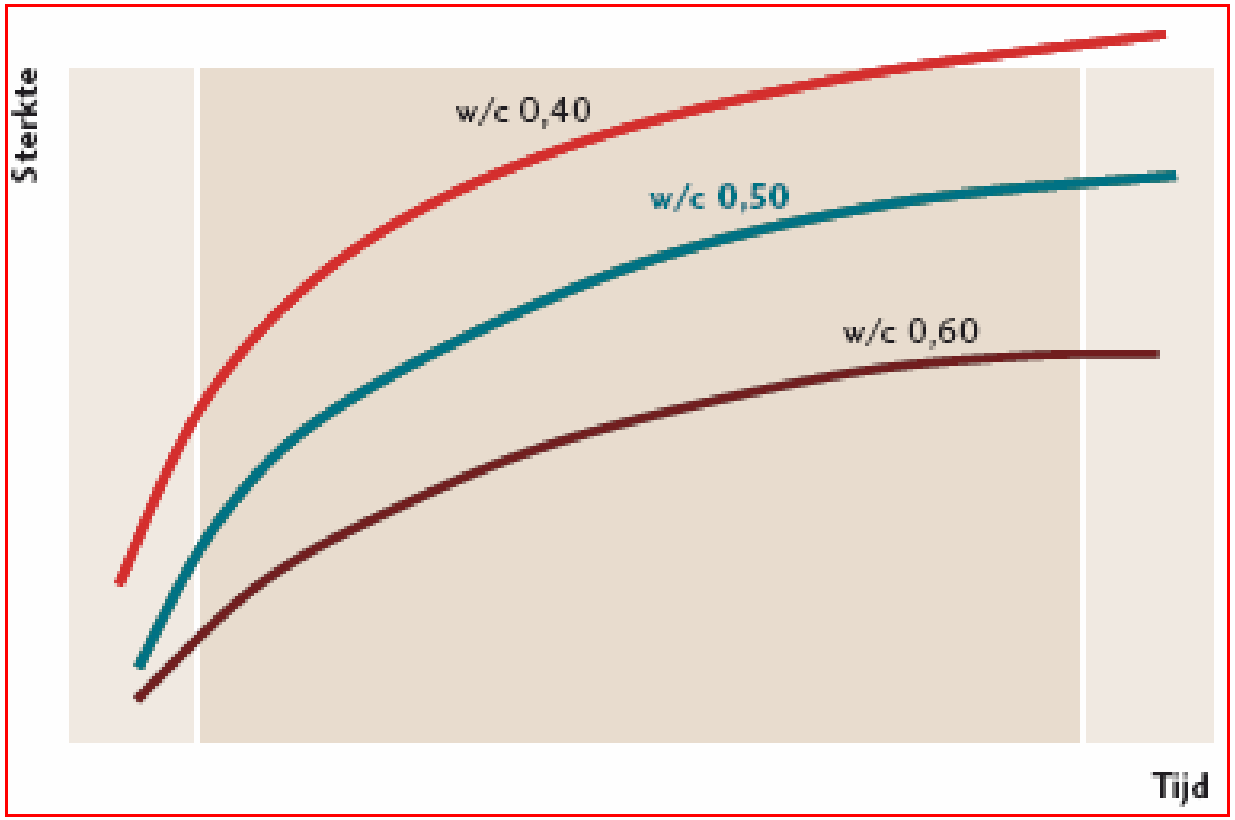


Waarom wordt beton hard

Invloed van de water-cementfactor op beton



a. invloed wcf op permeabiliteit

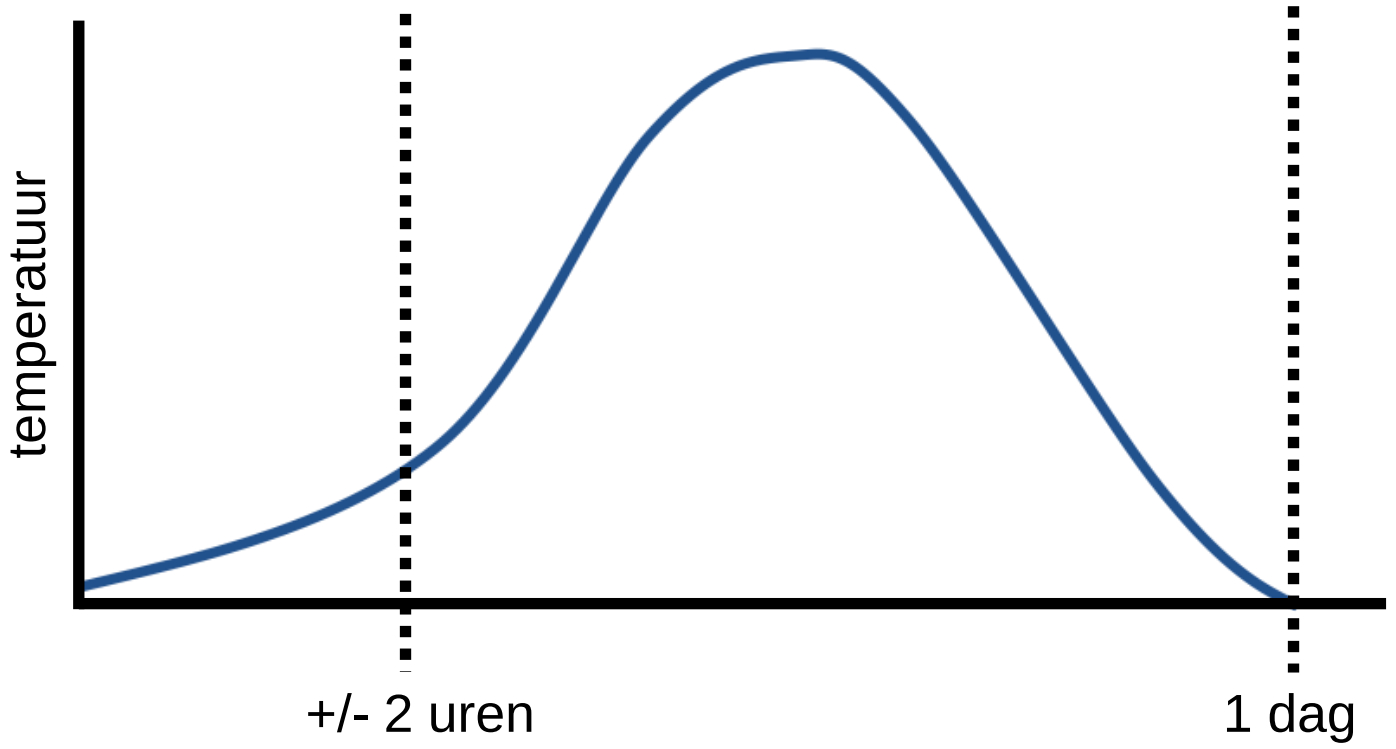


b. invloed wcf op beton(eind)sterkte

Waarom wordt beton hard

Reactie water en cement in betonspecie genereert warmte

- Bij de reactie cement + water (hydratatie) komt warmte vrij
- Meer hierover in hoofdstuk 5





Waarom wordt beton hard

Samengevat

- Portlandklinker is een **hydraulisch bindmiddel** omdat:
  - Reageert met water
  - Reactieproduct (cementsteen) onoplosbaar in water
  - Bij de reactie komt warmte vrij

- Water-cementfactor belangrijke parameter (niet teveel/ te weinig water)
- Wcf = water (kg) / cement (kg)
- **Te weinig water**: niet al het cement kan reageren → blijft poeder
- **Te veel water**: te veel/grote poriën waardoor schadelijke stoffen binnendringen

- Rekenen aan de water-cementfactor een van de taken van een betontechnoloog



Cementsoorten

CEM I	Portlandcement
CEM II	Samengesteld portlandcement
CEM III	Hoogovencement
CEM IV	Puzzolaancement
CEM V	Composietcement

→ cementsoorten

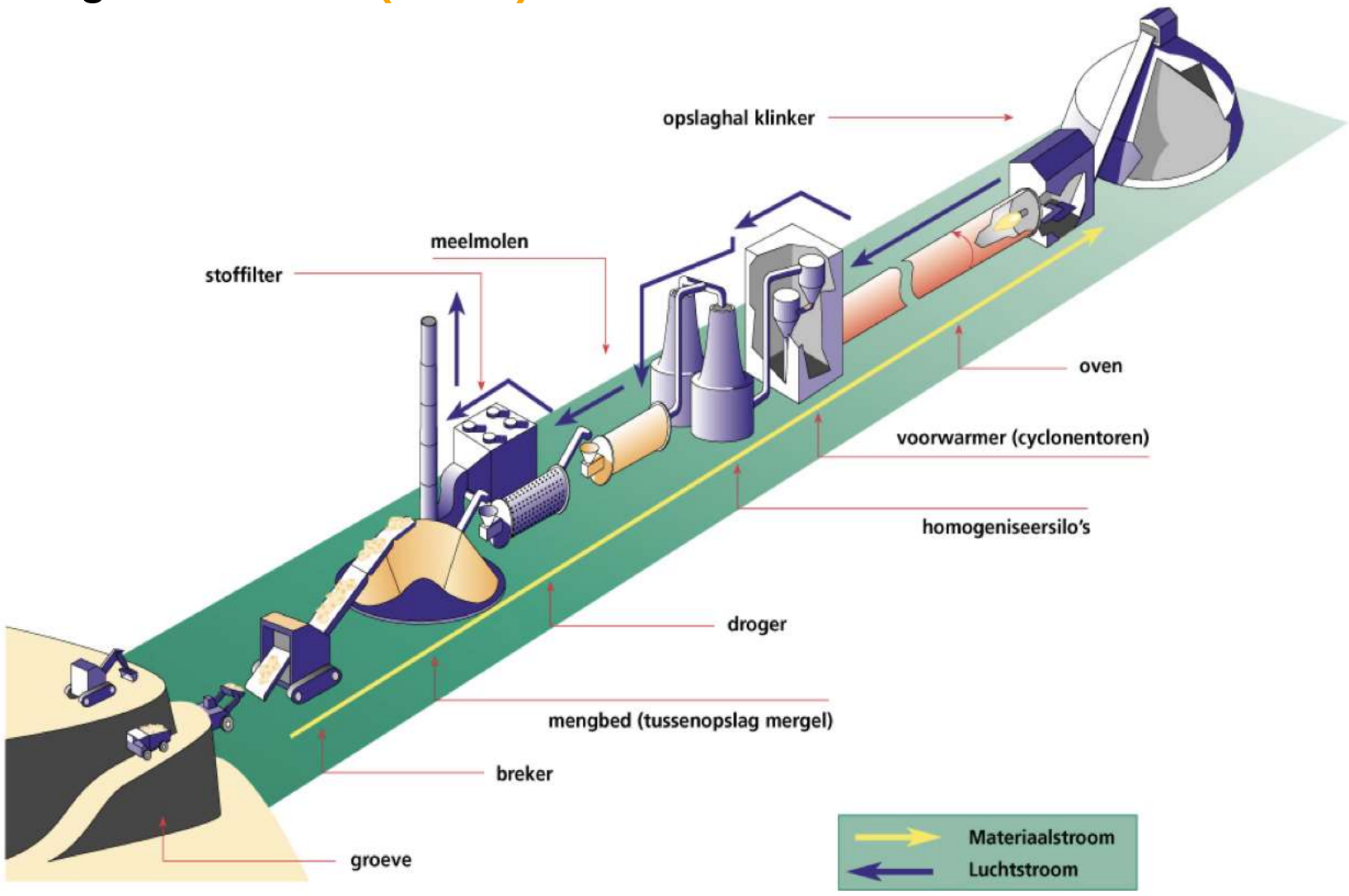
K	**Portlandcementklinker**
S	Gegranuleerde hoogovenslak
D	Microsilica
P	Natuurlijke puzzolanen
V	Poederkoolvliegas
T	Gebrande leisteen
L	Kalksteen
M	Mengsel meerdere hoofdbestanddelen

→ hoofdbestanddelen cement



Hoe wordt cement eigenlijk gemaakt?

Van mergel tot klinker (fase 1)



Hoe wordt cement eigenlijk gemaakt?



Hoe wordt cement eigenlijk gemaakt?



mergel winning



meelmolen

Hoe wordt cement eigenlijk gemaakt?



klinkeroven



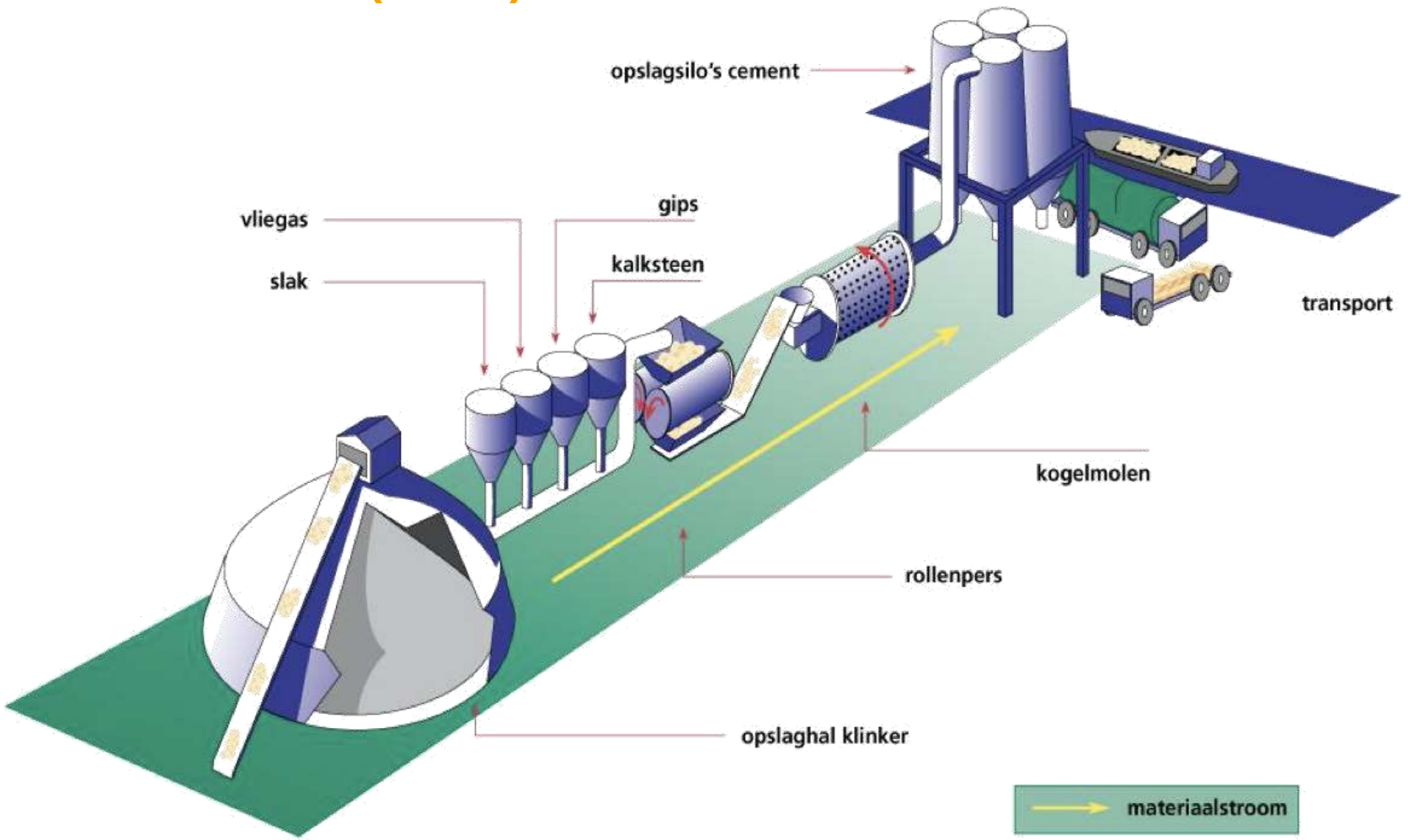
klinkeroven



portlandcementklinker

Hoe wordt cement eigenlijk gemaakt?

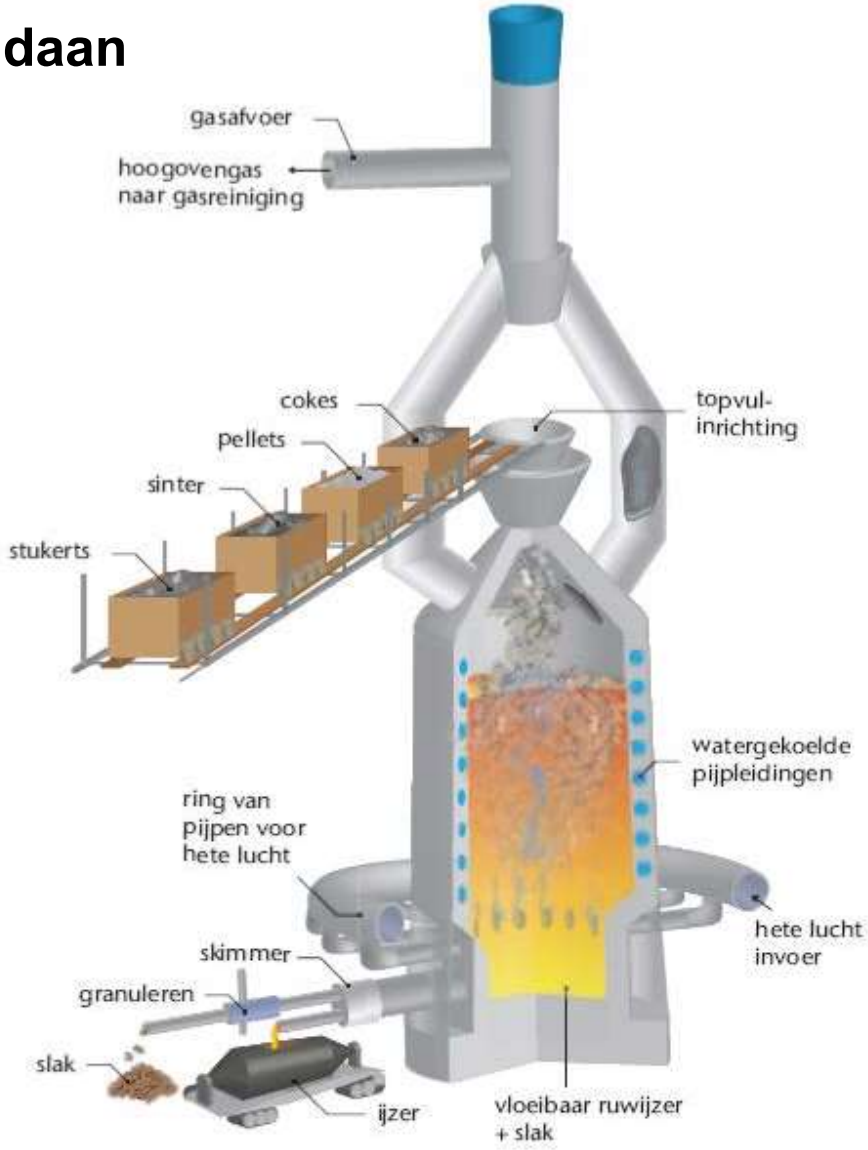
Van klinker tot cement (fase 2)



Hoe wordt cement eigenlijk gemaakt?

Waar komt de ‘slak’ in hoogovencement vandaan

- Afvalproduct van hoogovens ijzerproductie
- Bijvoorbeeld bij Tata Steel



Hoe wordt cement eigenlijk gemaakt?

Waar komt de ‘slak’ in hoogovencement vandaan

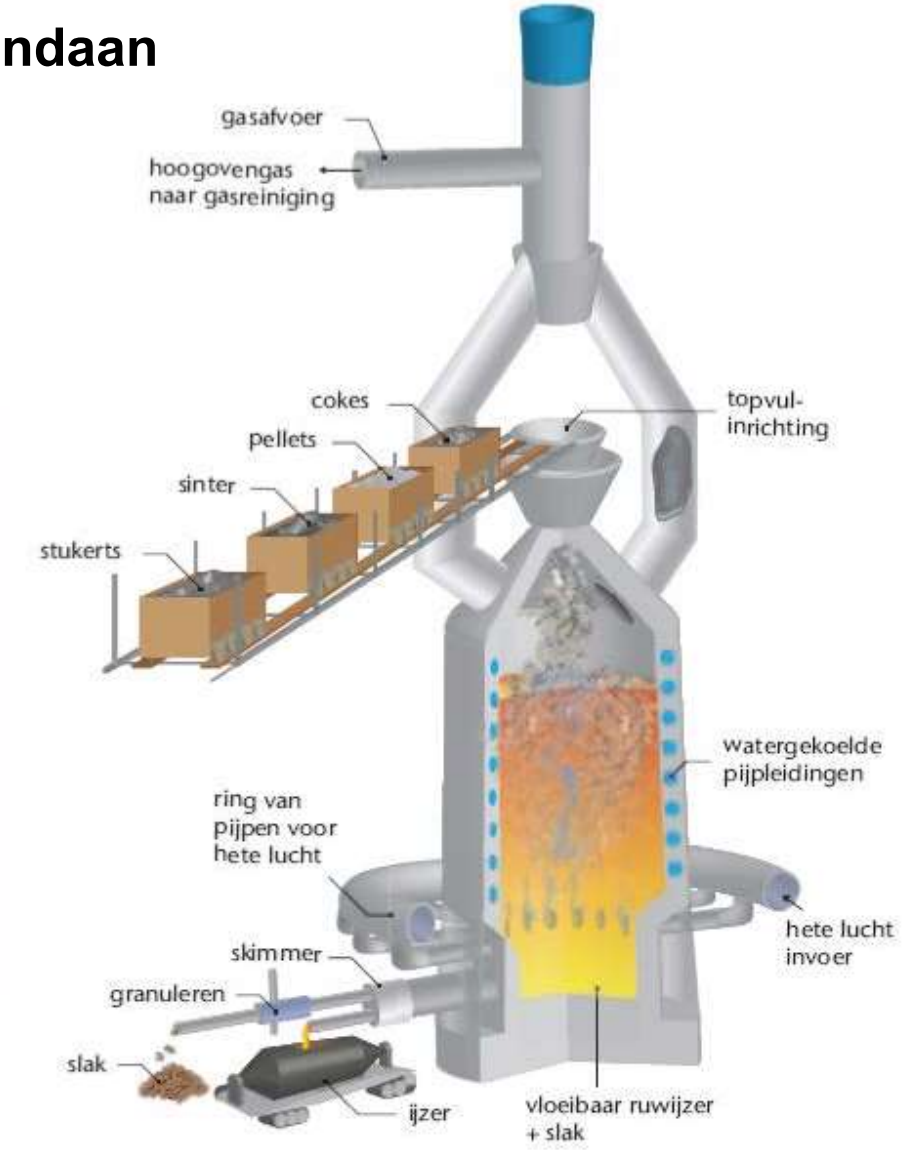
- Afvalproduct van hoogovens ijzerproductie
- Bijvoorbeeld bij Tata Steel



gegranuleerd



gemalen



Hoe wordt cement eigenlijk gemaakt?

Waar komt de ‘slak’ in hoogovencement vandaan

- Afvalproduct van hoogovens ijzerproductie
- Bijvoorbeeld bij Tata Steel

CEM III is duurzamer dan CEM I

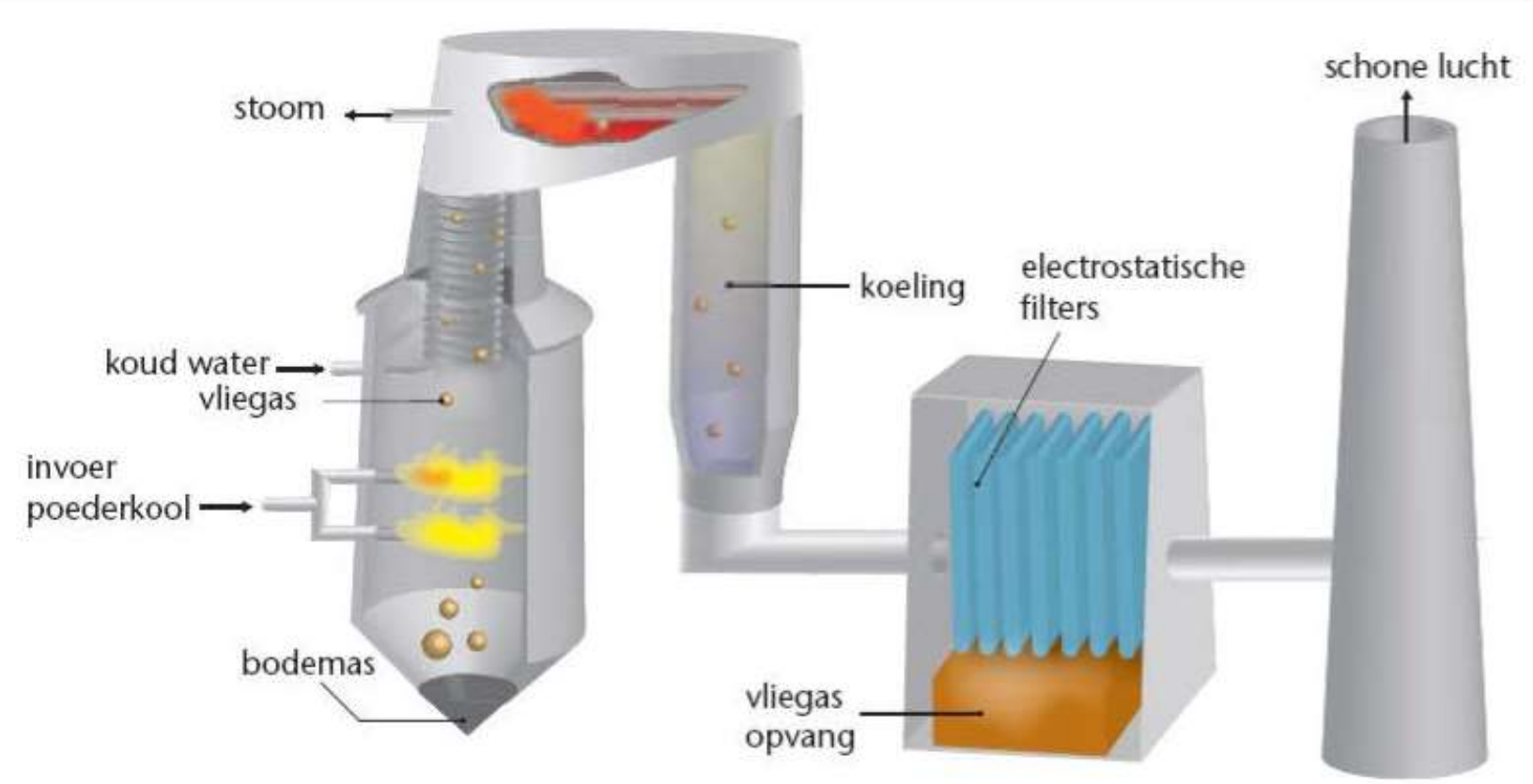
- Afvalproduct nuttig gebruikt
- Besparing: 20-80% van portlandcementklinker vervangen door hoogovenslak



Hoe wordt cement eigenlijk gemaakt?

Waar komt de vliegas in samengesteld p.c. vandaan

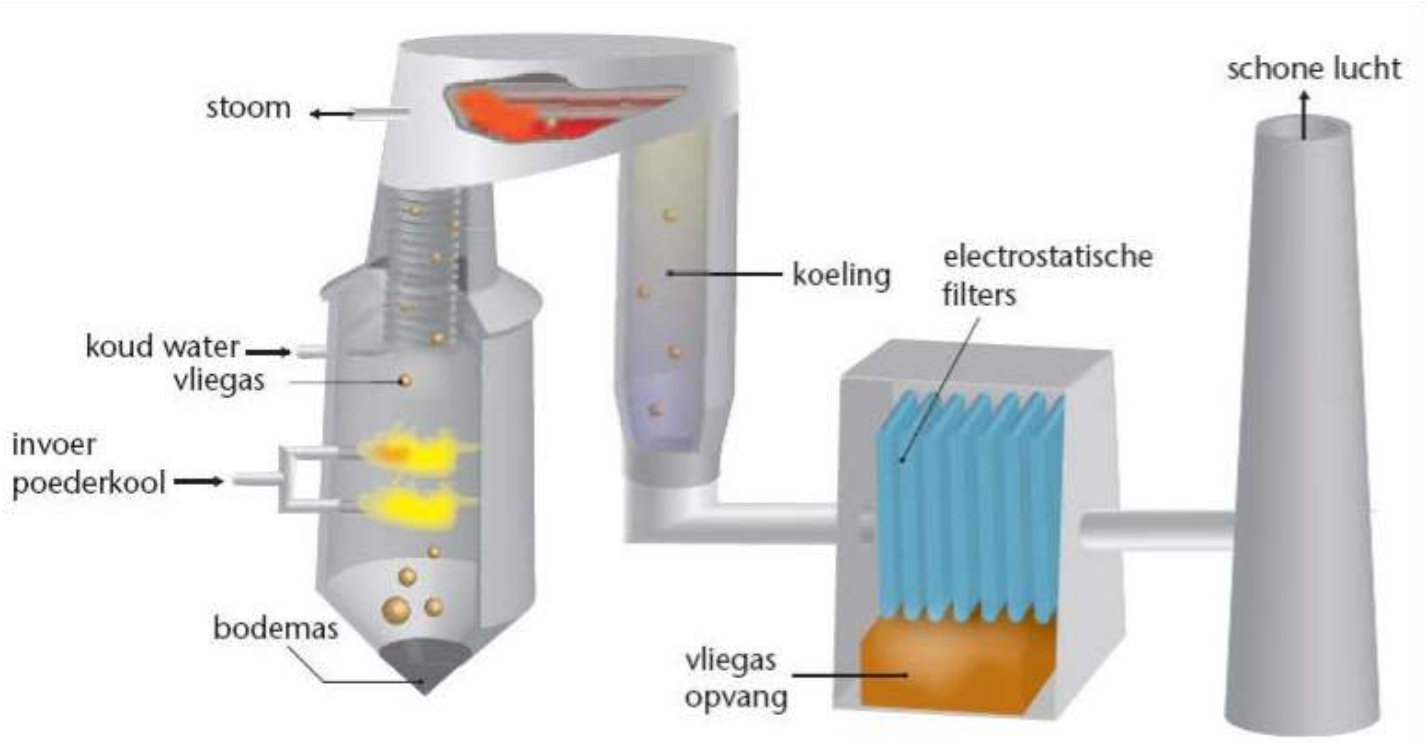
- Afvalproduct van poederkoolgestookte elektriciteitcentrales

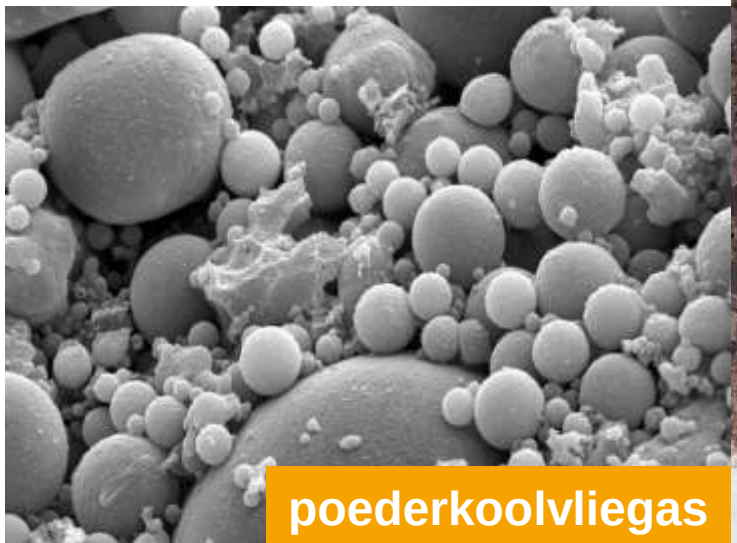


Hoe wordt cement eigenlijk gemaakt?

Waar komt de vliegas in samengesteld portlandcement vandaan

- Afvalproduct van poederkoolgestookte elektriciteitcentrales





poederkoolvliegas

Hoe wordt cement eigenlijk gemaakt?

Waar komt de vliegas in samengesteld p.c. vandaan

- Afvalproduct van poederkoolgestookte elektriciteitcentrales

CEM II is duurzamer dan CEM I

- Afvalproduct nuttig gebruikt
- Besparing: tot maximaal 35% van portlandcementklinker vervangen door poederkoolvliegas

CEM II heeft puzzolane eigenschappen

- Vergelijkbaar met Romeins vulkaanas
- Reageert niet vanzelf met water
- Reageert wél met water na **activatie** door reactieproduct portlandcement + water (calciumhydroxide - kalk)
- Draagt zo bij aan **dichtheid** en **sterkteontwikkeling** beton



Hoe wordt cement eigenlijk gemaakt?

Waarom gips en (eventueel) kalksteen toegevoegd

- Gips zorgt ervoor dat het cement niet direct verhard na contact met water
- Bindregelaar → specie langer verwerkbaar

- Kalksteen is een fijn inert vulmiddel
- Gebruik wanneer er meer ‘fijn toeslagmateriaal’ vereist is



gips



kalksteenmeel



Cementeigenschappen

	sterkteklassen
	sterkteontwikkeling
	hydratiewarmte
	sulfaatbestandheid



Cementeigenschappen

	sterkteklassen
	sterkteontwikkeling
	hydratiewarmte
	sulfaatbestandheid

	sterkte na 28 dagen (N/mm²)	
	min	max
32,5	32,5	52,5
42,5	42,5	62,5
52,5	52,5	-

Sterkteklasse

- Sterkte (N/mm²) na verloop van tijd na mengen met water
- Sterkte na 28 dagen belangrijk voor planning bouwprojecten

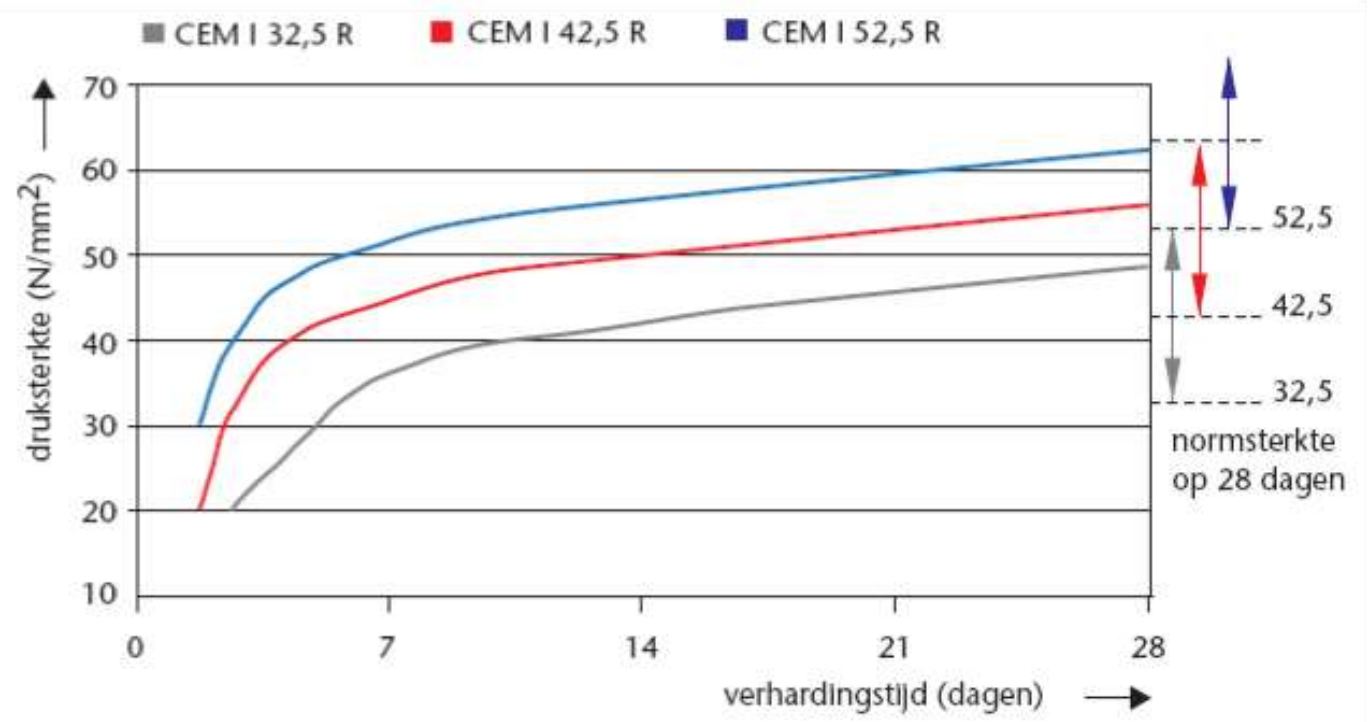


Cementeigenschappen

	sterkteklassen
	sterkteontwikkeling
	hydratiewarmte
	sulfaatbestandheid

Sterkteklasse

- Sterkte (N/mm^2) na verloop van tijd na mengen met water
- Sterkte na 28 dagen belangrijk voor planning bouwprojecten



Cementeigenschappen

	sterkteklassen
	sterkteontwikkeling
	hydratiewarmte
	sulfaatbestandheid

Sterkteontwikkeling

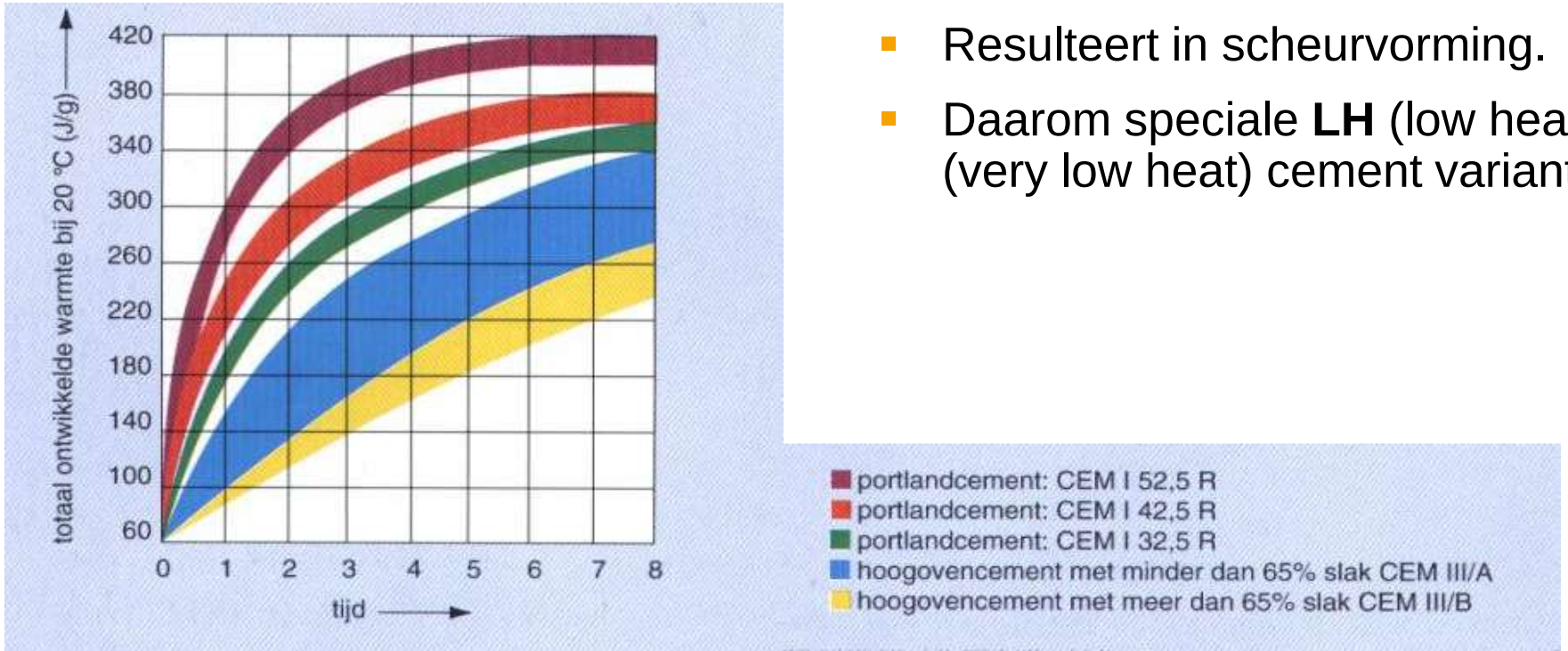
- Beginsterkte aangeduid met **L**, **N** of **R**
- Relevant voor ontkisten, voorspannen en belasten

	2 dagen	28 dagen	
	min	min	max
32,5 N	-	32,5	52,5
32,5 R	10	32,5	52,5
42,5 N	10	42,5	62,5
42,5 R	20	42,5	62,5
52,5 N	20	52,5	-
52,5 R	30	52,5	-



Cementeigenschappen

	sterkteklassen
	sterkteontwikkeling
	hydratiewarmte
	sulfaatbestandheid



Hydratiewarmte

- Reactie water + cement maakt warmte vrij.
- Bij grote constructies kan het binnenin zo warm worden dat temp. verschil met buitenkant te groot wordt.
- Resulteert in scheurvorming.
- Daarom speciale **LH** (low heat) en **VLH** (very low heat) cement varianten.



Cementeigenschappen

	sterkteklassen
	sterkteontwikkeling
	hydratiewarmte
	sulfaatbestandheid



Hydratiewarmte

- Reactie water + cement maakt warmte vrij.
- Bij grote constructies kan het binnenin zo warm worden dat temp. verschil met buitenkant te groot wordt.
- Resulteert in scheurvorming.
- Daarom speciale **LH** (low heat) en **VLH** (very low heat) cement varianten.





Cementeigenschappen

	sterkteklassen
	sterkteontwikkeling
	hydratiewarmte
	sulfaatbestandheid



Sulfaatbestandheid

- Sulfaat tast beton aan
- Komt o.a. uit zeewater, grondwater en mest
- Aanduiding **SR** betekend cement is sulfaatbestand (sulphate resistant)





Voorbeelden cementnamen

CEM III/B 42,5 N LH SR

- **CEM III** Hoogovencement
- **/B** Gemiddelde hoeveelheid portlandcementklinker (A meest, C minst)
- **42,5** Sterkteklasse 42,5. Sterkte na 28 dagen 42,5 - 62,5 N/mm^2
- **N** Beginsterkte na 2 dagen minimaal 10 N/mm^2
- **LH** Lage hydratiewarmte
- **SR** Sulfaatbestand



Voorbeelden cementnamen

CEM II/B-V 32,5 R

- **CEM II** Samengesteld portlandcement (poederkoolvliegascement)
- **/B** Gemiddelde hoeveelheid portlandcementklinker (A meest, C minst)
- **32,5** Sterkteklasse 32,5. Sterkte na 28 dagen 32,5 - 52,5 N/mm^2
- **R** Begingsterkte na 2 dagen minimaal 10 N/mm^2



Portlandcement vs. Hoogovencement

	hydratiewarmte
	chemische bestendigheid
	invloed temp. op hydratatiesnelheid
	buigtreksterkteontwikkeling
	blauwkleuring
	milieueffect

Hydratiewarmte

- CEM III heeft lagere hydratiewarmte dan CEM I.
- Temperatuur in beton minder hoog



beton Ø 43m

Portlandcement vs. Hoogovencement

	hydratiewarmte
	chemische bestendigheid
	invloed temp. op hydratatiesnelheid
	buigtreksterkteontwikkeling
	blauwkleuring
	milieueffect

Chemische bestendigheid

- CEM III beter bestand tegen schadelijke stoffen in lucht, zeewater, grondwater en mest.
- O.a. sulfaat, chloride
- Dichtere poriënstructuur door puzzolane reactie.



Portlandcement vs. Hoogovencement

	hydratiewarmte
	chemische bestendigheid
	invloed temp. op hydratatiesnelheid
	buigtreksterkteontwikkeling
	blauwkleuring
	milieueffect

Invloed temp. op hydratatiesnelheid

- Hydratatie sneller bij hoge temperatuur. Lager bij lage temperatuur
- CEM III gevoelig voor deze temperatuur invloeden
- CEM I nuttig om d.m.v. verhoging specietemperatuur reactie te versnellen. Bijv. in de winter.





Portlandcement vs. Hoogovencement

	hydratiewarmte
	chemische bestendigheid
	invloed temp. op hydratatiesnelheid
	buigtreksterkteontwikkeling
	blauwkleuring
	milieueffect

Buigtreksterkteontwikkeling

- Weerstand tegen buigen → breken
- CEM III ontwikkelt dit sneller
- Nuttig voor kleine betonwaren: tegels, trottoirbanden, etc



buigtreksterkte proef

Portlandcement vs. Hoogovencement

	hydratiewarmte
	chemische bestendigheid
	invloed temp. op hydratatiesnelheid
	buigtreksterkteontwikkeling
	blauwkleuring
	milieueffect

Blauwkleuring

- CEM III bevat ijzersulfide en mangaansulfide
- Geeft blauwe kleur
- Over tijd verdwijnt blauwe kleur door reactie met zuurstof



Portlandcement vs. Hoogovencement

	hydratiewarmte
	chemische bestendigheid
	invloed temp. op hydratatiesnelheid
	buigtreksterkteontwikkeling
	blauwkleuring
	milieueffect

Milieueffect

- CEM III bevat minder portlandcementklinker
- Hierdoor kleinere CO_2-voetafdruk



Speciale cementen

Wit cement

- Portlandcement gefabriceerd met grondstoffen die **geen ijzer** bevatten.
- Kost meer energie: is **duurder** (cementoven op hogere temperatuur)
- Basis voor **gekleurd beton** en **schoon beton**







Speciale cementen

Aluminiumcement

- Niet op basis van portlandcementklinker.
- Zeer snelle sterkteontwikkeling: reparaties en vuurvaste toepassingen
- Mag **niet constructief** worden ingezet: kan sterkte verliezen over tijd





Speciale cementen

Metselcement

- Geschikt voor metselspecie
- Toegevoegde hulp- en vulstoffen maken dit **ongeschikt voor beton**



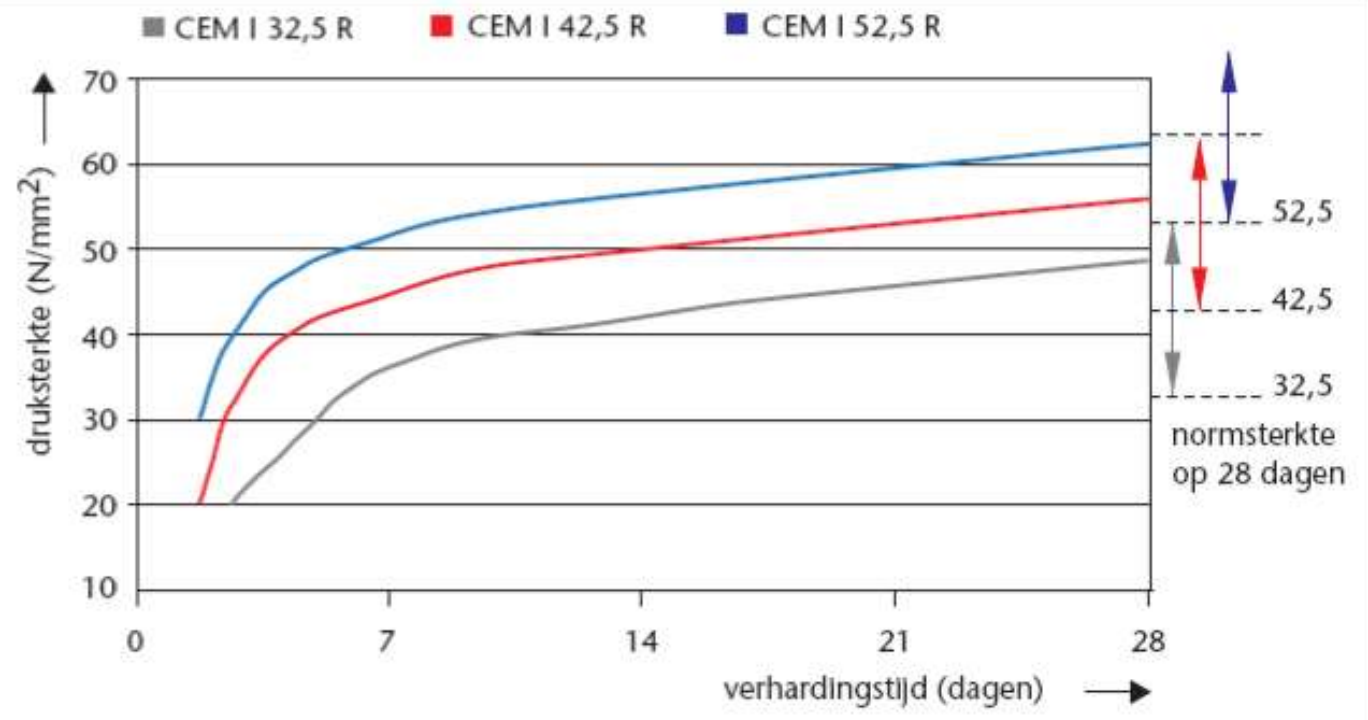




Maalfijnheid van het cement

Sterkteklassen

- 32,5 → *trage sterkteontwikkeling*
- 42,5 → gewone *sterkteontwikkeling*
- 52,5 → snelle *sterkteontwikkeling*



Maalfijnheid van het cement

Hoe het verschil in beginsterkte van eenzelfde cementsoort verkregen

- 32,5 → *trage sterkteontwikkeling*
- 42,5 → gewone *sterkteontwikkeling*
- 52,5 → snelle *sterkteontwikkeling*

- Hoe langer gemalen hoe fijner
- Fijner cement is dus duurder
- **Fijner cement reageert sneller met water**

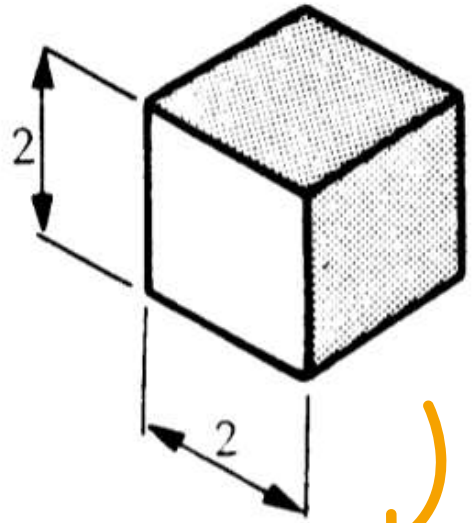


kogel- of meelmolen

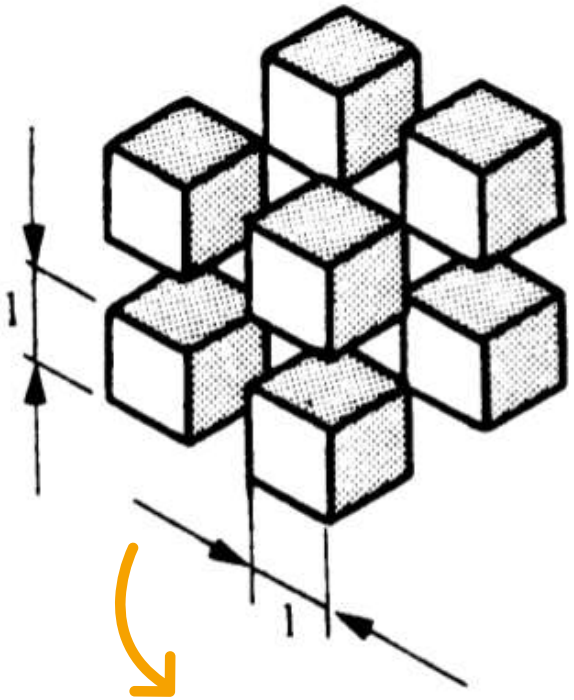
Maalfijnheid van het cement

Waarom reageert fijner cement sneller met water

- Fijner cement heeft bij dezelfde hoeveelheid een *groter contactoppervlak* dan minder fijn cement.
- Dit noemen we **specifiek oppervlak** (m^2/kg)



2 x 2 = 4 cm^2
4 x 6 = **24 cm^2**



1 x 1 = 1 cm^2
1 x 6 = 6 cm^2
6 x 8 = **48 cm^2**

Maalfijnheid van het cement

Waarom reageert fijner cement sneller met water

- Fijner cement heeft bij dezelfde hoeveelheid een *groter contactoppervlak* dan minder fijn cement.
- Dit noemen we **specifiek oppervlak** (m^2/kg)



- Dit meten we met het ‘toestel van Blaine’
- Hoe fijner het cement, hoe hoger de Blaine-waarde

- 32,5 → **280** m^2/kg
- 42,5 → **420** m^2/kg
- 52,5 → **550** m^2/kg

Mengen van cementen

- Behandelde cementsoorten en sterkteklassen mogen gemengd worden
- Leidt tot ‘mengcement’ met afwijkende eigenschappen
- Alleen in overleg tussen uitvoerder en betontechnoloog!

Voorbeeld

Bij koude gietbouw (= verharden zonder externe verhitting) in de winter moet de ontkistingssterkte tijdig worden behaald om verder te kunnen. Winterse temperatuur kan problemen opleveren.

***Oplossing**: deel cement vervangen door CEM I 52,5 R.*





EINDE HOOFDSTUK 2

HOOFDSTUK 3
TOESLAGMATERIALEN

Wat is beton nu eigenlijk?

Beton is een verhard mengsel van:

- Cement
- Water
- Fijn toeslagmateriaal (meestal zand)
- Grof toeslagmateriaal (meestal grind)

	Vloeibaar	Verhard
C+W	cementlijm/pasta	cementsteen
C+W+T <4mm	mortelspecie	mortel
C+W+T >4mm	betonspecie	beton


grondstoffen


(beton)specie


beton



Onderscheid toeslagmaterialen

	zwaar toeslagmateriaal
	normaal toeslagmateriaal
	licht toeslagmateriaal



Onderscheid toeslagmaterialen

🏋🏋🏋	**zwaar toeslagmateriaal**
🏋🏋	normaal toeslagmateriaal
🏋	licht toeslagmateriaal

Zwaar toeslagmateriaal

- Zware gesteenten en ertsen
- O.a. bariet, basalt en ijzererts
- Wanneer veel massa vereist
- Tegenhouden radioactieve straling
- Onderwaterbeton
- Bankkluizen (refractie door ijzer)


bariet


basalt


ijzererts



Onderscheid toeslagmaterialen

🏋🏋🏋	**zwaar toeslagmateriaal**
🏋🏋	normaal toeslagmateriaal
🏋	licht toeslagmateriaal



winning ijzererts



golfbrekers



ballast schip



tegen radioactieve straling



Onderscheid toeslagmaterialen

🏋🏋🏋	zwaar toeslagmateriaal
🏋🏋	**normaal toeslagmateriaal**
🏋	licht toeslagmateriaal

Normaal toeslagmateriaal

- Zand → fijn toeslagmateriaal
- Grind → grof toeslagmateriaal

- Rijn, Maas en zee → natte winning
- Land → droge winning
- Winning uit mijnen en bergen



zand



grind

Onderscheid toeslagmaterialen

	zwaar toeslagmateriaal
	normaal toeslagmateriaal
	licht toeslagmateriaal



zand/grind winning (maas)

Onderscheid toeslagmaterialen

🧍🧍🧍	zwaar toeslagmateriaal
🧍🧍	**normaal toeslagmateriaal**
🧍	licht toeslagmateriaal



zandklasseerinstallatie



transport naar land

Onderscheid toeslagmaterialen

🏋🏋🏋	zwaar toeslagmateriaal
🏋🏋	normaal toeslagmateriaal
🏋	**licht toeslagmateriaal**

Licht toeslagmateriaal

- Poreuze steenachtige materialen
- Gewicht verlagen of isolatie verhogen
- Natuurlijk:
  - Bims, puimsteen, lavaslakken
- Kunstmatig:
  - Klei, mijnsteen, vliegas of leisteen sinteren bij hoge temperaturen


bims


puimsteen


argex

Onderscheid toeslagmaterialen

🏋🏋🏋	zwaar toeslagmateriaal
🏋🏋	normaal toeslagmateriaal
🏋	**licht toeslagmateriaal**



drijvende betonsteiger



geen isolatie nodig

Alternatieve toeslagmaterialen

- Vanwege duurzaamheid nauwelijks vergunningen voor winning verstrekt.

Natuurlijke toeslagmaterialen

- Uit steengroeven buitenland: kalksteen, kwartsiet, graniet, porfier, marmer en zandsteen
- Gebroken met machines → niet rond maar **hoekig en scherp**
- Neemt meer water op dan grind
- Hierdoor significant **ander gedrag** in betonspecie



gebroken kalksteen



gebroken graniet

Alternatieve toeslagmaterialen

- Vanwege duurzaamheid nauwelijks vergunningen voor winning verstrekt.

Toeslagmaterialen vanuit sloopafval

- Oud beton gescheiden en gebroken → betongranulaat
- Oud beton + iets anders → menggranulaat (strengere eisen)
- Mag **geen gips** aanwezig zijn: bindtijdregelaar



brekerinstallatie



betongranulaat

Verontreinigingen in toeslagmateriaal

	slib
	organische verontreinigingen
	sulfaten en chloriden
	ASR gevoelig materiaal
	overige verontreinigingen



Slib

- Klein materiaal < 0,063 mm^2
- **Verminderd hechting** cementsteen aan toeslagmateriaal
- Komt mee bij winning in water of op land
- Ontstaat door breken (stof)
- Daarom **wassen** veelal noodzakelijk

Verontreinigingen in toeslagmateriaal

	slib
	organische verontreinigingen
	sulfaten en chloriden
	ASR gevoelig materiaal
	overige verontreinigingen

Organische verontreinigingen

- Houtresten, plantenresten, humus (schimmel)
- Benadelen sterkteontwikkeling
- Kunnen pop-outs veroorzaken
- Vaker bij natte dan bij droge winning
- Daarom **wassen** veelal noodzakelijk



Verontreinigingen in toeslagmateriaal

	slib
	organische verontreinigingen
	sulfaten en chloriden
	ASR gevoelig materiaal
	overige verontreinigingen

Sulfaten en chloriden

- Sulfaat veroorzaakt expansie (ettringiet)
- Chloride veroorzaakt corrosie → expansie
- Expansie drukt beton uit elkaar
- Materiaal uit zee wassen met zoet water



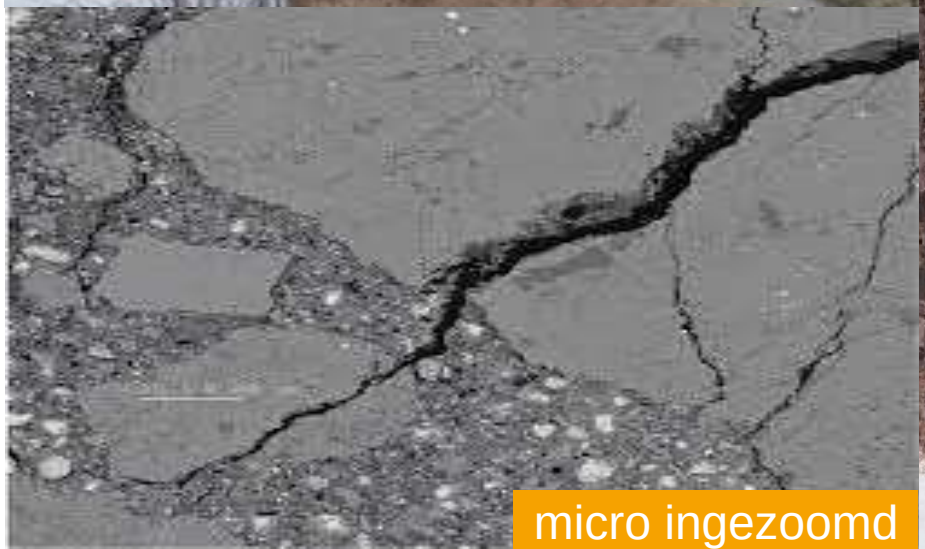
Verontreinigingen in toeslagmateriaal

	slib
	organische verontreinigingen
	sulfaten en chloriden
	ASR gevoelig materiaal
	overige verontreinigingen

ASR gevoelig materiaal

- Alkali-Silica-Reactie
- Toeslagm. reactie met natrium en kalium
- Ontstaat ASR-gel → expansie
- Expansie drukt beton uit elkaar
- Pas na 10-15 jaar zichtbaar





micro ingezoomd



Verontreinigingen in toeslagmateriaal

	slib
	organische verontreinigingen
	sulfaten en chloriden
	ASR gevoelig materiaal
	overige verontreinigingen

Overige verontreinigingen

- Tijdens transport: grijper, vrachtauto of laadruim boot niet goed schoongemaakt
- Bijv. kunstmest en suiker grote invloed bij kleine hoeveelheden
- Kunnen verharding met **dagen vertragen**



Eigenschappen van toeslagmaterialen

Enkele eigenschappen

- Hardheid, sterkte en bestendigheid
- Korrelgrootteverdeling
- Korrelgroepen
- Korrelstructuur



Eigenschappen van toeslagmaterialen

Hardheid, sterkte en bestendigheid

- Zand en grind uit NL voldoet aan eisen
- Ander toeslagmateriaal moet worden getest (genormeerde proeven)

- Licht toeslagmateriaal door holle ruimtes minder sterk
- Licht toeslagmateriaal neemt veel water op → invloed waterbehoefte specie



Los Angeles proef

Eigenschappen van toeslagmaterialen

Korrelgrootteverdeling

- Korrels goed in elkaar passen: pakking
- Max korrelgrootte voor b.v. wapening
- Hoe erachter komen wat de grootte van korrels is?
- Korrelgradering → zeven



draadzeef plaatzeef



zeeftoestel

Eigenschappen van toeslagmaterialen

Korrelgrootteverdeling

- 11 verschillende zeven:
  - 63, 32, 16, 8, 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0,063 mm
- Hoeveel materiaal valt door een zeef?

zeef [mm]	zeefrest [g]	cum. zeefrest	cum % *(V/V)*	cum % zeefrest	% doorval
31,5					
16					
8					
4					
2					
1					
0,500					
0,250					
0,125					
Totaal					



Eigenschappen van toeslagmaterialen

Korrelgrootteverdeling

- 11 verschillende zeven:
  - 63, 32, 16, 8, 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0,063 mm
- Hoeveel materiaal valt door een zeef?

zeef [mm]	zeefrest [g]	cum. zeefrest	cum % *(V/V)*	cum % zeefrest	% doorval
31,5	40				
16	153				
8	2490				
4	1980				
2	360				
1	100				
0,500	53				
0,250	6				
0,125	7				
Totaal	5189				



Eigenschappen van toeslagmaterialen

Korrelgrootteverdeling

- 11 verschillende zeven:
  - 63, 32, 16, 8, 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0,063 mm
- Hoeveel materiaal valt door een zeef?

zeef [mm]	zeefrest [g]	cum. zeefrest	cum % *(V/V)*	cum % zeefrest	% doorval
31,5	40	40			
16	153	193			
8	2490	2683			
4	1980	4663			
2	360	5023			
1	100	5123			
0,500	53	5176			
0,250	6	5182			
0,125	7	5189			
Totaal	5189				



Eigenschappen van toeslagmaterialen

Korrelgrootteverdeling

- 11 verschillende zeven:
  - 63, 32, 16, 8, 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0,063 mm
- Hoeveel materiaal valt door een zeef?

zeef [mm]	zeefrest [g]	cum. zeefrest	cum % *(V/V)*	cum % zeefrest	% doorval
31,5	40	40	0,77		
16	153	193	3,72		
8	2490	2683	51,71		
4	1980	4663	89,87		
2	360	5023	96,81		
1	100	5123	98,73		
0,500	53	5176	99,75		
0,250	6	5182	99,87		
0,125	7	5189	100		
Totaal	5189				



Eigenschappen van toeslagmaterialen

Korrelgrootteverdeling

- 11 verschillende zeven:
  - 63, 32, 16, 8, 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0,063 mm
- Hoeveel materiaal valt door een zeef?

zeef [mm]	zeefrest [g]	cum. zeefrest	cum % *(V/V)*	cum % zeefrest	% doorval
31,5	40	40	0,77	1	
16	153	193	3,72	4	
8	2490	2683	51,71	52	
4	1980	4663	89,87	90	
2	360	5023	96,81	97	
1	100	5123	98,73	99	
0,500	53	5176	99,75	100	
0,250	6	5182	99,87	100	
0,125	7	5189	100	100	
Totaal	5189				



Eigenschappen van toeslagmaterialen

Korrelgrootteverdeling

- 11 verschillende zeven:
  - 63, 32, 16, 8, 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0,063 mm
- Hoeveel materiaal valt door een zeef?

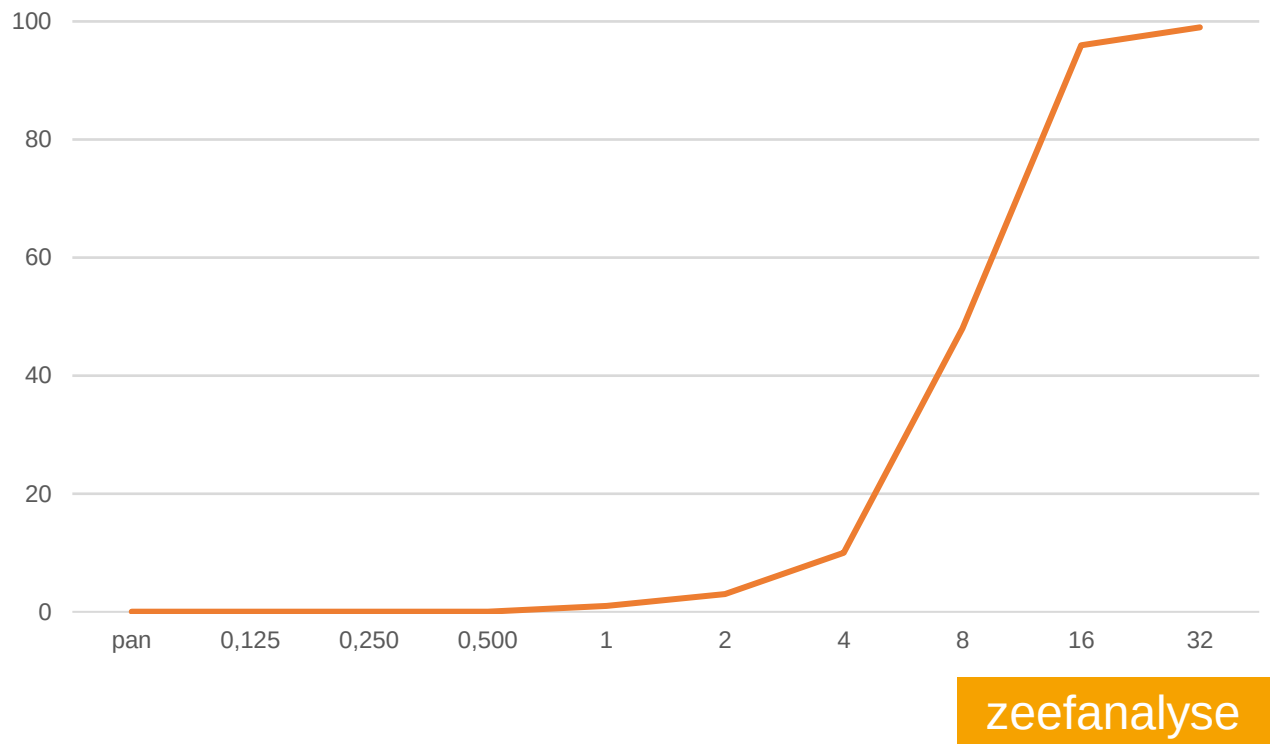
zeef [mm]	zeefrest [g]	cum. zeefrest	cum % *(V/V)*	cum % zeefrest	% doorval
31,5	40	40	0,77	1	99
16	153	193	3,72	4	96
8	2490	2683	51,71	52	48
4	1980	4663	89,87	90	10
2	360	5023	96,81	97	3
1	100	5123	98,73	99	1
0,500	53	5176	99,75	100	0
0,250	6	5182	99,87	100	0
0,125	7	5189	100	100	0
Totaal	5189				



Eigenschappen van toeslagmaterialen

Korrelgrootteverdeling

- 11 verschillende zeven:
  - 63, 32, 16, 8, 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0,063 mm
- Hoeveel materiaal valt door een zeef?





Eigenschappen van toeslagmaterialen

Korrelgrootteverdeling

- 11 verschillende zeven:
  - 63, 32, 16, 8, 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0,063 mm
- Hoeveel materiaal valt door een zeef?

Belangrijk → toeslagmateriaal moet **helemaal droog** zijn! Anders plakken de kleine deeltjes aan elkaar. Vaak gedroogd in een oven.

Fijnheidsmodulus → een snellere maar onnauwkeurige manier om idee te krijgen van de fijnheid toeslagmateriaal.

- Zand → 2,2 - 3,5
- Grind → 6,7 - 7,2



Eigenschappen van toeslagmaterialen

Korrelgroepen

- Elke partij toeslagmateriaal behoort tot een korrelgroep.
- Korrels blijven liggen tussen twee zeven

Geanalyseerde toeslagmateriaal: korrelgroep 4/16

- Niet veel korrels kleiner dan 4 mm of groter dan 16 mm

- Belangrijke overweging afhankelijk van te maken eindproduct of wapeningsdichtheid.



Eigenschappen van toeslagmaterialen

Korrelgroepen



ruime wapening



voldoende ruimte?

Water

	leidingwater
	oppervlakte en grondwater
	spoelwater uit mengers en truckmixers

Water in beton

- Water dat wordt toegevoegd aan betonspecie om beton te maken noemen we **aanmaakwater**.
- Mag geen reactie-verstorende stoffen bevatten zoals chloriden, sulfaten en overmatig ijzer.





Water

	leidingwater
	oppervlakte en grondwater
	spoelwater uit mengers en truckmixers

Leidingwater

- Mag altijd gebruikt worden.
- Geen onderzoek nodig.



Water

	leidingwater
	oppervlakte en grondwater
	spoelwater uit mengers en truckmixers

Oppervlakte en grondwater

- Mag gebruikt worden...
- Indien geschikt bevonden **na onderzoek**
- Regelmatig opnieuw controleren



Water

	leidingwater
	oppervlakte en grondwater
	spoelwater uit mengers en truckmixers

Spoelwater mengers en truckmixers

- Mag gebruikt worden…
- Na zeven blijft cementslibwater over
- Concentratie fijne delen gelimiteerd
- **Slechts deel** van aanmaakwater hiermee **vervangen**



Hulpstoffen

Wat is een hulpstof

- In kleine hoeveelheid toegevoegd aan betonspecie tijdens het mengen (< 5% cementhoeveelheid).
- Beïnvloed één of meer eigenschappen van de betonspecie of het beton.

Indeling naar hoofdwerking

1. Beïnvloeden verwerkbaarheid
2. Verhogen luchtgehalte
3. Vertragers en versnellers



Hulpstoffen

Beïnvloeden verwerkbaarheid → (super)**Plasticeerder**

- Toevoegen water maakt specie vloeibaarder, maar beton poreuzer en zwakker…
- Verminderen water maakt beton dichter en sterker, maar specie (te) stug…





Hulpstoffen

Beïnvloeden verwerkbaarheid → (super)**Plasticeerder**

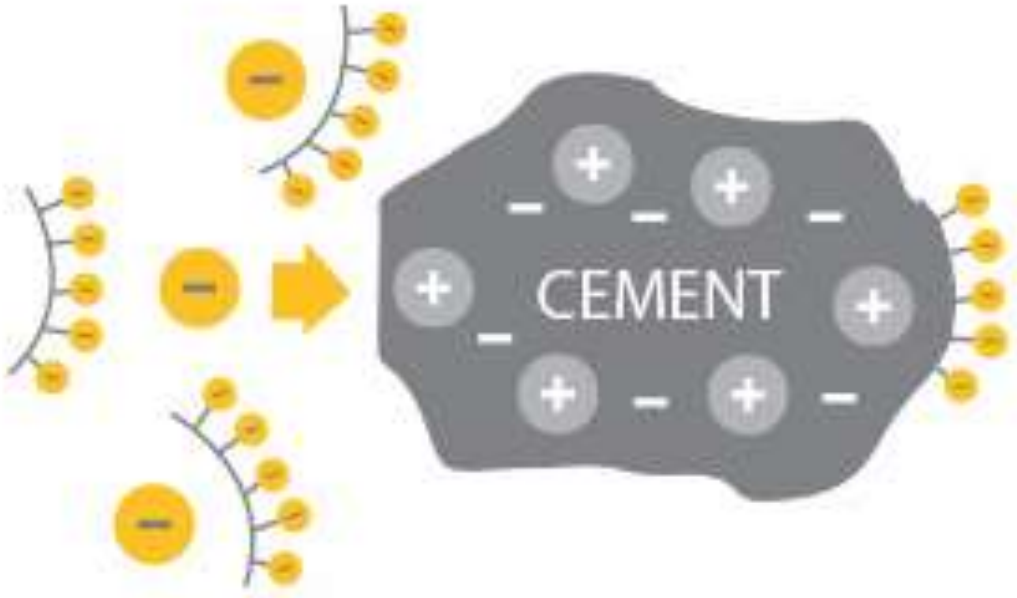
- (super)Plasticeerder maakt specie vloeibaarder zonder extra water
- Of behoudt dezelfde consistentie met mínder water

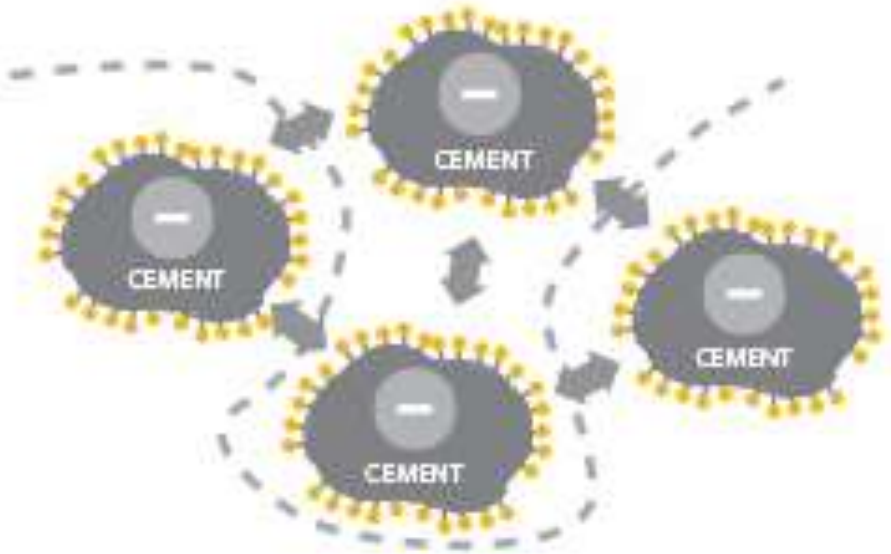


Hulpstoffen

Beïnvloeden verwerkbaarheid → (super)**Plasticeerder**

- Deeltjes plasticeerder hechten aan cementkorrels
- En stoten elkaar af met elektrische lading (magnetisme)
- Cementkorrels bewegen makkelijker langs elkaar → vloeibaarder





Hulpstoffen

Verhogen luchtgehalte → Luchtbelvormer

- Vormt belletjes in betonspecie van circa 0.1 mm
- Stabiel: wordt niet verdreven door trillen tijdens verdichten



luchtbelvormer


luchtbelletjes

Hulpstoffen

Verhogen luchtgehalte → Luchtbelvormer

- Verhoogt vorst- en dooizoutbestandheid (min. 4% lucht)
- Verbeterd waterdichtheid
- Verbeterd samenhang en verwerkbaarheid



wegenbouw



vorst en dooizout

Hulpstoffen

Verhogen luchtgehalte → Luchtbelvormer

- Extra intern luchtvolume geeft expansieruimte voor bevriezend water. Hierdoor beton niet kapot gedrukt.
- Luchtbellen verminderen capillaire werking. Minder waterindringing.

Let op! 1% extra lucht veroorzaakt 5% vermindering sterkte beton

Let op! Teveel lucht kan verpompen specie onmogelijk maken





Hulpstoffen

Vertragers

- Vertraagt reactie cement + water → betonspecie langer verwerkbaar.

Gebruikt bij

- hogere temperaturen: om verhardingsreactie te vertragen.
- grote storten om stortnaden te voorkomen. Eerdere laag stijft minder snel op.
- uitgewassen beton. Toplaag uitspoelbaar volgende dag.



gewassen beton

Hulpstoffen

Versneller

- Versnelt reactie cement + water → betonspecie verhard sneller.

Let op

- Calciumchloride
- Alleen bij ongewapend beton! Chloride schadelijk voor wapening.

- Hierom verharding meestal versnelt d.m.v. verhoging specietemperatuur, keuze voor een sneller cement of verwarming.



verwarmen met heaters

Hulpstoffen

Enkele aandachtspunten

- **Hulpstoffen kunnen slechte betonspecie nooit goed maken!**
- Reacties hulpstoffen sterk beïnvloed door specie- en omgevingstemperatuur en door andere hulpstoffen

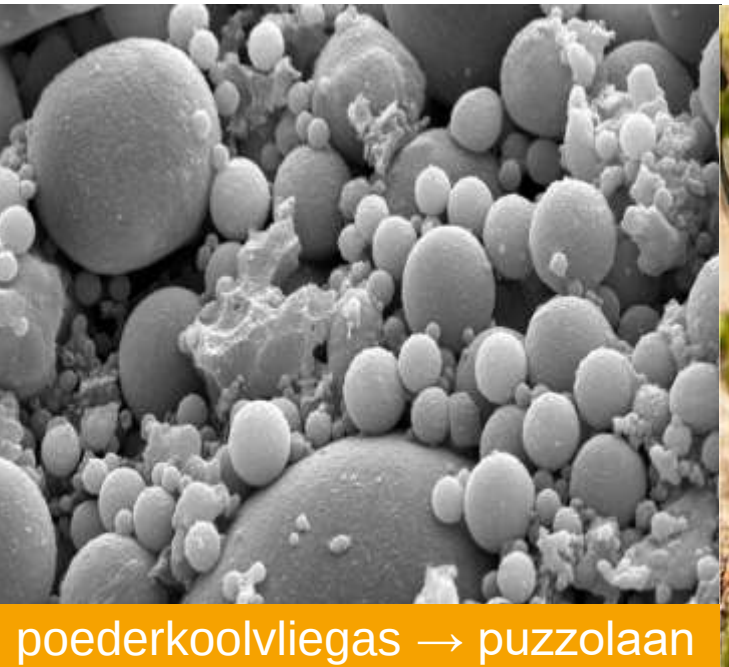
Hierom altijd geschiktheidsonderzoek op ongewenste bijwerkingen



Vulstoffen

Soms poedervormige stof toegevoegd aan specie → fijner dan cement

- Vult open ruimte tussen kleinste korreltjes voor optimale pakking.
- Hoge specifieke oppervlak houdt water vast tegen ontmenging tijdens transport of verpompen.
- Helpt schoonbeton mooi egaal oppervlak te verkrijgen.



poederkoolvliegas → puzzolaan



silicafume → puzzolaan



kalksteenmeel → inert



Schuimmiddelen

Schuimmiddel gemengd met (mortel)specie → Toeslagmateriaal < 4mm

- Specie met grote stabiele luchtbellen van 0,2 tot 0,4 mm
- Lichtgewicht beton → kan drijven op water
- Hoge isolatiewaarde
- Toegepast in o.a. kruipruimtes, vloeren, wegfunderingen en dakbedekkingen



schuimbeton

Kleurstoffen

Fijngemalen stoffen met sterke kleuren

- Mengen met wit cement voor felste kleuring
- IJzeroxide → rood, geel, zwart
- Chroomoxide → groen
- Kobaltoxide → blauw
- Titaanoxide → wit

Belangrijke eisen

- Bestand tegen alkalisch milieu beton
- Niet-oplosbaar in water
- Weerbestendig
- Lichtecht (verkleurt niet)



pigmenten

EINDE HOOFDSTUK 3

HOOFDSTUK 4
BETONSPECIE

Betonspecie

Beton is kunstmatig gevormd gesteente

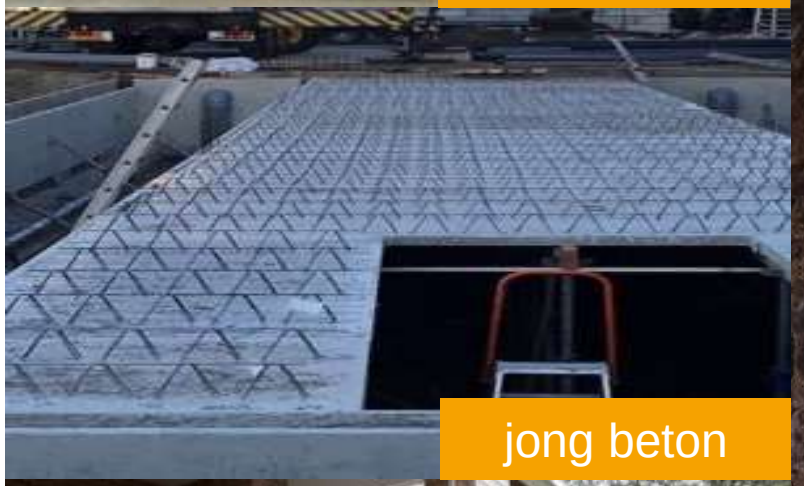
Verhardingsproces kent 3 fases

1. *betonspecie*
   Weinig sterk en stijf.

2. *jong beton*
   Warmte en snelle sterkteontwikkeling.
   Circa 5 dagen.

3. *verhard beton*
   Verhard. Sterkteontwikkeling gaat door maar langzamer


betonspecie


jong beton


verhard beton



Betonspecie

Mengen in menginstallatie

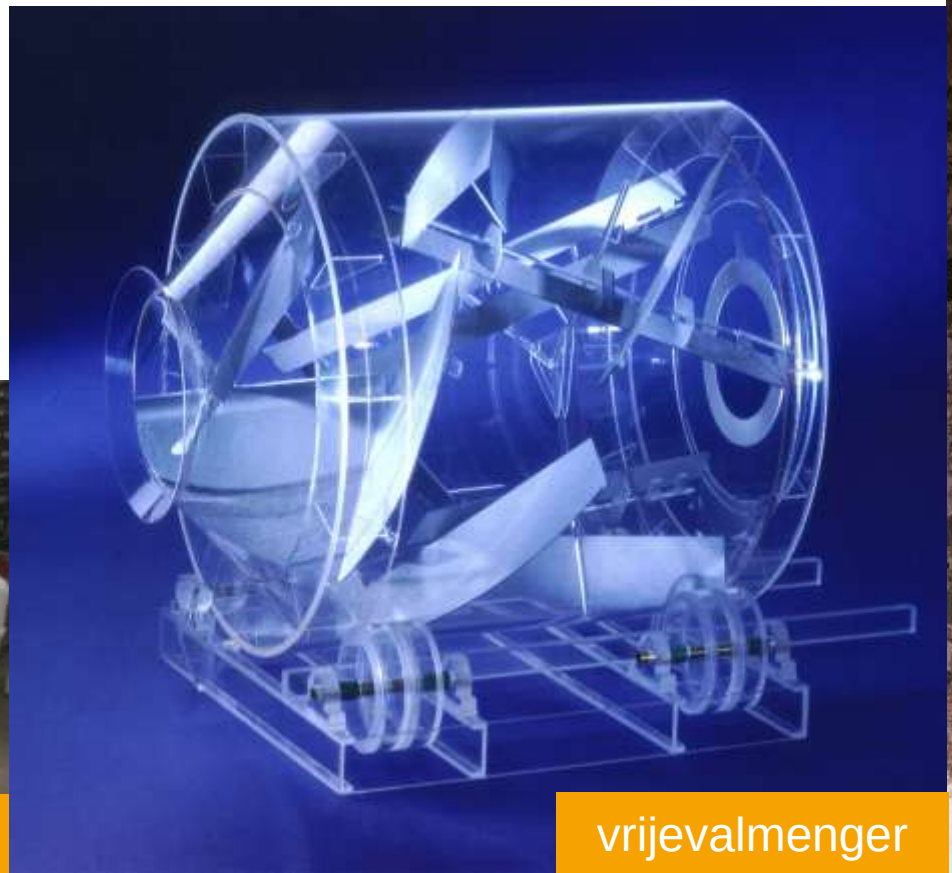
- Verschillende typen mengers

Homogeen

- Overal in mengsel dezelfde verhoudingen grondstoffen!
- Anders plekken met bijv. teveel grind of te weinig cement…



dwangmenger



vrijevalmenger



Betonspecie

Voorkomen ontmenging

- Tijdens transport kan ontmenging plaatsvinden
- Afhankelijk van type transport moet betonspecie voldoende stug zijn en samenhang hebben en meer of minder fijne en grove delen bevatten

Homogeen

- Overal in mengsel dezelfde verhoudingen grondstoffen!


betonpomp


truckmixer


transportband

Betonspecie

Betonspecie afstemmen op het werk

- Plasticiteit en grootste korrel afhankelijk van:
  - vorm en afmeting bekisting
  - ruimte tussen wapening en bekisting
  - ruimte tussen wapening onderling



ruime wapening



voldoende ruimte?

Betonspecie

	verwerkbaarheid
	groene sterkte
	volumieke massa
	luchtgehalte
	waterafscheiding
	plastische krimp
	warmteontwikkeling

Eigenschappen betonspecie

Kunnen negatief beïnvloed worden gedurende het gehele proces

- mengwijze
- transportwijze
- bekisting en wapening
- afwerking en nabehandeling



Betonspecie

verwerkbaarheid

Verwerkbaarheid is het gemak waarmee betonspecie kan worden gemengd, getransporteerd en verwerkt.

Afhankelijk van

- Soort en hoeveelheid cement
- Soort toeslagmateriaal, korrelvorm en korrelopbouw
- Hoeveelheid water
- Toepassen eventuele hulpstoffen

Helaas geen meetmethode die alle aspecten in één getal vastlegt. Daarom gebruiken we drie verschillende manieren om de plasticiteit (vloeibaarheid) van betonspecie te meten.



Betonspecie

verwerkbaarheid

Verdichtingsmaat → **droge en aardvochtige species**

- Vat van Walz 200 x 200 x 400 mm
- Vut afwisselend gevuld vanaf alle kanten
- Bovenkant afgestreken, niet samengedrukt
- Betonspecie verdicht (porren of trillen)
- Daarna 4x inzakking (s) meten langs alle kanten

Berekening

$$\text{verdichtingsmaat} = \frac{h}{h - s} \rightarrow \frac{400}{400 - \text{gem. inzakking}}$$

$$s = \frac{s1 + s2 + s3 + s4}{4}$$









Betonspecie

verwerkbaarheid

Verdichtingsmaat → **droge en aardvochtige species**

Rekenvoorbeeld

- Gemeten inzakkingen zijn 78, 80, 83 en 79 mm

$$s = \frac{78 + 80 + 83 + 79}{4} = 80 \text{ mm}$$

$$\text{verdichtingsmaat} = \frac{400 \text{ mm}}{400 \text{ mm} - 80 \text{ mm}} = 1{,}25$$









Betonspecie

verwerkbaarheid

Zetmaat → half-plastische en plastische species

- Kegel van Abrams 100 x 200 x 300 mm
- In 3 lagen gevuld: afzonderlijk verdicht (porren)
- Bovenkant afgestreken, niet samengedrukt
- Kegel opgetild, specie blijft staan
- Inzakking gemeten

Berekening

Zetmaat = ingezakte hoogte









Betonspecie

verwerkbaarheid

Schudmaat → zeer plastische en vloeibare species

- Vlakke stalen plaat 700 x 700 mm
- Kegel van Hegeman: 130 x 200 x 200
- Kegel in 2 lagen gevuld, verdicht en opgetild
- Schudtafel 15x aan één kant 4cm opgetild en losgelaten
- Lengte en breedte van ontstane speciekoek opgemeten

Berekening

$$\text{schudmaat (mm)} = \frac{\text{lengte + breedte}}{2}$$









Betonspecie

verwerkbaarheid

Consistentieklassen

- Verschillende metingen nooit exact hetzelfde
- Afwijkingen van 20-30 mm gebruikelijk
- Hierom consistentieklassen gemaakt → onderverdeling in spectrum

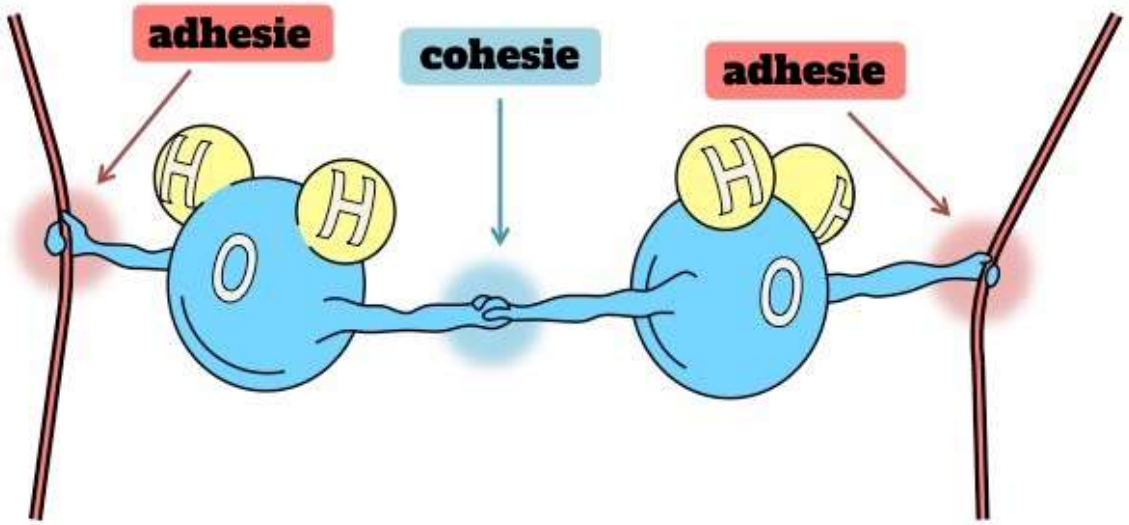
consistentie ↓	consistentie-klasse	verdichtings-maat [-]	consistentie-klasse	zetmaat [mm]	consistentie-klasse	schudmaat [mm]
droog	C0	≥ 1,46				
aardvochtig	C1	1,45-1,26	S1	(10-40)	F1	(≤ 340)
half plastisch	C2	(1,25-1,11)	S2	50-90	F2	(350-410)
plastisch	C3	(1,10-1,04)	S3	100-150	F3	(420-480)
zeer plastisch			S4	(160-210)	F4	490-550
vloeibaar			S5	(≥ 220)	F5	560-620
						vloeimaat [mm]
zeer vloeibaar					SF1	550 - 650
zelfverdichtend					SF2	660 - 750
zelfverdichtend					SF3	760 - 850
( ) betekent niet-maatgevend voor betreffende consistentieklasse.						

Betonspecie

groene sterkte

Groene sterkte is het vermogen om <u>vóór binding</u> reeds vorm te kunnen behouden zonder mal of bekisting.

- Water lijmt d.m.v. cohesie en adhesie de korrels aan elkaar
- Niet meetbaar maar visueel: blijft specie staan of zakt het in elkaar
- Belangrijk bij slipvormpavers en betonwarenindustrie (tegels, stoepranden en rioolbuizen)







Betonspecie

volumieke massa

De massa van 1m³ verdichte betonspecie

- $1m^3$ is 1 x 1 x 1 meter → spreek uit als ’kubieke meter’
- Volumieke massa aangeduid met het symbool ρ_b → spreek uit als ’ro b’.

Nut volumieke massa

- Lage vol.massa voor isolatie of drijvend beton
- Hoge vol.massa voor golfbrekers
- Etc…



Betonspecie

luchtgehalte

Betonspecie bevat <u>altijd</u> een beetje lucht

- Tijdens verdichten verdwijnt nooit alle lucht
- 1-2% lucht blijft erin zitten → 10-20 L per m^3 betonspecie
- Regelmatig controleren met luchtgehaltemeter



Nut extra lucht

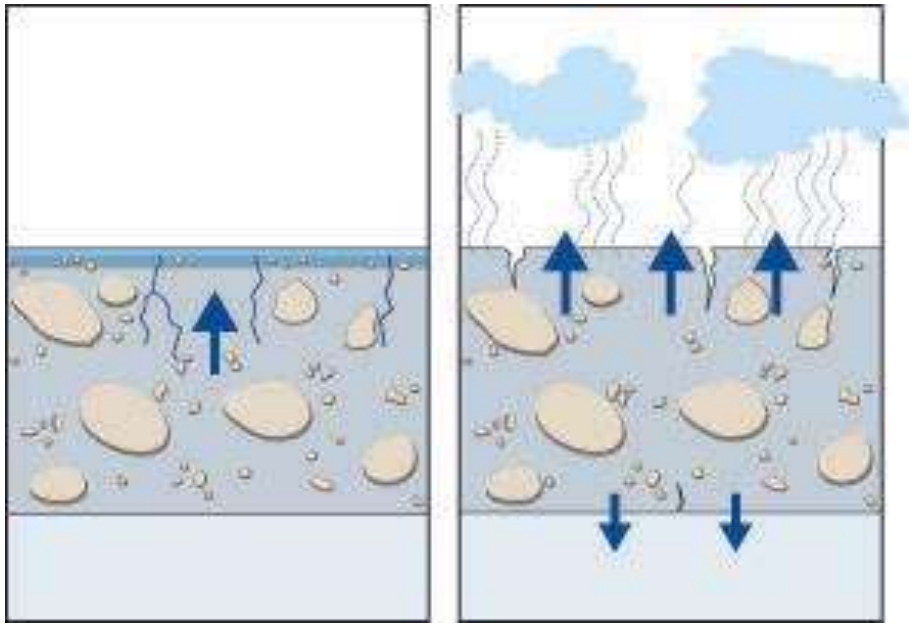
- Vorst- en dooizoutbestandheid vanaf 3-5%
- Verhogen isolatiewaarde
- Verlagen gewicht
- Let op! 1% extra lucht boven de standaard 2% is 5% sterkteverlies

Betonspecie

waterafscheiding

Waterafscheiding → bleeding

- Gevolg van ontmenging betonspecie
- Met name bij (te)veel water: zware delen bezinken en water komt naar boven





verdichten met trilnaald

Betonspecie

waterafscheiding

Waterafscheiding → bleeding

- Komt voor bij verdichten door trillen
- Laagje water verschijnt op oppervlak
- Beetje bleeding niet erg → stop met trillen zodra waterlaagje verschijnt

Teveel bleeding ongewenst

- Teken van teveel ontmenging dus niet meer niet homogeen → teveel water
- Soms gaat specie na verloop van tijd uit zichzelf bleeden → te weinig fijn



plastische krimpscheuren



Betonspecie

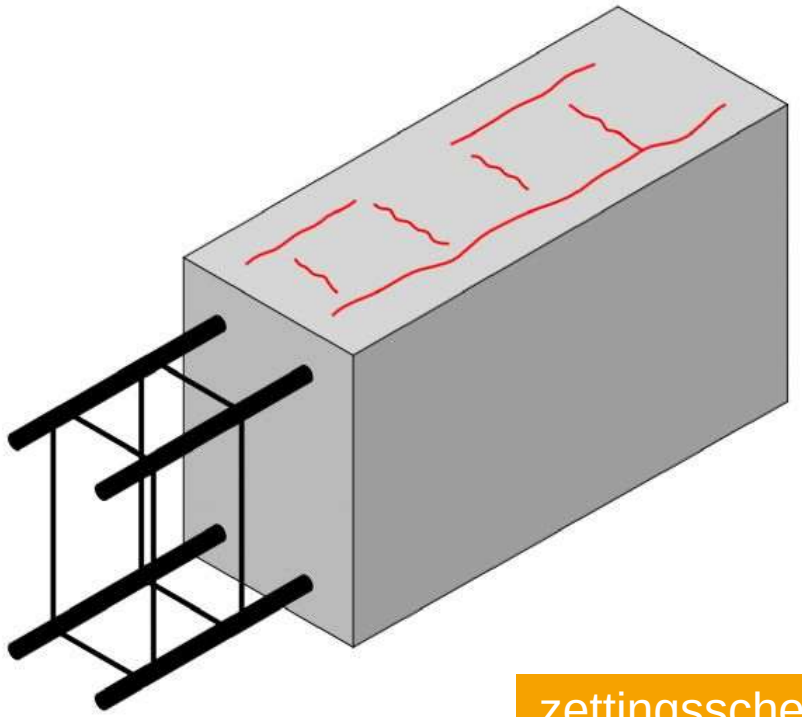
waterafscheiding

Waterafscheiding → bleeding

- Komt voor bij verdichten door trillen
- Laagje water verschijnt op oppervlak
- Beetje bleeding niet erg → stop met trillen zodra waterlaagje verschijnt

Bijzondere gevolgen ontmenging

- Door ontmenging zakken zwaardere delen
- Zettingsscheuren
- Op sommige plekken verhinderd door wapening terwijl alles eromheen wel zakt



zettingsscheuren

Betonspecie

plastische krimp

Plastische krimp

- Gevolg van **waterverlies** aan het beton(specie)oppervlak
- Met name bij droog weer en veel wind
- Bij te weinig watertoevoer van binnenuit droogt buitenlaag uit
- Buitenlaag krimpt → scheurvorming

Wat te doen

- Voorkomen:
  - betonspecieoppervlak onder water zetten
  - afdekken met waterdampdichte folie
  - bespuiten met curing compound
- Repareren:
  - Tijdig naschuren met bijv. schuurbord of vlindermachine



plastische krimpscheuren

Betonspecie

plastische krimp

Plastische krimp en zettingsscheuren samengevat

	Plastische krimp	Zettingsscheuren
Uiterlijk	breed, ondiep, grillig	patroon wapening
Oorzaak	uitdroging	bleeding, nazakken
Voorkomen	nabehandeling, minder aan-maakwater, kunststof vezels toevoegen	samenhang betonspecie, minder aanmaakwater, snellere sterkteontwikkeling
Herstel	dichtschuren	naverdichten, dichtschuren



Betonspecie

warmteontwikkeling

Hydratiewarmte → kan leiden tot thermische krimpscheuren

- Reactie water + cement maakt warmte vrij.
- Bij grote constructies kan het binnenin zo warm worden dat temperatuurverschil met buitenkant te groot wordt → **scheurvorming**

Wat te doen

- Speciale **LH** (low heat) en **VLH** (very low heat) cement varianten inzetten.
- Beperken cementgehalte
- Koelen van beton met ingestorte koelbuizen
- Verlaging aanvang temperatuur betonspecie (schaafijs, stikstof inspuiten in mixer)
- Nabehandeling: niet te koud water opspuiten!



thermische krimpscheuren

EINDE HOOFDSTUK 4

HOOFDSTUK 5 EIGENSCHAPPEN BETON

Eigenschappen van beton

	druksterkte
	splijttreksterkte
	buigtreksterkte
	volumieke massa
	slijtvastheid
	krimp



Eigenschappen van beton

druksterkte

Druksterkte

- Vereisten berekend door constructeur
- Druksterkte belangrijk voor o.a.
  - eindsterkte constructie
  - tijdstip ontkisten
  - tijdstip belasting (b.v. doorbouwen)
  - tijdstip voorspanning loskoppelen
  - tijdstip naspannen

Aannemer controleert druksterkte voortdurend in het werk



Eigenschappen van beton

druksterkte

Hoe wordt druksterkte bepaald

- Meten druksterkte constructie niet eenvoudig
- Kubussen gestort van 150 x 150 x 150 mm
- Mallen geen vocht opnemen en waterdicht
- Kubussen beproeft in drukbank tot bezwijking (na 28 dagen verharden onder 20° en 98% RL)
- Soms cilinders geboord uit constructies: laatste middel (ongewenst)

$$\text{Druksterkte} = \frac{\text{drukkracht tijdens bezwijking (N)}}{\text{oppervlakte bovenkant (mm}^2\text{)}}$$









Eigenschappen van beton

druksterkte

Gevonden druksterktes variëren. Verschillende kubussen zijn nooit precies hetzelfde.

Daarom sterkteklassen geformeerd

- Iedere klasse een spectrum i.p.v. één waarde

normaal- en zwaarbeton	lichtbeton
C8/10	LC8/9
C12/15	LC12/13
C16/20	LC16/18
C20/25	LC20/22
C25/30	LC25/28
C30/37	LC30/33
C35/45	LC35/38
C40/50	LC40/44
C45/55	LC45/50
C50/60	LC50/55
C55/67	LC55/60
C60/75	LC60/66
C70/85	LC70/77
C80/95	LC80/88
C90/105	
C100/115	







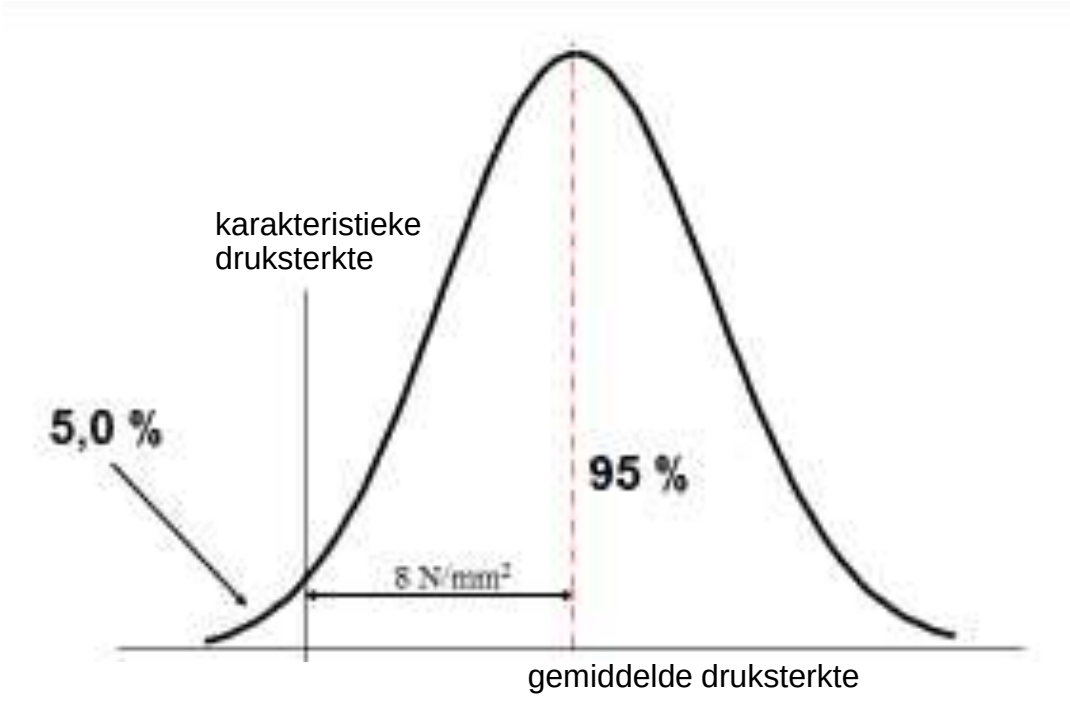


Eigenschappen van beton

druksterkte

Gemiddelde druksterkte → veiligheidsmarge

- Iedere kubus heeft afwijking qua sterkte
- Voor zekerheid dat min. 95% sterkte haalt ontwerpen op vereiste sterkte + 8N.
- Getest met 15 kubussen











Eigenschappen van beton

splijttreksterkte

Splijttreksterkte

- Benodigde kracht voor splijten kubus
- Zelfde proef als druksterkteproef, maar met een triplex latje op en onder de kubus.
- Belangrijk voor **ongewapend beton** waar als gevolg van puntbelasting trekspan-ningen kunnen ontstaan





betonnen stenen, tegels en banden



Eigenschappen van beton

buigtreksterkte

Buigtreksterkte

- Benodigde kracht voor doorbuigen en splijten prisma
- Driepuntsbelasting
- Belangrijk voor **ongewapend beton** waar als gevolg van lijnbelasting (buiging) trekspanningen kunnen ontstaan
- Vaak bij betonstenen voor het verkeer die mooi vlak moeten blijven





betonnen tegels in het verkeer

Eigenschappen van beton

volumieke massa

Volumieke massa

- $1m^3$ is 1 x 1 x 1 meter → spreek uit als ’kubieke meter’
- Volumieke massa aangeduid met het symbool ρ_b → spreek uit als ’ro b’.
- Massa grindbeton: 2300-2400 kg/m^3



golfbrekers



drijvende betonsteiger



geen isolatie nodig

Eigenschappen van beton

slijtvastheid

Slijtvastheid

- Weerstand tegen slijten
- Afhankelijk van hardheid toeslagmaterialen, cementsteen en hechting daartussen.
- Slijtvastheid verhoogd door instrooien carborundum.



gloednieuw



korte tijd later…



slijtvastheid test

Eigenschappen van beton

krimp

Krimp

Bij betonspecie vormen van krimp gezien. Ook beton krimpt als gevolg van uitdrogen en temperatuurverschillen.

Uitdrogen → **uitdrogingskrimp**

Temperatuurverschillen → **temperatuurkrimp**



Eigenschappen van beton

krimp

Uitdrogen → **uitdrogingskrimp**

- Warmte, droge lucht en harde wind verdampen water uit poriën.
- Waterverlies → poriën vernauwen: volumvermindering.
- Trekspanningen veroorzaken scheurvorming.

Dieper dan plastische scheuren → kan niet worden gedicht



poriën opslagplaats voor water



felle zon en veel wind





Eigenschappen van beton

krimp

Uitdrogingskrimp → wat eraan te doen

- Water-cementfactor verlagen: minder water over in poriën
- Verminderde verwerkbaarheid → plastificeerder
- Methode van verdichten aanpassen voor minder water
- Goede nabehandeling: afdekken, curing compound, nat houden etc.
  → **voorkom uitdrogen: geeft een dichter oppervlak!**
- Repareren → **injecteren of afgieten met epoxie of reparatiemortel**



afdekken



curing compound



Eigenschappen van beton

krimp

Uitdrogen → temperatuurkrimp

- Materiaal zet uit bij warmte en krimpt bij koeling
- Indien onvoldoende bewegingsruimte → scheurvorming
- Daarom bijv. dilatievoegen









Eigenschappen van beton

krimp

Temperatuuruitzetting → **uitzetten door warmte**

- Opstuiken
- Optie: iedere 25 m dilatatievoeg, opvullen met rugvulling (spons) + kneedbare voeg (kit).







Bijzondere beton- en betonspeciesoorten

	beton geschikt voor vloeistofdichte constructies
	vorstbestand en dooizoutbestand beton
	colloïdaal beton
	vezelbeton
	hogesterktebeton
	attestbeton
	zelfverdichtend beton
	lichtbeton
	schuimbeton



Bijzondere beton- en betonspeciesoorten

beton geschikt voor vloeistofdichte constructies

Vloeistofdichtheid

- Bestrating tankstations
- Vloeren garagebedrijven
- Constructies tuinbouw / mestopslag
- Afvalwaterzuiveringen
- Platformen op luchthavens


tankstation


tuinbouw


luchthaven

Bijzondere beton- en betonspeciesoorten

beton geschikt voor vloeistofdichte constructies

Vloeistofdichtheid

- Vloeistof niet in milieu terecht
- Max. 50 mm indringing vloeistof

- Lage water-cementfactor → minder en kleinere poriën
- Goede pakking → fijne delen om holtes op te vullen (poederkoolvliegas)


tankstation


tuinbouw


luchthaven



Bijzondere beton- en betonspeciesoorten

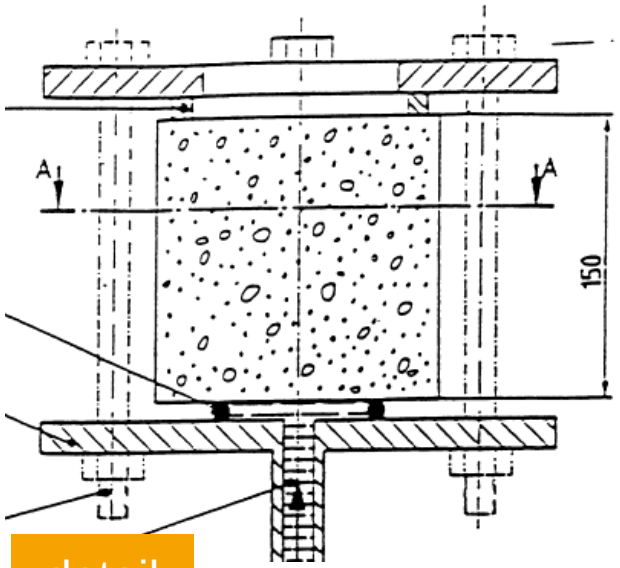
beton geschikt voor vloeistofdichte constructies

Vloeistofdichtheid → waterindringingsproef

- Kubussen 150 x 150 x 150 mm
- 5 bar waterdruk voor 72 uur
- Kubus gespleten
- Waterindringing max. 50 mm



proefopstelling



detail



Bijzondere beton- en betonspeciesoorten

vorstbestand en dooizoutbestand beton

Vorst- en dooizoutbestandheid

- Water in poriën kan bevriezen → zet circa 9% uit
- Beton van binnenuit kapot gedrukt
- Dooizout versterkt temp.verschillen









Bijzondere beton- en betonspeciesoorten

vorstbestand en dooizoutbestand beton

Vorst- en dooizoutbestandheid → maatregelen

- Water-cementfactor verlagen (<0,45) → kleine poriën
- Luchtbelvormer toevoegen → expansieruimte voor ijs
- Hydrofoberen of sealen (innertol)









Bijzondere beton- en betonspeciesoorten

colloïdaal beton

Colloïdaal beton

- Soms onder water (stromend) storten → kans op ontmenging/ uitspoeling
- Waterretentiemiddel plakt fijne korrels aan elkaar
- O.a voor vloer bouwkuip, dijkbekleding, onderwater fundering





Bijzondere beton- en betonspeciesoorten

vezelbeton

Vezelbeton

- Staalvezelbeton hogere buigtreksterkte
  - Bedrijfsvloeren, betonwegen, betonproducten en spuitbeton
- **Niet zomaar vervanger voor gewapend beton!**
- Kunststofvezelbeton beperkt o.a. plastische krimp, verhoogd brandwerendheid
  - Betonproducten, vloeistofdichte verhardingen, reparatiemortels en tunnelbekleding







Bijzondere beton- en betonspeciesoorten

hogesterktebeton

Hogesterktebeton

- Zeer hoge druksterkte (C55/67 en hoger)
- Zeer snelle sterkteontwikkeling
- C30/37: 40 N/mm^2 na 28 dagen → C90/105 behaalt dit na **24 uur**
- Silicafume (hoge dichtheid) en plastificeerder (toch vloeibaar zonder ontmenging)
- Ultra-dunne constructies mogelijk





Bijzondere beton- en betonspeciesoorten

attestbeton

Attestbeton

- Innovatie niet in de weg staan
- Nieuwe combinaties grondstoffen cement t.o.v. NEN 8005
- Gelijkwaardigheid moet worden aangetoont
- Een attest (schiftelijke resultaten en goedkeuring) uitgegeven





KOMO®

attest-met-productcertificaat

kiwa

Partner for progress

Bouwelementen van beton

Haitsma Beton B.V.

VERKLARING VAN KIWA

Dit attest-met-productcertificaat is op basis van BRL 2813 "Bouwelementen van beton" d.d. 2006-06-01 inclusief wijzigingsblad d.d. 2008-12-01 afgegeven, conform het Kiwa-Reglement voor

Bijzondere beton- en betonspeciesoorten

zelfverdichtend beton

Zelfverdichtend beton

- Specie zó vloeibaar, verdicht zichzelf
- Verdichten onnodig: minder inspanning, apparatuur en geluidsoverlast
- Complexe vormen waarin verdichten onmogelijk is
- Betonproductenindustrie geen groene sterkte nodig:
  dan vaak ZVB gebruikt
- Kalksteenmeel (hoge dichtheid) en plastificeerder (vloeibaar zonder ontmenging)







Bijzondere beton- en betonspeciesoorten

zelfverdichtend beton

Zelfverdichtend beton → **te vloeibaar voor conventionele meetmethodes**

- Ongeschikt voor verdichtingsmaat, zetmaat en schudmaat
- 4 nieuwe methodes opgesteld:
  1. Vloeimaat (vloeibaarheid)
  2. Trechtertijd (viscociteit)
  3. J-ring test (blokkeringsmaat)
  4. Zeefsegregatietest (stabiliteit)









Bijzondere beton- en betonspeciesoorten

lichtbeton

Lichtbeton

- Ovendroge volumieke massa 800-2000 km/m^3
- Licht toeslagmaterial i.p.v. zand en grind
- Indeling betonmassa:
  - Licht beton 800-2000
  - Normaal beton >2000-2600
  - Zwaar beton >2600





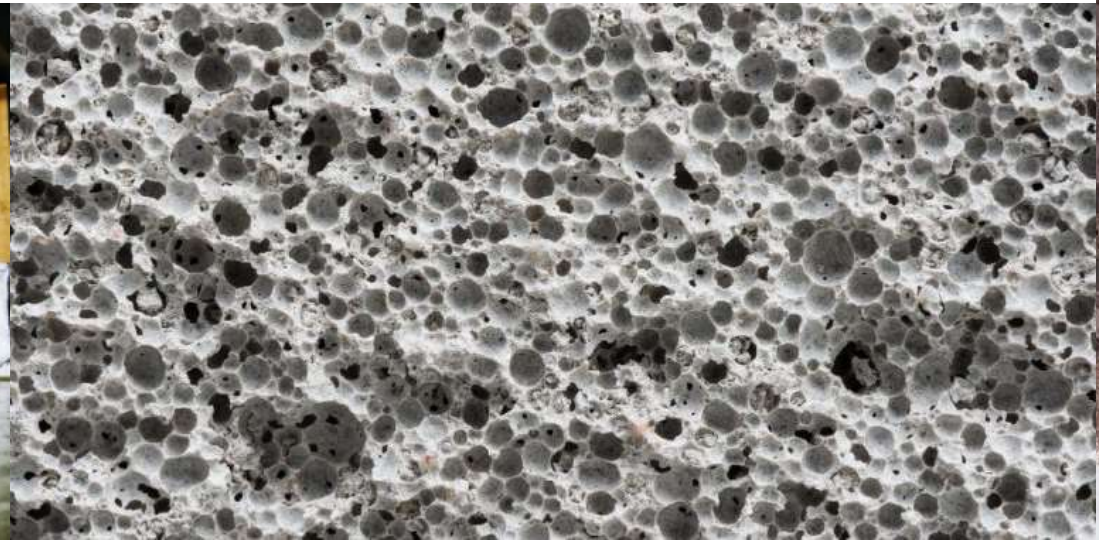
Bijzondere beton- en betonspeciesoorten

schuimbeton

Schuimbeton

- Cement, water, fijn zand + veel luchtbellen
- Schuimmiddel of polystyreenbolletjes
- Erg licht → 400 – 1600 kg/m^3
- Hoge isolatiewaarde
- Dakafschotlagen, lichte wegfunderingen, vulling buitengebruikgestelde riolen







EINDE HOOFDSTUK 5

HOOFDSTUK 6
SAMENSTELLEN VAN BETON

Samenstellen van beton

Mengverhoudingen doen ertoe

- Verhouding grondstoffen invloed op eigenschappen beton
  - Sterkte
  - Dichtheid *(tegen schadelijke stoffen)*
  - Verwerkbaarheid



cement



water



zand



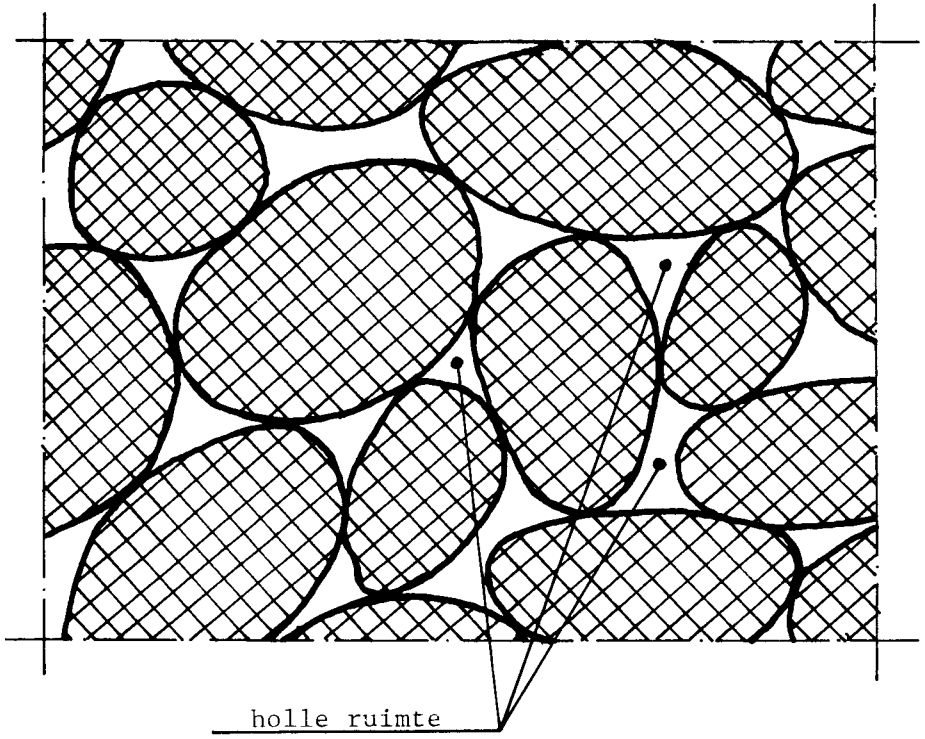
grind

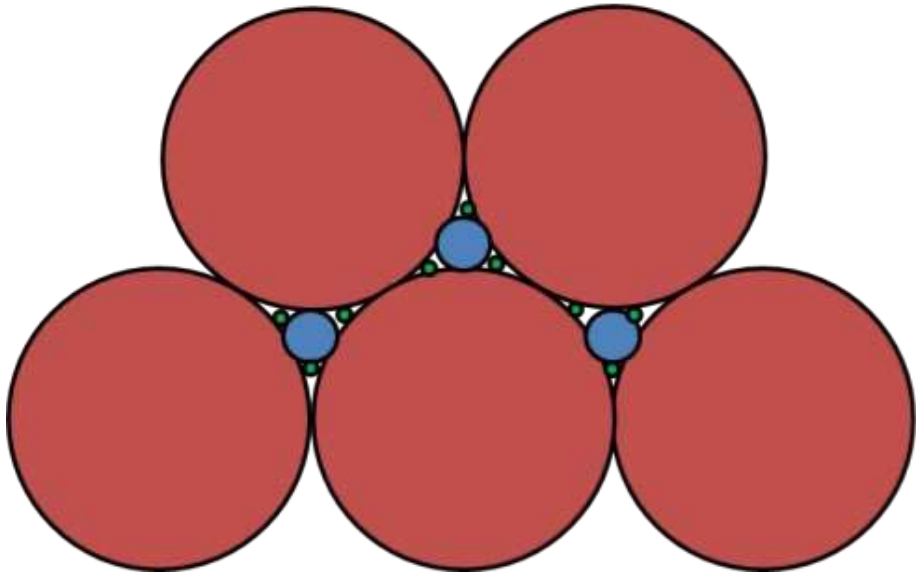


Samenstellen van beton

Mengverhoudingen doen ertoe

- Holle ruimte tussen grove korrels → opvullen met fijnere korrels
- Holle ruimte tussen fijne korrels → opvullen met cementlijm
- Hoe dichter het korrelskelet, hoe sterker het beton





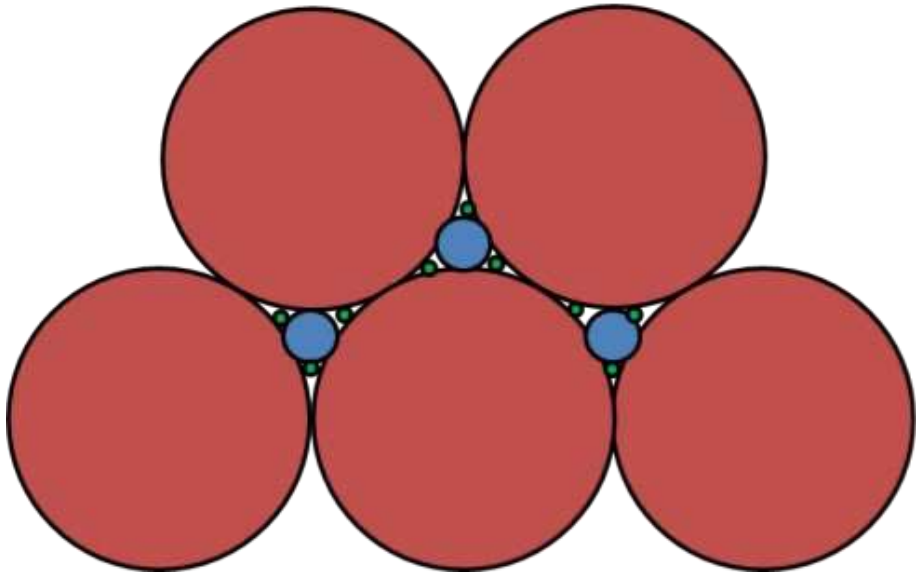
Samenstellen van beton

Mengverhoudingen doen ertoe

- Holle ruimte tussen grove korrels → opvullen met fijnere korrels
- Holle ruimte tussen fijne korrels → opvullen met cementlijm
- Hoe dichter het korrelskelet, hoe sterker het beton

verhouding grind/zand
toeslagmaterialenverhouding

verhouding water/cement
water-cementfactor



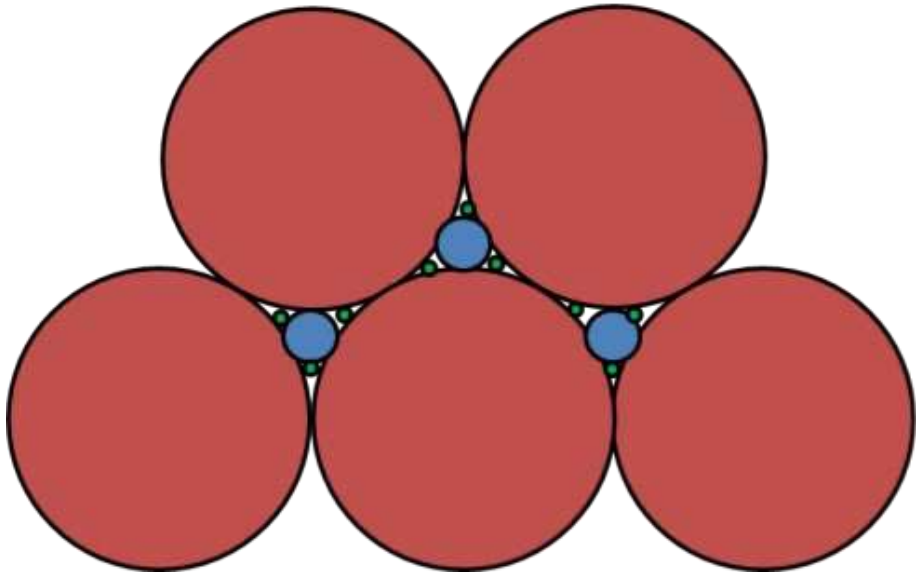
Samenstellen van beton

Mengverhoudingen doen ertoe

- Holle ruimte tussen grove korrels → opvullen met fijnere korrels
- Holle ruimte tussen fijne korrels → opvullen met cementlijm
- Hoe dichter het korrelskelet, hoe sterker het beton

Bepaald kwaliteiten beton(specie)

- *Sterkte*
  - geschikt voor gebruikt
- *Dichtheid*
  - bestandheid tegen schadelijke stoffen in verschillende milieus
- *Verwerkbaarheid*
  - verwerking op bouwplaats, transport, vullen bekisting etc.





Samenstellen van beton

Milieuklassen → **eisen voor wfc en cementgehalte**

- Groeperen omstandigheden waarin betonconstructies worden blootgesteld.
- Gebaseerd op risico voor aantasting van het beton of de wapening.
- Voorbeelden hiervan zijn dooizouten, zeewater of agressieve chemicaliën.



zacht milieu



hard milieu

Samenstellen van beton

Milieuklassen → **eisen voor wfc en cementgehalte**

- Groeperen omstandigheden waarin betonconstructies worden blootgesteld.
- Gebaseerd op risico voor aantasting van het beton of de wapening.
- Voorbeelden hiervan zijn dooizouten, zeewater of agressieve chemicaliën.

X0	geen risico op corrosie of aantasting
XC	corrosie door carbonatie
XD	corrosie door chloride *(niet uit zeewater)*
XS	corrosie door chloriden uit zeewater
XF	vorst/dooi aantasting met of zonder dooizouten
XA	chemische aantasting



Samenstellen van beton

Milieuklassen → eisen voor wfc en cementgehalte

- Groeperen omstandigheden waarin betonconstructies worden blootgesteld.
- Gebaseerd op risico voor aantasting van het beton of de wapening.
- Voorbeelden hiervan zijn dooizouten, zeewater of agressieve chemicaliën.

X0	geen risico op corrosie of aantasting
XC	corrosie door carbonatie
XD	corrosie door chloride *(niet uit zeewater)*
XS	corrosie door chloriden uit zeewater
XF	vorst/dooi aantasting met of zonder dooizouten
XA	chemische aantasting

X0
max. wcf → 0,70
min. cement → 200 kg/m^3

XA3
max. wcf → 0,45
min. cement → 340 kg/m^3



Samenstellen van beton

Vereiste gegevens bestellen betonspecie

- Sterkteklasse
- Milieuklasse
- Consistentieklasse
- Maximale korrelafmeting
- Soort beton *(licht-, onderwater, vezelbeton)*
- Verwerkingsmethode
- Hoeveelheid betonspecie



Gereedschappen

Gereedschappen van de betontechnoloog → hoe voldoen aan alles eisen?

	verwerkbaarheid
	groene sterkte
	verwerkingstijd
	sterkte
	levensduur
	massa per m^3



Gereedschappen

verwerkbaarheid

Verwerkbaarheid (consistentieklasse) is het gemak waarmee betonspecie kan worden gemengd, getransporteerd en verwerkt
→ **vloeibaarheid**

- **Hoeveelheid water** → vloeibaarder / verlaagt duurzaamheid
- **Hoeveelheid cement** → minder vloeibaar / verhoogt duurzaamheid
- **Hoeveelheid zand** → minder vloeibaar / stabieler tegen ontmenging
- **Plastificeerder** → vloeibaarder

consistentie-klasse	verdichtings-maat [-]	consistentie-klasse	zetmaat [mm]	consistentie-klasse	schudmaat [mm]
C0	≥ 1,46				
C1	1,45-1,26	S1	(10-40)	F1	(≤ 340)
C2	(1,25-1,11)	S2	50-90	F2	(350-410)
C3	(1,10-1,04)	S3	100-150	F3	(420-480)





Gereedschappen

groene sterke

Groene sterkte is het vermogen om <u>vóór binding</u> reeds vorm te kunnen behouden zonder mal of bekisting. Water lijmt d.m.v. cohesie en adhesie korrels aan elkaar

- **Fijn toeslagmateriaal**→ veel fijn nodig
- **Fijnheid cement** → veel fijn nodig
- **Watergehalte** → voldoende voor cohesie, niet teveel
- **Korrelopbouw** → voldoende pakking
- **Verdichting** → intensieve verdichting









Gereedschappen

verwerkingstijd

Werkwerkingstijd is de tijd voordat de betonspecie opstijft. Rekening mee houden voor transport, en verwerking op bouwplaats.

- **Soort cement** → CEM III/B 42,5 N vs. CEM I 52,5 R
- **Temperatuur**→ hoge temp. kortere verwerkingstijd (en andersom)
- **Hulpstof** → versneller/ vertrager







Gereedschappen

sterkte

Sterkte is de belangrijkste eigenschap van beton.

- Sterkte toeslagmateriaal
- Sterkte cementsteen
- Hechting tussen beide



Gereedschappen

sterkte

Sterkte is de belangrijkste eigenschap van beton.

Sterkte toeslagmateriaal

- Sterke materiaal zelf


argex


grind


basalt



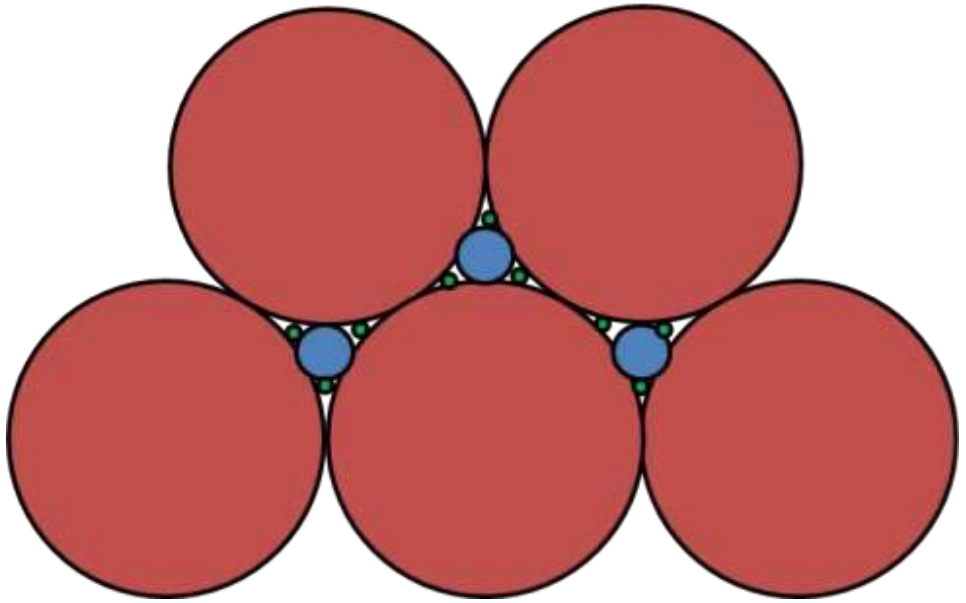
Gereedschappen

sterkte

Sterkte is de belangrijkste eigenschap van beton.

Sterkte toeslagmateriaal

- Sterke materiaal zelf
- Vulling holle ruimten (pakking)









Gereedschappen

sterkte

Sterkte is de belangrijkste eigenschap van beton.

Sterkte(ontwikkeling) cementsteen

- Soort en sterkteklasse cement
- Water-cementfactor
- Specietemperatuur



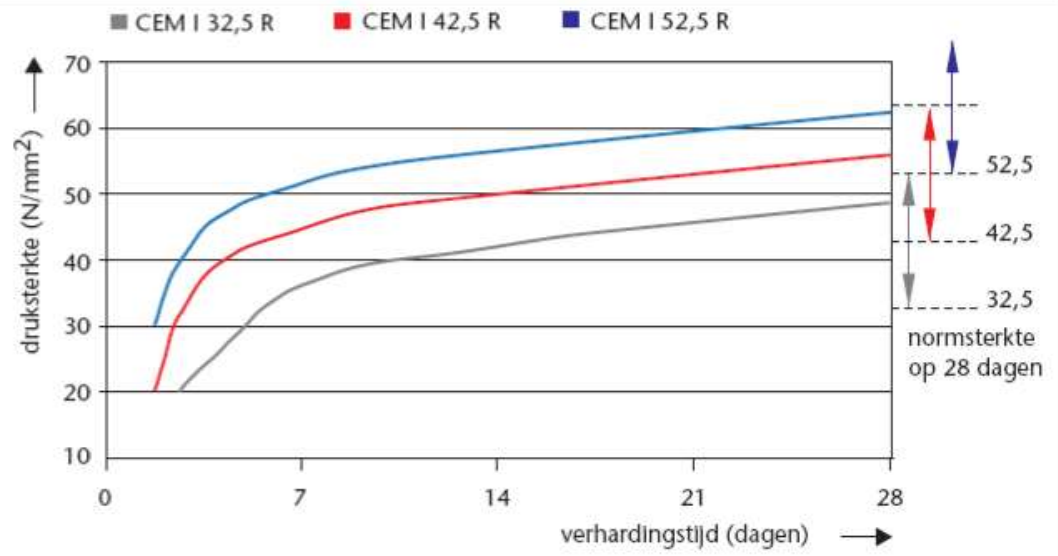
Gereedschappen

sterkte

Sterkte is de belangrijkste eigenschap van beton.

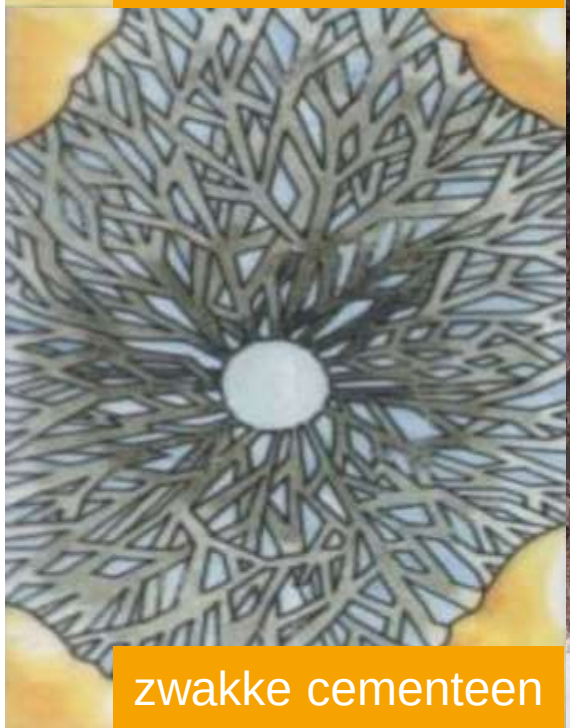
Sterkte(ontwikkeling) cementsteen

- **Soort en sterkteklasse cement**
- Water-cementfactor
- Specietemperatuur





sterke cementeen



zwakke cementeen



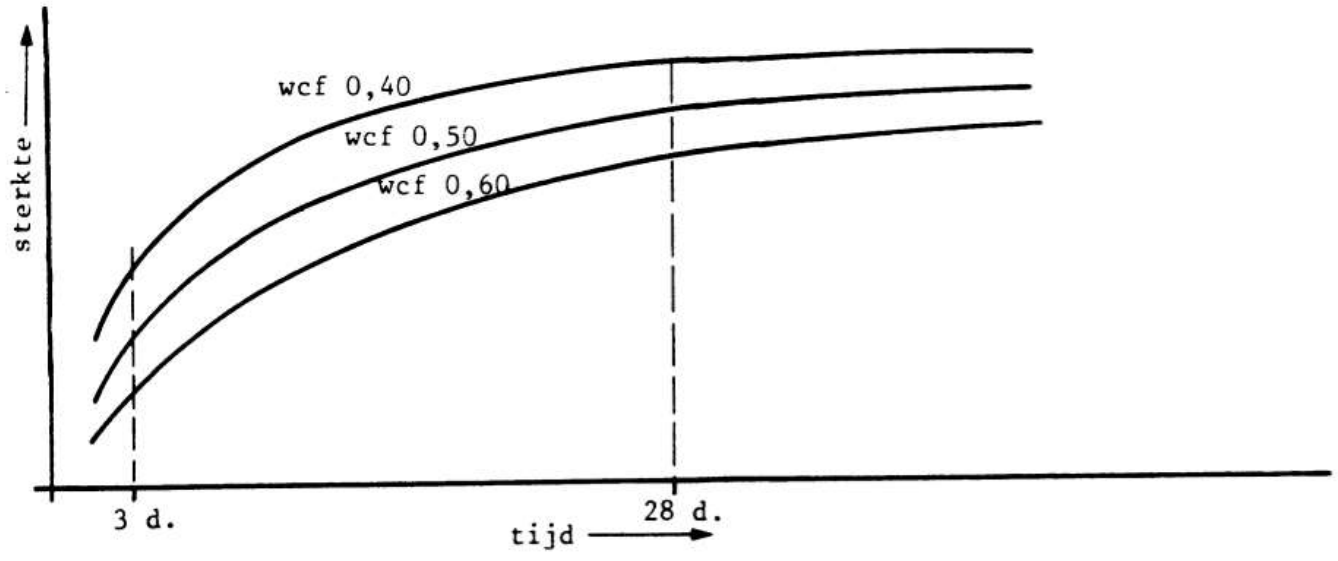
Gereedschappen

sterkte

Sterkte is de belangrijkste eigenschap van beton.

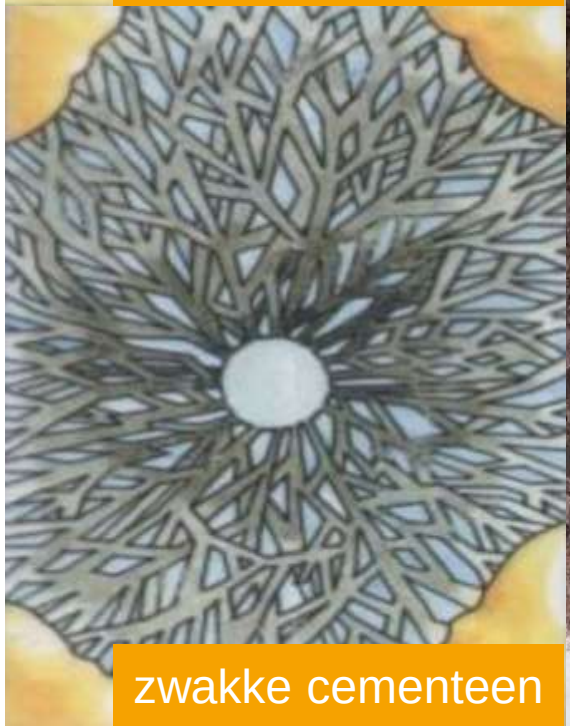
Sterkte(ontwikkeling) cementsteen

- Soort en sterkteklasse cement
- **Water-cementfactor**
- Specietemperatuur





sterke cementeen



zwakke cementeen



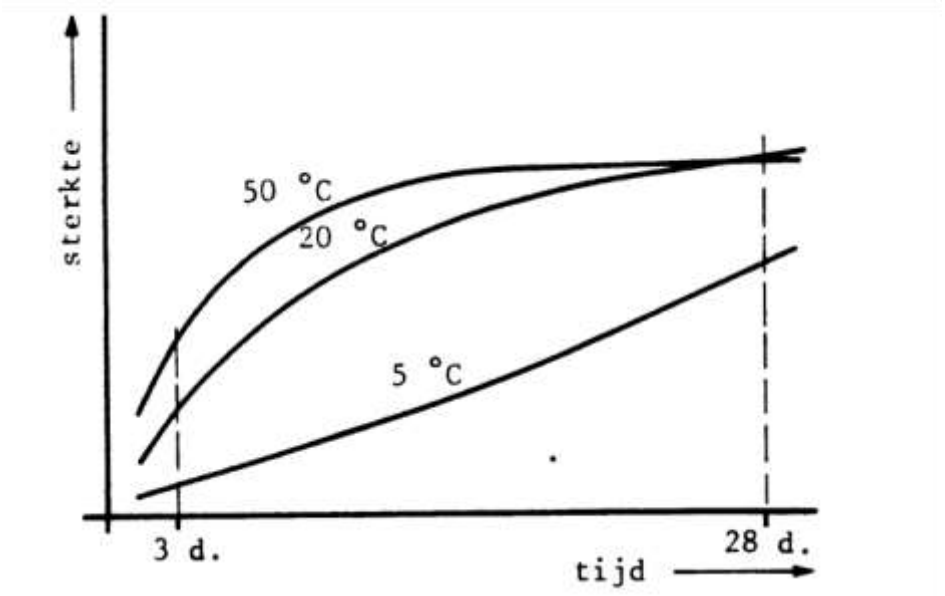
Gereedschappen

sterkte

Sterkte is de belangrijkste eigenschap van beton.

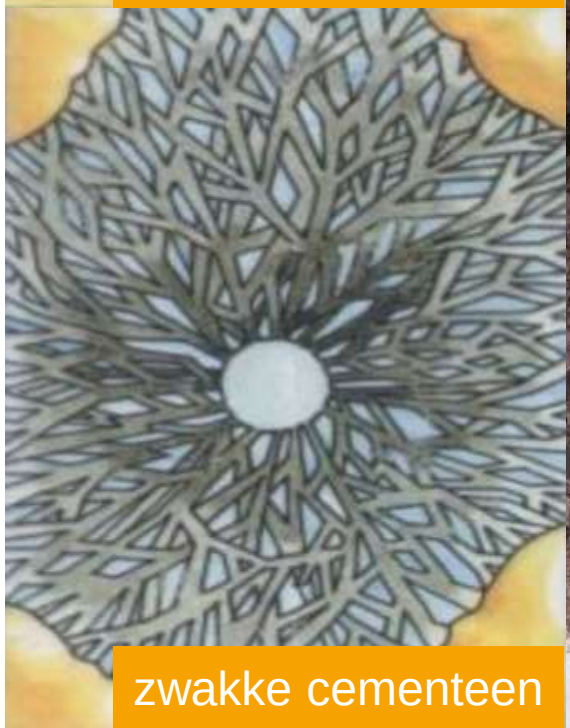
Sterkte(ontwikkeling) cementsteen

- Soort en sterkteklasse cement
- Water-cementfactor
- **Specietemperatuur**





sterke cementeen



zwakke cementeen



Gereedschappen

levensduur

Water-cementfactor belangrijkste invloed op sterkte en dus levensduur van beton.

- **Soort cement** → meer of minder geschikt voor het milieu
- **Wcf < 0,50** → lange levensduur *(goed verwerken/ nabehandelen)*
- **Teveel water** → veel poriën, grote poriën
- **Gevolg** → zwakker beton, meer indringing schadelijke stoffen, slechte vorst-/dooizoutbestandheid *(< 0,45 wcf en luchtbelvormer)*.



zwak beton



te poreus



Gereedschappen

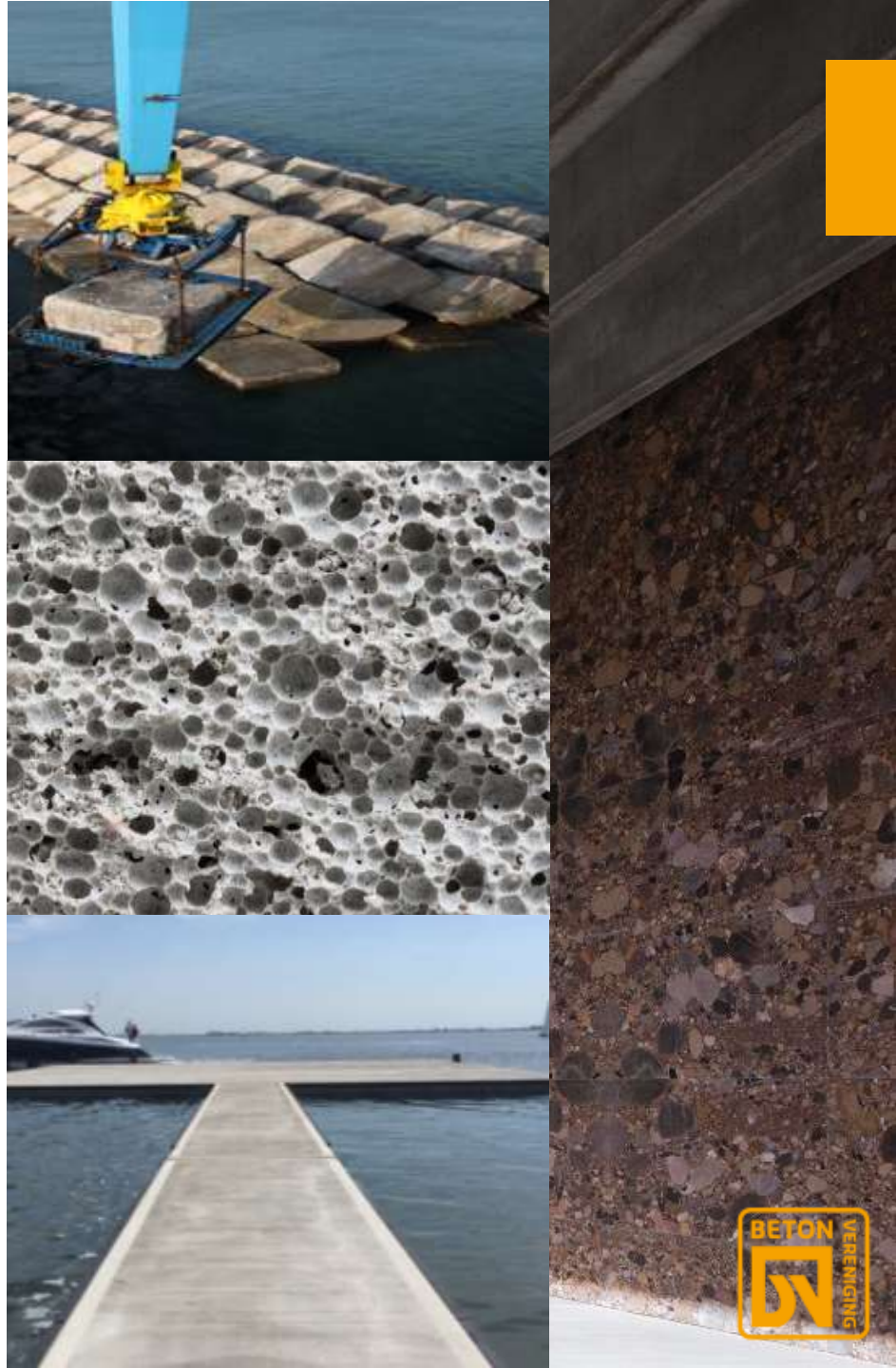
massa per m^3

Volumieke massa is de massa per m^3 beton(specie). Normaal beton weegt circa 2400 per m^3.

- **Lichtbeton** → 600 - 2000 kg/m^3
- **Normaal beton** → >2000 – 2600 kg/m^3
- **Zwaar beton** → > 2600 kg/m^3

Beïnvloeden door

- Licht of zwaar toeslagmateriaal
- Toevoegen luchtbellen
- Gebruikt schuimmiddel



De mengselberekening

Ter info

GEWENSTE EIGENSCHAPPEN VAN BETONSPECIE EN BETON	bepaald door:
1. consistentie	1. watergehalte, mede afhankelijk van de waterbehoefte van het mengsel
2. sterkte	2. water-cementfactor ten behoeve van de sterkte, cementsoort en sterkteklasse van het cement
3. levensduur	3. water-cementfactor ten behoeve van de levensduur, cementsoort
Het watergehalte en de vereiste water-cementfactor bepalen het cementgehalte	
4. ruimte in de bekisting en tussen wapening onderling	4. maximale korrelafmeting van het grove toeslagmateriaal
5. massa van een kubieke meter beton	5. keuze van het te gebruiken toeslagmateriaal
Afhankelijk van het beschikbare toeslagmateriaal berekent de betontechnoloog een optimaal mengsel van grof en/of fijn toeslagmateriaal. Speciale uitvoeringseisen bepalen het gebruik van een hulpstof. De betontechnoloog voert een laboratoriumonderzoek uit om na te gaan of aan alle eisen voldaan wordt: het geschiktheidsonderzoek. Dit betreft verwerkbaarheid, sterkteontwikkeling, luchtgehalte en effect van hulpstof.	



EINDE HOOFDSTUK 6

HOOFDSTUK 7
VERVAARDIGING VAN BETONSPECIE

Vervaardiging van betonspecie



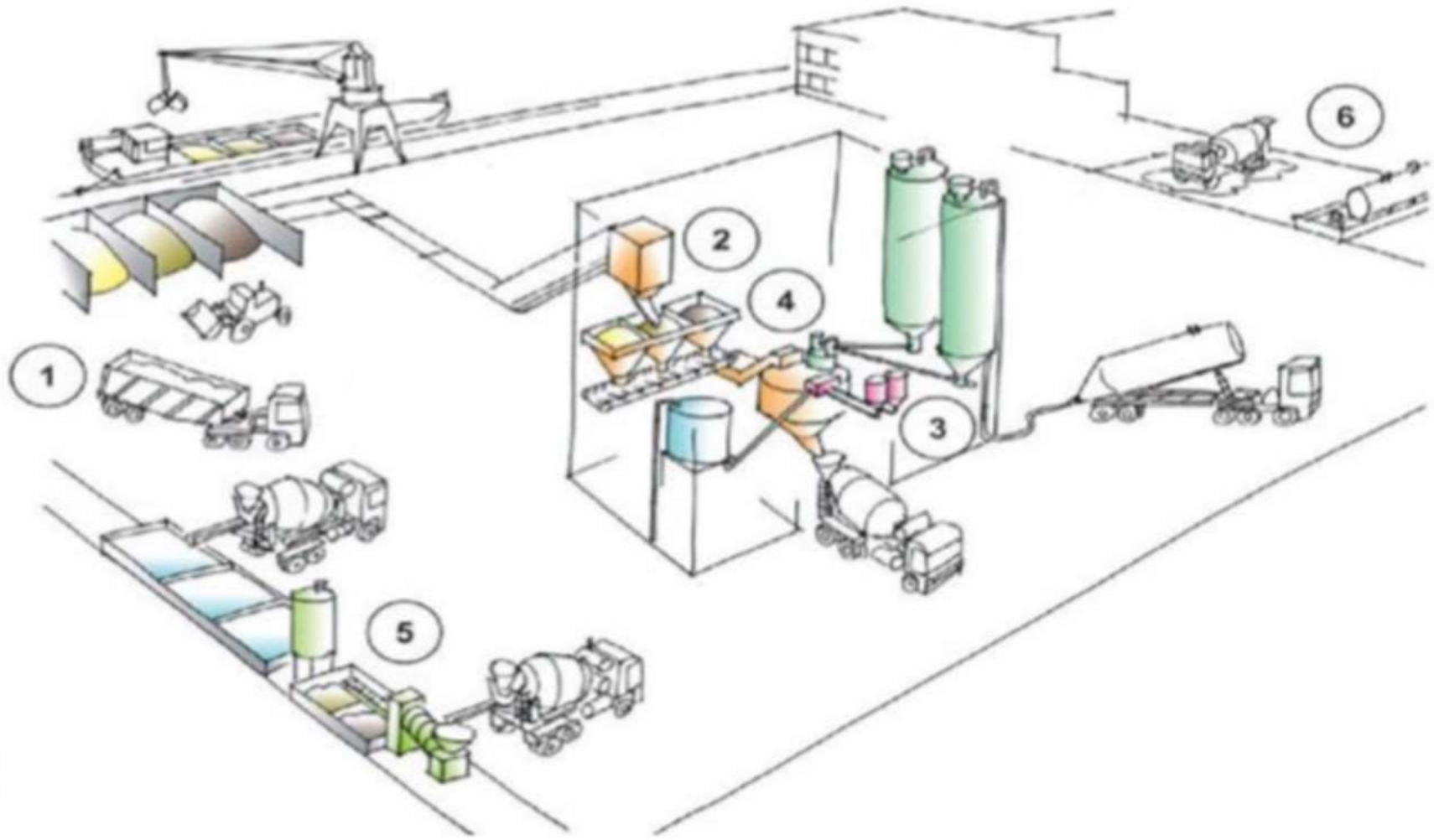
vaak aan water



mobiele centrale

Vervaardiging van betonspecie

Betonspecie gemaakt in betoncentrale



Vervaardiging van betonspecie

De grondstoffen op een betoncentrale

	cement
	vulstoffen
	toeslagmaterialen
	hulpstoffen
	pigmenten
	staal-, glas- en kunststofvezels
	water



Vervaardiging van betonspecie

cement

Cement

- Droog bewaren! (dus ook lucht weren)
- Water uit lucht kan bij cement komen → fijnknijpen → dan oké
- Controlemonsters luchtdicht bewaren
- Silo’s gemarkeerd: cementsoort en sterkteklasse



verpakt



ingeblazen



silo’s

Vervaardiging van betonspecie

vulstoffen

Vulstoffen

- Zelfde opslag als cement
- Droog bewaren → klonteren
- Silo’s, vaten gemarkeerd
- Hele fijne vulstoffen (silicafume) opgelost in water


verpakt


slurry (silicafume


ingeblazen (bulk)

Vervaardiging van betonspecie

toeslagmaterialen

Toeslagmaterialen

- Verontreinigingen voorkomen → schone verharde ondergrond
- Goede afwatering
- Onzichtbare verontreinigingen → regelmatig monsters nemen

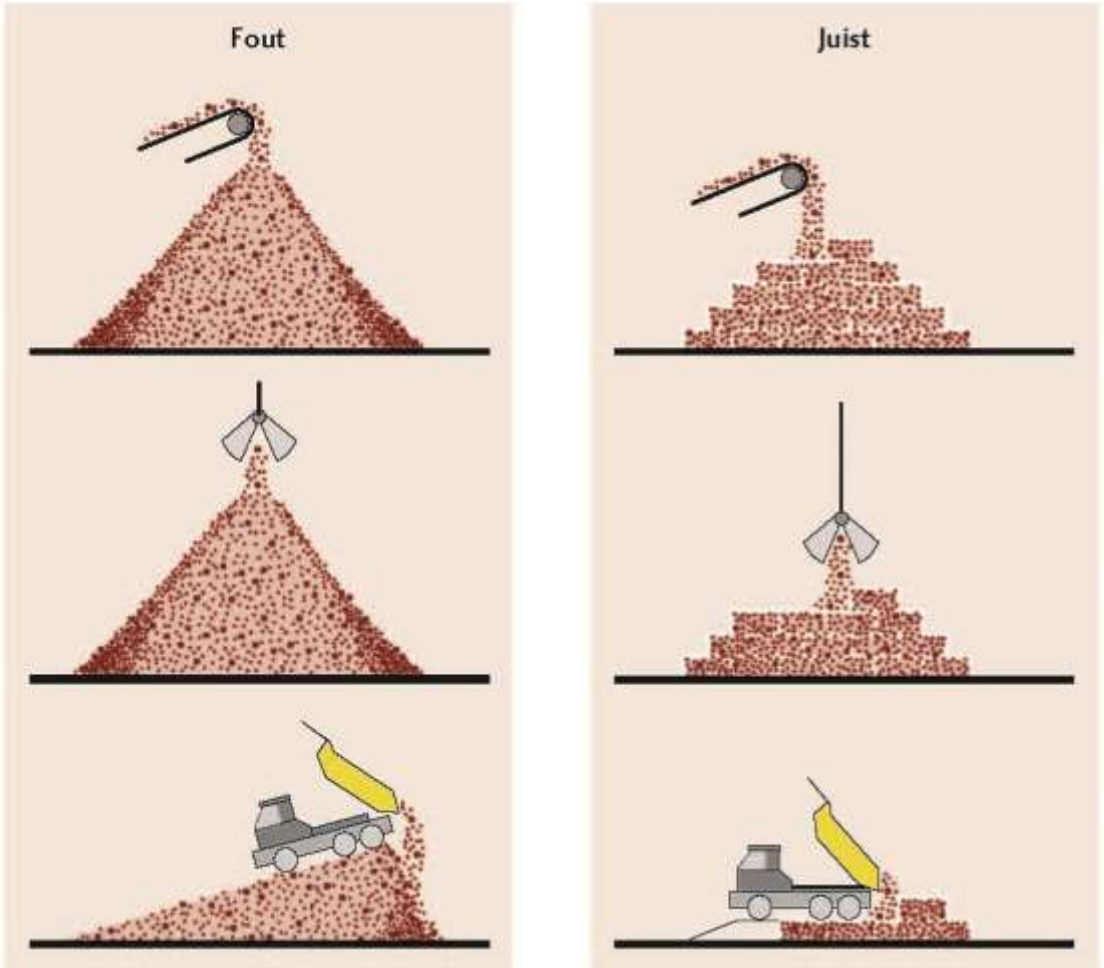


opslagvakken

Vervaardiging van betonspecie

toeslagmaterialen

Toeslagmaterialen



- Korrelgroepen apart opslaan.
- Let op storthoogte → ontmenging.
  Mengsel niet meer homogeen
- **Storten in lagen** i.p.v. op hoop.
  Grote korrel rollen anders af.

Vervaardiging van betonspecie

toeslagmaterialen

Toeslagmaterialen

- Toeslagmaterialen in dagbunker geladen → toeslagmateriaalverdeler
- Vanuit bunker gedosseerd in weger en dan in menger



dagsilo’s boven menger



toeslagmaterialenverdeler

Vervaardiging van betonspecie

hulpstoffen

Hulpstoffen

- Poeders en vloeistoffen
- Duidelijke etiketten op opslagtanks (IBC’s)
- Min. en max temperatuur, droog, uit zonlicht (UV)
- Soms roeren tegen ontmenging





Vervaardiging van betonspecie

pigmenten

Pigmenten

- Poeders en slurries
- Duidelijke etiketten op zakken en opslagtanks





Vervaardiging van betonspecie

staal-, glas- en kunststofvezels

Staal-, glas- en kunststofvezels

- Meestal met de hand in de weger, menger of truckmixer toegevoegd (in truckmixer: 8-15 min extra mengtijd).
- Uitkijken voor balvorming (egels).
- Let op: staalvezels liever niet in weger of menger toevoegen. Achtergebleven vezels kunnen corrosie veroorzaken in volgende charge.









Vervaardiging van betonspecie

water

Water

- Toeslagmateriaal kan water bevatten
- Stoominjectie voor ontdooien toeslagmateriaal geeft extra water
- Compenseren met **minder** aanmaakwater



doorstroommeter





Menginstallaties en mengen

Mengers

1	vrije-valmengers
2	dwangmengers
3	trogmengers



trogmenger


vrije-valmenger

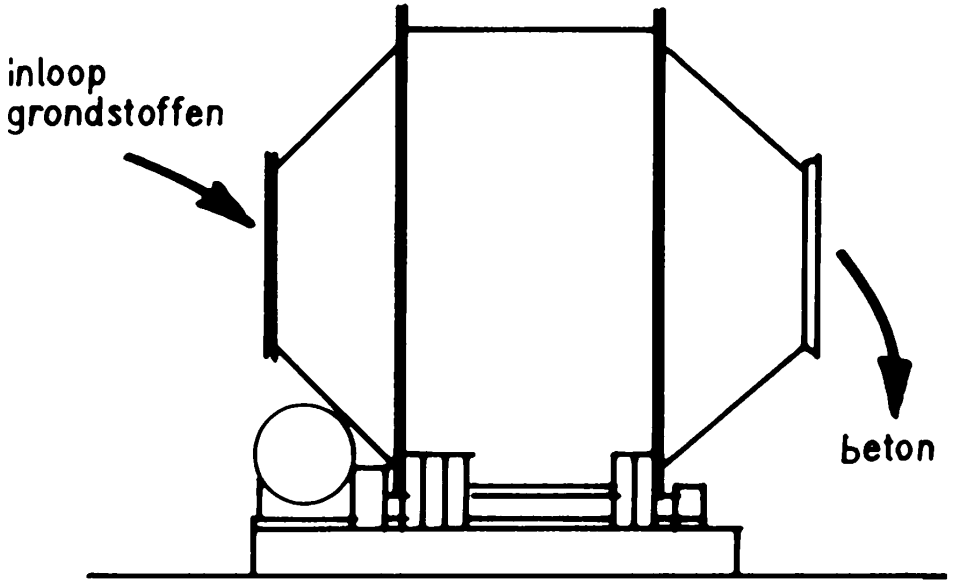

dwangmenger

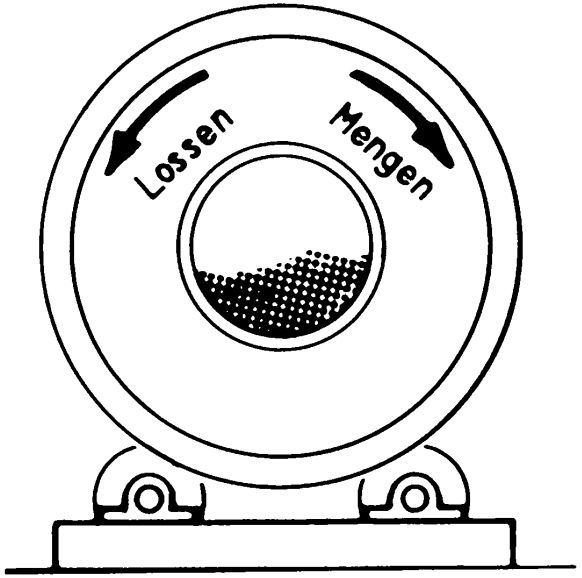
Menginstallaties en mengen

Mengers

1	**vrije-valmengers**
2	dwangmengers
3	trogmengers

- Mengen d.m.v. schoepen en zwaartekracht
- Onderhoudsarm, geen bewegende onderdelen
- Grote volumes (minder geschikt kleine volumes)
- Truckmixer is ook vrije-valmenger



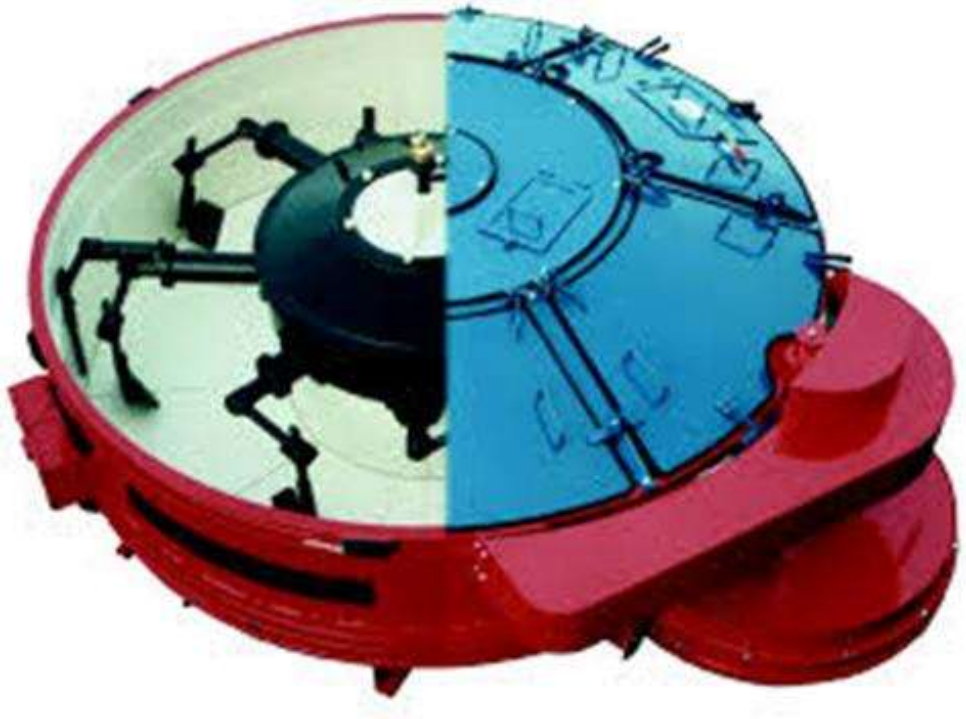


Menginstallaties en mengen

Mengers

1	vrije-valmengers
2	**dwangmengers**
3	trogmengers

- Mengen d.m.v. gemotoriseerde schoepen
- Geschikt voor stuggere species (weinig water)
- Hoge mengintensiteit, korte mengtijden
- Bewegende onderdelen: meer onderhoud

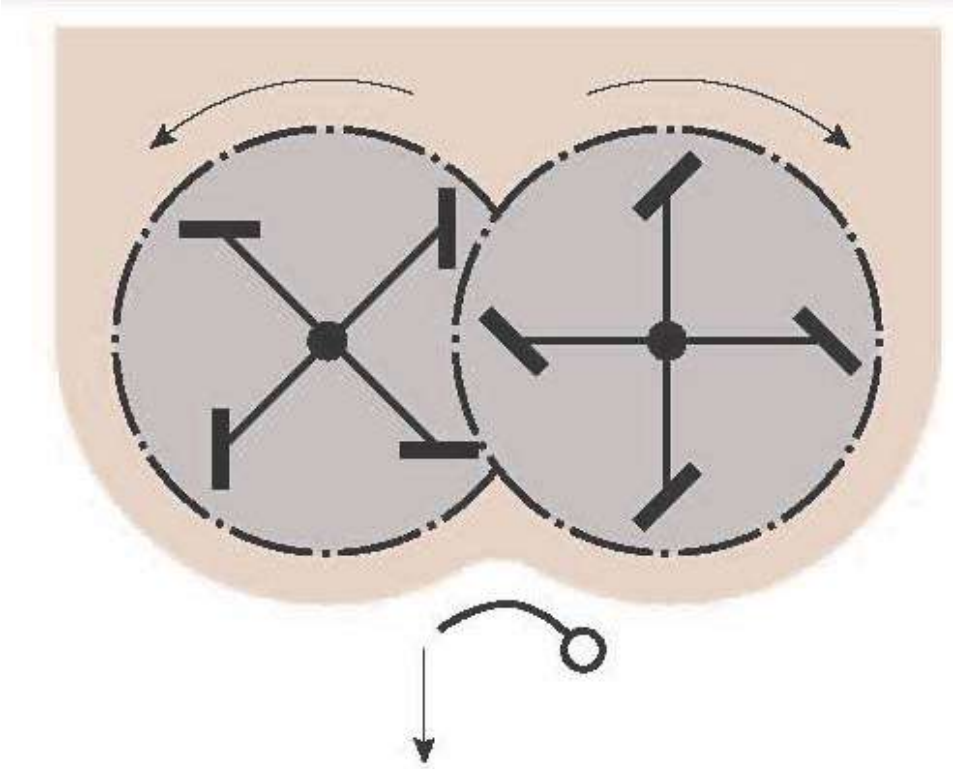


Menginstallaties en mengen

Mengers

1	vrije-valmengers
2	dwangmengers
3	**trogmengers**

- Mengen d.m.v. tegendraaiende schoepen
- Geschikt voor zeer stugge species
- Relatief onderhoudsarm



Menginstallaties en mengen

Mengers

1	vrije-valmengers
2	dwangmengers
3	trogmengers



trogmenger


vrije-valmenger


dwangmenger

Menginstallaties en mengen

Mengers

1	vrije-valmengers
2	dwangmengers
3	trogmengers

Droge en natte mengtijd

- Cement, fijn toeslagmateriaal en vul- en poedervormige hulpstoffen worden vaak ‘droog’ gemengd → voorkomt klontering **(droge mengtijd)**
- Na enkele seconden water bijgevoegd **(natte mengtijd)**
- Als laatste hulpstoffen bijgevoegd



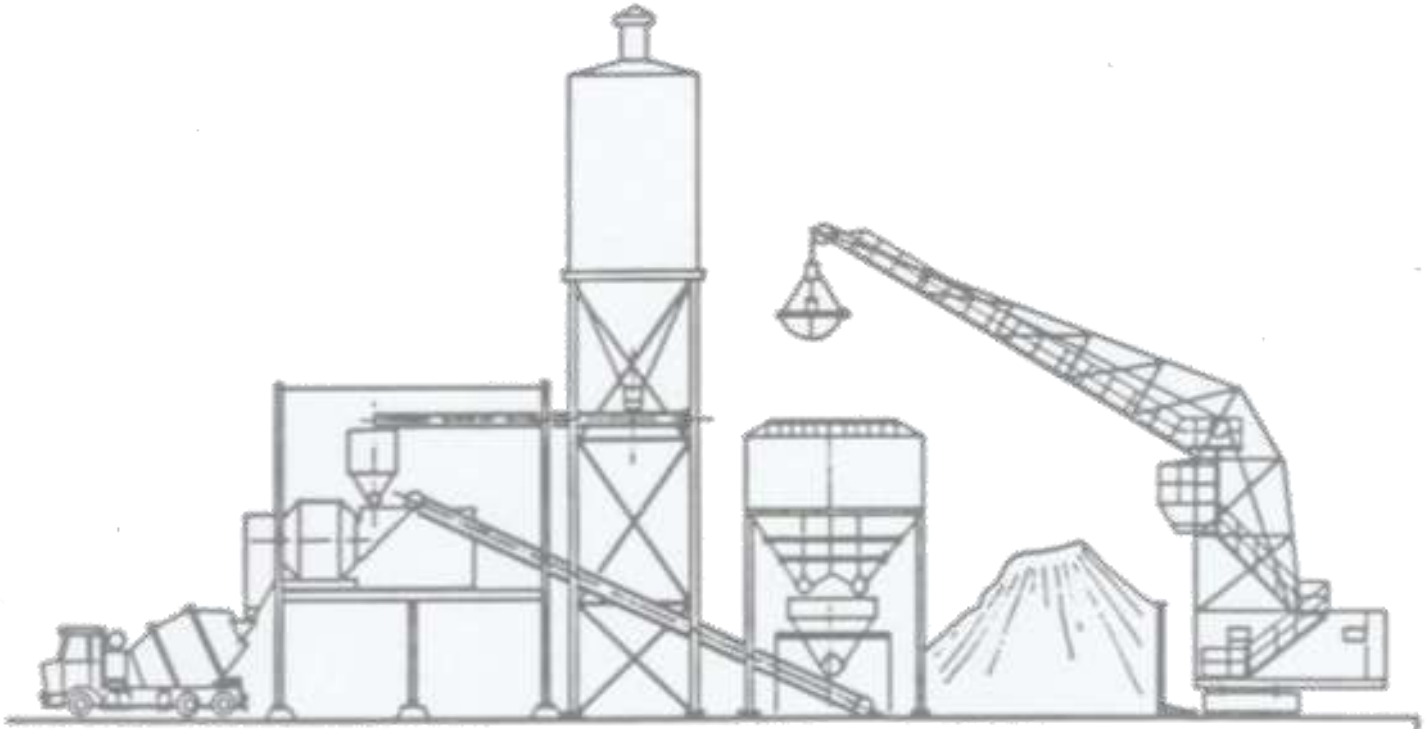
Twee soorten betoncentrales

Mengers

1	natte centrale
2	semi-natte centrale

→ cement, water, zand, grind in menger

→ cement, water, zand, in menger
grind pas in truckmixer erbij
verdubbeld charge-capaciteit





Externe vs interne productie

Beton(mortel)industrie

- Produceert betonspecie voor externe afnemers → ‘betoncentrale’

Betonproductenindustrie

- Produceert betonspecie voor interne verwerking

1	betonwarenindustrie
2	betonelementenindustrie



Externe vs interne productie

1	**betonwarenindustrie**
2	betonelementenindustrie

- Productie trottoirtegels en –banden, straatstenen, gevelstenen, dakpannen, etc.
- Gestort in mallen → ZVB of trilbekisting
- Lage wcf
- **Groene strekte** belangrijk
- 24 uur in klimaatkamer


straatstenen


klimaatkamer


rioolbuizen

Externe vs interne productie

1	betonwarenindustrie
2	**betonelementenindustrie**

- Productie gewapende of voorgespannen elementen
- Gestort in mallen → ZVB, trilbekisting, trilnaald
- Lage wcf → snelle verharding
- CEM I 42,5 R, CEM I 52,5 R, CEM III/A 52,5 N



lange bank







EINDE HOOFDSTUK 7

HOOFDSTUK 8 BEKISTING, WAPENING EN VOORSPANNING

Bekisting, wapening en voorspanning

- Bekisting geeft vorm aan constructie
- Tijdelijke hulpconstructie
- Contactbekisting + steunbekisting



traditionele bekisting



systeembekisting



complexe vormen

Bekisting, wapening en voorspanning

- In betonproducten industrie: mal
- Uiteenlopende vormen
- (meestal) geen steunbekisting nodig









Bekisting, wapening en voorspanning

Algemene eisen aan de bekisting

- Voldoende stijf → niet vervormen onder druk
- Mag niets weglekken
- Hele bekisting moet bereikbaar zijn
- Contactbekisting juiste oppervlaktestructuur
- Eenvoudige ontkisting → schade voorkomen





spatten van de bekisting



Bekisting, wapening en voorspanning

Optredende krachten

- Gewicht en druk betonspecie (bekistingsdruk)
- Stortsteigers
- Materieel
- Personeel
- Stootbelasting → vallende betonspecie



spatten van de bekisting

Bekisting, wapening en voorspanning

Optredende krachten

- Gewicht en druk betonspecie (bekistingsdruk)
- Stortsteigers
- Materieel
- Personeel
- Stootbelasting → vallende betonspecie

Bekistingdruk afhankelijk van

- Gewicht betonspecie
- Consistentie betonspecie
- Stijgsnelheid en totale hoogte
- Toepassing vertrager
- Manier van verdichten
- Stootbelasting → vallende betonspecie

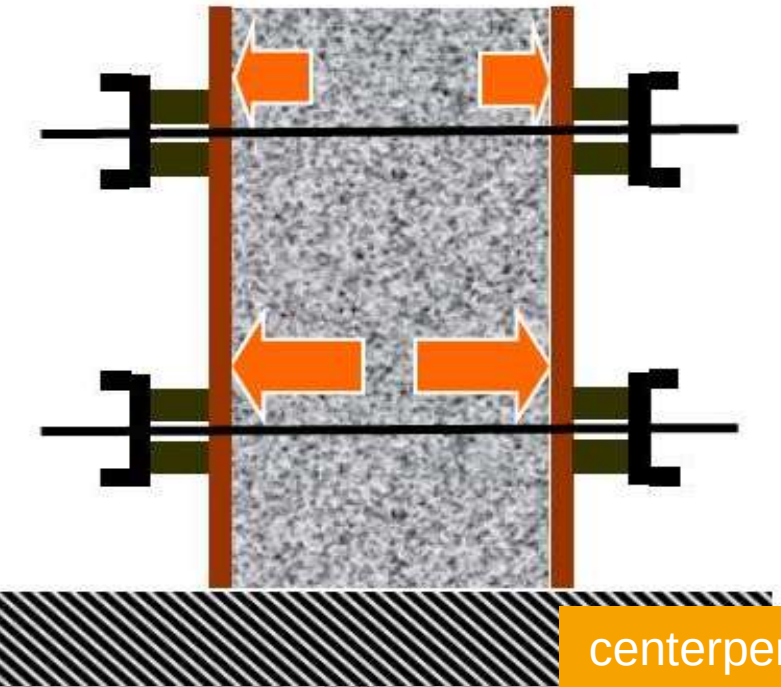


spatten van de bekisting

Bekisting, wapening en voorspanning

Opnemen van krachten → o.a. wanden

- Centerpennen
- Bij ontkisten verwijderen (meestal)
- Achterblijvende gat → openlaten of dichtmaken
- Waterdicht werk → pennen verwijderen, en pvc buis afdichten met bijv. neopreen stop.



centerpennen

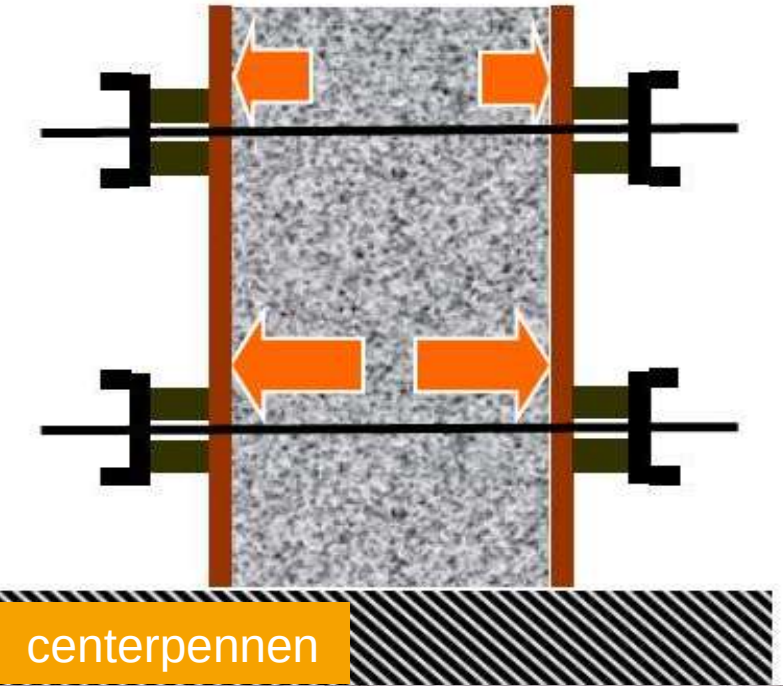


bekistingswand met stempels

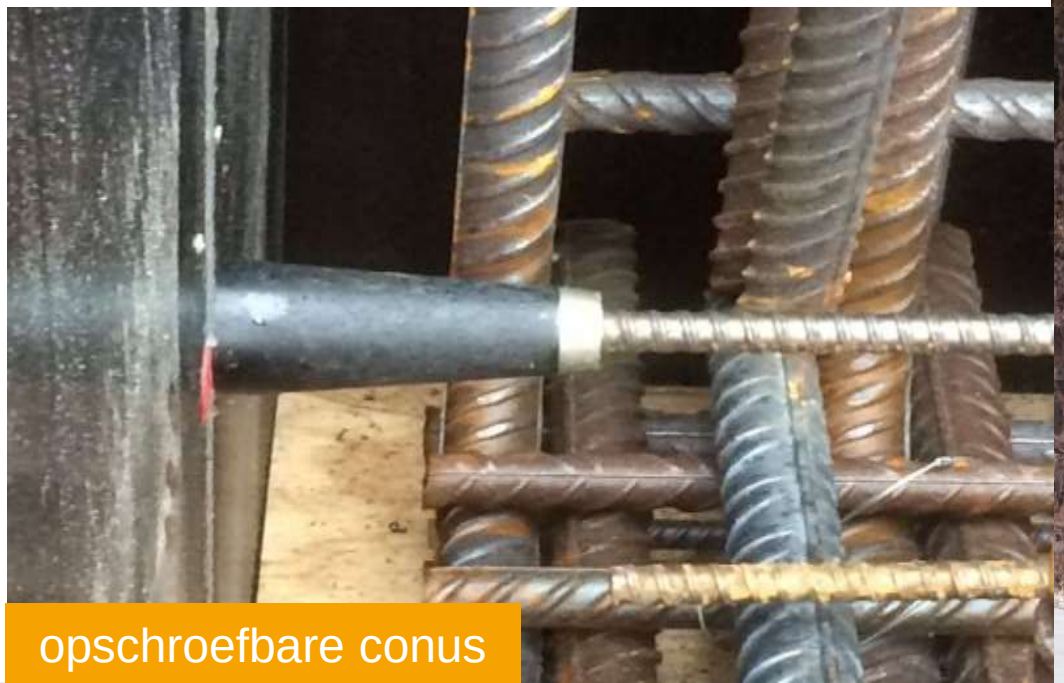
Bekisting, wapening en voorspanning

Behoud juist maatvoering

- Afstandhouders → opschroefbare conussen
- Voorkomt dat bekisting naar binnen gaat bij aandraaien centerpennen



centerpennen

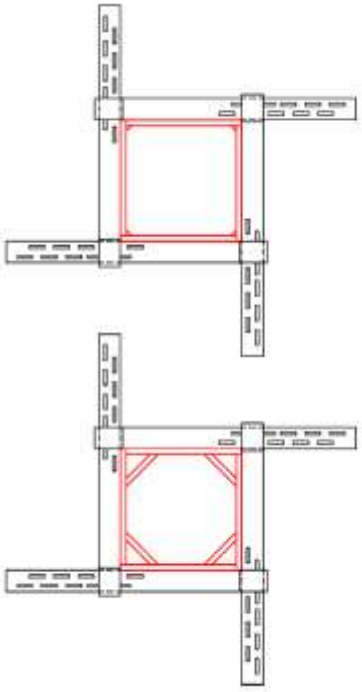


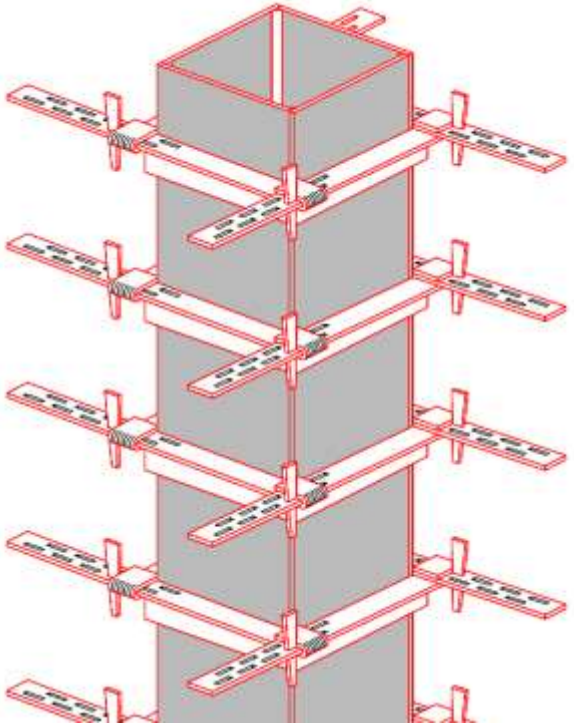
opschroefbare conus

Bekisting, wapening en voorspanning

Opnemen van krachten → kolommen

- Kransen
- Latten bevestigd met spieën









Bekisting, wapening en voorspanning

Bekistingen op de bouwplaats

1	traditionele bekisting
2	systeembekisting
3	verloren bekisting



verloren bekisting



traditionele bekisting



systeembekisting

Bekisting, wapening en voorspanning

Mallen in de betonproductenind.

1	stempelmal
2	baanvormige mal
3	mal + machine
4	systeemmal
5	custom mallen


mal + machine


stempelmal


baanvormige mal

Bekisting, wapening en voorspanning

Mallen in de betonproductenind.

1	stempelmal
2	baanvormige mal
3	mal + machine
4	systeemmal
5	custom mallen


custom mal


systeem mal


stempelmal

Bekisting, wapening en voorspanning

Hout
- Goedkoop
- Makkelijk te bewerken
- Beschadigt snel → plaatmateriaal gecoat (kunststof laag)
- Zuigt water op (ruw hout) → nat maken vóór storten
- Relatief veel werk



Kunststof
- Goed vormbaar
- Geschikt voor herbruikbare systeembekisting
- Veel gebruikt voor mallen



Metaal
- ‘Oneindig’ herbruikbaar
- Geschikt voor herbruikbare systeembekisting
- Veel gebruikt voor mallen
- Erg sterk en vormvast





Bekisting, wapening en voorspanning

Ontkistingsmiddelen → bekistingsolie

- Betonspecie en bekisting mogen niet hechten
- Aangebracht met kwast, trekker, bezem, rol, spuit of doek
- Gelijkmatige verdeling → anders kleurverschillen betonoppervlak







Bekisting, wapening en voorspanning

Ontkistingsmiddelen → vereisten

- Goede ontkisting mogelijk
- Betonoppervlak niet aantasten
- Gemakkelijk aan te brengen
- Luchtbellen voorkomen
- Geen vlekvorming veroorzaken
- Geen negatief effect op latere afwerk- of verflagen

Niet op wapening of stortnaden! → belemmert hechting









Bekisting, wapening en voorspanning

Wapening: drie categorieën

- Vezels
- Betonstaal
- Voorspanstaal

Doel is altijd <u>trekspanningen</u> opnemen.


vezels


betonstaal


voorspanstaal

Bekisting, wapening en voorspanning

Staalvezels

- Verhoging buigtreksterkte
- Verhoging stootvastheid

Kunststofvezels

- Opnemen krimpspanning in verhardende specie (voorkomen plastische krimpscheuren)
- Verhoging samenhang specie
- Verhoging brandwerendheid









Bekisting, wapening en voorspanning

Betonstaal

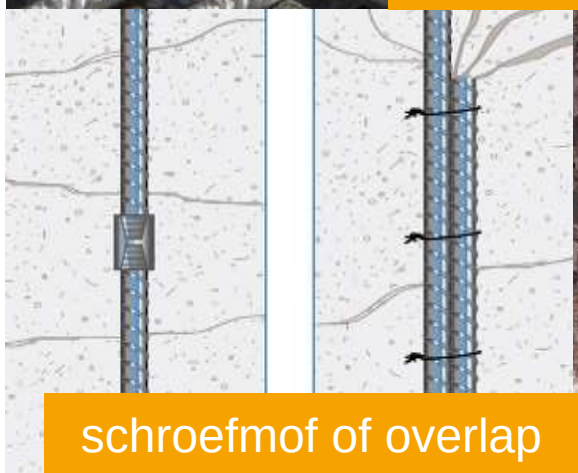
- Kruisingen → gevlochten of gelast
- Lengterichting → schroefmof of overlap



gevlochten



gelast



schroefmof of overlap

Bekisting, wapening en voorspanning

Betonstaal

- Kruisingen → gevlochten of gelast
- Lengte richting → schroefmof of overlap

Naamgeving

- Drie soorten: B500A, B500B, B500C
- B → betonstaal
- 500 → **500 N/mm² treksterkte**
- A/B/C → Taaiheid (oplopend)
  Bijv. ‘C’ bedoeld voor aarbevingsgebieden en
  voor belastingen waarbij constructies veel bewegen.


gevlochten


gelast


schroefmof en overlap

Bekisting, wapening en voorspanning

Betonstaal

- Kruisingen → gevlochten of gelast
- Lengte richting → schroefmof of overlap

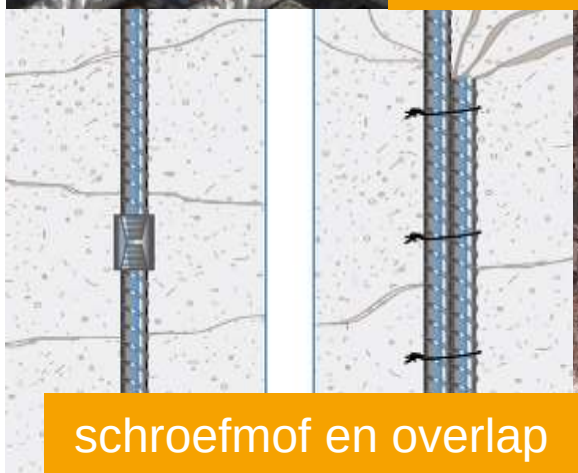
Naamgeving

- Drie soorten: B500A, B500B, B500C
- B → betonstaal
- 500 → **500 N/mm² treksterkte**
- A/B/C → Taaiheid (oplopend)
  Bijv. ‘C’ bedoeld voor aarbevingsgebieden en
  voor belastingen waarbij constructies veel bewegen.

betonstaalsoort	B500A	B500B	B500C
oppervlak	Glad, gedeukt of geribd	gedeukt of geribd	geribd
leveringsvorm	Rollen, staven, gepuntlaste wapenings-netten en geprefabriceerde wapeningskorven		Rollen, staven, gepunt-laste wapeningsnetten
diameter [mm]	4-16	6-50	6-50


gevlochten


gelast


schroefmof en overlap

Bekisting, wapening en voorspanning

Voorspanstaal

- Draden, strengen of staven
- Koudgetrokken van walsdraad → geprofileerd en thermische behandeld

Naamgeving

- FeP 1860 (meest gebruikt)
- Fe → IJzer
- P → préconstraint (voorspanning)
- 1860 → **1860 N/mm² treksterkte**



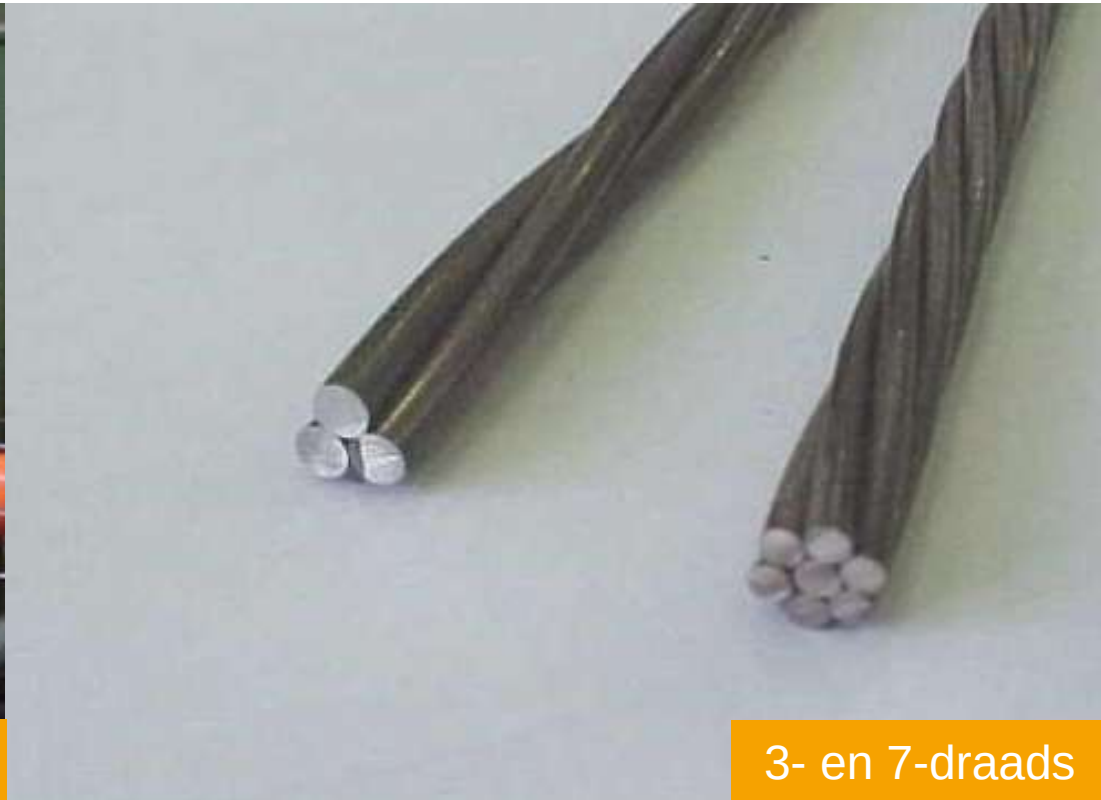
Bekisting, wapening en voorspanning

Voorspanstaalstrengen

- Gladde draden gewikkeld om lengteas
- 3-draads en 7-draads varianten
- Zéér corrosiegevoelig → lassen eraan of dichtbij verboden!



voorspanstrengproductie



3- en 7-draads

Bekisting, wapening en voorspanning

Voorspanningsmethoden

- Voorgerekt staal → eerst gespannen → *verankering buiten constructie*
- Nagerekt staal → eerst specie gestort en verhard → *verankering in constructie*


voorgerekt


nagerekt

Bekisting, wapening en voorspanning

VMA vs. VZA

- VMA → met aanhechting staal en beton
- *VZA* → zonder aanhechting staal en beton



VMA (met aanhechting)



VZA (zonder aanhechting)

Bekisting, wapening en voorspanning

VMA vs. VZA

- VMA → met aanhechting staal en beton
- *VZA* → zonder aanhechting staal en beton



VMA (met aanhechting)

VMA

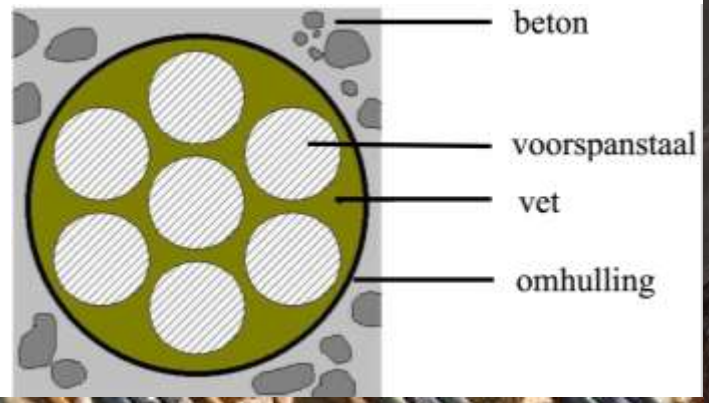
- Voorgerekt staal hecht direct aan beton.
  - Zie twee slides terug (linker foto)
- Nagerekt staan met aanhechting:
  - Buizen geribt dun plaatstaal.
  - Daarin los voorspanstrengen.
  - Na verharden aanspannen d.m.v. ingestorte verankeringen.
  - Injecteren met injectiemortel.
  - Staal hecht aan geïnjecteerde mortel



Bekisting, wapening en voorspanning

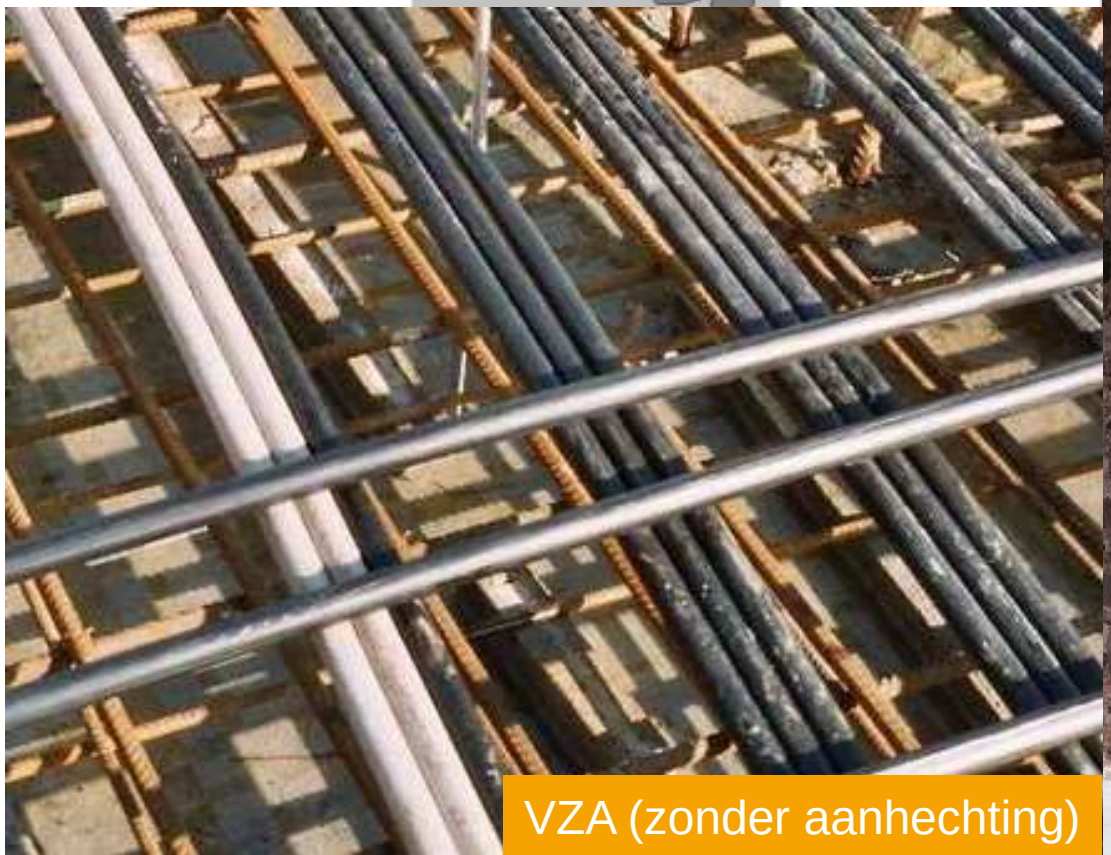
VMA vs. VZA

- VMA → met aanhechting staal en beton
- *VZA* → zonder aanhechting staal en beton



VZA

- Dunne kunststof buizen
- Daarin voorspanstrengen
- Krachtenoverbrenging door ingestorte verankeringen aan begin en uiteinde van de streng.
- Voorgerekt staal hecht niet direct aan beton.
- Buizen gevuld met vet tegen corrosie voorspanstaal.


VZA (zonder aanhechting)

EINDE HOOFDSTUK 8

HOOFDSTUK 9 VERWERKING EN NABEHANDELING

Verwerking en nabehandeling

Voorbereiden op het storten

1	bekisting
2	wapening
3	apparatuur
4	aanvoer betonspecie


aanvoer betonspecie


bekisting


wapening


apparatuur

Verwerking en nabehandeling

Voorbereiden op het storten

1	**bekisting**
2	wapening
3	apparatuur
4	aanvoer betonspecie

wat	waarom
Afstempeling, ondersteuning	voorkomt zetting, vervormen
Delen sluitend. Spoelluiken afgedicht. Centerpen. vast.	voorkomt lekken
Wateropnemende houten delen natspuiten	waterverlies voorkomen
Resten binddraad en vuil verwijderen	verhinderd aanhechting, corrosie binddraad
Wapening ijsvrij	verhinderd aanhechting



adequate ondersteuning?



lekkage cementlijm



Verwerking en nabehandeling

Voorbereiden op het storten

1	**bekisting**
2	wapening
3	apparatuur
4	aanvoer betonspecie

wat	waarom
Afstempeling, ondersteuning	voorkomt zetting, vervormen
Delen sluitend. Spoelluiken afgedicht. Centerpen. vast.	voorkomt lekken
Wateropnemende houten delen natspuiten	waterverlies voorkomen
Resten binddraad en vuil verwijderen	verhinderd aanhechting, corrosie binddraad
Wapening ijsvrij	verhinderd aanhechting



grindnest



sneeuw en ijs op wapening

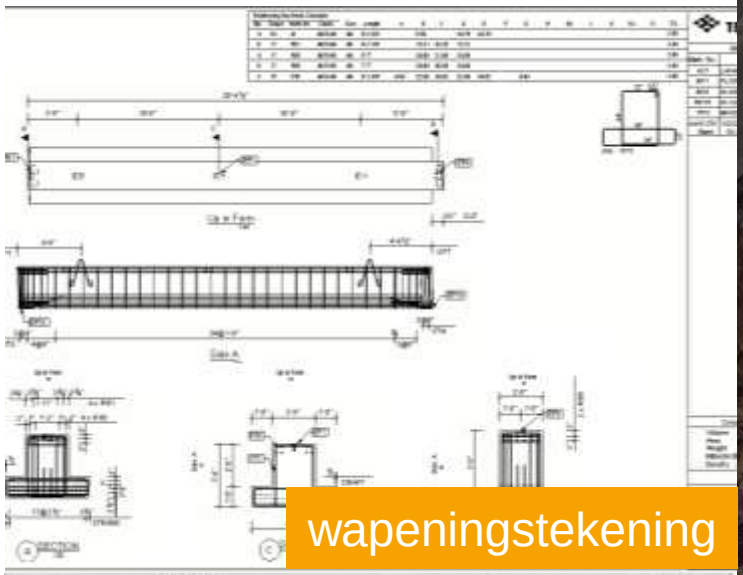


Verwerking en nabehandeling

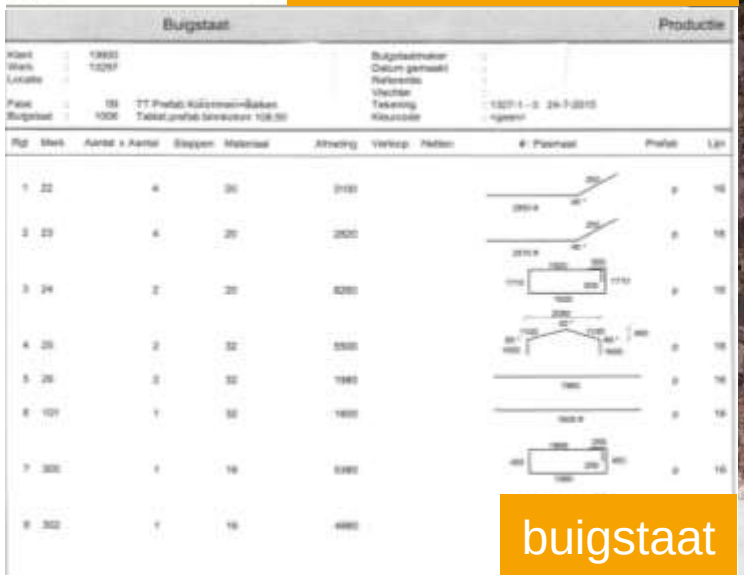
Voorbereiden op het storten

1	bekisting
2	**wapening**
3	apparatuur
4	aanvoer betonspecie

- Constructeur → wapeningstekening
- Software → buigstaat
- Varianten:
  - Losse staven (gevlochten op het werk)
  - Knippen, buigen en vlechten in buigcentrale
  - Wapeningsnetten (gepuntlast - prefab)
  - Wapeningskorven (prefab)



wapeningstekening



buigstaat

Verwerking en nabehandeling

Voorbereiden op het storten

1	bekisting
2	**wapening**
3	apparatuur
4	aanvoer betonspecie

- Constructeur → wapeningstekening
- Software → buigstaat
- Varianten:
  - Losse staven (gevlochten op het werk)
  - Knippen, buigen en vlechten in buigcentrale
  - Wapeningsnetten (gepuntlast - prefab)
  - Wapeningskorven (prefab)



vlechten



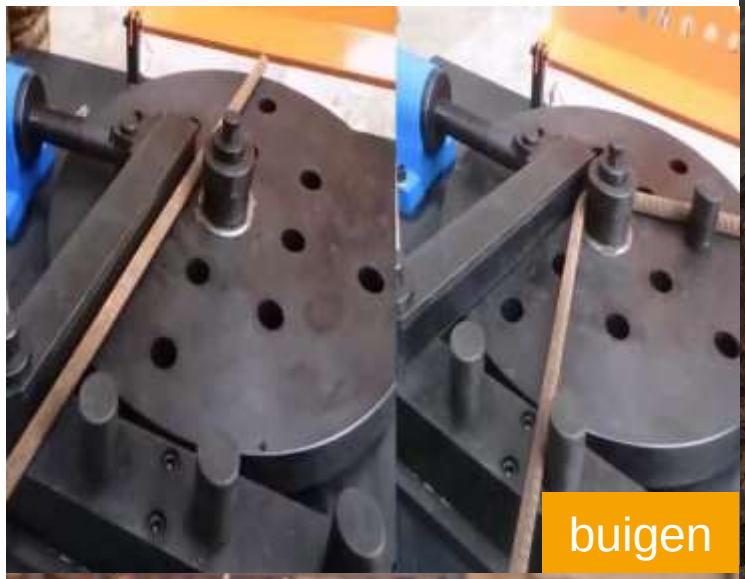
wapeningskorven

Verwerking en nabehandeling

Voorbereiden op het storten

1	bekisting
2	**wapening**
3	apparatuur
4	aanvoer betonspecie

- Constructeur → wapeningstekening
- Software → buigstaat
- Varianten:
  - Losse staven (gevlochten op het werk)
  - Knippen, buigen en vlechten in buigcentrale
  - Wapeningsnetten (gepuntlast - prefab)
  - Wapeningskorven (prefab)



buigen



wapeningscentrale

Verwerking en nabehandeling

Voorbereiden op het storten

1	bekisting
2	**wapening**
3	apparatuur
4	aanvoer betonspecie

- Wapening fixeren (mag niet verplaatsen bij storten)
- Boven-/onderwapening vloeren → supporters
- Geborgde dekking→ afstandhouders
  (zelfde kwaliteit als beton in constructie)
- Verwijderen ijs, olie, modder etc.
- Vóór storten wapening controleren met tekening


fixeren (vlechten)


supporters


afstandhouder



Verwerking en nabehandeling

Voorbereiden op het storten

1	bekisting
2	wapening
3	**apparatuur**
4	aanvoer betonspecie

Belangrijk voor continuïteit

- Apparatuur, reserveapparatuur en gereedschap in goede staat
- Voldoende apparatuur aanwezig
- Kennis over bediening
- Grote stort → stortplan



trilnaald



vlindermachine

Verwerking en nabehandeling

Voorbereiden op het storten

1	bekisting
2	wapening
3	apparatuur
4	**aanvoer betonspecie**

Bestellen → vereiste info

- Sterkteklasse
- Milieuklasse
- Consistentieklasse
- Max. korrelafmeting
- Max. chloridegehalte



Verwerking en nabehandeling

Voorbereiden op het storten

1	bekisting
2	wapening
3	apparatuur
4	**aanvoer betonspecie**

Bestellen → aanvullende eisen

- Speciale cementsoorten of –klassen
- Volumieke massa
- Beginsterkte ontwikkeling
- Toepassing vertragers
- Speciaal toeslagmateriaal
- Monoliet of schoon beton



Verwerking en nabehandeling

Voorbereiden op het storten

1	bekisting
2	wapening
3	apparatuur
4	**aanvoer betonspecie**

Bestellen → overige info

- Naam en adres
- Datum en tijdstippen
- Stortsnelheid m^3 per uur
- Stortwijze (kubel, pomp, etc)



Verwerking en nabehandeling

Voorbereiden op het storten

1	bekisting
2	wapening
3	apparatuur
4	**aanvoer betonspecie**



Op de bouwplaats

- Weg vanaf openbare weg tot stortplaats
- Wegbewijzering
- Storingsvrije en regelmatige aanvoer
- Voldoende ruimte
- Overzichtelijke opstelling
- Toelaatbare gronddruk (zware truckmixer)
- Zo dicht mogelijk bij bekisting
- Levering controleren t.o.v. bestelling



Transport op het werk of in de fabriek

Verschillende manieren

1	kubel
2	stortgoot, -zak of -pijp
3	kruiwagen/ japanner
4	betonpomp
5	truckmixerpomp
6	transportband



pomp



kubel



pompslang



transportband

Transport op het werk of in de fabriek

Verschillende manieren

1	**kubel**
2	stortgoot, -zak of -pijp
3	kruiwagen/ japanner
4	betonpomp
5	truckmixerpomp
6	transportband

- Direct vanuit truckmixer/ menger gevuld
- Kraan, rails of heftruck benodigd



Transport op het werk of in de fabriek

Verschillende manieren

1	kubel
2	stortgoot, -zak of -pijp
3	kruiwagen/ japanner
4	betonpomp
5	truckmixerpomp
6	transportband

- Specie moet voldoende plastisch zijn
- Stortgoot slechts voor korte afstand (*ontmenging)*



Transport op het werk of in de fabriek

Verschillende manieren

1	kubel
2	stortgoot, -zak of -pijp
3	**kruiwagen/ japanner**
4	betonpomp
5	truckmixerpomp
6	transportband

- Direct vanuit truckmixer gevuld
- Slechts voor kleine hoeveelheden praktisch



Transport op het werk of in de fabriek

Verschillende manieren

1	kubel
2	stortgoot, -zak of -pijp
3	kruiwagen/ japanner
4	**betonpomp**
5	truckmixerpomp
6	transportband

- Stationair of mobiel
- Arm heet een ‘giek’
- Specie goede samenhang en niet teveel lucht. D_{max} 32mm.
- Vooraf smeerbed in pijp



Transport op het werk of in de fabriek

Verschillende manieren

1	kubel
2	stortgoot, -zak of -pijp
3	kruiwagen/ japanner
4	betonpomp
5	**truckmixerpomp**
6	transportband

- Mixer en pomp in één
- Voor kleine volumes 20-25 m^3 per uur



Transport op het werk of in de fabriek

Verschillende manieren

1	kubel
2	stortgoot, -zak of -pijp
3	kruiwagen/ japanner
4	betonpomp
5	truckmixerpomp
6	**transportband**

- Stabiele specie vereist tegen ontmenging
- Vervuiling/ uitdroging/ regen mogelijk over langere afstand
- Komt vaker voor in betonwarenindustrie



Storten

Enkele belangrijke factoren

- Storthoogte
- Maximale verwerkingstijd
- Stortnaden
- In lagen vs. in stortfront



Storten



storthoogte

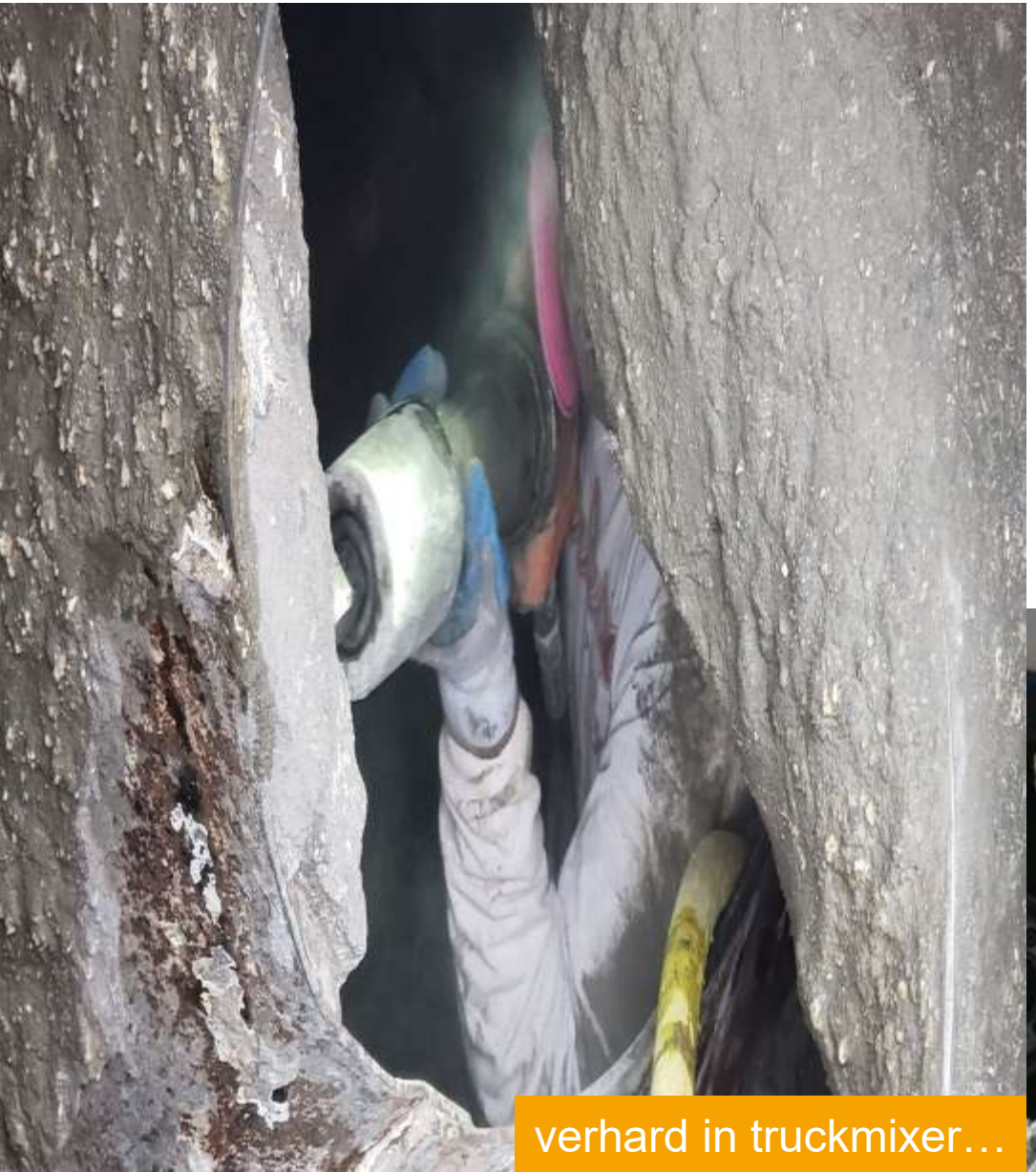
Storthoogte

- Beperken tot circa 1,5 m
- Grind ketst anders af op wapening en centerpennen (ontmenging)
- Bij grotere hoogte bv stortzak of -goot
- Of giek pomp in constructie zakken



stortzak

Storten



verhard in truckmixer…

Maximale verwerkingstijd

- Specie stijft op
- Tijdsduur afhankelijk van: specietemp, omgevingstemp, cementsoort en wcf.
- Agiteren en vertrager verlengen verwerkingstijd.
- Opgestijfde betonspecie afgekeurd



véél werk…



Storten



stortnaden

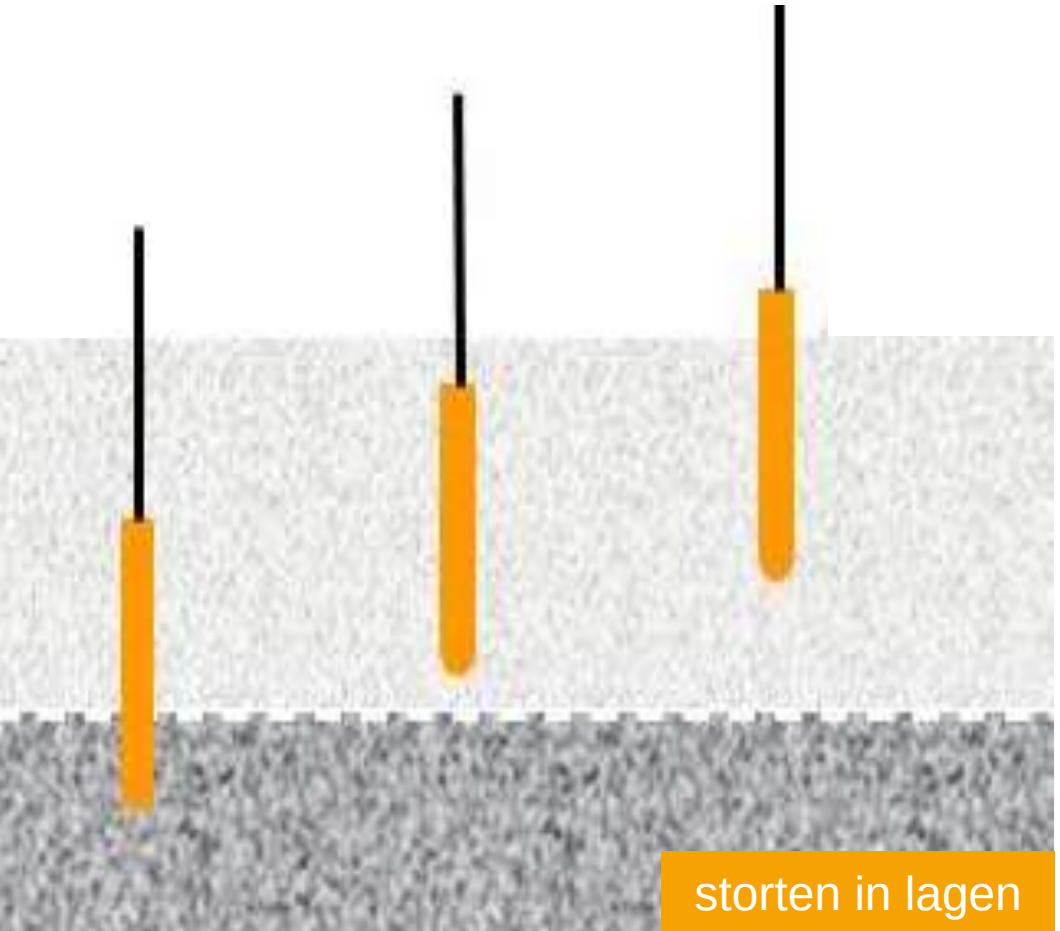
Stortnaden

- Proberen te voorkomen
- Plaats overleggen met constructeur
- Plaats in schoon beton overleggen met architect
- Voor erop storten: schoonmaken, cementhuid verwijderen en bevochtigen.



stortnaden

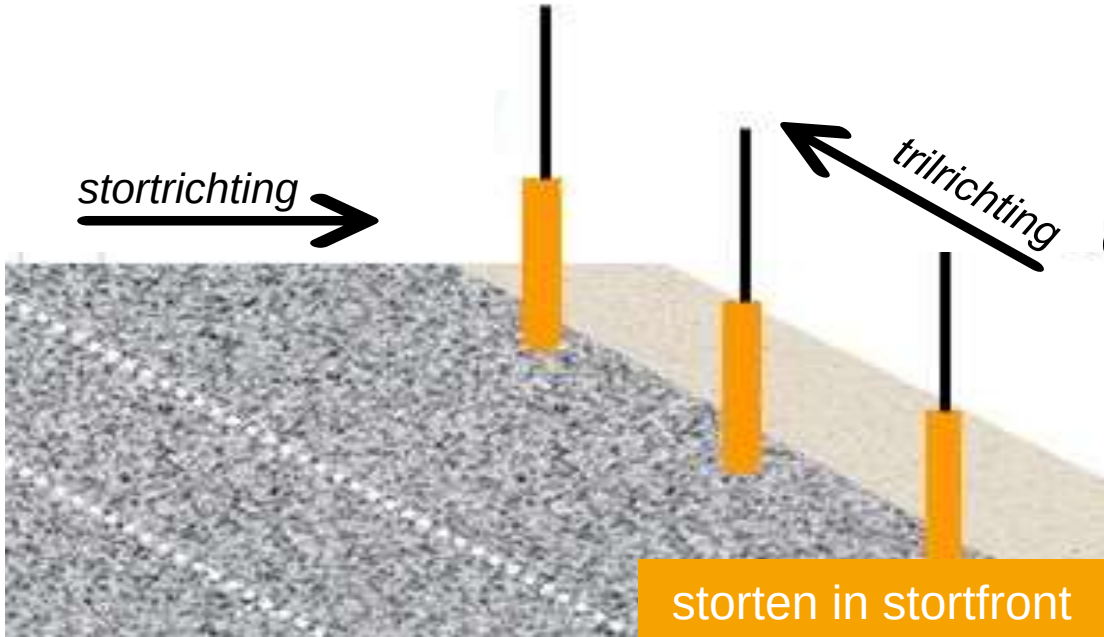
In lagen vs. in stortfront



storten in lagen

In lagen

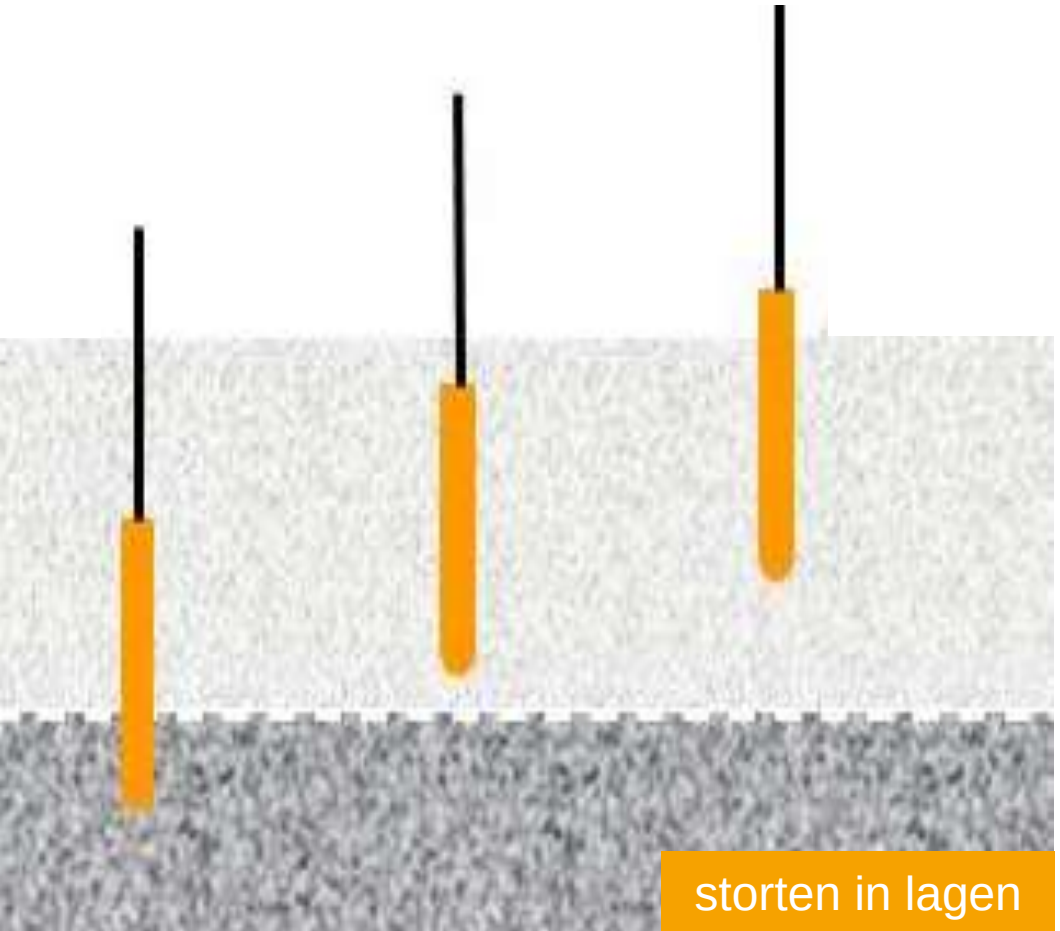
- Lagen van circa 500 mm
- Verdichten → trilnaad 100-150 mm in eerder gestorte laag doordringen
- Eerdere laag mag nog niet binden
- Eventueel vertrager toepassen
- Lagen worden één geheel



storten in stortfront



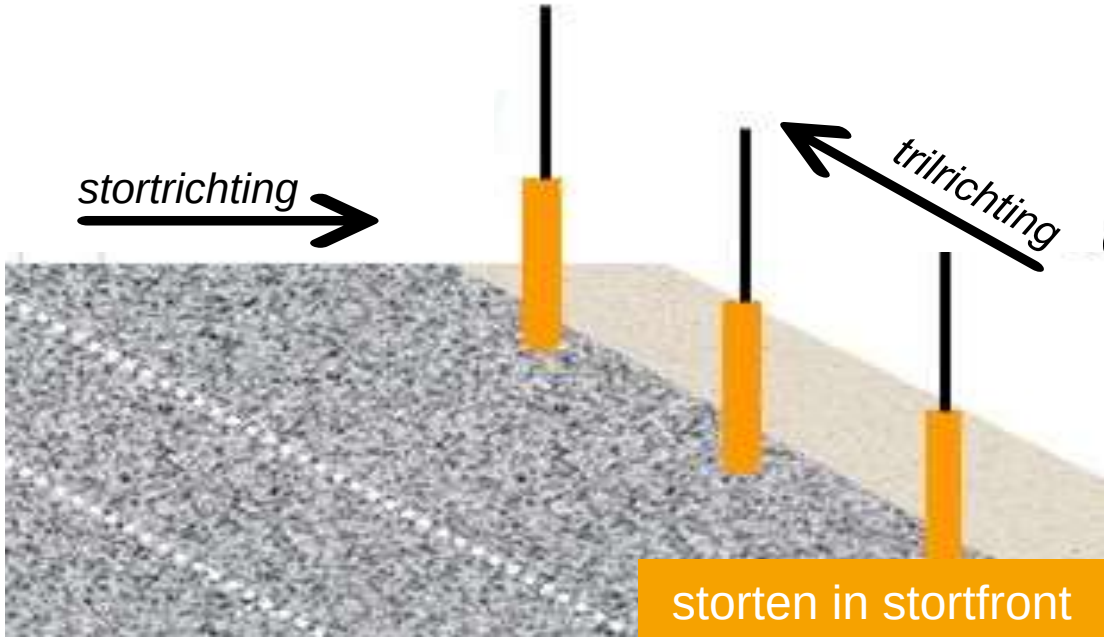
In lagen vs. in stortfront



storten in lagen

In stortfront

- Geleidelijk storten tot volle hoogte
- Voortdurende verdichting
- Hogere snelheid
- Grotere kans op ontmenging
- Grotere kans op nazakken/ scheuren



storten in stortfront



Verdichten

Verschillende manieren

1	trillen
2	porren
3	centrifugeren
4	extruderen
5	persen
6	zelfverdichtend beton


zvb


persen


trillen

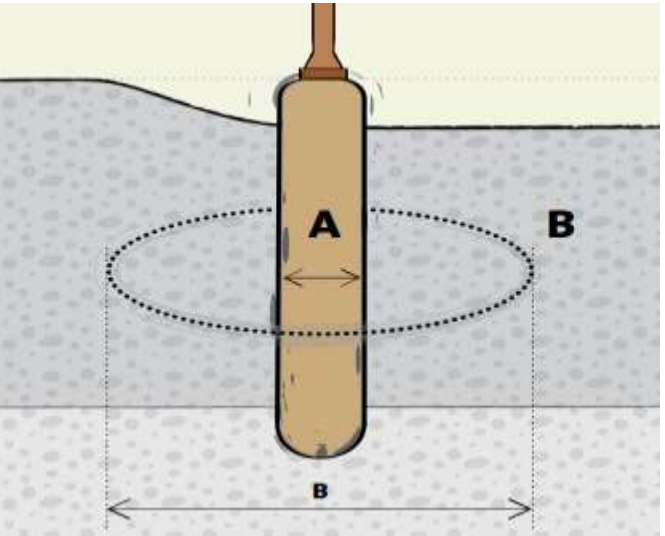

centrigueren


extruderen

Verdichten

Verschillende manieren

1	**trillen**
2	porren
3	centrifugeren
4	extruderen
5	persen
6	zelfverdichtend beton





Trilnaald

- Meest gebruikte vorm
- Trilling verminderd wrijving deeltjes
- Betonspecie vloeit dicht, lucht wordt verdrongen
- Mag wapening niet raken
- Oppervlak om naald glanzen → naald optrekken
- Verderop insteken → gebieden overlappen
- Trilnaad niet gebruiken voor verplaatsen specie

Verdichten

Verschillende manieren

1	**trillen**
2	porren
3	centrifugeren
4	extruderen
5	persen
6	zelfverdichtend beton



Bekistingtriller

- Meest gebruikt in betonelementenindustrie
- Wanneer geen ZVB gebruikt
- Na vullen bekisting/mal trillers aan
- Zeer stevige bekisting/mal nodig

Verdichten

Verschillende manieren

1	**trillen**
2	porren
3	centrifugeren
4	extruderen
5	persen
6	zelfverdichtend beton



Trilbalk

- Wanneer stortlagen te dun voor trilnaald (naald zou oververhitten)
- Langzaam over oppervlakte getrokken
- Geeft tevens afgewerkt oppervlak
- Zetmaat <120mm kans op ontmenging (bleeding) bij onzorgvuldigheid.

Verdichten

Verschillende manieren

1	**trillen**
2	porren
3	centrifugeren
4	extruderen
5	persen
6	zelfverdichtend beton



Triltafel

- Meest gebruikt in betonelementenindustrie
- Trilmotoren bevestigd aan tafel met mal
- Na verharding, beton verwijderd

Verdichten

Verschillende manieren

1	**trillen**
2	porren
3	centrifugeren
4	extruderen
5	persen
6	zelfverdichtend beton



Natrillen

- Verbeterd dichtheid bovenste laag
- Op vroegst 60 min na storten
- Enkel wanneer naald nog zelf erin zakt
- Gebreken verhelpen:
  - Holten onder wapeningstaven
  - Holten onder grote bestanddelen
  - Plastische krimp- en nazakscheuren
- Aanbevolen bij hoge wanden, kolommen en dikke vloeren

Verdichten

Verschillende manieren

1	trillen
2	**porren**
3	centrifugeren
4	extruderen
5	persen
6	zelfverdichtend beton



Porren

- Niet vaak gebruikt
- Enkel consistentie S3 en F4
- Storten in dunne lagen
- Porren met latten → tot glanzen
- Zeer arbeidsintensief, storttempo laag

Verdichten

Verschillende manieren

1	trillen
2	porren
3	**centrifugeren**
4	extruderen
5	persen
6	zelfverdichtend beton







Centrifugeren

- Enkel gebruikt in betonelementenindustrie
- Ronddraaiende mal → slingert specie tegen buitenwand
- Zeer goede verdichting

Verdichten

Verschillende manieren

1	trillen
2	porren
3	centrifugeren
4	**extruderen**
5	persen
6	zelfverdichtend beton



Extruderen

- Enkel gebruikt in betonelementenindustrie
- Extrusie-apparaat beweegt over stortbaan
- Extrusie-apparaat vormt specie en drukt deze in elkaar onder hoge druk
- Soms i.c.m. trilmotoren → kanaalplaten

Verdichten

Verschillende manieren

1	trillen
2	porren
3	centrifugeren
4	extruderen
5	**persen**
6	zelfverdichtend beton



Persen

- Enkel gebruikt in betonelementenindustrie
- Betonspecie in mallen samengeperst
- Soms i.c.m. trillers
- Betontegels, straatstenen e.d.

Verdichten

Verschillende manieren

1	trillen
2	porren
3	centrifugeren
4	extruderen
5	persen
6	**zelfverdichtend beton**



Zelfverdichtend beton

- Veel gebruikt in betonelementenindustrie
- Zeer plastisch → verdichten niet nodig
- Geen geluidsoverlast
- Minder manuren en apparatuur nodig

Afwerken


afreibalk

Verschillende manieren

1	afreibalk
2	schuurbord, stalen spaan
3	vlindermachine
4	bezem
5	slipformpaver


vlindermachine

- Oppervlakte na verdichten op goede hoogte brengen.
- Glad of juist ruw oppervlak realiseren.


Stalen spaan


bezem

Afwerken



Verschillende manieren

1	**afreibalk**
2	schuurbord, stalen spaan
3	vlindermachine
4	bezem
5	slipformpaver

- Afreien → op juiste hoogte en vlak afwerken
- Geleiding of roterende laser (juiste hoogte)
- Vaak lichte trilmotor gemonteerd
- Pas beginnen wanneer bleedingwater is verdwenen

Afwerken



Verschillende manieren

1	afreibalk
2	**schuurbord, stalen spaan**
3	vlindermachine
4	bezem
5	slipformpaver

- Houten schuurbord of stalen spaan voor plekken onbereikbaar voor afreibalk.
- Houten geeft ruwer oppervlak en stalen spaan glad



Afwerken



Verschillende manieren

1	afreibalk
2	schuurbord, stalen spaan
3	**vlindermachine**
4	bezem
5	slipformpaver

- Ook wel vlinderen genoemd
- Spanen roteren schurend over oppervlak
- Geeft vlak, glad en zeer dicht betonoppervlak
- Tijdens afwerken kan slijtvast materiaal gestrooid en ingeschuurd worden (bijv. carborundum)



Afwerken



Verschillende manieren

1	afreibalk
2	schuurbord, stalen spaan
3	vlindermachine
4	**bezem**
5	slipformpaver

- Verkrijgen van ruw oppervlak
- Wanneer beton begint op te stijven (vloeit anders dicht)
- Minder gevaar op slippen, glijden
- Bij betonwegen, fietspaden e.d.



Afwerken



Verschillende manieren

1	afreibalk
2	schuurbord, stalen spaan
3	vlindermachine
4	bezem
5	**slipformpaver**

- Aanleg van wegen, fietspaden
- Glijdende bekisting onder en achter paver
- Paver spreidt en verdicht betonspecie
- Achterop paver afreibalk, schuur en spaanafwerking
- Handmatige bezemstreken voor ruwe afwerking



Ontkisten

- Verwijderen bekisting → betonconstructie zichzelf dragen.
- Bekisting verwijderd wanneer beton eigen gewicht + windbelasting aankan.
- Niet-dragende bekistingen (wanden, kolommen) → 3,5 N/mm^2 sterkte voldoende
- Sommige elementen ontkist zonder sterkte → groene sterkte



Ontkisten

Te vroeg ontkisten

- Te vroeg ontkisten jong beton → kan ernstige **kruip** ontstaan.
- Kans grootst bij horizontale elementen met grote overspanningen.
- Constructeur berekend minimale sterkte voor ontkisten.
- Soms blijven stempels enige tijd staan na ontkisten tot gewenste sterkte.



Ontkisten

Bepalen druksterkte → wanneer veilig ontkisten

1	terugslaghamer
2	ultrasone meting
3	verhardingsproef zonder temp.regeling
4	verhardingsproef met temp.regeling
5	gewogen rijpheid



Ontkisten

Bepalen druksterkte

1	**terugslaghamer**
2	ultrasone meting
3	verhardingsproef zonder temp.regeling
4	verhardingsproef met temp.regeling
5	gewogen rijpheid



- Ook wel betonschiethamer genoemd
- Pin schiet tegen beton en ketst terug
- Terugslagwaarde gemeten
- Sterkte aflezen correlatiegrafiek (voor specifieke mengsel)

Slechts indicatie



Ontkisten

Bepalen druksterkte

1	terugslaghamer
2	**ultrasone meting**
3	verhardingsproef zonder temp.regeling
4	verhardingsproef met temp.regeling
5	gewogen rijpheid



- Zender genereert een geluidsgolf
- Ontvanger vangt geluidsgolf op
- Meet de snelheid van de geluidgolven door het beton
- Dit zegt iets over de dichtheid en dus sterkte van het beton

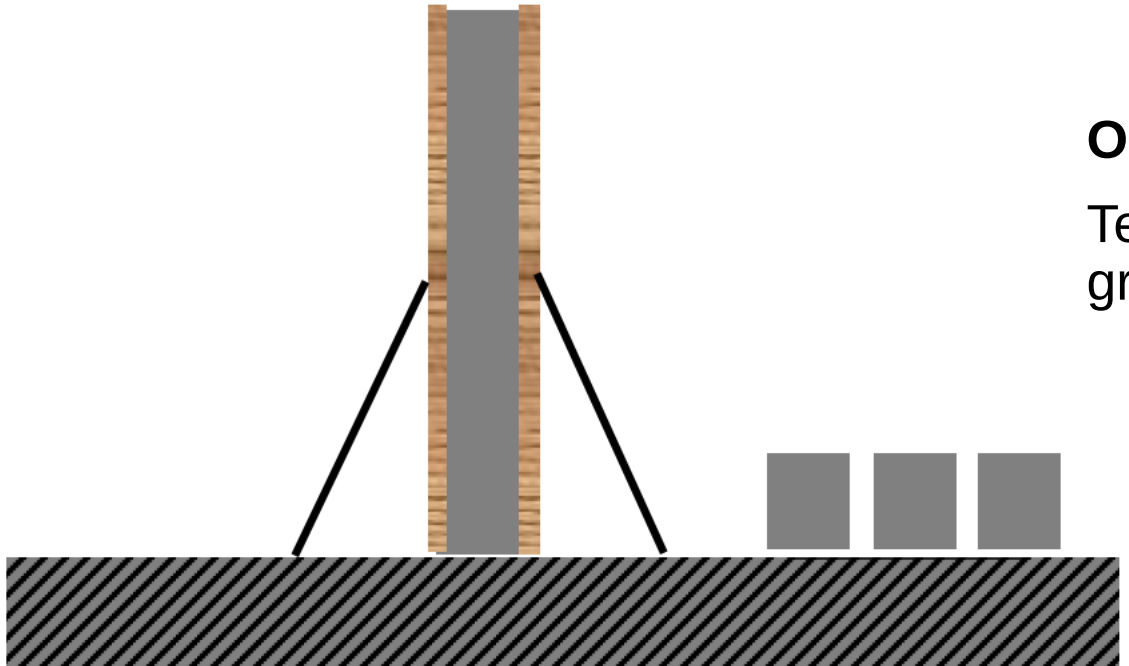
Slechts indicatie



Ontkisten

Bepalen druksterkte

1	terugslaghamer
2	ultrasone meting
3	**verhardingsproef zonder temp.regeling**
4	verhardingsproef met temp.regeling
5	gewogen rijpheid



- Tegelijk met storten betonspecie, 3 kubusmallen gevuld.
- Op dezelfde locatie verharden
- Na tijdje kubussen beproeven
- Geeft schatting sterkte constructie
- Na beproeven geen kubussen meer…

Onnauwkeurig

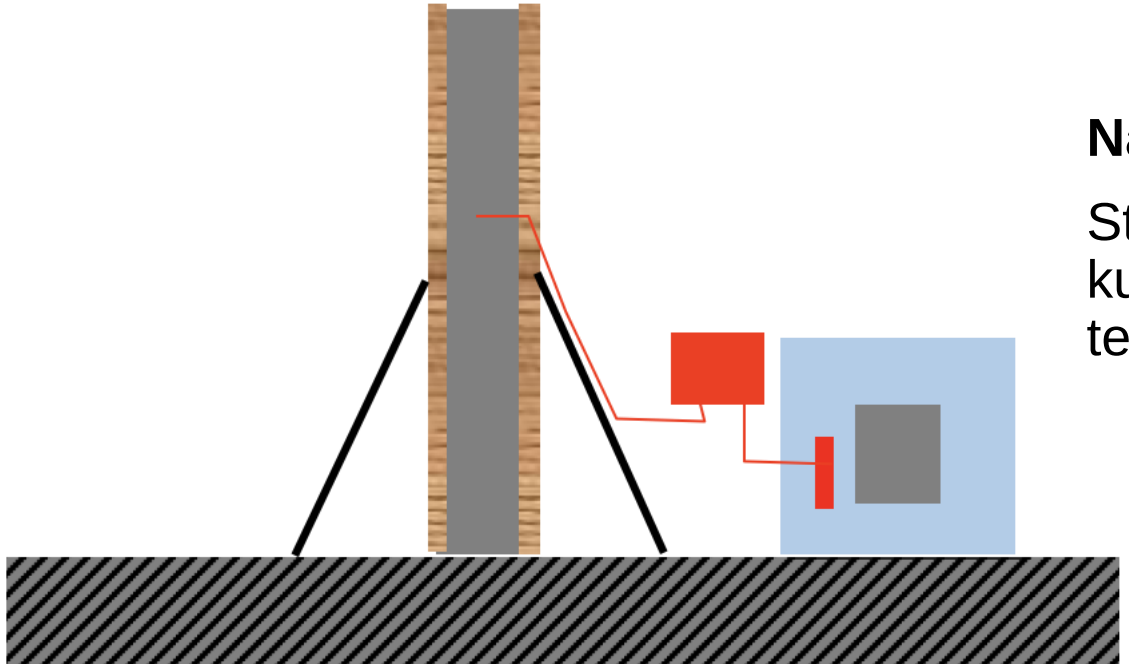
Temp.verschil constructie/kubus geeft grote verschillen sterkteontwikkeling.



Ontkisten

Bepalen druksterkte

1	terugslaghamer
2	ultrasone meting
3	verhardingsproef zonder temp.regeling
4	**verhardingsproef met temp.regeling**
5	gewogen rijpheid



- Tegelijk met storten betonspecie, 3 kubusmallen gevuld.
- Kubussen in waterbad
- Thermokoppels ingestort in constructie
- Verwarmingselement regelt badwater
- Voor grotere, complexere projecten

Nauwkeuriger

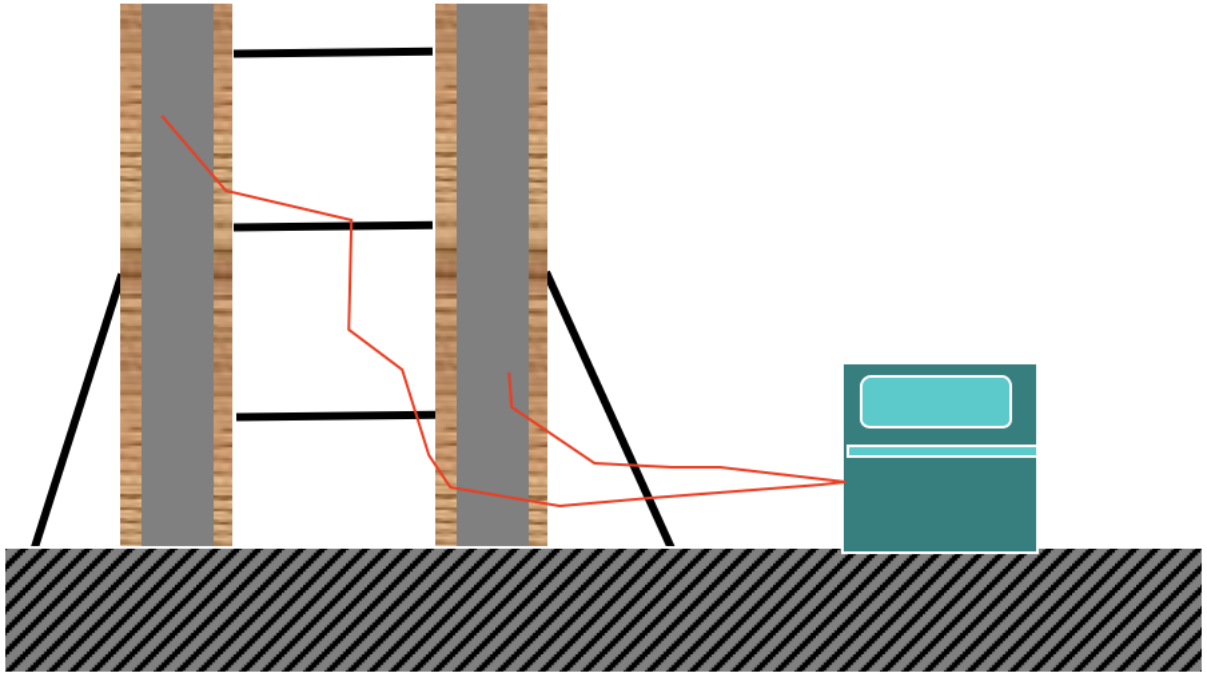
Sterkteontwikkeling constructie en kubussen nagenoeg gelijk door dezelfde temperatuur.



Ontkisten

Bepalen druksterkte

1	terugslaghamer
2	ultrasone meting
3	verhardingsproef zonder temp.regeling
4	verhardingsproef met temp.regeling
5	**gewogen rijpheid**



- Betontemperatuur continu gemeten
- IJkgrafiek beschikbaar door producent
- Sterkte (gewogen rijpheid) te berekenen

Meest nauwkeurig



Nabehandelen

Doel is betonspecie en jong beton beschermen tegen:

1	vochtverlies
2	sterke temp.wisselingen
3	bevriezen
4	mechanische beschadigingen
5	schokken, trillen



Nabehandelen

Doel is betonspecie en jong beton beschermen

1	**vochtverlies**
2	sterke temp.wisselingen
3	bevriezen
4	mechanische beschadigingen
5	schokken, trillen

- Verdamping water tegengaan cruciaal in begin
- Beïnvloedt sterkteontwikkeling
- Voorkomt plastische krimpscheuren
- Meestal drie kanten bekist met vrije bovenkant
  Na ontkisten soms ook andere oppervlakten beschermen
- Bij sterk drogend weer houten bekisting nathouden


bekisting laten staan


afdekking met folie


curing compound opspuiten

Nabehandelen

Doel is betonspecie en jong beton beschermen

1	**vochtverlies**
2	sterke temp.wisselingen
3	bevriezen
4	mechanische beschadigingen
5	schokken, trillen

- Verdamping water tegengaan cruciaal in begin
- Beïnvloedt sterkteontwikkeling
- Voorkomt plastische krimpscheuren
- Meestal drie kanten bekist met vrije bovenkant
  Na ontkisten soms ook andere oppervlakten beschermen
- Bij sterk drogend weer houten bekisting nathouden







Nabehandelen

Doel is betonspecie en jong beton beschermen

1	vochtverlies
2	**sterke temp.wisselingen**
3	bevriezen
4	mechanische beschadigingen
5	schokken, trillen

- Opstijvende betonspecie en jonge beton gevoelig voor temp.wisselingen
- Soms binnenkant warm terwijl buitenkant afkoelt
- Thermische scheurvorming



ingestorte actieve koeling



let op water temp. oppervlakte



in klimaatruimte plaatsen



Nabehandelen

Doel is betonspecie en jong beton beschermen

1	vochtverlies
2	sterke temp.wisselingen
3	**bevriezen**
4	mechanische beschadigingen
5	schokken, trillen

- Onder de 0° C specie bevriest → isolatie aanbrengen of omgeving verhitten + tent en/of verwarmd aanmaakwater, stoominjectie.
- Anders bevriest water en zet 9% uit
- Na ontdooien zakt specie niet meer ineen
- Beton blijft poreus en zwak
- Pas boven 5 N/mm^2 vorstbestand


bekisting isoleren


heater + tent

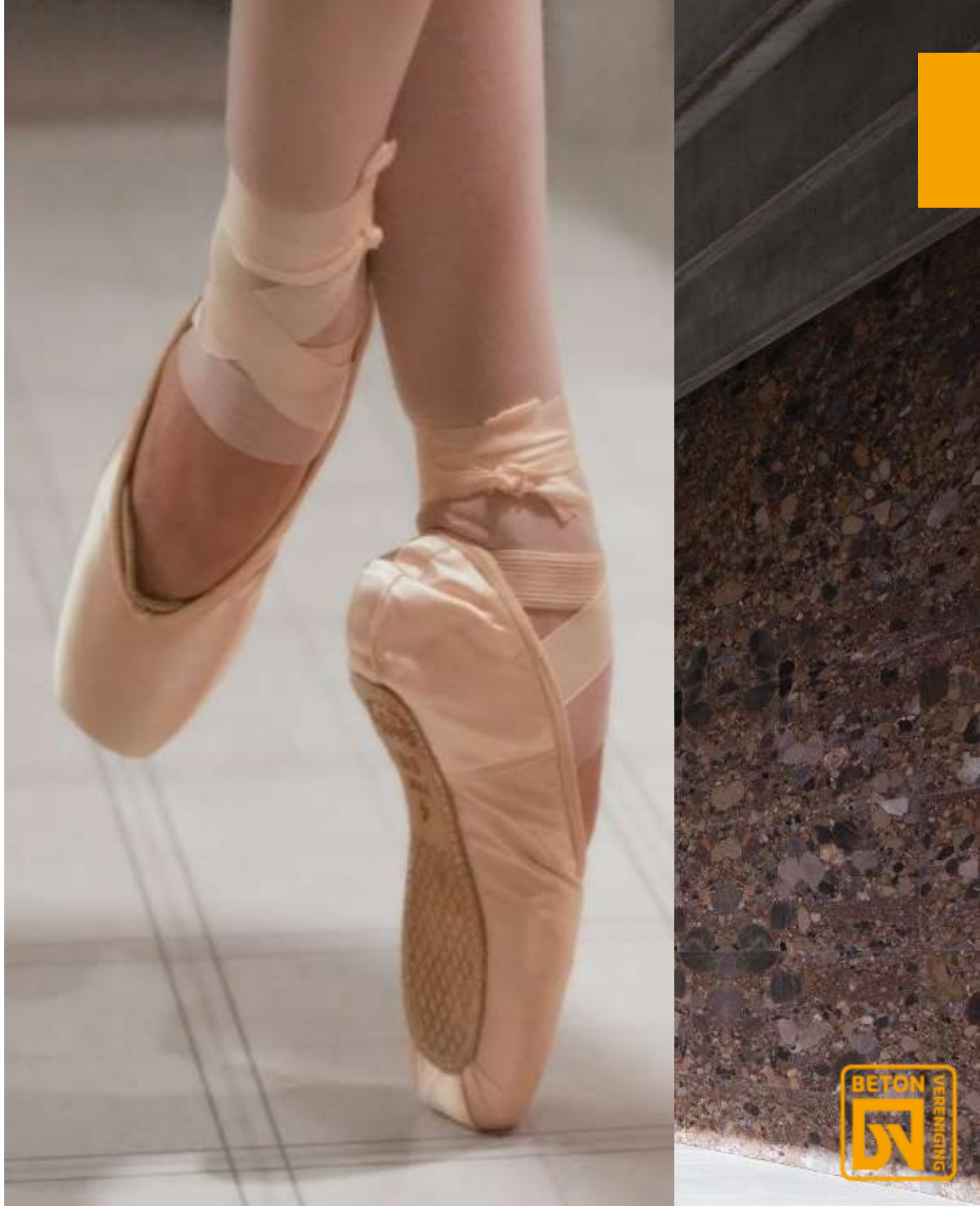

propaan heaters

Nabehandelen

Doel is betonspecie en jong beton beschermen

1	vochtverlies
2	sterke temp.wisselingen
3	bevriezen
4	**mechanische beschadigingen**
5	schokken, trillen

- Opstijvende betonspecie en jong beton hebben lage sterkte
- Beschermen tegen stoten, schuren etc.



Nabehandelen

Doel is betonspecie en jong beton beschermen

1	vochtverlies
2	sterke temp.wisselingen
3	bevriezen
4	mechanische beschadigingen
5	**schokken, trillen**

- Opstijvende betonspecie en jong beton hebben lage sterkte
- Beschermen tegen impact, trillen en schokken
- Extra opletten tijdens transport van jong beton





Nabehandelen

Duur nabehandeling

- Milieuklasse X0 → *nabehandelingsklasse 1* → 12 uur
  (bij minmaal 5° C)

- Overige milieuklassen → afhankelijk van nabehandelingsklasse o.b.v. minimaal behaalde druksterkte.
  - Klasse 2 → 35%
  - Klasse 3 → 50%
  - Klasse 4 → 70%



Nabehandelen

LET OP!

- Water voor nabehandeling moet (officieel) minstens dezelfde kwaliteit hebben als het aanmaakwater.
- Sommige curing compounds geven problemen met hechting van latere afwerklagen.
- Betonspecie met lagere wcf hoeft minder lang nabehandeld te worden dan met hoge wcf.
- Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid spelen belangrijke rol in nabehandelingstijd.
- Droge vrieswind dubbel nadelig → koeling én verdamping





EINDE HOOFDSTUK 9

HOOFDSTUK 10
KWALITEIT

Kwaliteit

Wat is kwaliteit

Voldoen aan de eisen die de afnemer stelt aan het product of de dienst tegen de vooraf overeengekomen prijs.



Kwaliteit

Wat is kwaliteit

Voldoen aan de eisen die de afnemer stelt aan het product of de dienst tegen de vooraf overeengekomen prijs.

Voor beton

Beton is van goede kwaliteit als het gedurende zijn geplande levensduur aan alle gestelde eisen voldoet.





Kwaliteit

Kwaliteitseisen aan beton

Afhankelijk van de toepassing en de geografische locatie
van de betonconstructie verschillende eisen ten aanzien van:


sterkte


levensduur


vorstbestandheid


vloeistofdichtheid


chemische bestandheid


duurzaamheid

Kwaliteit

Kwaliteit is een samenspel

- Alle drie even belangrijk in realisatie hoogwaardig beton.



constructeur



betontechnoloog



uitvoerder

Kwaliteit

Meten kwaliteit

- De mate van de sterkte, vloeistofdichtheid, vorstbestandheid en chemische bestandheid kunnen we beproeven in laboratorium volgens vastgelegde normen. Voor duurzaamheid kunnen we o.a. de CO_2-voetafdruk berekenen.



druksterkteproef



indringingsproef



vorst/dooi cycli



chemische bestandheidstesten

Kwaliteit

Meten kwaliteit → levensduur

- Levensduur beton is gekoppeld aan milieuklasse.
- Milieuklasse schrijft **max. wcf** en **min. cementgehalte** voor.
- Dit bepaald de dichtheid en dus levensduur van het beton.

Aanduiding	Beschrijving van het milieu	Voorbeelden van betontoepassingen in de betreffende milieuklasse
1. Geen risico op corrosie of aantasting (X0)		
X0	Beton zonder wapening of ingestorte metalen: alle milieus, behalve bij vorst/dooi, afslijting of chemische aantasting. Beton met wapening of ingestorte metalen: zeer droog.	Onderwaterbeton. Beton voor werkvloeren. Beton voor ongewapende funderingen. Beton binnen gebouwen met een zeer lage luchtvochtigheid.
2. Corrosie ingeleid door carbonatatie (XC) *Voor beton met wapening of andere ingestorte metalen en blootgesteld aan lucht en vocht:*		
XC1	Altijd droog of altijd nat	Beton binnen gebouwen met een lage luchtvochtigheid. Beton blijvend onder water.
XC2	Normaal nat en slechts af en toe droog	Beton langdurig in contact met water: funderingen
XC3	Matige of hoge luchtvochtigheid	Beton binnen gebouwen met een matige of hoge luchtvochtigheid. Beton buiten beschut tegen regen.
XC4	Wisselend nat en droog	Betonoppervlakken blootgesteld aan contact met water, maar die niet vallen onder milieuklasse XC2. Beton buiten onbeschut.
3. Corrosie ingeleid door chloriden, niet afkomstig uit zeewater (XD) *Voor beton, dat wapening of andere ingestorte metalen bevat, in contact met water dat chloriden bevat, inclusief dooizouten, maar niet afkomstig uit zeewater:*		
XD1	Matige (lucht)vochtigheid	Betonoppervlakken blootgesteld aan chloriden uit de lucht (geen zeewind)
XD2	Nat, zelden droog	Zwembaden. Beton blootgesteld aan chloridehoudend industriewater.
XD3	Wisselend nat en droog	Brugdelen blootgesteld aan chloridehoudend spatwater. Verhardingen. Vloeren van parkeerplaatsen voor voertuigen.

Milieu-klasse	*Maximaal toelaatbare wcf / wbf* [-]	Minimaal vereiste cementgehalte / bindmiddelgehalte [kg] per m^3
1 Geen risico op corrosie of aantasting		
X0	0,70[b]	200
2 Corrosie ingeleid door carbonatatie		
XC1	0,65	260
XC2	0,60	280
XC3	0,55	280
XC4	0,50	300
3 Corrosie ingeleid door chloriden anders dan afkomstig		
XD1	0,55	300
XD2	0,50	300
XD3[c]	0,45	300
4 Corrosie ingeleid door chloriden afkomstig uit zeewater		
XS1	0,50	300
XS2[c]	0,45	300
XS3[c]	0,45	320



Voorschriften

Eisen, regels en voorschriften

1	bouwbesluit
2	besluit bodemkwaliteit
3	normen
4	CUR-Aanbevelingen
5	attesten



Voorschriften

Eisen, regels en voorschriften

1	**bouwbesluit**
2	besluit bodemkwaliteit
3	normen
4	CUR-Aanbevelingen
5	attesten

- Eisen aan levensduur en veiligheid vanuit overheid.
- Verwijst naar normen voor technische eisen aan materialen en producten en uitvoeringseisen.
- Bouwbesluit en bijbehorende normen zijn wettelijk verplicht.



Voorschriften

Eisen, regels en voorschriften

1	bouwbesluit
2	**besluit bodemkwaliteit**
3	normen
4	CUR-Aanbevelingen
5	attesten

- Ook wel bouwstoffenbesluit genoemd.
- Eisen aan steenachtige materialen.
- Voorkomen uitspoeling schadelijke stoffen.



Voorschriften

Eisen, regels en voorschriften

1	bouwbesluit
2	besluit bodemkwaliteit
3	**normen**
4	CUR-Aanbevelingen
5	attesten

- Beschrijven regels en eisen.
- Uitgegeven door **Ne**derlands **N**ormalisatie-instituut.
- NEN (NL norm), EN (EU norm - Eurocode).
- NEN-EN 206: *‘Beton – specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit’*



Voorschriften

Eisen, regels en voorschriften

1	bouwbesluit
2	besluit bodemkwaliteit
3	normen
4	**CUR-Aanbevelingen**
5	attesten

- Norm opstellen neemt veel tijd
- Nog niet beschikbaar zijn van norm mag innovatie niet remmen
- CUR-commissie kan toepassing nieuwe ontwikkeling tijdelijk toestaan met voorlopige regels: pre-normatief.
- Geen norm → enkel van toepassing in samenspraak



Voorschriften

Eisen, regels en voorschriften

1	bouwbesluit
2	besluit bodemkwaliteit
3	normen
4	CUR-Aanbevelingen
5	**attesten**

- Attest is een kwaliteit- of prestatieverklaring
- Geschiktheid product bevestigt voor bepaalde toepassing
- Bijv. nog niet-genormeerde betonspeciesamenstelling
- Attesteringsgrondslag met vastgelegde beoordelings- en toetsingscriteria.



Kwaliteit controleren

Steekproef

- Alle toeslagmaterialen, betonspecie, betonelementen e.d. controleren niet haalbaar.
- Steekproeven



kubussen

Representatief

- Steekproef moet representatief zijn
  - voldoende steekproeven
  - steekproeven verdeeld over populatie
- Bijv. karakteristieke kubusdruksterkte meten met 15 kubussen



Veiligheid

- **Stichting Arbouw** → veiligheid op de bouwplaats.
  Publiceren **A-bladen** → www.arbouw.nl
- **Arbeidsinspecie** → veiligheid in fabrieken.
- **ENCI en het Betonhuis** → betonspecifieke brochures



EINDE HOOFDSTUK 10

EINDE CURSUS BBA