

**UITWERKINGEN**

## INHOUDSOPGAVE

Pag.

1	Uitbreiding en verdieping.....	3
2	Samenstellen van beton.....	6
3	Beton met specifieke eisen of bijzondere samenstellingen .....	18
4	Beton in de kist.....	25
5	Uiterlijk van beton.....	29
6	Procesbeheersing.....	33
7	Beoordelen van beton in de constructie .....	39

## 1 UITBREIDING EN VERDIEPING

- 1.1 De betontechnoloog heeft de volgende mogelijkheden ter beschikking:
- de keuze van de grondstoffen
  - de verhouding tussen de gekozen grondstoffen
- 1.2 De verschillen in eisen tussen constructief en niet-constructief beton zijn:
- voor constructief beton:
    - constructieve eisen, zoals sterkteklasse, milieuklasse, volumieke massa.
    - uitvoeringseisen, zoals consistentieklasse, verpompbaarheid, grootste korrelafmeting, open tijd.
    - aanvullende eisen, zoals ASR-bestandheid, verhoogde levensduur, kostprijs.
  - voor niet-constructief beton:
    - producteisen zoals toleranties, slijttreksterkte, slijtweerstand, vorst/dooi-bestandheid
- 1.3 De eisen die direct van invloed zijn op de te gebruiken grondstoffen zijn:
- sulfaatbestandheid
  - max. warmteontwikkeling
  - vroege sterkte
  - verhoogde levensduur
  - lage CO<sub>2</sub>-footprint
  - kostprijs
- 1.4 Het zelf samenstellen van een bindmiddel heeft voor- en nadelen.  
 Voordeel: het bindmiddel kan specifiek worden aangepast aan de behoefte / toepassing;  
 Nadeel: er is geen garantie over het behoud van eigenschappen van het bindmiddel.
- 1.5 Berekening van het cementgehalte voor milieuklasse XC4.  
 XC4 → max. wcf = 0,50 aan te houden wcf = 0,50 – 0,02 = 0,48  
 Waterbehoefte is 150 kg, dus bindmiddelgehalte wordt 150 / 0,48 = 313 kg  
 Bindmiddel bestaat uit CEM II/A en poederkoolvliegias.  
 Voor CEM II/A geldt: k = 0,4 met maximaal poederkoolvliegias V = 1/4 C  
 Dus B = C + k x V = C + 0,4 x 0,25 C = 1,1 C = 313 kg  
 C = 313 / 1,1 = 285 kg (en V = 285 / 4 = 71 kg)
- 1.6 De k-waarde voor silica fume mag worden gebruikt als:
- CEM I of CEM II/A wordt gebruikt
  - het gehalte aan silica fume beperkt blijft tot 11% van het cementgehalte
  - k = 2,0 als de wcf ≤ 0,45 voor alle milieuklassen en voor wcf > 0,45, behalve voor de milieuklassen XC en XF.
  - k = 1,0 als wcf > 0,45 in milieuklassen XC en XF
  - het cementgehalte moet groter zijn dan het vereiste bindmiddelgehalte minus 30 kg dus C ≥ B – 30 kg.

- 1.7 Onder het gelijkwaardigheidsbeginsel wordt verstaan, dat mag worden afgeweken van de voorgeschreven samenstellingseisen, als door middel van onderzoek is aangetoond dat het onderzochte product aan de eisen van de norm voldoet. Daarbij wordt als eis gesteld dat alleen de grondstoffen volgens tabel 1.1 van het dictaat mogen worden gebruikt.
- 1.8 ASR-schade kan optreden, als:
- er een reactie optreedt tussen het reactief silica uit het toeslagmateriaal of uit de omgeving en de alkaliën uit het beton (natrium- en kaliumverbindingen).
  - en als daarbij vocht aanwezig is.
- 1.9 De reactieve bestanddelen van het toeslagmateriaal zijn:
- opaal
  - tridymiet
  - chalcedoon
  - krypto-kristallijn kwarts
  - vuursteen
- 1.10 Bij minder dan een totaal alkaligehalte van 3,0 kg treedt er geen ASR-schade op.
- 1.11 We hebben een betonmengsel bestaande uit CEM I en poederkoolvliegias.  
 Het Na-eq. van de poederkoolvliegias is 3,5%.  
 Dat vraagt een poederkoolvliegiasgehalte van 30%.  
 Dit bedraagt  $100 / (100 + 200) = 33\%$ . Dit is groter dan 30% dus voldoet.  
 De alkalibijdrage van de overige bestanddelen is:
- |                                     |                                      |          |
|-------------------------------------|--------------------------------------|----------|
| 880 kg zand                         | $880 \times 0,040/100 =$             | 0,352 kg |
| 1100 kg grind                       | $1100 \times 0,030/100 =$            | 0,330 kg |
| 120 kg water                        | $120 \times 0,001/100 =$             | 0,001 kg |
| 3 kg hulpstof                       | $3 \times 2,8/100 =$ <u>0,084 kg</u> |          |
| alkalibijdrage overige bestanddelen |                                      | 0,767 kg |
- Dit betekent dat  $Y > 0,6$  en  $Y < 1,2$   
 Het maximale alkaligehalte van het cement mag volgens tabel 1,6 niet meer zijn dan 0,7%.  
 Met een waarde van 0,62% wordt hieraan voldaan.
- 1.12 Zie paragraaf 1.8 van het dictaat.
- 1.13 CEM I 32,5 R: te rekenen met een k-factor  $k = 0,4$   
 De maximaal in rekening te brengen hoeveelheid poederkoolvliegias is:  
 $1/3 \times 320 = 107$  kg, dus alle poederkoolvliegias mag als bindmiddel worden verrekend.  
 $B = 320 + 0,4 \times 80 = 352$  kg  
 $wbf = 175 / 352 = 0,50$
- 1.14 CEM I 52,5 R: te rekenen met  $k = 0,4$   
 De maximaal in rekening te brengen hoeveelheid poederkoolvliegias is:  
 $1/3 \times 290 = 97$  kg

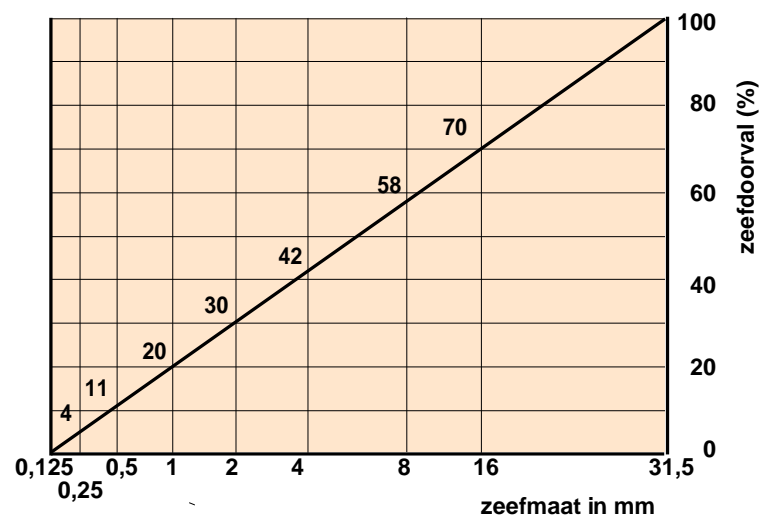
$$B = 290 + 97 \times 0,4 = 329 \text{ kg}$$

- 1.15 Eerst water-cementfactor te berekenen:  $w/c = 130 / 330 = 0,39$   
Dit is  $< 0,45$  en in milieuklasse XD, dus  $k = 2,0$   
Maximaal te verrekenen silica fume:  $0,11 \times 330 = 36,3$   
Dus alle silica mag worden verrekend  
 $B = 330 + 2 \times 35 = 400 \text{ kg}$   
 $wbf = 130 / 400 = 0,33$

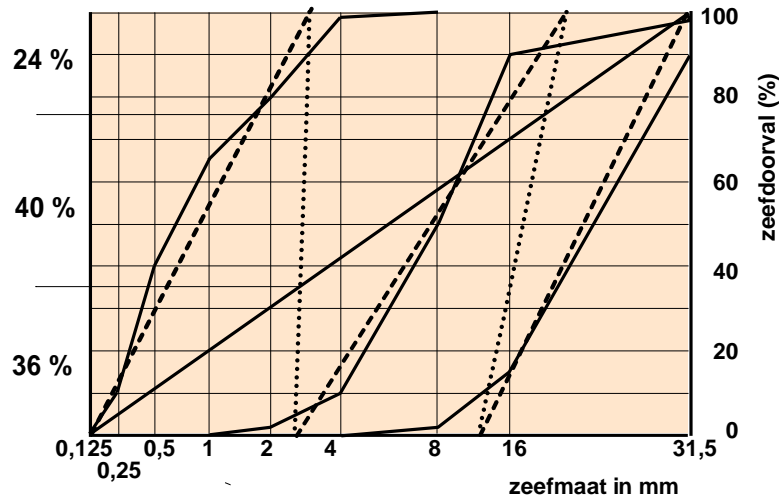
## 2 SAMENSTELLEN VAN BETON

- 2.1 De volgende fasen moeten worden doorlopen:
- inventarisatie van eisen
  - keuze van materialen
  - berekening betonsamenstelling
- 2.2 De volgende gegevens moeten in ieder geval bekend zijn:
- vereiste sterkteklasse
  - milieuklasse(n)
  - grootste korrelafmeting
  - consistentieklasse
  - chlorideklasse m.b.t. wapening
  - bijzondere eigenschappen (sterkteontwikkeling, warmteontwikkeling e.d.)
- 2.3
- a. Voor de galerijplaten zijn de volgende milieuklassen van toepassing:
- |                                       |      |                |
|---------------------------------------|------|----------------|
| bovenzijde plaat                      | XC 4 | wcf = 0,50     |
| onderzijde plaat                      | XC3  | wcf = 0,55     |
| bovenzijde plaat af en toe dooizout   | XD1  | wcf = 0,55     |
| ovenzijde plaat met vorst en dooizout | XF4  | wcf = 0,50 + L |
| of                                    |      | wcf = 0,45     |
| onderzijde plaat alleen vorst         | XF3  | wcf = 0,50     |
- b. Voor het ontwerp uit te gaan van:
- wcf = 0,50 met extra lucht (% afhankelijk van grootste korrelafmeting).
  - wcf = 0,45.
- 2.4 Bestanddelen van cement en bindmiddel
- hydraulisch: portlandcementklinker
  - latent hydraulisch: gegranuleerde hoogovenslak
  - puzzolaan: microslica, poederkoolvliegias, gebrande leisteen, natuurlijke puzzolaan, tras
  - inert: kalksteenmeel
- 2.5 De bindmiddelfactor is van toepassing op:
- poederkoolvliegias
  - silica fume
- 2.9 CUR-Aanbeveling regelt het aantonen van gelijkwaardigheid van nieuwe cement-soorten en van nieuwe bindmiddelcombinaties al of niet in combinatie met vulstoffen.

- 2.10 De eisen die aan attestbeton worden gesteld, zijn:
- gebruik van dezelfde cement en vulstof als in het geschiktheidsonderzoek.
  - herkomst van grondstoffen mag niet afwijkend zijn.
  - alleen toepassen als waarin het is getest.
  - bindmiddelgehalte moet ten minste gelijk zijn aan de eis van de betreffende cement-klasse.
  - water-bindmiddelfactor mag niet hoger zijn dan eis van milieuklasse.
- 2.11 Stappen in berekening:
1. bereken gemiddelde sterkte
  2. bepaal rekenwaarde cement/bindmiddel
  3. bepaal water-cementfactor
  4. bereken toeslagmaterialenmengsel
  5. controle ontwerpgebied
  6. bepaal waterbehoefte
  7. bereken cement/bindmiddelgehalte
  8. bereken hoeveelheden grondstoffen
  9. maak afweegstaat voor mengmeester
  10. controleberekeningen
- 2.12 De gegevens van de ideale gradering zijn in een grafiek gezet, met de ideale gradering als een rechte lijn. De zeefmaten zijn daarna ingevuld.



Vervolgens zijn in die grafiek de zeefanalyses van de 3 materialen ingetekend. Deze zijn vervolgens vervangen door vervangende rechte lijnen en de uiteinden van die lijnen zijn met elkaar verbonden. De snijpunten van die verbindingslijnen met de ideale gradering bepaalt de mengverhouding.



Het mengsel bestaat dus uit:

- 36 % zand
- 40 % fijn grind
- 24 % basalt

2.13

Onderstaand staan vijf mogelijkheden om waterafscheiding te voorkomen:

1. een zo droog mogelijke specie;
2. gebruik een zeer fijn gemalen cement;
3. vergroting van de totale specifieke oppervlakte van het mengsel door meer cement, poederkoolvliegas of een andere minerale vulstof;
4. een goede, continue korrelverdeling, die vergt immers een minimale hoeveelheid water voor een bepaalde verwerkbaarheid;
5. het gebruik van een hulpstof:
  - een versneller bevordert de binding, waardoor de bleeding eerder stopt;
  - met een (super)plastificeerder wordt eenzelfde verwerkbaarheid verkregen met minder water;
  - een luchtbelvormer werkt niet alleen plastificerend, maar de zeer vele kleine luchtbelletjes verbeteren de samenhang van het mengsel. We kunnen aannemen dat de luchtbelletjes eenzelfde functie vervullen als fijne zandkorreltjes. Ze dragen bij tot een vergroting van de totale oppervlakte per volume.

2.14

Door verkleinen van de grootste korrelafmeting neemt het oppervlak per volume toe. Hierdoor is meer water (en cement) nodig om alle korrels te omhullen. Om ontmenging te voorkomen is er daarom meer fijn materiaal nodig.

2.15

In de formule voor de Fullerkromme komt de breuk "korrelafmeting / maximale korrel" onder het wortelteken voor. Een grotere "maximale korrel" leidt dus tot kleinere doorvallen en derhalve tot kleinere fijngehalten. In de praktijk is echter gebleken dat het fijngehalte altijd apart gecontroleerd moet worden.



- 2.16 Doorval zeef 4 mm:  $P_4 = 100 \sqrt{\left(\frac{4}{8}\right)} = 71 \%$   
 Doorval zeef 1 mm:  $P_1 = 100 \sqrt{\left(\frac{1}{8}\right)} = 35\%$   
 Stel het zandpercentage op Z%, dan is het grindpercentage  $(100 - Z) \%$ ,  
 dus geldt op zeef 4 mm  
 $(Z/100) \times 100 + \{(100 - Z)/100\} \times 28 = 71 \%$   
 $Z = 60\%$  en  $G = 40 \%$
- Voor het totale zand blijft dan 60% over, dat zo verdeeld moet worden, dat op zeef 1 mm de totale zeefdoorval in het mengsel op 35% uitkomt. Stel het percentage fijn zand op Y%, dan is het percentage grof zand:  
 $(60 - Y)\%$   
 $Y\%$  fijn zand +  $(60 - Y)\%$  grof zand + 40% grind = 35%
- $$\frac{Y}{100} \times 88 + \frac{(60 - Y)}{100} \times 50 + \frac{40}{100} \times 0 = 35\%$$
- $$88Y + (60 - Y) 50 = 35 \times 100$$
- $$88Y - 50Y + 3000 = 3500$$
- $$38Y = 3500 - 3000 = 500$$
- $$Y = 13\%$$
- Het percentage fijn zand is dus 13% en het percentage grof zand is:  $60 - 13 = 47\%$ .
- 2.17 Volgens grafiek is dat 40 %.
- 2.18 Het effectief luchtgehalte is dat deel van het luchtgehalte, dat als fijn materiaal in rekening mag worden gebracht. Voor een totaal luchtgehalte van 6 % is 4 % effectief.
- 2.19 De korrelvorm heeft invloed op de waterbehoefte van een mengsel door:
- oppervlak per volume is groter als korrel niet rond is
  - textuur van de korrels: ruw of glad
- 2.20 De effectieve water-cementfactor is de verhouding water en cement, waarbij het geabsorbeerde water buiten beschouwing wordt gehouden.
- 2.21 Gemiddelde sterkte wordt:  $45/0,95^3 = 52,5 \text{ N/mm}^2$ .
- 2.22  $0,25 \times 63 + 0,75 \times 48 = 51,8 \text{ N/mm}^2$ .

2.23

a. Berekening chloridegehalte:

grondstof	massa [ kg]	chloridegehalte in %	chloriden in kg
cement	315	0,05	0,16
droog zand	641	0,09	0,58
droog grind	1257	0,03	0,38
water	105	0,05	0,05
totaal			1,17

Het chloridegehalte bedraagt dus  $1,17 / 315 \times 100 = 0,37 \%$

- b. De eis voor voorgespannen beton is 0,2 %. Het beton is dus niet geschikt voor voorgespannen beton.
- c. De eis voor gewapend beton is 0,4 %. Het beton is dus wel geschikt voor gewapend beton.

2.26

a. Vul eerst de gegevens in op het uitleveringsschema en bereken de uitlevering van het mengsel zonder vliegias.

Omdat geen verdeling van het zand/grindmengsel gegeven is, moet bij het toeslagmateriaal 100% voor het zand en grind samen worden ingevuld.

grondstof		volume m <sup>3</sup>	volumieke massa kg/m <sup>3</sup>	massa kg	vocht		opgave meng- meester kg
					%	kg	
cement	CEM I 32,5 R	0,102	3150	320			320
vulstof				0			
water		0,160	1000	160		-57	103
hulpstof		0		0			
water in hulpstof		0		0			
lucht %	2	0,020					
<b>subtotaal</b>		0,282		480			423
<b>toeslag</b>	%	0,718		<b>droog kg</b>		<b>water kg</b>	<b>nat kg</b>
zand & grind	100	0,718	2650	1,903	3	57	1960
<b>totaal</b>		1,000				<b>57</b>	2383

b. Het gehalte fijn materiaal is eenvoudig te berekenen omdat de zeefdoorval op zeef 0,25 mm bekend is: 2,5 %

cement CEM 1 32,5 R	kg	m <sup>3</sup>
	320	0,102
zand en grind (0,025 x 0,718 m <sup>3</sup> )		<u>0,018</u>
totaal		0,120

Het gehalte fijn materiaal voldoet ruimschoots.

Vervangen van zoveel mogelijk cement door gecertificeerd vliegas.

Voor de bindmiddelfunctie van vliegas mag maximaal met 1/3 van het cementgehalte gerekend worden en van deze vliegas mag 40% als bindmiddel worden meegerekend.

In het oorspronkelijke mengsel zat 160 kg water en de wcf was 0,5. In het nieuwe mengsel maken we de wbf gelijk aan de oorspronkelijke wcf.

We moeten aannemen dat deze wcf met zorg gekozen is vanwege de gevraagde milieuklasse of vanwege de benodigde druksterkte.

Stel het nieuwe cementgehalte op C kg per m<sup>3</sup> en het vliegasgehalte op V kg per m<sup>3</sup>, dan is

$$\frac{\text{watergehalte}}{C + 0,4V} = 0,50$$

Het watergehalte was 160 kg per m<sup>3</sup>, dus volgt hieruit:

$$0,50 \times (C + 0,4V) = 160.$$

Omdat gevraagd wordt het maximum aan cement door vliegas te vervangen, vervangen we zoveel cement dat 1/3 van het nieuwe cementgehalte vliegas is. Dus rekenen we met  $V = 0,33 C$ .

$$\rightarrow 160 = 0,50 \times (C + 0,4 \times 0,33C) = 0,50 \times 1,132 C$$

$$\rightarrow 1,132 C = 160 / 0,50$$

$$\rightarrow C = 282 \text{ kg per m}^3$$

$$\rightarrow V = 0,33 \times 282 = 94 \text{ kg per m}^3$$

Controle

$0,4 \times 94 = 38$  en  $282 + 38 = 320$ , dus een maximaal mogelijke hoeveelheid cement vervangen.

c. Voor de uitlevering van het nieuwe mengsel vullen we weer het uitleveringsschema in.

grondstof		volume m <sup>3</sup>	volumieke massa kg/m <sup>3</sup>	massa kg	vocht		opgave meng- meester kg
					%	kg	
cement	CEM I 32,5R	0,090	3150	282			282
vulstof	vliegas	0,042	2250	94			94
water		0,160	1000	160		0	105
hulpstof		0		0			
water in hulpstof		0		0			
lucht %	2	0,020					
<b>subtotaal</b>		0,312		536			481
<b>toeslag</b>	%	0,688		<b>droog kg</b>		<b>water kg</b>	<b>nat kg</b>
zand & grind	100	0,688	2650	1823	3	55	1878
<b>totaal</b>		1,000		2359		55	2359

d. Het nieuwe gehalte fijn materiaal wordt dan:

	kg	m <sup>3</sup>
cement CEM 1 32,5 R	282	0,090
zand en grind (0,025 x 0,688 m <sup>3</sup> )	--	0,017
vliegas	94	<u>0,042</u>

totaal

0,149

Het gehalte fijn materiaal blijkt drastisch verhoogd en dat heeft enkele belangrijke consequenties.

1. De waterbehoefte zal groter worden.

Bij vliegias wordt dit echter gedeeltelijk gecompenseerd doordat de vliegiasbolletjes een gunstige invloed hebben op de verwerkbaarheid.

2. Het mengsel wordt stabiel.

De neiging tot ontmenging neemt af. Let op! Daardoor kan bij slechte nabehandeling het risico van plastische krimp scheuren in vloeren toenemen; er komt bij het verdichten slechts weinig water naar het oppervlak.

2.27

a. De volgende milieuklassen komen in aanmerking:

XC4, afwisselend nat en droog, buiten onbeschut met het risico van corrosie ingeleid door carbonatatie.

XD3, gevaar voor corrosie ingeleid door chloriden niet afkomstig van zeewater, wel wisselend nat en droog.

XF4, met water verzadigde horizontale oppervlakken met de kans op vorst/dooi-aantasting in combinatie met dooizouten (met of zonder extra lucht)

b. Maatgevende milieuklasse is XF4 met de volgende eis  $wcf \leq 0,45$  en  $C \geq 320$  kg per  $m^3$ .

c. Het gewenste sterkteniveau bedraagt C 35/45. Dit houdt in dat de gemiddelde na te streven kubusdruksterkte  $45 + 8 = 53$  N/mm<sup>2</sup> bedraagt.

De maximale wcf om te voldoen aan de sterkte-eis wordt dan:

$$53 = 0,8 \times N + 25 / wcf - 45$$

We nemen het cement met de hoogste normsterkte CEM III/B 42,5 N LH HS:

$N = 58$  N/mm<sup>2</sup> om zodoende het cementgehalte te beperken.

$$53 = 0,8 \times 58 + 25 / wcf - 45 \rightarrow wcf = 0,48$$

Op grond van de milieuklasse wordt de maximaal aan te houden wcf = 0,45. Deze waarde is maatgevend en wordt keuringscriterium. Daarom in ontwerp uit te gaan van  $wcf = 0,45 - 0,02 = 0,43$ .

We maken geen gebruik van de luchtbelvormer omdat dat bij deze (lage) wcf niet nodig is. Wel passen we de plastificeerder toe om het benodigde cementgehalte te beperken en consistentieklasse F4 te kunnen realiseren. Voor dat laatste komt de waterreductie niet in aanmerking.

De waterbehoefte van het mengsel stellen we vast op basis van de grootste korrelafmeting van het toeslagmateriaal en het ontwerpgebied I.

Waterbehoefte volgens tabel 9.11 bedraagt 180 kg per  $m^3$ .

Het cementgehalte per  $m^3$  kan vervolgens worden bepaald:

$$W = 180 \text{ kg en } wcf = 0,43$$

$$C = 180 / 0,43 = 419 \text{ kg per } m^3.$$

*Mengsamenstelling*

grondstof	massa [kg]	volumieke massa [kg/m <sup>3</sup> ]	volume [m <sup>3</sup> ]
CEM III/B 42,5	419	2950	0,142
water	180	1000	0,180
plastificeerder	-		-
lucht			0,010
cementpasta	599		0,332
toeslagmateriaal			0,668
zand 0/4 40 %	708	2650	0,267
grind 4/32	1063	2650	0,401
beton	2370		1,000

Nat zand  $708 \times 1,04 = 736$  kg (incl. 28 kg water)

Nat grind  $1063 \times 1,015 = 1079$  kg (incl. 16 kg water)

Absorptie zand  $708 \times 0,003 = 2$  kg

Absorptie grind  $1063 \times 0,007 = 7$  kg

Aanmaakwater  $180 - 28 - 16 + 2 + 7 = 145$  kg

grondstof		volume m <sup>3</sup>	volumieke massa kg/m <sup>3</sup>	massa kg	vocht		opgave meng- meester kg
					%	kg	
cement	CEM III/B	0,142	2950	419			419
vulstof	geen	0		0			
water		0,180	1000	180		- 44 + 9	145
hulpstof	plast.	0*		0			
water in hulpstof		0*		0			
lucht %	1%	0,010					
<b>subtotaal</b>		0,332					564
<b>toeslag</b>	%	0,668		droog			nat
zand	40	0,267	2650	708	4	28	736
grind	60	0,401	2650	1063	1,5	16	1079
<b>totaal</b>		1,000		2369		<b>44</b>	2379
<b>absorptiewater</b>							
zand				708	0,3	2	
grind				1063	0,7	7	
totaal absorptiewater:						<b>9</b>	

\* Omdat geen gegevens van de gebruikte plastificeerder beschikbaar zijn (zoals de dosering, het droge-stofgehalte en de volumieke massa), wordt geen rekening gehouden met het volume van de hulpstof en het daarin aanwezige water.

*Uitlevering:*

419 kg CEM III/B 42,5 N LH HS

145 kg water

plastificeerder

736 kg nat zand

1079 kg nat grind

2.28 Uit de natte en droge massa van het monster kan het watergehalte van de specie worden berekend.

$$4000 - 3695 = 305 \text{ gram}$$

De specie bevat dus  $(305 / 4000) \times 100 = 7,6 \%$  water t.o.v. nat.

De totale hoeveelheid specie is:

$$2100 + 6445 + 4570 + 660 = 13775 \text{ kg}$$

Daarin bevindt zich totaal  $7,6 \%$  water, dat is  $0,076 \times 13775 = 1047 \text{ kg}$ .

De water-cementfactor van deze specie is  $1047 / 2100 = 0,50$ .

Op basis van de wcf kan een schatting van de betonsterkte worden gemaakt:

$$B = 0,8 \times 58 + (25 / 0,50) - 45 = 51,4 \text{ N/mm}^2$$

Het cementgehalte per  $\text{m}^3$  wordt als volgt berekend:

Totaal watergehalte  $1047 \text{ kg}$ . In het toeslagmateriaal  $1047 - 660 = 387 \text{ kg}$ .

De hoeveelheid droog toeslagmateriaal is dus

$$6445 + 4570 - 387 = 10628 \text{ kg}$$

Het volume van de samenstellende delen is:

cement	$2100 / 3150 =$	$0,667 \text{ m}^3$
toeslag	$10628 / 2650 =$	$4,011$
water	$1047 / 1000 =$	$1,047$
totaal		$5,725 \text{ m}^3$

Omdat de specie  $1,9 \%$  lucht bevat komt  $5,725 \text{ m}^3$  overeen met  $98,1 \%$ .

De specie neemt dus een volume in van  $(100 / 98,1) \times 5,725 = 5,836 \text{ m}^3$ .

Per  $\text{m}^3$  bevat de specie  $(2100 / 5,836) = 360 \text{ kg}$  cement.

#### Conclusie:

De geschatte sterkte zou kunnen voor een C 28/35 (ruim boven de  $43 \text{ N/mm}^2$ ). Het cementgehalte is ruim voldoende.

De specie voldoet niet aan de eis voor de milieuklasse. Voor XF4 moet, indien geen luchtbelvormer wordt gebruikt en dat is hier het geval, de wcf =  $0,45$  bedragen. Deze is  $0,50$  dus voldoet het mengsel niet aan NEN 8005.

2.29 De formule is  $\tau_p = \left(\frac{d}{d_0}\right)^2 - 1$

2.30 De  $\beta_p$  van een poeder is een maat voor de waterbehoefte. Het geeft het volume water net geen vloeit optreedt.

2.31 De  $\beta_p$  van een poeder wordt bepaald door ten minste 4 pastamengsels te maken met een verschillende hoeveelheid water. Van ieder mengsel wordt het  $V_w/V_p$  en de  $\tau_p$  berekend en deze resultaten worden in een grafiek (met  $V_w/V_p$  verticaal en  $\tau_p$  horizontaal) uitgezet. In de grafiek wordt door de resultaten een regressielijn getrokken, die de verticale nullijn snijdt. Het snijpunt geeft de waarde van  $\beta_p$  aan.

2.32 Een poeder met een hogere  $\beta_p$  heeft een grotere waterbehoefte dan een poeder met een lagere waarde. De grotere waterbehoefte wordt veroorzaakt door de grotere fijnheid van het poeder.

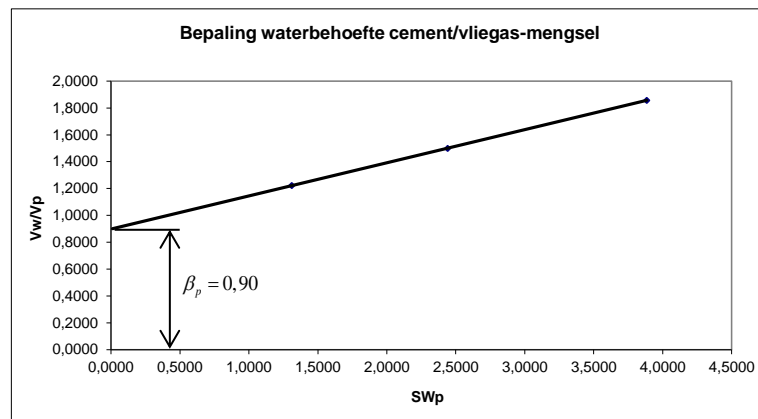
- 2.33 Waterbehoefte van het mengsel:  $0,60 \times 1,25 + 0,40 \times 0,75 = 1,05$
- 2.34 Op 100 liter poeder is dus 105 liter water aanwezig.  
 cement:  $0,60 \times 100 = 60$  liter met een massa van 189 kg  
 water: 105 kg  
 $wcf = 105/189 = 0,56$
- 2.35 Op 100 liter poeder is dus 105 liter water aanwezig.  
 cement:  $0,60 \times 100 = 60$  liter met een massa van 189 kg  
 vliegas:  $0,40 \times 100 = 40$  liter met een massa van 90 kg  
 bindmiddel:  $189 + 0,4 \times 1/3 \times 189 = 214$  kg  
 water: 105 kg  
 $wbf = 105/214 = 0,49$
- 2.36 a. Volume aandeel cement bedraagt:  

$$\%V_c = \frac{0,70}{0,48 \times 3,15 + 0,70} = \frac{0,70}{1,30} = 0,54$$

$$\%V_v = 0,23$$
- a. Waterbehoefte  $\beta_p = 0,77 \times 1,30 + 0,23 \times 0,70 = 1,16$
- 2.37 Door meer dan 45 % zand aan een pasta toe te voegen neemt het gevaar van ontmenging toe.
- 2.38 Bij gebruik van een superplastificeerder moet de hoeveelheid water worden gereduceerd om ontmenging te voorkomen. Hiervoor moet gerekend worden met  $\kappa_p$ .
- 2.39 Onder de blokkeringsmaat verstaat men het verschil in hoogte van een plak betonspecie, die vloeit door een obstakel in de vorm van stalen pinnen, voor en achter het obstakel. De blokkeringsmaat wordt gemeten met de J-ring. Hoe beter de specie vloeit, des te kleiner is het verschil in hoogte.
- 2.40 Bereken eerst het volume  $V_p$  van het cement/vliegasmengsel door de gegeven massa's van het poeder in grammen te delen door de volumieke massa ( $\rho_m = 3$  g/ml). Het volume water  $V_w$  is gelijk aan de massa van het water.
- Bepaal daarna de verhouding  $V_w/V_p$ .  $\tau_p$  wordt berekend uit de formule  $\tau_p = \left(\frac{d}{d_0}\right)^2 - 1$  waarbij  $d_0$  100 mm is.
- Zie nevenstaande tabel voor de resultaten.

water		poeder		$V_w/V_p$	$r_1$	$r_2$	$r$	$\tau_p$
gram	ml	gram	ml					
550	550	1350	450	1,222	151	153	152	1,310
600	600	1200	400	1,500	188	183	185,5	2,441
650	650	1050	350	1,857	219	223	221	3,884

$V_w/V_p$  wordt uitgezet tegen  $\tau_p$ . Door de drie punten kan een lijn getrokken worden. Het snijpunt op de y-as is de waterbehoefte  $\beta_p = 0,90$ . Zie onderstaande figuur.



- 2.41 Pastaproeven met kegel van Haegermann voor bepalen van vloeimaat, trechtertijd door doorlooptijd te bepalen van pasta, mortel en betonspecie, vloeimaat met kegel van Abrams voor betonspecie, L-Boxtest en J-ring voor betonspecie.
- 2.42 De waterbehoefte van het poeder is  
 $0,40 \times 1,15 + 0,60 \times 0,85 = 0,46 + 0,51 = 0,97$ .
- 2.43 Door het zandgehalte te verhogen gaat het mengsel zich zanderiger gedragen en minder vervloeien. De trechtertijd zal toenemen omdat de specie stugger is.
- 2.44 a. De trechtertijd wordt voornamelijk beïnvloed door het gehalte aan water in de betonspecie, dus hier is er te weinig water.  
b. Meer water toevoegen door correctiewaarde  $\kappa_p$  te verhogen.
- 2.45 Bij het gebruik van dezelfde trechter zou de doorstroomtijd voor betonmortel te laag zijn om juist te kunnen meten.
- 2.46  $V_w / V_p = 0,6 \times 1,12 + 0,4 \times 0,88 = 0,672 + 0,352 = 1,024$   
met correctiewaarde  $1,024 \times 0,75 = 0,768$   
op 1000 l poeder wordt dus 768 l water toegevoegd  
60 % cement d.i. 600 l met een massa  $600 \times 3,15 = 1890$  kg



40 % vliegias d.i. 400 l met een massa  $400 \times 2,25 = 900 \text{ kg}$

$k = 0,4$

bindmiddel =  $1890 + 0,4 \times 1/3 \times 1890 = 2142 \text{ kg}$  (niet alle vliegias mag in rekening worden gebracht)

$wbf = 768 / 2142 = 0,36$

### **3 BETON MET SPECIFIEKE EISEN OF BIJZONDERE SAMENSTELLINGEN**

- 3.1 Hogesterktebeton heeft een grote samenhang. Dat maakt het storten en verdichten moeilijker. Om problemen bij de verwerking te voorkomen wordt daarom vaak gekozen voor een hoge consistentieklasse.
- 3.2 Om de hoge sterkte te bereiken is het belangrijk dat het materiaal zo homogeen mogelijk is om interne piekspanningen te voorkomen. Daarom heeft het gebruik van een kleinere grootste korrel de voorkeur.
- 3.3 De hoge consistentie van HSB wordt verkregen door het gebruik van sterk werkende superplastificeerders, Superplastificeerders behorend tot groep polycarboxylaten worden het meest toegepast.
- 3.4 De hoge mengselstabiliteit maakt het verdichten moeilijker.
- 3.5 Antwoord D, lage water-cementfactor, want de relatie tussen w/c-factor en sterkte is hier maatgevend. Voor HSB wordt gewerkt in het gebied dat een klein verschil in w/c een grote invloed heeft op de sterkte (linkerdeel van de grafiek).
- 3.6 Polypropyleenvezels in hogesterktebeton kunnen het risico van spatten bij brand beperken. De vezels voorkomen het afspatten van de betonhuid, omdat de vezels smelten waardoor kanaaltjes ontstaan die de ontwikkelde stoom tijdens brand kunnen afleiden.
- 3.7 Toepassingsmogelijkheden voor zwaarbeton zijn:
- stralingsscherm voor röntgen apparatuur
  - scheidingswanden in kerncentrales
  - gewichtsconstructies onder water (golfbrekers)
- 3.8 Toeslagmaterialen voor lichtbeton van natuurlijke oorsprong zijn: bims en lava. Kunstmatige grondstoffen zijn: geëxpandeerde klei, gesinterde vliegas.
- 3.9 Het teruglopen van de verwerkbaarheid van lichtbeton tijdens transport en verwerken kan worden voorkomen door:
- de korrels vooraf met water te verzadigen.
  - extra water aan het mengproces toevoegen.
- 3.10 Alle mengselontwerpen berusten op het optimaal verdelen van korrels van verschillende grootte, die een zo dicht mogelijke pakking moeten verkrijgen. Bovendien wordt het mengsel in principe op volumebasis ontworpen.

3.11 Voor lichtbeton is geschiktheidsonderzoek absoluut noodzakelijk!  
Na het mengen van betonspecie voor lichtbeton ontstaat gemakkelijk een sterke terugloop in verwerkbaarheid omdat het grove toeslagmateriaal enige tijd na aanmaak nog water opzuigt.

Om dit euvel effectief te bestrijden is het nodig om:

1. Het absorptiegedrag van het lichte toeslagmateriaal goed te kennen. Vooraf dus een aantal malen meten.
2. Tijdens de productie het vochtgehalte van het lichte toeslagmateriaal frequent te meten en de hoeveelheid water die nog geabsorbeerd zal worden extra te doseren.
3. Wachten met de verwerking totdat het extra water grotendeels geabsorbeerd is.

Betonspecie voor lichtbeton heeft de neiging te ontmengen omdat het grove toeslagmateriaal zo licht is. Bij het verwerken heeft de grove fractie voortdurend de neiging op te drijven.

Aanpak:

1. Goede gradering waardoor de waterbehoefte van de specie gering is; minder water verkleint het probleem.
2. Gebruik van een luchtbelvormer maakt de zand-cementmortel - waarin het grove toeslagmateriaal drijft - lichter, zodat de neiging tot opdrijven afneemt.

3.12 In lichtbeton zijn de lichte korrels toeslagmateriaal relatief zwak waardoor de belasting vooral door het cementskelet wordt overgedragen, dit in tegenstelling tot normaal beton waarin de krachtoverdracht vooral via de harde korrels plaatsvindt. Een dikker cementskelet levert bij lichtbeton daarom, in tegenstelling tot "normaal" en zwaar beton, wel een hogere sterkte.

3.13 Uit het proefmengsel volgt:

1 liter cement met massa	= 1250 g
3 liter vochtig zand (3 %) met massa 3 x 1350 (dit is $0,97 \times 4050 = 3928$ g droog zand en 122 g water)	= 4050 g
6 liter toeslagmateriaal met massa 6 x 600	= 3600 g
De totale hoeveelheid water is $1965 + 122$	= 2087 g

De uitlevering van het proefmengsel:

$$(22,7 / 30) \times 10 = 7,57 \text{ liter}$$

Voor  $1 \text{ m}^3$  is dus nodig:

$$(1000 / 7,57) \times 1250 / 1000 = 165 \text{ kg cement}$$

$$(1000 / 7,57) \times 3928 / 1000 = 519 \text{ kg zand (droog)}$$

$$(1000 / 7,57) \times 3600 / 1000 = 476 \text{ kg licht toeslagmateriaal (droog)}$$

$$(1000 / 7,57) \times 2087 / 1000 = 276 \text{ kg water}$$

Bij de vraag worden de vochtgehaltenes (t.o.v. nat!) van het zand en het lichte toeslagmateriaal vermeld, zoals die tijdens de uitvoering blijken te zijn gemeten.

Daarmee moet natuurlijk rekening worden gehouden bij de opgave aan de mengmeester.

vochtgehalte van het zand: 4%;

vochtgehalte van het lichte toeslagmateriaal: 8%.

De gegevens voor de mengmeester worden dan:

- cement = 165 kg
- nat zand:  $519 / 0,96 = 541$  kg (met 22 kg water)
- nat licht toeslagmateriaal:  $476 / 0,92 = 517$  kg (met 41 kg water)
- water:  $276 - 22 - 41 = 213$  kg

(het water in het lichte toeslagmateriaal is geabsorbeerd).

3.14

### Fase II

Alle materialen liggen vast.

### Fase III

Cementsoort en hoeveelheid liggen vast: 350 kg CEM III/B 32,5

Luchtgehalte: 5%

Watergehalte: 185 kg

Punt 8: hoeveelheid toeslagmateriaal

$1 \text{ m}^3$  betonspecie mag wegen:  $1600 / 0,96 = 1667$  kg (i.v.m. 4 % uitdroging)

De samenstelling van de cementlijm is:

	kg	$\rho_a$	$\text{m}^3$
cement	350	2950	0,119
water	185	1000	0,185
lucht	---		<u>0,050</u>
totaal:	535		0,354
toeslagmateriaal:	<u>1132</u>		<u>0,646</u>
	1667		1,000

$0,646 \text{ m}^3$  toeslagmateriaal mag een massa hebben van 1132 kg.

$\rho_{\text{id}}$  van het toeslagmateriaal is  $1100 \text{ kg/m}^3$ ; het absorbeert echter 15% (m/m) aan water, zodat de rekenwaarde voor de volumieke massa is:

$$1,15 \times 1100 = 1265 \text{ kg/m}^3$$

Het toeslagmateriaal bestaat uit zand en licht toeslagmateriaal;

als er  $X \text{ m}^3$  zand in het mengsel zit, geldt:

$$X \cdot 2650 + (0,646 - X) \times 1265 = 1132$$

$$\rightarrow X = 0,227 \text{ m}^3$$

Het mengsel bestaat dus uit  $0,227 \text{ m}^3$  zand en  $0,419 \text{ m}^3$  licht toeslagmateriaal.

Nu de samenstelling van het toeslagmaterialenmengsel bekend is, kan de uitleveringsberekening gemaakt worden. Daarbij moet echter de waterdosering niet alleen gecorrigeerd worden voor het vocht in het zand, maar ook voor het extra water dat het lichte toeslagmateriaal nodig heeft.

Zand:

$$0,227 \text{ m}^3 \text{ zand met een massa } 0,227 \times 2650 = 602 \text{ kg}$$

$$3,5\% \text{ vocht} \rightarrow \text{het zand bevat } 0,035 \times 602 = 21 \text{ kg water}$$

Lichte toeslag:

$$0,419 \text{ m}^3 \text{ lichte toeslag met een massa } 0,419 \times 1100 = 461 \text{ kg}$$

$$\text{vochtgehalte: } 3\% \rightarrow \text{het lichte toeslag bevat } 0,03 \times 461 = 14 \text{ kg water}$$

te verwachten vochtabsorptie in de menger: 15%

*Uitlevering per m<sup>3</sup>*

	kg droog	vocht	kg nat	kg mengmeester
cement				350
zand	602	3,5%	623	623
licht toeslagmateriaal	461	3,0%	475	475
water				219
totaal				1667

- 3.15 Schuimbeton bevat geen (grof) toeslagmateriaal en is dus geen beton.
- 3.16 De volgende 5 toepassingsmogelijkheden voor schuimbeton:
- werkvloeren
  - isolatielagen van daken
  - isolatie van kruipruimten
  - isolatie ondervloer van op staal gefundeerde vloeren
  - vulmateriaal
- 3.17  $wcf = 144/335 = 0,43$   
 $f_{cm,2} = 0,8 \times 28 + 25/0,43 - 45 = 35,5 \text{ N/mm}^2$
- 3.18 Niet te beantwoorden, omdat de formule niet van toepassing is op lichtbeton.
- 3.19 Mogelijkheden om de beginsterkte van beton te verhogen zijn:
- de keuze van een snel(ler) verhardend cement
  - verlagen van de water-cementfactor
  - verhogen van de verhardingstemperatuur, bijvoorbeeld door:
    - verwarmen van het beton d.m.v. blowers of klimaatkamer
    - stomen van beton
    - verwarmen d.m.v. ingestorte verwarmingsdraden
    - verwarmen door dubbelwandige bekisting
- 3.20 Sterkteklasse VLH-cement:  $22,5 \text{ N/mm}^2$ .
- 3.21 Onderwaterbeton moet een hoge consistentie hebben om: goede vulling van damwandkassen en omhulling van trekelementen te verkrijgen; te voldoen aan vlakheidseisen (helling beton onder water), omdat onderwaterbeton niet verdichtbaar is.

- 3.22 Betontechnologische uitgangspunten voor onderwaterbeton zijn:  
 consistentieklasse S4 / F4;  
 gebruik van plastificeerder;  
 eventueel gebruik van vertrager;  
 fijn materiaal  $\geq 0,150 \text{ m}^3$  per  $\text{m}^3$  beton, aan te vullen met poederkoolvliegias.
- 3.23 Twee belangrijke toepassingen voor colloidaal beton zijn:  
 – dichte vloeren van onderwaterbeton  
 – dichte of poreuze dijkbekledingen, waarbij het beton de stortsteen moet 'vasthouden'.
- 3.24 Door het toevoegen van staalvezels worden de volgende eigenschappen verbeterd:  
 – nascheurgedrag  
 – scheurweerstand  
 – brandwerendheid  
 – stabiliteit
- 3.25 De kunststofvezels smelten bij brand, waardoor er kleine kanaaltjes in het beton worden gevormd. Via deze kanaaltjes kan de stoom, die door de brand ontstaat, worden afgevoerd.
- 3.26 Drie kenmerkende eigenschappen die van belang zijn voor het betonstorten met behulp van een glijbekisting zijn:  
 – de betonspecie moet een goede samenhang hebben, stabiel zijn en niet te vet;  
 – de consistentie moet binnen nauwe grenzen liggen;  
 – het opstijvingsgedrag moet voorspelbaar zijn.
- 3.27 De trekelementen in onderwaterbeton zijn nodig om de grote waterdruk onder het beton op te kunnen nemen. De dikte van de vloer is meestal ontoereikend om als voldoende tegenwicht te dienen.
- 3.28 Van een horizontale glijbekisting kunnen we spreken bij het storten van beton voor:  
 • betonwegen  
 • betonnen barrières
- 3.29 De Humm-sonde wordt gebruikt voor het meten van de indringdiepte van het opstijvende beton om zo het tijdstip waarop kan worden begonnen met afwerken (vlinderen) te bepalen.
- 3.30  $1 \text{ m}^3$  specie bevat 340 kg cement en  $0,50 \times 340 = 170 \text{ kg}$  water.  
 Per  $\text{m}^3$  moet de specie 3400 kg wegen, het toeslagmateriaal heeft een massa van:  $3400 - 340 - 170 = 2890 \text{ kg}$ .
- Het volume van de cementlijm is: (cement + water + lucht)  
 $340 / 3150 + 0,170 + 0,010 = 0,288 \text{ m}^3$

Het volume van het toeslagmateriaal is dus:

$$1 - 0,288 = 0,712 \text{ m}^3$$

Het toeslagmaterialenmengsel heeft dan een volumieke massa ( $\rho_a$ ):

$$2890 / 0,712 = 4059 \text{ kg/m}^3$$

Stel het mengsel bevat X % zand, dan geldt:

$$4059 \times 100 = 2650 \times X + 4500 \times (100 - X)$$

$$\rightarrow X = 24\%$$

$\rightarrow$  er is  $0,24 \times 0,712 = 0,171 \text{ m}^3$  zand in het mengsel.

$\rightarrow$  massa van het zand:  $0,171 \times 2650 = 453 \text{ kg}$ ,

Een  $\text{m}^3$  betonspecie mag dus maximaal 453 kg droog zand bevatten om de gevraagde massa te realiseren.

3.31

Volume en massa van de cementlijm:

	kg	$\rho_a$	$\text{m}^3$
cement	300	2950	0,102
water $0,6 \times 300 =$	<u>180+</u>	1000	0,180
totaal	480		
zand: $1000 - 480 =$	520 kg	2650	<u>0,196 +</u>
volumie zandcementspecie:			0,478 $\text{m}^3$
met lucht in pasta 1 %: $0,478/0,99 =$			0,483

a. Er moet dus  $1 - 0,483 = 0,517 \text{ m}^3$  schuim op het werk worden toegevoegd.

b. Afwegen per  $\text{m}^3$  zandcementspecie.

Omdat het schuimbeton 300 kg cement per  $\text{m}^3$  moet bevatten, wordt per  $\text{m}^3$  mortel gedoseerd:

cement:  $(1 / 0,483) \times 300 = 621 \text{ kg}$

water:  $(1 / 0,483) \times 180 = 373 \text{ kg}$

zand (droog):  $(1 / 0,483) \times 520 = 1077 \text{ kg}$

3.32

1  $\text{m}^3$  colloïdaal beton met 20% holle ruimte bevat:

	kg	$\rho_a$	$\text{m}^3$
1 $\text{m}^3$ grind 16/32; ( $\rho_b$ 1500 $\text{kg/m}^3$ )	1500	2650	0,566
0,20 $\text{m}^3$ holle ruimte;	---		<u>0,200</u>
totaal:			0,766

Blijft voor mortel (cementlijm + zand + lucht):

$$1 - 0,766 = 0,234 \text{ m}^3$$

De cementlijm bestaat uit:

	kg	$\rho_a$	$\text{m}^3$
cement:	C	2950	$0,000340 \times C$
water:	$0,5 \times C$	1000	$0,000500 \times C$
hulpstof:	$0,01 \times C$	1430	<u><math>0,000007 \times C +</math></u>
totaal:			$0,000847 \times C$

De mortel bevat naast cementlijm ook zand:

400 kg zand per m<sup>3</sup> pasta;

In 0,234 m<sup>3</sup> mortel zit  $0,234 \times 400 = 93,6$  kg zand.

Dat is  $93,6 / 2650 = 0,035$  m<sup>3</sup>.

Omdat de mortel 3 % lucht bevat, is de beschikbare ruimte voor cementlijm en zand  $0,234 / 1,03 = 0,227$  m<sup>3</sup>

Het volume van de cementlijm in de mortel is dus:

$0,227 - 0,035 = 0,192$  m<sup>3</sup>

Dit komt overeen met  $0,000847 \times C$

Het cementgehalte C is dus:  $0,192 / 0,000847 = 227$  kg

Nu C bekend is, kunnen de overige componenten van de cementlijm, waaronder het luchtgehalte worden berekend en kan het uitleveringsschema worden ingevuld.

Het luchtgehalte is  $0,03 \times 0,227 = 0,007$

grondstof		volume m <sup>3</sup>	volumieke massa kg/m <sup>3</sup>	massa kg	vocht		opgave meng- meester kg
					%	kg	
cement	CEM III/B	0,077	2950	227			227
vulstof				0			
water		0,113	1000	113		- 34	79
hulpstof	colloïdaal	0,002	1430	2,27			2,27
water in hulpstof		0 *					
lucht in mortel		0,007					
holle ruimte		0,200					
<b>subtotaal</b>		0,399					
toeslag	$1,000 - 0,399 =$	0,601		droog		water	nat
zand	uit berekening	0,035	2650	93	4	4	97
grind	$0,601 - 0,035 =$	0,566	2650	1500	2	30	1530
totaal adsorptiewater:						<b>34</b>	1933

\* Er is geen informatie beschikbaar over de hoeveelheid droge stof in de hulpstof.



## 4 BETON IN DE KIST

4.1 De hydrostatische druk is de druk die door vloeistof op een lichaam wordt uitgeoefend en deze is recht evenredig met de vloeistofdiepte en de volumieke massa.

4.2 Formule van de hydrostatische druk:  
 $p = 0,01 \times \rho_a \times h$  in kN/m<sup>2</sup>

4.3 De horizontale speciedruk wordt beïnvloed door:

- consistentie
- stijgsnelheid
- specietemperatuur
- luchttemperatuur
- vertragingstijd
- volumieke massa

4.4 De horizontale speciedruk bedraagt:

hydrostatische druk:	$p = 0,01 \times 2750 \times 4 = 110 \text{ kN/m}^2$
speciedruk volgens tabel:	60 kN/m <sup>2</sup>
specietemperatuur 18 °C	- 3 x 3 = - 9 %
luchttemperatuur 25 °C	geen reductie
speciedruk	$0,91 \times 60 = 54,6 \text{ kN/m}^2$
invloed vertrager 8 h	$3/10 \times 0,55 + 1,25 = 1,42$
speciedruk	$1,42 \times 54,6 = 77,5$
invloed volumieke massa	$2750 / 2400 \times 77,5 = 89 \text{ kN/m}^2$

De horizontale speciedruk wordt dus 89 kN/m<sup>2</sup> maximaal.

4.5 Door het toevoegen van een plastificeerder neemt de consistentie toe, wat weer tot gevolg heeft dat de horizontale speciedruk hoger wordt. Dit kan problemen geven voor een bekisting, als die daarop niet is berekend.

4.6 De rijpheid van beton is de relatie tussen de sterkte van beton en het product van de temperatuur en de tijd.

4.7 Met het gebruik van de methode van de gewogen rijpheid is het niet meer nodig om verhardingskubussen te maken. Een temperatuurmeting volstaat, als de temperatuur ten minste op de juiste plaats wordt gemeten.

4.8 Voor het bepalen van de ijkgrafiek moeten ten minste vijf kubussen worden gemaakt, welke verharden in de waterbak van 20 °C. Deze kubussen worden op verschillende dagen beproefd op druksterkte. Van elke kubus is dan de gewogen rijpheid en de sterkte bekend. Door deze gegevens uit te zetten in een grafiek, waarbij de gewogen rijpheid op de

horizontale (logaritmische) schaal wordt uitgezet en de sterkte op de verticale as. Door deze resultaten wordt de regressielijn getrokken, waarna evenwijdig aan de regressielijn de ijklijn kan worden getekend, met een verschuiving van  $v = a \times s$  naar beneden. In deze verschuiving is  $a$  een nader overeen te komen constante en  $s$  de spreiding.

4.9 A is het juiste antwoord.

4.10 De betrouwbaarheid van een ijkgrafiek over een langere periode wordt vast-gesteld door regelmatig enige kubussen te maken en deze resultaten in de ijk-grafiek te verwerken. Zolang deze binnen de spreiding van de vorige resultaten liggen, is de ijkgrafiek nog geldig. Als dat niet zo is, moet een nieuwe ijkgrafiek van de beschikbare resultaten worden gemaakt, dus met een nieuwe regressielijn en ijklijn.

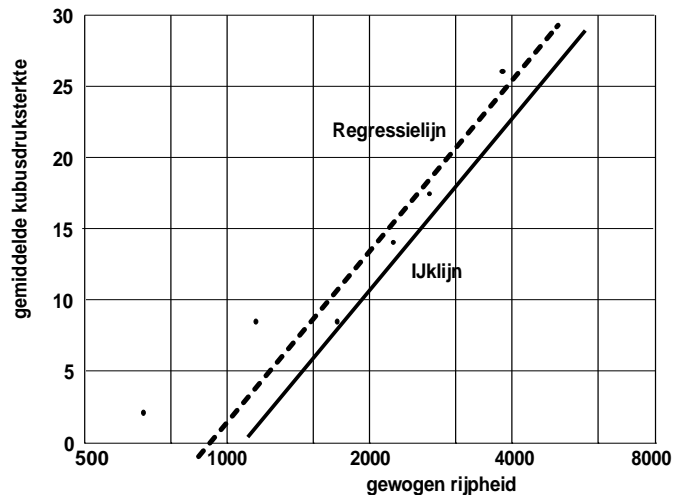
4.11 De rijpheid van de kubus na 1, 2, 3, 4, 5 en 7 dagen is uitgerekend bij een verhardingstemperatuur van 20 °C.

a. De gewogen rijpheid van de kubussen is uitgerekend, bij een verhardingstemperatuur van 20 °C:

na 1 dag	$24 \times 22,9 =$	550 °Ch
na 2 dagen	$48 \times 22,9 =$	1099
na 3 dagen	$72 \times 22,9 =$	1648
na 4 dagen	$96 \times 22,9 =$	2198
na 5 dagen	$120 \times 22,9 =$	2748
na 7 dagen	$168 \times 22,9 =$	3847

Deze waarden zijn uitgezet tegen de gemeten kubusdruksterkte.

Door de meetpunten is de regressielijn getekend.



b. De ijklijn is evenwijdig aan de regressielijn getekend. Aangenomen is een verschuiving van ca. 5 N/mm<sup>2</sup>; deze waarde is aangenomen, omdat niet bekend is hoe groot de spreiding van de meetresultaten is en welke  $a$  in rekening moet worden gebracht.

c. Bij een gewogen rijpheid van 3000 °Ch hoort een gemiddelde druksterkte van ca. 17,5 N/mm<sup>2</sup>.

4.12

De gewogen rijpheid kan op meerdere manieren worden bepaald.

De meest betrouwbare is door per uur de (gemiddelde) temperatuur te meten en de gewogen rijpheid af te lezen uit de tabel.

Een andere manier is door de temperatuurlijn te schematiseren tot rechte lijnen en de gemiddelde temperatuur van die delen te bepalen, daarvan de gewogen rijpheid af te lezen en deze waarde te vermenigvuldigen met het aantal uren.

Beide manieren zijn hieronder uitgewerkt.

De meest nauwkeurige methode per uur berekenen:

uur	gemiddelde temperatuur	gewogen rijpheid	uur	gemiddelde temperatuur	gewogen rijpheid
1	14	16	16	30	41
2	14	16	17	29,5	40
3	14	16	18	28,5	38
4	15	17	19	27,5	36
5	17	19	20	26,5	34
6	19	22	21	25,5	32
7	21	25	22	24,5	30
8	23	28	23	23,5	28,5
9	25	31	24	22,5	27
10	27	35	25	21,5	25,5
11	29	38	26	20,5	24
12	30	41	27	19,5	22,5
13	30	41	28	18,5	21,5
14	30	41	29	17,5	20
15	30	41	30	16,5	18,5
				totaal	865,5

De andere manier is als volgt:

tijd	uren	gem. temperatuur	gewogen rijpheid
0 - 3	3	14	48
3 - 11	8	22	208
11 - 16	5	30	205
16 - 30	14	23	392
		totaal	853

Deze manier is sneller en heeft een lagere waarde dan de andere methode, dus is veiliger.

4.13

Als er geen warmte naar de omgeving wordt afgestaan kunnen we spreken van een adiabatisch temperatuurverloop?

4.14

Invloed op het temperatuurverloop in een constructie hebben:

- constructiedikte
- warmteweerstand van bekisting
- omgevingstemperatuur
- cementsoort en –hoeveelheid

- 4.15 Het gevaar van temperatuurgradiënten is het ontstaan van te grote (trek) spanningen, waardoor scheurvorming kan worden geïnitieerd.
- 4.16 Temperatuurgradiënten kunnen worden voorkomen door
- koeling van het beton d.m.v. buizen of bekisting
  - isolatie van het verhardende beton
  - verwarming van het oude beton
- 4.17
- a. Voor een wand van 15 cm dikte heeft de controle met verhardingskubussen de voorkeur.
  - b. Voor een dikke vloer van 1,5 m dikte heeft de methode van gewogen rijpheid de voorkeur.
- 4.18 In nabehandelingsklasse 4 moet tot 70% van de karakteristieke sterkte worden nabehandeld. Dat is in dit geval:  
 $0,7 \times 37 = 25,9$  afgerond 26 N/mm<sup>2</sup>.
- 4.19 CEM III/B 32,5 N heeft na 2 dagen een sterkte van 10 N/mm<sup>2</sup> en na 28 dagen een sterkte van 48 N/mm<sup>2</sup>. Dan is  $r = 10/48 = 0,21$ .  
Bij een  $T = 20$  °C en een  $r = 0,21$  hoort een nabehandelingstijd van 3,5 dagen.

## 5 UITERLIJK VAN BETON

- 5.1 De kleur van het beton wordt bepaald door de materialen die in het oppervlak aanwezig zijn. Normale betonoppervlakken zijn opgebouwd uit de kleinste korrels die in het beton aanwezig zijn. Deze bestaan uit: cement; vulstoffen, hulpstoffen, fijne toeslagkorrels en natuurlijk pigmenten. De uiteindelijke kleur van het beton is dan ook een optelsom van de kleur van al deze kleine korrels.
- 5.2 Witcement, hoogovencement en dan portlandcement
- 5.3
- Toeslagmaterialen kleur
  - Verontreinigingen in het toeslagmateriaal – Slib of geen slib.
  - Vulstoffen zoals kalksteenmeel of poederkool vliegass.
  - Kleur van de gebruikte hulpstoffen.
  - Pigmenten.
- 5.4 Naast het materiaal in het oppervlak van het beton speelt ook het licht een belangrijke rol. In de inleiding is al aangegeven dat de kleur een eigenschap is van het licht. Zonder licht zien we geen kleur. Als we de lichtsterkte langzaam laten afnemen, dan wordt een fel rood materiaal steeds donkerder rood van kleur en zal bij verder afnemen van de lichtsterkte zwart worden. De donkerdere schaduwplekken zijn daarvan ook een voorbeeld
- 5.5 Een hoge kleurintensiteit betekent dat veel kleurstraling onze ogen bereiken, waardoor we materiaalkleur zeer goed kunnen waarnemen. Dit komt naar voren bij een optimale weerkaatsing van veel licht bij gladde dichte oppervlakken.
- 5.6 Bij poreuze oppervlakken, wordt niet al het licht optimaal weerkaatst. Er vindt lichtverstrooiing plaats. Hierdoor wordt de kleur in alle richtingen terug gekeerd. Een kleiner aandeel kleur licht bereikt ons oog. Dit is een daling van de kleurintensiteit en het oppervlak kleurt daardoor lichter op. Blauw wordt licht blauw en donker grijs wordt licht grijs.
- 5.7 Een lagere wcf geeft een dichtere betonoppervlak. Dit weerkaatst de kleur beter en geeft een hogere kleurintensiteit. Dit betekent dat we meer de echte kleur van het beton zien. De kleur van grijs beton wordt donkerder grijs. Gekleurd rood beton, wordt donkerder of dieper rood.
- 5.8 Als een betonelement direct na het ontkisten buiten wordt geplaatst, dan kan het water in de buitenhuid verdampen waardoor een minder dichte buitenhuid ontstaat dan wanneer het beton intensief wordt nabehandeld. Een minder dichte buitenhuid betekent meer lichtverstrooiing en een lagere kleurintensiteit. Het beton wordt dan lichter grijs



- 5.9 Aftekening van het stophout blijft zichtbaar omdat door het gebruik hiervan in het betonoppervlak een verschil in dichtheid is gecreëerd. Dit verschil in dichtheid betekent een verschil in lichtverstrooiing en daarmee een verschil in kleur dat wij kunnen waarnemen. Dit kleurverschil verdwijnt niet.
- 5.10 Als een betonoppervlak nat wordt, gedraagt het betonoppervlak zich als een meer dicht oppervlak waardoor we de kleur van het materiaal beter kunnen zien. Een hogere kleurintensiteit. Echter de hoeveelheid licht die terug kaatst wordt minder. Er wordt licht gevangen. Een lagere hoeveelheid licht, betekent dat het oppervlak donkerder wordt, net alsof het in de schaduw ligt.
- 5.11 Teveel olie blijft achter op het oppervlak waardoor de kleur van de olie onderdeel wordt van de kleur van het beton. Teveel olie levert daarmee een kleurverschil op.
- Locaties waar veel olie ziet kunnen ook een poreuzer betonoppervlak opleveren dat lichter van kleur is.
- 5.12 Voor geprefabriceerd beton is zowel CUR-Aanbeveling 100 beoordelingsklasse B1, B2 en B9 haalbaar. Bij ter plaatse gestort beton komt alleen klasse B2 te vervallen.
- 5.13 **Detailering.**
- Slecht gedetailleerde gevels vervuilen niet gelijkmatig, maar vertonen ophopingen van vuil; er rest nog maar één ding: schoonmaken.

#### **Structuur van het gevel oppervlak**

Een ruw en poreus oppervlak houdt vuil goed vast en wordt door regen niet goed schoongewassen. Tevens houdt een poreus oppervlak water langer vast, waardoor algengroei wordt bevorderd. Een glad, dicht oppervlak zal langer schoon blijven dan een ruw, poreus oppervlak.

#### **Vormgeving**

De vormgeving van de gevel bepaalt hoe vuil door wind en regen over de gevel wordt verspreid.

Terugliggende delen, die niet worden schoongespoeld door regenwater, vervuilen sterker dan naar voren liggende delen. Op plaatsen, waar regenwater niet gelijkmatig langs de gevel loopt, ontstaan vuilstrepen.

De vormgeving heeft een nadrukkelijke invloed op de kleurbeleving van het beton. Door de vorm kan het licht op bepaalde plekken niet goed komen wat donkerdere kleuren oplevert. Spelen met porositeit of nabewerkingen zijn ook mogelijkheden om met één beton meerdere kleuren te maken.

#### **Centerpen patronen, dilataties en bekistingsnaden**

Centerpenpatronen, dilataties en bekistingsnaden hebben invloed op het uiterlijk van beton. Dit kan in de ontwerpfase worden gebruikt om het uiterlijk van beton positief te beïnvloeden (figuur 5.23) Belangrijk is dat dit niet pas in de uitvoeringsfase aan het ontwerp moet worden toegevoegd. Bedenk dat als geen patroon van plaatnaden is gespecificeerd, dit in de praktijk zal worden "opgelegd" door de bekisting.

In dat geval wordt het patroon van plaatnaden en centerpennen, dat bijvoorbeeld volgt uit het toepassen van een systeembekisting, geaccepteerd.

Ook voorbeelden uit tabel 5.3 eerste kolom zijn juist.

- 5.14 Blauwkleuring van betonoppervlakken is een fenomeen dat kan optreden bij hoogoven-cement (CEM III) of van bindmiddelen die hoogovenslak bevatten. Indien een verhardend betonoppervlak goed afgesloten van de lucht is gebleven - bijvoorbeeld in een stalen- of kunststof bekisting - is na het ontkisten het betonoppervlak blauw van kleur. Dit komt doordat hoogovenslak veel zwavel bevat dat samen met ijzer- en mangaanionen reageert tot ijzersulfide en mangaansulfide. Beide verbindingen geven hoogovencement-beton de typerende blauwe kleur.

Door inwerking van zuurstof uit de lucht reageren deze verbindingen tot respectievelijk ijzersulfaat en mangaansulfaat. Deze verbinding is kleurloos en de blauwe kleur in het beton verdwijnt.



## 6 PROCESBEHEERSING

- 6.1 Procesbeheersing omvat alle maatregelen die nodig zijn om de eigenschappen van het beton aan de gestelde eisen te laten voldoen.
- 6.2 De algemene geschiktheid van grondstoffen kan worden aangetoond door middel van een:
- productnorm
  - CUR-Aanbeveling
  - Europese Technische Goedkeuring
- 6.3 Grenswaarden zijn:
- minimaal bindmiddelgehalte/cementgehalte
  - maximale water-bindmiddelfactor cq. water-cementfactor
  - minimale hoeveelheid lucht
  - maximaal gehalte aan chloriden
  - maximaal gehalte aan alkaliën
- 6.4 Met vochtmeters in de opslag van het toeslagmateriaal kan het vochtgehalte van het gebruikte toeslagmateriaal direct worden gecorrigeerd. Hiermee moet het mogelijk zijn om de consistentie van het beton constant te houden.
- 6.5 Het productieproces wordt in zijn geheel onder controle gehouden door:
- controle grondstoffen
  - kalibratie van de installaties
  - kalibratie van meet- en beproevingsapparatuur
  - controle van de betoneigenschappen
- 6.6 Regelmatig kalibratie is nodig van:
- drukbank
  - luchtvat
  - weegschaal
  - thermometers
- 6.7 Controles die kunnen worden uitgevoerd op verhard beton zijn ondermeer:
- druksterkte
  - slijttreksterkte
  - volumieke massa
  - waterindringing

- 6.8 Als de resultaten van de conformiteitscontrole niet voldoen dienen de volgende stappen te worden genomen:
- controle van de beproevingsresultaten op bijvoorbeeld rekenfouten
  - kijk naar de wijze van uitvoeren van de proeven: is de proef goed uitgevoerd
  - voer eventueel aanvullende controles uit, dus andere eigenschappen of dezelfde eigenschap nogmaals.
  - keur de beton af en licht de afnemer hierover in. Zonodig moeten aanvullende berekeningen worden gemaakt om vast te stellen of het beton onder voorwaarden kan worden geaccepteerd.
- 6.9 Dat wanneer alle resultaten van de populatie in een grafiek worden weergegeven, met daarin uitgezet de meetresultaten en de frequentie, zij een zogenaamde Gauss-kromme of normale verdeling laten zien.
- 6.10 Een normale verdeling wordt gekarakteriseerd met het gemiddelde  $\mu$  en de standaardafwijking  $\sigma$ .
- 6.11 Een Acceptance Quality Level van 10 % betekent, dat 10 % van de meetresultaten onder of boven de gestelde grenswaarde mag liggen.
- 6.12 De AQL voor de druksterkte van beton is in de NEN-EN 206 gesteld op 5 %.

6.13

meting nr	meetwaarde	$X_i - X_{gem}$	$(X_i - X_{gem})^2$
1	37	1,7	2,84
2	33	-2,3	5,36
3	34	-1,3	1,73
4	40	4,7	21,96
5	38	2,7	7,21
6	30	-5,3	28,24
7	32	-3,3	10,98
8	35	-0,3	0,10
9	36	0,7	0,47
10	39	3,7	13,58
11	35	-0,3	0,10
12	33	-2,3	5,36
13	34	-1,3	1,73
14	41	5,7	32,33
15	38	2,7	7,21
16	36	0,7	0,47
17	34	-1,3	1,73
18	32	-3,3	10,98
19	35	-0,3	0,10
20	37	1,7	2,84
21	36	0,7	0,47

22	33	-2,3	5,36
23	29	-6,3	39,87
24	35	-0,3	0,10
25	33	-2,3	5,36
26	38	2,7	7,21
27	34	-1,3	1,73
28	33	-2,3	5,36
29	38	2,7	7,21
30	39	3,7	13,58
31	32	-3,3	10,98
32	37	1,7	2,84
33	35	-0,3	0,10
34	40	4,7	21,96
35	35	-0,3	0,10
som	1236		277,5
$\bar{x}_{35} = \frac{\sum(x_i)}{n} = 35,3$		$\sum(x_i - \bar{x}_{35})^2 = 277,5$	

$$n = 35$$

$$s_{35} = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x}_{35})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{277,5}{34}} = 2,86$$

6.14

De conformiteitscontrole voor de overige eigenschappen moet worden uitgevoerd voor:

- de consistentie (zetmaat, schudmaat, verdichtingsmaat, vloeimaat)
- de overige eigenschappen van zelfverdichtend beton (viscositeit, blokkeringsmaat, ontmenging)
- de duurzaamheid (water-cementfactor of water-bindmiddelfactor, minimaal bindmiddelgehalte, minimum luchtgehalte)

- 6.15 De metingen zijn beoordeeld of ze binnen de gestelde grenswaarden liggen, en voor de metingen die niet daaraan voldoen is gekeken of ze nog binnen de acceptatiegrens vallen.

volgnummer	gespecificeerde consistentie	gemeten waarde	binnen grenswaarde	acceptabel
1	S4	200	ja	ja
2	F3	460	ja	ja
3	S3	120	ja	ja
4	S1	50	nee	ja
5	F2	360	ja	ja
6	F5	570	ja	ja
7	S2	100	nee	ja
8	S3	110	ja	ja
9	S1	30	ja	ja
10	F2	340	nee	ja
11	F4	500	ja	ja
12	S4	200	ja	ja
13	S2	110	nee	nee
14	F3	460	ja	ja
15	S3	160	nee	ja

Alleen meting 13 is niet acceptabel. Deze lading dient dus niet-conform te worden verklaard.

- 6.16 De voorwaarden om tot een familie te behoren zijn:
- zelfde type cement van zelfde leverancier
  - zelfde type toeslagmateriaal
  - alleen met type I vulstof
  - alleen met (super)plastificeerder, geen andere hulpstoffen
  - het mag geen zelfverdichtend beton zijn
  - het beton moet maximaal voldoen aan sterkteklasse C55/67 of LC55/60

- 6.17
- a. Meeste resultaten voor C35/45. Andere resultaten om te rekenen naar die sterkteklasse. C25/30 heeft 4 waarden met  $f_{cm} = 37,9 \text{ N/mm}^2$ . Om tot de familie te behoren, moet  $f_{cm} \geq f_{ck} + 2,0 = 32 \text{ N/mm}^2$ .  
Hieraan wordt voldaan, dus deze gegevens horen tot de familie.  
C35/45 heeft 8 waarden met  $f_{cm} = 50,1 \text{ N/mm}^2$ . Om tot de familie te behoren, moet  $f_{cm} \geq f_{ck} + 3,5 = 48,5 \text{ N/mm}^2$ .  
Hieraan wordt voldaan dus deze gegevens horen tot de familie.  
C45/55 heeft 3 waarden met  $f_{cm} = 58,5 \text{ N/mm}^2$ . Om tot de familie te behoren, moet  $f_{cm} \geq f_{ck} + 1,0 = 56,0 \text{ N/mm}^2$ .  
Hieraan wordt voldaan, dus deze gegevens horen tot de familie.
- b. Alle gegevens kunnen tot een familie worden omgerekend. De omrekening geschiedt met de factor 25/wcf. Deze bedraagt  
C25/30 met wcf = 0,53 geeft  $25/0,53 = 47,2$   
C35/45 met wcf = 0,48 geeft  $25/0,48 = 52,1$   
C45/55 met wcf = 0,43 geeft  $25/0,43 = 58,1$   
Omrekening van C25/30 naar C35/45 door  $52,1 - 47,2 = 4,9 \text{ N/mm}^2$  op te tellen bij het meetresultaat.  
Omrekening van C45/55 naar C35/45 door  $58,1 - 52,1 = 6,0 \text{ N/mm}^2$  af te trekken van het meetresultaat.

nr	sterkteklasse	wcf	gemeten	net correctie
1	C35/45	0,48	52,0	52,0
2	C35/45	0,48	50,6	50,6
3	C25/30	0,53	36,4	41,3
4	C25/30	0,53	39,2	44,1
5	C35/45	0,48	49,0	49,0
6	C35/45	0,48	51,0	51,0
7	C25/30	0,53	37,8	42,7
8	C35/45	0,48	53,4	53,4
9	C45/55	0,43	59,2	53,2
10	C45/55	0,43	60,3	54,3
11	C35/45	0,48	46,1	46,1
12	C35/45	0,48	48,0	48,0
13	C25/30	0,53	38,0	42,9
14	C45/55	0,43	56,1	50,1
15	C35/45	0,48	50,4	50,4

Het gemiddelde van de familie is  $\bar{x}_{15} = 48,6 \text{ N/mm}^2$  met een  $s_{15} = 4,2 \text{ N/mm}^2$ .

- c. Conformiteit is bereikt als alle individuele waarden voldoen aan het criterium dat  $f_{ci} \geq f_{ck} - 4$  en als wordt voldaan aan het criterium dat  $f_{cm} \geq f_{ck} + 1,48 \sigma$ .

nr	sterkteklasse	wcf	gemeten	$f_{ci} - 4$	voldoet
1	C35/45	0,48	52,0	41	ja
2	C35/45	0,48	50,6	41	ja
3	C25/30	0,53	36,4	26	ja
4	C25/30	0,53	39,2	26	ja
5	C35/45	0,48	49,0	41	ja
6	C35/45	0,48	51,0	41	ja
7	C25/30	0,53	37,8	26	ja
8	C35/45	0,48	53,4	41	ja
9	C45/55	0,43	59,2	51	ja
10	C45/55	0,43	60,3	51	ja
11	C35/45	0,48	46,1	41	ja
12	C35/45	0,48	48,0	41	ja
13	C25/30	0,53	38,0	26	ja
14	C45/55	0,43	56,1	51	ja
15	C35/45	0,48	50,4	41	ja

Criterium voor familie  $f_{cm} \geq f_{ck} + 1,48 \sigma = 45 + 1,48 \times 3,0 = 49,4 \text{ N/mm}^2$ .

Het gemiddelde  $f_{cm} = 48,6 \text{ N/mm}^2$ . Dit is lager, dus de familie voldoet niet aan het criterium. Er is dus geen conformiteit.

De standaardafwijking mag maximaal  $1,37 \times 3,0 = 4,1 \text{ N/mm}^2$  bedragen. De gemeten  $s_{15}$  van  $4,2 \text{ N/mm}^2$  betekent, dat er een nieuwe  $\sigma$  bepaald moet worden uit de laatste 35 resultaten. Het kan zijn dat deze serie dan wel voldoet.

## 7 BEOORDELEN VAN BETON IN DE CONSTRUCTIE

- 7.1 Bij levering van producten met certificaat kan de controle beperkt worden tot het controleren van de afleverdocumenten, gecombineerd met een beperkte visuele controle.
- 7.2  $0,85 \times 55 = 46,8 \text{ N/mm}^2$
- 7.3 Methoden voor het meten van de druksterkte in het werk zijn:
- Boren van cilinders
  - Terugslaghamer
  - Ultrasoonmeting
- 7.4 Voor het bepalen van de plaats van boren van cilinders zijn van belang:
- Locaties moeten representatief zijn
  - Veiligheid van de constructie moet gewaarborgd blijven
  - Locaties moeten bereikbaar zijn
  - Diameter  $\geq 100 \text{ mm}$
  - Vermijd boren in de wapening
- 7.5  $R = 32$
- 7.6 De criteria voor het bepalen van de karakteristieke sterkte in het werk, als er tenminste 15 boorkernen worden gebruikt zijn:
1.  $f_{m(n),is} \geq 0,85 (f_{ck} + 1,48 s)$
  2.  $f_{is,lowest} \geq 0,85 (f_{ck} - 4)$
- Van de 15 druksterkteresultaten bedraagt het gemiddelde  $f_{m(15),is} = 36,8 \text{ N/mm}^2$  en de standaardafwijking  $s_{15} = 3,9 \text{ N/mm}^2$ .
- Om aan criterium 1 te voldoen, moeten alle individuele waarden groter zijn dan  $0,85 (37 - 4) = 26,4 \text{ N/mm}^2$ . Daaraan voldoen alle kernen.
- Om aan criterium 2 te voldoen, moet het gemiddelde van alle waarden groter zijn dan  $0,85 (37 + 1,48 \times 3,9) = 36,4 \text{ N/mm}^2$ . Hieraan wordt voldaan.
- Het beton voldoet dus aan sterkteklasse C30/37 conform NEN-EN 206.
- 7.7 Criteria bij beoordeling van scheurvorming:
- esthetische eisen - zie projectspecificatie
  - duurzaamheidseisen - max. scheurwijdte
  - constructieve eisen
- 7.8 Van buiten indringende stoffen zijn bij een grotere dekking langer onderweg voordat de wapening wordt bereikt.
- 7.9 De dekking kan niet-destructief worden bepaald m.b.v. een dekkingmeter.

- 7.10 De carbonatatie diepte kan als volgt worden bepaald:
- boorkern splijten
  - oplossing van ethylalcohol met fenolftaleïne op breukvlak
  - verkleuring van niet-gecarbonateerd beton
- 7.11 Bij vloeistofdicht beton mogen de ingedrongen stoffen de andere zijde van het beton niet bereiken.
- 7.12 Onder de passivering van staal in beton verstaan we de vorming van een beschermingslaag van een dunne laag roest om het staal die ontstaat door de hoge alkaliteit (pH groter dan 12,5) van het beton en die het staal beschermt tegen verdere corrosie, zolang de pH maar hoog blijft. Als de pH daalt naar 8 à 9 is kan de passiveringslaag worden aangetast.
- 7.13 Door de inwerking van koolzuurgas (carbonatatie) wordt de pH van het omringende beton is verlaagd. Hierdoor wordt de passiveringslaag verbroken en kan de corrosie geleidelijk over een groot oppervlak plaatsvinden. De inwerking van chloriden verloopt zeer plaatselijk en ongeacht de hoogte van de pH. Deze plaatselijke corrosie staat bekend als putcorrosie.
- 7.14 In de initiatiefase dringen de gevaarlijke stoffen het beton in, zonder dat de wapening is bereikt. In de propagatiefase hebben die stoffen de wapening bereikt en is het corrosieproces begonnen.
- 7.15 Vaak komen in zeer stabiele betonmengsels veel grondstoffen voor met een hoog specifiek oppervlak, dus met een groot watervasthoudend vermogen. Daardoor is in deze species nauwelijks vochttransport mogelijk.
- 7.16 Beton met een lage water-cementfactor bevat kleine capillaire poriën, waaruit water minder gemakkelijk verdampt. Dit beperkt de uitdrogingskrimp.
- 7.17 Mogelijke oorzaken voor het loslaten van toplagen zijn:
- betonvloeren met een verhoogd luchtgehalte
  - betonvloeren gemaakt met een onvoldoende stabiele betonspecie
- Betonvloeren waarbij de toplaag (te) snel is opgesteven en/of de afwerking te vroeg is begonnen.