

## Antwoorden Dealexamen Betontechnoloog BV 2016-1, afgenomen op 24 mei 2016

### Examen Betontechnoloog BV 2015-2016

[intro]

**Ieder jaar in mei wordt de nieuwste lichter deelnemers aan de cursus Betontechnoloog (bte) van de Betonvereniging getoetst op hun kennis. En zoals ieder jaar besteedt Betoniek aandacht aan dit Examen Betontechnoloog BV. Door inzicht te geven in de vragen en de antwoorden kunnen ook anderen hun actuele kennis toetsen en ontstaat een beter beeld van het kennisniveau waaraan de hedendaagse betontechnoloog moet voldoen. Het examen van dit cursusjaar bevatte 10 vragen, onder meer over ASR, de samenstelling van zelfverdichtend beton en de sterkteontwikkeling van jong beton. Het examen werd afgenomen bij 31 kandidaten, van wie er 4 gelijktijdig met Nederland op Aruba deelnamen. 15 kandidaten haalden een voldoende, wat neerkomt op een slagingspercentage van 48%.**

#### Vraag 1 (10 scorepunten)

Een betonconstructie met het volgende mengsel moet worden beoordeeld op het risico voor ASR-schade. De alkaligehaltes van de grondstoffen zijn door de leveranciers opgegeven.

grondstof	kg	Na-eq. in %
CEM I	220	0,69
poederkoolvliegias	80	2,9
zand (incl. 4% vocht)	815	0,04
grind (incl. 2% vocht)	1200	0,03
water	89	0,001
hulpstof	2	2,4

**Vraag 1a.** Bereken het totale alkaligehalte van het betonmengsel.

**Antwoord:**

Het alkaligehalte wordt berekend aan de droge grondstoffen.

grondstof	kg	Na-eq. in %	alkali in kg
CEM I	220	0,69	1,52
poederkoolvliegias	80	2,9	2,32
zand (incl. 4% vocht)	784	0,04	0,314
grind (incl. 2% vocht)	1177	0,03	0,353
water	89	0,001	0,001
hulpstof	2	2,4	0,048
		totaal	4,56

Het alkaligehalte van deze betonsamenstelling bedraagt 4,56 kg.

**Vraag 1b.** Beoordeel of met dit mengsel de constructie in een vochtig milieu risico loopt op schadelijke ASR. Toon dit door middel van een berekening aan.

**Antwoord:**

Het alkaligehalte ligt ruim boven de 3,0 kg per m<sup>3</sup>, dus moet het schema voor "Vochtige omgeving met een risico op de toevoer van alkaliën" worden doorgenomen. Dit schema is afkomstig uit CUR-Aanbeveling 89 en is bij het examen meegeleverd in de "tabellenbijlage".

Met een alkaligehalte van 2,9% voor de poederkoolvliegias beschouwen we in de tabel de kolom met  $2,0 < x \leq 3,0$  %. In dat geval moet het poederkoolvliegiasgehalte hoger zijn dan 25%.

Dit is  $80 / 300 = 27\%$ , dus aan die voorwaarde is voldaan.

De alkalibijdrage van de overige bestanddelen bedraagt:

$$4,56 - 1,52 - 2,32 = 0,72 \text{ kg.}$$

Deze waarde ligt tussen 0,6 en 1,2 kg, dit betekent dat het alkaligehalte van het cement niet meer mag zijn dan 0,7 kg. Aan deze eis wordt ook voldaan.

## Vraag 2 (20 scorepunten)

Bereken de samenstelling van zelfverdichtend beton, gebruikmakend van de volgende gegevens:

- Sterkteklasse C45/55;
- Milieuklasse XF1 en XD1

Op basis van ervaring met dit beton is bekend:

- Luchtgehalte: 2%
- Gewenst volume grind  $\%V_{g, \text{losgestort}} = 52,5\%$
- Volume zand in % van mortelvolume:  $\%V_f = 40\%$

Beschikbare materialen:

- grind 4/16 mm ( $\rho_b = 1670 \text{ kg/m}^3$ );
- betonzand 0/4 mm;
- CEM I 52,5 R met  $\beta_p = 1,21$
- kalksteenmeel met  $\beta_p = 0,85$ .
- vochtgehalte grind = 2,5 %, vochtgehalte zand = 3,5 %
- $\kappa_p = 0,87$  (met mortelproefjes bepaald)
- hulpstofpercentage = 0,65 % (polycarboxylaat met een  $\rho_a = 1100 \text{ kg/m}^3$  en een vaste stofgehalte van 20%)

**Vraag 2a:** Bepaal de maatgevende water-cementfactor.

### Antwoord:

*Bepalen van de maatgevende water-cementfactor.*

- sterkteklasse C45/55 met een gemiddelde druksterkte

$$f_{cm} = 55 + 8 = 63 \text{ N/mm}^2$$

Normsterkte cement N = 63 N/mm<sup>2</sup>

$$\text{dus } 63 = 0,8 \times 63 + 25/wcf - 45 \rightarrow wcf = 0,43$$

- milieuklassen:

XD1 met max. wcf = 0,55

XF1 met max. wcf = 0,55

In ontwerp aan te houden wcf = 0,43.

**Vraag 2b:** bereken de verhouding cement / kalksteenmeel.

### Antwoord:

*Berekening van de cement / kalksteenmeel verhouding.*

De  $\beta_p$  van het cement en de kalksteenmeel zijn bekend.

Tevens zijn de water-cementfactor en de  $\kappa_p$  bekend.

Daarmee kan het cementpercentage worden berekend met de formule:

$$\%V_c = \frac{\kappa_p \times \beta_{p,vulstof}}{wcf \times \rho_{a,cement} + \kappa_p \times \beta_{p,vulstof} - \kappa_p \times \beta_{p,cement}}$$

dus

$$\%V_c = 0,87 \times 0,85 / (0,43 \times 3,15 + 0,87 \times 0,85 - 0,87 \times 1,21) = 0,71$$

Het poedermengsel bestaat dus uit 71% cement en 29% kalksteenmeel.

**Vraag 2c:** Bereken de af te wegen hoeveelheden per m<sup>3</sup>, zonder rekening te houden met waterabsorptie van de toeslagmaterialen.

**Antwoord:**

*Berekening af te wegen hoeveelheden*

*Stap 1: Verrekening volume lucht (V<sub>lucht</sub>)*

V<sub>lucht</sub> = 0,020 m<sup>3</sup>. Dit betekent dat 1 m<sup>3</sup> - 0,020 m<sup>3</sup> = 0,980 m<sup>3</sup> moet worden gevuld met andere grondstoffen.

*Stap 2: Bepaling van het volume grof toeslagmateriaal (V<sub>grof</sub> = V<sub>grind</sub>)*

Het volume grind (> 4 mm) is 52,5 % in zijn meest dichte pakking.

De ρ<sub>rd</sub> en de ρ<sub>b</sub> zijn gegeven, en het absoluut volume grind in één m<sup>3</sup> beton bedraagt:

$$V_{grind} = 0,525 \times 0,980 \times \rho_b / \rho_{rd}$$

$$V_{grind} = 0,525 \times 0,980 \times 1670 / 2650 = 0,324 \text{ m}^3.$$

*Stap 3: Bepaling van het volume fijn toeslagmateriaal (V<sub>fijn</sub> = V<sub>zand</sub>)*

De ruimte die nu nog in één m<sup>3</sup> overblijft wordt gevuld met mortelspecie, bestaande uit zand, cement, vulstof, water en hulpstof. Het volume zand is 40 % van het mortelvolume.

Het absoluut volume zand in één m<sup>3</sup> beton bedraagt:

$$V_{zand} = 0,40 \times (1 - V_{lucht} - V_{grind})$$

$$V_{zand} = 0,40 \times (1 - 0,020 - 0,324) = 0,262 \text{ m}^3$$

*Stap 4: Bepaling van het volume aan pasta*

Het resterende volume wordt ingenomen door de pasta, bestaande uit cement, vulstof, water en hulpstof. Voor de pasta blijft over:

$$V_{pasta} = 1 - V_{lucht} - V_{grind} - V_{zand}$$

$$V_{pasta} = 1 - 0,020 - 0,324 - 0,262 = 0,394$$

*Stap 5: Bepaling van de water-poederverhouding (V<sub>w</sub>/V<sub>p</sub>)*

De waterbehoefte van dit poedermengsel is:

$$\beta_{p,combi} = 0,71 \times 1,21 + 0,29 \times 0,85 = 1,11$$

Met een waterreductie κ<sub>p</sub> = 0,87 wordt de V<sub>w</sub>/V<sub>p</sub>

$$V_w/V_p = \kappa_p \times \beta_{p,combi} = 0,87 \times 1,11 = 0,97.$$

*Stap 6: Bepaling van het volume poeder*

De hoeveelheid poeder kan worden berekend met de formule:

$$V_{poeder} = \frac{V_{pasta}}{1 + \frac{V_w}{V_p}} (\text{m}^3)$$

$$\text{met als resultaat } V_{poeder} = 0,394 / (1 + 0,96) = 0,201 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume cement: } 0,71 \times 0,201 = 0,143 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume kalksteenmeel: } 0,29 \times 0,201 = 0,058 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume water: } 0,394 - 0,201 = 0,193 \text{ m}^3$$

### Stap 7: Hulpstofpercentage

Het hulpstofpercentage bedraagt 0,65% van het poeder, dus van massa cement en massa kalksteenmeel samen:

$0,143 \text{ m}^3$  cement heeft een massa van  $0,143 \times 3150 = 450 \text{ kg}$

$0,058 \text{ m}^3$  kalksteenmeel heeft een massa van  $0,058 \times 2700 = 157 \text{ kg}$

Totaal poeder  $450 + 157 = 607 \text{ kg}$

Hulpstof  $0,65 \%$  van  $607 = 3,9 \text{ kg}$ .

### Stap 8: Uitleveringsberekening

CEM I 52,5 R	450 kg	3150 kg/m <sup>3</sup>	0,143 m <sup>3</sup>
kalksteenmeel	157	2700	0,058
water *)	189	1000	0,189
lucht 2%			0,020
zand	694	2650	0,262
grind	859	2650	0,324
hulpstof	<u>3,9</u>	1100	<u>0,004</u>
totaal	2353 kg		1,000 m <sup>3</sup>

\*) De hoeveelheid water is met 4 kg verminderd, omdat meer dan 3 kg hulpstof wordt toegevoegd.

### Stap 9: Af te wegen hoeveelheden

cement	450 kg
kalksteenmeel	157 kg
nat zand $1,035 \times 694 =$	718 kg (incl. 24 kg water)
nat grind $1,025 \times 859 =$	880 kg (incl. 21 kg water)
water $189 - 24 - 21 =$	144 kg
hulpstof	3,9 kg

### Vraag 3 (4 scorepunten)

Beton met hoogovencement kan blauw verkleuren.

**Vraag 3a:** Wat is de oorzaak van de blauwverkleuring en welke invloedsfactoren hebben invloed hierop?

#### Antwoord:

De blauwverkleuring ontstaat bij de hydratatie van het hoogovencement in afwezigheid van zuurstof. De hoogovenslak bevat veel zwavel dat met ijzer- en mangaanionen reageert tot ijzersulfide en mangaansulfide. Hoe langer het beton niet met zuurstof in contact komt, hoe intensiever de blauwverkleuring zal optreden. De tijdsduur van bekisten, de dichtheid van de bekisting en de nabehandeling spelen een grote rol.

#### Vraag 3b:

Hoe kan de blauwverkleuring worden voorkomen?

#### Antwoord:

Het is bij een goede nabehandeling niet te voorkomen. Bij een slechte nabehandeling (dus bij het vroegtijdig opdrogen van het beton en toetreding van zuurstof) zal de blauwe kleur aan het betonoppervlak nauwelijks meer aanwezig zijn.

In dat geval is echter ook een minder duurzaam betonoppervlak het gevolg.

#### Vraag 3c:

Welke maatregel(en) kan (kunnen) worden genomen als de blauwkleuring toch is opgetreden?

**Antwoord:**

De blauwkleuring verdwijnt uit zichzelf zodra het betonoppervlak aan de lucht wordt blootgesteld. Echter, hoe dichter het oppervlak, des te langzamer verdwijnt de blauwe kleur.

**Vraag 4 (4 scorepunten)**

Geef 4 oorzaken voor het ontstaan van grindnesten en geef voor elke oorzaak aan met welke maatregelen een en ander had kunnen worden voorkomen.

**Antwoord:**

Grindnesten in beton kunnen ontstaan door verschillende oorzaken.

1. Onvoldoende fijn materiaal in betonspecie. Zelfs bij een correcte en volledige verdichting zullen holtes overblijven.

*Voorkomen:* Voldoende fijn toeslagmateriaal gebruiken om de holle ruimte tussen het grove toeslagmateriaal te vullen. Dus zorgen voor voldoende "pakking".

2. Onvolledige verdichting, mogelijk als gevolg van:

- de aanwezigheid van een dicht wapeningsnet;
- het slecht bereikbaar zijn van delen van de bekisting met de trilnaald.
- verwerkbaarheid niet afgestemd op verdichtingmethode.

Juist deze delen vragen veel aandacht bij het verdichten.

*Voorkomen:* Eventueel moet andere verdichtingsapparatuur worden gebruikt of het mengsel moet worden aangepast (bijvoorbeeld door het verlagen van de maximum korrelgrootte van het grove toeslagmateriaal en/of het verhogen van het aandeel fijn toeslagmateriaal).

- 3 Ontmenging tijdens het storten als gevolg van een te grote valhoogte zonder gebruik van een stortkoker.

*Voorkomen:* stortkoker gebruiken om de valhoogte te beperken.

- 4 Vervuiling of achtergebleven water in de bekisting. Simpel gezegd, waar al materiaal in de bekisting aanwezig is, kan geen betonspecie meer komen.

*Voorkomen:* Inspectie van de bekisting voorafgaand aan het storten en het vervolgens verhelpen de onregelmatigheden.

- 5 Lekkende bekisting of bekistingsnaden, waardoor cementpasta is weggelekt.

*Voorkomen:* Bekisting voorafgaande aan de stort controleren op eventuele lekkages.

- 6 Slechte aansluiting op eerder gestort beton.

**Vraag 5 (10 scorepunten)**

Een betonmengsel moet voldoen aan de volgende eisen:

- sterkteklasse C 25/30
- milieuklasse XF4
- verpompbaar

Van twee mengsels zijn de volgende recepten in kg per m<sup>3</sup> bekend:

	<b>Mengsel A</b>		<b>Mengsel B</b>	
CEM III/B 32,5 N	330	kg	360	kg
water	165	kg	180	kg
droog zand	795	kg	730	kg
droog grind	1095	kg	1010	kg
hulpstof	nee		ja	
volumieke massa	2385	kg/m <sup>3</sup>	2280	kg/m <sup>3</sup>

Met uitzondering van de hulpstof zijn de grondstoffen in beide mengsels hetzelfde.  
Het zand van beide mengsels heeft op zeef 0,250 mm een doorval van 3 %.

In hoeverre voldoen beide mengsels aan de afzonderlijke eisen? Welke zou u toepassen?  
Onderbouw uw antwoorden.

**Antwoord:**

Om de beide mengsels te kunnen vergelijken is een uitleveringsberekening per mengsel gemaakt.

	<b>Mengsel A</b>	<b>Mengsel B</b>
cement	0,112 m <sup>3</sup>	0,122 m <sup>3</sup>
water	0,165 m <sup>3</sup>	0,180 m <sup>3</sup>
zand	0,300 m <sup>3</sup>	0,275 m <sup>3</sup>
grind	<u>0,413 m<sup>3</sup></u>	<u>0,381 m<sup>3</sup></u>
totaal	0,990 m <sup>3</sup>	0,958 m <sup>3</sup>
lucht	0,010 m <sup>3</sup>	0,042 m <sup>3</sup>

Mengsel A heeft dus een luchtgehalte van 1 % en mengsel B heeft 4,2 %.

Beide mengsels moeten voldoen aan de eis voor de sterkteklasse. Voor beide mengsels is de wcf gelijk, de cementsoort is gelijk, dus de sterkte zou nagenoeg gelijk kunnen zijn. Dit is niet het geval door het extra luchtpercentage van  $4,2 - 2 = 2,2$  % in mengsel B. Dit verhoogde luchtgehalte heeft invloed op de te behalen sterkte. De te behalen sterkte is  $30 + 8 = 38$  N/mm<sup>2</sup>.

Voor mengsel A is de  $f_{cm} = 0,8 \times 48 + 25 / 0,50 - 45 = 43,4$  N/mm<sup>2</sup>  
Voor mengsel B wordt dit  $f_{cm} = 43,4 \times 0,95^{2,2} = 38,8$  N/mm<sup>2</sup>.

\* Beide mengsels voldoen dus aan de eis voor de sterkte.

Voor milieuklasse XF4 is de eis

- max.wcf = 0,45 of
- max.wcf = 0,50 met min. 3,5 % lucht

\* Dit betekent dat alleen mengsel B voldoet aan de eis voor de milieuklasse.

De betonspecie kan als verpompbaar worden beschouwd als er ten minste 0,135 m<sup>3</sup> fijn materiaal in het mengsel zit.

Het volume fijn materiaal voor beide mengsel bedraagt:

cement	0,112 m <sup>3</sup>	0,122 m <sup>3</sup>
zand 3 %	<u>0,009 m<sup>3</sup></u>	0,008 m <sup>3</sup>
extra lucht (> 2 %)		<u>0,022 m<sup>3</sup></u>
totaal	0,121 m <sup>3</sup>	0,152 m <sup>3</sup>

\*Mengsel A is dus niet verpompbaar terwijl mengsel B dat wel is.  
>>Mengsel B voldoet dus aan alle eisen.

**Vraag 6 (4 scorepunten)**

Noem vier aandachtspunten voor het nemen van boorkernen, die kunnen worden gebruikt voor het bepalen van de sterkte in het werk.

**Antwoord:**

Boorkernen kunnen worden gebruikt indien:

- het aantal kernen is afgestemd op de omvang van de constructie.
- de boorlocaties bereikbaar zijn.
- de boorlocaties representatief voor de constructie zijn.
- het boren geen schade aan de veiligheid van de constructie oplevert.
- (bij voorkeur) geen wapening in de boorkern zit.
- de diameter van de kern ten minste  $3 \times D_{\max}$  bedraagt.
- de boorkern voldoende lengte heeft t.o.v. de diameter.

**Vraag 7 (12 scorepunten)**

Bij het maken van een betonsamenstelling wordt een mengsel van zand en lichte toeslagmaterialen gebruikt. Het beton moet voldoen aan de milieuklassen XC4 en XF1  
De volgende toeslagmaterialen worden gebruikt:

zeef	zeefdoorval in %			
	zand 0/4	geëxpandeerde kleikorrels 4/8	geëxpandeerde kleikorrels 8/16	gewenste korrelverdeling
16	100	100	95	100
11,2	100	100	65	85
8	100	90	15	70
5,6	100	50	5	60
4	98	10	0	50
2	90	2	0	32
1	75	0	0	22
0,500	50	0	0	13
0,250	10	0	0	7
0,125	2	0	0	2
vocht %	4	5	7	
absorptie %	0,3	11	16	
$\rho_{rd}$ in $\text{kg/m}^3$	2650	670	600	

Verder is gegeven:

- cementgehalte 375 kg per  $\text{m}^3$
- waterbehoefte 175 kg
- cement CEM III/B 42,5 N
- luchtgehalte 2%

**Vraag 7a:**

Bepaal de korrelgrootteverdeling van het toeslagmateriaal die het best overeen komt met de gewenste korrelverdeling.

**Antwoord:**

De wcf van het mengsel is  $wcf = 175 / 375 = 0,47$ .

De milieuklassen stellen als eis:

XC4 met een max.  $wcf = 0,50$

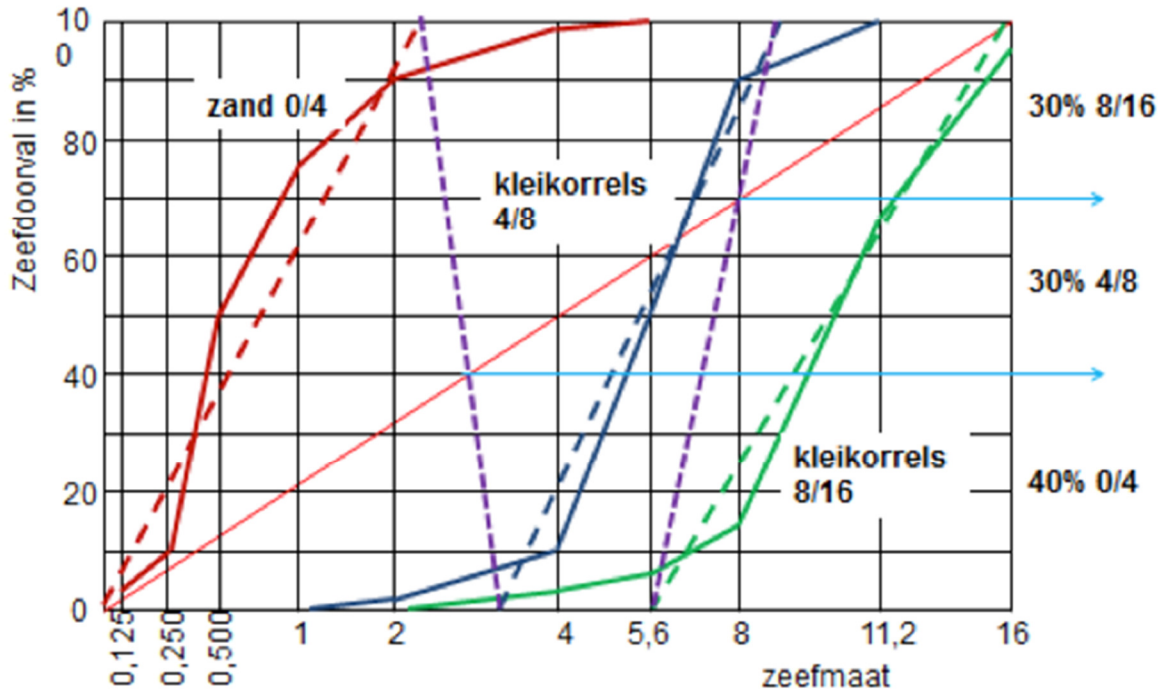
XF1 met een max.  $wcf = 0,55$

Aan deze eisen wordt voldaan.

Dat geldt ook voor het cementgehalte (min.C = 300 kg).

Voor het bepalen van het toeslagmaterialenmengsel is de grafische methode gebruikt.

Het resultaat is: 40% zand 0/4  
30% geëxpandeerde kleikorrels 4/8  
30% geëxpandeerde kleikorrels 8/16



**Vraag 7b:**

Bereken de betonsamenstelling en geef op wat de mengmeester moet afwegen.

**Antwoord:**

*Uitleveringsberekening*

CEM III/B 42,5 N	375 kg	2950 kg/m <sup>3</sup>	0,127 m <sup>3</sup>
water	175	1000	0,175
lucht			<u>0,020</u>
cementpasta			0,322 m <sup>3</sup>
toeslagmateriaal			0,678
40% zand	719 kg	2650	0,271
30% kleikorrels 4/8	136	670	0,203
30% kleikorrels 8/16	122	600	0,203

nat zand 719 x 1,04 = 748 kg met 29 kg water  
 nat 4/8 136 x 1,05 = 143 kg met 7 kg water  
 nat 8/16 122 x 1,07 = 131 kg met 9 kg water  
 abs. zand: 719 x 0,003 = 2 kg  
 abs. 4/8: 136 x 0,11 = 15 kg  
 abs. 8/16: 122 x 0,16 = 20 kg  
 water 175 - 29 - 7 - 9 + 2 + 15 + 20 = 167 kg

*Mengsel mengmeester:*

cement	375 kg
zand	748 kg



kleikorrels 4/8	143 kg
kleikorrels 8/16	131 kg
water	167 kg

**Vraag 7c:** In welke lichtbeton klasse valt de betreffende samenstelling?

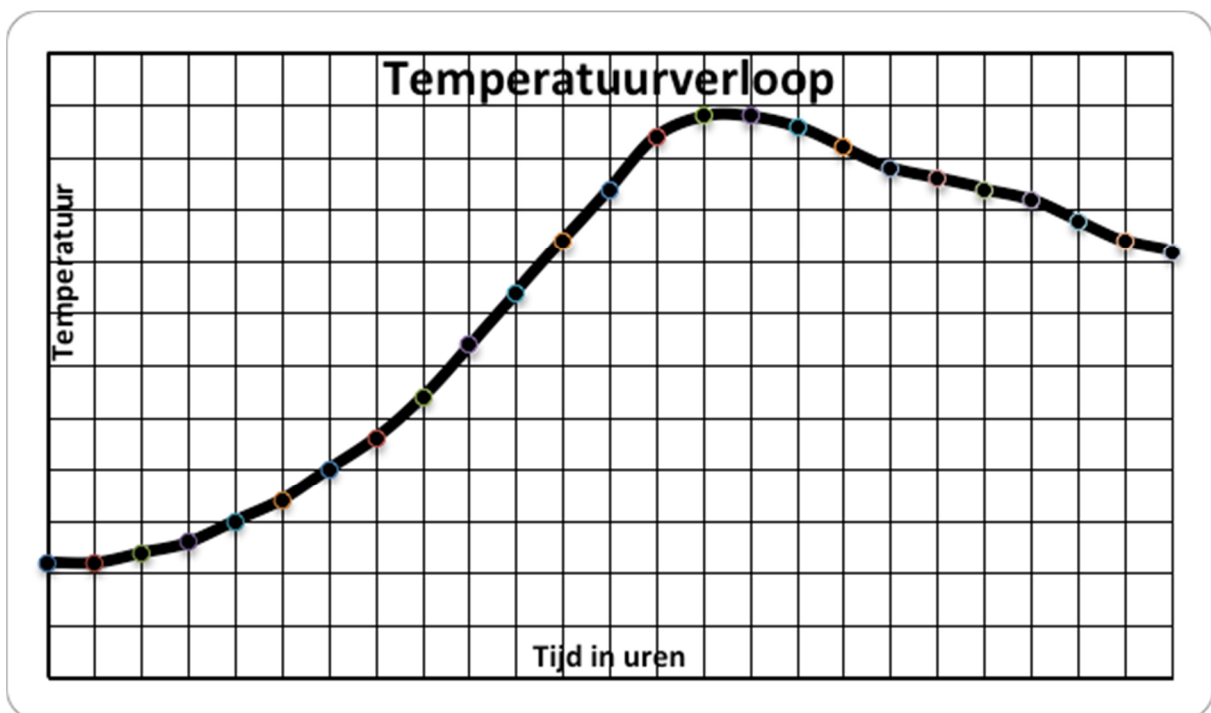
**Antwoord:**

De volumieke massa van het op deze wijze samengestelde beton bedraagt  $375 + 748 + 143 + 131 + 167 = 1564 \text{ kg/m}^3$ . De gewichtsklasse van lichtbeton wordt berekend op basis van het ovendroge gewicht. Als al het water zou verdampen (dat is natuurlijk niet mogelijk omdat een deel met het cement reageert) is de volumieke massa  $1352 \text{ kg/m}^3$ .

Het beton zal dus naar alle waarschijnlijkheid vallen in de klasse D1,6 met een volumieke massa tussen 1400 en 1600.

**Vraag 8 (10 scorepunten)**

In een betonconstructie is het volgende temperatuurverloop gemeten:



Voor het bepalen van de sterkte in de constructie zijn van het gebruikte betonmengsel kubussen gemaakt. Deze zijn bewaard bij een constante temperatuur van  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . De resultaten van deze kubussen zijn:

verhardingstijd in uren	gemeten sterkte in $\text{N/mm}^2$
32	12
37	10
46	15
47	20
55	21

**Vraag 8a:**

Maak met behulp van de gegeven waarden een ijkgrafiek, waarbij verder is gegeven dat:

**Antwoord:**

- $a = 3$  en  $s = 1,5 \text{ N/mm}^2$
  - C-waarde van het cement bedraagt 1,6
  - teken de ijkgrafiek op de bijlage van blad 7 en lever die met de andere bladen in.
- Maak met behulp van de gegeven waarden een ijkgrafiek, waarbij verder is gegeven dat:

**Vraag 8b:**

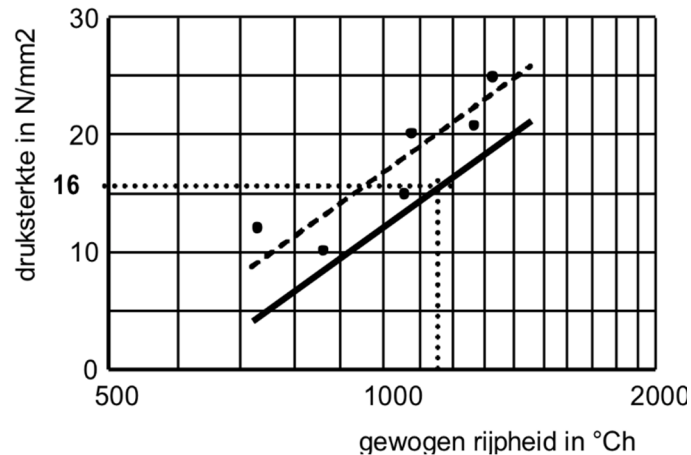
Bepaal de sterkte na 18 uren verharding.

**Antwoord:**

Van de gemeten sterktes zijn de gewogen rijpheden uitgerekend:

verharding in h	gewogen rijpheid in °Ch	sterkte in $\text{N/mm}^2$
32	$32 \times 23 = 736$	12
37	$37 \times 23 = 851$	10
46	$46 \times 23 = 1058$	15
47	$47 \times 23 = 1081$	20
55	$55 \times 23 = 1265$	21
57	$57 \times 23 = 1311$	25

Aan de hand van de berekende rijpheden is de ijkgrafiek getekend. Hierin is evenwijdig aan de regressielijn de ijklijn getekend met een verschuiving van  $v = 3 \times 1,5 = 4,5 \text{ N/mm}^2$  naar beneden.



De gewogen rijpheid na 18 uren is berekend in de volgende tabel:

tijdstip van uur tot uur	gemiddelde temperatuur	gewogen rijpheid
0 – 2	11,5	26
2 – 4	13,5	30

4 – 6	17,5	39
6 – 8	23,5	57
8 – 10	32	92
10 – 12	42	156
12 - 14	50,5	240
14 – 16	53,5	279
16 – 18	51	246
totale rijpheid na 18 uur		1165

Uit de ijkgrafiek blijkt dat de druksterkte na 18 uur ca. 16 N/mm<sup>2</sup> bedraagt.

### Vraag 9 (6 scorepunten)

Bij de beoordeling van de meetresultaten van de water-cementfactor van beton bestemd voor onder meer milieuklasse XF1 worden onderstaande resultaten verkregen:

0,54 0,55 0,53 0,55 0,57 0,58 0,55 0,54

0,53 0,52 0,53 0,54 0,52 0,51 0,53 0,54

Wordt aan de eisen in NEN-EN 206 voldaan met deze resultaten? Onderbouw uw antwoord.

#### Antwoord:

Voor milieuklasse XF1 geldt een maximum wcf van 0,55 en is een individuele afwijking van +0,02 toegestaan. Het aantal van deze toegestane afwijkingen is afhankelijk van het aantal waarnemingen.

De charge met als wcf = 0,58 valt buiten de grenswaarde  $0,55 + 0,02 = 0,57$ . Die charge is dus niet-conform. De producent moet voor het desbetreffende beton de afnemer waarschuwen en zelf corrigerende maatregelen nemen.

Voor de beoordeling van de overige charges mag de waarde 0,58 worden weggelaten.

In die overige meetresultaten komt de waarde 0,57 voor. Die waarde is groter dan de toegestane grenswaarde (0,55) maar valt nog binnen de grenswaarde voor individuele waarden.

Volgens NEN-EN 206 mag bij 15 waarnemingen 1 waarde liggen tussen de klassegrens (0,55) en de bovengrens (0,57). De overige waarnemingen voldoen daarmee aan de eis.

### Vraag 10 (10 scorepunten)

Van betonsamenstellingen waarin een CEM I 32,5 R wordt gebruikt, zijn de volgende gegevens bekend:

sterkteklasse	wcf	kubusdruksterkte na 28 dagen
C20/25	0,63	29,8
C30/37	0,48	47,2
LC30/33	0,43	41,8
C35/45	0,42	52,6
C60/75	0,31	81,5
C25/30	0,56	37,2

Voeg zoveel mogelijk gegevens samen tot 1 familie en bereken de gemiddelde sterkte en de standaardafwijking.

**Antwoord;**

Mengsels, die tot 1 familie behoren, moeten met hetzelfde toeslagmateriaal zijn gemaakt en mogen geen hogere sterkteklasse hebben dan C55/67. Dat betekent dat de resultaten van LC30/33 en van C60/75 afvallen.

We moeten kiezen voor een sterkteklasse die de familie vormt. Dat kan elke sterkteklasse zijn die wordt genoemd in de tabel met gegevens. Het zou zelfs een andere sterkteklasse kunnen zijn. Welke sterkteklasse we ook voor de familie kiezen, de berekening is identiek.

In deze uitwerking kiezen we voor de sterkteklasse C30/37.

We rekenen nu elke sterkte om naar een sterkte die (theoretisch) zou worden verkregen bij de wcf voor sterkteklasse C30/37.

We gebruiken daarvoor de formule:  $B = 0,8 \times N + 25 / wcf - 45$

Omdat steeds hetzelfde cement wordt gebruikt, is de waarde  $0,8 \times N$  altijd hetzelfde. Het verschil in betonsterkte wordt dus alleen nog bepaald door de waarde van de wcf.

Dus het verschil in betonsterkte tussen C30/37 en C35/45 is:

$$B_{37} - B_{45} = 25 / W_{37} - 25 / W_{45}$$

Als we  $B_{45}$ ,  $W_{37}$  en  $W_{45}$  kennen, kunnen we  $B_{37}$  uitrekenen. Die waarden staan in de tabel met gegevens.

$$\text{Dus: } B_{37} - 52,6 = 25 / 0,48 - 25 / 0,42 \rightarrow B_{37} = 47,2$$

Als we deze berekening voor alle sterktes uitvoeren, krijgen we het volgende resultaat waarin tevens het gemiddelde en de standaardafwijking zijn weergegeven:

sterkteklasse	wcf	kubusdruksterkte na 28 dagen	gecorrigeerde druksterkte
C20/25	0,63	29,8	42,2
C30/37	0,48	47,2	47,2
C35/45	0,42	52,6	45,2
C25/30	0,56	37,2	44,6
gemiddelde:			<b>44,8</b>
standaardafwijking:			<b>2,1</b>

Als de kandidaten een andere referentie hebben gekozen, worden het gemiddelde en de standaardafwijking als volgt:

bij C20/25      *gem.* = 32,4      *s* = 2,1  
 bij C35/45      *gem.* = 52,2      *s* = 2,1  
 bij C25/30      *gem.* = 37,4      *s* = 2,1