



Basiskennis BetonTechnologie

Hoofdstuk 6:

Mengselontwerp traditioneel beton



Schema mengselontwerp

- A. Inventarisatie bestekeisen
- B. Keuze grondstoffen
- C. Berekenen betonsamenstelling

A - Inventarisatie

Dit bestaat uit eisen aan:

- de betonspecie
 - verwerkbaarheid
 - max korrelgrootte
 - ..
- verhardend beton
 - temperatuurbehandeling
 - ..
- verhard beton
 - druksterkte
 - milieuklasse
 - ..

B - Keuze van de materialen

Dit is afhankelijk van de eisen en de mogelijkheden die er zijn.

Voorbeelden:

- Beperkt aantal silo's
- Voorhanden zijnde toeslagmaterialen
- ASR of LH eisen
- Verwerkbaarheid of wapeningsafstand.

C - Berekening betonsamenstelling

Berekenen betonsamenstelling (in 10 stappen)

1. Welke gemiddelde benodigde betonsterkte
2. Bepaling normsterkte van gebruikte cementen
3. Bepalen wcf/wbf (sterkte en duurzaamheid)
4. Bepaling van de verhoudingen toeslagmateriaal
5. Controle ontwerpgebied i.v.m. waterbehoefte
6. Bepaling waterbehoefte
7. Cementgehalte berekenen + controleren
8. Hoeveelheden van het toeslagmateriaal berekenen
9. Doorrekenen mengsel naar afweegstaat
10. Controle berekeningen

Voorbeeldberekening

Eisen:

- gewapend beton
- sterkteklasse: C30/37
- milieuklassen: XC4, XD1 en XS1
- consistentieklasse: S2
- chlorideklasse: Cl 0,40

Beschikbare materialen

- CEM III/A 42,5 N
- superplastificeerder geeft 15 l waterreductie
- zand 0/4 en grind 4/16

stap 1: welke gemiddelde druksterkte?

Berekening gemiddelde benodigde druksterkte.

$$f_{\text{cm,cube}} = f_{\text{ck,cube}} + 8 \text{ N/mm}^2$$

Voorbeeld:

$$f_{\text{cm,cube}} = 37 + 8 = 45 \text{ N/mm}^2$$

stap 1: welke gemiddelde druksterkte?

Invloed luchtgehalte op sterkte:

correctie nodig indien luchtgehalte $> 2 \%$.

- Uitgangspunt is dat verdichte betonspecie altijd maximaal 2 % lucht bevat.
- Alle lucht $> 2 \%$ komt door gebruik van een luchtbelvormer
- 1 % meer lucht kost 5 % van de sterkte
- Benodigde gemiddelde druksterkte hiervoor corrigeren (*zie cursus bte*).

stap 2: normsterkte van het cement?

Rekenwaarde voor de Normsterkte van het cement

Tabel 6.2 Richtwaarden voor de gemiddelde normsterkte N van in Nederland veel gebruikte cementen.

cementsoort	codering	normsterkte N (N/mm ²) na (j) dagen			
		1	2	3	28
<u>portlandcement</u>	CEM I 32,5 R	10	17	25	48
	CEM I 42,5 R	19	30	35	58
	CEM I 52,5 R	29	39	44	63
<u>portlandvliegascement</u>	CEM II/B-V 32,5 R	13	22	25	49
<u>hoogoven- cement</u>	CEM III/A 32,5 N	7	14	19	46
	CEM III/A 42,5 N	8	17	22	59
	CEM III/A 52,5 N	18	28	35	74
	CEM III/B 32,5 N	5	10	14	48
	CEM III/B 42,5 N	8	17	25	58

stap 2: normsterkte van het cement?

Rekenen met vroege sterkte van het beton:

- i.p.v. de normsterkte op 28 dagen die van bijvoorbeeld 1 dag toepassen.

Rekenen met cementmengsels:

- De normsterkte voor beide cementen rechtlijnig interpoleren.

stap 3: welke water-cementfactor?

Benodigde w/c-factor vaststellen:

3a – op basis van druksterkte

3b – op basis van duurzaamheid

3c – bepaal de ontwerpwater-cementfactor

stap 3a: wcf op basis van de druksterkte?

Uitrekenen op basis van de relatie tussen:

1. Gemiddelde betondruksterkte
2. Normsterkte van het toegepaste cement
3. Wcf

In formulevorm:

$$f_{cm(j)} = 0,8 \times N_{(j)} + 25 / wcf - 45 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Voorbeeld:

45 = 0,8 x 59 + 25 / wcf - 45, waaruit de wcf kan worden afgeleid:

$$wcf = 25 / (45 - 0,8 \times 59 + 45) = 0,58$$

stap 3b: wcf op basis van duurzaamheid ?

- Bepaal welke milieuklasse(n) van toepassing zijn.
- Kies hierbij altijd de maatgevende wcf.

Geeft naast de maximale wcf ook het minimaal cement/bindmiddel gehalte

De wcf wordt voor duurzaamheid 'veiligheidshalve' met 0,02 verlaagd → i.v.m. onnauwkeurigheid methode

Voorbeeld:

XC4: 0,50 → 0,48

XD1: 0,55 → 0,53

XS1: 0,50 → 0,48

stap 3c: maatgevende water-cementfactor?

Bepaal of de wcf voor sterkte of duurzaamheid maatgevend is.

De laagste van de 2 wordt de ontwerp-wcf.

Voorbeeld:

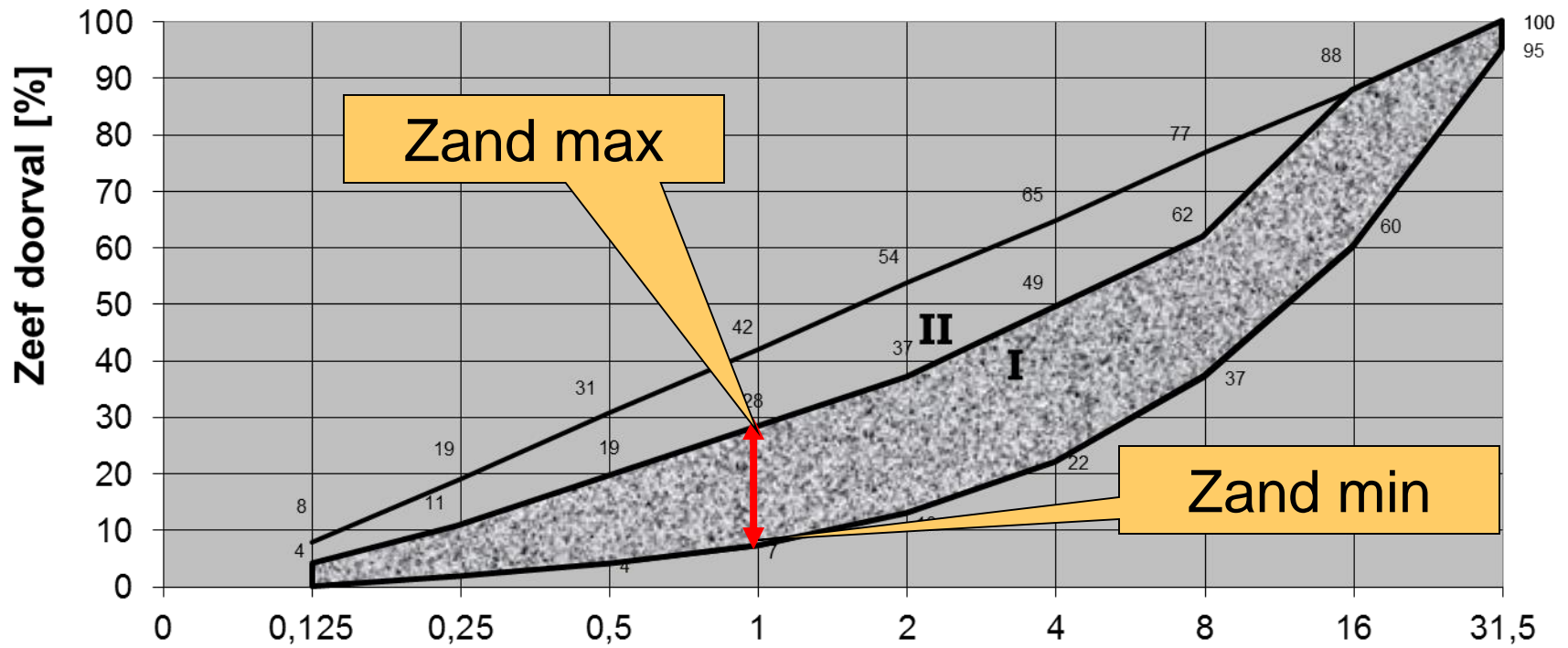
Sterkte: $wcf \leq 0,58$

Duurzaamheid: $wcf \leq 0,5 \rightarrow 0,48$

Vaak blijkt dat de wcf op basis van de milieuklasse maatgevend is.

stap 4: mengsel van toeslagmaterialen

Ontwerpgebied 0-31,5 als voorbeeld/denkmodel



stap 4: mengsel van toeslagmaterialen

Mengsel van 2 materialen:

We rekenen (bijvoorbeeld) naar het maximale zand % binnen het betreffende ontwerpgebied op zeef 1 mm.

$$P_z = \frac{M_x - G_x}{Z_x - G_x} \times 100 \%$$

P_z = het percentage fijn toeslagmateriaal (zand)

P_g = het percentage grof toeslagmateriaal

M_x = Het zeefdoorval % van het mengsel

G_x = Het zeefdoorval % van het grof toeslagmateriaal

Z_x = het zeefdoorval % van het fijne toeslagmateriaal (zand)

$$P_g = 100 \% - P_z$$

stap 4: mengsel van toeslagmaterialen

Korrelgrootteverdeling van zand en grind

Zeef	Zand 0/4	Grind 4/16
31,5	100	100
16	100	98
8	100	50
4	97	10
2	92	1
1	82	0
0,5	43	0
0,25	7	0
0,125	0	0

stap 4: mengsel van toeslagmaterialen

$$P_z = ?$$

$$P_g = 100 - ?$$

$$M_x = 33 \%$$

$$G_x = 0$$

$$Z_x = 82 \%$$

Invullen in de formule:

$$P_z = \frac{33 - 0}{82 - 0} \times 100 \% = 40 \%$$

stap 4: mengsel van toeslagmaterialen

Berekening gradering mengsel:

$$(P_z / 100) \times Z_x + (P_g / 100) \times G_x = M_x$$

Zeef	Zand 0 / 4	Grind 4 / 16	Zand 40%	Grind 60%	mengsel
31,5	100	100	40	60	100
16	100	98	40	58,8	99
8	100	50	40	30	70
4	97	10	38,8	6	45
2	92	1	36,8	0,6	37
1	82	0	32,8	0	33
0,5	43	0	17,2	0	17
0,25	7	0	2,8	0	3
0,125	0	0	0	0	0

stap 5: controle ontwerpgebied

Zand	Grind	Zand	Grind	mengsel	Ondergrens I	Bovengrens I
0 / 4	4 / 16	40%	60%		16	16
100	100	40	60	100	100	100
100	98	40	58,8	99	100	95
100	50	40	30	70	58	87
97	10	38,8	6	45	36	60
92	1	36,8	0,6	37	20	45
82	0	32,8	0	33	11	33
43	0	17,2	0	17	5	23
7	0	2,8	0	3	2	12
0	0	0	0	0	0	5

mengsel ligt geheel in ontwerpgebied I

stap 6: waterbehoefte

Waterbehoefte afhankelijk van:

1. Consistentieklasse (voorbeeld: S2)
2. Ontwerpgebied
3. Maximale korrel
4. Korrelvorm

Consistentieklasse	D _{max}				
	8	11	16	22	32
C0	155	150	145	140	135
C1, S1, F1	170	165	160	155	150
C2, S2, F2	185	180	175	170	165
C3, S3, F3	200	195	190	185	180

Voor hogere consistenties zijn geen richtwaarden gegeven. Een hogere consistentie mag alleen met behulp van een (super)plasticiserder worden verkregen, dus niet door meer water toe te voegen.

Aanpassingen richtwaarden:

Mengsel in ontwerpgebied I + II	+ 20 kg
Grof toeslagmateriaal gebroken	+ 5 kg
Fijn toeslagmateriaal gebroken	+ 20 kg

stap 7: berekening cementgehalte

Berekening cementgehalte op basis van de ontwerp wcf en het benodigde watergehalte:

$wcf = \text{water} / \text{cement} \rightarrow \text{cement} = \text{water} / wcf$

Voorbeeld: $C = 175 / 0,48 = 365 \text{ kg}$

Met SPL: $C = (175 - 15) / 0,48 = 333 \text{ kg}$

Controle:

De uitkomst toetsen aan het minimale cement-/bindmiddelgehalte op basis van de milieuklasse: **$333 > 300$: voldoet dus!**

stap 8: uitleveringsberekening

Uitleveringsberekening:

- Altijd toewerken naar 1 m^3 beton;
- Gewichten van het cement en water omrekenen naar volume m.b.v. de volumieke massa (zie algemene gegevens)
- Luchtgehalte kiezen – standaard is **2 %**. Als er met een luchtbelvormer wordt gewerkt gaat dit getal omhoog.
- Volume van de cementlijm uitrekenen = **$C+W+L$**
- Volume van het toeslagmateriaal uitrekenen = **$1 \text{ m}^3 - (C + W + L)$**
- Volume zand en grind uitrekenen.

stap 8: uitleveringsberekening

Omrekenen naar gewichten (uitleveringsberekening):

- Alle volumes van de grondstoffen omrekenen naar gewichten via de volumieke massa
- Alle materialen zijn droog. In de praktijk meestal nat toeslagmateriaal
- Opgave voor de mengmeester moet in nat toeslagmateriaal.
- Water correctie doorvoeren voor het vochtgehalte
- Water correctie doorvoeren voor de absorptie.

uitleveringsberekening - vervolg

		[m3]	[kg/m3]	[kg]	[%]	[kg]	[kg]
Cement	CEM III/B 42,5	0,111	3000	333			333
Water	0,48	0,160	1000	160		-67	93
Lucht	2,0%	0,020					
<i>subtotaal</i>		<i>0,291</i>					
<i>Toeslag</i>		<i>0,709</i>					
Zand	40%	0,284	2650	752	4,5%	34	786
Grind	60%	0,425	2650	1127	2,9%	33	1160
Totaal		1,000		2372			2372

uitleveringsberekening

		[m3]	[kg/m3]	[kg]	[%]	[kg]	[kg]
Cement	CEM III/B 42,5	0,111	3000	333			333
Water	0,48	0,160	1000	160		-56	104
Lucht	2,0%	0,020					
<i>subtotaal</i>		<i>0,291</i>					
<i>Toeslag</i>		<i>0,709</i>					
Zand	40%	0,284	2650	752	4,5%	34	786
Grind	60%	0,425	2650	1127	2,9%	33	1160
Totaal		1,000		2372			2383
Zand		0,284	2650	752	0,3%	2	
Grind		0,425	2650	1127	0,8%	9	

$$= -34 - 33 + 2 + 9$$

absorptievocht

uitleveringsberekening

		[m3]	[kg/m3]	[kg]	[%]	[kg]	[kg]
Cement	CEM III/B 42,5	0,111	3000	333			333
Water	0,48	0,160	1000	160		-56	104
Lucht	2,0%	0,020					
<i>subtotaal</i>		<i>0,291</i>					
<i>Toeslag</i>		<i>0,709</i>					
Zand	40%	0,284	2650	752	4,5%	34	786
Grind	60%	0,425	2650	1127	2,9%	33	1160
Totaal		1,000		2372			2383
Zand		0,284	2650	752	0,3%	2	
Grind		0,425	2650	1127	0,8%	9	

stap 9: opgave aan mengmeester



stap 10: controleberekeningen

- a. Cementgehalte (reeds gedaan, voldoet)
- b. Gehalte fijn materiaal ($\leq 0,250$ mm)
- c. Chloridegehalte (indien nodig of mogelijk)

10b: controle hoeveelheid fijn materiaal

In 1 m³ beton bevindt zich:

- 0,111 m³ cement
- 0,020 m³ (= 7 % van 0,284 m³) zand
- 0,000 m³ lucht (> 2%)
- 0,131 m³ fijn materiaal

Uit de
uitleveringstabel
aflezen

Zie algemene
gegevens voor
de stabiliteit

Eis = minimaal 0,125 m³

conclusie: het voldoet

10c: controle chloridegehalte

Rekenoefening:

- 333 kg hoogovencement 0,03 % Cl- = 0,1 kg
- 752 kg droog zand 0,0004 % Cl- = 0,003 kg
- 1127 kg droog grind 0,0004 % Cl- = 0,005 kg
- 104 kg aanmaakwater 0,011 % Cl- = 0,011 kg

Totaal

= 0,119 kg

Voldoet voor
gewapend en
voorgespannen
beton

$$\text{chloridegehalte} = \frac{0,119 \text{ kg}}{333 \text{ kg}} \times 100 = 0,036 \%$$

Oefening 1

Betonsterkteklasse:	C30/37
Milieuklasse:	XD2
Consistentieklasse:	S2
Korrelgrootteverdeling:	Ontwerpgebied I
D_{\max} :	31,5 mm
Toepassing	zand 0/4 en grind 4/32
Cement:	CEM III/B 42,5 N LH SR

Chloridegehalten	
Cement	0,02%
Vochtig zand	0,0002%
Vochtig grind	0,0001%
Aanmaakwater	0,01%

Oefening 1 - vervolg

Vochtgehalte zand: 5% inclusief 0,3% absorptie

Vochtgehalte grind: 3% inclusief 0,8% absorptie

Houdt rekening met 2% lucht

Maak de afweegstaat.

Zeef	Zand 0/4	Grind 4/32
31,5	100	99
16	100	65
8	100	32
4	98	8
2	89	0
1	71	0
0,5	39	0
0,25	6	0
0,125	1	0

Oefening 1 – stap 1

Berekening gemiddelde benodigde druksterkte.

$$f_{cm,cube} = f_{ck,cube} + 8 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cm,cube} = 37 + 8 = 45 \text{ N/mm}^2$$

Oefening 1 – stap 1 en 2

Sterkte correctie door lucht > 2 %.

Luchtgehalte: 2% dus correctie is niet van toepassing.

Rekenwaarde voor de normsterkte van het cement.

CEM III/B 42,5 N LH SR: 58 N/mm²

Oefening 1 – stap 3

bepaling wcf :

op basis van druksterkte:

$$wcf = 25 / (45 - 0,8 \times 58 + 45) = 0,57$$

op basis van duurzaamheid:

$$XD2: wcf \text{ maximaal } 0,50, \text{ aanhouden } 0,50 - 0,02 = 0,48$$

De laagste van de 2 wordt de ontwerp wcf.

Sterkte: $wcf \leq 0,57$

Duurzaamheid: $wcf \leq 0,48$

Oefening 1 – stap 4 berekening % zand

We rekenen naar het maximale zand % binnen het betreffende ontwerpgebied op zeef 1 mm.

$$P_z = \frac{28 - 0}{71 - 0} \times 100 \%$$

P_z = het percentage fijn toeslagmateriaal (zand)

M_x = Het zeefdoorval % van het mengsel = **28%**

G_x = Het zeefdoorval % van het grind = **0%**

Z_x = het zeefdoorval % van het zand = **71%**

$$P_z = 39 \% \text{ en } P_g = 100 - 39 = 61 \%$$

Oefening 1 – stap 4

Berekening korrelgrootteverdeling mengsel:

$$(P_z / 100) \times Z_x + (P_g / 100) \times G_x = M_x$$

voorbeeld zeef 4 mm:

$$(39 / 100) \times 98 + (61 / 100) \times 8 = 43 \%$$

Oefening 1 – stap 4

Berekening korrelgrootteverdeling mengsel:

$$(P_z / 100) \times Z_x + (P_g / 100) \times G_x = M_x$$

Zeef	Zand	Grind	Zand	Grind	mengsel
	0 / 4	4 / 31,5	39%	61%	
31,5	100	99	39,0	60,4	99
16	100	65	39,0	39,7	79
8	100	32	39,0	19,5	59
4	98	8	38,2	4,9	43
2	89	0	34,7	0,0	35
1	71	0	27,7	0,0	28
0,5	39	0	15,2	0,0	15
0,25	6	0	2,3	0,0	2
0,125	1	0	0,4	0,0	0

Oefening 1 – stap 5 controle ontwerpgebied

Zeef	Zand	Grind	Zand	Grind	mengsel	Ondergrens I	Bovengrens I
	0 / 4	4 / 31,5	39%	61%		31,5	31,5
31,5	100	99	39,0	60,4	99	95	100
16	100	65	39,0	39,7	79	60	88
8	100	32	39,0	19,5	59	37	62
4	98	8	38,2	4,9	43	22	49
2	89	0	34,7	0,0	35	13	37
1	71	0	27,7	0,0	28	7	28
0,5	39	0	15,2	0,0	15	4	19
0,25	6	0	2,3	0,0	2	2	11
0,125	1	0	0,4	0,0	0	0	4

Oefening 1 – stap 6 en 7

$$C = 165 / 0,48 = 344 \text{ kg}$$

Controle berekening:

De uitkomst toetsen aan het minimale cement-/bindmiddelgehalte op basis van de milieuklasse:

344 > 300 dus het voldoet

Consistentieklasse	D _{max}				
	8	11	16	22	32
C0	155	150	145	140	135
C1, S1, F1	170	165	160	155	150
C2, S2, F2	185	180	175	170	165
C3, S3, F3	200	195	190	185	180

Voor hogere consistenties zijn geen richtwaarden gegeven. Een hogere consistentie mag alleen met behulp van een (super)plastificeerder worden verkregen, dus niet door meer water toe te voegen.

Aanpassingen richtwaarden:	
Mengsel in ontwerpgebied I + II	+ 20 kg
Grof toeslagmateriaal gebroken	+ 5 kg
Fijn toeslagmateriaal gebroken	+ 20 kg

Oefening 1 – stap 8: uitleveringsberekening

stap 9: opgave aan mengmeester



		[m3]	[kg/m3]	[kg]	[%]	[kg]	[kg]
Cement	CEM III/B 42,5	0,117	2950	344			344
Water	0,48	0,165	1000	165		-59	106
Lucht	2,0%	0,020					
<i>subtotaal</i>		<i>0,302</i>					
<i>Toeslag</i>		<i>0,698</i>					
Zand	39%	0,272	2650	721	5,0%	36	757
Grind	61%	0,426	2650	1129	3,0%	34	1163
Totaal		1,000		2359			2370
Zand		0,272	2650	721	0,3%	2	
Grind		0,426	2650	1129	0,8%	9	

$$= - 36 - 34 + 2 + 9$$

absorptievocht

Oefening 1 – stap 10: controle fijn materiaal

In 1 m³ beton bevindt zich:

- 0,117 m³ cement
- 0,016 m³ (= 6 % van 0,272 m³) zand
- 0,000 m³ lucht (> 2%)

----- +

- 0,133 m³ fijn materiaal

Eis = minimaal 0,115 m³

Voldoet

Zie algemene
gegevens voor
de stabiliteit

Oefening 1 – stap 10: controle chloridegehalte

Rekenoefening:

• 344 kg hoogovencement	0,02 % Cl ⁻	=	0,069 kg
• 721 kg droog zand	0,0002 % Cl ⁻	=	0,001 kg
• 1129 kg droog grind	0,0001 % Cl ⁻	=	0,001 kg
• 106 kg aanmaakwater	0,01 % Cl ⁻	=	0,011 kg
			----- +
Totaal			0,082 kg

$$\text{chloridegehalte} = (0,082 / 344) \times 100\% = 0,024\%$$

Oefening 2 – stap 1

Betonsterkteklasse: C45/55 (gemiddeld: 63 N/mm²)
Milieuklasse: XC4 en XF1
Consistentieklasse: C1
Graderingsgebied: Ontwerpgebied I
D_{max}: 31,5 mm
Toepassing zand 0/4 en grind 4/32
Cement: CEM I 52,5 R of CEM III/B 42,5 N

Grondstoffen	chloride gehalten	alkali gehalten
Cement	0,02%	0,6
Vochtig zand	0,0002%	0,01
Vochtig grind	0,0001%	0,012
Aanmaakwater	0,01%	0,001

Oefening 2 – stap 1

Vochtgehalte zand: 3,8% inclusief 0,6% absorptie

Vochtgehalte grind: 1,8% inclusief 1,0% absorptie

Houdt rekening met 2% lucht

- Welke cement?
- Maak de afweegstaat.

Zeef	Zand 0/4	Grind 4/32
31,5	100	99
16	100	65
8	100	30
4	97	6
2	92	0
1	75	0
0,5	40	0
0,25	6	0
0,125	0	0

Oefening 2 – stap 2 en 3: welk cement en wcf ?

Op basis van sterkte:

- Normsterkte van CEM I 52,5 R: 63 N/mm²
- Normsterkte van CEM III/B 42,5 N LH SR: 58 N/mm²

- CEM I 52,5 R:

$$wcf = 25 / (63 - 0,8 \times 63 + 45) = \mathbf{0,43}$$

- CEM III/B 42,5 N:

$$wcf = 25 / (63 - 0,8 \times 58 + 45) = \mathbf{0,41}$$

Oefening 2 – stap 3: welk cement en wcf ?

Bepaling wcf op basis van:

- duurzaamheid:
 - XC4: wcf maximaal 0,50 **aanhouden 0,48**
 - XF1: wcf maximaal 0,55
- sterkte: $wcf \leq 0,41$ of $\leq 0,43 \rightarrow$ maatgevend!

XF1 (vorst/dooi): CEM I verdient de voorkeur

Bovendien: hogere wcf, dus lager cementgehalte

Dus: $wcf \leq 0,50$ dus **0,43** aanhouden

Oefening 2 – stap 4: Berekening zandpercentage

We rekenen naar het maximale zand % binnen het betreffende ontwerpgebied op zeef 1 mm.

$$P_z = \frac{28 - 0}{75 - 0} * 100 \%$$

P_z = het percentage fijn toeslagmateriaal (zand)

M_x = Het zeefdoorval % van het mengsel = **28**

G_x = Het zeefdoorval % van het grind = **0**

Z_x = het zeefdoorval % van het zand = **75**

$$P_z = 37 \% \quad P_g = 100 - 37 = 63 \%$$

Oefening 2 – stap 4: berekening korrelgradering

Zeef	Zand 0 / 4	Grind 4 / 32	Zand 37%	Grind 63%	mengsel
31,5	100	99	37,0	62,4	99
16	100	65	37,0	41,0	78
8	100	30	37,0	18,9	56
4	97	6	35,9	3,8	40
2	92	0	34,0	0,0	34
1	75	0	27,8	0,0	28
0,5	40	0	14,8	0,0	15
0,25	6	0	2,2	0,0	2
0,125	0	0	0,0	0,0	0

stap 5: controle ontwerpgebied
mengsel ligt geheel in ontwerpgebied I

Oefening 2 – stap 5: controle ontwerpgebied

Zeef	Zand	Grind	Zand	Grind	mengsel	Ondergrens I	Bovengrens I
	0 / 4	4 / 32	37%	63%		31,5	31,5
31,5	100	99	37,0	62,4	99	95	100
16	100	65	37,0	41,0	78	60	88
8	100	30	37,0	18,9	56	37	62
4	97	6	35,9	3,8	40	22	48
2	92	0	34,0	0,0	34	13	37
1	75	0	27,8	0,0	28	7	28
0,5	40	0	14,8	0,0	15	4	19
0,25	6	0	2,2	0,0	2	2	11
0,125	0	0	0,0	0,0	0	0	4

Oefening 2 – stap 6 en 7: waterbehoefte en cementgehalte?

Consistentieklasse	D _{max}				
	8	11	16	22	32
C0	155	150	145	140	135
C1, S1, F1	170	165	160	155	150
C2, S2, F2	185	180	175	170	165
C3, S3, F3	200	195	190	185	180

Voor hogere consistenties zijn geen richtwaarden gegeven. Een hogere consistentie mag alleen met behulp van een (super)plastificeerder worden verkregen, dus niet door meer water toe te voegen.

Aanpassingen richtwaarden:	
Mengsel in ontwerpgebied I + II	+ 20 kg
Grof toeslagmateriaal gebroken	+ 5 kg
Fijn toeslagmateriaal gebroken	+ 20 kg

$$C = 150 / 0,43 = 349 \text{ kg}$$

Controle berekening:

De uitkomst toetsen aan het minimale cement-/bindmiddel gehalte op basis van de milieuklasse:

349 > 300 dus voldoet

stap 8: Uitleveringsberekening

stap 9: opgave aan mengmeester



		[m3]	[kg/m3]	[kg]	[%]	[kg]	[kg]
Cement	CEM I 52,5	0,111	3150	349			349
Water	0,43	0,150	1000	150		-33	117
Lucht	2,0%	0,020					
<i>subtotaal</i>		<i>0,281</i>					
<i>Toeslag</i>		<i>0,719</i>					
Zand	37%	0,266	2650	705	3,8%	27	732
Grind	63%	0,453	2650	1201	1,8%	22	1222
Totaal		1,000		2405			2420
Zand		0,266	2650	705	0,6%	4	
Grind		0,453	2650	1201	1,0%	12	

$= -27 - 22 + 4 + 12$

absorptievocht

Oefening 2 – stap 10: controle hoeveelheid fijn

In 1 m³ beton bevindt zich:

- 0,111 m³ cement
- 0,016 m³ (= 6 % van 0,266 m³) zand
- 0,000 m³ lucht (> 2%)

----- +

- 0,127 m³ fijn materiaal

Eis:

minimaal 0,115 m³

Voldoet

Oefening 2 – stap 10: controle chloridegehalte

Rekenoefening:

- 349 kg portlandcement 0,02 % Cl⁻ = 0,070 kg
 - 705 kg droog zand 0,0002 % Cl⁻ = 0,001 kg
 - 1201 kg droog grind 0,0001 % Cl⁻ = 0,001 kg
 - 117 kg aanmaakwater 0,01 % Cl⁻ = 0,012 kg
- Totaal (+) = 0,084 kg
-

$$\text{Chloridegehalte} = \frac{0,084 \text{ kg}}{349 \text{ kg}} \cdot 100 = \mathbf{0,024 \%}$$