

## Rekenvoorbeeld toleranties

In deze bijlage wordt een rekenvoorbeeld uitgewerkt met betrekking tot betonnen vloerplaten die gesteld moeten worden op gemetselde poeren:

plaatlengte = 5200 ( $\pm 28$ ) mm

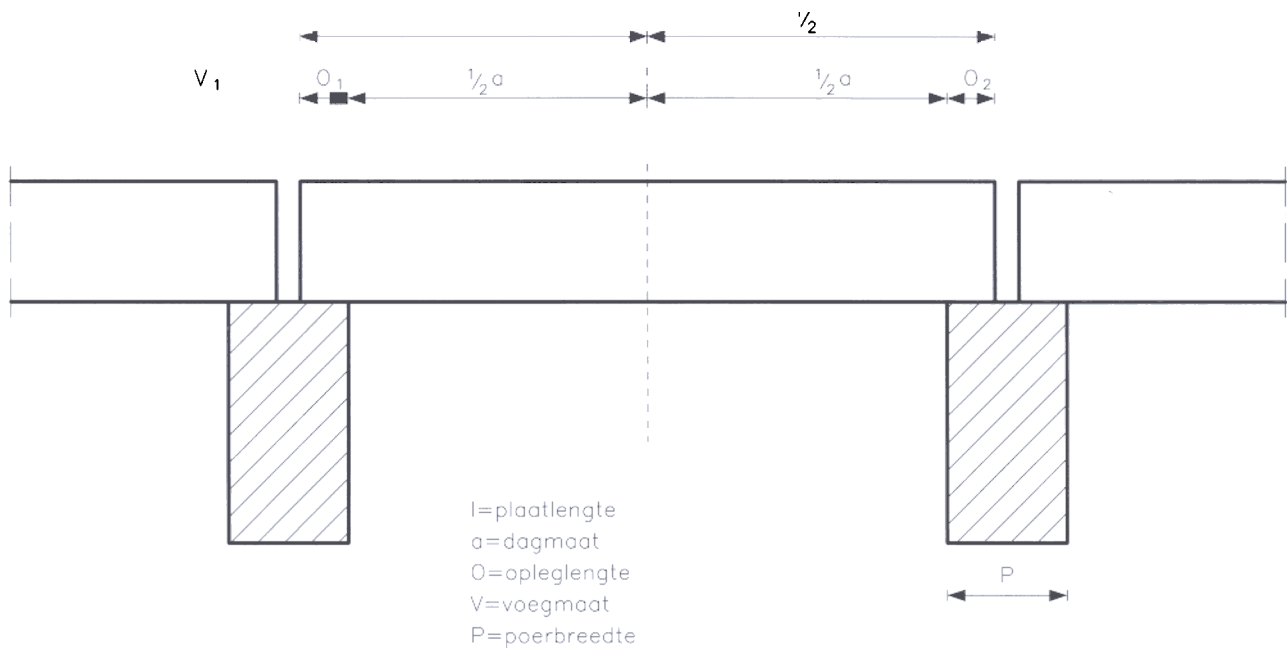
dagmaat tussen de poeren = 5000 ( $\pm 20$ ) mm

poerbreedte = 210 ( $\pm 0$ ) mm

opleglengte = 100 mm

voegmaat = 10 mm

(De gegeven toleranties zijn op basis van een 98%-spreidingsgebied). Zie onderstaande figuur.



opleglengte als afgeleide van  $l$  en  $a$

$$\left. \begin{array}{l} O_1 = O_2 \text{ (geen stelfwijking)} \\ O_1 + O_2 = l - a \end{array} \right\} O_1 = O_2 = \frac{1}{2}l - \frac{1}{2}a$$

### Gevraagd wordt:

- wat is de in de praktijk optredende maximale variatie in de opleglengte wanneer de vloerplaat bij het monteren exact gecentreerd wordt (er is dus geen stelfwijking)?
- wat zijn de eventuele consequenties voor de voegmaat resp. voor de poerbreedte?

*Antwoord op vraag A.*

In theorie bestaan er twee uiterste combinaties, nl.

kortste plaatlengte (5172 mm) met breedste dagmaat (5020 mm)  
 en langste plaatlengte (5228 mm) met smalste dagmaat (4980 mm)

waaruit volgt dat de opleglengte in theorie kan variëren van

$$(5172 - 5020) : 2 = 76 \text{ mm tot } (5228 - 4980) : 2 = 124 \text{ mm}$$

Deze uiterste combinaties zullen echter zelden voorkomen. We moeten dan ook de maximale variatie in de opleglengte berekenen voor het 98% -tolerantiegebied en maken hierbij gebruik van de formule:

$$\sigma_0 = \sqrt{(1/2 \sigma_1)^2 + (\sigma_2)^2 + (1/2 \sigma_3)^2}, \text{ waarin:}$$

$\sigma_0$  = standaardafwijking voor de opleglengte

$\sigma_1$  = standaardafwijking van het uitzetten (in dit geval dagmaat tussen de poeren)

$\sigma_2$  = standaardafwijking van het stellen

$\sigma_3$  = standaardafwijking van de fabricage (plaatlengte)

De standaardafwijkingen worden herleid uit de opgegeven 98% -tolerantiegrenzen met behulp van een tabel voor de standaardnormale verdeling de rechter-overschrijdingskansen, door de formule:

$$u = \frac{(\chi - \mu)}{\sigma} \quad \text{waarin:}$$

$u$  = excentriciteitsfactor uit vornoemde tabel voor de normale verdeling

$\chi$  = (grens)waarde van normaal verdeelde variabele

$\mu$  = gemiddelde

$(\chi - \mu)$  = 1/2 tolerantiegebied, in dit geval het halve 98%-tolerantiegebied

$\sigma$  = standaardafwijking

In het geval van een 98%-gebied (éénzijdige overschrijdingskans van 1%) wordt in de tabel voor  $u$  de waarde 2,33 gevonden. Hieruit volgt voor de standaardafwijkingen van:

$$\text{dagmaat (uitzetten)} \quad \sigma_1 = \frac{20}{2,33} = 8,6 \text{ mm en}$$

$$\text{fabricage (plaatlengte)} \quad \sigma_3 = \frac{28}{2,33} = 12,0 \text{ mm}$$

Verder is in dit voorbeeld gegeven dat de tolerantie voor het stellen ( $\sigma_2$ ) 0 mm bedraagt (tolerantieloos monteren, met andere woorden volledig centreren).

Voor de standaardafwijking van de opleglengte wordt nu dus gevonden:

$$\sigma_0 = \sqrt{(1/2 \times 8,6)^2 + (1/2 \times 12,0)^2} = 7,4 \text{ mm}$$

De opleglengte (98%-gebied) zal nu dus variëren van:

$$100 \pm 2,33 \times 7,4 = 100 \pm 17 \text{ mm,}$$

dus minimale oplegging 83 mm en maximale oplegging 117 mm.

*Antwoord op vraag B:*

De variatie in de voegmaat is afhankelijk van de variatie in de opleglengte. Aangezien de voegmaat wordt beïnvloed door twee opleglengten, volgt de standaardafwijking voor de voegbreedte uit:

$$\sigma_v = \sqrt{2 \times (\sigma_0)^2} = \sqrt{2 \times (7,4)^2} = 10,4 \text{ mm}$$

Het 98%-gebied van de voegmaat wordt dus:  $10 \pm 2,33 \times 10,4 = 10 \pm 24 \text{ mm.}$

Met andere woorden een voegbreedte van -14 mm tot +34 mm.

Het zal duidelijk zijn dat een negatieve voegmaat tot grote problemen leidt en dus onacceptabel is.

De vraag welke vervolgens gesteld kan worden is:  
hoe vaak zal het voorkomen dat de voeg kleiner dan 0 mm is?

Het antwoord hierop wordt gevonden met de eerder genoemde tabel voor overschrijdingskansen voor de normale verdeling:

$$u = \frac{(X - \mu)}{\sigma} \quad \text{ofwel} \quad \frac{0 - 10}{10,4} = -0,962$$

In de tabel voor overschrijdingskansen vinden we bij deze waarde dat in 16,8% van de gevallen de voeg kleiner dan 0 mm zal zijn.

Op de vraag hoe dit op te lossen zijn meerdere antwoorden mogelijk:

- verminderen van de tolerantie op de plaatlengte en gelijktijdig verminderen van de tolerantie op de dagmaat.
- vergroting van de poerbreedte (en dus verkleinen van de dagmaat tussen de poeren bij een gelijkblijvende hart-op-hart maat).
- verminderen van de nominale opleglengte.
- combinatie van bovenvermelde mogelijkheden a en/of b en/of c.

ad a. Wat zal het resultaat zijn indien de tolerantie van de plaatlengte tot + of -20 mm, en de tolerantie op de dagmaat tot + of -10 mm teruggebracht zou kunnen worden?

Indien we de eerder gevoerde berekeningen herhalen met deze nieuwe toleranties voor plaatlengte en dagmaat, dan volgt hieruit dat:

- de opleglengte varieert van minimaal 89 mm naar maximaal 111 mm
- de voegmaat varieert van minimaal -6 mm tot maximaal 26 mm
- in ca. 7% van de gevallen zal leiden tot voegen kleiner dan 0 mm

Het zal duidelijk zijn dat deze oplossing nog onvoldoende is en te vaak tot onacceptabele passingsproblemen zal leiden. Verdere verlaging van de toleranties van plaatlengte en dagmaten wordt niet erg realistisch geacht.

ad b. Vergroting van de poerbreedte van 210 naar 230 mm en verkleining van de tolerantie op de plaatlengte van + of -28 mm naar + of -20 mm levert het volgende resultaat op:

uitgangspunten:	• plaatlengte	5170 mm ± 20 mm
	• dagmaat	4970 mm ± 20 mm
	• opleglengte	nominaal 100 mm
	• voegbreedte	nominaal 30 mm
	• steltolerantie	0 mm (100% centrereren)

**Resultaten van berekeningen:**

- de opleglengte varieert van minimaal 86 mm naar maximaal 114 mm
- de voegmaat varieert van 30 ± 20 mm dus van 10 mm tot 50 mm

In deze situatie zal er dus naast een relatief kleine spreiding in de opleglengte altijd een reële voegmaat resteren van minimaal 10 mm.

De gekozen oplossing voldoet dus in alle gevallen.

ad c. Indien de verbreding van de poermaat van 210 naar 230 mm niet gewenst wordt kan de oplossing gezocht worden door verkleining van de nominale opleglengte al dan niet in combinatie met verlaging van de oorspronkelijke toleranties op de plaatlengte en/of dagmaat.

Wel dient men zich hierbij af te vragen wat de consequenties zijn van de vermindering van de nominale opleglengte in constructieve/voorschrifttechnische zin.

Berekeningen van opleglengte en voegbreedte verlopen op hierboven geschetste statistische wijze.

## LEDEN VAN BELTON

### Van den Berg's Betonbedrijf B.V.

Postbus 81 8100 AB Raalte  
Heesweg 14 8102 HJ Raalte  
Telefoon 0572 - 352644  
Fax 0572 - 358818

### Beton Son B.V.

Postbus 5 5690 AA Son  
Ekkersrijt 3301 5692 CJ Son  
Telefoon 0499 - 486486  
Fax 0499 - 486666

### Van Dijk Beton Hardinxveld B.V.

Postbus 21 3370 AA Hardinxveld/ Giessendam  
Wiedhaak 6 3371 KD Hardinxveld/ Giessendam  
Telefoon 0184 - 613922  
Fax 0184 - 618908

### Haitsma Beton B.V.

Postbus 1263 3600 BG Maarssen  
Computerweg 5 3606 AV Maarssen  
Telefoon 0346 - 558999  
Fax 0346 - 558900

### Hoco Beton B.V.

Postbus 168 6000 AD Weert  
Trancheeweg 16-18 6002 ST Weert  
Telefoon 0495 - 535516  
Fax 0495 - 540335

### Hurks Beton B.V.

Postbus 221 5500 AE Veldhoven  
Licht 126 5504 RP Veldhoven  
Telefoon 040 - 2533012  
Fax 040 - 2545835

### Kemper Keerwanden B.V.

Postbus 5016 5004 EA Tilburg  
Ledeboerstraat 40 5048 AD Tilburg  
Telefoon 013 - 4651651  
Fax 013 - 4651638

### Lingen Beton B.V.

Postbus 4 3350 AA Papendrecht  
Nanengat 11 3356 AA Papendrecht  
Telefoon 078 - 6152310  
Fax 078 - 6155264

### Noppert Beton B.V.

Postbus 34 9250 AA Bergum  
Solcamastraat 16 9262 ND Suameer  
Telefoon 0511 - 461715  
Fax 0511 - 465020

### Oosthoek/Kemper B.V.

Postbus 5026 5004 EA Tilburg  
Ledeboerstraat 38 5048 AD Tilburg  
Telefoon 013 - 4659900  
Fax 013 - 4659999

## LEDEN VAN BEVLON

### Alvon Bouwsystemen B.V.

Postbus 22 7833 ZG Nw. Amsterdam  
Boerdijk 30 7844 TC Veenoord  
Telefoon 0591 - 551763  
Telefax 0591 - 552120

### Beton Son B.V.

Postbus 5 5690 AA Son  
Ekkersrijt 3301 5692 CJ Son  
Telefoon 0499 - 486911  
Fax 0499 - 477565

### Dycore Verwo Systems B.V.

Postbus 197 4900 AD Oosterhout  
Ambachtsweg 16 4906 CH Oosterhout  
Telefoon 0162 - 477477  
Fax 0162 - 477499

### E.B.M. Beton Veenendaal

Postbus 840 3900 AV Veenendaal  
De Smalle Zijde 78 3903 LR Veenendaal  
Telefoon 0318 - 525055  
Fax 0318 - 541215

### Geelen Beton B.V.

Postbus 8008 6060 AA Posterholt  
Heerbaan 58 6061 EE Posterholt  
Telefoon 0475 - 401420  
Fax 0475 - 403025

### Heembeton B.V.

Postbus 1201 6801 BE Arnhem  
Eusebiusplein 1a 6811 JB Arnhem  
Telefoon 026 - 3715151  
Fax 026 - 3513985

### Oudenallen Betonindustrie B.V.

Postbus 186 3440 AD Woerden  
Lange Meentweg 40 3652 LB Woerdense Verlaat  
Telefoon 0172 - 406140  
Fax 0172 - 406161

### Prefab Beton Vebo B.V.

Postbus 8 3750 GA Bunschoten  
Röntgenweg 3 3752 LJ Bunschoten  
Telefoon 033 - 2992600  
Fax 033 - 2992610

### Romein Beton B.V.

Postbus 11 6669 ZG Dodewaard  
Dalwagen 55 6669 CB Dodewaard  
Telefoon 0488 - 417111  
Fax 0488 - 412117

### Schokbeton B.V.

Postbus 28 3330 AA Zwijndrecht  
Lindtsedijk 14 3336 LE Zwijndrecht  
Telefoon 078 - 6128466  
Fax 078 - 6120143

### Spanbeton B.V.

Postbus 5 2396 ZG Koudekerk a/d Rijn  
Hoogewaard 209 2396 AS Koudekerk a/d Rijn  
Telefoon 071 - 3419115  
Fax 071 - 3412101

### Steenhuis Beton B.V.

Postbus 22 9982 ZG Uithuizermeeden  
Kaaipweg 12 9982 EG Uithuizermeeden  
Telefoon 0595 - 413625  
Fax 0595 - 415021

### Betonindustrie "De Veluwe" B.V.

Aalscholwerweg 5 7332 AG Apeldoorn  
Telefoon 055 - 5334335  
Fax 055 - 5334985

### Voorbij Prefab Beton B.V.

Postbus 228 1420 AE Uithoorn  
Amsterdamseweg 19 1422 AC Uithoorn  
Telefoon 0297 - 513444  
Fax 0297 - 513499

### Westo Prefab Beton Systemen B.V.

Postbus 182 7740 AD Coevorden  
Einsteinweg 10 7741 KP Coevorden  
Telefoon 0524 - 513499  
Fax 0524 - 516830

### De Hoop Betonwaren B.V.

Postbus 19 4530 AA Terneuzen  
Duitslandweg 2 4538 BK Terneuzen  
Telefoon 0115 - 680911  
Fax 614159

### Monoliet Beton Breda B.V.

Postbus 3272 4800 DG Breda  
Hekven 6 4824 AE Breda  
Telefoon 076 - 5482200  
Fax 076 - 5425950

### Omnia Plaatvloer B.V.

Postbus 4 7740 AA Coevorden  
Monierweg 16 7741 KT Coevorden  
Telefoon 0524 - 515851  
Fax 0524 - 514561

### Orion Beton B.V.

Postbus 1205 7500 BE Enschede  
Kanaalstraat 195 7547 AR Enschede  
Telefoon 053 - 4321133  
Fax 053 - 4357669

### Prefab Beton Veghel B.V. -

Postbus 296 5460 AG Veghel  
Kennedylaan 18 5466 AA Veghel  
Telefoon 0413 - 380600  
Fax 0413 - 343586

### VBI Verenigde Bouwproducten Industrie B.V.

Postbus 31 6850 AA Huissen  
Looveerweg 1 6851 AJ Huissen  
Telefoon 026 - 3797979  
Fax 026 - 3797900