



PlyCon truss system

30/06/2026

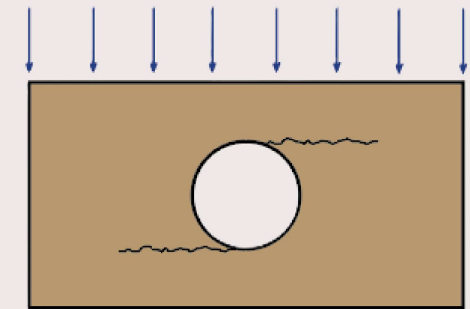
Hanna Korvemaker



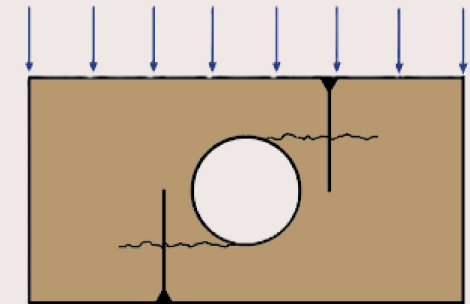
Graduation project Structural Engineering and Design

Probleemstelling

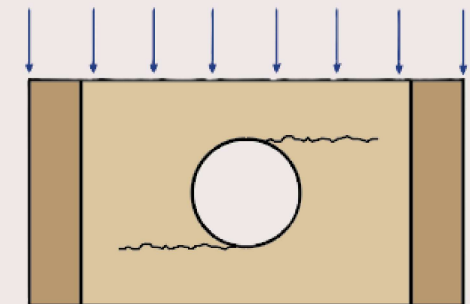
- **VDM Woningen Drogeham:**
 - Geprefabriceerde houtskeletbouw
 - Traditioneel massief houten vloersysteem
- **Constructieve uitdagingen**
 - Beperkte overspanningen
 - Invloed op de duurzaamheid
- **Beperkte flexibiliteit voor installaties en leidingwerk**
 - Verminderde constructieve capaciteit
 - Gevolgen voor architectuur



Ongewapend ($d \leq 0,3h$)



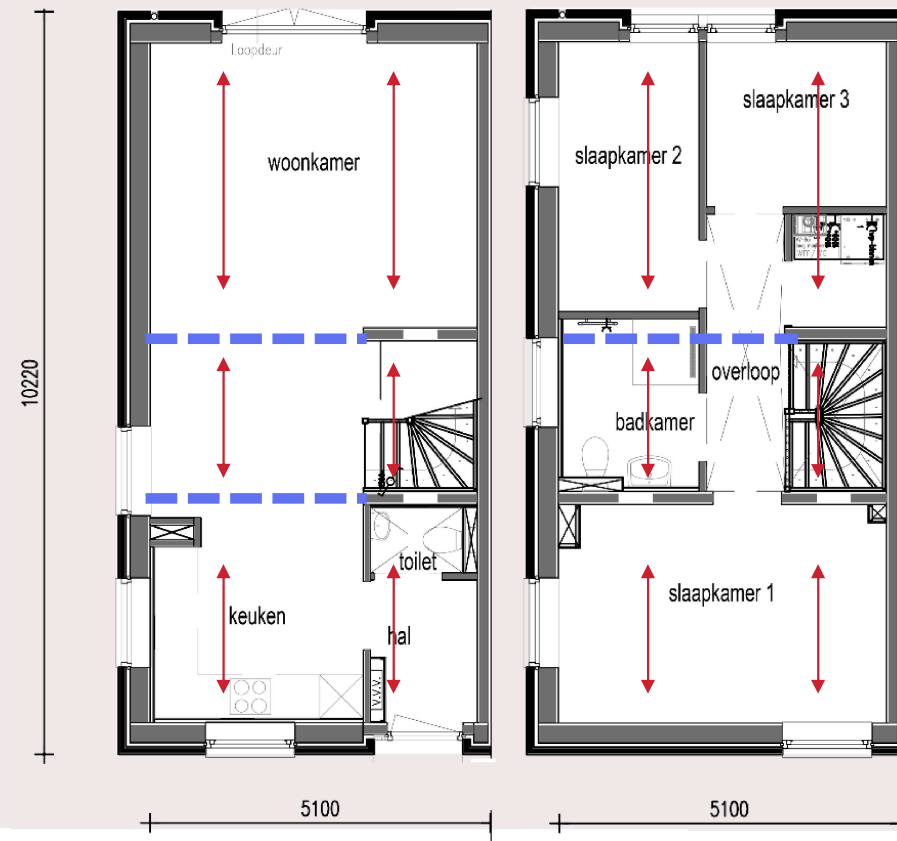
Schroef wapening ($d \leq 0,3h$)



Plaat wapening ($d \leq 0,4h$)

Probleemstelling: Praktisch voorbeeld

- Gebruikelijke maximale overspanning: 5,0 m
- Standaard afmetingen: 36 × 244 mm (C24)
- Benodigde sparingsdiameter:
 - Diameter afvoerleiding: $h = 110 \text{ mm}$
 - Afschot afvoerleiding: $h = 5 \text{ mm/m}$
 - Tolerantie afvoerleiding: $h = 4 \text{ mm}$
 - **Benodigde balkhoogte: $h = 323 \text{ mm}$**



Referentie en systeemkeuze



Balksysteem



Plaatvloersysteem



Vakwerksysteem

Referentie en systeemkeuze



Vakwerksysteem

Voordelen:

- Behoud van de constructieve capaciteit
- Flexibiliteit voor installaties
- Efficiënt vakwerksysteem voor grote overspanningen
- Duurzame materiaaltoepassing
- Geschikt voor prefab elementen

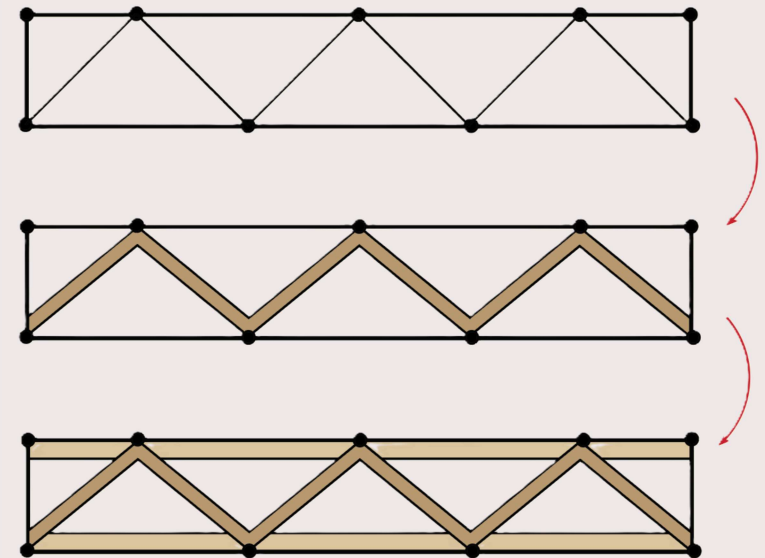
Belangrijk aandachtspunt: Verschuiving in de verbindingen

Hoofdvraag

*Hoe kan een **lichtgewicht houten vakwerkvloersysteem** worden ontworpen om **meer flexibiliteit** te bieden voor installaties, terwijl de **constructieve prestaties** worden verbeterd ten opzichte van traditionele massieve houten balken binnen de **geprefabriceerde houtskeletbouw**?*

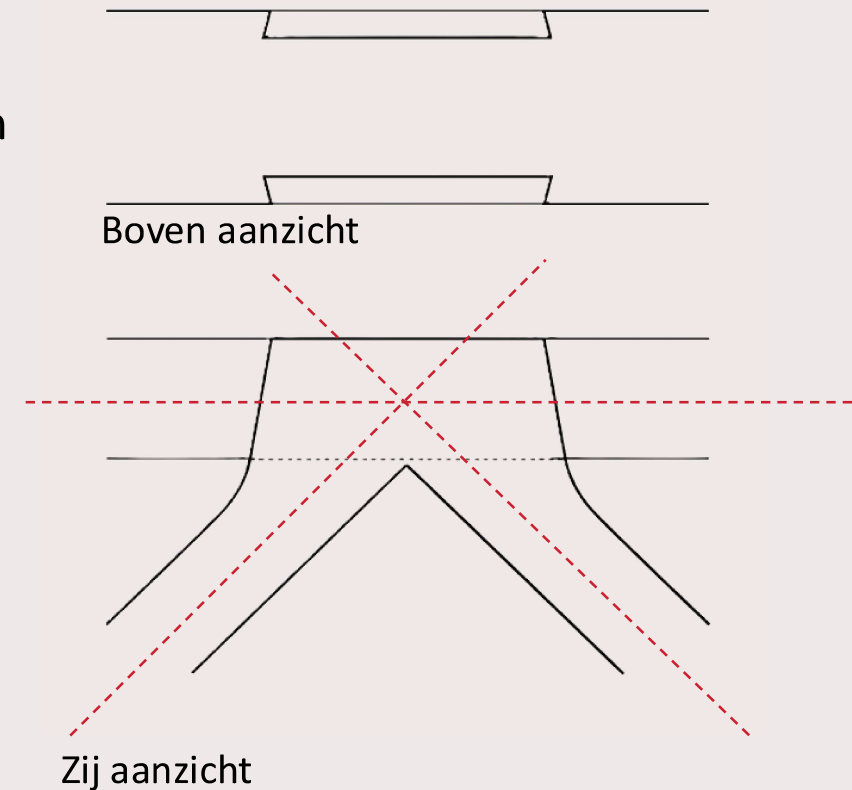
Vakwerksysteem ontwerp

- **Vakwerkgeometrie:** Warren-vakwerk
- **Materialen:** gelamineerde panelen en houten balken
- **Verbindingsconcept:** hout-op-houtverbinding met lijm



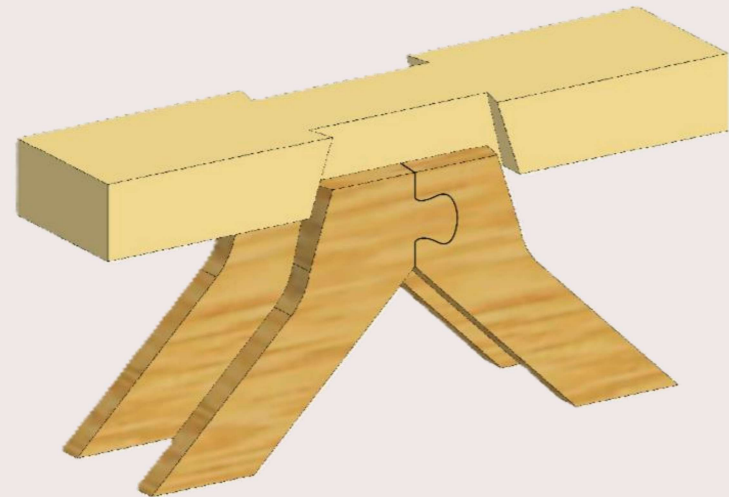
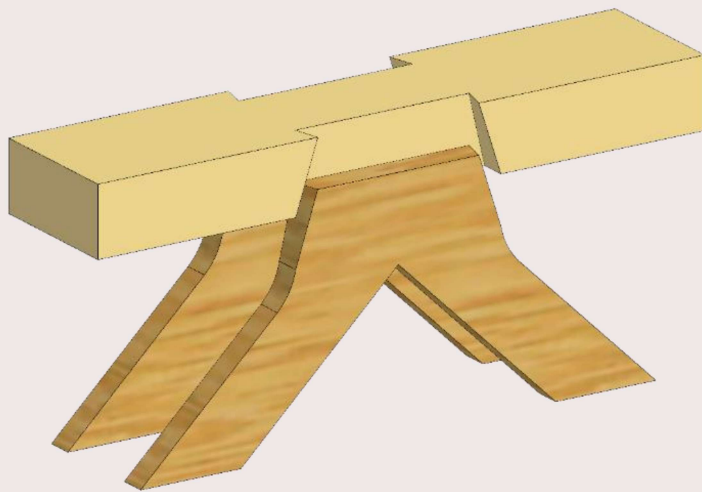
Verbinding ontwerp

- **Configuratie:** zwaluwstaart met zelfklemmende zijden
 - Druk op de lijmlaag
 - Wrijving aan de zijvlakken
- **Hartlijnen:** kruisen elkaar in één punt
- **Twee rijen diagonalen:**
 - Verhoging van de afschuifstijfheid
 - Verlaging van de afschuifkracht in de verbinding
 - Verlaging van de spanningen in de diagonalen

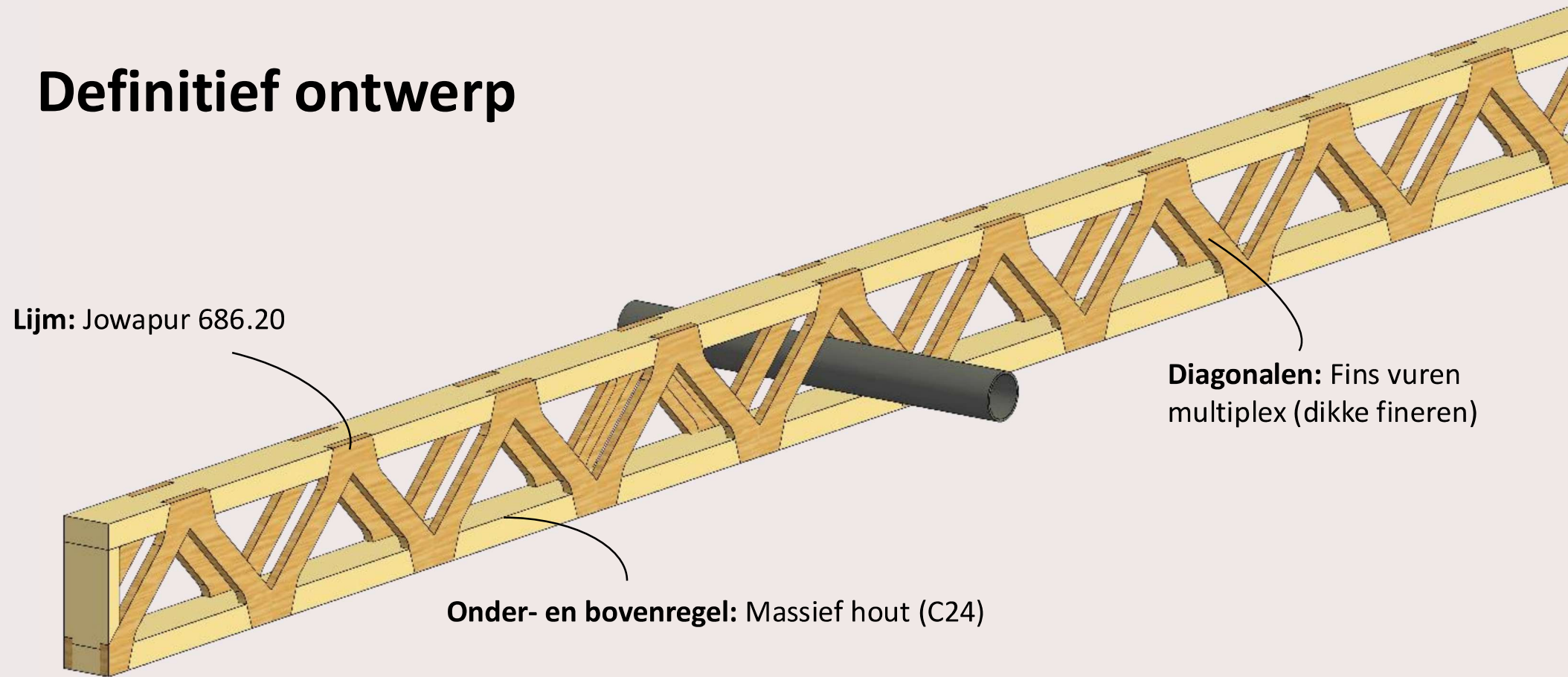


Verbinding ontwerp

- **Overspanning groter dan de plaatlengte:** ontwerp van de plaatverbinding
- **Plaatverbinding:** zwaluwstaartverbinding



Definitief ontwerp



Definitief ontwerp

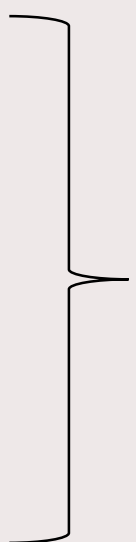
Ontwerpbelastingen (VDM Woningen)

Permanente belastingen

Eigengewicht constructie	: 0,30 kN/m ²
Anhydrietvloer (70 mm)	: 1,40 kN/m ²
Totaal	: 1,70 kN/m ²

Veranderlijke belastingen

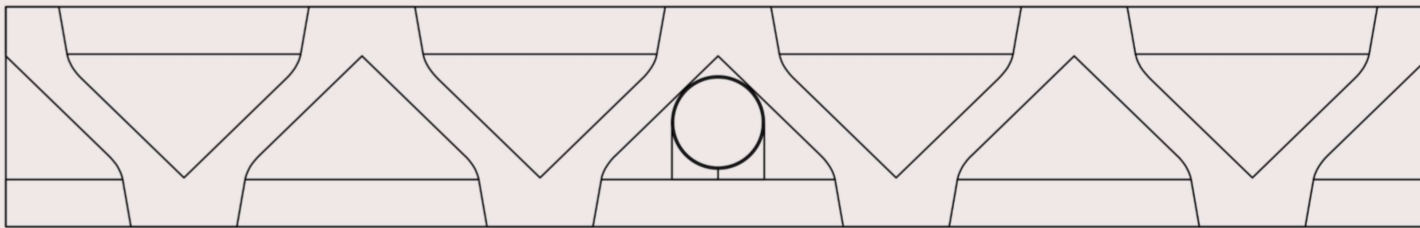
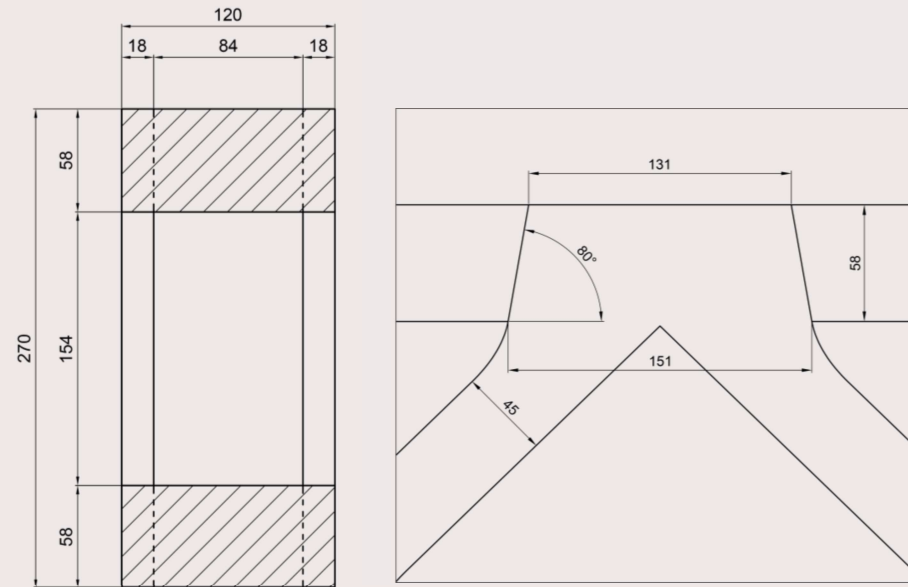
Woonfunctie – vloeren	: 1,75 kN/m ²
Eigengewicht ≤ 1,0 kN/m ² (A)	: 0,50 kN/m ²
Totaal	: 2,25 kN/m ²


$$q_{drgb} = 5,38 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ed} = 4,87 \text{ kN/m}^2$$

Definitief ontwerp

- **Hart-op-hartafstand:** 600 mm
- **Gewenste overspanning:** 5500 mm
- **Gestandaardiseerde elementen**



Ontwerpwaardes analytische methode

Afschuifweerstand (Trek in diagonalen)

$$V_{rk} = 9,32 \text{ kN}$$

Buigweerstand (Trek in onderregel)

$$M_{rk} = 14,98 \text{ kNm}$$

Buigstijfheid (Onder- en bovenregel)

$$EI_{eff} = 1,76 * 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

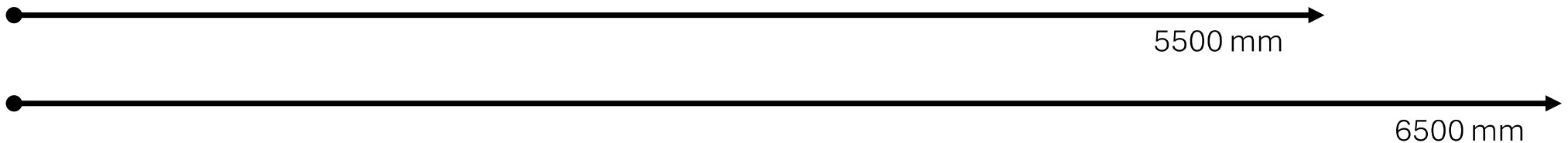
Afschuifstijfheid (Diagonalen)

$$GA = 2,99 * 10^6 \text{ N/mm}^2$$

Parametrische optimalisatie

Grasshopper: parametrisch optimaliseerbaar voor alle overspanningen

CNC-machine: productiemogelijkheden



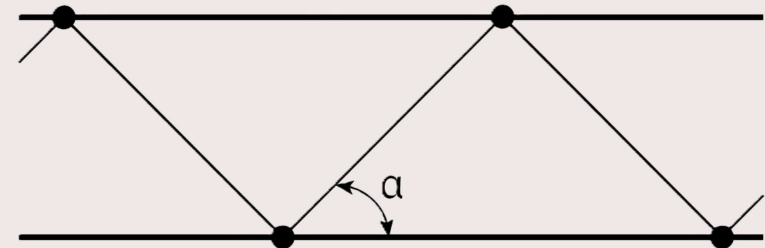
Parametrische optimalisatie

Meest ongunstige configuratie: kleine diagonaalhoek

- Grootste krachten in de verbindingen
- Kleinste afschuifstijfheid

Galapagos in Grasshopper: alle diagonalen tussen 3500 en 6500 mm

- Kleinste hoek: $\alpha = 44,23^\circ$
- Grootste hoek: $\alpha = 47,47^\circ$
- **Ontwerphoek:** $\alpha = 44^\circ$



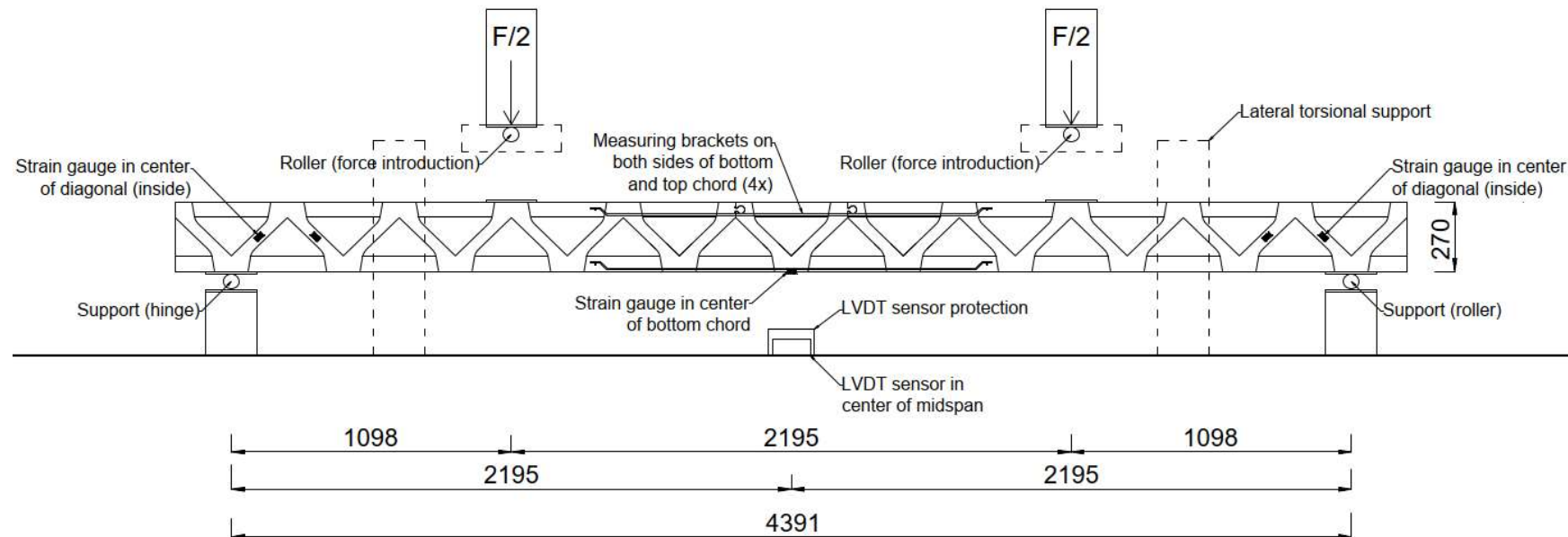
Experimentele methode

4-punt-buigproef: buiging gedomineerd

$$\text{Buigweerstand (MRk): } M_{rk} = \frac{F_{max} * a}{2}$$

$$\text{Buigstijfheid (EI): } EI_{m,l} = \frac{al^2 \Delta F}{16 \Delta w}$$

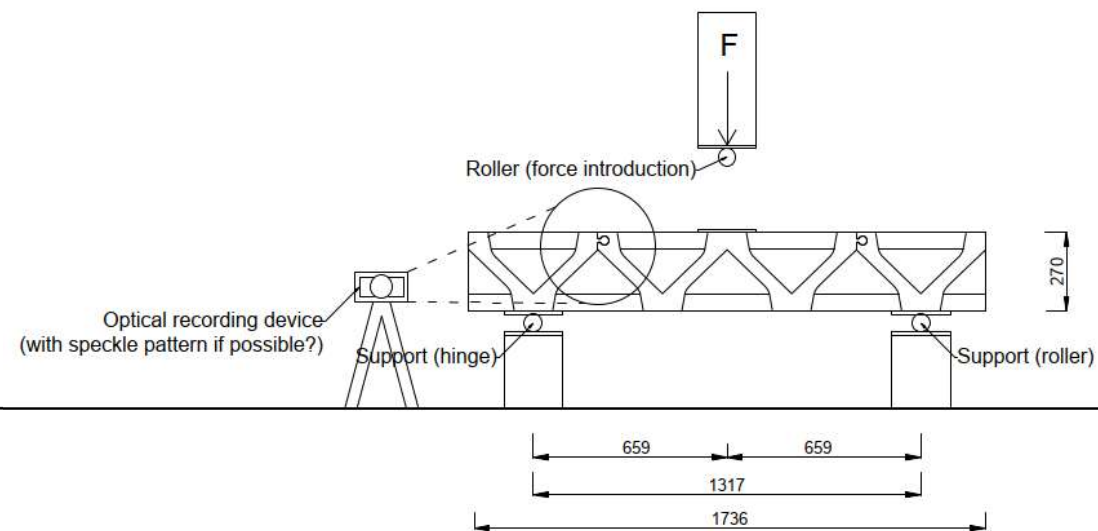
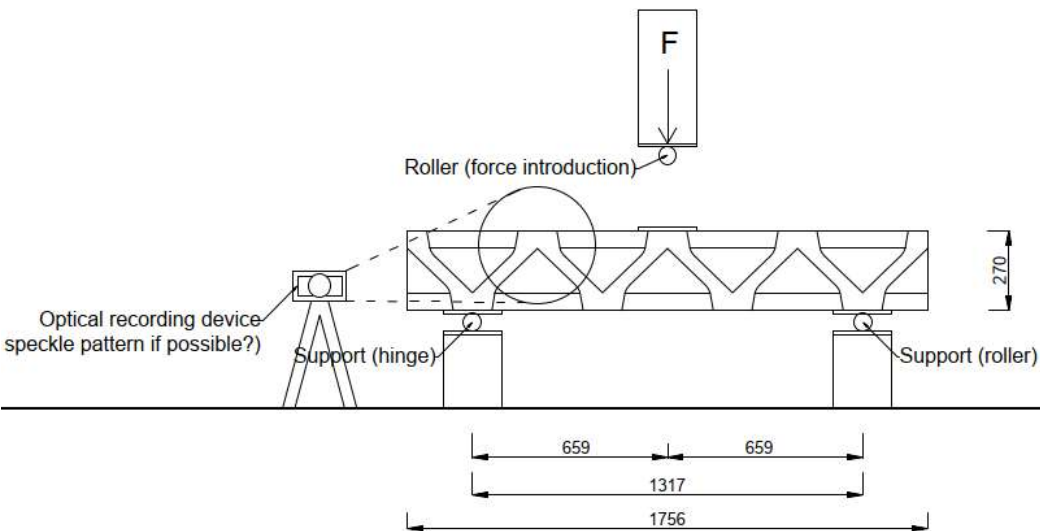
$$\text{Afschuifstijfheid (GA): } GA = \frac{\Delta F * a}{2(\Delta w_{tot} - \Delta w_{EI})}$$



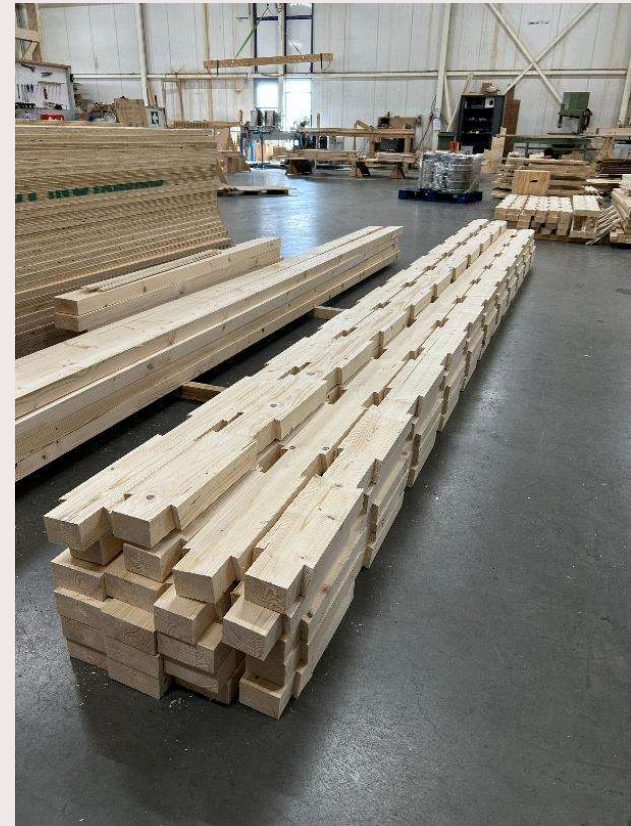
Experimentele methode

3-punt-buigproef: afschuiving gedomineerd

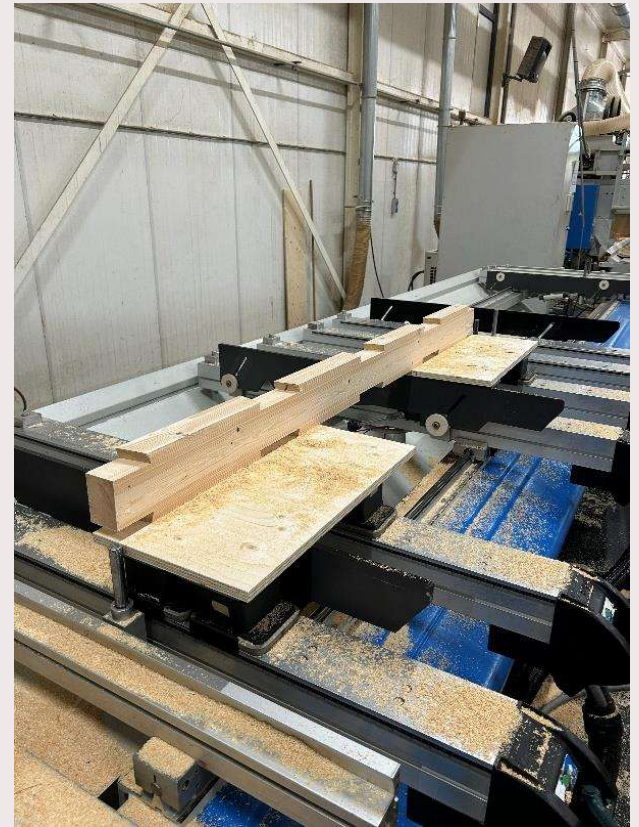
$$\text{Afschuifweerstand (VRk): } V_{rk} = \frac{F_{max}}{2}$$



Productie bij Spantenfabriek Dokkum



Productie bij Spantenfabriek Dokkum



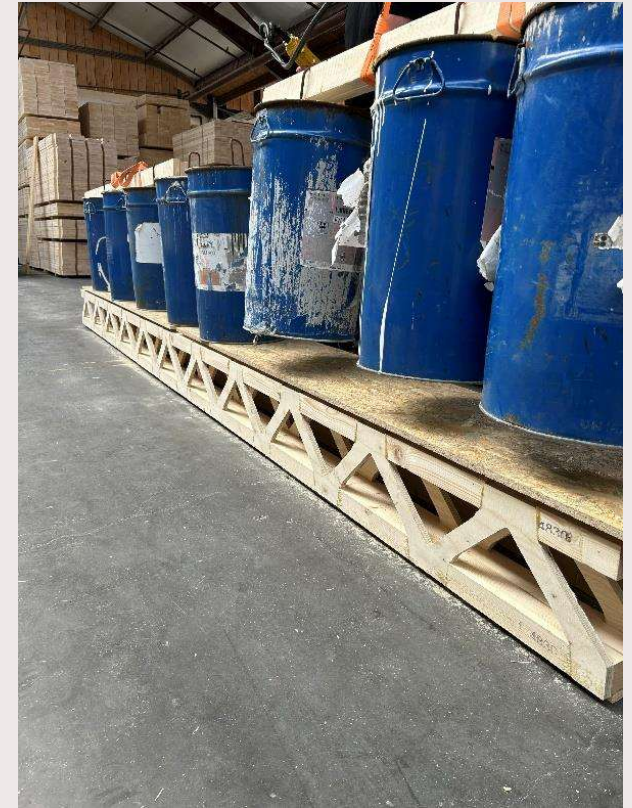
Productie bij Spantenfabriek Dokkum



Productie bij Spantenfabriek Dokkum



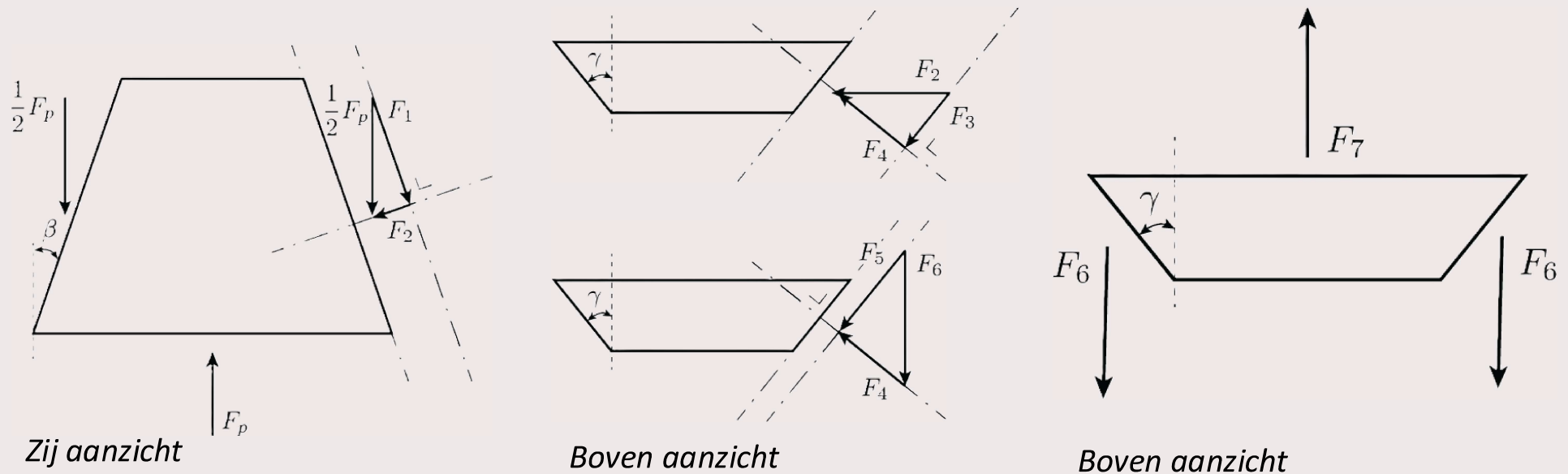
Productie bij Spantenfabriek Dokkum





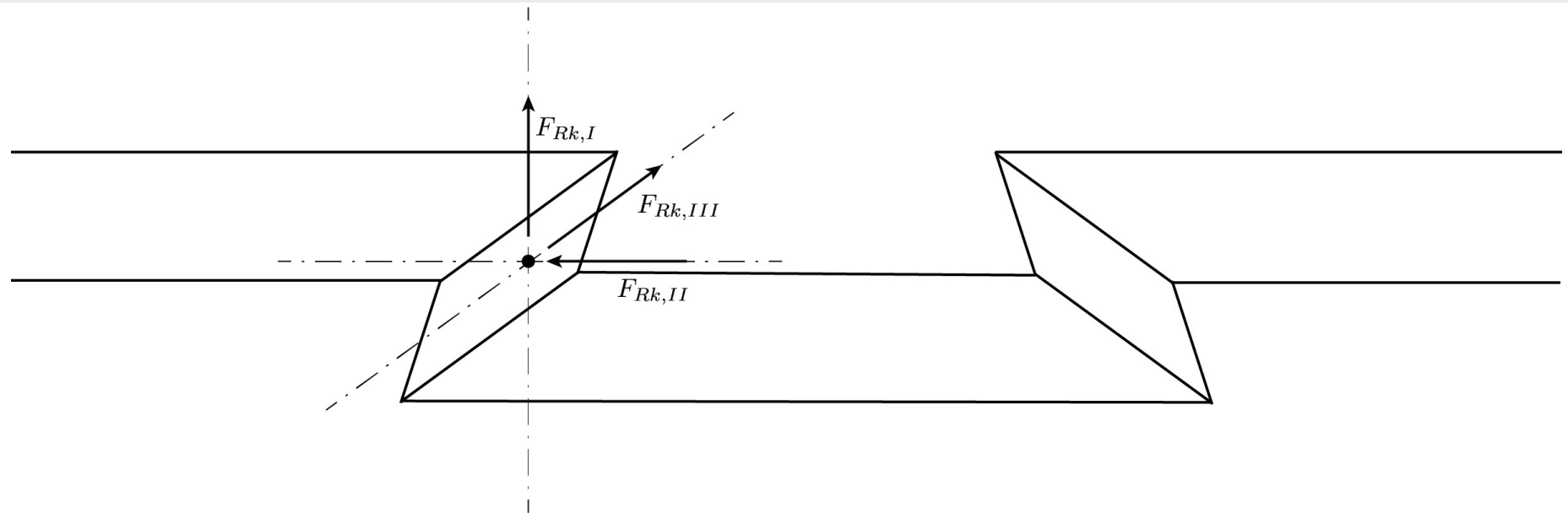


Analytisch model: Krachten ontbinden



$$F_p = \frac{\sigma_{c,90} \tan(\gamma) A_c}{\sin(\beta)} \quad 0,3 \leq \sigma_{c,90} \leq 1,0 \text{ N/mm}^2$$

Analytisch model: Sterkte



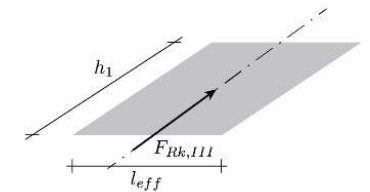
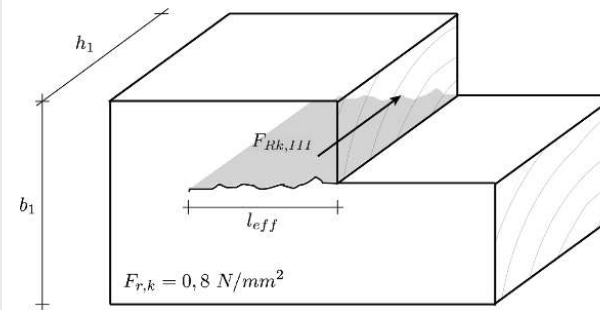
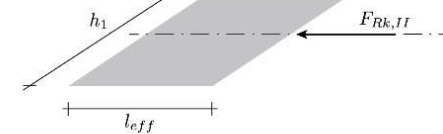
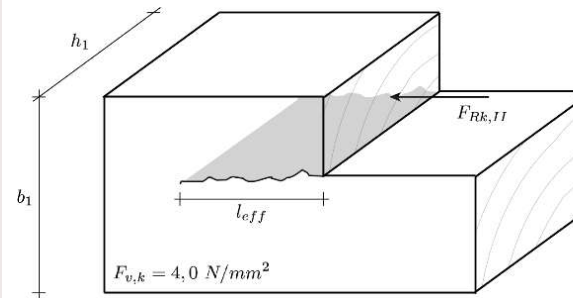
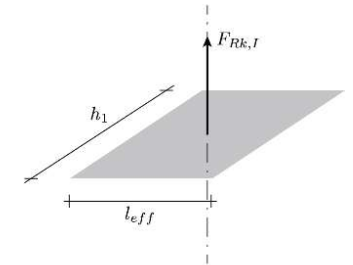
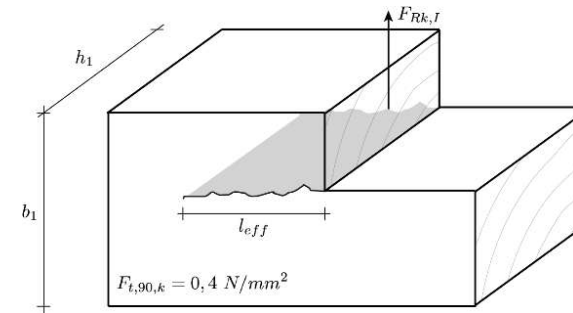
Analytisch model: Sterkte

$$F_{Rk,I} = \frac{f_{c,0,k} \alpha b_1 h_1}{f_{v,k}} * f_{t,90,k}$$

$$F_{Rk,II} = f_{c,0,k} \alpha b_1 h_1$$

$$F_{Rk,III} = \frac{f_{c,0,k} \alpha b_1 h_1}{f_{v,k}} * f_{r,k}$$

$$F_{Rk,con} = \frac{2f_{c,0,k} \alpha b_1 h_1}{\sqrt{\left(\frac{\cos(\gamma) \sin(\beta) f_{v,k}}{\sin(\gamma) f_{t,90,k}}\right)^2 + \tan^2(\beta) + \left(\frac{f_{v,k}}{f_{r,k}}\right)^2}}$$



Analytisch model: Sterkte

Berekende karakteristieke waarde analytisch model:

$$F_{Rk,con,model} = 5,11 \text{ kN}$$

Karakteristieke ondergrenswaarde proef:

$$F_{Rk,con,test} = 6,43 \text{ kN}$$

Gemeten waarde **26% hoger** dan de modelvoorspelling

