



Project : **Uitbreiding bedrijfsgebouw aan de Voorstadlaan 145A  
te Nijmegen**

Onderdeel : **Constructie berekening**

Werknr. : **6466**

Datum : **17 april 2023**  
Gewijzigd : **16 mei 2023**

Opdrachtgever : **KRAAC ontwerpers + ingenieurs  
Kerkenbos 1028  
6546 BA Nijmegen**

Constructeur :



Dinxperlo

Gebruikslicentie tot 01-04-23 verleend door:

Gebruikslicentie tot 01-04-23 verleend door:

Versie: 2.11.20 NDP NL:2011

printdatum : 15-03-2023

printdatum : 15-03-2023

werk: **Uitbreiding bedrijfsgebouw (dakopbouw)**werknummer: **6466**

onderdeel:

|                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| soort gebouwfunctie 5: |                         |
| soort gebouwfunctie 4: |                         |
| soort gebouwfunctie 3: |                         |
| soort gebouwfunctie 2: |                         |
| soort gebouwfunctie 1: | kantoor max 4 bouwlagen |

maatgevend:

onderverdeling

ontwerplevens- ook enrm 1991-1-7 gebruiks-

| duurklasse | gevolgklasse | categorie |
|------------|--------------|-----------|
| 3          | CC2a         | B         |
| 3          | CC2a         |           |

toegepaste norm

= NEN-EN 1990 eurocode nieuwbouw

gevolgklasse

= CC2a (Consequence Class = gevolgklasse)

ontwerplevensduurklasse

= 3 =&gt; ontwerplevensduur 50 jaar

huidige ouderdom gebouw

= jaar =&gt; restlevensduur = 50 jaar

referentieperiode

= 50 jaar

correctiefactor

 $\xi = 0,89$  correctiefactor eigen gewicht voor formule 6.10.b

Keuze voor 6.10b: combinatie met: 2 vloeren extreem in de gebouwfunctie A t/m G of H (NEN-EN 1991-1-1+C1/)

omschrijving

= CC2a: Middelmatige gevolgen t.a.v. verlies van mensenlevens, of aanzienlijke economische of sociale gevolgen of vo

toepassing

= gebouwen en andere gewone constructies

voorbeelden

= woon- en kantoorgebouwen max 4 lagen, openbare gebouwen < 2000m<sup>2</sup> per laag, onderwijsgebouwen met 1 laag, ee

betrouwbaarheidsklasse

= RC2 (Reliability Class = betrouwbaarheidsklasse)

betrouwbaarheidsfactor

 $\beta = 3,80$  (tabel B2 blz 87 NEN-EN 1990 voor een referentieperiode van 50 jaar)K<sub>F</sub>-factor

= 1 (tabel B3 blz 87 NEN-EN 1990)

sneeuwbelasting op de grond (incl. f)  $s_n = 0,70$  kNm<sup>2</sup> $\psi$ -waarden voor gebouwen

| gebruikscategorie =                                                 | A   | B   | C   | D   | E   | F   | G   | H |                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| factor combinatie-waarde van de veranderlijke belasting: $\psi_0 =$ | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 1   | 0,7 | 0,7 | 0 | (gelijkijdigheid belastingen t.b.v. uiterste grenstoestand)                                 |
| factor frequent aanwezige veranderlijke belasting: $\psi_1 =$       | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 0,7 | 0,5 | 0 | (bijv. schok, brand, noodherstel, scheurwijdte)                                             |
| factor quasi-blijvende veranderlijke belasting: $\psi_2 =$          | 0,3 | 0,3 | 0,6 | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 0,3 | 0 | (lange termijn effect, bijv. kruip)                                                         |
| correctiefactor voor levensduur $F_t/F_{t0}$ $\psi_t =$             | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1 | $\{1 + (1 - \psi_0) / 9 \cdot \ln(V/10)\}$ (niet voor wind-, sneeuw-, thermische belasting) |

| belastingfactoren $\gamma$<br>(NEN-EN 1990)                      | blijvende belasting      |                          | overheersend<br>variabele belasting | gelijkijdig optredende variabele belasting |                         |                |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------|----------------|
|                                                                  | ongunstig                | gunstig                  |                                     | belangrijk                                 | andere ongunstig        | andere gunstig |
| formules van belastingcombinaties                                | $\gamma \cdot G_{k1sup}$ | $\gamma \cdot G_{k1inf}$ | $\gamma$                            | $\gamma \cdot Q_{k1}$                      | $\gamma$                | $\gamma$       |
| tabel A1.2(A) (EQU) (groep A) formule 6.10                       | 1,10                     | 0,9                      | 1,50 $Q_{k1}$                       | 0                                          | 1,50 $\psi_{0j} Q_{kj}$ | 0              |
| tabel A1.2(B) (STR/GEO) (groep B) formule 6.10a                  | 1,35                     | 0,9                      |                                     | 0                                          | 1,50 $\psi_{0j} Q_{kj}$ | 0              |
| tabel A1.2(B) (STR/GEO) (groep B) formule 6.10b                  | 1,20                     | 0,9                      | 1,50 $Q_{k1}$                       | 0                                          | 1,50 $\psi_{0j} Q_{kj}$ | 0              |
| tabel A1.3 buitengewone sit. form. 6.11b (brand, schok, herstel) | 1                        | 1                        | 1 $A_d$                             | 1 $\psi_{1,1} Q_{k1}$                      | 1 $\psi_{2,1} Q_{k1}$   | 0              |
| tabel A1.3 buitengewone sit. form. 6.12b (aardbeving)            | 1                        | 1                        | 1 $A_{ek}$                          | 0                                          | 1 $\psi_{2,1} Q_{k1}$   | 0              |
| tabel A1.4 bruikbaarheidsgrenstoestand form. 6.14b               | 1                        | 1                        | 1 $Q_{k1}$                          | 0                                          | 1 $\psi_{0,1} Q_{k1}$   | 0              |
| tabel A1.4 frequente waarde formule 6.15b                        | 1                        | 1                        | 1 $\psi_{1,1} Q_{k1}$               | 0                                          | 1 $\psi_{2,1} Q_{k1}$   | 0              |
| tabel A1.4 quasi blijvend formule 6.16b                          | 1                        | 1                        | 1 $\psi_{2,1} Q_{k1}$               | 0                                          | 1 $\psi_{2,1} Q_{k1}$   | 0              |





werk : **Uitbreiding bedrijfsgebouw (dakopbouw)**  
werkinummer : **6466**  
onderdeel :

## 1. belastingen

### 1.1 belastingaannamen vloeren o.d. kN/m<sup>2</sup>

|   |                                                     |                                               | G                    | Q                    | $\psi_0$ |   |
|---|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------|---|
|   |                                                     |                                               | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |          |   |
| 1 | <b>platdak</b>                                      | helling van vlak                              |                      |                      |          | H |
|   | plat dak met balken, beschoot en plafond            |                                               | 0,55                 |                      |          |   |
|   | dakbedekking en isolatie                            |                                               | 0,15                 |                      |          |   |
|   |                                                     |                                               |                      |                      |          |   |
|   | H5: Daken met sneeuwbelasting belemmerd afglijden   | categorie: H                                  | $\psi_t = 1,00$      | v.b. = 0,56          |          |   |
|   | Totaal platdak :                                    |                                               | 0,70                 | 0,56                 |          |   |
| 2 | <b>hellend dak</b>                                  | dakhelling: 60 gr. [pNm <sup>2</sup> dakvlak] |                      |                      |          | H |
|   | pannendak met dakplaat en gordingen                 | 0,70                                          |                      | 1,40                 |          |   |
|   |                                                     |                                               |                      |                      |          |   |
|   | H4: Daken met sneeuwbelasting onbelemmerd afglijden | categorie: H                                  | $\psi_t = 1,00$      | v.b. =               |          |   |
|   | Totaal hellend dak :                                |                                               |                      | 1,40                 |          |   |
| 3 | <b>verdiepingsvloer</b>                             |                                               |                      |                      |          | B |
|   | houten vloer met balken en plafond                  |                                               | 0,55                 |                      |          |   |
|   | extra balken en vloerplaten                         |                                               | 0,35                 |                      |          |   |
|   | estrich vloerplaten                                 |                                               | 0,28                 |                      |          |   |
|   | scheidingswanden (<=1,0kN/m) in v.b.                |                                               |                      | 0,50                 |          |   |
|   | B: Kantoor                                          | categorie: B                                  | $\psi_t = 1,00$      | v.b. = 2,50          |          |   |
|   | Totaal verdiepingsvloer :                           |                                               | 1,18                 | 3,00                 | 0,50     |   |
| 4 |                                                     |                                               |                      |                      |          |   |
|   |                                                     |                                               |                      |                      |          |   |
|   |                                                     |                                               |                      |                      |          |   |
|   |                                                     |                                               | $\psi_t =$           |                      |          |   |
| 5 |                                                     |                                               |                      |                      |          |   |
|   |                                                     |                                               |                      |                      |          |   |
|   |                                                     |                                               |                      |                      |          |   |
|   |                                                     |                                               | $\psi_t =$           |                      |          |   |
| 6 |                                                     |                                               |                      |                      |          |   |
|   |                                                     |                                               |                      |                      |          |   |
|   |                                                     |                                               |                      |                      |          |   |
|   |                                                     |                                               | $\psi_t =$           |                      |          |   |

#### 1.4 Belastingsfactoren en belastingen (Eurocode 0 en 1)

| gevolgklasse          | $\gamma_{fs}$     | $\gamma_{fs}$     |                                              |
|-----------------------|-------------------|-------------------|----------------------------------------------|
| CC1a/b - CC2a/b - CC3 | 1,00              | 1,00              | SLS: Serviceability Limit State              |
|                       | gunstig ongunstig | ongunstig gunstig |                                              |
| CC2a                  | 0,9 1,35          | 1,50 0            | ULS(a): Ultimate Limit State (formule 6.10a) |
| CC2a                  | 0,9 1,20          | 1,50 0            | ULS(b): Ultimate Limit State (formule 6.10b) |

| 1.5 Belastingen | categorie        | $G_k$  | $Q_k$ | $\psi_0$                                                                         | $\psi_1$                                                                 | $\psi_2$                                               | $P_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]                     |                                                            |
|-----------------|------------------|--------|-------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|                 |                  |        |       | combinatie-<br>waarde vb tlv<br>gelijktijdigheid<br>in uiterste<br>grenstoestand | frequent<br>aanwezig vb<br>bv bly. elast.<br>vervorming,<br>scheurwijdte | quasi-<br>blijvende<br>vb tlv blyr.<br>brand,<br>kruip | ongunstig<br>6.10a<br>1,35 G +<br>1,50 * Qcomb | stabiliteit / opdrijven<br>6.10b<br>1,20 G +<br>50 * Qcomb |
| 1               | plafond          | H 0,70 | 0,56  |                                                                                  |                                                                          |                                                        | 0,9 1,7                                        | 0,8 0,6                                                    |
| 2               | hellend dak      | H 1,40 |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        | 1,9 1,7                                        | 1,7 1,3                                                    |
| 3               | verdiepingsvloer | B 1,18 | 3,00  | 0,50                                                                             | 0,50                                                                     | 0,30                                                   | 3,8 5,9                                        | 3,7 1,1                                                    |
| 4               |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 5               |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 6               |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 7               |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 8               |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 9               |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 10              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 11              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 12              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 13              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 14              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 15              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 16              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 17              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 18              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 19              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 20              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 21              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 22              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 23              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 24              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 25              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 26              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 27              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 28              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 29              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 30              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 31              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 32              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 33              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 34              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 35              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 36              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 37              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 38              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 39              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 40              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 41              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 42              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 43              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 44              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 45              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 46              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 47              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |
| 48              |                  |        |       |                                                                                  |                                                                          |                                                        |                                                |                                                            |

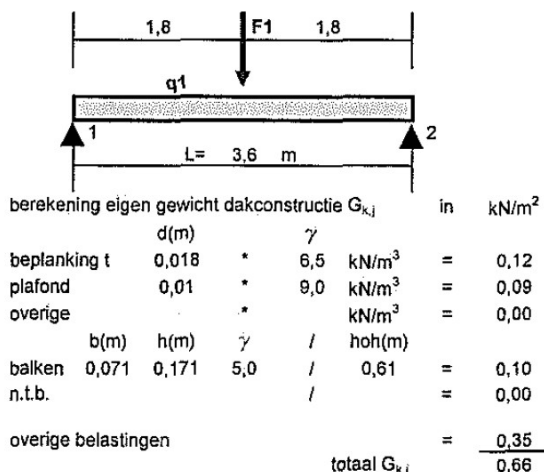


## balklaag in een plat dak berekening volgens eurocode 5

71 mm x 171 mm - 610 mm  
naaldhout C24

werk = opbouw bedrijfshal  
werknummer = 6466  
onderdeel = dakbalklaag

norm Eurocode NIEUWBOUW ontwerpduur = 50 jaar  
ontwerplevensduur klasse = 3  
gevolgklasse = CC1  
correctiefactor voor formule 6.10.b  $\xi = 0,89$   
de waarde van  $\psi$  volgt uit de Nationale Bijlage  
bouwcategorie H: daken  
 $\psi_0 =$  (gewichtsberkening) = 0 -  
 $\psi_1 =$  (elastische doorbuiging) = 0 -  
 $\psi_2 =$  (kruip) = 0 -  
 $\psi_1 = 1 + (1 - 0) / 9 \ln(50 / 50) = 1,00$  -  
overige invoergegevens:  
liggerlengte (theoretische overspanning) L = 3,6 m  
te dragen m' dak (h.o.h. balken) a = 0,61 m  
opleglengte t.p.v. ondersteuning  $b_r = 50$  mm  
dikte beplanking t = 18 mm  
elasticiteitsmodulus beplanking  $E_{o,mean,k} = 5000$  N/mm<sup>2</sup>  
belastingen  
eigen gewicht van de dakconstructie  $G_{k,j} = 0,66$  kN/m<sup>2</sup>  
personen  $Q_{k1} = 1,00$  kN/m<sup>2</sup>  
regen 0,10 m \* 10 kN/m<sup>3</sup> =  $Q_{k1} = 1,00$  kN/m<sup>2</sup>  
sneeuw 1,00 0,80 0,70 =  $Q_{k1} = 0,56$  kN/m<sup>2</sup>  
puntlast F = 2 kN



### vervormingseisen en zeeg

toelaatbare einddoorbuiging 1: 250 \* L  
toelaatbare bijkomende doorbuiging 1: 333,3 \* L  
toegepaste zeeg = 0 mm

$U_{eind} \leq 3600 / 250 = 14,4$  mm  
 $U_{bij} \leq 3600 / 333,3 = 10,8$  mm

### materiaalfactoren, hoogtefactor en modificatiefactoren

dakbalklaag

sterkteklasse = naaldhout C24  
materiaal = gezaagd hout  
houtbreedte b = 71 mm  
houthoogte h = 171 mm  
klimaatklasse = 1  
belastingduurklasse comb. veranderlijk  
factor voor volume-effect s = 0,12 bij LVL

materiaalfactor sterkte  $\gamma_M = 1,30$  -  
hoogtefactor treksterkte; breedte  $k_h = 1,16$  -  
hoogtefactor buigsterkte; hoogte  $k_h = 1,00$  -  
modificatiefactor sterkte  $k_{mod} = 0,90$  kort  
modificatiefactor treksterkte  $k_{mod} = 0,80$  kort  
modificatiefactor vervorming  $k_{def} = 0,60$  -

### resultaten

|          |      |
|----------|------|
| $M_{Ed}$ | 2,67 |
| u.c.     | 0,46 |

|          |      |
|----------|------|
| $V_{Ed}$ | 3,35 |
| u.c.     | 0,15 |

|            |      |      |
|------------|------|------|
| $U_{eind}$ | 8,4  | 9,1  |
| u.c.       | 0,58 | 0,63 |

|           |      |      |
|-----------|------|------|
| $U_{bij}$ | 5,7  | 6,4  |
| u.c.      | 0,53 | 0,60 |

## materiaal- en profielgegevens

dakbalklaag

|                             |                        |       | $f_{x,d} =$       | c               | $k_{H \text{ of } k_H} =$ | $k_{mod}$ | $f_{x,rep}$ | /       | $\gamma_M$ |      | kort                                   |
|-----------------------------|------------------------|-------|-------------------|-----------------|---------------------------|-----------|-------------|---------|------------|------|----------------------------------------|
| buigsterkte                 | $f_{m,k}$              | 24    | N/mm <sup>2</sup> | $f_{m,d}$       | 1                         | 1,00      | 0,90        | 24      | /          | 1,30 | = 16,62 N/mm <sup>2</sup>              |
| treksterkte                 | $f_{t,0,k}$            | 14,5  | N/mm <sup>2</sup> | $f_{t,0,d}$     | 1                         | 1,00      | 1,16        | 0,90    | 14,5 /     | 1,30 | = 11,66 N/mm <sup>2</sup>              |
| treksterkte                 | $f_{t,90,k}$           | 0,4   | N/mm <sup>2</sup> | $f_{t,90,d}$    | 1                         |           | 0,80        | 0,4     | /          | 1,30 | = 0,25 N/mm <sup>2</sup>               |
| druksterkte                 | $f_{c,0,k}$            | 21    | N/mm <sup>2</sup> | $f_{c,0,d}$     | 1                         |           | 0,90        | 21      | /          | 1,30 | = 14,54 N/mm <sup>2</sup>              |
| druksterkte                 | $f_{c,90,k}$           | 2,5   | N/mm <sup>2</sup> | $f_{c,90,d}$    | 1                         |           | 0,90        | 2,5     | /          | 1,30 | = 1,73 N/mm <sup>2</sup>               |
| schuifsterkte               | $f_{v,k}$              | 4     | N/mm <sup>2</sup> | $f_{v,d}$       | 1                         |           | 0,90        | 4       | /          | 1,30 | = 2,77 N/mm <sup>2</sup>               |
| elasticiteitsmodulus        | $E_{0,mean,k}$         | 11000 | N/mm <sup>2</sup> | $E_{0,mean,d}$  | 1                         |           | 1,00        | 11000   | /          | 1,00 | = 11000 N/mm <sup>2</sup>              |
| volumieke massa             | $\rho_k$               | 350   | kg/m <sup>3</sup> | $E_{0,u,d}$     | 1                         |           | 0,90        | 11000   | /          | 1,30 | = 7615 N/mm <sup>2</sup>               |
| glijdingsmodulus            | $G_k$                  | 690   | N/mm <sup>2</sup> | $G_d$           | 1                         |           | 1,00        | 690     | /          | 1,00 | = 690 N/mm <sup>2</sup>                |
| elasticiteitsmodi naaldhout | $E_{90,mean,k}$        | 370   | N/mm <sup>2</sup> | $E_{90,mean,d}$ | 1                         |           | 1,00        | 370     | /          | 1,00 | = 370 N/mm <sup>2</sup>                |
| elasticiteitsmodi loofhout  | $E_{90,mean,k}$        | 370   | N/mm <sup>2</sup> | $E_{90,mean,d}$ | 1                         |           | 1,00        | 370     | /          | 1,00 | = 370 N/mm <sup>2</sup>                |
| elasticiteitsmodulus        | $E_{0,05,k}$           | 7400  | N/mm <sup>2</sup> | $E_{0,05,d}$    | 1                         |           | 1,00        | 7400    | /          | 1,00 | = 7400 N/mm <sup>2</sup>               |
| traagheidsmoment            | $I_y =$                | 1     | * $1/12 bh^3$     | =               | 1                         | $1/12$    | 71          | $171^3$ |            |      | = 2958 10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup> |
| traagheidsmoment            | $I_z =$                | 1     | * $1/12 hb^3$     | =               | 1                         | $1/12$    | 171         | $71^3$  |            |      | = 510 10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>  |
| weerstandsmoment            | $W_y =$                | 1     | * $1/6 bh^2$      | =               | 1                         | $1/6$     | 71          | $171^2$ |            |      | = 346 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>  |
| weerstandsmoment            | $W_z =$                | 1     | * $1/6 hb^2$      | =               | 1                         | $1/6$     | 171         | $71^2$  |            |      | = 144 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>  |
| oppervlak                   | $A =$                  | 1     | *bh               | =               | 1                         |           | 71          | 171     |            |      | = 121 10 <sup>2</sup> mm <sup>2</sup>  |
| traagheidsstraal            | $i_y = \sqrt{I_y / A}$ |       |                   | =               | $\sqrt{}$                 | (         | 2958        | /       | 121        | )    | = 49,4 mm                              |
| traagheidsstraal            | $i_z = \sqrt{I_z / A}$ |       |                   | =               | $\sqrt{}$                 | (         | 510         | /       | 121        | )    | = 20,5 mm                              |

## berekening belastingen

dakbalklaag

|    |                            |                            |                |      |                                        |                                 |             |         |                 |   |      |                   |
|----|----------------------------|----------------------------|----------------|------|----------------------------------------|---------------------------------|-------------|---------|-----------------|---|------|-------------------|
| q1 | permanente belasting       | $G_{k,j} = 0,610$          | *              | 0,66 | =                                      | 0,40                            | kN/m'       |         |                 |   |      |                   |
|    | opgelegde belasting        | $Q_{k1} = 0,610$           | *              | 1,00 | maatgevende belasting t.g.v.: personen | =                               | 0,61        | kN/m'   |                 |   |      |                   |
| F1 | spreiding puntlast         | $l = 0,018^3 / 12 = 5E-07$ | m <sup>4</sup> | =    | 48,6                                   | 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup> | $EI = 5000$ | $5E-07$ | 10 <sup>6</sup> | = | 2430 | kNmm <sup>2</sup> |
|    | $k_r > 0,33$ en $\leq 1,0$ | $k_r = 0,37$               | +              | 0,8  | 0,610                                  | -                               | 2430        | /       | 50000           | = | 0,81 | -                 |
|    | opgelegde belasting        | $F_k = 0,81$               | *              | 2,00 | =                                      | 1,62                            | kN          |         |                 |   |      |                   |

belastingen voor de bruikbaarheidsgrenstoestand, NEN-EN 1995 formules 2.2 t/m 2.5

|                                       |               |   |      |   |      |       |      |      |   |   |      |       |
|---------------------------------------|---------------|---|------|---|------|-------|------|------|---|---|------|-------|
| $G_{k,i}$                             | $(u_{an})$    | = | 0,40 | = | 0,40 | kN/m' |      |      |   |   |      |       |
| $Q_{k1}$                              | $(u_{elas})$  | = | 0,61 | = | 0,61 | kN/m' |      |      |   |   |      |       |
| $k_{def} * (G_{k,i} + \psi_2 Q_{k1})$ | $(u_{kruip})$ | = | 0,60 | ( | 0,40 | +     | 0,00 | 0,61 | ) | = | 0,24 | kN/m' |
| $F_k = k_r * F$                       | $(u_{elas})$  | = |      | = | 1,62 | kN    |      |      |   |   |      |       |

belastingen voor de uiterste grenstoestand, NEN-EN 1990 formules 6.10.a en 6.10.b (resp. ULS1 en ULS2)

|                                                                |         |      |      |   |      |      |      |          |  |   |      |       |
|----------------------------------------------------------------|---------|------|------|---|------|------|------|----------|--|---|------|-------|
| eigen gewicht + gelijkmatig verdeelde belasting                |         |      |      |   |      |      |      |          |  |   |      |       |
| $\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k1}$ (ULS1) | $q_d =$ | 1,22 | 0,40 | + | 1,35 | 0    | 0,61 |          |  | = | 0,49 | kN/m' |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k1}$ (ULS2)        | $q_d =$ | 1,08 | 0,40 | + | 1,35 | 0,61 |      | personen |  | = | 1,26 | kN/m' |

eigen gewicht + puntlast in het midden

|                                                                   |         |      |      |   |      |       |         |      |      |      |   |      |    |
|-------------------------------------------------------------------|---------|------|------|---|------|-------|---------|------|------|------|---|------|----|
| $\gamma_{G,j} G_{k,j}$ en $\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k1}$ (ULS1) | $q_d =$ | 1,22 | 0,40 | = | 0,49 | kN/m' | $F_d =$ | 1,35 | 0,00 | 1,62 | = | 0,00 | kN |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j}$ en $\gamma_{Q,1} Q_{k1}$ (ULS2)        | $q_d =$ | 1,08 | 0,40 | = | 0,43 | kN/m' | $F_d =$ | 1,35 | 1,62 |      | = | 2,19 | kN |

eigen gewicht + puntlast vlak bij de oplegging

|                                                                   |         |      |      |   |      |       |         |      |      |      |   |      |    |
|-------------------------------------------------------------------|---------|------|------|---|------|-------|---------|------|------|------|---|------|----|
| $\gamma_{G,j} G_{k,j}$ en $\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k1}$ (ULS1) | $q_d =$ | 1,22 | 0,40 | = | 0,49 | kN/m' | $F_d =$ | 1,35 | 0,00 | 2,00 | = | 0,00 | kN |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j}$ en $\gamma_{Q,1} Q_{k1}$ (ULS2)        | $q_d =$ | 1,08 | 0,40 | = | 0,43 | kN/m' | $F_d =$ | 1,35 | 2,00 |      | = | 2,70 | kN |

|                                  |         |      |      |      |                                        |   |      |    |
|----------------------------------|---------|------|------|------|----------------------------------------|---|------|----|
| $\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k1}$ | $q_d =$ | 1,35 | 0,00 | 0,61 | t.b.v. berekening reductie dwarskracht | = | 0,00 | kN |
| $\gamma_{Q,1} Q_{k1}$            | $q_d =$ | 1,35 | 0,61 |      | t.b.v. berekening reductie dwarskracht | = | 0,82 | kN |



## resultaten mechanica berekeningen

dakbalklaag

### reacties

karakteristieke waarden t.b.v. afdracht naar andere constructieonderdelen

|                                            |               |     |      |       |   |      |    |
|--------------------------------------------|---------------|-----|------|-------|---|------|----|
| $G_{k,j}$                                  | $R_{G,k,j} =$ | 0,5 | 0,40 | 3,600 | = | 0,72 | kN |
| $\psi_{t,1} \cdot Q_{k,1}$                 | $R_{Q,k,j} =$ | 0,5 | 0,61 | 3,600 | = | 1,10 | kN |
| $k_{def} * (G_{k,j} + \psi_{2,1} Q_{k,1})$ | $R_{kruip} =$ | 0,5 | 0,24 | 3,600 | = | 0,43 | kN |

uiterste grenstoestand : eigen gewicht + gelijkmatig verdeelde belasting

|                                                                 |                |      |       |   |      |    |
|-----------------------------------------------------------------|----------------|------|-------|---|------|----|
| $\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ (ULS1) | $R_{Ed} = 1/2$ | 0,49 | 3,600 | = | 0,88 | kN |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ (ULS2)        | $R_{Ed} = 1/2$ | 1,26 | 3,600 | = | 2,26 | kN |

uiterste genstoestand : eigen gewicht + puntlast vlak bij de oplegging

|                                                                 |                |      |       |   |      |                           |            |             |    |
|-----------------------------------------------------------------|----------------|------|-------|---|------|---------------------------|------------|-------------|----|
| $\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ (ULS1) | $R_{Ed} = 1/2$ | 0,49 | 3,600 | + | 0,00 | ( 3,600 - 0,171 ) / 3,600 | =          | 0,88        | kN |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ (ULS2)        | $R_{Ed} = 1/2$ | 0,43 | 3,600 | + | 2,70 | ( 3,600 - 0,171 ) / 3,600 | =          | 3,35        | kN |
|                                                                 |                |      |       |   |      |                           | $R_{Ed} =$ | <b>3,35</b> | kN |

### dwarskrachten

eigen gewicht + gelijkmatig verdeelde belasting

$$V_{red} = (0,5 b_r + h_r) * q_d$$

|                                                                 |            |      |   |                              |   |      |    |
|-----------------------------------------------------------------|------------|------|---|------------------------------|---|------|----|
| $\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ (ULS1) | $V_{Ed} =$ | 0,88 | - | ( 0,5 0,050 + 0,171 ) * 0,00 | = | 0,88 | kN |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ (ULS2)        | $V_{Ed} =$ | 2,26 | - | ( 0,5 0,050 + 0,171 ) * 0,82 | = | 2,10 | kN |

eigen gewicht + puntlast vlak bij de oplegging

geen dwarskrachtreductie t.g.v. het eigen gewicht!

|                                                                 |            |      |            |             |    |
|-----------------------------------------------------------------|------------|------|------------|-------------|----|
| $\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ (ULS1) | $V_{Ed} =$ | 0,88 | =          | 0,88        | kN |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ (ULS2)        | $V_{Ed} =$ | 3,35 | =          | 3,35        | kN |
|                                                                 |            |      | $V_{Ed} =$ | <b>3,35</b> | kN |

### momenten

eigen gewicht + gelijkmatig verdeelde belasting

|                                                                 |         |       |      |                    |   |      |     |
|-----------------------------------------------------------------|---------|-------|------|--------------------|---|------|-----|
| $\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ (ULS1) | $M_d =$ | 0,125 | 0,49 | 3,600 <sup>2</sup> | = | 0,79 | kNm |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ (ULS2)        | $M_d =$ | 0,125 | 1,26 | 3,600 <sup>2</sup> | = | 2,04 | kNm |

eigen gewicht + puntlast in het midden

|                                                                 |         |       |      |                    |   |      |      |       |       |              |             |     |
|-----------------------------------------------------------------|---------|-------|------|--------------------|---|------|------|-------|-------|--------------|-------------|-----|
| Eigen gewicht + pompaal in het midden                           |         |       |      |                    |   |      |      |       |       |              |             |     |
| $\gamma_{G,i} G_{k,i} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ (ULS1) | $M_d =$ | 0,125 | 0,49 | 3,600 <sup>2</sup> | + | 0,25 | 0    | 2,19  | 3,600 | =            | 0,79        | kNm |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ (ULS2)        | $M_d =$ | 0,125 | 0,43 | 3,600 <sup>2</sup> | + | 0,25 | 2,19 | 3,600 |       | =            | 2,67        | kNm |
|                                                                 |         |       |      |                    |   |      |      |       |       | $M_{Ed,y} =$ | <b>2,67</b> | kNm |

### vervormingen

|                                            |             |   |      |                                                        |   |     |    |
|--------------------------------------------|-------------|---|------|--------------------------------------------------------|---|-----|----|
| $G_{k,j}$                                  | $u_{1,2} =$ | 5 | 0,40 | 3600 <sup>4</sup> / ( 384 11000 2958 10 <sup>4</sup> ) | = | 2,7 | mm |
| $\psi_{t,1} \cdot Q_{k,1}$                 | $u_{1,2} =$ | 5 | 0,61 | 3600 <sup>4</sup> / ( 384 11000 2958 10 <sup>4</sup> ) | = | 4,1 | mm |
| $k_{def} * (G_{k,j} + \psi_{2,1} Q_{k,1})$ | $u_{1,2} =$ | 5 | 0,24 | 3600 <sup>4</sup> / ( 384 11000 2958 10 <sup>4</sup> ) | = | 1,6 | mm |
| $F_k = k_r * F$                            | $u_{1,2} =$ |   | 1619 | 3600 <sup>3</sup> / ( 48 11000 2958 10 <sup>4</sup> )  | = | 4,8 | mm |

alternatieve berekening kruip:

|                 |   |     |                           |   |     |    |
|-----------------|---|-----|---------------------------|---|-----|----|
| met q-belasting | = | 0,6 | *( 2,7 + 0 * 4,1 q-last ) | = | 1,6 | mm |
| met puntlast    | = | 0,6 | *( 2,7 + 0 * 4,8 F-last ) | = | 1,6 | mm |



## toetsingen uiterste grenstoestand

dakbalklaag

### art. 6.1.6 enkele buiging moment in y-richting

$$M_{Ed,y} = 2,67 \text{ kNm} \quad W_y = 346 \text{ cm}^3 \quad f_{m,y,d} = 16,6 \text{ N/mm}^2 \quad b = 71 \text{ mm} \quad h = 171 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,y,d} = M_{Ed,y} / W_y = 2,67 \cdot 10^6 / 346 \cdot 10^3 = 7,7 \text{ N/mm}^2$$

$$6,11 \quad \text{unity-check} \quad = \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 7,7 / 16,6 = 0,46$$

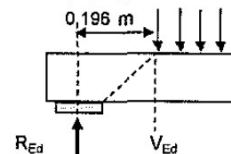
### art. 6.1.7 dwarskracht

oplegbreedte ondersteuning  $b_r = 50 \text{ mm}$   
niet gereduceerde dwarskracht  $V = R_{Ed} = 3,35 \text{ kN}$   
gereduceerde dwarskracht  $V_{Ed} = V - V_{red} = 3,35 \text{ kN}$

$$\text{met } V_{red} = (0,5 b_r + h) \cdot q_d = (0,5 \cdot 0,050 + 0,171) \cdot q_d = 0,196 q_d$$

$$\tau_d = 3 V_{Ed} / 2bh = \frac{3 \cdot 3,35 \cdot 1000}{2 \cdot 71 \cdot 171} = 0,41 \text{ N/mm}^2$$

$$6,13 \quad \text{unity-check} \quad = \tau_d / f_{v,d} = 0,41 / 2,77 = 0,15$$



## toetsingen bruikbaarheidsgrenstoestand

dakbalklaag

combinatie

veld

$$u_{on} = G_{k1} \quad \text{resp. } k_r \cdot F$$

$$u_{elastisch} = Q_{k1}$$

$$u_{kruip} = k_{def} \cdot (G_{k1} + \psi_2 Q_{k1})$$

$$u_{zeeg} = \text{volgens opgave}$$

$$u_{eind} = u_{on} + u_{kruip} + u_{elastisch} - u_{zeeg}$$

$$u_{eind, toe} \leq 3600 / 250 = 14,40 \text{ mm}$$

$$u.c. = u_{eind} / u_{toelaatbaar}$$

$$u_{bij} = u_{kruip} + u_{elastisch}$$

$$u_{bij, toe} \leq 3600 / 333,3 = 10,80 \text{ mm}$$

$$u.c. = u_{bij} / u_{toelaatbaar}$$

|                 | eg + q    | eg + F    |
|-----------------|-----------|-----------|
| $u_{1,2}$       | $u_{1,2}$ | $u_{1,2}$ |
| $u_{on}$        | 2,69      | 2,69      |
| $u_{elastisch}$ | 4,10      | 4,84      |
| $u_{kruip}$     | 1,61      | 1,61      |
| $u_{zeeg}$      | 0,00      | 0,00      |
| $u_{eind}$      | 8,41      | 9,14      |
| $u_{eind, toe}$ | 14,40     | 14,40     |
| $u.c.$          | 0,58      | 0,63      |
| $u_{bij}$       | 5,71      | 6,45      |
| $u_{bij, toe}$  | 10,80     | 10,80     |
| $u.c.$          | 0,53      | 0,60      |

opmerking



## berekening gording op 2 steunpunten

71 x 171

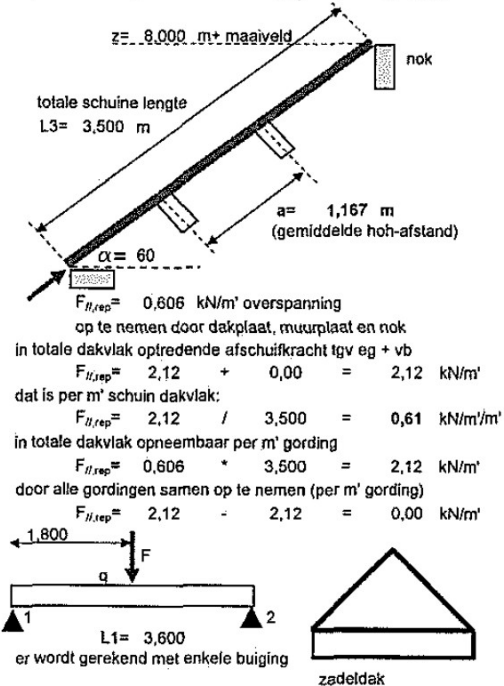
naaldhout C24

werk = opbouw bedrijfshal  
werknummer = 6466  
onderdeel = gordingen

norm Eurocode NIEUWBOUW ontwerp levensduur = 50 jaar  
ontwerplevensduur klasse = 3 toepassing gebouwen en andere gewone constructies  
gevolgklasse CC = CC2 formule 6.10a  $\gamma_{G,j} = 1,35$  -  
correctiefactor voor formule 6.10b  $\xi = 0,89$  (niet maatgevend)  $\gamma_{Q,1} = 1,50$  -  
de waarde van  $\xi$  volgt uit de Nationale Bijlage  $\gamma_{Q,2} = 1,50$  -  
gebouwcategorie H: daken formule 6.10b  $\xi \gamma_{Q,2} = 1,20$  -  
(gewichtsberekening)  $\psi_{0,1} = 0$  -  
(elastische doorbuiging)  $\psi_{0,1} = 0$  -  
(kruip)  $\psi_{0,2} = 0$  -  
reductiefactor vloerbelasting  $\psi_{0,1} = 1,00$  -  
dakvorm zadeldak  
dakhelling  $\alpha = 60$  graden  
permanente- en toevallige veranderlijke belasting  
eigen gewicht dakvlak  $G_{k,j} = 0,7$  kN/m<sup>2</sup>  
extra veranderlijke vlakbelasting in grondvlak  $Q_{k,j} = 0$  kN/m<sup>2</sup>  
wind- en sneeuwbelasting  
windgebied = III -  
soort terrein onbebouwd II -  
hoogte onderdeel boven maaiveld  $z = 8$  m  
gebouwbreedte loodrecht op wind  $br = 10$  m  
totale gebouwhoogte  $ho = 6$  m  
totale gebouwdiepte in windrichting  $d = 10$  m  
vormfactor onderdruk  $C_{pe} = 0,30$  \* 1 = 0,30 -  
vormfactor overdruk  $C_{pi} = -0,20$  \* 1 = -0,20 -  
kan de sneeuw onbelemmerd afglijden : ja  
belasting door puntlast  
puntlast  $F = 2$  kN  
dikte beplanking  $t = 18$  mm  
elasticiteitsmodulus beplanking  $E_{0,mean,k} = 5000$  N/mm<sup>2</sup>  
toelaatbare doorbuiging  
toelaatbare einddoorbuiging 1: 250 \*  $L_{schuin}$   
toelaatbare bijkomende doorbuiging 1: 250 \*  $L_{schuin}$

gegevens gording  
overspanning in veld 1  $L1 = 3,6$  m  
totale schuine lengte dakvlak  $L3 = 3,5$  m  
aantal gordingen  $n = 2$  st  
wijze van ondersteuning gording in zwakke richting (z):  
gedeeltelijk gesteund, gedeeltelijke dubbele buiging  
op te nemen langskracht per m<sup>2</sup> dak  $F_{//,rep} = 0,81$  kN/m<sup>2</sup>  
effectieve breedte dakbeschot  $beff = 1,00$  m

unity-checks  
UGT: buiging 0,14 0,14 0,43 0,37 0,14 0,22  
BGT:  $u_{end} = 0,82$   $u_{bij} = 0,43$



bij windzuiging ontstaat er -1,43 kN trek per oplegging!  
BGT:  $u_{end} = 0,82$   $u_{bij} = 0,43$

## materiaalgegevens, balkafmeting, diverse factoren en belastingen

sterkteklasse = naaldhout C24  
materiaal = gezaagd hout  
houtbreedte  $b = 71$  mm  
houthoogte  $h = 171$  mm  
klimaatklasse = 1  
belastingduurklasse veranderlijke belasting kort  
factor voor volume-effect  $s = 0,1$  bij LVL  
materiaalfactor sterkte  $\gamma_M = 1,30$  -  
hoogtefactor buigsterkte/hoogte  $k_y = 1,00$  -  
modificatiefactor sterkte  $k_{mod} = 0,90$  kort  
modificatiefactor treksterkte  $k_{mod} = 0,80$  kort  
modificatiefactor vervorming  $k_{del} = 0,60$  -  
q-belastingen per m<sup>2</sup> grondvlak ( personen, sneeuw ) of dakvlak ( wind )  
eigen gewicht dakconstructie  $p_{rep} = G_{rep} / \cos \alpha = 0,7 / 0,50 = 1,40$  kN/m<sup>2</sup>  
personenbelasting grondvlak  $p_{rep} = (4,0 - 0,2 \alpha)$  met  $15 < \alpha < 20 = (4,0 - 0,20 \cdot 20,0) = 0,00$  kN/m<sup>2</sup>  
sneeuwbelasting in grondvlak  $s_n = \mu_{s1} \cdot C_e \cdot C_{s1} \cdot s_k \cdot f = 0,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 0,70 \cdot 1,00 = 0,00$  kN/m<sup>2</sup>  
winddruk+onderdruk  $p_{rep} = w_e + w_i = (C_{pe} + C_{pi}) \cdot q_{p(z)} = (0,70 + 0,30) \cdot 0,58 = 0,58$  kN/m<sup>2</sup>  
winddruk+onderdruk in grondvlak  $p_{rep} = (w_e + w_i) / \cos^2 \alpha = 0,58 / 0,250 = 2,33$  kN/m<sup>2</sup>  
windzuiging + overdruk  $p_{rep} = w_e + w_i = (C_{pe} + C_{pi}) \cdot q_{p(z)} = (-0,94 + -0,20) \cdot 0,58 = -0,66$  kN/m<sup>2</sup>  
veranderlijke vlakbelasting in grondvlak  $\psi_1 Q_k = 1,00 \cdot 0,00 = 0,00$  kN/m<sup>2</sup>



## F-last

|                                   |                                                                          |                                                       |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| puntlast (spreiding)              | $i = 0,018^2 / 12 = 5E-07 \text{ m}^4 = 48,6 \cdot 10^{-4} \text{ mm}^4$ | $Ei = 49 \cdot 5E-07 \cdot 10^5 = 2430 \text{ kNm}^2$ |
| $k_p = > 0,33 \text{ en } <= 1,0$ | $k_p = 0,37 + 0,8 \cdot 1,167 = 2430 / 50000 = 1,000$                    |                                                       |
| opgelegde belasting               | $F_k = 1,000 \cdot 2,00$                                                 | $= 2,00 \text{ kN}$                                   |

## q-belastingen per m<sup>2</sup> dakvlak en evenwijdig aan het dakvlak

| de gemiddelde hart op hart-afstand van de gordingen waarmee wordt gerekend is $a = 3,500 / 3 = 1,167 \text{ m}$ |                                             |                                                 |                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------|
| belasting                                                                                                       | loodrecht dakvlak = $p \cdot \cos^2 \alpha$ | evenwijdig dakvlak = $1/2 p \cdot \sin 2\alpha$ | loodrecht per gording (y-richting) |
| eigen gewicht                                                                                                   | 1,40 0,250 = 0,35 kN/m <sup>2</sup>         | 0,70 0,866 = 0,61 kN/m <sup>2</sup>             | 1,167 0,35 = 0,41 kN/m             |
| personen                                                                                                        | 0,00 0,250 = 0,00 kN/m <sup>2</sup>         | 0,00 0,866 = 0,00 kN/m <sup>2</sup>             | 1,167 0,00 = 0,00 kN/m             |
| sneeuw                                                                                                          | 0,00 0,250 = 0,00 kN/m <sup>2</sup>         | 0,00 0,866 = 0,00 kN/m <sup>2</sup>             | 1,167 0,00 = 0,00 kN/m             |
| wind                                                                                                            | 2,33 0,250 = 0,58 kN/m <sup>2</sup>         | 0,00 0,866 = 0,00 kN/m <sup>2</sup>             | 1,167 0,58 = 0,68 kN/m             |
| vlakbelasting                                                                                                   | 0,00 0,250 = 0,00 kN/m <sup>2</sup>         | 0,00 0,866 = 0,00 kN/m <sup>2</sup>             | 1,167 0,00 = 0,00 kN/m             |
| windzuiging                                                                                                     |                                             |                                                 | 1,167 -0,66 = -0,78 kN/m           |

## F-last loodrecht op- en evenwijdig aan het dakvlak

|          | loodrecht dakvlak = $F \cos \alpha$ | evenwijdig dakvlak = $F \sin \alpha$ | loodrecht per gording (y-richting) |
|----------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| puntlast | 2,00 0,500 = 1,00 kN                | 2,00 0,000 = 0,00 kN                 | = 1,00 kN                          |

## afschuifkrachten

maximale reductie afschuifkracht op de veranderlijke belasting =  $F_{d,rep} = 0,61 - 0,61 = 0,00 \text{ kN/m}$

| belasting     | evenwijdig | af door dakplaat | rest | evenwijdig dakvlak = $1/2 p \cdot \sin 2\alpha \cdot L3$ | evenwijdig per gording (z-richting) |
|---------------|------------|------------------|------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| eigen gewicht | 0,61       | -                | 0,61 | 0,61 3,500 = 2,12 kN                                     | 1,167 0,00 = 0,00 kN/m              |
| personen      | 0,00       | -                | 0,00 | 0,00 3,500 = 0,00 kN                                     | 1,167 0,00 = 0,00 kN/m              |
| sneeuw        | 0,00       | -                | 0,00 | 0,00 3,500 = 0,00 kN                                     | 1,167 0,00 = 0,00 kN/m              |
| wind          | 0,00       | -                | 0,00 | 0,00 3,500 = 0,00 kN                                     | 1,167 0,00 = 0,00 kN/m              |
| vlakbelasting | 0,00       | -                | 0,00 | 0,00 3,500 = 0,00 kN                                     | 1,167 0,00 = 0,00 kN/m              |

## materiaal- en profielgegevens

|                      | algemene formule : $f_{cd} =$ | c                       | $k_h$          | $k_{mod}$ | $f_{x,rep}$ | /     | $\gamma_M$ | kort                           |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------|-----------|-------------|-------|------------|--------------------------------|
| buigsterkte          | $f_{m,k}$                     | 24 N/mm <sup>2</sup>    | $f_{m,d}$      | 1         | 1,00        | 0,90  | 24         | 1,30 = 16,62 N/mm <sup>2</sup> |
| druksterkte          | $f_{c,0,k}$                   | 21 N/mm <sup>2</sup>    | $f_{c,0,d}$    | 1         | 0,90        | 21    | /          | 1,30 = 14,54 N/mm <sup>2</sup> |
| druksterkte          | $f_{c,90,k}$                  | 2,5 N/mm <sup>2</sup>   | $f_{c,90,d}$   | 1         | 0,90        | 2,5   | /          | 1,30 = 1,73 N/mm <sup>2</sup>  |
| schuifsterkte        | $f_{v,k}$                     | 4 N/mm <sup>2</sup>     | $f_{v,d}$      | 1         | 0,90        | 4     | /          | 1,30 = 2,77 N/mm <sup>2</sup>  |
| elasticiteitsmodulus | $E_{0,mean,k}$                | 11000 N/mm <sup>2</sup> | $E_{0,mean,d}$ | 1         | 1,00        | 11000 | /          | 1,00 = 11000 N/mm <sup>2</sup> |
| volumieke massa      | $\rho_k$                      | 350 kg/m <sup>3</sup>   | $E_{0,u,d}$    | 1         | 0,90        | 11000 | /          | 1,30 = 7615 N/mm <sup>2</sup>  |
| traagheidsmoment     | $I_y = 1 \cdot 1/12 bh^3$     |                         |                | 1         | $1/12$      | 71    | $171^3$    | = 2958 $10^4 \text{ mm}^4$     |
| traagheidsmoment     | $I_z = 1 \cdot 1/12 hb^3$     |                         |                | 1         | $1/12$      | 171   | $71^3$     | = 510 $10^4 \text{ mm}^4$      |
| weerstandsmoment     | $W_y = 1 \cdot 1/6 bh^2$      |                         |                | 1         | $1/6$       | 71    | $171^2$    | = 346 $10^3 \text{ mm}^3$      |
| weerstandsmoment     | $W_z = 1 \cdot 1/6 hb^2$      |                         |                | 1         | $1/6$       | 171   | $71^2$     | = 144 $10^3 \text{ mm}^3$      |
| oppervlak            | $A = 1 \cdot bh$              |                         |                | 1         |             | 71    | 171        | = 121 $10^2 \text{ mm}^2$      |
| traagheidsstraal     | $i_y = \sqrt{I_y / A}$        |                         |                | $\sqrt{}$ | (           | 2958  | /          | 121 ) = 49,4 mm                |
| traagheidsstraal     | $i_z = \sqrt{I_z / A}$        |                         |                | $\sqrt{}$ | (           | 510   | /          | 121 ) = 20,5 mm                |

## resultaten mechanica berekening

| mechanisch-mechanische berekening |               |      |          |      |        |      |      |         |          | gebruik |          |      |
|-----------------------------------|---------------|------|----------|------|--------|------|------|---------|----------|---------|----------|------|
|                                   | eigen gewicht |      | personen |      | sneeuw |      | wind | wind    | puntlast |         | vlaklast |      |
|                                   | y             | z    | y        | z    | y      | z    | druk | zuiging | y        | z       | y        | z    |
| q of F                            | 0,41          | 0,00 | 0,00     | 0,00 | 0,00   | 0,00 | 0,68 | -0,78   | 1,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00 |
| M <sub>1,2</sub>                  | 0,66          | 0,00 | 0,00     | 0,00 | 0,00   | 0,00 | 1,10 | -1,26   | 0,90     | 0,00    | 0,00     | 0,00 |
| u <sub>1,2</sub>                  | 2,74          | 0,00 | 0,00     | 0,00 | 0,00   | 0,00 | 4,56 | -5,21   | 2,99     | 0,00    | 0,00     | 0,00 |

## toetsing uiterste grenstoestand

| rekening dubbele grensovergang                                                                                   |                              |      |                                      |      |                                             |      |           |         |          |          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------|--------------------------------------|------|---------------------------------------------|------|-----------|---------|----------|----------|
|                                                                                                                  | eigen gewicht(6.10.a)        |      | personen                             |      | sneeuw                                      |      | wind      | wind    | puntlast | vlaklast |
|                                                                                                                  | y                            | z    | y                                    | z    | y                                           | z    | druk      | zuiging | y        | z        |
| q of F                                                                                                           | 0,55                         | 0,00 | 0,49                                 | 0,00 | 0,49                                        | 0,00 | 1,51      | -0,80   | 1,99     | 0,00     |
| M <sub>1,2</sub>                                                                                                 | 0,89                         | 0,00 | 0,79                                 | 0,00 | 0,79                                        | 0,00 | 2,44      | -1,29   | 2,14     | 0,00     |
| rekenwaarde opwaartse reactie bij 0,9*eg + γ <sub>q</sub> *windzuiging =0,5 -0,80 3,600 = -1,43 kN per oplegging |                              |      |                                      |      |                                             |      |           |         |          |          |
| art. 6.1.6 dubbele buiging voorbeeldberekening controle veldmoment M <sub>1,2</sub> tgv eigen gewicht + sneeuw   |                              |      |                                      |      |                                             |      |           |         |          |          |
| moment in y-richting                                                                                             | M <sub>Ed,y</sub> = 0,79 kNm |      | W <sub>y</sub> = 346 cm <sup>3</sup> |      | f <sub>m,y,d</sub> = 16,6 N/mm <sup>2</sup> |      | b= 71 mm  |         |          |          |
| moment in z-richting                                                                                             | M <sub>Ed,z</sub> = 0,00 kNm |      | W <sub>z</sub> = 144 cm <sup>3</sup> |      | f <sub>m,z,d</sub> = 16,6 N/mm <sup>2</sup> |      | h= 171 mm |         |          |          |
| soort doorsnede                                                                                                  | rechthoekig                  |      | k <sub>m</sub> = 0.7                 |      |                                             |      |           |         |          |          |

$$\sigma_{m,y,d} = M_{Ed,y} / W_y = 0,79 / 346 = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = M_{Ed,z} / W_z = 0,00 / 144 = 0,0 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^2$$





|      |             |                                                                                                                            |
|------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6,11 | unity-check | $\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,3}{16,6} + 0,7 \frac{0,0}{16,6} = 0,14$ |
| 6,12 | unity-check | $k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \frac{2,3}{16,6} + \frac{0,0}{16,6} = 0,10$ |

| in tabelvorm alle combinaties UGT |           | $M_{Ed,y}$ | $M_{Ed,z}$ | $\sigma_{m,y,d}$ | $\sigma_{m,z,d}$ | $\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}}$ | $\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}}$ | unity check |      | maximum |
|-----------------------------------|-----------|------------|------------|------------------|------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------|------|---------|
| eg + momentaan(6.10a)             | $M_{1,2}$ | 0,89       | 0,00       | 2,58             | 0,00             | 0,16                               | 0,00                               | 0,16        | 0,11 | 0,16    |
| eg + personen                     | $M_{1,2}$ | 0,79       | 0,00       | 2,30             | 0,00             | 0,14                               | 0,00                               | 0,14        | 0,10 | 0,14    |
| eg + sneeuw                       | $M_{1,2}$ | 0,79       | 0,00       | 2,30             | 0,00             | 0,14                               | 0,00                               | 0,14        | 0,10 | 0,14    |
| eg + winddruk                     | $M_{1,2}$ | 2,44       | 0,00       | 7,06             | 0,00             | 0,43                               | 0,00                               | 0,43        | 0,30 | 0,43    |
| eg + puntlast                     | $M_{1,2}$ | 2,14       | 0,00       | 6,20             | 0,00             | 0,37                               | 0,00                               | 0,37        | 0,26 | 0,37    |
| eg + vlaklast                     | $M_{1,2}$ | 0,79       | 0,00       | 2,30             | 0,00             | 0,14                               | 0,00                               | 0,14        | 0,10 | 0,14    |
| 0,9 * eg + windzuiging            | $M_{1,2}$ | 1,29       | 0,00       | 3,73             | 0,00             | 0,22                               | 0,00                               | 0,22        | 0,16 | 0,22    |

### toetsing bruikbaarheidsgrenstoestand

gordingen

|        |                                                    |   |      |   |      |   |      |      |   |   |      |    |
|--------|----------------------------------------------------|---|------|---|------|---|------|------|---|---|------|----|
| veld 1 | $u_{kruip,y} = k_{def} * (G_{k1} + \psi_2 Q_{k1})$ | = | 0,60 | ( | 2,74 | + | 0,00 | 4,56 | ) | = | 1,65 | mm |
|        | $u_{kruip,z} = k_{def} * (G_{k1} + \psi_2 Q_{k1})$ | = | 0,60 | ( | 0,00 | + | 0,00 | 0,00 | ) | = | 0,00 | mm |

|               |                           |                                                                         |                                                                   |                                                                  |                                              |
|---------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| doorbuigingen | $u_{on}$ t.g.v. $G_{k,j}$ | $u_{kruip}$ t.g.v. $k_{def} * (G_{k1} + \psi_2 Q_{k1} + \psi_2 Q_{k1})$ | $u_{elastisch}$ t.g.v. $\psi_1 * Q_{k1} + \varphi_{0,1} * Q_{k1}$ | $u_{ind}$ t.g.v. $u_{on} + u_{kruip} + u_{elastisch} - u_{zeeg}$ | $u_{bij}$ t.g.v. $u_{kruip} + u_{elastisch}$ |
|---------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|

|                           |                              |    |      |   |     |   |      |    |
|---------------------------|------------------------------|----|------|---|-----|---|------|----|
| toelaatbare doorbuigingen | $u_{ind,toe}$ voor $u_{1,2}$ | <= | 3600 | / | 250 | = | 14,4 | mm |
|                           | $u_{bij,toe}$ voor $u_{1,2}$ | <= | 3600 | / | 250 | = | 14,4 | mm |

| veld             | $u_{1,2}$ | $u_{on}$ |       | $u_{elastisch}$ |      | $u_{kruip}$ |      | $u_{ind}$ |      | totaal | u.c. | y     | z    | totaal | u.c. |
|------------------|-----------|----------|-------|-----------------|------|-------------|------|-----------|------|--------|------|-------|------|--------|------|
|                  |           | y        | z     | y               | z    | y           | z    | y         | z    |        |      |       |      |        |      |
| eg + personen    | 2,74      | 0,00     | 0,00  | 0,00            | 0,00 | 1,65        | 0,00 | 4,39      | 0,00 | 4,39   | 0,30 | 1,65  | 0,00 | 1,65   | 0,11 |
| eg + sneeuw      | 2,74      | 0,00     | 0,00  | 0,00            | 0,00 | 1,65        | 0,00 | 4,39      | 0,00 | 4,39   | 0,30 | 1,65  | 0,00 | 1,65   | 0,11 |
| eg + winddruk    | 2,74      | 0,00     | 4,56  | 0,00            | 0,00 | 1,65        | 0,00 | 8,95      | 0,00 | 8,95   | 0,62 | 6,21  | 0,00 | 6,21   | 0,43 |
| eg + F-last      | 2,74      | 0,00     | 2,99  | 0,00            | 0,00 | 1,65        | 0,00 | 7,38      | 0,00 | 7,38   | 0,51 | 4,63  | 0,00 | 4,63   | 0,32 |
| eg + vlaklast    | 2,74      | 0,00     | 0,00  | 0,00            | 0,00 | 1,65        | 0,00 | 4,39      | 0,00 | 4,39   | 0,30 | 1,65  | 0,00 | 1,65   | 0,11 |
| eg + windzuiging | 2,74      | 0,00     | -5,21 | 0,00            | 0,00 | 1,65        | 0,00 | -0,82     | 0,00 | 0,82   | 0,06 | -5,21 | 0,00 | 5,21   | 0,36 |

### afschuifbelasting door de dakplaten bij (gedeeltelijke) dubbele buiging

|                          |                                                            |                                     |      |                          |
|--------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------|--------------------------|
| spanningen in dakbeschot | effectieve breedte dakbeschot t.b.v. opname afschuifkracht | =                                   | 1000 | mm                       |
|                          | weerstandsmoment dakplaat                                  | $\frac{1}{6} \cdot 18 \cdot 1000^2$ | =    | 3000 $10^3 \text{ mm}^3$ |

|                                       |                     |   |      |       |                   |      |      |   |      |       |
|---------------------------------------|---------------------|---|------|-------|-------------------|------|------|---|------|-------|
| afschuifbelasting per m' permanent    | $F_{II,G,rep}$      | = | 0,61 | kN/m' | UGT               | 1,20 | 0,61 | = | 0,73 | kN/m' |
| afschuifbelasting per m' veranderlijk | $F_{II,Q,rep}$      | = | 0,00 |       |                   | 1,50 | 0,00 | = | 0,00 |       |
|                                       | $F_{II,totaal,rep}$ | = | 0,61 | kN/m' | $F_{II,totaal,d}$ |      |      | = | 0,73 | kN/m' |

|                                         |                   |      |        |       |      |                     |                               |   |      |                   |
|-----------------------------------------|-------------------|------|--------|-------|------|---------------------|-------------------------------|---|------|-------------------|
| afschuifbelasting totale dak            | $F_{II,totaal,d}$ | =    | 3,500  | 0,73  | =    | 2,55                | kN / m'                       |   |      |                   |
| afschuifbelasting per dakbeschotbreedte | $F_{II,totaal,d}$ | =    | 1,000  | 0,73  | =    | 0,73                | kN / m' per dakbeschotbreedte |   |      |                   |
| moment in dakbeschot in L1              | $L1=$             | 3,60 | m      | $Md=$ | 1/8  | 0,73                | $3,60^2$                      | = | 1,18 | kNm               |
| buigspanning in overspanning L1         | $\sigma=$         | 1,18 | $10^6$ | /     | 3000 | $10^3 \text{ mm}^3$ |                               | = | 0,39 | N/mm <sup>2</sup> |

### afschuifbelasting op gehele dakvlak op te nemen door starre steunen

|                                          |                                                                     |   |      |    |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---|------|----|
| representatieve waarden steun in veld L1 | uiterste grenstoestand steun in veld L1, maximum kracht $F_{steun}$ | = | 0,00 | kN |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---|------|----|

|               |   |      |   |      |                |      |      |   |      |                |
|---------------|---|------|---|------|----------------|------|------|---|------|----------------|
| eigen gewicht | 3 | 0,00 | = | 0,00 |                |      |      |   |      |                |
| personen      | 3 | 0,00 | = | 0,00 | eg. + personen | 1,20 | 0,00 | + | 1,50 | 0,00 = 0,00 kN |
| sneeuw        | 3 | 0,00 | = | 0,00 | eg. + sneeuw   | 1,20 | 0,00 | + | 1,50 | 0,00 = 0,00 kN |
| vlaklast      | 3 | 0,00 | = | 0,00 | eg. + vlaklast | 1,20 | 0,00 | + | 1,50 | 0,00 = 0,00 kN |

opmerking

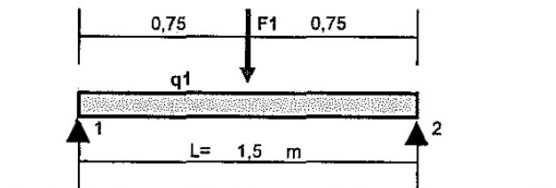
# balklaag in een plat dak berekening volgens eurocode 5

38 mm x 120 mm - 610 mm  
naaldhout C18

werk = dakopbouw bedrijfshal  
werknummer = 6466  
onderdeel = dakbalklaag dakkapellen

norm Eurocode NIEUWBOUW ontwerpduur = 50 jaar  
ontwerplevensduur klasse = 3  
gevolgklasse = CC1  
correctiefactor voor formule 6.10.b  $\xi = 0,89$   
de waarde van ksi volgt uit de Nationale Bijlage  
gebouwcategorie H: daken  
 $\psi_0 =$  (gewichtsberekening) = 0 -  
 $\psi_1 =$  (elastische doorbuiging) = 0 -  
 $\psi_2 =$  (kruip) = 0 -  
 $\psi_t = 1 + (1 - 0) / 9 \cdot \ln(50 / 50) = 1,00$  -  
overige invoergegevens:  
liggerlengte (theoretische overspanning)  $L = 1,5$  m  
te dragen m' dak (h.o.h. balken)  $a = 0,61$  m  
oplegglengte t.p.v. ondersteuning  $b_f = 50$  mm  
dikte beplanking  $t = 18$  mm  
elasticiteitsmodulus beplanking  $E_{0,mean,k} = 5000$  N/mm<sup>2</sup>

belastingen  
eigen gewicht van de dakconstructie  $G_{k,j} = 0,39$  kN/m<sup>2</sup>  
personen  $Q_{k1} = 1,00$  kN/m<sup>2</sup>  
regen  $0,10$  m \*  $10$  kN/m<sup>3</sup> =  $Q_{k1} = 1,00$  kN/m<sup>2</sup>  
sneeuw  $1,00$   $0,80$   $0,70$  =  $Q_{k1} = 0,56$  kN/m<sup>2</sup>  
puntlast  $F = 2$  kN



berekening eigen gewicht dakconstructie  $G_{k,j}$  in kN/m<sup>2</sup>  
beplanking  $t$   $d(m)$   $\gamma$   
 $0,018$  \*  $6,5$  kN/m<sup>3</sup> =  $0,12$   
plafond  $0,01$  \*  $9,0$  kN/m<sup>3</sup> =  $0,09$   
overige \* kN/m<sup>3</sup> =  $0,00$   
 $b(m)$   $h(m)$   $\gamma$  / hoh(m)  
balken  $0,038$   $0,12$   $5,0$  /  $0,61$  =  $0,04$   
n.t.b. / =  $0,00$

overige belastingen =  $0,15$   
totaal  $G_{k,j} = 0,39$   
 $u_{eind} \leq 1500$  /  $250$  =  $6,0$  mm  
 $u_{bij} \leq 1500$  /  $333,3$  =  $4,5$  mm

## materiaalfactoren, hoogtefactor en modificatiefactoren

dakbalklaag dakkapellen

sterkteklasse = naaldhout C18  
materiaal = gezaagd hout  
houtbreedte  $b = 38$  mm  
houthoogte  $h = 120$  mm  
klimaatklasse = 1  
belastingduurklasse comb. veranderlijk factor voor volume-effect  $s = 0,12$  bij LVL  
materiaalfactor sterkte  $\gamma_M = 1,30$  -  
hoogtefactor treksterkte; breedte  $k_h = 1,30$  -  
hoogtefactor buigsterkte; hoogte  $k_h = 1,05$  -  
modificatiefactor sterkte  $k_{mod} = 0,90$  kort  
modificatiefactor treksterkte  $k_{mod} = 0,80$  kort  
modificatiefactor vervorming  $k_{def} = 0,60$  -

|          |      |          |      |            |      |      |           |      |      |
|----------|------|----------|------|------------|------|------|-----------|------|------|
| $M_{Ed}$ | 0,89 | $V_{Ed}$ | 2,68 | $u_{eind}$ | 1,3  | 2,8  | $u_{bij}$ | 1,0  | 2,5  |
| u.c.     | 0,75 | u.c.     | 0,37 | u.c.       | 0,22 | 0,47 | u.c.      | 0,22 | 0,58 |



## materiaal- en profielgegevens

dakbalklaag dakkapellen

|                             | $f_{m,k}$                                                                                                                                                                                                          | 18                                                                                                                                                                                              | N/mm <sup>2</sup>        | $f_{m,d}$                                                                                                                                       | 1                                                                                                                                   | 1,05 | 0,90   | 18   | /                | 1,30 | =    | 13,03                           | N/mm <sup>2</sup> |                   |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------|------|------------------|------|------|---------------------------------|-------------------|-------------------|
| buigsterkte                 | $f_{t,0,k}$ <td>10<th>N/mm<sup>2</sup></th><td><math>f_{t,0,d}</math><td>1<th>1,00</th><th>1,30</th><th>0,90</th><th>10</th><th>/</th><th>1,30</th><th>=</th><th>9,00</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td></td></td> | 10 <th>N/mm<sup>2</sup></th> <td><math>f_{t,0,d}</math><td>1<th>1,00</th><th>1,30</th><th>0,90</th><th>10</th><th>/</th><th>1,30</th><th>=</th><th>9,00</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td></td> | N/mm <sup>2</sup>        | $f_{t,0,d}$ <td>1<th>1,00</th><th>1,30</th><th>0,90</th><th>10</th><th>/</th><th>1,30</th><th>=</th><th>9,00</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td> | 1 <th>1,00</th> <th>1,30</th> <th>0,90</th> <th>10</th> <th>/</th> <th>1,30</th> <th>=</th> <th>9,00</th> <th>N/mm<sup>2</sup></th> | 1,00 | 1,30   | 0,90 | 10               | /    | 1,30 | =                               | 9,00              | N/mm <sup>2</sup> |
| treksterkte                 | $f_{t,90,k}$ <td>0,4<th>N/mm<sup>2</sup></th><td><math>f_{t,90,d}</math><td>1<td></td><th>0,80</th><th>0,4</th><th>/</th><th>1,30</th><th>=</th><th>0,25</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td></td></td>              | 0,4 <th>N/mm<sup>2</sup></th> <td><math>f_{t,90,d}</math><td>1<td></td><th>0,80</th><th>0,4</th><th>/</th><th>1,30</th><th>=</th><th>0,25</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td></td>               | N/mm <sup>2</sup>        | $f_{t,90,d}$ <td>1<td></td><th>0,80</th><th>0,4</th><th>/</th><th>1,30</th><th>=</th><th>0,25</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td>                | 1 <td></td> <th>0,80</th> <th>0,4</th> <th>/</th> <th>1,30</th> <th>=</th> <th>0,25</th> <th>N/mm<sup>2</sup></th>                  |      | 0,80   | 0,4  | /                | 1,30 | =    | 0,25                            | N/mm <sup>2</sup> |                   |
| treksterkte                 | $f_{c,0,k}$ <td>18<th>N/mm<sup>2</sup></th><td><math>f_{c,0,d}</math><td>1<td></td><th>0,90</th><th>18</th><th>/</th><th>1,30</th><th>=</th><th>12,46</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td></td></td>                 | 18 <th>N/mm<sup>2</sup></th> <td><math>f_{c,0,d}</math><td>1<td></td><th>0,90</th><th>18</th><th>/</th><th>1,30</th><th>=</th><th>12,46</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td></td>                 | N/mm <sup>2</sup>        | $f_{c,0,d}$ <td>1<td></td><th>0,90</th><th>18</th><th>/</th><th>1,30</th><th>=</th><th>12,46</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td>                 | 1 <td></td> <th>0,90</th> <th>18</th> <th>/</th> <th>1,30</th> <th>=</th> <th>12,46</th> <th>N/mm<sup>2</sup></th>                  |      | 0,90   | 18   | /                | 1,30 | =    | 12,46                           | N/mm <sup>2</sup> |                   |
| druksterkte                 | $f_{c,90,k}$ <td>2,2<th>N/mm<sup>2</sup></th><td><math>f_{c,90,d}</math><td>1<td></td><th>0,90</th><th>2,2</th><th>/</th><th>1,30</th><th>=</th><th>1,52</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td></td></td>              | 2,2 <th>N/mm<sup>2</sup></th> <td><math>f_{c,90,d}</math><td>1<td></td><th>0,90</th><th>2,2</th><th>/</th><th>1,30</th><th>=</th><th>1,52</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td></td>               | N/mm <sup>2</sup>        | $f_{c,90,d}$ <td>1<td></td><th>0,90</th><th>2,2</th><th>/</th><th>1,30</th><th>=</th><th>1,52</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td>                | 1 <td></td> <th>0,90</th> <th>2,2</th> <th>/</th> <th>1,30</th> <th>=</th> <th>1,52</th> <th>N/mm<sup>2</sup></th>                  |      | 0,90   | 2,2  | /                | 1,30 | =    | 1,52                            | N/mm <sup>2</sup> |                   |
| druksterkte                 | $f_{v,k}$ <td>3,4<th>N/mm<sup>2</sup></th><td><math>f_{v,d}</math><td>1<td></td><th>0,90</th><th>3,4</th><th>/</th><th>1,30</th><th>=</th><th>2,35</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td></td></td>                    | 3,4 <th>N/mm<sup>2</sup></th> <td><math>f_{v,d}</math><td>1<td></td><th>0,90</th><th>3,4</th><th>/</th><th>1,30</th><th>=</th><th>2,35</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td></td>                  | N/mm <sup>2</sup>        | $f_{v,d}$ <td>1<td></td><th>0,90</th><th>3,4</th><th>/</th><th>1,30</th><th>=</th><th>2,35</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td>                   | 1 <td></td> <th>0,90</th> <th>3,4</th> <th>/</th> <th>1,30</th> <th>=</th> <th>2,35</th> <th>N/mm<sup>2</sup></th>                  |      | 0,90   | 3,4  | /                | 1,30 | =    | 2,35                            | N/mm <sup>2</sup> |                   |
| schuifsterkte               | $E_{0,mean,k}$ <td>9000<th>N/mm<sup>2</sup></th><td><math>E_{0,mean,d}</math><td>1<td></td><th>1,00</th><th>9000</th><th>/</th><th>1,00</th><th>=</th><th>9000</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td></td></td>        | 9000 <th>N/mm<sup>2</sup></th> <td><math>E_{0,mean,d}</math><td>1<td></td><th>1,00</th><th>9000</th><th>/</th><th>1,00</th><th>=</th><th>9000</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td></td>           | N/mm <sup>2</sup>        | $E_{0,mean,d}$ <td>1<td></td><th>1,00</th><th>9000</th><th>/</th><th>1,00</th><th>=</th><th>9000</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td>             | 1 <td></td> <th>1,00</th> <th>9000</th> <th>/</th> <th>1,00</th> <th>=</th> <th>9000</th> <th>N/mm<sup>2</sup></th>                 |      | 1,00   | 9000 | /                | 1,00 | =    | 9000                            | N/mm <sup>2</sup> |                   |
| elasticiteitsmodulus        | $\rho_k$ <td>320<th>kg/m<sup>3</sup></th><td><math>E_{0,u,d}</math><td>1<td></td><th>0,90</th><th>9000</th><th>/</th><th>1,30</th><th>=</th><th>6231</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td></td></td>                  | 320 <th>kg/m<sup>3</sup></th> <td><math>E_{0,u,d}</math><td>1<td></td><th>0,90</th><th>9000</th><th>/</th><th>1,30</th><th>=</th><th>6231</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td></td>               | kg/m <sup>3</sup>        | $E_{0,u,d}$ <td>1<td></td><th>0,90</th><th>9000</th><th>/</th><th>1,30</th><th>=</th><th>6231</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td>                | 1 <td></td> <th>0,90</th> <th>9000</th> <th>/</th> <th>1,30</th> <th>=</th> <th>6231</th> <th>N/mm<sup>2</sup></th>                 |      | 0,90   | 9000 | /                | 1,30 | =    | 6231                            | N/mm <sup>2</sup> |                   |
| volumieke massa             | $G_k$ <td>560<th>N/mm<sup>2</sup></th><td><math>G_d</math><td>1<td></td><th>1,00</th><th>560</th><th>/</th><th>1,00</th><th>=</th><th>560</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td></td></td>                             | 560 <th>N/mm<sup>2</sup></th> <td><math>G_d</math><td>1<td></td><th>1,00</th><th>560</th><th>/</th><th>1,00</th><th>=</th><th>560</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td></td>                       | N/mm <sup>2</sup>        | $G_d$ <td>1<td></td><th>1,00</th><th>560</th><th>/</th><th>1,00</th><th>=</th><th>560</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td>                        | 1 <td></td> <th>1,00</th> <th>560</th> <th>/</th> <th>1,00</th> <th>=</th> <th>560</th> <th>N/mm<sup>2</sup></th>                   |      | 1,00   | 560  | /                | 1,00 | =    | 560                             | N/mm <sup>2</sup> |                   |
| glijdingsmodulus            | $E_{90,mean,k}$ <td>300<th>N/mm<sup>2</sup></th><td><math>E_{90,mean,d}</math><td>1<td></td><th>1,00</th><th>300</th><th>/</th><th>1,00</th><th>=</th><th>300</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td></td></td>         | 300 <th>N/mm<sup>2</sup></th> <td><math>E_{90,mean,d}</math><td>1<td></td><th>1,00</th><th>300</th><th>/</th><th>1,00</th><th>=</th><th>300</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td></td>             | N/mm <sup>2</sup>        | $E_{90,mean,d}$ <td>1<td></td><th>1,00</th><th>300</th><th>/</th><th>1,00</th><th>=</th><th>300</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td>              | 1 <td></td> <th>1,00</th> <th>300</th> <th>/</th> <th>1,00</th> <th>=</th> <th>300</th> <th>N/mm<sup>2</sup></th>                   |      | 1,00   | 300  | /                | 1,00 | =    | 300                             | N/mm <sup>2</sup> |                   |
| elasticiteitsmodi naaldhout | $E_{90,mean,k}$ <td>300<th>N/mm<sup>2</sup></th><td><math>E_{90,mean,d}</math><td>1<td></td><th>1,00</th><th>300</th><th>/</th><th>1,00</th><th>=</th><th>300</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td></td></td>         | 300 <th>N/mm<sup>2</sup></th> <td><math>E_{90,mean,d}</math><td>1<td></td><th>1,00</th><th>300</th><th>/</th><th>1,00</th><th>=</th><th>300</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td></td>             | N/mm <sup>2</sup>        | $E_{90,mean,d}$ <td>1<td></td><th>1,00</th><th>300</th><th>/</th><th>1,00</th><th>=</th><th>300</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td>              | 1 <td></td> <th>1,00</th> <th>300</th> <th>/</th> <th>1,00</th> <th>=</th> <th>300</th> <th>N/mm<sup>2</sup></th>                   |      | 1,00   | 300  | /                | 1,00 | =    | 300                             | N/mm <sup>2</sup> |                   |
| elasticiteitsmodi loofhout  | $E_{0,05,k}$ <td>6000<th>N/mm<sup>2</sup></th><td><math>E_{0,05,d}</math><td>1<td></td><th>1,00</th><th>6000</th><th>/</th><th>1,00</th><th>=</th><th>6000</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td></td></td>            | 6000 <th>N/mm<sup>2</sup></th> <td><math>E_{0,05,d}</math><td>1<td></td><th>1,00</th><th>6000</th><th>/</th><th>1,00</th><th>=</th><th>6000</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td></td>             | N/mm <sup>2</sup>        | $E_{0,05,d}$ <td>1<td></td><th>1,00</th><th>6000</th><th>/</th><th>1,00</th><th>=</th><th>6000</th><th>N/mm<sup>2</sup></th></td>               | 1 <td></td> <th>1,00</th> <th>6000</th> <th>/</th> <th>1,00</th> <th>=</th> <th>6000</th> <th>N/mm<sup>2</sup></th>                 |      | 1,00   | 6000 | /                | 1,00 | =    | 6000                            | N/mm <sup>2</sup> |                   |
| elasticiteitsmodulus        | $I_y$                                                                                                                                                                                                              | 1                                                                                                                                                                                               | * $1/12$ bh <sup>3</sup> | =                                                                                                                                               | 1                                                                                                                                   |      | $1/12$ | 38   | 120 <sup>3</sup> | =    | 547  | 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup> |                   |                   |
| traagheidsmoment            | $I_z$                                                                                                                                                                                                              | 1                                                                                                                                                                                               | * $1/12$ hb <sup>3</sup> | =                                                                                                                                               | 1                                                                                                                                   |      | $1/12$ | 120  | 38 <sup>3</sup>  | =    | 55   | 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup> |                   |                   |
| traagheidsmoment            | $W_y$                                                                                                                                                                                                              | 1                                                                                                                                                                                               | * $1/6$ bh <sup>2</sup>  | =                                                                                                                                               | 1                                                                                                                                   |      | $1/6$  | 38   | 120 <sup>2</sup> | =    | 91   | 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup> |                   |                   |
| weerstandsmoment            | $W_z$                                                                                                                                                                                                              | 1                                                                                                                                                                                               | * $1/6$ hb <sup>2</sup>  | =                                                                                                                                               | 1                                                                                                                                   |      | $1/6$  | 120  | 38 <sup>2</sup>  | =    | 29   | 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup> |                   |                   |
| weerstandsmoment            | $A$                                                                                                                                                                                                                | 1                                                                                                                                                                                               | *bh                      | =                                                                                                                                               | 1                                                                                                                                   |      |        | 38   | 120              | =    | 48   | 10 <sup>2</sup> mm <sup>2</sup> |                   |                   |
| oppervlak                   | $i_y = \sqrt{I_y / A}$                                                                                                                                                                                             | =                                                                                                                                                                                               | $\sqrt{}$                | (                                                                                                                                               | 547                                                                                                                                 | /    | 46     | )    | =                | 34,6 | mm   |                                 |                   |                   |
| traagheidsstraal            | $i_z = \sqrt{I_z / A}$                                                                                                                                                                                             | =                                                                                                                                                                                               | $\sqrt{}$                | (                                                                                                                                               | 55                                                                                                                                  | /    | 46     | )    | =                | 11,0 | mm   |                                 |                   |                   |
| traagheidsstraal            |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                 |                          |                                                                                                                                                 |                                                                                                                                     |      |        |      |                  |      |      |                                 |                   |                   |

## berekening belastingen

dakbalklaag dakkapellen

|    |                             |                      |       |                |      |                               |                                 |                                      |      |                  |   |      |   |
|----|-----------------------------|----------------------|-------|----------------|------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|------|------------------|---|------|---|
| q1 | permanente belasting        | $G_{k,j}$            | 0,610 | *              | 0,39 | =                             | 0,24                            | kN/m'                                |      |                  |   |      |   |
|    | opgelegde belasting         | $Q_{k,1}$            | 0,610 | *              | 1,00 | maatgevende belasting t.g.v.: | personen                        | = 0,61 kN/m'                         |      |                  |   |      |   |
| F1 | spreading puntlast          | $I = 0,018^3 / 12 =$ | 5E-07 | m <sup>4</sup> | =    | 48,6                          | 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup> | $EI = 5000 \cdot 5E-07 \cdot 10^6 =$ | 2430 | kNm <sup>2</sup> |   |      |   |
|    | $k_r = >0,33$ en $\leq 1,0$ | $k_r =$              | 0,37  | +              | 0,8  | 0,610                         | -                               | 2430                                 | /    | 50000            | = | 0,81 | - |
|    | opgelegde belasting         | $F_k =$              | 0,81  | *              | 2,00 | =                             | 1,62                            | kN                                   |      |                  |   |      |   |

belastingen voor de bruikbaarheidsgrenstoestand, NEN-EN 1995 formules 2.2 t/m 2.5

|                                              |               |   |      |   |      |       |      |      |   |   |      |       |
|----------------------------------------------|---------------|---|------|---|------|-------|------|------|---|---|------|-------|
| $G_{k,j}$                                    | $(u_{on})$    | = | 0,24 | = | 0,24 | kN/m' |      |      |   |   |      |       |
| $Q_{k,1}$                                    | $(u_{elas})$  | = | 0,61 | = | 0,61 | kN/m' |      |      |   |   |      |       |
| $k_{der} * (G_{k,j} + \psi_{2,0,1} Q_{k,1})$ | $(u_{kruip})$ | = | 0,60 | ( | 0,24 | +     | 0,00 | 0,61 | ) | = | 0,14 | kN/m' |
| $F_k = k_r * F$                              | $(u_{elas})$  | = |      | = | 1,62 | kN    |      |      |   |   |      |       |

belastingen voor de uiterste grenstoestand, NEN-EN 1990 formules 6.10.a en 6.10.b (resp. ULS1 en ULS2)

|                                                                 |         |      |      |      |                                        |       |         |          |      |      |       |      |    |
|-----------------------------------------------------------------|---------|------|------|------|----------------------------------------|-------|---------|----------|------|------|-------|------|----|
| eigen gewicht + gelijkmatig verdeelde belasting                 |         |      |      |      |                                        |       |         |          |      |      |       |      |    |
| $\gamma_{G,j}G_{k,j} + \gamma_{Q,1}\psi_{0,1}Q_{k,1}$ (ULS1)    | $q_d =$ | 1,22 | 0,24 | +    | 1,35                                   | 0     | 0,61    |          | =    | 0,29 | kN/m' |      |    |
| $\xi \gamma_{G,j}G_{k,j} + \gamma_{Q,1}Q_{k,1}$ (ULS2)          | $q_d =$ | 1,08 | 0,24 | +    | 1,35                                   | 0,61  |         | personen | =    | 1,08 | kN/m' |      |    |
| eigen gewicht + puntlast in het midden                          |         |      |      |      |                                        |       |         |          |      |      |       |      |    |
| $\gamma_{G,j}G_{k,j}$ en $\gamma_{Q,1}\psi_{0,1}Q_{k,1}$ (ULS1) | $q_d =$ | 1,22 | 0,24 | =    | 0,29                                   | kN/m' | $F_d =$ | 1,35     | 0,00 | 1,62 | =     | 0,00 | kN |
| $\xi \gamma_{G,j}G_{k,j}$ en $\gamma_{Q,1}Q_{k,1}$ (ULS2)       | $q_d =$ | 1,08 | 0,24 | =    | 0,26                                   | kN/m' | $F_d =$ | 1,35     | 1,62 |      | =     | 2,19 | kN |
| eigen gewicht + puntlast vlak bij de oplegging                  |         |      |      |      |                                        |       |         |          |      |      |       |      |    |
| $\gamma_{G,j}G_{k,j}$ en $\gamma_{Q,1}\psi_{0,1}Q_{k,1}$ (ULS1) | $q_d =$ | 1,22 | 0,24 | =    | 0,29                                   | kN/m' | $F_d =$ | 1,35     | 0,00 | 2,00 | =     | 0,00 | kN |
| $\xi \gamma_{G,j}G_{k,j}$ en $\gamma_{Q,1}Q_{k,1}$ (ULS2)       | $q_d =$ | 1,08 | 0,24 | =    | 0,26                                   | kN/m' | $F_d =$ | 1,35     | 2,00 |      | =     | 2,70 | kN |
| $\gamma_{Q,1}\psi_{0,1}Q_{k,1}$                                 | $q_d =$ | 1,35 | 0,00 | 0,61 | t.b.v. berekening reductie dwarskracht |       |         |          |      | =    | 0,00  | kN   |    |
| $\gamma_{Q,1}Q_{k,1}$                                           | $q_d =$ | 1,35 | 0,61 |      | t.b.v. berekening reductie dwarskracht |       |         |          |      | =    | 0,82  | kN   |    |



## resultaten mechanieberekningen

dakbalklaag dakkapellen

### reacties

karakteristieke waarden t.b.v. afdracht naar andere constructieonderdelen

|                                                    |               |     |      |       |   |      |    |
|----------------------------------------------------|---------------|-----|------|-------|---|------|----|
| $G_{k1}$                                           | $R_{G,k1} =$  | 0,5 | 0,24 | 1,500 | = | 0,18 | kN |
| $\psi_{1,1} \cdot Q_{k1}$                          | $R_{Q,k1} =$  | 0,5 | 0,61 | 1,500 | = | 0,46 | kN |
| $k_{def} \cdot (G_{k1} + \psi_{2,1} \cdot Q_{k1})$ | $R_{kruip} =$ | 0,5 | 0,14 | 1,500 | = | 0,11 | kN |

uiterste grenstoestand : eigen gewicht + gelijkmatig verdeelde belasting

|                                                             |                |      |       |   |      |    |
|-------------------------------------------------------------|----------------|------|-------|---|------|----|
| $\gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{Q1} \psi_{0,1} Q_{k1}$ (ULS1) | $R_{Ed} = 1/2$ | 0,29 | 1,500 | = | 0,22 | kN |
| $\xi \gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{Q1} Q_{k1}$ (ULS2)        | $R_{Ed} = 1/2$ | 1,08 | 1,500 | = | 0,81 | kN |

uiterste genstoestand : eigen gewicht + puntlast vlak bij de oplegging

|                                                             |                |      |       |   |      |                          |            |      |    |
|-------------------------------------------------------------|----------------|------|-------|---|------|--------------------------|------------|------|----|
| $\gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{Q1} \psi_{0,1} Q_{k1}$ (ULS1) | $R_{Ed} = 1/2$ | 0,29 | 1,500 | + | 0,00 | ( 1,500 - 0,12 ) / 1,500 | =          | 0,22 | kN |
| $\xi \gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{Q1} Q_{k1}$ (ULS2)        | $R_{Ed} = 1/2$ | 0,26 | 1,500 | + | 2,70 | ( 1,500 - 0,12 ) / 1,500 | =          | 2,68 | kN |
|                                                             |                |      |       |   |      |                          | $R_{Ed} =$ | 2,68 | kN |

### dwarskrachten

eigen gewicht + gelijkmatig verdeelde belasting

$$V_{red} = (0,5 b_r + h) \cdot q_d$$

|                                                             |            |      |   |                             |   |      |    |
|-------------------------------------------------------------|------------|------|---|-----------------------------|---|------|----|
| $\gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{Q1} \psi_{0,1} Q_{k1}$ (ULS1) | $V_{Ed} =$ | 0,22 | - | ( 0,5 0,050 + 0,12 ) * 0,00 | = | 0,22 | kN |
| $\xi \gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{Q1} Q_{k1}$ (ULS2)        | $V_{Ed} =$ | 0,81 | - | ( 0,5 0,050 + 0,12 ) * 0,82 | = | 0,69 | kN |

eigen gewicht + puntlast vlak bij de oplegging

geen dwarskrachtreductie t.g.v. het eigen gewicht!

|                                                             |            |      |            |      |    |
|-------------------------------------------------------------|------------|------|------------|------|----|
| $\gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{Q1} \psi_{0,1} Q_{k1}$ (ULS1) | $V_{Ed} =$ | 0,22 | =          | 0,22 | kN |
| $\xi \gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{Q1} Q_{k1}$ (ULS2)        | $V_{Ed} =$ | 2,68 | =          | 2,68 | kN |
|                                                             |            |      | $V_{Ed} =$ | 2,68 | kN |

### momenten

eigen gewicht + gelijkmatig verdeelde belasting

|                                                             |         |       |      |                    |   |      |     |
|-------------------------------------------------------------|---------|-------|------|--------------------|---|------|-----|
| $\gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{Q1} \psi_{0,1} Q_{k1}$ (ULS1) | $M_d =$ | 0,125 | 0,29 | 1,500 <sup>2</sup> | = | 0,08 | kNm |
| $\xi \gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{Q1} Q_{k1}$ (ULS2)        | $M_d =$ | 0,125 | 1,08 | 1,500 <sup>2</sup> | = | 0,30 | kNm |

eigen gewicht + puntlast in het midden

|                                                             |         |       |      |           |   |      |      |       |              |      |      |     |
|-------------------------------------------------------------|---------|-------|------|-----------|---|------|------|-------|--------------|------|------|-----|
| $\gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{Q1} \psi_{0,1} Q_{k1}$ (ULS1) | $M_d =$ | 0,125 | 0,29 | $1,500^2$ | + | 0,25 | 0    | 2,19  | 1,500        | =    | 0,08 | kNm |
| $\xi \gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{Q1} Q_{k1}$ (ULS2)        | $M_d =$ | 0,125 | 0,26 | $1,500^2$ | + | 0,25 | 2,19 | 1,500 | =            | 0,89 | kNm  |     |
|                                                             |         |       |      |           |   |      |      |       | $M_{Ed,y} =$ | 0,89 | kNm  |     |

### vervormingen

|                                                    |             |   |      |                                                      |   |     |    |
|----------------------------------------------------|-------------|---|------|------------------------------------------------------|---|-----|----|
| $G_{k1}$                                           | $u_{1,2} =$ | 5 | 0,24 | 1500 <sup>4</sup> / ( 384 9000 547 10 <sup>4</sup> ) | = | 0,3 | mm |
| $\psi_{1,1} \cdot Q_{k1}$                          | $u_{1,2} =$ | 5 | 0,61 | 1500 <sup>4</sup> / ( 384 9000 547 10 <sup>4</sup> ) | = | 0,8 | mm |
| $k_{def} \cdot (G_{k1} + \psi_{2,1} \cdot Q_{k1})$ | $u_{1,2} =$ | 5 | 0,14 | 1500 <sup>4</sup> / ( 384 9000 547 10 <sup>4</sup> ) | = | 0,2 | mm |
| $F_k = k_r \cdot F$                                | $u_{1,2} =$ |   | 1619 | 1500 <sup>3</sup> / ( 48 9000 547 10 <sup>4</sup> )  | = | 2,3 | mm |

alternatieve berekening kruip:

|                 |   |     |                           |   |     |    |
|-----------------|---|-----|---------------------------|---|-----|----|
| met q-belasting | = | 0,6 | *( 0,3 + 0 * 0,8 q-last ) | = | 0,2 | mm |
| met puntlast    | = | 0,6 | *( 0,3 + 0 * 2,3 F-last ) | = | 0,2 | mm |



## toetsingen uiterste grenstoestand

dakbalklaag dakkapellen

### art. 6.1.6 enkele buiging moment in y-richting

$$M_{Ed,y} = 0,89 \text{ kNm} \quad W_y = 91 \text{ cm}^3 \quad f_{m,y,d} = 13,0 \text{ N/mm}^2 \quad b = 38 \text{ mm} \\ h = 120 \text{ mm} \\ \sigma_{m,y,d} = M_{Ed,y} / W_y = 0,89 \cdot 10^6 / 91 \cdot 10^3 = 9,8 \text{ N/mm}^2$$

$$6,11 \quad \text{unity-check} \quad = \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 9,8 / 13,0 = \boxed{0,75}$$

### art. 6.1.7 dwarskracht

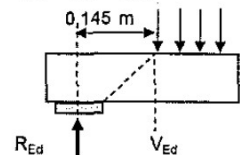
oplegbreedte ondersteuning  
niet gereduceerde dwarskracht  
gereduceerde dwarskracht

$$b_r = 50 \text{ mm} \quad f_{v,d} = 2,35 \text{ N/mm}^2 \quad b = 38 \text{ mm} \\ V = R_{Ed} = 2,68 \text{ kN} \quad h = 120 \text{ mm} \\ V_{Ed} = V - V_{red} = 2,68 \text{ kN}$$

$$\text{met } V_{red} = (0,5 b_r + h) \cdot q_d = (0,5 \cdot 0,050 + 0,12) \cdot q_d = 0,145 q_d$$

$$\tau_d = 3 V_{Ed} / 2bh = \frac{3 \cdot 2,68 \cdot 1000}{2 \cdot 38 \cdot 120} = 0,88 \text{ N/mm}^2$$

$$6,13 \quad \text{unity-check} \quad = \tau_d / f_{v,d} = 0,88 / 2,35 = \boxed{0,37}$$



## toetsingen bruikbaarheidsgrenstoestand

dakbalklaag dakkapellen

combinatie

veld

$$u_{on} = G_{k,1} \\ u_{elastisch} = Q_{k,1} \quad \text{resp. } k_r \cdot F \\ u_{kruip} = k_{def} \cdot (G_{k,1} + \psi_2 Q_{k,1}) \\ u_{zeeg} = \text{volgens opgave} \\ u_{eind} = u_{on} + u_{kruip} + u_{elastisch} - u_{zeeg} \\ u_{eind,toe} \leq 1500 / 250 = 6,00 \text{ mm} \\ u.c. = u_{eind} / u_{toelaatbaar} \\ u_{bij} = u_{kruip} + u_{elastisch} \\ u_{bij,toe} \leq 1500 / 333,3 = 4,50 \text{ mm} \\ u.c. = u_{bij} / u_{toelaatbaar}$$

|           | eg + q      | eg + F      |
|-----------|-------------|-------------|
| $u_{1,2}$ | $u_{1,2}$   | $u_{1,2}$   |
|           | 0,32        | 0,32        |
|           | 0,82        | 2,31        |
|           | 0,19        | 0,19        |
|           | 0,00        | 0,00        |
|           | 1,33        | 2,83        |
|           | 6,00        | 6,00        |
|           | <b>0,22</b> | <b>0,47</b> |
|           | 1,01        | 2,50        |
|           | 4,50        | 4,50        |
|           | <b>0,22</b> | <b>0,56</b> |

opmerking



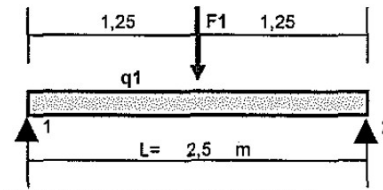
## balklaag in een plat dak berekening volgens eurocode 5

59 mm x 156 mm - 610 mm  
naaldhout C24

werk = dakopbouw bedrijfshal  
werknummer = 6466  
onderdeel = dakbalklaag aansluiting bestaand

norm Eurocode NIEUWBOUW ontwerp levensduur = 50 jaar  
ontwerplevensduur klasse = 3  
gevolgklasse = CC1  
correctiefactor voor formule 6.10.b  $\xi = 0,89$   
de waarde van ksi volgt uit de Nationale Bijlage  
gebouwcategorie H: daken  
 $\psi_0 =$  (gewichtsberekening) = 0 -  
 $\psi_1 =$  (elastische doorbuiging) = 0 -  
 $\psi_2 =$  (kruip) = 0 -  
 $\psi_t = 1 + (1 - 0) / 9 \cdot \ln(50 / 50) = 1,00$  -  
overige invoergegevens:  
liggerlengte (theoretische overspanning)  $L = 2,5$  m  
te dragen m' dak (h.o.h. balken)  $a = 0,61$  m  
opleglengte t.p.v. ondersteuning  $b_s = 50$  mm  
dikte beplanking  $t = 18$  mm  
elasticiteitsmodulus beplanking  $E_{0,mean,k} = 6000$  N/mm<sup>2</sup>

belastingen  
eigen gewicht van de dakconstructie  $G_{k,j} = 0,43$  kN/m<sup>2</sup>  
personen  $Q_{k1} = 1,00$  kN/m<sup>2</sup>  
regen  $0,10$  m \*  $10$  kN/m<sup>2</sup> =  $Q_{k1} = 1,00$  kN/m<sup>2</sup>  
sneeuw  $1,00$   $0,80$   $0,70$  =  $Q_{k1} = 0,56$  kN/m<sup>2</sup>  
puntlast  $F = 2$  kN



berekening eigen gewicht dakconstructie  $G_{k,j}$  in kN/m<sup>2</sup>  
beplanking t  $d(m)$   $\gamma$   
0,018 \* 6,5 kN/m<sup>3</sup> = 0,12  
plafond 0,01 \* 9,0 kN/m<sup>3</sup> = 0,09  
overige \* kN/m<sup>3</sup> = 0,00  
balken  $b(m)$   $h(m)$   $\gamma$  / hoh(m)  
0,059 0,156 5,0 / 0,61 = 0,08  
n.t.b. / = 0,00

overige belastingen = 0,15  
totaal  $G_{k,j} = 0,43$   
 $U_{eind} \leq 2500$  / 250 = 10,0 mm  
 $U_{bij} \leq 2500$  / 333,3 = 7,5 mm

### vervormingseisen en zeeg

toelaatbare einddoorbuiging 1:  $250 \cdot L$   
toelaatbare bijkomende doorbuiging 1:  $333,3 \cdot L$   
toegepaste zeeg = 0 mm

### materiaalfactoren, hoogtefactor en modificatiefactoren

dakbalklaag aansluiting bestaand

sterkteklasse = naaldhout C24  
materiaal = gezaagd hout  
houtbreedte  $b = 59$  mm  
houthoogte  $h = 156$  mm  
klimaatklasse = 1  
belastingduurklasse comb. veranderlijk = kort  
factor voor volume-effect  $s = 0,12$  bij LVL

materiaalfactor sterkte  $\gamma_M = 1,30$  -  
hoogtefactor treksterkte/breedte  $k_h = 1,21$  -  
hoogtefactor buigsterkte/hoogte  $k_h = 1,00$  -  
modificatiefactor sterkte  $k_{mod} = 0,90$  kort  
modificatiefactor treksterkte  $k_{mod} = 0,80$  kort  
modificatiefactor vervorming  $k_{def} = 0,60$  -

|          |      |
|----------|------|
| $M_{Ed}$ | 1,59 |
| u.c.     | 0,40 |

|          |      |
|----------|------|
| $V_{Ed}$ | 2,89 |
| u.c.     | 0,17 |

|            |      |      |
|------------|------|------|
| $U_{eind}$ | 2,6  | 3,6  |
| u.c.       | 0,26 | 0,36 |

|           |      |      |
|-----------|------|------|
| $U_{bij}$ | 1,9  | 3,0  |
| u.c.      | 0,25 | 0,39 |

## materiaal- en profielgegevens

dakbalklaag aansluiting bestaand

|                             |                        |       | $f_{x;d}$          | C               | $k_n$ of $k_t$ | $k_{mod}$ | $f_{x,rep}$ | /                | $\gamma_M$ |      | kort                            |
|-----------------------------|------------------------|-------|--------------------|-----------------|----------------|-----------|-------------|------------------|------------|------|---------------------------------|
| buigsterkte                 | $f_{m,k}$              | 24    | N/mm <sup>2</sup>  | $f_{m,d}$       | 1              | 1,00      | 0,90        | 24               | /          | 1,30 | = 16,62 N/mm <sup>2</sup>       |
| treksterkte                 | $f_{t,0,k}$            | 14,5  | N/mm <sup>2</sup>  | $f_{t,0,d}$     | 1              | 1,00      | 1,21        | 0,90             | 14,5 /     | 1,30 | = 12,10 N/mm <sup>2</sup>       |
| treksterkte                 | $f_{t,90,k}$           | 0,4   | N/mm <sup>2</sup>  | $f_{t,90,d}$    | 1              |           | 0,80        | 0,4              | /          | 1,30 | = 0,25 N/mm <sup>2</sup>        |
| druksterkte                 | $f_{c,0,k}$            | 21    | N/mm <sup>2</sup>  | $f_{c,0,d}$     | 1              |           | 0,90        | 21               | /          | 1,30 | = 14,54 N/mm <sup>2</sup>       |
| druksterkte                 | $f_{c,90,k}$           | 2,5   | N/mm <sup>2</sup>  | $f_{c,90,d}$    | 1              |           | 0,90        | 2,5              | /          | 1,30 | = 1,73 N/mm <sup>2</sup>        |
| schuifsterkte               | $f_{v,k}$              | 4     | N/mm <sup>2</sup>  | $f_{v,d}$       | 1              |           | 0,90        | 4                | /          | 1,30 | = 2,77 N/mm <sup>2</sup>        |
| elasticiteitsmodulus        | $E_{0,mean,k}$         | 11000 | N/mm <sup>2</sup>  | $E_{0,mean,d}$  | 1              |           | 1,00        | 11000            | /          | 1,00 | = 11000 N/mm <sup>2</sup>       |
| volumieke massa             | $\rho_k$               | 350   | kg/m <sup>3</sup>  | $E_{0,u,d}$     | 1              |           | 0,90        | 11000            | /          | 1,30 | = 7615 N/mm <sup>2</sup>        |
| glijdingsmodulus            | $G_k$                  | 690   | N/mm <sup>2</sup>  | $G_d$           | 1              |           | 1,00        | 690              | /          | 1,00 | = 690 N/mm <sup>2</sup>         |
| elasticiteitsmodi naaldhout | $E_{90,mean,k}$        | 370   | N/mm <sup>2</sup>  | $E_{90,mean,d}$ | 1              |           | 1,00        | 370              | /          | 1,00 | = 370 N/mm <sup>2</sup>         |
| elasticiteitsmodi loofhout  | $E_{90,mean,k}$        | 370   | N/mm <sup>2</sup>  | $E_{90,mean,d}$ | 1              |           | 1,00        | 370              | /          | 1,00 | = 370 N/mm <sup>2</sup>         |
| elasticiteitsmodulus        | $E_{0,05,k}$           | 7400  | N/mm <sup>2</sup>  | $E_{0,05,d}$    | 1              |           | 1,00        | 7400             | /          | 1,00 | = 7400 N/mm <sup>2</sup>        |
| traagheidsmoment            | $I_y$                  | 1     | $\times 1/12 bh^3$ | =               | 1              | $1/12$    | 59          | 156 <sup>3</sup> | =          | 1867 | 10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup> |
| traagheidsmoment            | $I_z$                  | 1     | $\times 1/12 hb^3$ | =               | 1              | $1/12$    | 156         | 59 <sup>3</sup>  | =          | 267  | 10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup> |
| weerstandsmoment            | $W_y$                  | 1     | $\times 1/6 bh^2$  | =               | 1              | $1/6$     | 59          | 156 <sup>2</sup> | =          | 239  | 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup> |
| weerstandsmoment            | $W_z$                  | 1     | $\times 1/6 hb^2$  | =               | 1              | $1/6$     | 156         | 59 <sup>2</sup>  | =          | 91   | 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup> |
| oppervlak                   | $A$                    | 1     | $\times bh$        | =               | 1              |           | 59          | 156              | =          | 92   | 10 <sup>3</sup> mm <sup>2</sup> |
| traagheidsstraal            | $i_y = \sqrt{I_y / A}$ | =     | $\sqrt{1867 / 92}$ | =               | $\sqrt{20,3}$  |           | 4,5         |                  | =          | 45,0 | mm                              |
| traagheidsstraal            | $i_z = \sqrt{I_z / A}$ | =     | $\sqrt{267 / 92}$  | =               | $\sqrt{2,9}$   |           | 17,0        |                  | =          | 17,0 | mm                              |

## berekening belastingen

dakbalklaag aansluiting bestaand

|    |                            |                            |                |      |      |                                 |           |
|----|----------------------------|----------------------------|----------------|------|------|---------------------------------|-----------|
| q1 | permanente belasting       | $G_{k,j} = 0,610$          | $\times$       | 0,43 | =    | 0,26                            | kN/m'     |
|    | opgelegde belasting        | $Q_{k,1} = 0,610$          | $\times$       | 1,00 | =    | 0,61                            | kN/m'     |
| F1 | spreadings puntlast        | $I = 0,018^3 / 12 = 5E-07$ | m <sup>4</sup> | =    | 48,6 | 10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup> | El = 5000 |
|    | $k_1 > 0,33$ en $\leq 1,0$ | $k_1 = 0,37$               | $+$            | 0,8  | =    | 0,610                           | -         |
|    | opgelegde belasting        | $F_k = 0,81$               | $\times$       | 2,00 | =    | 1,62                            | kN        |

belastingen voor de bruikbaarheidsgrenstoestand, NEN-EN 1995 formules 2.2 t/m 2.5

|                                            |               |   |      |   |      |       |      |      |   |   |      |       |
|--------------------------------------------|---------------|---|------|---|------|-------|------|------|---|---|------|-------|
| $G_{k,j}$                                  | $(u_{on})$    | = | 0,26 | = | 0,26 | kN/m' |      |      |   |   |      |       |
| $Q_{k,1}$                                  | $(u_{elas})$  | = | 0,61 | = | 0,61 | kN/m' |      |      |   |   |      |       |
| $k_{def} \cdot (G_{k,j} + \psi_2 Q_{k,1})$ | $(u_{kruip})$ | = | 0,60 | ( | 0,26 | +     | 0,00 | 0,61 | ) | = | 0,16 | kN/m' |
| $F_k = k_1 \cdot F$                        | $(u_{elas})$  | = |      | = | 1,62 | kN    |      |      |   |   |      |       |

belastingen voor de uiterste grenstoestand, NEN-EN 1990 formules 6.10.a en 6.10.b (resp. ULS1 en ULS2)

|                                                            |        |      |      |   |      |      |      |          |      |            |
|------------------------------------------------------------|--------|------|------|---|------|------|------|----------|------|------------|
| eigen gewicht + gelijkmatig verdeelde belasting            |        |      |      |   |      |      |      |          |      |            |
| $\gamma_{G,j}G_{k,j}+\gamma_{Q,1}\psi_{0,1}Q_{k,1}$ (ULS1) | $q_d=$ | 1,22 | 0,26 | + | 1,35 | 0    | 0,61 | =        | 0,32 | kN/m'      |
| $\xi\gamma_{G,j}G_{k,j}+\gamma_{Q,1}Q_{k,1}$ (ULS2)        | $q_d=$ | 1,08 | 0,26 | + | 1,35 | 0,61 |      | personen | =    | 1,11 kN/m' |

eigen gewicht + puntlast in het midden

|                                                                    |              |      |   |      |       |              |      |      |   |      |    |
|--------------------------------------------------------------------|--------------|------|---|------|-------|--------------|------|------|---|------|----|
| $\gamma_{G,j} G_{k,j}$ en $\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ (ULS1) | $q_d = 1,22$ | 0,26 | = | 0,32 | kN/m' | $F_d = 1,35$ | 0,00 | 1,62 | = | 0,00 | kN |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j}$ en $\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ (ULS2)        | $q_d = 1,08$ | 0,26 | = | 0,29 | kN/m' | $F_d = 1,35$ | 1,62 |      | = | 2,19 | kN |

eigen gewicht + puntlast vlak bij de oplegging

|                                                                    |              |      |   |      |       |              |      |      |   |      |    |
|--------------------------------------------------------------------|--------------|------|---|------|-------|--------------|------|------|---|------|----|
| $\gamma_{G,j} G_{k,j}$ en $\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ (ULS1) | $q_d = 1,22$ | 0,26 | = | 0,32 | kN/m' | $F_d = 1,35$ | 0,00 | 2,00 | = | 0,00 | kN |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j}$ en $\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ (ULS2)        | $q_d = 1,08$ | 0,26 | = | 0,29 | kN/m' | $F_d = 1,35$ | 2,00 |      | = | 2,70 | kN |

|                                   |              |      |      |                                        |   |      |    |
|-----------------------------------|--------------|------|------|----------------------------------------|---|------|----|
| $\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ | $q_d = 1,35$ | 0,00 | 0,61 | t.b.v. berekening reductie dwarskracht | = | 0,00 | kN |
| $\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$            | $q_d = 1,35$ | 0,61 |      | t.b.v. berekening reductie dwarskracht | = | 0,82 | kN |

## resultaten mechanaberekeningen

dakbalklaag aansluiting bestaand

### reacties

karakteristieke waarden t.b.v. afdracht naar andere constructieonderdelen

|                                                |               |     |      |       |   |      |    |
|------------------------------------------------|---------------|-----|------|-------|---|------|----|
| $G_{k,j}$                                      | $R_{G,k,j} =$ | 0,5 | 0,26 | 2,500 | = | 0,33 | kN |
| $\psi_{t,1} \cdot Q_{k,1}$                     | $R_{Q,k,j} =$ | 0,5 | 0,61 | 2,500 | = | 0,76 | kN |
| $k_{def} \cdot (G_{k,j} + \psi_{2,1} Q_{k,1})$ | $R_{kruip} =$ | 0,5 | 0,16 | 2,500 | = | 0,20 | kN |

uiterste grenstoestand : eigen gewicht + gelijkmatig verdeelde belasting

|                                                                 |                |      |       |   |      |    |
|-----------------------------------------------------------------|----------------|------|-------|---|------|----|
| $\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ (ULS1) | $R_{Ed} = 1/2$ | 0,32 | 2,500 | = | 0,40 | kN |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ (ULS2)        | $R_{Ed} = 1/2$ | 1,11 | 2,500 | = | 1,39 | kN |

uiterste genstoestand : eigen gewicht + puntlast vlak bij de oplegging

|                                                                 |                |      |       |   |      |                           |   |      |                           |
|-----------------------------------------------------------------|----------------|------|-------|---|------|---------------------------|---|------|---------------------------|
| $\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ (ULS1) | $R_{Ed} = 1/2$ | 0,32 | 2,500 | + | 0,00 | ( 2,500 - 0,156 ) / 2,500 | = | 0,40 | kN                        |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ (ULS2)        | $R_{Ed} = 1/2$ | 0,29 | 2,500 | + | 2,70 | ( 2,500 - 0,156 ) / 2,500 | = | 2,89 | kN                        |
|                                                                 |                |      |       |   |      |                           |   |      | $R_{Ed} =$ <b>2,89</b> kN |

### dwarskrachten

eigen gewicht + gelijkmatig verdeelde belasting

$$V_{red} = (0,5 b_t + h) \cdot q_d$$

|                                                                 |            |      |   |                              |   |      |    |
|-----------------------------------------------------------------|------------|------|---|------------------------------|---|------|----|
| $\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ (ULS1) | $V_{Ed} =$ | 0,40 | - | ( 0,5 0,050 + 0,156 ) * 0,00 | = | 0,40 | kN |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ (ULS2)        | $V_{Ed} =$ | 1,39 | - | ( 0,5 0,050 + 0,156 ) * 0,82 | = | 1,24 | kN |

eigen gewicht + puntlast vlak bij de oplegging

geen dwarskrachtreductie t.g.v. het eigen gewicht!

|                                                                 |            |      |   |      |                           |
|-----------------------------------------------------------------|------------|------|---|------|---------------------------|
| $\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ (ULS1) | $V_{Ed} =$ | 0,40 | = | 0,40 | kN                        |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ (ULS2)        | $V_{Ed} =$ | 2,89 | = | 2,89 | kN                        |
|                                                                 |            |      |   |      | $V_{Ed} =$ <b>2,89</b> kN |

### momenten

eigen gewicht + gelijkmatig verdeelde belasting

|                                                                 |         |       |      |                    |   |      |     |
|-----------------------------------------------------------------|---------|-------|------|--------------------|---|------|-----|
| $\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ (ULS1) | $M_d =$ | 0,125 | 0,32 | 2,500 <sup>2</sup> | = | 0,25 | kNm |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ (ULS2)        | $M_d =$ | 0,125 | 1,11 | 2,500 <sup>2</sup> | = | 0,87 | kNm |

eigen gewicht + puntlast in het midden

|                                                            |        |       |      |                    |   |      |      |       |       |   |              |                 |
|------------------------------------------------------------|--------|-------|------|--------------------|---|------|------|-------|-------|---|--------------|-----------------|
| $\gamma_{G,j}G_{k,j}+\gamma_{Q,1}\psi_{0,1}Q_{k,1}$ (ULS1) | $M_d=$ | 0,125 | 0,32 | 2,500 <sup>2</sup> | + | 0,25 | 0    | 2,19  | 2,500 | = | 0,25         | kNm             |
| $\xi\gamma_{G,j}G_{k,j}+\gamma_{Q,1}Q_{k,1}$ (ULS2)        | $M_d=$ | 0,125 | 0,29 | 2,500 <sup>2</sup> | + | 0,25 | 2,19 | 2,500 |       | = | 1,59         | kNm             |
|                                                            |        |       |      |                    |   |      |      |       |       |   | $M_{Ed,y} =$ | <b>1,59</b> kNm |

### vervormingen

|                                                |             |   |      |                                                        |   |     |    |
|------------------------------------------------|-------------|---|------|--------------------------------------------------------|---|-----|----|
| $G_{k,j}$                                      | $u_{1,2} =$ | 5 | 0,26 | 2500 <sup>4</sup> / ( 384 11000 1867 10 <sup>4</sup> ) | = | 0,7 | mm |
| $\psi_{t,1} \cdot Q_{k,1}$                     | $u_{1,2} =$ | 5 | 0,61 | 2500 <sup>4</sup> / ( 384 11000 1867 10 <sup>4</sup> ) | = | 1,5 | mm |
| $k_{def} \cdot (G_{k,j} + \psi_{2,1} Q_{k,1})$ | $u_{1,2} =$ | 5 | 0,16 | 2500 <sup>4</sup> / ( 384 11000 1867 10 <sup>4</sup> ) | = | 0,4 | mm |
| $F_k = k_t \cdot F$                            | $u_{1,2} =$ |   | 1619 | 2500 <sup>3</sup> / ( 48 11000 1867 10 <sup>4</sup> )  | = | 2,6 | mm |

alternatieve berekening kruip:

|                 |   |     |    |     |   |   |   |     |        |   |   |     |    |
|-----------------|---|-----|----|-----|---|---|---|-----|--------|---|---|-----|----|
| met q-belasting | = | 0,6 | *( | 0,7 | + | 0 | * | 1,5 | q-last | ) | = | 0,4 | mm |
| met puntlast    | = | 0,6 | *( | 0,7 | + | 0 | * | 2,6 | F-last | ) | = | 0,4 | mm |



## toetsingen uiterste grenstoestand

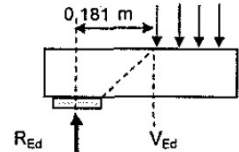
dakbalklaag aansluiting bestaand

### art. 6.1.6 enkele buiging

moment in y-richting  $M_{Ed,y} = 1,59 \text{ kNm}$   $W_y = 239 \text{ cm}^3$   $f_{m,y,d} = 16,6 \text{ N/mm}^2$   $b = 59 \text{ mm}$   
 $h = 156 \text{ mm}$   
 $\sigma_{m,y,d} = M_{Ed,y} / W_y = 1,59 \cdot 10^6 / 239 \cdot 10^3 = 6,6 \text{ N/mm}^2$   
 6,11 unity-check  $= \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 6,6 / 16,6 = 0,40$

### art. 6.1.7 dwarskracht

oplegbreedte ondersteuning  $b_f = 50 \text{ mm}$   $f_{v,d} = 2,77 \text{ N/mm}^2$   $b = 59 \text{ mm}$   
 niet gereduceerde dwarskracht  $V = R_{Ed} = 2,89 \text{ kN}$   $h = 156 \text{ mm}$   
 gereduceerde dwarskracht  $V_{Ed} = V - V_{red} = 2,89 \text{ kN}$   
 met  $V_{red} = (0,5 b_f + h) \cdot q_d = (0,5 \cdot 50 + 156) \cdot q_d = 0,181 q_d$   
 $\tau_d = 3 V_{Ed} / 2bh = \frac{3 \cdot 2,89 \cdot 1000}{2 \cdot 59 \cdot 156} = 0,47 \text{ N/mm}^2$   
 6,13 unity-check  $= \tau_d / f_{v,d} = 0,47 / 2,77 = 0,17$



## toetsingen bruikbaarheidsgrenstoestand

dakbalklaag aansluiting bestaand

|                        |    |                                                                                   |                  |
|------------------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| combinatie             | =  | eg + q                                                                            | eg + F           |
| veld                   | =  | u <sub>1,2</sub>                                                                  | u <sub>1,2</sub> |
| u <sub>on</sub>        | =  | G <sub>k,1</sub>                                                                  | 0,65             |
| u <sub>elastisch</sub> | =  | Q <sub>k,1</sub> resp. k <sub>1</sub> * F                                         | 0,65             |
| u <sub>kruip</sub>     | =  | k <sub>def</sub> * (G <sub>k,1</sub> + 1/2 Q <sub>k,1</sub> )                     | 1,51             |
| u <sub>zeeg</sub>      | =  | volgens opgave                                                                    | 2,57             |
| u <sub>eind</sub>      | =  | u <sub>on</sub> + u <sub>kruip</sub> + u <sub>elastisch</sub> - u <sub>zeeg</sub> | 0,39             |
| u <sub>eind,toe</sub>  | <= | 2500 / 250 = 10,00 mm                                                             | 0,39             |
| u.C.                   | =  | u <sub>eind</sub> / u <sub>toelaatbaar</sub>                                      | 0,00             |
| u <sub>bij</sub>       | =  | u <sub>kruip</sub> + u <sub>elastisch</sub>                                       | 2,56             |
| u <sub>bij,toe</sub>   | <= | 2500 / 333,3 = 7,50 mm                                                            | 3,61             |
| u.C.                   | =  | u <sub>bij</sub> / u <sub>toelaatbaar</sub>                                       | 10,00            |
|                        |    |                                                                                   | 0,26             |
|                        |    |                                                                                   | 0,36             |
|                        |    |                                                                                   | 1,90             |
|                        |    |                                                                                   | 2,96             |
|                        |    |                                                                                   | 7,60             |
|                        |    |                                                                                   | 7,50             |
|                        |    |                                                                                   | 0,25             |
|                        |    |                                                                                   | 0,39             |

### opmerking



## lessenaardak met q-last en schuine rol , houten spant :

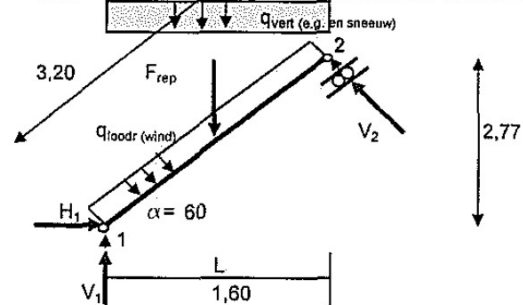
59 x 156  
naaldhout C24

werk = dakopbouw bedrijfshal  
werknummer = 6466  
onderdeel = sporen

norm Eurocode NIEUWBOUW ontwerp levensduur = 50 jaar  
ontwerplevensduur klasse = 3 toepassing gebouwen en andere gewone constructies  
gevolgklasse = CC2 belastingfactoren  
correctiefactor voor formule 6.10.b  $\xi = 0,89$  formule 6.10.a  $\gamma_{G,j} = 1,35$  -  
de waarde van  $\xi$  volgt uit de Nationale Bijlage (niet maatgevend)  $\gamma_{Q,i} = 1,50$  -  
gebouwcategorie H: daken  $\gamma_{Q,i} = 1,50$  -  
(gewichtsberekening)  $\psi_0 = 0$  - formule 6.10.b  $\xi \gamma_{G,i} = 1,20$  -  
(elastische doorbuiging)  $\psi_1 = 0$  - (maatgevend)  $\gamma_{Q,i} = 1,50$  -  
(kruip)  $\psi_2 = 0$  - formule 6.10.a en b  $\gamma_{G,j} = 0,90$  (gunstig)

dakvorm zadeldak  
dakhelling  $\alpha = 60$  graden  
kan de sneeuw onbelemmerd afglijden : ja -  
eigen gewicht  $G_{k,j} = 0,7$  kN/m<sup>2</sup>  
windbelasting  
windgebied = III -  
soort terrein onbebouwd II -  
hoogte onderdeel boven maaiveld  $z = 9$  m  
totale gebouwbreedte;loodrecht op wind  $br = 9,25$  m  
totale gebouwhoogte  $ho = 7,5$  m  
totale gebouwdiepte;in windrichting  $d = 7,5$  m  
puntlast  
grootte van de puntlast  $F = 2$  kN  
dikte beplanking  $t = 18$  mm  
elasticiteitsmodulus beplanking  $E_{o,mean,k} = 5000$  N/mm<sup>2</sup>  
specifieke spantvorm-afhankelijke invoer  
overspanning  $L = 1,6$  m  
te dragen m' dakvlak (h.o.h)  $c = 0,6$  m

schematische tekening van de berekende constructie



$L_{schuin} = 1,600 / \cos \alpha = 3,200$  m  
toelaatbare einddoorbuiging 1: 250 \*  $L_{schuin}$   
 $u_{eind} < 3200 / 250 = 12,8$  mm  
toelaatbare bijkomende doorbuiging 1: 250 \*  $L_{schuin}$   
 $u_{bij} < 3200 / 250 = 12,8$  mm

balk- en belastingtype 2 steunpunten + q-last  
aangrijpingspunt belasting aan drukzijde  
wijze van steunen gesteund  
aangrijpingspunt van steunen aan drukzijde

ongesteunde staallengte in z-richting  $l_z = 3916$  mm

## materiaalgegevens, balkafmeting, diverse factoren en belastingen

|                                         |                        |                                  |                             |
|-----------------------------------------|------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| sterkteklasse                           | = naaldhout C24        | materiaalfactor sterkte          | $\gamma_M = 1,30$ -         |
| materiaal                               | = gezaagd hout         | hoogtefactor treksterkte;breedte | $k_{tr} = 1,21$ -           |
| soort doorsnede                         | = rechthoekig          | hoogtefactor buigsterkte;hoogte  | $k_{tr} = 1,00$ -           |
| houtbreedte                             | $b = 59$ mm            | modificatiefactor sterkte        | $k_{mod} = 0,90$ kort       |
| houthoogte                              | $h = 156$ mm           | modificatiefactor treksterkte    | $k_{mod} = 0,80$ kort       |
| klimaatklasse                           | = 1                    | modificatiefactor vervorming     | $k_{def} = 0,60$ -          |
| belastingduurklasse comb. veranderlijk  | = kort                 |                                  |                             |
| factor voor volume-effect               | $s = 0,12$ bij LVL     |                                  |                             |
| $\sigma_{m,crit}$ berekenen met formule | 6.32                   |                                  |                             |
| unity-checks                            | uiterste grenstoestand | 6.2.4                            | 0,32                        |
|                                         | 6.3.3                  | 0,44                             | bruikbaarheidsgrenstoestand |
|                                         | $u_{eind}$             | 0,37                             | $u_{bij}$                   |
|                                         |                        | 0,26                             |                             |

### berekening karakteristieke belastingen in kN/m<sup>2</sup>

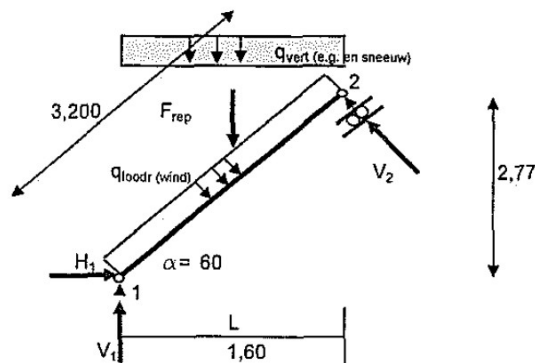
windbelasting loodrecht op dakvlak  $w_e + w_i = (C_{pe} + C_{pi}) * q_{p(z)}$  = ( 0,70 + 0,30 ) 0,63 = 0,63 kN/m<sup>2</sup>  
sneeuwbelasting in grondvlak  $s_n = \mu_{t1} * C_e * C_t * s_k * f$  = 0,00 1,00 1,00 0,70 1,00 = 0,00 kN/m<sup>2</sup>  
personenbelasting grondvlak  $p_{rep} = (4,0 - 0,2 \alpha)$  met  $15 < \alpha < 20$  = ( 4,00 - 0,20 20,0 ) = 0,00 kN/m<sup>2</sup>  
puntlast (spreiding)  $l = 0,018^3 / 12 = 5E-07$  m<sup>4</sup> = 48,6 10<sup>4</sup> mm<sup>4</sup>  $EI = 49$  5E-07 10<sup>6</sup> = 2430 kNm<sup>2</sup>  
 $k_r = > 0,33$  en  $\leq 1,0$   $k_r = 0,37$  + 0,8 0,600 - 2430 / 50000 = 0,801 -  
opgelegde belasting  $F_k = 0,801 * 2,00$  = 1,60 kN

| algemene formule sterkte materiaalgrootheid | $f_{k;d}$                              | $c$              | $k_h$          | $k_{mod}$ | $f_{k;rep}$      | $\gamma_M$ | kort                                   |
|---------------------------------------------|----------------------------------------|------------------|----------------|-----------|------------------|------------|----------------------------------------|
| buigsterkte                                 | $f_{m;k}$ 24 N/mm <sup>2</sup>         | $f_{m;d}$ 1      | 1,00           | 0,90      | 24               | 1,30       | = 16,62 N/mm <sup>2</sup>              |
| druksterkte                                 | $f_{c;0;k}$ 21 N/mm <sup>2</sup>       | $f_{c;0;d}$ 1    |                | 0,90      | 21               | 1,30       | = 14,54 N/mm <sup>2</sup>              |
| druksterkte                                 | $f_{c;90;k}$ 2,5 N/mm <sup>2</sup>     | $f_{c;90;d}$ 1   |                | 0,90      | 2,5              | 1,30       | = 1,73 N/mm <sup>2</sup>               |
| schuifsterkte                               | $f_{v;k}$ 4 N/mm <sup>2</sup>          | $f_{v;d}$ 1      |                | 0,90      | 4                | 1,30       | = 2,77 N/mm <sup>2</sup>               |
| elasticiteitsmodulus                        | $E_{0,mean;k}$ 11000 N/mm <sup>2</sup> | $E_{0,mean;d}$ 1 |                | 1,00      | 11000            | 1,00       | = 11000 N/mm <sup>2</sup>              |
| volumieke massa                             | $\rho_k$ 350 kg/m <sup>3</sup>         | $E_{0,u;d}$ 1    |                | 0,90      | 11000            | 1,30       | = 7615 N/mm <sup>2</sup>               |
| traagheidsmoment                            | $I_y = 1 \cdot \frac{1}{12} b h^3$     | = 1              | $\frac{1}{12}$ | 59        | 156 <sup>3</sup> |            | = 1867 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup> |
| traagheidsmoment                            | $I_z = 1 \cdot \frac{1}{12} h b^3$     | = 1              | $\frac{1}{12}$ | 156       | 59 <sup>3</sup>  |            | = 267 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>  |
| weerstandsmoment                            | $W_y = 1 \cdot \frac{1}{6} b h^2$      | = 1              | $\frac{1}{6}$  | 59        | 156 <sup>2</sup> |            | = 239 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>  |
| weerstandsmoment                            | $W_z = 1 \cdot \frac{1}{6} h b^2$      | = 1              | $\frac{1}{6}$  | 156       | 59 <sup>2</sup>  |            | = 91 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>   |
| oppervlak                                   | $A = 1 \cdot b h$                      | = 1              |                | 59        | 156              |            | = 92 10 <sup>2</sup> mm <sup>2</sup>   |
| traagheidsstraal                            | $i_y = \sqrt{I_y / A}$                 | = $\sqrt{}$      | (              | 1867      | /                | 92         | = 45,0 mm                              |
| traagheidsstraal                            | $i_z = \sqrt{I_z / A}$                 | = $\sqrt{}$      | (              | 267       | /                | 92         | = 17,0 mm                              |

## mechanicaberekening

sporen

|                                           |                                          |
|-------------------------------------------|------------------------------------------|
| dakhelling                                | $\alpha = 60$ graden                     |
| overspanning                              | $L = 1,6$ m                              |
| te dragen m' dakvlak (h.o.h)              | $c = 0,6$ m                              |
| elasticiteitsmodulus                      | $E = 11000$ N/mm <sup>2</sup>            |
| traagheidsmoment                          | $I_y = 1867$ cm <sup>4</sup>             |
| belastingfactoren voor formule 6.10.b     | $\xi \gamma_{G,j} = 1,20$ -              |
| (formule 6.10.a is niet maatgevend)       | $\gamma_{Q,j} = 1,50$ -                  |
| eigen gewicht per m <sup>2</sup> dakvlak  | $G_{k,j} = 0,7$ KN/m <sup>2</sup>        |
| windbelasting                             | $(w_e + w_i) = 0,63$ kN/m <sup>2</sup>   |
| sneeuwbelasting                           | $s_{n,k} = 0,00$ kN/m <sup>2</sup>       |
| personenbelasting (max 10m <sup>2</sup> ) | $q_k = 0,00$ kN/m <sup>2</sup>           |
| puntlast in veld 1-2                      | $F = 2$ kN                               |
| lengte/breedte lastvlak                   | = 0,05 -                                 |
| dikte beplanking                          | $t = 18$ mm                              |
| stijfheid beplanking / beschot            | $E_{0,ser,rep} = 5000$ N/mm <sup>2</sup> |



|                         |                                                              |       |        |   |      |   |      |       |           |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------|-------|--------|---|------|---|------|-------|-----------|
| eigen gewicht           | = $q_{g,rep} = c \cdot G_{k,j} / \cos \alpha =$              | 0,600 | 0,7    | / | 0,50 | = | 0,84 | kN/m' | vertikaal |
| windbelasting           | = $q_{w,rep} = c \cdot (w_e + w_i) =$                        | 0,600 | 0,6332 | = |      | = | 0,38 | kN/m' | loodrecht |
| sneeuwbelasting         | = $q_{s,rep} = c \cdot s_{n,k} =$                            | 0,600 | 1E-06  | = |      | = | 0,00 | kN/m' | vertikaal |
| personenbelasting       | = $q_{p,rep} = c \cdot q_k =$                                | 0,600 | 1E-07  | = |      | = | 0,00 | kN/m' | vertikaal |
| reductiefactor puntlast | = $k_r = 0,37 + 0,8 \cdot c - E_{0,ser,rep} \cdot l / 50000$ |       |        | = |      | = | 0,80 | -     |           |
| gereduceerde puntlast   | = $F_{rep} = k_r \cdot F =$                                  | 0,80  | 2      | = |      | = | 1,60 | kN    | vertikaal |

### representatieve waarde per spantbeen / spoor

| belastinggeval | e.g.    | wind  | sneeuw | pers | puntlast |
|----------------|---------|-------|--------|------|----------|
| belasting      | 0,84    | 0,38  | 0,00   | 0,00 | 1,60     |
| $M_{1-2}$      | = 0,27  | 0,49  | 0,00   | 0,00 | 0,64     |
| $V_1$          | = 1,18  | 0,30  | 0,00   | 0,00 | 1,40     |
| $H_1$          | = 0,29  | -0,53 | 0,00   | 0,00 | 0,35     |
| $V_2$          | = 0,17  | 0,30  | 0,00   | 0,00 | 0,20     |
| $H_2$          | = -0,29 | -0,53 | 0,00   | 0,00 | -0,35    |
| $R_2$          | = 0,34  | 0,61  | 0,00   | 0,00 | 0,40     |
| $N_{1-2}$      | = 0,58  | 0,00  | 0,00   | 0,00 | 1,39     |
| $U_{1-2}$      | = 1,4   | 2,5   | 0,0    | 0,0  | -        |

### uiterste grenstoestand formule 6.10.b

| combinatie | e.g. +  | e.g. + | e.g. + | e.g. + |
|------------|---------|--------|--------|--------|
|            | wind    | sneeuw | pers   | F-last |
| $M_{1-2}$  | = 1,05  | 0,32   | 0,32   | 1,28   |
| $V_1$      | = 1,87  | 1,41   | 1,41   | 3,52   |
| $H_1$      | = -0,44 | 0,35   | 0,35   | 0,87   |
| $V_2$      | = 0,66  | 0,20   | 0,20   | 0,50   |
| $H_2$      | = -1,14 | -0,35  | -0,35  | -0,87  |
| $R_2$      | = 1,32  | 0,40   | 0,40   | 1,00   |
| $N_{1-2}$  | = 0,70  | 0,70   | 0,70   | 2,78   |



### toetsing uiterste grenstoestand

sporen

veld 1-2 art. 6.2.4 gecombineerde buig- en axiale drukspanning 6,19  $\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} < 1,0$

|                          | $N_{c,Ed}$<br>kN | $M_{y,Ed}$<br>kNm | $A$<br>cm <sup>2</sup> | $W_y$<br>cm <sup>3</sup> | $\sigma_{c,0,d}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $f_{c,0,d}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $\sigma_{m,y,d}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $f_{m,y,d}$<br>N/mm <sup>2</sup> | UC   |
|--------------------------|------------------|-------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|------|
| eigen gewicht + wind     | 0,70             | 1,05              | 92,0                   | 239,3                    | 0,08                                  | 14,54                            | 4,40                                  | 16,62                            | 0,26 |
| eigen gewicht + sneeuw   | 0,70             | 0,32              | 92,0                   | 239,3                    | 0,08                                  | 14,54                            | 1,35                                  | 16,62                            | 0,08 |
| eigen gewicht + personen | 0,70             | 0,32              | 92,0                   | 239,3                    | 0,08                                  | 14,54                            | 1,35                                  | 16,62                            | 0,08 |
| eigen gewicht + puntlast | 2,78             | 1,28              | 92,0                   | 239,3                    | 0,30                                  | 14,54                            | 5,37                                  | 16,62                            | 0,32 |

veld 1-2 art. 6.3.3 liggers onderworpen aan buiging en druk 6,35  $\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{krit} f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} < 1,0$

|                          | $N_{c,Ed}$<br>kN | $M_{y,Ed}$<br>kNm | $A$<br>cm <sup>2</sup> | $W_y$<br>cm <sup>3</sup> | $\sigma_{c,0,d}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $f_{c,0,d}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $k_{krit}$ | $\sigma_{m,y,d}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $f_{m,y,d}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $k_{c,z}$ | UC   |
|--------------------------|------------------|-------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|------------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------|------|
| eigen gewicht + wind     | 0,70             | 1,05              | 92,0                   | 239,3                    | 0,08                                  | 14,54                            | 1,00       | 4,40                                  | 16,62                            | 0,06      | 0,15 |
| eigen gewicht + sneeuw   | 0,70             | 0,32              | 92,0                   | 239,3                    | 0,08                                  | 14,54                            | 1,00       | 1,35                                  | 16,62                            | 0,06      | 0,09 |
| eigen gewicht + personen | 0,70             | 0,32              | 92,0                   | 239,3                    | 0,08                                  | 14,54                            | 1,00       | 1,35                                  | 16,62                            | 0,06      | 0,09 |
| eigen gewicht + puntlast | 2,78             | 1,28              | 92,0                   | 239,3                    | 0,30                                  | 14,54                            | 1,00       | 5,37                                  | 16,62                            | 0,06      | 0,44 |

### toetsing bruikbaarheidsgrenstoestand

sporen

|                          |                                                        |                |                       |                   |                   |                       |        |                 |                     |        |    |
|--------------------------|--------------------------------------------------------|----------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|--------|-----------------|---------------------|--------|----|
| vervorming tgv kruip:    | $u_{kruip}=k_{def} \cdot ( G_{kj} + \psi_2 Q_{x,1}) =$ | 0,60           | (                     | 1,4               | +                 | 0,00                  | 2,5    | )               | =                   | 0,8    | mm |
| belastingcombinatie      | veld                                                   | $u_{on}$<br>mm | $u_{elastisch}$<br>mm | $u_{kruip}$<br>mm | $u_{elind}$<br>mm | $u_{elind,toe}$<br>mm | $u.c.$ | $u_{bij}$<br>mm | $u_{bij,toe}$<br>mm | $u.c.$ |    |
| eigen gewicht + wind     | $u_{1,2}$                                              | 1,4            | 2,5                   | 0,8               | 4,8               | 12,8                  | 0,37   | 3,4             | 12,8                | 0,26   |    |
| eigen gewicht + sneeuw   | $u_{1,2}$                                              | 1,4            | 0,0                   | 0,8               | 2,2               | 12,8                  | 0,17   | 0,8             | 12,8                | 0,07   |    |
| eigen gewicht + personen | $u_{1,2}$                                              | 1,4            | 0,0                   | 0,8               | 2,2               | 12,8                  | 0,17   | 0,8             | 12,8                | 0,07   |    |
| eigen gewicht + puntlast | $u_{1,2}$                                              | 1,4            | 0,0                   | 0,8               | 2,2               | 12,8                  | 0,17   | 0,8             | 12,8                | 0,07   |    |

opmerking



## lessenaardak met q-last en schuine rol , houten spant :

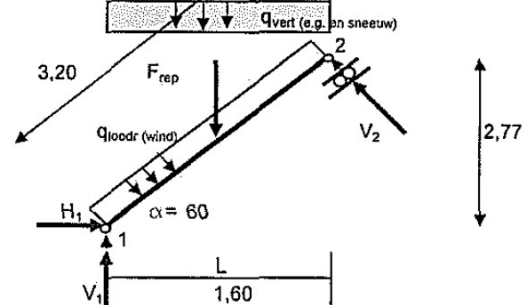
71 x 171  
naaldhout C24

werk = dakopbouw bedrijfshal  
werknummer = 6466  
onderdeel = slapers

norm Eurocode NIEUWBOUW ontwerp levensduur = 50 jaar  
ontwerplevensduur klasse = 3 toepassing gebouwen en andere gewone constructies  
gevolgklasse = CC2 belastingfactoren  
correctiefactor voor formule 6.10.b  $\xi = 0,89$   
de waarde van  $\xi$  volgt uit de Nationale Bijlage  
gebouwcategorie H: daken  
(gewichtsberekening)  $\psi_0 = 0$   
(elastische doorbuiging)  $\psi_1 = 0$   
(kruip)  $\psi_2 = 0$

dakvorm zadeldak  
dakhelling  $\alpha = 60$  graden  
kan de sneeuw onbelemmerd afglijden : ja  
eigen gewicht  
eigen gewicht per m<sup>2</sup> dakvlak (schuin)  $G_{k,j} = 0,7$  kN/m<sup>2</sup>  
windbelasting  
windgebied = III  
soort terrein onbebouwd II  
hoogte onderdeel boven maaiveld  $z = 9$  m  
totale gebouwbreedte; loodrecht op wind  $br = 9,25$  m  
totale gebouwhoogte  $ho = 7,5$  m  
totale gebouwdiepte; in windrichting  $d = 7,5$  m  
puntlast  
grootte van de puntlast  $F = 2$  kN  
dikte beplanking  $t = 18$  mm  
elasticiteitsmodulus beplanking  $E_{0,mean,k} = 5000$  N/mm<sup>2</sup>  
specifieke spantvorm-afhankelijke invoer  
overspanning  $L = 1,6$  m  
te dragen m<sup>2</sup> dakvlak (h.o.h)  $c = 2,4$  m

formule 6.10.a en b  
schematische tekening van de berekende constructie



$L_{schuin} = 1,600 / \cos \alpha = 3,200$  m  
toelaatbare einddoorbuiging 1: 250 \*  $L_{schuin}$   
 $u_{elnd} < 3200 / 250 = 12,8$  mm  
toelaatbare bijkomende doorbuiging 1: 250 \*  $L_{schuin}$   
 $u_{bij} < 3200 / 250 = 12,8$  mm

balk- en belastingtype 2 steunpunten + q-last  
aangrijpingspunt belasting aan drukzijde  
wijze van steunen gesteund  
aangrijpingspunt van steunen aan drukzijde

ongesteunde staaf lengte in z-richting  $l_z = 3916$  mm

## materiaalgegevens, balkafmeting, diverse factoren en belastingen

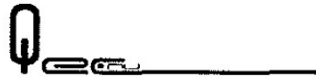
sterkteklasse = naaldhout C24  
materiaal = gezaagd hout  
soort doorsnede = rechthoekig  
houtbreedte  $b = 71$  mm  
houthoogte  $h = 171$  mm  
klimaatklasse = 1  
belastingduurklasse comb. veranderlijk = kort  
factor voor volume-effect  $s = 0,12$  bij LVL  
 $\sigma_{m,cril}$  berekenen met formule 6.32

materiaalfactor sterkte  $\gamma_M = 1,30$   
hoogtefactor treksterkte; breedte  $k_h = 1,16$   
hoogtefactor buigsterkte; hoogte  $k_h = 1,00$   
modificatiefactor sterkte  $k_{mod} = 0,90$  kort  
modificatiefactor treksterkte  $k_{mod} = 0,80$  kort  
modificatiefactor vervorming  $k_{def} = 0,60$

| unity-checks | uiterste grenstoestand | 6.2.4 | 0,73 | 6.3.3 | 0,71 | bruikbaarheidsgrenstoestand | $u_{elnd}$ | 0,94 | $u_{bij}$ | 0,66 |
|--------------|------------------------|-------|------|-------|------|-----------------------------|------------|------|-----------|------|
|--------------|------------------------|-------|------|-------|------|-----------------------------|------------|------|-----------|------|

## berekening karakteristieke belastingen in kN/m<sup>2</sup>

windbelasting loodrecht op dakvlak  $w_e + w_i = (C_{pe} + C_{pi}) * q_{p(z)}$  = ( 0,70 + 0,30 ) 0,63 = 0,63 kN/m<sup>2</sup>  
sneeuwbelasting in grondvlak  $s_n = \mu_{t1} * C_e * C_t * s_k * f$  = 0,00 1,00 1,00 0,70 1,00 = 0,00 kN/m<sup>2</sup>  
personenbelasting grondvlak  $p_{rep} = (4,0 - 0,2 \alpha)$  met  $15 < \alpha < 20$  = ( 4,00 - 0,20 20,0 ) = 0,00 kN/m<sup>2</sup>  
puntlast (spreiding)  $I = 0,018^3 / 12 = 5E-07$  m<sup>4</sup> = 48,6 10<sup>4</sup> mm<sup>4</sup>  $EI = 49$  5E-07 10<sup>8</sup> = 2430 kNm<sup>2</sup>  
 $k_r = > 0,33$  en  $\leq 1,0$   $k_r = 0,37$  + 0,8 2,400 - 2430 / 50000 = 1,000 -  
opgelegde belasting  $F_k = 1,000$  \* 2,00 = 2,00 kN

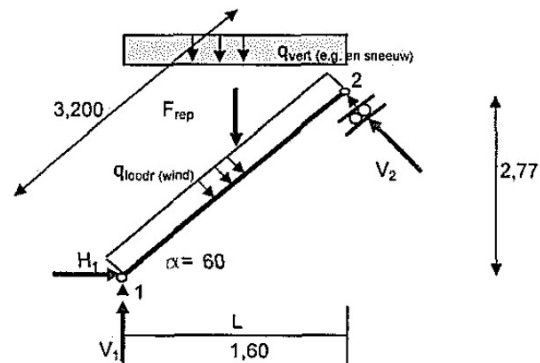


| algemene formule sterkte materiaalgrootheid | $f_{x;d}$                              | $c$              | $k_h$          | $k_{mod}$ | $f_{x;rep}$ | $I$          | $\gamma_M$ | kort                                   |
|---------------------------------------------|----------------------------------------|------------------|----------------|-----------|-------------|--------------|------------|----------------------------------------|
| buigsterkte                                 | $f_{m,k}$ 24 N/mm <sup>2</sup>         | $f_{m;d}$ 1      | 1,00           | 0,90      | 24          | /            | 1,30       | = 16,62 N/mm <sup>2</sup>              |
| druksterkte                                 | $f_{c,0,k}$ 21 N/mm <sup>2</sup>       | $f_{c,0;d}$ 1    |                | 0,90      | 21          | /            | 1,30       | = 14,54 N/mm <sup>2</sup>              |
| druksterkte                                 | $f_{c,90,k}$ 2,5 N/mm <sup>2</sup>     | $f_{c,90;d}$ 1   |                | 0,90      | 2,5         | /            | 1,30       | = 1,73 N/mm <sup>2</sup>               |
| schuifsterkte                               | $f_{v,k}$ 4 N/mm <sup>2</sup>          | $f_{v;d}$ 1      |                | 0,90      | 4           | /            | 1,30       | = 2,77 N/mm <sup>2</sup>               |
| elasticiteitsmodulus                        | $E_{0,mean,k}$ 11000 N/mm <sup>2</sup> | $E_{0,mean;d}$ 1 |                | 1,00      | 11000       | /            | 1,00       | = 11000 N/mm <sup>2</sup>              |
| volumieke massa                             | $\rho_k$ 350 kg/m <sup>3</sup>         | $E_{0,u;d}$ 1    |                | 0,90      | 11000       | /            | 1,30       | = 7615 N/mm <sup>2</sup>               |
| traagheidsmoment                            | $I_y = 1 \cdot \frac{1}{12} b h^3$     | = 1              | $\frac{1}{12}$ | 71        | 171         | <sup>3</sup> |            | = 2958 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup> |
| traagheidsmoment                            | $I_z = 1 \cdot \frac{1}{12} h b^3$     | = 1              | $\frac{1}{12}$ | 171       | 71          | <sup>3</sup> |            | = 510 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>  |
| weerstandsmoment                            | $W_y = 1 \cdot \frac{1}{6} b h^2$      | = 1              | $\frac{1}{6}$  | 71        | 171         | <sup>2</sup> |            | = 346 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>  |
| weerstandsmoment                            | $W_z = 1 \cdot \frac{1}{6} h b^2$      | = 1              | $\frac{1}{6}$  | 171       | 71          | <sup>2</sup> |            | = 144 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>  |
| oppervlak                                   | $A = 1 \cdot b h$                      | = 1              |                | 71        | 171         |              |            | = 121 10 <sup>2</sup> mm <sup>2</sup>  |
| traagheidsstraal                            | $i_y = \sqrt{I_y / A}$                 | = $\sqrt{}$      | (              | 2958      | /           | 121          | )          | = 49,4 mm                              |
| traagheidsstraal                            | $i_z = \sqrt{I_z / A}$                 | = $\sqrt{}$      | (              | 510       | /           | 121          | )          | = 20,5 mm                              |

## mechanicaberekening

slapers

|                                           |                                          |
|-------------------------------------------|------------------------------------------|
| dakhelling                                | $\alpha = 60$ graden                     |
| overspanning                              | $L = 1,6$ m                              |
| te dragen m' dakvlak (h.o.h)              | $c = 2,4$ m                              |
| elasticiteitsmodulus                      | $E = 11000$ N/mm <sup>2</sup>            |
| traagheidsmoment                          | $I_y = 2958$ cm <sup>4</sup>             |
| belastingfactoren voor formule 6.10.b     | $\xi \gamma_{G,j} = 1,20$ -              |
| (formule 6.10.a is niet maatgevend)       | $\gamma_{Q,j} = 1,50$ -                  |
| eigen gewicht per m <sup>2</sup> dakvlak  | $G_{k,j} = 0,7$ kN/m <sup>2</sup>        |
| windbelasting                             | $(w_e + w_i) = 0,63$ kN/m <sup>2</sup>   |
| sneeuwbelasting                           | $s_{n,k} = 0,00$ kN/m <sup>2</sup>       |
| personenbelasting (max 10m <sup>2</sup> ) | $q_k = 0,00$ kN/m <sup>2</sup>           |
| puntlast in veld 1-2                      | $F = 2$ kN                               |
| lengte/breedte lastvlak                   | = 0,05 -                                 |
| dikte beplanking                          | $t = 18$ mm                              |
| stijfheid beplanking / beschoot           | $E_{0,ser,rep} = 5000$ N/mm <sup>2</sup> |



|                         |                                                 |       |           |                                 |   |      |       |           |
|-------------------------|-------------------------------------------------|-------|-----------|---------------------------------|---|------|-------|-----------|
| eigen gewicht           | = $q_{g,rep} = c \cdot G_{k,j} / \cos \alpha =$ | 2,400 | 0,7 /     | 0,50                            | = | 3,36 | kN/m' | vertikaal |
| windbelasting           | = $q_{w,rep} = c \cdot (w_e + w_i) =$           | 2,400 | 0,6332    |                                 | = | 1,52 | kN/m' | loodrecht |
| sneeuwbelasting         | = $q_{vent,rep} = c \cdot s_{n,k} =$            | 2,400 | 1E-06     |                                 | = | 0,00 | kN/m' | vertikaal |
| personenbelasting       | = $q_{vent,rep} = c \cdot q_k =$                | 2,400 | 1E-07     |                                 | = | 0,00 | kN/m' | vertikaal |
| reductiefactor puntlast | = $k_r =$                                       | 0,37  | + 0,8 c - | $E_{0,ser,rep} \cdot I / 50000$ | = | 1,00 | -     |           |
| gereduceerde puntlast   | = $F_{rep} = k_r \cdot F =$                     | 1,00  | 2         |                                 | = | 2,00 | kN    | vertikaal |

### representatieve waarde per spantbeen / spoor

| belastinggeval | e.g.    | wind  | sneeuw | pers | puntlast |
|----------------|---------|-------|--------|------|----------|
| $M_{1-2}$      | = 3,36  | 1,52  | 0,00   | 0,00 | 2,00     |
| $V_1$          | = 4,70  | 1,22  | 0,00   | 0,00 | 1,75     |
| $H_1$          | = 1,16  | -2,11 | 0,00   | 0,00 | 0,43     |
| $V_2$          | = 0,67  | 1,22  | 0,00   | 0,00 | 0,25     |
| $H_2$          | = -1,16 | -2,11 | 0,00   | 0,00 | -0,43    |
| $R_2$          | = 1,34  | 2,43  | 0,00   | 0,00 | 0,50     |
| $N_{1-2}$      | = 2,33  | 0,00  | 0,00   | 0,00 | 1,73     |
| $U_{1-2}$      | = 3,5   | 6,4   | 0,0    | 0,0  | -        |

### uiterste grenstoestand formule 6.10.b

| combinatie | e.g. +  | e.g. + | e.g. + | e.g. + |
|------------|---------|--------|--------|--------|
|            | wind    | sneeuw | pers   | F-last |
| $M_{1-2}$  | = 4,21  | 1,29   | 1,29   | 2,49   |
| $V_1$      | = 7,48  | 5,65   | 5,65   | 8,28   |
| $H_1$      | = -1,76 | 1,40   | 1,40   | 2,05   |
| $V_2$      | = 2,63  | 0,81   | 0,81   | 1,18   |
| $H_2$      | = -4,56 | -1,40  | -1,40  | -2,05  |
| $R_2$      | = 5,26  | 1,61   | 1,61   | 2,36   |
| $N_{1-2}$  | = 2,80  | 2,80   | 2,80   | 5,40   |



### toetsing uiterste grenstoestand

slapers

veld 1-2 art. 6.2.4 gecombineerde buig- en axiale drukspanning 6,19  $\left( \frac{\sigma_{c,0;d}}{f_{c,0;d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y;d}}{f_{m,y;d}} < 1,0$

|                          | $N_{c,Ed}$<br>kN | $M_{y,Ed}$<br>kNm | $A$<br>cm <sup>2</sup> | $W_y$<br>cm <sup>3</sup> | $\sigma_{c,0;d}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $f_{c,0;d}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $\sigma_{m,y;d}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $f_{m,y;d}$<br>N/mm <sup>2</sup> | UC   |
|--------------------------|------------------|-------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|------|
| eigen gewicht + wind     | 2,80             | 4,21              | 121,4                  | 346,0                    | 0,23                                  | 14,54                            | 12,17                                 | 16,62                            | 0,73 |
| eigen gewicht + sneeuw   | 2,80             | 1,29              | 121,4                  | 346,0                    | 0,23                                  | 14,54                            | 3,73                                  | 16,62                            | 0,22 |
| eigen gewicht + personen | 2,80             | 1,29              | 121,4                  | 346,0                    | 0,23                                  | 14,54                            | 3,73                                  | 16,62                            | 0,22 |
| eigen gewicht + puntlast | 5,40             | 2,49              | 121,4                  | 346,0                    | 0,44                                  | 14,54                            | 7,20                                  | 16,62                            | 0,43 |

veld 1-2 art. 6.3.3 liggers onderworpen aan buiging en druk 6,35  $\left( \frac{\sigma_{m,y;d}}{k_{krit} f_{m,y;d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0;d}}{k_{c,z} f_{c,0;d}} < 1,0$

|                          | $N_{c,Ed}$<br>kN | $M_{y,Ed}$<br>kNm | $A$<br>cm <sup>2</sup> | $W_y$<br>cm <sup>3</sup> | $\sigma_{c,0;d}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $f_{c,0;d}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $k_{krit}$ | $\sigma_{m,y;d}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $f_{m,y;d}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $k_{c,z}$ | UC   |
|--------------------------|------------------|-------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|------------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------|------|
| eigen gewicht + wind     | 2,80             | 4,21              | 121,4                  | 346,0                    | 0,23                                  | 14,54                            | 1,00       | 12,17                                 | 16,62                            | 0,09      | 0,71 |
| eigen gewicht + sneeuw   | 2,80             | 1,29              | 121,4                  | 346,0                    | 0,23                                  | 14,54                            | 1,00       | 3,73                                  | 16,62                            | 0,09      | 0,23 |
| eigen gewicht + personen | 2,80             | 1,29              | 121,4                  | 346,0                    | 0,23                                  | 14,54                            | 1,00       | 3,73                                  | 16,62                            | 0,09      | 0,23 |
| eigen gewicht + puntlast | 5,40             | 2,49              | 121,4                  | 346,0                    | 0,44                                  | 14,54                            | 1,00       | 7,20                                  | 16,62                            | 0,09      | 0,53 |

### toetsing bruikbaarheidsgrenstoestand

slapers

|                          |                                                       |          |                 |             |            |                |        |           |               |        |     |    |
|--------------------------|-------------------------------------------------------|----------|-----------------|-------------|------------|----------------|--------|-----------|---------------|--------|-----|----|
| vervorming tgv kruip:    | $u_{kruip} = k_{def} \cdot (G_{k1} + \psi_2 Q_{k,1})$ | =        | 0,60            | (           | 3,5        | +              | 0,00   | 6,4       | )             | =      | 2,1 | mm |
| belastingcombinatie      | veld                                                  | $u_{on}$ | $u_{elastisch}$ | $u_{kruip}$ | $u_{elnd}$ | $u_{elnd,toe}$ | $u.c.$ | $u_{bij}$ | $u_{bij,toe}$ | $u.c.$ |     |    |
|                          |                                                       | mm       | mm              | mm          | mm         | mm             | -      | mm        | mm            | -      |     |    |
| eigen gewicht + wind     | $u_{1,2}$                                             | 3,5      | 6,4             | 2,1         | 12,0       | 12,8           | 0,94   | 8,5       | 12,8          | 0,66   |     |    |
| eigen gewicht + sneeuw   | $u_{1,2}$                                             | 3,5      | 0,0             | 2,1         | 5,6        | 12,8           | 0,44   | 2,1       | 12,8          | 0,17   |     |    |
| eigen gewicht + personen | $u_{1,2}$                                             | 3,5      | 0,0             | 2,1         | 5,6        | 12,8           | 0,44   | 2,1       | 12,8          | 0,17   |     |    |
| eigen gewicht + puntlast | $u_{1,2}$                                             | 3,5      | 0,0             | 2,1         | 5,6        | 12,8           | 0,44   | 2,1       | 12,8          | 0,17   |     |    |

opmerking



## vereenvoudigde berekening van een houten hoekkeper tussen dakschilden met een gelijke hellingshoek

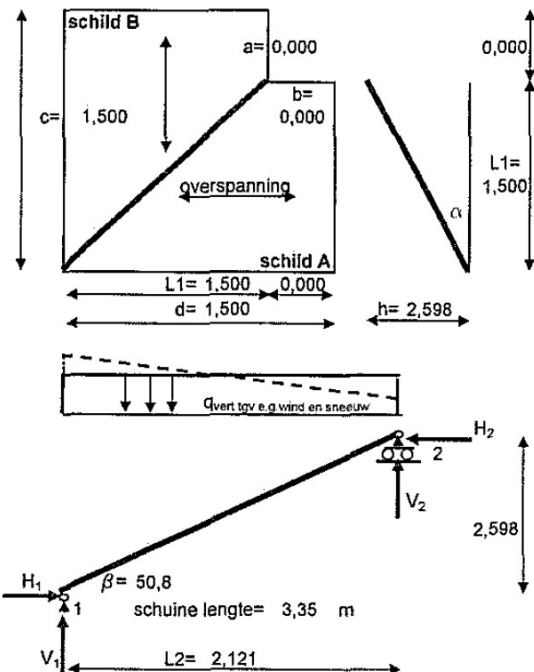
werk = dakopbouw bedrijfshal  
werknummer = 6466  
onderdeel = hoekkepers

70 x 190  
naaldhout C24

|                                                       |                    |                           |                                        |
|-------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------|----------------------------------------|
| norm                                                  | Eurocode NIEUWBOUW | ontwerplevensduur         | = 50 jaar                              |
| ontwerplevensduur klasse                              | = 3                | toepassing                | gebouwen en andere gewone constructies |
| gevolgklasse                                          | = CC2              | belastingfactoren         |                                        |
| correctiefactor voor formule 6.10.b                   | $\xi = 0,89$       | formule 6.10.a            | $\gamma_{GJ} = 1,35$ -                 |
| de waarde van $k_{s1}$ volgt uit de Nationale Bijlage |                    | (meestal niet maatgevend) | $\gamma_{Q,1} = 1,50$ -                |
| gebouwcategorie                                       | H: daken           |                           | $\gamma_{Q,2} = 1,50$ -                |
| (gewichtsberekening)                                  | $\psi_0 = 0$ -     | formule 6.10.b            | $\xi \gamma_{GJ} = 1,20$ -             |
| (elastische doorbuiging)                              | $\psi_1 = 0$ -     | (maatgevend)              | $\gamma_{Q,1} = 1,50$ -                |
| (kruip)                                               | $\psi_2 = 0$ -     |                           | $\gamma_{Q,2} = 1,50$ -                |
|                                                       |                    | formule 6.10.a en b       | $\gamma_{GJ} = 0,90$ (gunstig)         |

|                                                   |                                         |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| dakvorm                                           | = zadeldak                              |
| dakhelling                                        | $\alpha = 60$ graden                    |
| kan de sneeuw onbelemmerd afglijden               | : ja -                                  |
| eigen gewicht                                     |                                         |
| eigen gewicht per m <sup>2</sup> dakvlak (schuin) | $G_{k,1} = 0,7$ kN/m <sup>2</sup>       |
| windbelasting                                     |                                         |
| windgebied                                        | = III -                                 |
| soort terrein                                     | onbebouwd II -                          |
| hoogte onderdeel boven maaiveld                   | $z = 6$ m                               |
| totale gebouwbreedte; loodrecht op wind           | $br = 15$ m                             |
| totale gebouwhoogte                               | $ho = 7$ m                              |
| totale gebouwdiepte; in windrichting              | $d = 12$ m                              |
| puntlast                                          |                                         |
| grootte van de puntlast                           | $F = 2$ kN                              |
| dikte beplanking                                  | $t = 18$ mm                             |
| elasticiteitsmodulus beplanking                   | $E_{0,mean,k} = 5000$ N/mm <sup>2</sup> |

### schematische tekening van de berekende constructie



### specifieke spantvorm-afhankelijke invoer

|                                       |                        |
|---------------------------------------|------------------------|
| horizontale maat (in grondvlak)       | $L1 = 1,5$ m           |
| horizontale maat (in grondvlak)       | $a = 0$ m              |
| horizontale maat (in grondvlak)       | $b = 0$ m              |
| $L_{schuin} = 2,121$ / $\cos \alpha$  | = 3,35 m               |
| toelaatbare einddoorbuiging           | 1: $250 * L_{schuin}$  |
| $u_{eind} < 3354$ / 250               | = 13,4 mm              |
| toelaatbare bijkomende doorbuiging    | 1: $250 * L_{schuin}$  |
| $u_{bij} < 3354$ / 250                | = 13,4 mm              |
| aangrijpingspunt belasting            | = aan drukzijde        |
| wijze van steunen                     | = gesteund             |
| aangrijpingspunt van steunen          | = aan drukzijde        |
| ongesteunde staallengte in z-richting | $l_z = 500$ mm         |
| balk- en belastingtype                | 2 steunpunten + F-last |

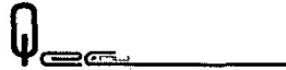
### materiaalgegevens, balkafmeting, diverse factoren en belastingen

|                                        |                        |               |                                   |              |                             |                                |
|----------------------------------------|------------------------|---------------|-----------------------------------|--------------|-----------------------------|--------------------------------|
| sterkteklasse                          | =                      | naaldhout C24 | materiaalfactor sterkte           | $\gamma_M =$ | 1,30                        | -                              |
| materiaal                              | =                      | gezaagd hout  | hoogtefactor treksterkte; breedte | $k_h =$      | 1,16                        | -                              |
| soort doorsnede                        | =                      | rechthoekig   | hoogtefactor buigsterkte; hoogte  | $k_h =$      | 1,00                        | -                              |
| houtbreedte                            | hoekkeper              | b= 70 mm      | modificatiefactor sterkte         | $k_{mod} =$  | 0,90                        | kort                           |
| houthoogte                             | hoekkeper              | h= 190 mm     | modificatiefactor treksterkte     | $k_{mod} =$  | 0,80                        | kort                           |
| klimaatklasse                          | =                      | 1             | modificatiefactor vervorming      | $k_{def} =$  | 0,60                        | -                              |
| belastingduurklasse comb. veranderlijk | =                      | kort          |                                   |              |                             |                                |
| factor voor volume-effect              | s=                     | 0,1 bij LVL   |                                   |              |                             |                                |
| $\sigma_{m,crd}$ berekenen met formule |                        | 6.32          |                                   |              |                             |                                |
| unity-checks                           | uiterste grenstoestand | 0,28          | veld                              | 0,09         | bruikbaarheidsgrenstoestand | $u_{eind}$ 0,12 $u_{bij}$ 0,06 |

### berekening karakteristieke belastingen in kN/m<sup>2</sup>

|                                                                                                                                   |                                                                                        |                |      |           |                                 |      |      |       |                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|-----------|---------------------------------|------|------|-------|-----------------------------------------|
| Berekening karakteristieke belastingen in kN/m <sup>2</sup>                                                                       |                                                                                        |                |      |           |                                 |      |      |       |                                         |
| windbelasting loodrecht op dakvlak                                                                                                | $w_e + w_i = (C_{pe} + C_{pi}) \cdot q_{p(z)}$                                         | = (            | 0,70 | +         | 0,30                            | )    | 0,62 | =     | 0,62 kN/m <sup>2</sup>                  |
| de hoekkepers worden berekend op een equivalente windbelasting in het grondvlak met dezelfde grootte als loodrecht op het dakvlak |                                                                                        |                |      |           |                                 |      |      |       |                                         |
| windbelasting loodrecht op grondvlak                                                                                              | $p_{w,vert} = (w_e + w_i) \cdot L \cdot \cos \alpha / L \cdot \cos \alpha = w_e + w_i$ | =              | 0,62 |           |                                 |      |      |       |                                         |
| sneeuwbelasting in grondvlak                                                                                                      | $s_n = \mu_i \cdot C_e \cdot C_{it} \cdot s_k \cdot f$                                 | =              | 0,00 | 1,00      | 1,00                            | 0,70 | 1,00 | =     | 0,00 kN/m <sup>2</sup>                  |
| puntlast (spreiding)                                                                                                              | $I = 0,018^3 / 12 = 5E-07$                                                             | m <sup>4</sup> | =    | 48,6      | 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup> | EI = | 49   | 5E-07 | 10 <sup>6</sup> = 2430 kNm <sup>2</sup> |
| $k_1 > 0,33$ en $\leq 1,0$                                                                                                        | $k_1 = 0,37$                                                                           | +              | 0,8  | 10,000    | -                               | 2430 | /    | 50000 | = 1,000 -                               |
| opgelegde belasting                                                                                                               | $F_k = 1,000$                                                                          | *              | 2,00 | = 2,00 kN |                                 |      |      |       |                                         |
| personenbelasting grondvlak                                                                                                       | $p_{rep} = (4,0 - 0,2 \alpha)$ met $15 < \alpha < 20$                                  | = (            | 4,00 | -         | 0,20                            | 20,0 | )    | =     | 0,00 kN/m <sup>2</sup>                  |





## materiaal- en profielgegevens

|                      | algemene formule :                 | $f_{cd}$                | c              | $k_h$     | $k_{mod}$      | $f_{k,rep}$ | /                | $\gamma_M$ | kort                                   |
|----------------------|------------------------------------|-------------------------|----------------|-----------|----------------|-------------|------------------|------------|----------------------------------------|
| buigsterkte          | $f_{m,k}$                          | 24 N/mm <sup>2</sup>    | $f_{m,d}$      | 1         | 1,00           | 0,90        | 24               | /          | 1,30 = 16,62 N/mm <sup>2</sup>         |
| druksterkte          | $f_{c,0,k}$                        | 21 N/mm <sup>2</sup>    | $f_{c,0,d}$    | 1         |                | 0,90        | 21               | /          | 1,30 = 14,54 N/mm <sup>2</sup>         |
| druksterkte          | $f_{c,90,k}$                       | 2,5 N/mm <sup>2</sup>   | $f_{c,90,d}$   | 1         |                | 0,90        | 2,5              | /          | 1,30 = 1,73 N/mm <sup>2</sup>          |
| schuifsterkte        | $f_{v,k}$                          | 4 N/mm <sup>2</sup>     | $f_{v,d}$      | 1         |                | 0,90        | 4                | /          | 1,30 = 2,77 N/mm <sup>2</sup>          |
| elasticiteitsmodulus | $E_{0,mean,k}$                     | 11000 N/mm <sup>2</sup> | $E_{0,mean,d}$ | 1         |                | 1,00        | 11000            | /          | 1,00 = 11000 N/mm <sup>2</sup>         |
| volumieke massa      | $\rho_k$                           | 350 kg/m <sup>3</sup>   | $E_{0,u,d}$    | 1         |                | 0,90        | 11000            | /          | 1,30 = 7815 N/mm <sup>2</sup>          |
| traagheidsmoment     | $I_y = 1 \cdot \frac{1}{12} b h^3$ |                         |                | 1         | $\frac{1}{12}$ | 70          | 190 <sup>3</sup> |            | = 4001 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup> |
| traagheidsmoment     | $I_z = 1 \cdot \frac{1}{12} h b^3$ |                         |                | 1         | $\frac{1}{12}$ | 190         | 70 <sup>3</sup>  |            | = 543 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>  |
| weerstandsmoment     | $W_y = 1 \cdot \frac{1}{6} b h^2$  |                         |                | 1         | $\frac{1}{6}$  | 70          | 190 <sup>2</sup> |            | = 421 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>  |
| weerstandsmoment     | $W_z = 1 \cdot \frac{1}{6} h b^2$  |                         |                | 1         | $\frac{1}{6}$  | 190         | 70 <sup>2</sup>  |            | = 155 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>  |
| oppervlak            | $A = 1 \cdot b h$                  |                         |                | 1         |                | 70          | 190              |            | = 133 10 <sup>2</sup> mm <sup>2</sup>  |
| traagheidsstraal     | $i_y = \sqrt{I_y / A}$             |                         |                | $\sqrt{}$ | (              | 4001        | /                | 133        | ) = 54,8 mm                            |
| traagheidsstraal     | $i_z = \sqrt{I_z / A}$             |                         |                | $\sqrt{}$ | (              | 543         | /                | 133        | ) = 20,2 mm                            |

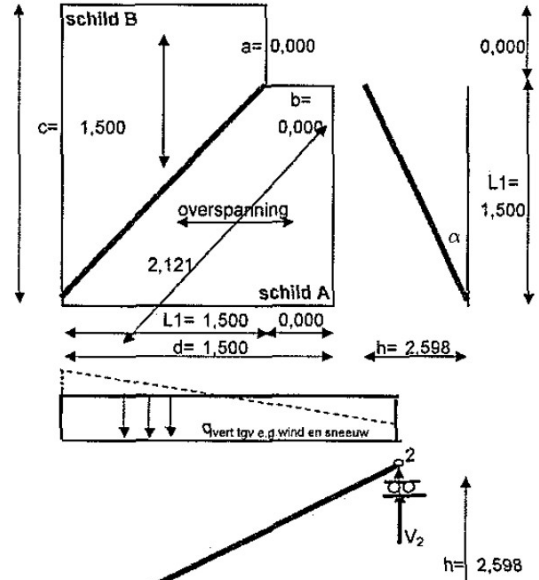
## mechanicaberekening

hoekkepers

|                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| dakhelling dakvlakken | $\alpha = 60$ graden |
| horizontale maat      | $L1 = 1,5$ m         |
| horizontale maat      | $a = 0$ m            |
| horizontale maat      | $b = 0$ m            |

|                             |       |   |       |   |                |        |
|-----------------------------|-------|---|-------|---|----------------|--------|
| $h = l \cdot \tan \alpha =$ | 1,500 | * | 1,73  | = | 2,598          | m      |
| $c = L1 + a =$              | 1,500 | + | 0,000 | = | 1,500          | m      |
| $d = L1 + b =$              | 1,500 | + | 0,000 | = | 1,500          | m      |
| $L2 = L1 \cdot \sqrt{2} =$  | 1,500 | * | 1,414 | = | 2,121          | m      |
| tangens $\beta =$           | 2,598 | / | 2,121 | = | 1,225          | -      |
| helling hoekkeper           |       |   |       |   | $\beta = 50,8$ | graden |

|                                                                        |                                   |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| elasticiteitsmodulus                                                   | $E = 11000$ N/mm <sup>2</sup>     |
| traagheidsmoment                                                       | $I_y = 4001$ cm <sup>4</sup>      |
| belastingfactoren voor formule 6.10.b                                  | $\xi \gamma_{G,j} = 1,20$ -       |
| (formule 6.10.a is niet maatgevend)                                    | $\gamma_{Q,j} = 1,50$ -           |
| eigen gewicht per m <sup>2</sup> dakvlak                               | $G_{rep} = 0,7$ KN/m <sup>2</sup> |
| sneeuwbelasting $s_n = / \ell_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \cdot f$ | = 0,00 kN/m <sup>2</sup>          |
| windbelasting $w_e + w_i = (C_{pe} + C_{pi}) \cdot q_{p(z)}$           | = 0,62 kN/m <sup>2</sup>          |
| puntlast F in veld 1-2                                                 | $F = 2,00$ kN                     |



### berekening oppervlak dakschilden

|                                             |     |                    |
|---------------------------------------------|-----|--------------------|
| $A = 0,5 \cdot (1,500 + 0,000) \cdot 1,500$ | =   | 1,13               |
| $B = 0,5 \cdot (1,500 + 0,000) \cdot 1,500$ | =   | 1,13               |
| totaal oppervlak                            | =   | 2,25               |
| hiervan rust 50% op de hoekkeper            | 0,5 | 2,25 = 1,13 per m' |
| voor windbelasting rekenen met              | 0,5 | 1,13 = 0,56 per m' |

### berekening belastingen per m2 in het grondvlak

|                 |                                              |   |      |       |      |   |      |       |           |
|-----------------|----------------------------------------------|---|------|-------|------|---|------|-------|-----------|
| eigen gewicht   | $q_{g,rep} = e1 \cdot G_{k,j} / \cos \alpha$ | = | 0,53 | 0,7 / | 0,63 | = | 0,59 | kN/m' | vertikaal |
| windbelasting   | $q_{w,rep} = e2 \cdot (w_e + w_i)$           | = | 0,27 | 0,62  |      | = | 0,16 | kN/m' | vertikaal |
| sneeuwbelasting | $q_{vert,rep} = e1 \cdot s_{n,k}$            | = | 0,53 | 0,00  |      | = | 0,00 | kN/m' | vertikaal |
| puntlast        | $F_{rep} = F$                                | = | 1,00 | 2     |      | = | 2,00 | kN    | vertikaal |

### representatieve waarde per hoekkeper

| belastinggeval | e.g. | wind | sneeuw | puntlast |
|----------------|------|------|--------|----------|
| $M_{1-2}$      | =    | 0,33 | 0,09   | 0,00     |
| $V_1$          | =    | 0,62 | 0,17   | 0,00     |
| $H_1$          | =    | 0,00 | 0,00   | 0,00     |
| $V_2$          | =    | 0,62 | 0,17   | 0,00     |
| $H_2$          | =    | 0,00 | 0,00   | 0,00     |
| $N_{1-2}$      | =    | 0,00 | 0,00   | 0,00     |
| $U_{1-2}$      | =    | 0,9  | 0,2    | 0,0      |
| $N_{1x}$       | =    | 0,13 | 0,04   | 0,00     |

### uiterste grenstoestand formule 6.10.b

| combinatie | e.g. + | e.g. + | e.g. + |
|------------|--------|--------|--------|
|            | wind   | sneeuw | F-last |
| $M_{1-2}$  | =      | 0,53   | 0,40   |
| $V_1$      | =      | 1,01   | 0,75   |
| $H_1$      | =      | 0,00   | 0,00   |
| $V_2$      | =      | 1,01   | 0,75   |
| $H_2$      | =      | 0,00   | 0,00   |
| $N_{1-2}$  | =      | 0,00   | 0,00   |
| $N_{1x}$   | =      | 0,21   | 0,16   |

$N_{1x}$  is de normaalkracht op 1/3e van de overspanning die wordt gecombineerd met het maximum moment in het midden in werkelijkheid is de normaalkracht in het midden null



**toetsing uiterste grenstoestand** hoekkepers

|                          |                                                       |            |                                                                                              |                 |                   |                   |                   |                   |      |
|--------------------------|-------------------------------------------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|
| veld 1-2                 | art. 6.2.4 gecombineerde buig- en axiale drukspanning | 6,19       | $\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} < 1,0$ |                 |                   |                   |                   |                   |      |
|                          | $N_{c,Ed}$                                            | $M_{y,Ed}$ | $A$                                                                                          | $W_y$           | $\sigma_{c,0,d}$  | $f_{c,0,d}$       | $\sigma_{m,y,d}$  | $f_{m,y,d}$       | UC   |
|                          | kN                                                    | kNm        | cm <sup>2</sup>                                                                              | cm <sup>3</sup> | N/mm <sup>2</sup> | N/mm <sup>2</sup> | N/mm <sup>2</sup> | N/mm <sup>2</sup> | -    |
| eigen gewicht + wind     | 0,21                                                  | 0,53       | 133,0                                                                                        | 421,2           | 0,02              | 14,54             | 1,27              | 16,62             | 0,08 |
| eigen gewicht + sneeuw   | 0,16                                                  | 0,40       | 133,0                                                                                        | 421,2           | 0,01              | 14,54             | 0,94              | 16,62             | 0,06 |
| eigen gewicht + puntlast | 1,11                                                  | 1,99       | 133,0                                                                                        | 421,2           | 0,08              | 14,54             | 4,72              | 16,62             | 0,28 |

|                          |                                                    |            |                 |                 |                   |                                                                                                               |            |                   |                   |           |      |
|--------------------------|----------------------------------------------------|------------|-----------------|-----------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------|-------------------|-----------|------|
| veld 1-2                 | art. 6.3.3 liggers onderworpen aan buiging en druk |            |                 |                 | 6,35              | $\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{krit} f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} < 1,0$ |            |                   |                   |           |      |
|                          | $N_{c,Ed}$                                         | $M_{y,Ed}$ | $A$             | $W_y$           | $\sigma_{c,0,d}$  | $f_{c,0,d}$                                                                                                   | $k_{krit}$ | $\sigma_{m,y,d}$  | $f_{m,y,d}$       | $k_{c,z}$ | UC   |
|                          | kN                                                 | kNm        | cm <sup>2</sup> | cm <sup>3</sup> | N/mm <sup>2</sup> | N/mm <sup>2</sup>                                                                                             | -          | N/mm <sup>2</sup> | N/mm <sup>2</sup> | -         | -    |
| eigen gewicht + wind     | 0,21                                               | 0,53       | 133,0           | 421,2           | 0,02              | 14,54                                                                                                         | 1,00       | 1,27              | 16,62             | 0,97      | 0,01 |
| eigen gewicht + sneeuw   | 0,16                                               | 0,40       | 133,0           | 421,2           | 0,01              | 14,54                                                                                                         | 1,00       | 0,94              | 16,62             | 0,97      | 0,00 |
| eigen gewicht + puntlast | 1,11                                               | 1,99       | 133,0           | 421,2           | 0,08              | 14,54                                                                                                         | 1,00       | 4,72              | 16,62             | 0,97      | 0,09 |

**toetsing bruikbaarheidsgrenstoestand** hoekkepers

|                        |                                                       |          |                          |             |            |                |      |           |               |      |
|------------------------|-------------------------------------------------------|----------|--------------------------|-------------|------------|----------------|------|-----------|---------------|------|
| vervorming tgv kruip:  |                                                       |          |                          |             |            |                |      |           |               |      |
| belastingcombinatie    | $u_{kruip}=k_{def} \cdot (G_{kj} + \psi_2 Q_{k,1}) =$ | 0,60     | $(0,9 + 0,00 \cdot 0,2)$ |             |            |                |      | $=$       | 0,5           | mm   |
|                        | veld                                                  | $u_{on}$ | $u_{elastisch}$          | $u_{kruip}$ | $u_{eind}$ | $u_{eind,toe}$ | u.c. | $u_{bij}$ | $u_{bij,toe}$ | u.c. |
|                        |                                                       | mm       | mm                       | mm          | mm         | mm             | -    | mm        | mm            | -    |
| eigen gewicht + wind   | $u_{2,3}$                                             | 0,9      | 0,2                      | 0,5         | 1,7        | 13,4           | 0,12 | 0,8       | 13,4          | 0,06 |
| eigen gewicht + sneeuw | $u_{2,3}$                                             | 0,9      | 0,0                      | 0,5         | 1,4        | 13,4           | 0,10 | 0,5       | 13,4          | 0,04 |
| opmerking              |                                                       |          |                          |             |            |                |      |           |               |      |

**Ligger merk L1**

**q1**

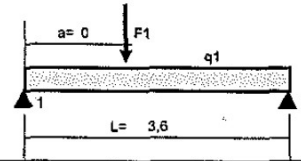
|                 | b/ba   |   | afm. |   | basisbel. |      |      | blijvend |      | varanderlijk      |                        |
|-----------------|--------|---|------|---|-----------|------|------|----------|------|-------------------|------------------------|
| Dak (plat)      | 1,00   | x | 1,60 | " | x         | 0,70 | "    | =        | 1,12 | "                 |                        |
|                 | 1,00   | x | 1,60 | " | x         | 0,56 | "    | =        |      |                   | 0,90 "                 |
|                 | Totaal |   |      |   |           |      |      |          | 1,12 | kN/m <sup>1</sup> | 0,90 kN/m <sup>1</sup> |
| UGT verg. 6.10a | 1,35   | x | 1,12 | + | 1,00      | x    | 1,50 | x        | 0,90 | =                 | 2,86 kN/m1             |
| UGT verg. 6.10b | 1,20   | x | 1,12 | + | 1,00      | x    | 1,50 | x        | 0,90 | =                 | 2,69 kN/m1             |
| BGT verg. 6.14b | 1,00   | x | 1,12 | + | 1,00      | x    | 0,90 | +        | 0,50 | x                 | 0,00 = 2,02 kN/m1      |



# stalen ligger op 2 steunpunten met een q- en een F-last 1xprofiel 1: HE 0140A

werk uitbreiding bedrijfsgebouw  
werknummer 6466  
onderdeel ligger L1  
materiaal S235  
klasse 3  
flansdikte <40

|                                                  |                              |                                                                   |                                                 |
|--------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| kerngegevens                                     |                              | ontwerplevensduur                                                 | = 50 jaar                                       |
| norm:                                            | Eurocode NIEUWBOUW           | toepassing                                                        | gebouwen en andere gewone constructies          |
| ontwerplevensduur klasse                         | = 3                          | 6.10.a                                                            | 6.10.b 6.1 partiële factoren                    |
| gevolgklasse                                     | CC2                          | $\gamma_{Q1}$ = 1,35                                              | $\xi \gamma_{Q2}$ = 1,20 $\gamma_{M0}$ = 1,00 - |
| correctiefactor voor formule 6.10.b              | $\xi$ = 0,89                 | $\gamma_{Q1}$ = 1,50                                              | $\gamma_{Q1}$ = 1,50 $\gamma_{M1}$ = 1,00 -     |
| de waarde van ksi volgt uit de Nationale Bijlage |                              | $\gamma_{Q2}$ = 1,50                                              | $\gamma_{Q2}$ = 1,50 $\gamma_{M2}$ = 1,25 -     |
| diverse factoren                                 |                              | kipcontrole uitschakelen?                                         | nee                                             |
| gebouwcategorie                                  | A: woon- en verblijfsruimtes | eigen gewicht ligger automatisch berekenen                        | ja                                              |
| (gewichtsberekening)                             | $\psi_0$ = 0,4 -             | traagheidsmoment en weerstandsmoment in richting van de belasting |                                                 |
| (elastische doorbuiging)                         | $\psi_1$ = 0,5 -             | belasting profiel 1: sterke as                                    |                                                 |
| (kruip)                                          | $\psi_2$ = 0,3 -             | $\Sigma I$ = 1033 cm <sup>4</sup>                                 | $\Sigma g$ = 0,25 kN/m'                         |
| reductiefactor vloerbelasting                    | $\psi_3$ = 1,00 -            | $\Sigma W_{pl}$ = 174 cm <sup>3</sup>                             | $\Sigma A$ = 31,4 cm <sup>2</sup>               |
|                                                  |                              | $\Sigma W_{el}$ = 155 cm <sup>3</sup>                             | E = 2E+05 N/mm <sup>2</sup>                     |
| liggerlengte                                     | L = 3,6 m                    |                                                                   |                                                 |
| toelaatbare einddoorbuiging                      | 1: 250 * L                   |                                                                   |                                                 |
| toelaatbare bijkomende doorbuiging               | 1: 333 * L                   |                                                                   |                                                 |
| toegepaste zeeg                                  | 0 mm                         |                                                                   |                                                 |



## belastingen en combinaties

ligger L1

### q1:

|                                  |                                |                                                                      |                          |
|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| permanente belasting             | $G_{k1}$ = 1,12 kN/m           | $G_{k1}$ (incl.e.g.)                                                 | 1,12 + 0,25 = 1,37 kN/m' |
| opgelegde belasting extreem+mom. | $\Sigma Q_{k1+mom}$ = 0,9 kN/m | STR/GEO $\gamma_{Q1}$ $G_{k1}$ + $\gamma_Q$ $\Sigma Q_{mom}$         |                          |
| opgelegde belasting momentaan    | $\Sigma Q_{mom}$ = 0,9 kN/m    | 6.10.a: 1,35 1,37 + 1,50 0,90 = 3,19 kN/m'                           |                          |
|                                  |                                | STR/GEO $\xi \gamma_{Q1}$ $G_{k1}$ + $\gamma_Q$ $\Sigma Q_{ext+mom}$ |                          |
|                                  |                                | 6.10.b: 1,20 1,37 + 1,50 0,90 = 2,99 kN/m'                           |                          |

### F1:

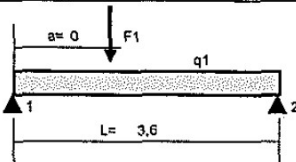
|                                           |                          |                                                                      |             |
|-------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------|
| permanente belasting                      | $G_{k2}$ = kN            | $G_{k2}$ (incl.e.g.)                                                 | 0 = 0,00 kN |
| opgelegde belasting extreem+mom.          | $\Sigma Q_{k2+mom}$ = kN | STR/GEO $\gamma_{Q1}$ $G_{k2}$ + $\gamma_Q$ $\Sigma Q_{mom}$         |             |
| opgelegde belasting momentaan             | $\Sigma Q_{mom}$ = kN    | 6.10.a: 1,35 0 + 1,50 0 = 0,00 kN                                    |             |
| plaats puntlast vanaf steunpunt 1 (links) | a = m                    | STR/GEO $\xi \gamma_{Q1}$ $G_{k2}$ + $\gamma_Q$ $\Sigma Q_{ext+mom}$ |             |
|                                           |                          | 6.10.b: 1,20 0 + 1,50 0 = 0,00 kN                                    |             |

unity-checks er worden geen verstijvingsschotjes toegepast zie ook de invoercellen verderop in deze berekening

|     |         |      |             |      |                      |      |     |      |     |                  |      |                 |      |
|-----|---------|------|-------------|------|----------------------|------|-----|------|-----|------------------|------|-----------------|------|
| UGT | buiging | 0,14 | dwarskracht | 0,04 | onderflensinklemming | 0,14 | zip | 0,14 | BGT | u <sub>mid</sub> | 0,16 | u <sub>pl</sub> | 0,08 |
|-----|---------|------|-------------|------|----------------------|------|-----|------|-----|------------------|------|-----------------|------|

## resultaten mechanica berekeningen

ligger L1



| belastinggeval / combinatie       | belastingen |      | dwarskracht (kN)  |                  | reactie (kN)      |                |
|-----------------------------------|-------------|------|-------------------|------------------|-------------------|----------------|
|                                   | q1          | F1   | V <sub>1,2</sub>  | V <sub>2,1</sub> | R <sub>1</sub>    | R <sub>2</sub> |
| $G_{k1}$                          | 1,37        | 0,00 | -2,5              | 2,5              | 2,5               | 2,5            |
| $Q_{k1} + \psi_{Q1} \cdot Q_{k1}$ | 0,90        | 0,00 | -1,6              | 1,6              | 1,6               | 1,6            |
| ULS(1) 6.10.a                     | 3,19        | 0,00 | -5,8              | 5,8              | 5,8               | 5,8            |
| ULS(2) 6.10.b                     | 2,99        | 0,00 | -5,4              | 5,4              | 5,4               | 5,4            |
| maatgevende waarden               |             |      | $V_{Ed} = 5,8$ kN |                  | $R_{Ed} = 5,8$ kN |                |

| belastinggeval / combinatie       | steunpuntmoment (kNm) |       | veldmoment (kNm)     | positie $M_{ed,max}$ (m) | vervorming (mm)  |
|-----------------------------------|-----------------------|-------|----------------------|--------------------------|------------------|
|                                   | $M_1$                 | $M_2$ | $M_{1,2}$            | uit R <sub>1</sub>       | u <sub>1,2</sub> |
| $G_{k1}$                          | 0,0                   | 0,0   | 2,2                  | 1,80                     | 1,4              |
| $Q_{k1} + \psi_{Q1} \cdot Q_{k1}$ | 0,0                   | 0,0   | 1,5                  | 1,80                     | 0,9              |
| ULS(1) 6.10.a                     | 0,0                   | 0,0   | 5,2                  | 1,80                     |                  |
| ULS(2) 6.10.b                     | 0,0                   | 0,0   | 4,8                  | 1,80                     |                  |
| maatgevende waarden               | $M_{Ed,1} = 0,0$ kNm  |       | $M_{Ed,v} = 5,2$ kNm |                          |                  |



## toetsingen bruikbaarheidsgrenstoestand

ligger L1

belastinggevallen en combinaties

|                 |   |                                                |           |
|-----------------|---|------------------------------------------------|-----------|
| veld            |   | =                                              | $u_{1,2}$ |
| $U_{on}$        | = | $G_{k,j}$                                      | = 1,4     |
| $U_{elastisch}$ | = | $Q_{k,1} + \gamma_{0,j} \cdot Q_{k,j}$         | = 0,9     |
| $U_{zeeg}$      | = | volgens opgave                                 | = 0,0     |
| $U_{wind}$      | = | $U_{on} + U_{elastisch} + U_{crup} + U_{zeeg}$ | = 2,3     |
| $U_{wind, toe}$ | = | $U_{wind, toelaatbaar}$                        | = 14,4    |
| U.C.            | = | $U_{wind} / U_{wind, toelaatbaar}$             | = 0,16    |
| $U_{bij}$       | = | $U_{elastisch}$                                | = 0,9     |
| $U_{bij, toe}$  | = | $U_{bij, toelaatbaar}$                         | = 10,8    |
| U.C.            | = | $U_{bij} / U_{bij, toelaatbaar}$               | = 0,08    |

## toetsingen uiterste grenstoestand (samenvatting)

ligger L1

|                                  |             |             |                                        |                                                  |                                    |   |                     |   |       |
|----------------------------------|-------------|-------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------|---|---------------------|---|-------|
| buiging, art 6.2.5               | $M_{Ed}$    | =           | 5,2                                    | 6.12                                             | $\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$ | = | $\frac{5,2}{36,5}$  | = | 0,14  |
| dwarskracht, art. 6.2.6          | $V_{Ed}$    | =           | 5,8                                    | 6.17                                             | $\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$ | = | $\frac{5,8}{137,1}$ | = | 0,04  |
| onderfiensinklemming, art. 6.3.1 | $R_1$       | =           | 5,8                                    | 6.46                                             | $\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$ | = | $\frac{5,8}{41,0}$  | = | 0,14  |
|                                  | $R_2$       | =           | 5,8                                    | 6.46                                             | $\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$ | = | $\frac{5,8}{41,0}$  | = | 0,14  |
| kip, art. 6.3.2                  | $M_{Ed}$    | =           | 5,2                                    | 6.54                                             | $\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0$ | = | $\frac{5,2}{36,5}$  | = | 0,14  |
| oplegglengte, art. 6.9 EC steen  | $l_{opleg}$ | =           | $N_{Ed} / ( \beta \cdot b \cdot f_b )$ |                                                  |                                    |   |                     |   |       |
|                                  | $R_1$       | $l_{opleg}$ | =                                      | $5,8 \cdot 10^3 / ( 1,34 \cdot 140 \cdot 2,62 )$ |                                    |   |                     |   | 12 mm |
|                                  | $R_2$       | $l_{opleg}$ | =                                      | $5,8 \cdot 10^3 / ( 1,34 \cdot 140 \cdot 2,62 )$ |                                    |   |                     |   | 12 mm |

## art. 6.2.5 buigend moment, enkele buiging, rekenen met gecombineerde profielgegevens

ligger L1

|                                        |                           |            |     |                    |             |      |          |                   |               |      |                 |                 |
|----------------------------------------|---------------------------|------------|-----|--------------------|-------------|------|----------|-------------------|---------------|------|-----------------|-----------------|
| rekenwaarde moment                     | $M_{Ed}$                  | =          | 5,2 | kNm                | profiel     | =    | HE 0140A | A                 | =             | 31,4 | cm <sup>2</sup> |                 |
| reductie flensdoorsnede (boutga        | $A_{c,Rd}$                | =          | 0,0 | cm <sup>2</sup>    | kwaliteit   | =    | S235     | $\gamma_{M0}$     | =             | 1,00 | -               |                 |
|                                        |                           |            |     |                    | $f_y$       | =    | 235      | N/mm <sup>2</sup> | $\gamma_{M2}$ | =    | 1,25            | -               |
|                                        |                           |            |     |                    | $f_u$       | =    | 360      | N/mm <sup>2</sup> | $W_{pl}$      | =    | 173,5           | cm <sup>3</sup> |
|                                        |                           |            |     |                    | b           | =    | 140      | mm                | $W_{el,min}$  | =    | 155,4           | cm <sup>3</sup> |
|                                        |                           |            |     |                    | $t_f$       | =    | 8,5      | mm                | $W_{el,min}$  | =    | 155,4           | cm <sup>3</sup> |
|                                        |                           |            |     |                    | $A_t$       | =    | 14,0     | 0,9               |               | =    | 11,9            | cm <sup>2</sup> |
|                                        |                           |            |     |                    | $A_{t,net}$ | =    | 11,9     | -                 | 0,0           | =    | 11,9            | cm <sup>2</sup> |
| de boutgaten mogen worden verwaarloosd |                           |            |     |                    |             |      |          |                   |               |      |                 |                 |
| 6.12                                   | $\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}}$ | $\leq 1,0$ | =   | $\frac{5,2}{36,5}$ | =           | 0,14 | -        |                   |               |      |                 |                 |

(2) voor doorsnedeklasse 1 en 2

$$6.13 \quad M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{173,5 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 40,8 \text{ kNm}$$

voor doorsnedeklasse 3

$$6.14 \quad M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{155,4 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 36,5 \text{ kNm}$$

voor doorsnedeklasse 4

$$6.15 \quad M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{155,4 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 36,5 \text{ kNm}$$

6.16 (4) gaten voor verbindingmiddelen mogen worden verwaarloosd als:

$$\frac{A_{t,net}}{\gamma_{M2}} \cdot 0,9 \cdot f_u \cdot 10^{-3} = \frac{11,9 \cdot 0,9 \cdot 360 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 3,1 \text{ kN}$$

$$\frac{A_t}{\gamma_{M0}} \cdot f_y \cdot 10^{-3} = \frac{11,9 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 2,8 \text{ kN}$$



art. 6.2.6 dwarskracht (afschuiving)

ligger L1

|                                   |          |   |     |    |                            |   |          |                   |       |      |                 |                 |
|-----------------------------------|----------|---|-----|----|----------------------------|---|----------|-------------------|-------|------|-----------------|-----------------|
| rekenwaarde dwarskracht           | $V_{Ed}$ | = | 5,8 | kN | profiel                    | = | HE 0140A | A                 | =     | 31,4 | cm <sup>2</sup> |                 |
| profiel                           |          |   |     |    | gewalste I en H profielen  |   |          |                   |       |      |                 |                 |
| hoogte van het lijf               | $h_w$    | = | 116 | mm | $f_y$                      | = | 235      | N/mm <sup>2</sup> | $I_y$ | =    | 1033            | cm <sup>4</sup> |
| factor in formules gelast profiel | $\eta$   | = | 1   | -  | b                          | = | 140      | mm                | $t_f$ | =    | 8,5             | mm              |
|                                   |          |   |     |    | h                          | = | 133      | mm                | $t_w$ | =    | 5,5             | mm              |
| dikte in beschouwde punt          | t        | = | 6   | mm | $S_y$                      | = | 87       | cm <sup>3</sup>   | $I_t$ | =    | 8,1             | cm <sup>4</sup> |
|                                   |          |   |     |    | $h_w$                      | = | 133      | -                 | 8,5   | 2=   | 116             | mm              |
|                                   |          |   |     |    | afrondingstraal in profiel |   |          |                   | r     | =    | 12              | mm              |

$$6.17 \quad \frac{V_{Ed}}{V_{e,Rd}} \leq 1,0 = \frac{5,8}{137,1} = 0,04$$

$$6.18 \quad V_{e,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{1011 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = 137,1 \text{ kN}$$

(4) Om de rekenwaarde van de elastische weerstand tegen dwarskracht  $V_{e,Rd}$  te toetsen mag, voor een kritiek punt van de doorsnede, het volgende criterium zijn gebruikt tenzij het toetsen op plooien volgens hoofdstuk 5 van EN 1993-1-5 van toepassing is.

$$6.19 \quad \frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \gamma_{M0})} = \frac{9}{235 / (\sqrt{3} \cdot 1,00)} = 0,07$$

algemeen geldt:

$$6.20 \quad \tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{I_y} \cdot \frac{S}{t} = \frac{5,8}{1033} \cdot \frac{87 \cdot 10^2}{6} = 8 \text{ N/mm}^2$$

(5) Voor I- of H-profielen mag de schuifspanning in het lijf als volgt zijn bepaald:

$$6.21 \quad \tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w} \quad \text{Indien } A_y / A_w \geq 0,6 = \frac{5,8 \cdot 10^3}{638} = 9 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_y &= b \cdot t_f = 140 \cdot 8,5 = 11,9 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2 \\ A_w &= h_w \cdot t_w = 116 \cdot 5,5 = 6,4 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2 \\ A_y / A_w &= 11,9 / 6,4 = 1,9 \end{aligned}$$

waarde voor  $\tau_{Ed}$  waarmee mag worden gerekend voor I en H- = 9 N/mm<sup>2</sup>

6.22 (6) Bovendien behoort, voor staven zonder dwarsversterkers, de weerstand tegen plooien door afschuiving volgens hoofdstuk 5 van EN 1993-1-5 te zijn bepaald indien

$$\frac{h_w}{t_w} > 72 \cdot \frac{\varepsilon}{\eta} \quad \text{dus} \quad \frac{116}{5,5} > 72 \cdot \frac{1,00}{1,00} \quad \text{eis} \quad 21,1 > 72,0$$

conclusie: weerstand tegen plooien hoeft niet te worden berekend

$$\text{met } \varepsilon = \sqrt{235 / f_y} = \sqrt{235 / 235} = 1,00$$

|        |                            |         |        |          |          |       |       |       |       |    |    |   |       |      |       |
|--------|----------------------------|---------|--------|----------|----------|-------|-------|-------|-------|----|----|---|-------|------|-------|
| (3) a  | gewalste I en H profielen  | $A_y =$ | A      | -2       | b        | $t_f$ | +     | (     | $t_w$ | +2 | r  | ) | $t_f$ |      |       |
|        |                            | $A_y =$ | 3140   | -2       | 140      | 8,5   | +     | (     | 5,5   | +2 | 12 | ) | 8,5   | =    | 1011  |
| (3) b  | gewalste U en C profie     | $A_y =$ | A      | -2       | b        | $t_f$ | +     | (     | $t_w$ | +  | r  | ) | $t_f$ |      |       |
|        |                            | $A_y =$ | 3140   | -2       | 140      | 8,5   | +     | (     | 5,5   | +  | 12 | ) | 8,5   | =    | 908,8 |
| (3) c  | gewalste T profielen       | $A_y =$ | 0,9    | (        | A        | -     | b     | $t_f$ | )     |    |    |   |       |      |       |
|        |                            | $A_y =$ | 0,9    | (        | 3140     | -     | 140   | 8,5   | )     |    |    |   |       | =    | 1755  |
| (3) d  | gelast I,H, buis, // lijf  | $A_y =$ | $\eta$ | $\Sigma$ | (        | $h_w$ | $t_w$ | )     |       |    |    |   |       |      |       |
|        |                            | $A_y =$ | 1      | (        | 116      | 5,5   | )     |       |       |    |    |   | =     | 638  |       |
| (3) e  | gelast I,H, buis, // flens | $A_y =$ | A      | -        | $\Sigma$ | (     | $h_w$ | $t_w$ | )     |    |    |   |       |      |       |
|        |                            | $A_y =$ | 3140   | -        | $\Sigma$ | (     | 116   | 5,5   | )     |    |    |   | =     | 2502 |       |
| (3) f1 | gewalste rh buis // hoo    | $A_y =$ | A      | h        | /        | (     | b     | +     | h     | )  |    |   |       |      |       |
|        |                            | $A_y =$ | 3140   | 133      | /        | (     | 140   | +     | 133   | )  |    |   | =     | 1530 |       |
| (3) f2 | gewalste rh buis // brei   | $A_y =$ | A      | b        | /        | (     | b     | +     | h     | )  |    |   |       |      |       |
|        |                            | $A_y =$ | 3140   | 140      | /        | (     | 140   | +     | 133   | )  |    |   | =     | 1610 |       |
| (3) g  | ronde buisprofielen        | $A_y =$ | 2      | A        | /        | $\pi$ |       |       |       |    |    |   |       |      |       |
|        |                            | $A_y =$ | 2      | 3140     | /        | $\pi$ |       |       |       |    |    | = | 1999  |      |       |

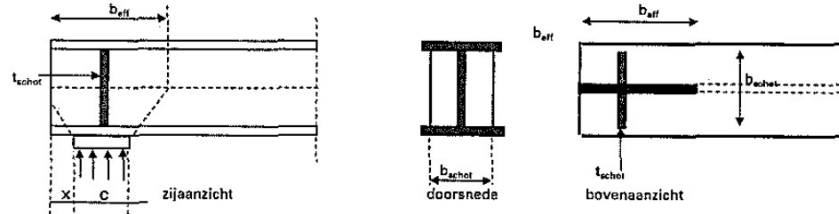


art. 6.3.1 onderflensinklemming (gaffeloplegging)

ligger L1

|                                    |             |   |     |    |            |   |          |                   |               |        |                   |    |
|------------------------------------|-------------|---|-----|----|------------|---|----------|-------------------|---------------|--------|-------------------|----|
| rekenwaarde oplegreactie           | $N_{Ed}$    | = | 5,8 | kN | profiel    | = | HE 0140A | $E$               | =             | 210000 | N/mm <sup>2</sup> |    |
| extra normaalkracht in opleggi     | $N_{extra}$ | = | 0   | kN | kwalite    | = | S235     |                   |               |        |                   |    |
| oplegglengte                       | $c$         | = | 100 | mm | $f_y$      | = | 235      | N/mm <sup>2</sup> | $\gamma_{M1}$ | =      | 1,00              |    |
| totale dikte schotjes              | $t_{schot}$ | = | 0   | mm | y-richting |   |          |                   | z-richting    |        |                   |    |
| totale breedte schotjes (incl. lij | $b_{schot}$ | = | 0,0 | mm | $h$        | = | 133      | mm                | $b$           | =      | 140               | mm |
| zijkant oplegging c tot eind lij   | $x$         | = | 0,0 | mm | kromm      | = | c        |                   | $t_w$         | =      | 5,5               | mm |

er worden geen verstijvingsschotjes toegepast



NEN 6770 art 12.2.4

$$b_{eff} = 0,5 \sqrt{(h^2 + c^2)} + x + c/2 = 0,5 \sqrt{(133,0^2 + 100,0^2)} + 0,0 + 100 / 2 = 133,2 \text{ mm}$$

$$b_{eff} < \sqrt{(h^2 + c^2)} = \sqrt{(133^2 + 100^2)} = 166,4 \text{ mm}$$

$$\text{kniklengte y-richting } l_{cr,y} = 2 \cdot 133 = 266,0 \text{ mm}$$

$$\text{doorsnede } A = b_{eff} t_w + (b_{schot} - t_w) t_{schot} = 133,2 \cdot 5,5 + (0,0 - 6) \cdot 0 = 7,33 \cdot 10^2 \text{ cm}^2$$

$$I = 1/12 (t_{schot} b_{schot}^3 + (b_{eff} - t_{schot}) t_w^3) = 1/12 (0 \cdot 0^3 + (133,2 - 0) \cdot 6^3) = 0,186 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$\text{traagheidsstraal } i = \sqrt{I/A} = \sqrt{(0,186 \cdot 10^4 / 7 \cdot 10^2)} = 1,6 \text{ mm}$$

y-richting

$$5.46 \quad \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{N_{extra}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{5,8}{41,0} + \frac{0,0}{41,0} = 0,14$$

$$6.47-6.49 \quad N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot t_y / \gamma_{M1} = N_{b,Rd} = 0,238 \cdot 7,3 \cdot 235 \cdot 10^{-1} / 1,00 = 41,0 \text{ kN}$$

$$6.49 \quad \chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} \leq 1,0 \quad \chi = \frac{1}{2,479 + \sqrt{(2,479^2 - 1,784^2)}} = 0,238$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha (\lambda - 0,2) + \lambda^2] \quad \phi = 0,5 [1 + 0,49 (1,784 - 0,2) + 1,784^2] = 2,479$$

$$6.50 \quad \lambda_y = l_{cr,y} / i_y = 266 / 1,6 = 167,5$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{(E / f_y)} = \pi \sqrt{(2 \cdot 10^5 / 235)} = 93,9$$

$$\bar{\lambda}_y = \lambda_y / \lambda_1 = 167,5 / 93,9 = 1,784$$

$$\text{gemiddelde oplegspanning} = 5,8 \cdot 10^3 / (140 \cdot 100) = 0,41 \text{ N/mm}^2$$

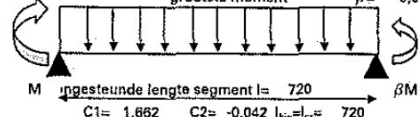


art. 6.3.2 prismatische op buiging belaste staven (kip) Kipcontrole gebeurt altijd met alleen profiel 1

ligger L1

schema van het te controleren ligsegment tussen gaffels of kipsteunen

grootste absolute kopmoment  $M_{y,1,s,d} = 3,1$  kleinste absolute kopmoment  $M_{y,2,s,d} = 0,0$   
 $M_{Ed} = 3,1$   $M_{y,2,s,d} = 0,0$   
grootste moment  $\beta = 0,00$



invoergegevens tbc kipcontrole

basisgeval uit NEN 677: tabel 10, q-last en kopmomenten  
momentenverloop parabool scharnierend  
soort profiel gewalste I- en H-profielen  
aangrijpingspunt belasting zwaartepunt bovenflens  
wijze zijdelingse steune tussen 2 gaffels

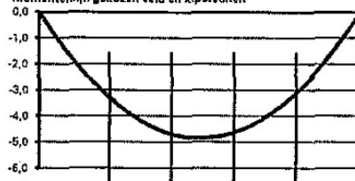
aanvullende invoer via een ligsegmentberekening:

invoer van de kipsteunen door gelijkmatige verdeling  
te controleren veld veld 1  
grenstoestand UGT2 vol - 6.10.b

aantal kipsteunen n = 4  
te controleren liggedeelte (tussen de kipsteunen) 1

|                                                               |                 |                   |
|---------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|
| reductie weerstandsmoment                                     | $W_{red} = 0,0$ | $cm^3$            |
| reductie doorsnede                                            | $A_{red} = 0,0$ | $cm^2$            |
| profiel                                                       | HE 0140A        | E                 |
| kwaliteit                                                     | S235            | A                 |
| $f_y$                                                         | 235             | N/mm <sup>2</sup> |
| $h$                                                           | 133             | mm                |
| $t_f$                                                         | 8,5             | mm                |
| $I_y$                                                         | 1033            | cm <sup>4</sup>   |
| $I_z$                                                         | 57,4            | mm                |
| $W_{y,el}$                                                    | 155,4           | cm <sup>3</sup>   |
| $W_{y,pl}$                                                    | 173,5           | cm <sup>3</sup>   |
| $W_{y,eff}$                                                   | 155,4           | cm <sup>3</sup>   |
| $\gamma_{M1}$                                                 | 1,00            | -                 |
| $b$                                                           | 140             | mm                |
| $t_w$                                                         | 5,5             | mm                |
| $I_x$                                                         | 389             | cm <sup>4</sup>   |
| $i_x$                                                         | 35,2            | mm                |
| $i_z$                                                         | 8,1             | mm                |
| $h/b$                                                         | 0,95            | -                 |
| plaats van de horizontale kipsteunen bij ligsegmentberekening |                 |                   |
| $C_{kip,links}$                                               | 0,00            | 3600              |
| $C_{kip,rechts}$                                              | 0,20            | 3600              |
| $l$                                                           | 720             | 0                 |
|                                                               |                 | 720               |

momentenlijn gekozen veld en kipsteunen



$M_{y,1,s,d} = 3,1$   $M_{y,2,s,d} = 0,0$   $M_{Ed} = 3,1$  kNm  
 $l_k = 3600$

"tekenafpraak" getekende momentenlijn wijkt af van de mechanische berekening

kipcontrole algemeen: 0,08 kipcontrole gewalst prof 0,08

NEN 6771 art.12.2.5.3 bepaling vervangende ongesteunde kiplengte

tussen twee gaffels  $l_{op} = l_{st} = 720$  mm  
tussen een gaffel en een kipsteun of tussen twee kipsteunen

$l_{kip} = (1,4 - 0,8\beta) l_{st}$  echter  $1,0 \leq l_{kip} / l_{st} \leq 1,4$

$f_2 = (1,4 - 0,8\beta) = (1,4 - 0,00) = 1,40$

deze factor is niet van toepassing, zodat  $f_2 = 1,00$

Er wordt gerekend met de volgende gegevens:

lengte ligger tussen de gaffels  $l_g = 3600$  mm  
ongesteunde horizontale lengte  $l = 720$  mm  
rekenwaarde buigend moment  $M_{Ed} = 3,1$  kNm  
kopmoment met grootste absolute waarde  $M_{y,1,s,d} = 3,1$  kNm  
kopmoment met kleinste absolute waarde  $M_{y,2,s,d} = 0,0$  kNm

$l_{k1} = f_1 l = 1,00 \cdot 720 = 720$  mm  
 $l_{k2} = f_2 l_{st} = 1,00 \cdot 720 = 720$  mm  
reken met een ongesteunde lengte  $l_{kip} = l_{st} = 720$  mm  
afstand horizontale steun 1 v.a linker steunpunt 0,00 m  
afstand horizontale steun 2 v.a linker steunpunt 0,72 m

invloedsfactor uit tabel C1  $C_1 = 1,66$   
invloedsfactor uit tabel C  $C_2 = -0,04$   
verhouding  $\varphi = \beta = M_{y,2,s,d} / M_{y,1,s,d} = 0,00$   
tabel 10, q-last en kopmomenten  $B^* = 0,94$

$$\text{factor } B^* = \frac{8}{8} \frac{M}{l_{st}^2} + \frac{q}{8} \frac{l_{st}^2}{M} = \frac{8}{8} \frac{3,1}{3600^2} + \frac{0}{8} \frac{720^2}{3,1} = 0,94$$

toetsing kip art. 6.3.2.2 kipprommen - Algemeen let op: de waarden voor C1 en C2 moet uit de tabellen 9 t/m 13 worden gebruikt bij formule 6.56 kromme a

$$6.54 \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{3,1}{36,5} = 0,08$$

$$6.55 M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y f_y / \gamma_{M1} M_{b,Rd} = 1,000 \cdot 155,4 \cdot 235 \cdot 10^6 / 1,00 = 36,5 \text{ kNm}$$

$$6.56 \chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} \leq 1,0 \chi_{LT} = \frac{1}{0,505 + \sqrt{0,505^2 - 0,145^2}} = 1,012$$

maatgevende waarde  $\chi_{LT} = 1,000$

$$\Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2] \Phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,21 (0,145 - 0,2) + 0,145^2] = 0,505$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{W_y f_y / M_{Ed}} = \sqrt{155,4 \cdot 235 \cdot 10^3 / 1730} = 0,145$$



$$12.2.7 \quad M_{ed} = M_{k,ed} = k_{red} C / i_g \cdot \sqrt{(E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t)} = 1,00 \cdot \frac{65}{3600} \cdot \sqrt{(2E+05 \cdot 389 \cdot 80769 \cdot 8,1 \cdot 10^6)} = 1730 \text{ kNm}$$

NEN 6771

b) dubbel-symmetrische profielen :  $h / t_f \leq 75 = \frac{133}{9} = 15,6$  -

aan deze eis wordt voldaan

c) dubbel-symmetrische profielen :  $\alpha = h t_f 10^{12} / i_w^3 b^2 \leq 575 = \frac{133 \cdot 8,5 \cdot 10^{12}}{5,5^3 \cdot 140 \cdot 3500^2} = 3745$  -

aan deze eis wordt niet voldaan

$k_{red} =$  als  $h / t_w > 75$ :  $k_{red} = -5,4 \cdot 10^{-5} \alpha + 1,03 = -5,4 \cdot 10^{-5} \cdot 3745 + 1,03 = 0,828$

$h / t_w = \frac{133}{5,5} = 24,18$   $\alpha = 3745$  eis < 5000 conclusie:  $k_{red} = 1,00$  -  
toepassingsgebied voor art. 12.2.1 NEN 6770

$$12.2.5.3 \quad C = \pi \frac{C_1}{i_{kp}} \frac{i_g}{i_{kp}} \left[ \sqrt{\left(1 + \frac{\pi^2}{i_{kp}^2} S^2\right) (C_2^2 + 1) + \pi \frac{C_2}{i_{kp}} S} \right]$$

NEN 6771

$$C = \pi \frac{1,562}{720} \frac{3600}{720} \left[ \sqrt{\left(1 + \frac{9,870}{720^2} 742,0^2\right) (-0,042^2 + 1) + \pi \frac{-0,042}{720} 742,0} \right] = 85,0$$

$$12.2.11.b \quad S = \frac{h}{2} \sqrt{\left(\frac{E_d}{G_d} \frac{I_z}{I_t}\right)} = \frac{133}{2} \sqrt{\left(\frac{2E+05}{80769} \frac{389,3}{8,1}\right)} = 742,0$$

benadering geldt alleen voor I-profielen

toetsing kip art. 6.3.2.3 kipprommen voor gewalste profielen of equivalente gelaste profielen

$$6.54 \quad \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{3,102}{36,5} = 0,08$$

gebruik bij formule 6.57 kromme b

$$6.55 \quad M_{b,Rd} = \chi_{LT,mod} W_y f_y / \gamma_{M1} \quad M_{b,Rd} = 1,000 \cdot 155,4 \cdot 235 \cdot 10^6 / 1,00 = 36,5 \text{ kNm}$$

$M_{Ed} = 1730$   $\chi_{LT} = 0,15$  als bij berekening 6.3.2.2 kipprommen algemeen

$$6.57 \quad \chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta^2 \lambda_{LT}^2}} \leq 1,0 \quad \chi_{LT} = \frac{1}{0,465 + \sqrt{0,465^2 - 0,75 \cdot 0,145^2}} = 1,000$$

$\chi_{LT} = 1 / \sqrt{\lambda_{LT}^2} = 1 / 0,15^2 = 47,4$  maatgevende waarde  $\chi_{LT} = 1,000$  -

$$6.58 \quad \chi_{LT,mod} = \chi_{LT} / \eta = 1,000 / 1,00 = 1,004$$

reken met  $\chi_{LT,mod} = 1,000$  -

$$f = 1 - 0,5(1 - k_d) [1 - 2,0(-\lambda_{LT} - 0,8)^2] \leq 1,0 \quad f = 1 - 0,5(1 - 0,94) [1 - 2,0(-0,145 - 0,8)^2] = 0,996$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (-\lambda_{LT} - \lambda_{LT,Rd}) + \beta^2 \lambda_{LT}^2] \quad \Phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,34 \{0,15 - 0,4\} + 0,75 \cdot 0,15^2] = 0,465$$

NEN-EN 1996-1-1 art. 6.3.1 invoer t.b.v. bepaling druksterkte metselwerk voor berekening van de opleglengte

|                                                    |                                                                       |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| materiaal                                          | = baksteen                                                            |
| gemiddelde druksterkte steen                       | $f_b = 15 \text{ N/mm}^2$                                             |
| soort mortel                                       | = metselmortel                                                        |
| de steen wordt ingedeeld in categorie              | = II                                                                  |
| doorgaande mortelvoeg // aan vlak van de wand      | = nee 3.6.2.1(6)                                                      |
| perforaties in steen                               | $\leq 0 \%$ lintvoegen: $\geq 6,0 \text{ mm}$ en $\leq 15 \text{ mm}$ |
| gemiddelde druksterkte mortel                      | $f_m = 7,5 \text{ N/mm}^2$ $N_{Rdc} = \beta A_b f_d$                  |
| hoogte van wand tot niveau onder de last           | $h_e = 2800 \text{ mm}$                                               |
| afstand einde wand tot zijkant rand oplegvlak link | $a_{1,l} = 500 \text{ mm}$                                            |
| afstand einde wand tot zijkant rand oplegvlak rec  | $a_{1,r} = 500 \text{ mm}$                                            |

3.6.1.2 karakteristieke druksterkte van metselwerk m.u.v. "shell bedded" metselwerk op basis van samenstellende materialen

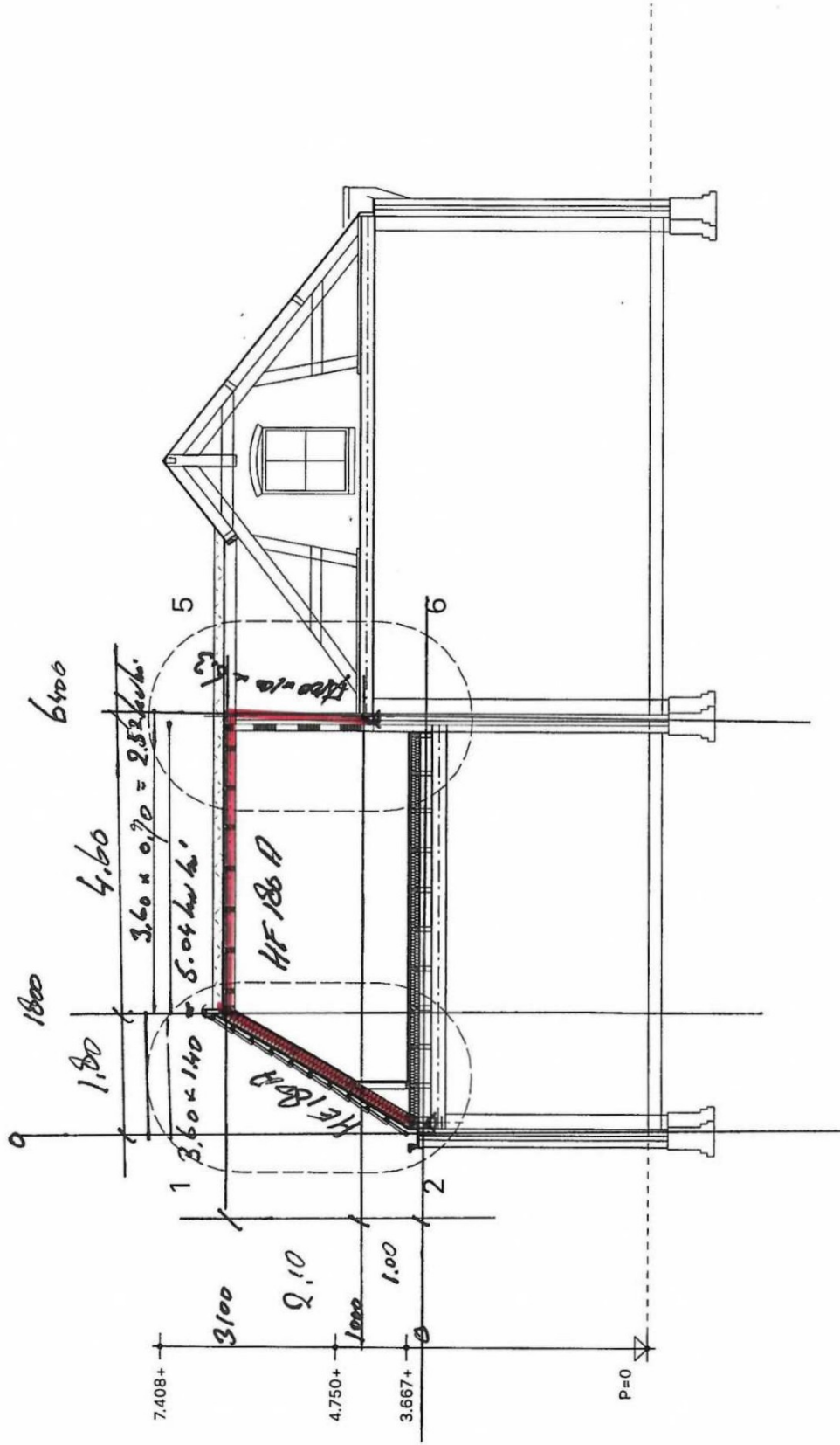
$$3.1 \quad f_k = K f_d \gamma_m = 1,0 \cdot 0,6 \cdot 15 \cdot 0,65 \cdot 7,5 \cdot 0,25 = 5,8 \text{ N/mm}^2$$

$$2.4.3(1) \text{ bepaling rekenwaarde van de druksterkte } f_d = f_k / \gamma_M = 5,8 / 2,2 = 2,62 \text{ N/mm}^2$$

$\beta =$  kleinste waarde van  $1,25 + a_1 / 2 h_e$  en  $1 = 1,25 + 500 / 2 \cdot 2800 = 1,34$  reken met  $\beta = 1,34$  -

opmerking

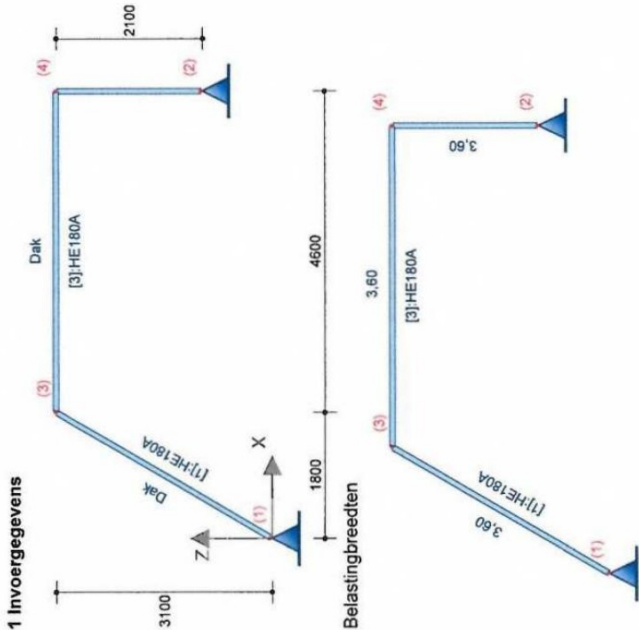




# DOORSNEDE A-A

1:100

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| 1.1 KNOPEN.....                                            | 2  |
| 1.2 STAVEN.....                                            | 2  |
| 1.3 PROFIELEN.....                                         | 3  |
| 1.4 Sneeuwbelasting.....                                   | 4  |
| 1.5 Winddrukken.....                                       | 4  |
| 1.6 Windbelastingen.....                                   | 5  |
| 1.7 BELASTINGSGEVALLEN.....                                | 5  |
| 1.8 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht.....   | 6  |
| 1.9 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk.....                    | 7  |
| 1.10 BELASTINGSGEVAL 3 Sneeuw 1.....                       | 7  |
| 1.11 BELASTINGSGEVAL 4 Sneeuw 2.....                       | 8  |
| 1.12 BELASTINGSGEVAL 5 Sneeuw 3.....                       | 8  |
| 1.13 BELASTINGSGEVAL 6 Wind van links A + Onderdruk.....   | 9  |
| 1.14 BELASTINGSGEVAL 7 Wind van links A + Overdruk.....    | 9  |
| 1.15 BELASTINGSGEVAL 8 Wind van links B + Onderdruk.....   | 10 |
| 1.16 BELASTINGSGEVAL 9 Wind van links B + Overdruk.....    | 10 |
| 1.17 BELASTINGSGEVAL 10 Wind van links C + Onderdruk.....  | 11 |
| 1.18 BELASTINGSGEVAL 11 Wind van links C + Overdruk.....   | 11 |
| 1.19 BELASTINGSGEVAL 12 Wind van links D + Onderdruk.....  | 12 |
| 1.20 BELASTINGSGEVAL 13 Wind van links D + Overdruk.....   | 12 |
| 1.21 BELASTINGSGEVAL 14 Wind van rechts A + Onderdruk..... | 13 |
| 1.22 BELASTINGSGEVAL 15 Wind van rechts A + Overdruk.....  | 13 |
| 1.23 BELASTINGSGEVAL 16 Wind van rechts B + Onderdruk..... | 14 |
| 1.24 BELASTINGSGEVAL 17 Wind van rechts B + Overdruk.....  | 14 |
| 1.25 BELASTINGSGEVAL 18 Wind van rechts C + Onderdruk..... | 15 |
| 1.26 BELASTINGSGEVAL 19 Wind van rechts C + Overdruk.....  | 15 |
| 1.27 BELASTINGSGEVAL 20 Wind van rechts D + Onderdruk..... | 16 |
| 1.28 BELASTINGSGEVAL 21 Wind van rechts D + Overdruk.....  | 16 |
| 1.29 BELASTINGSGEVAL 22 Wind loodrecht A + Onderdruk.....  | 17 |
| 1.30 BELASTINGSGEVAL 23 Wind loodrecht A + Overdruk.....   | 17 |
| 2.1 KNOPEN - Imperfectie scheefstand.....                  | 18 |
| 2.2 BELASTINGSGEVALLEN.....                                | 18 |
| 2.2.1 Reactiekrachten.....                                 | 18 |
| 2.2.2 Staafrachten.....                                    | 19 |
| 2.3 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT).....                    | 22 |
| 2.3.2 Omhullende reactiekrachten.....                      | 27 |
| 2.3.3 Staafrachten.....                                    | 28 |
| 2.3.4 Omhullende staafrachten.....                         | 34 |
| 2.4 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT).....               | 35 |
| 2.4.2 Omhullende knooppverplaatsingen.....                 | 38 |
| 2.5 EN1993 TOETSINGEN.....                                 | 39 |
| 2.6 BEREKENING VAN UNITY CHECKS.....                       | 40 |
| 2.6.1 Staal 1 - HE180A.....                                | 40 |
| 2.6.2 Staal 2 - HFRHS100X100X63.....                       | 44 |



**1.1 KNOPEN**

| Knoop-nummer | Coördinaten X [mm] | Z [mm] | Opgelgngen Tx | Tz | Ry |
|--------------|--------------------|--------|---------------|----|----|
| 1            | 0                  | 0      | A             | A  | A  |
| 2            | 6400               | 1000   | A             | A  | A  |
| 3            | 1800               | 3100   | A             | A  | A  |
| 4            | 6400               | 3100   | A             | A  | A  |

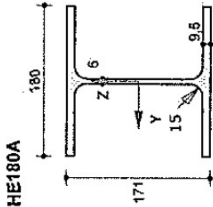
**1.2 STAVEN**

| Staal-nummer | Knoop van | Knoop naar | Staal-type      | Profiel         | Lengte [mm] |
|--------------|-----------|------------|-----------------|-----------------|-------------|
| 1            | 1         | 3          | HE180A          | HE180A          | 3585        |
| 2            | 2         | 4          | HFRHS100X100X63 | HFRHS100X100X63 | 2100        |
| 3            | 3         | 4          | HE180A          | HE180A          | 4500        |



1.3 PROFIELEN

| Profilnummer | Naam   | Gewicht<br>[kg/m] | E<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | A<br>[mm <sup>2</sup> ] | I <sub>y</sub><br>[mm <sup>4</sup> ] | Wyel.1<br>[mm <sup>3</sup> ] | Wyel.2<br>[mm <sup>3</sup> ] |
|--------------|--------|-------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1            | HE180A | 35,5              | 210000                    | 4,528E3                 | 2,5115E7                             | 2,9374E5                     | 2,9374E5                     |
| 2            | HE180A | 18,3              | 210000                    | 2,325E3                 | 3,3697E6                             | 6,7394E4                     | 6,7394E4                     |



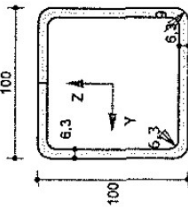
Materiaalgegevens

Staalsoort S235 (Warmgewalst)  
Elasticiteitsmodulus E = 210000 N/mm<sup>2</sup>

Doorsnedegegevens

|                            |                   |   |                          |                   |   |                         |
|----------------------------|-------------------|---|--------------------------|-------------------|---|-------------------------|
| Maximale coördinaat        | y <sub>max</sub>  | = | 90,0 mm                  | z <sub>max</sub>  | = | 85,5 mm                 |
| Minimale coördinaat        | y <sub>min</sub>  | = | -90,0 mm                 | z <sub>min</sub>  | = | -85,5 mm                |
| Zwaartelijn                | z <sub>s</sub>    | = | 0,0 mm                   | y <sub>s</sub>    | = | 0,0 mm                  |
| Opervlak / Gewicht         | A                 | = | 4527,5 mm <sup>2</sup>   | G                 | = | 35,5 kg/m               |
| Statisch moment            | S <sub>y</sub>    | = | 162511 mm <sup>3</sup>   | S <sub>z</sub>    | = | 78257 mm <sup>3</sup>   |
| Traagheidsmoment           | I <sub>y</sub>    | = | 25114862 mm <sup>4</sup> | I <sub>z</sub>    | = | 9246276 mm <sup>4</sup> |
| Traagheidsstraal           | i <sub>y</sub>    | = | 74,5 mm                  | i <sub>z</sub>    | = | 45,2 mm                 |
| Elastisch weerstandsmoment | W <sub>y,el</sub> | = | 293741 mm <sup>3</sup>   | W <sub>z,el</sub> | = | 102736 mm <sup>3</sup>  |
| Centrifugaalmoment         | C <sub>yz</sub>   | = | 0 mm <sup>3</sup>        | hoek              | = | 0,00 graden             |
| Traagheidsmoment           | I <sub>max</sub>  | = | 25114862 mm <sup>4</sup> | I <sub>min</sub>  | = | 9246276 mm <sup>4</sup> |
| Traagheidsstraal           | i <sub>max</sub>  | = | 74,5 mm                  | i <sub>min</sub>  | = | 45,2 mm                 |
| Halveringslijn             | z <sub>h</sub>    | = | 0,0 mm                   | y <sub>h</sub>    | = | 0,0 mm                  |
| Plastisch weerstandsmoment | W <sub>y,pl</sub> | = | 325022 mm <sup>3</sup>   | W <sub>z,pl</sub> | = | 156515 mm <sup>3</sup>  |

HE180A



Materiaalgegevens

Staalsoort S235 (Warmgewalst)  
Elasticiteitsmodulus E = 210000 N/mm<sup>2</sup>

|                            |                   |   |                         |                   |   |                         |
|----------------------------|-------------------|---|-------------------------|-------------------|---|-------------------------|
| Maximale coördinaat        | y <sub>max</sub>  | = | 50,0 mm                 | z <sub>max</sub>  | = | 50,0 mm                 |
| Minimale coördinaat        | y <sub>min</sub>  | = | -50,0 mm                | z <sub>min</sub>  | = | -50,0 mm                |
| Zwaartelijn                | z <sub>s</sub>    | = | 0,0 mm                  | y <sub>s</sub>    | = | 0,0 mm                  |
| Opervlak / Gewicht         | A                 | = | 2325,1 mm <sup>2</sup>  | G                 | = | 18,3 kg/m               |
| Statisch moment            | S <sub>y</sub>    | = | 40582 mm <sup>3</sup>   | S <sub>z</sub>    | = | 40582 mm <sup>3</sup>   |
| Traagheidsmoment           | I <sub>y</sub>    | = | 3369699 mm <sup>4</sup> | I <sub>z</sub>    | = | 3369699 mm <sup>4</sup> |
| Traagheidsstraal           | i <sub>y</sub>    | = | 38,1 mm                 | i <sub>z</sub>    | = | 38,1 mm                 |
| Elastisch weerstandsmoment | W <sub>y,el</sub> | = | 67394 mm <sup>3</sup>   | W <sub>z,el</sub> | = | 67394 mm <sup>3</sup>   |
| Centrifugaalmoment         | C <sub>yz</sub>   | = | 0 mm <sup>3</sup>       | hoek              | = | 45,00 graden            |
| Traagheidsmoment           | I <sub>max</sub>  | = | 3369699 mm <sup>4</sup> | I <sub>min</sub>  | = | 3369699 mm <sup>4</sup> |
| Traagheidsstraal           | i <sub>max</sub>  | = | 38,1 mm                 | i <sub>min</sub>  | = | 38,1 mm                 |
| Halveringslijn             | z <sub>h</sub>    | = | 0,0 mm                  | y <sub>h</sub>    | = | 0,0 mm                  |
| Plastisch weerstandsmoment | W <sub>y,pl</sub> | = | 81163 mm <sup>3</sup>   | W <sub>z,pl</sub> | = | 81163 mm <sup>3</sup>   |

1.4 Sneeuwbelasting

Karakteristieke sneeuwbelasting op de grond : 0,700 kN/m<sup>2</sup>

|            |             |                |   |      |                |   |      |
|------------|-------------|----------------|---|------|----------------|---|------|
| Dakhelling | 59,9 graden | μ <sub>1</sub> | = | 0,00 | μ <sub>2</sub> | = | 1,60 |
| Dakhelling | 0,0 graden  | μ <sub>1</sub> | = | 0,80 | μ <sub>2</sub> | = | 0,80 |

Let op! De belastinggenerator houdt geen rekening met situatie voor μ<sub>2</sub> (sneeuwophoping voor daken met meer dan één overspanning) volgens art. 5.3.4 - figuur 5.4!

Belastingsschikkingen

1.5 Winddrukken

|                                      |           |                            |           |
|--------------------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Windgebied                           | : III     | Referentieperiode wind T   | : 50 jaar |
| Terreincategorie                     | : II      | Onbebouwd gebied           |           |
| Hoogte van het gebouw h              | : 7,00 m  | Hoogte boven maaiveld      | : 7,0 m   |
| Breedte van het gebouw b             | : 28,00 m | Diepte van het gebouw d    | : 28,0 m  |
| A - De afstand kopgevel - hart spant | : 3,60 m  | B - Belastingbreedte spant | : 3,6 m   |

Terreinruwheid

$$k_r(z) = 0,19 \times \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \times \left( \frac{0,2}{0,05} \right)^{0,07} = 0,209 \quad (4.5)$$
$$z_{min}(4) < z < z_{max}(200) \quad c_r(z) = k_r \ln \left( \frac{z}{z_0} \right)^{\frac{7}{0,2}} = 0,209 \times \ln \left( \frac{z}{0,2} \right)^{\frac{7}{0,2}} = 0,744 \quad (4.4)$$

Variatie met hoogte

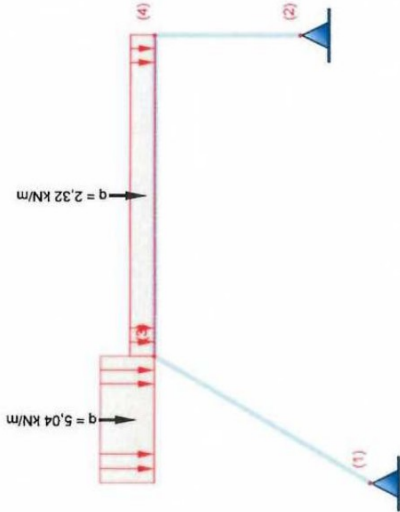
$$V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0} = 1,000 \times 1,000 \times 24,5 = 24,5 \text{ m/s} \quad \text{art. 4.3.1} \quad (4.1)$$
$$V_m(z) = C_r(z) \cdot C_o(z) \cdot V_b = 0,744 \times 1,000 \times 24,5 = 18,237 \text{ m/s} \quad (4.3)$$

Windturbulentie

$$\sigma_v = k_1 \cdot V_b \cdot k_1 = 0,209 \times 24,50 \times 1,000 = 5,129 \text{ m/s} \quad \text{art. 4.4} \quad (4.6)$$

| Nr. | Omschrijving                 | Type | ψ0   | ψ1   | ψ2   |
|-----|------------------------------|------|------|------|------|
| 21  | Wind van rechts D + Overdruk | Wind | 0,00 | 0,20 | 0,00 |
| 22  | Wind loodrecht A + Overdruk  | Wind | 0,00 | 0,20 | 0,00 |
| 23  | Wind loodrecht A + Overdruk  | Wind | 0,00 | 0,20 | 0,00 |

1.8 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht



\*) Belastingen a.g.v. eigen gewicht worden niet getekend!  
Totaal eigen gewicht: : 323 kg.

$$z_{min} < z < z_{max} \quad l_v(z) = \frac{\sigma_v}{V_m(z)} = \frac{5,129}{18,237} = 0,281 \quad (4.7)$$

**Extreme stuwdruk**  
$$q_p(z) = (1 + i_v(z)) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_m^2(z) = (1 + 7 \times 0,281) \times \frac{1}{2} \times 1,25 \times 18,237^2 = 0,617 \text{ kN/m}^2 \quad (4.8)$$

**Bepaling van c<sub>s</sub>c<sub>d</sub>**  
$$c_{s,c_d} = 1,00 \quad \text{art. 6.2}$$

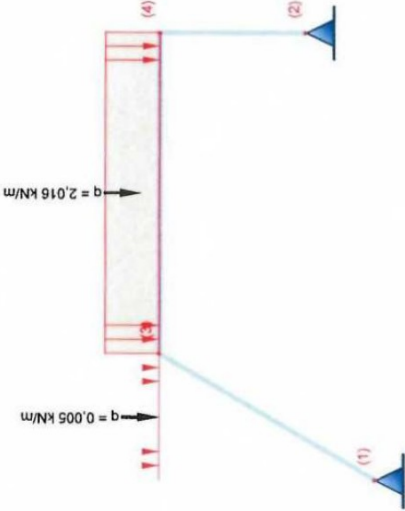
1.6 Windbelastingen

| Ref. | Hoek [graden] | Zone  | C <sub>pi</sub> /C <sub>pe</sub> | z <sub>e</sub> [m] | q <sub>p</sub> (z <sub>e</sub> ) [kN/m <sup>2</sup> ] | breedte [m] | q <sub>w</sub> [kN/m] | Art.       |
|------|---------------|-------|----------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------|-------------|-----------------------|------------|
| qw01 | 59,9          | → F/G | +0,700                           | 7,00               | 0,617                                                 | 3,6         | 1,555                 | Tabel 7.4  |
| qw02 | 59,9          | → F/G | +0,693                           | 7,00               | 0,617                                                 | 3,6         | 1,540                 | "          |
| qw03 | 59,9          | → H   | +0,699                           | 7,00               | 0,617                                                 | 3,6         | 1,553                 | "          |
| qw04 | 59,9          | → H   | +0,693                           | 7,00               | 0,617                                                 | 3,6         | 1,540                 | "          |
| qw05 | 59,9          | ← I   | -0,200                           | 7,00               | 0,617                                                 | 3,6         | -0,444                | "          |
| qw06 | 59,9          | ← I   | -0,198                           | 7,00               | 0,617                                                 | 3,6         | -0,440                | "          |
| qw07 | 59,9          | ← J   | -0,300                           | 7,00               | 0,617                                                 | 3,6         | -0,666                | "          |
| qw08 | 59,9          | ← J   | -0,297                           | 7,00               | 0,617                                                 | 3,6         | -0,660                | "          |
| qw09 | 59,9          | ↑ H   | -0,801                           | 7,00               | 0,617                                                 | 3,6         | -1,779                | "          |
| qw10 | 59,9          | ↑ H   | -0,801                           | 7,00               | 0,617                                                 | 3,6         | -1,779                | "          |
| qw11 |               | →     | -0,300                           | 7,00               | 0,617                                                 | 3,6         | -0,666                | Art. 7.2.9 |
| qw12 |               | →     | -0,200                           | 7,00               | 0,617                                                 | 3,6         | 0,444                 | "          |
| qw13 |               | →     | -0,300                           | 7,00               | 0,617                                                 | 3,6         | -0,666                | "          |
| qw14 |               | ←     | +0,200                           | 7,00               | 0,617                                                 | 3,6         | 0,444                 | "          |
| qw15 |               | ↑     | -0,300                           | 7,00               | 0,617                                                 | 3,6         | -0,666                | "          |
| qw16 |               | ↑     | +0,200                           | 7,00               | 0,617                                                 | 3,6         | 0,444                 | "          |

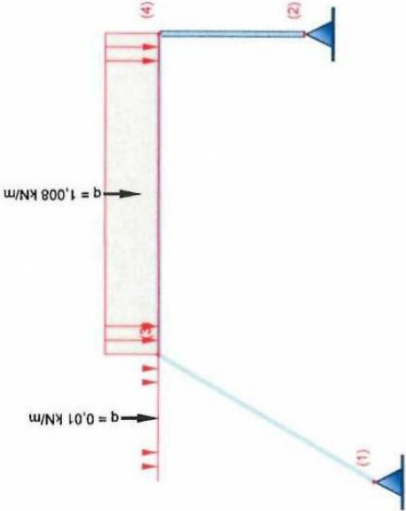
1.7 BELASTINGSGEVALLEN

| Nr. | Omschrijving                 | Type                            | ψ0   | ψ1   | ψ2   |
|-----|------------------------------|---------------------------------|------|------|------|
| 1   | Permanent                    | Permanent incl. eigen gewicht   | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 2   | Veranderlijk                 | A. Woonfunctie en logiesfunctie | 0,40 | 0,50 | 0,30 |
| 3   | Sneeuw 1                     | Sneeuw                          | 0,00 | 0,20 | 0,00 |
| 4   | Sneeuw 2                     | Sneeuw                          | 0,00 | 0,20 | 0,00 |
| 5   | Sneeuw 3                     | Sneeuw                          | 0,00 | 0,20 | 0,00 |
| 6   | Wind van links A + Overdruk  | Wind                            | 0,00 | 0,20 | 0,00 |
| 7   | Wind van links A + Overdruk  | Wind                            | 0,00 | 0,20 | 0,00 |
| 8   | Wind van links B + Overdruk  | Wind                            | 0,00 | 0,20 | 0,00 |
| 9   | Wind van links B + Overdruk  | Wind                            | 0,00 | 0,20 | 0,00 |
| 10  | Wind van links C + Overdruk  | Wind                            | 0,00 | 0,20 | 0,00 |
| 11  | Wind van links C + Overdruk  | Wind                            | 0,00 | 0,20 | 0,00 |
| 12  | Wind van links D + Overdruk  | Wind                            | 0,00 | 0,20 | 0,00 |
| 13  | Wind van links D + Overdruk  | Wind                            | 0,00 | 0,20 | 0,00 |
| 14  | Wind van rechts A + Overdruk | Wind                            | 0,00 | 0,20 | 0,00 |
| 15  | Wind van rechts A + Overdruk | Wind                            | 0,00 | 0,20 | 0,00 |
| 16  | Wind van rechts B + Overdruk | Wind                            | 0,00 | 0,20 | 0,00 |
| 17  | Wind van rechts B + Overdruk | Wind                            | 0,00 | 0,20 | 0,00 |
| 18  | Wind van rechts C + Overdruk | Wind                            | 0,00 | 0,20 | 0,00 |
| 19  | Wind van rechts C + Overdruk | Wind                            | 0,00 | 0,20 | 0,00 |
| 20  | Wind van rechts D + Overdruk | Wind                            | 0,00 | 0,20 | 0,00 |

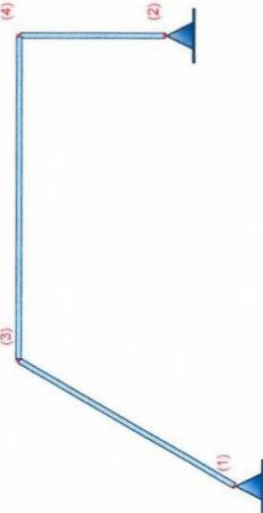
1.11 BELASTINGSGEVAL 4 Sneeuw 2



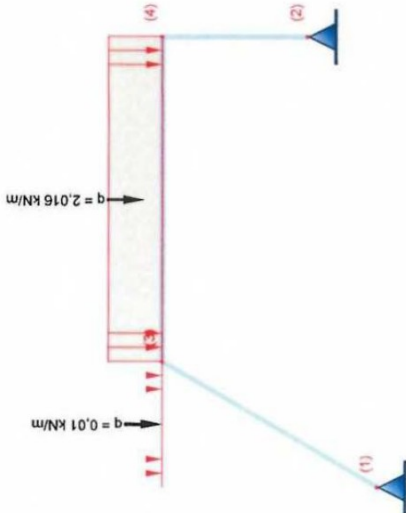
1.12 BELASTINGSGEVAL 5 Sneeuw 3



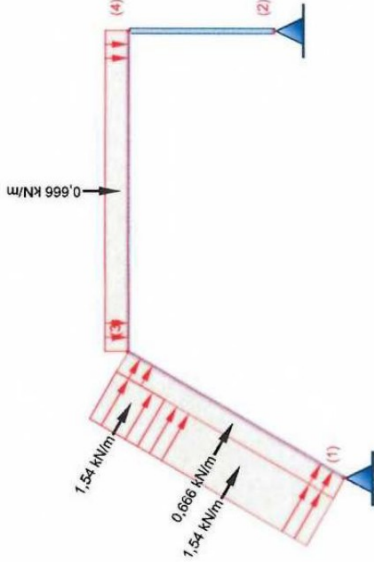
1.9 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk



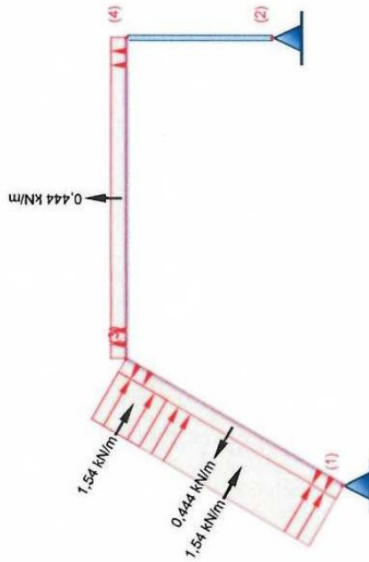
1.10 BELASTINGSGEVAL 3 Sneeuw 1



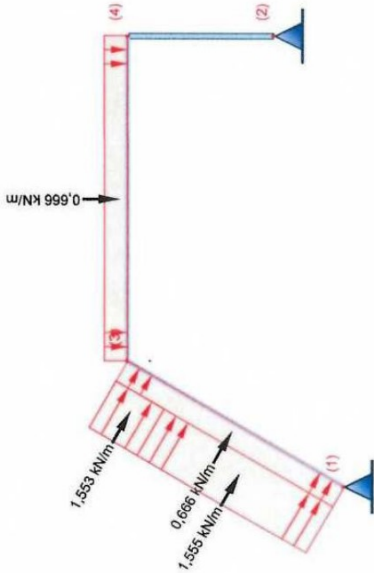
1.15 BELASTINGSGEVAL 8 Wind van links B + Onderdruk



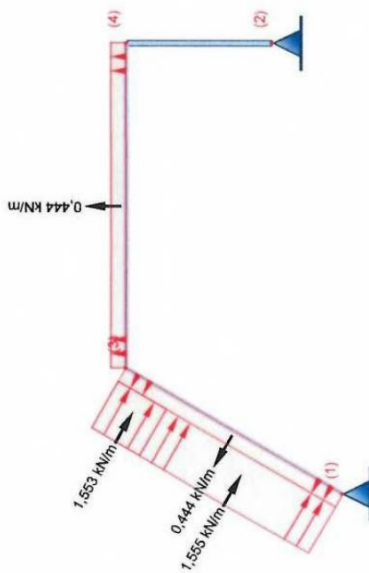
1.16 BELASTINGSGEVAL 9 Wind van links B + Overdruk



1.13 BELASTINGSGEVAL 6 Wind van links A + Onderdruk

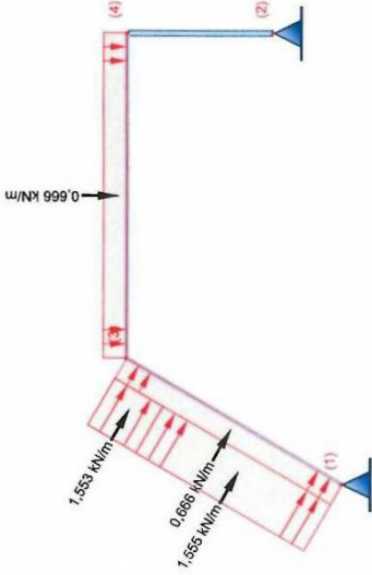


1.14 BELASTINGSGEVAL 7 Wind van links A + Overdruk

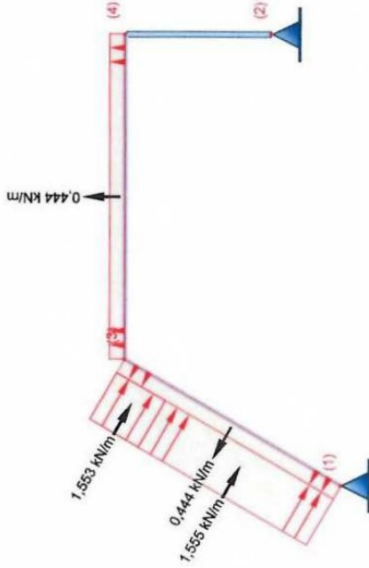




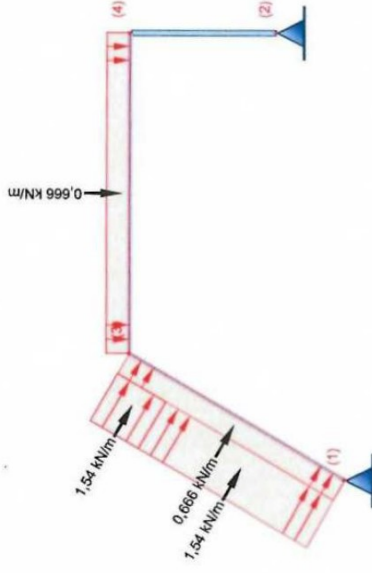
1.17 BELASTINGSGEVAL 10 Wind van links C + Onderdruk



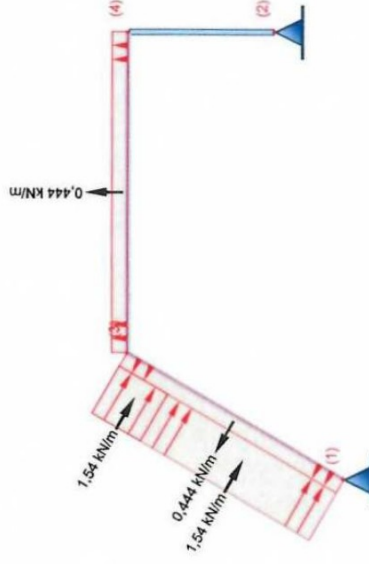
1.18 BELASTINGSGEVAL 11 Wind van links C + Overdruk



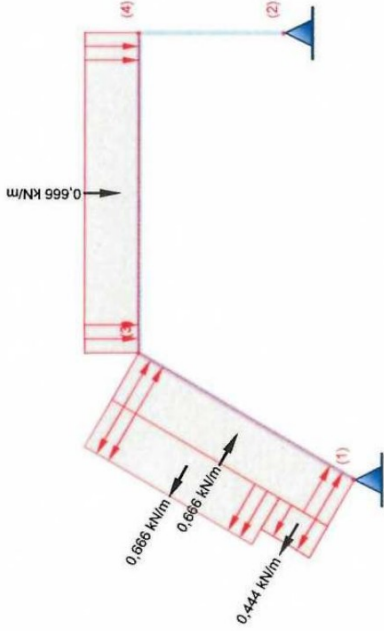
1.19 BELASTINGSGEVAL 12 Wind van links D + Onderdruk



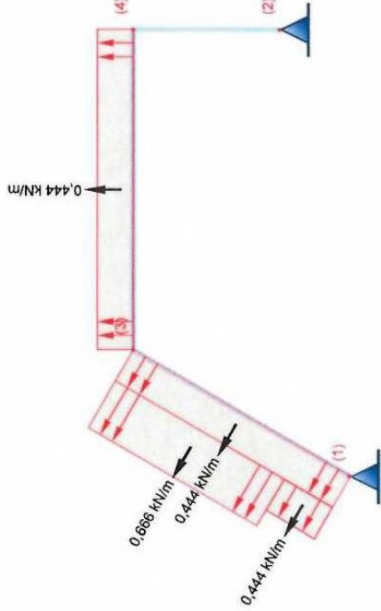
1.20 BELASTINGSGEVAL 13 Wind van links D + Overdruk



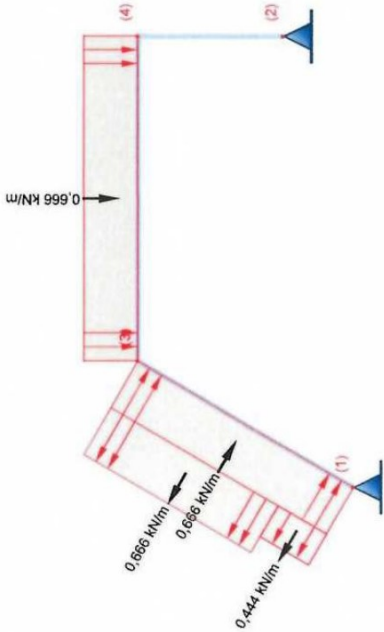
1.23 BELASTINGSGEVAL 16 Wind van rechts B + Onderdruk



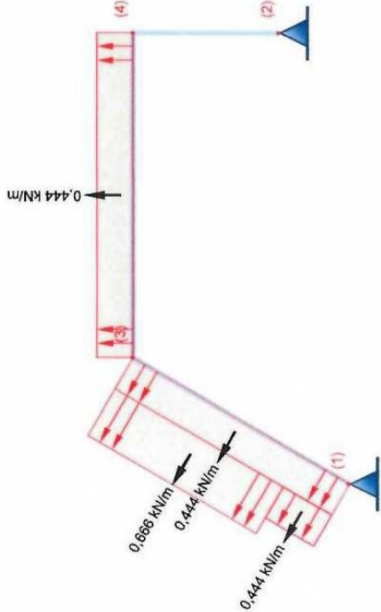
1.24 BELASTINGSGEVAL 17 Wind van rechts B + Overdruk



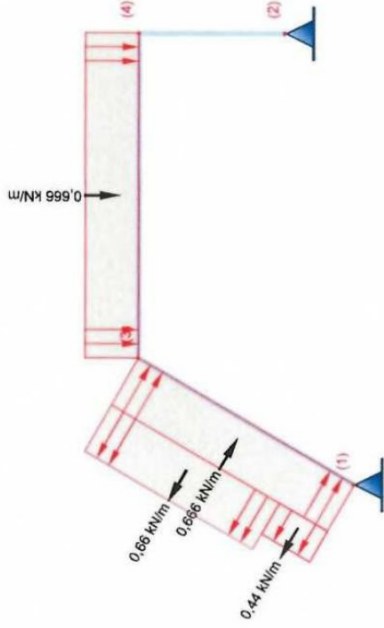
1.21 BELASTINGSGEVAL 14 Wind van rechts A + Onderdruk



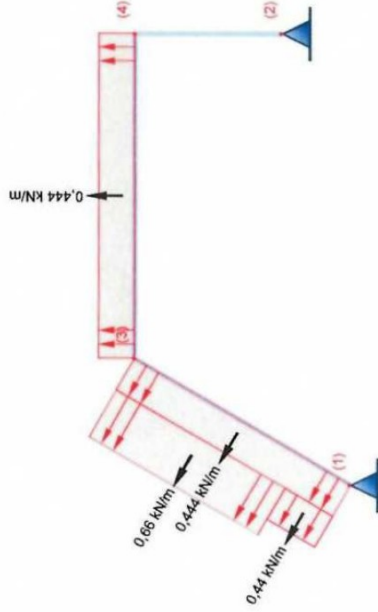
1.22 BELASTINGSGEVAL 15 Wind van rechts A + Overdruk



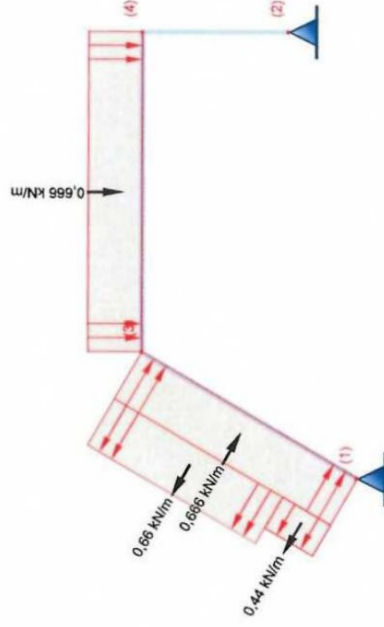
1.25 BELASTINGSGEVAL 18 Wind van rechts C + Onderdruk



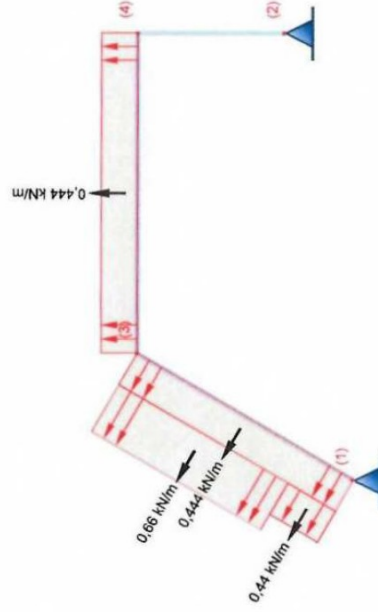
1.26 BELASTINGSGEVAL 19 Wind van rechts C + Overdruk

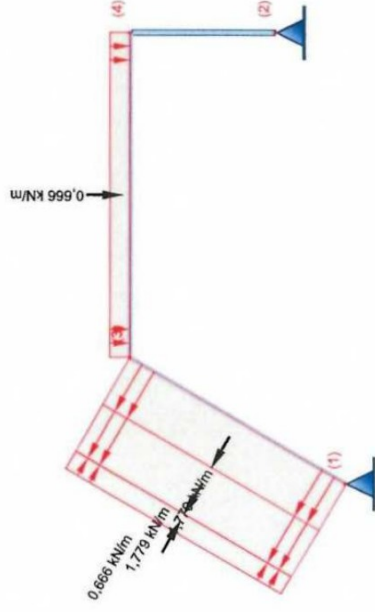
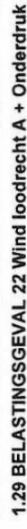


1.27 BELASTINGSGEVAL 20 Wind van rechts D + Onderdruk

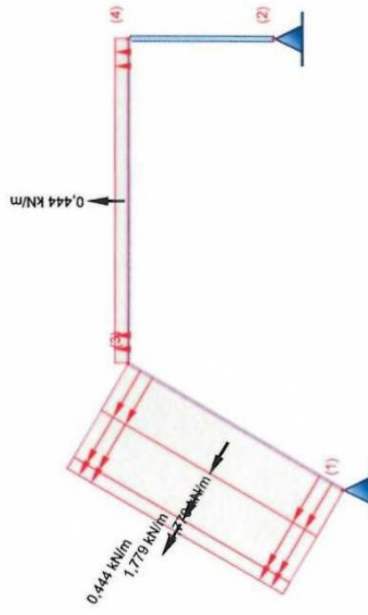


1.28 BELASTINGSGEVAL 21 Wind van rechts D + Overdruk





### 1.30 BELASTINGSGEVAL 23 Wind loodrecht A + Overdruk



## 2 Berekeningsresultaten

## 2.1 KNOPEN - Imperfectie scheefstand

| Knoo-<br>nummer | 1/200 in + X |        | 1/200 in - X |        | C    |
|-----------------|--------------|--------|--------------|--------|------|
|                 | X [mm]       | Z [mm] | X [mm]       | Z [mm] |      |
| 1               | 0            | 0      | 0            | 0      | 1000 |
| 2               | 6405         | 1000   | 6395         | 1000   | 3100 |
| 3               | 1816         | 3100   | 1785         | 3100   | 3100 |
| 4               | 6416         | 3100   | 6385         | 3100   | 3100 |

## 2.2 BELASTINGSGEVALLEN

(GL) Geometrisch lineaire krachtsverdeling

### 2.2.1 Reactiekrachten

| Knoop-<br>nummer | Belastings<br>geval | Fx<br>[kN] | Fz<br>[kN] | My<br>[kNm] |
|------------------|---------------------|------------|------------|-------------|
| 1                | 1                   | 3,258      | 13,792     |             |
|                  | 3                   | 1,574      | 3,585      |             |
|                  | 4                   | 1,580      | 3,583      |             |
|                  | 5                   | 0,782      | 1,795      |             |
|                  | 6                   | -4,588     | 3,229      |             |
|                  | 7                   | -2,905     | 0,234      |             |
|                  | 8                   | -4,555     | 3,216      |             |
|                  | 9                   | -2,872     | 0,220      |             |
|                  | 10                  | -4,588     | 3,229      |             |
|                  | 11                  | -2,905     | 0,234      |             |
|                  | 12                  | -4,555     | 3,216      |             |
|                  | 13                  | -2,872     | 0,220      |             |
|                  | 14                  | 0,361      | 1,263      |             |
|                  | 15                  | 2,054      | -1,733     |             |
|                  | 16                  | 0,361      | 1,263      |             |
|                  | 17                  | 2,054      | -1,733     |             |
|                  | 18                  | 0,368      | 1,268      |             |
|                  | 19                  | 2,050      | -1,728     |             |
|                  | 20                  | 0,368      | 1,268      |             |
|                  | 21                  | 2,050      | -1,728     |             |
|                  | 22                  | 7,180      | -1,480     |             |
|                  | 23                  | 8,863      | -4,476     |             |
| 2                | 1                   | -3,251     | 9,182      |             |
|                  | 3                   | -1,589     | 5,697      |             |
|                  | 4                   | -1,587     | 5,695      |             |
|                  | 5                   | -0,796     | 2,851      |             |
|                  | 6                   | -2,298     | 3,835      |             |
|                  | 7                   | -0,537     | -0,279     |             |
|                  | 8                   | -2,287     | 3,823      |             |
|                  | 9                   | -0,526     | -0,291     |             |
|                  | 10                  | -2,298     | 3,835      |             |
|                  | 11                  | -0,537     | -0,279     |             |
|                  | 12                  | -2,287     | 3,823      |             |
|                  | 13                  | -0,526     | -0,291     |             |
|                  | 14                  | -0,534     | 1,892      |             |
|                  | 15                  | 1,227      | -2,222     |             |
|                  | 16                  | -0,534     | 1,892      |             |

| Knoop-nummer                | Belastings geval | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|-----------------------------|------------------|---------|---------|----------|
| 2                           | 17               | 1,227   | -2,222  |          |
|                             | 18               | -0,539  | 1,897   |          |
|                             | 19               | 1,222   | -2,216  |          |
|                             | 20               | -0,539  | 1,897   |          |
|                             | 21               | 1,222   | -2,216  |          |
|                             | 22               | 1,787   | -0,661  |          |
|                             | 23               | 3,547   | -4,774  |          |
| Minimale / maximale waarden |                  |         |         |          |
| 1                           | 6                | -4,588  |         |          |
| 1                           | 23               | 8,863   |         |          |
| 2                           | 23               |         | -4,774  |          |
| 1                           | 1                |         | 13,792  |          |

2.2.2 Staafkrachten

| Staaf-nummer | Belastings geval | Knoop-nummer | x-lokaal [mm] | Nx-lokaal [kN] | Vz-lokaal [kN] | My-lokaal [kNm] |
|--------------|------------------|--------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|
| 1            | 1                | 1            | 2844          | 13,563         | 4,108          | 0,000           |
|              | 2                | 3            |               | -6,477         | 0,000          | 5,842           |
|              | 3                | 1            |               | -4,633         | 1,069          | 5,447           |
|              | 4                | 3            |               | 0,000          | 0,000          | 0,000           |
|              | 5                | 1            |               | 0,000          | 0,000          | 0,000           |
|              | 6                | 3            |               | 3,891          | 0,439          | 0,000           |
|              | 7                | 1            |               | -3,891         | -0,422         | 1,542           |
|              | 8                | 3            |               | -3,891         | 0,433          | 0,000           |
|              | 9                | 1            |               | -3,891         | -0,424         | 1,536           |
|              | 10               | 3            |               | 1,944          | 0,225          | 0,000           |
|              | 11               | 1            |               | -1,944         | -0,208         | 0,777           |
|              | 12               | 3            |               | 0,489          | 5,589          | 0,000           |
|              | 13               | 1            |               | -0,489         | 7,031          | 0,000           |
|              | 14               | 3            |               | -0,489         | 5,762          | 0,000           |
|              | 15               | 1            |               | -1,257         | 2,374          | 0,000           |
|              | 16               | 3            |               | 1,257          | 2,629          | 3,112           |
|              | 17               | 1            |               | 1,257          | 0,000          | 3,112           |
|              | 18               | 3            |               | 1,257          | 1,351          | 2,257           |
|              | 19               | 1            |               | 1,257          | 0,000          | 0,000           |
|              | 20               | 3            |               | 0,494          | 5,554          | 0,000           |
|              | 21               | 1            |               | -0,494         | 0,000          | 6,988           |
|              | 22               | 3            |               | -0,494         | 2,358          | 5,728           |
|              | 23               | 1            |               | -1,252         | 2,594          | 0,000           |
|              | 24               | 3            |               | 1,252          | 0,000          | 3,070           |
|              | 25               | 1            |               | 1,252          | 1,335          | 0,000           |
|              | 26               | 3            |               | 1,252          | 0,000          | 0,000           |
|              | 27               | 1            |               | 0,489          | 5,589          | 0,000           |
|              | 28               | 3            |               | -0,489         | 0,000          | 6,988           |
|              | 29               | 1            |               | -0,489         | 2,374          | 5,762           |
|              | 30               | 3            |               | -1,257         | 2,629          | 0,000           |
|              | 31               | 1            |               | 1,257          | 0,000          | 3,112           |
|              | 32               | 3            |               | 1,257          | 1,351          | 2,290           |
|              | 33               | 1            |               | 0,494          | 5,554          | 0,000           |
|              | 34               | 3            |               | -0,494         | 0,000          | 6,988           |
|              | 35               | 1            |               | -1,252         | 2,594          | 0,000           |
|              | 36               | 3            |               | 1,252          | 0,000          | 3,070           |
|              | 37               | 1            |               | 1,252          | 1,335          | 0,000           |
|              | 38               | 3            |               | 1,283          | 0,305          | 0,000           |
|              | 39               | 1            |               | -1,283         | -0,128         | 0,529           |

| Staaf-nummer | Belastings geval | Knoop-nummer | x-lokaal [mm] | Nx-lokaal [kN] | Vz-lokaal [kN] | My-lokaal [kNm] |
|--------------|------------------|--------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|
| 1            | 15               | 1            | 2549          | -0,462         | -2,655         | 0,000           |
|              | 16               | 3            |               | 0,462          | 0,000          | -3,539          |
|              | 17               | 1            |               | 0,462          | -1,151         | -2,943          |
|              | 18               | 3            |               | -1,283         | 0,305          | 0,000           |
|              | 19               | 1            |               | -0,462         | -0,128         | 0,529           |
|              | 20               | 3            |               | -0,462         | -2,655         | 0,000           |
|              | 21               | 1            |               | 0,462          | -3,539         | 0,000           |
|              | 22               | 3            |               | 0,462          | -2,943         | -2,943          |
|              | 23               | 1            |               | 1,281          | 0,319          | 0,000           |
|              | 24               | 3            |               | -1,281         | -0,121         | 0,544           |
|              | 25               | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 26               | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 27               | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 28               | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 29               | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 30               | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 31               | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 32               | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 33               | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 34               | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 35               | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 36               | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 37               | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 38               | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 39               | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 40               | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 41               | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 42               | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 43               | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 44               | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 45               | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 46               | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 47               | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 48               | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 49               | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 50               | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 51               | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 52               | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 53               | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 54               | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 55               | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 56               | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 57               | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 58               | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 59               | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 60               | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 61               | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 62               | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 63               | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 64               | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 65               | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 66               | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 67               | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 68               | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 69               | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 70               | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 71               | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 72               | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 73               | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 74               | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 75               | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 76               | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 77               | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 78               | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 79               | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 80               | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 81               | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 82               | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 83               | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 84               | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 85               | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 86               | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 87               | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 88               | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 89               | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 90               | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 91               | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 92               | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 93               | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 94               | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 95               | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 96               | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 97               | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 98               | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 99               | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 100              | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 101              | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 102              | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 103              | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 104              | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 105              | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 106              | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 107              | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 108              | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 109              | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 110              | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 111              | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 112              | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 113              | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 114              | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 115              | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 116              | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 117              | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 118              | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 119              | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 120              | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 121              | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 122              | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 123              | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 124              | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 125              | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 126              | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 127              | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 128              | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 129              | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 130              | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 131              | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 132              | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 133              | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 134              | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 135              | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 136              | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 137              | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 138              | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 139              | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 140              | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 141              | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 142              | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 143              | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 144              | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 145              | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 146              | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 147              | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 148              | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 149              | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 150              | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 151              | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 152              | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 153              | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 154              | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 155              | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 156              | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 157              | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 158              | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 159              | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 160              | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 161              | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 162              | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 163              | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 164              | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 165              | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 166              | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 167              | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 168              | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 169              | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 170              | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 171              | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 172              | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 173              | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |
|              | 174              | 3            |               | 0,464          | 0,000          | -3,520          |
|              | 175              | 1            |               | 0,464          | -1,144         | -2,928          |
|              | 176              | 3            |               | -1,281         | 0,319          | 0,000           |
|              | 177              | 1            |               | -0,464         | -2,641         | 0,000           |



| Staatf-<br>nummer | Belastings<br>geval | Knoop-<br>nummer | x-lokaal<br>[mm] | Nx-lokaal<br>[kN] | Vz-lokaal<br>[kN] | My-lokaal<br>[kNm] |
|-------------------|---------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 3                 | 17                  | 4                | 1762             | -0,534            | 0,000             | 1,564              |
|                   |                     | 3                |                  | -0,534            | 1,892             | -1,121             |
|                   |                     | 4                |                  | -1,227            | 0,178             | 2,943              |
|                   | 18                  | 3                | 1754             | 1,227             | -2,222            | 2,577              |
|                   |                     | 4                |                  | 0,539             | 1,169             | -0,544             |
|                   |                     | 3                |                  | -0,539            | 0,000             | 1,569              |
|                   | 19                  | 4                | 1754             | -0,539            | 1,897             | -1,131             |
|                   |                     | 3                |                  | -1,222            | 0,173             | 2,928              |
|                   |                     | 4                |                  | 1,222             | -2,216            | 2,567              |
|                   | 20                  | 3                | 1754             | 0,539             | 1,169             | -0,544             |
|                   |                     | 4                |                  | -0,539            | 0,000             | 1,569              |
|                   |                     | 3                |                  | -0,539            | 1,897             | -1,131             |
| 21                | 4                   | 1754             | -1,222           | 0,173             | 2,928             |                    |
|                   | 3                   |                  | 1,222            | -2,216            | 2,567             |                    |
|                   | 4                   |                  | 0,539            | 1,169             | -0,544            |                    |
| 22                | 3                   | 1754             | -0,539           | 1,897             | -1,131            |                    |
|                   | 4                   |                  | -1,222           | 0,173             | 2,928             |                    |
|                   | 3                   |                  | 1,222            | -2,216            | 2,567             |                    |
| 23                | 4                   | 1754             | 1,787            | -0,661            | 3,752             |                    |
|                   | 3                   |                  | 1,787            | -0,661            | 3,752             |                    |
|                   | 4                   |                  | -3,547           | 2,731             | 9,812             |                    |
|                   |                     |                  |                  |                   |                   | 7,450              |

2.3 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)

2.3.1 Belastingscombinaties

(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling

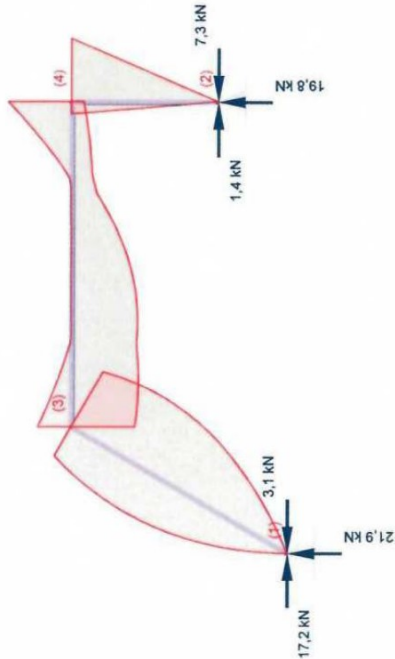
| Staatf-<br>nummer | Belastings<br>geval | Knoop-<br>nummer | x-lokaal<br>[mm] | Nx-lokaal<br>[kN] | Vz-lokaal<br>[kN] | My-lokaal<br>[kNm] |
|-------------------|---------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 2                 | 17                  | 4                |                  | -1,892            | -0,534            | 1,121              |
|                   |                     |                  |                  | -2,222            | -1,227            | 0,000              |
|                   |                     |                  |                  | 2,222             | 1,227             | -2,577             |
|                   | 18                  | 2                |                  | 1,897             | 0,539             | 0,000              |
|                   |                     |                  |                  | -1,897            | -0,539            | 1,131              |
|                   |                     |                  |                  | -2,216            | -1,222            | 0,000              |
|                   | 19                  | 2                |                  | 2,216             | 1,222             | -2,567             |
|                   |                     |                  |                  | 1,897             | 0,539             | 0,000              |
|                   |                     |                  |                  | -1,897            | -0,539            | 1,131              |
|                   | 20                  | 2                |                  | -2,216            | -1,222            | 0,000              |
|                   |                     |                  |                  | 2,216             | 1,222             | -2,567             |
|                   |                     |                  |                  | -0,661            | -1,787            | 0,000              |
|                   | 21                  | 4                |                  | 4,774             | -3,547            | 0,000              |
|                   |                     |                  |                  | 4,774             | 3,547             | -7,450             |
|                   |                     |                  |                  | 3,251             | 3,470             | -5,447             |
|                   | 22                  | 3                | 1300             | -3,251            | 0,000             | 7,702              |
|                   |                     |                  |                  | -3,251            | 8,806             | -6,827             |
|                   |                     |                  |                  | 0,000             | 0,000             | 0,000              |
| 3                 | 2                   | 4                |                  | 0,000             | 0,000             | 0,000              |
|                   |                     |                  |                  | 1,589             | 3,576             | -1,542             |
|                   |                     |                  |                  | -1,589            | 4,714             | 0,000              |
|                   | 3                   | 3                | 1774             | -1,589            | 5,697             | -3,337             |
|                   |                     |                  |                  | 1,587             | 3,578             | -1,536             |
|                   |                     |                  |                  | -1,587            | 4,712             | 0,000              |
|                   | 4                   | 4                | 1775             | 0,796             | 5,695             | -3,333             |
|                   |                     |                  |                  | 0,796             | 1,786             | -0,777             |
|                   |                     |                  |                  | -0,796            | 0,000             | 2,359              |
|                   | 5                   | 3                | 1772             | -0,796            | 2,851             | -1,672             |
|                   |                     |                  |                  | 2,298             | -0,769            | -5,762             |
|                   |                     |                  |                  | -2,298            | 3,835             | -4,826             |
|                   | 6                   | 4                |                  | 0,537             | -1,765            | -2,290             |
|                   |                     |                  |                  | -0,537            | 0,000             | -1,216             |
|                   |                     |                  |                  | -0,537            | -0,279            | -1,129             |
|                   | 7                   | 3                | 3973             | 2,287             | -0,757            | -5,729             |
|                   |                     |                  |                  | -2,287            | 3,823             | -4,803             |
|                   |                     |                  |                  | 0,526             | -1,753            | -2,257             |
|                   | 8                   | 4                |                  | -0,526            | 0,000             | -1,201             |
|                   |                     |                  |                  | -0,526            | -0,291            | -1,105             |
|                   |                     |                  |                  | 2,298             | -0,769            | -5,762             |
|                   | 9                   | 3                | 3945             | -2,298            | 3,835             | -4,826             |
|                   |                     |                  |                  | 0,537             | -1,765            | -2,290             |
|                   |                     |                  |                  | -0,537            | 0,000             | -1,216             |
|                   | 10                  | 4                |                  | -0,537            | -0,279            | -1,129             |
|                   |                     |                  |                  | 2,287             | -0,757            | -5,729             |
|                   |                     |                  |                  | -2,287            | 3,823             | -4,803             |
|                   | 11                  | 3                | 3973             | 0,526             | -1,753            | -2,257             |
|                   |                     |                  |                  | -0,526            | 0,000             | -1,201             |
|                   |                     |                  |                  | -0,526            | -0,291            | -1,105             |
|                   | 12                  | 4                |                  | 0,534             | 1,174             | -0,529             |
|                   |                     |                  |                  | -0,534            | 0,000             | 1,584              |
|                   |                     |                  |                  | -0,534            | 1,892             | -1,121             |
|                   | 13                  | 3                | 3945             | -1,227            | 0,178             | 2,943              |
|                   |                     |                  |                  | 1,227             | -2,222            | 2,577              |
|                   |                     |                  |                  | 0,534             | 1,174             | -0,528             |
|                   | 14                  | 4                |                  | -3,251            | 0,000             | 7,702              |
|                   |                     |                  |                  | -3,251            | 8,806             | -6,827             |
|                   |                     |                  |                  | 0,000             | 0,000             | 0,000              |
|                   | 15                  | 3                | 1774             | -1,589            | 5,697             | -3,337             |
|                   |                     |                  |                  | 1,587             | 3,578             | -1,536             |
|                   |                     |                  |                  | -1,587            | 4,712             | 0,000              |
|                   | 16                  | 4                |                  | 0,796             | 5,695             | -3,333             |
|                   |                     |                  |                  | 0,796             | 1,786             | -0,777             |
|                   |                     |                  |                  | -0,796            | 0,000             | 2,359              |
|                   | 17                  | 3                | 1772             | -0,796            | 2,851             | -1,672             |
|                   |                     |                  |                  | 2,298             | -0,769            | -5,762             |
|                   |                     |                  |                  | -2,298            | 3,835             | -4,826             |
|                   | 18                  | 4                |                  | 0,537             | -1,765            | -2,290             |
|                   |                     |                  |                  | -0,537            | 0,000             | -1,216             |
|                   |                     |                  |                  | -0,537            | -0,279            | -1,129             |
|                   | 19                  | 3                | 3973             | 2,287             | -0,757            | -5,729             |
|                   |                     |                  |                  | -2,287            | 3,823             | -4,803             |
|                   |                     |                  |                  | 0,526             | -1,753            | -2,257             |
|                   | 20                  | 4                |                  | -0,526            | 0,000             | -1,201             |
|                   |                     |                  |                  | -0,526            | -0,291            | -1,105             |
|                   |                     |                  |                  | 2,298             | -0,769            | -5,762             |
|                   | 21                  | 3                | 3945             | -2,298            | 3,835             | -4,826             |
|                   |                     |                  |                  | 0,537             | -1,765            | -2,290             |
|                   |                     |                  |                  | -0,537            | 0,000             | -1,216             |
|                   | 22                  | 4                |                  | -0,537            | -0,279            | -1,129             |
|                   |                     |                  |                  | 2,287             | -0,757            | -5,729             |
|                   |                     |                  |                  | -2,287            | 3,823             | -4,803             |
|                   | 23                  | 3                | 3973             | 0,526             | -1,753            | -2,257             |
|                   |                     |                  |                  | -0,526            | 0,000             | -1,201             |
|                   |                     |                  |                  | -0,526            | -0,291            | -1,105             |
|                   | 24                  | 4                |                  | 0,534             | 1,174             | -0,529             |
|                   |                     |                  |                  | -0,534            | 0,000             | 1,584              |
|                   |                     |                  |                  | -0,534            | 1,892             | -1,121             |
|                   | 25                  | 3                | 1762             | -1,227            | 0,178             | 2,943              |
|                   |                     |                  |                  | 1,227             | -2,222            | 2,577              |
|                   |                     |                  |                  | 0,534             | 1,174             | -0,528             |

| Combinatie<br>nummer | Omschrijving                                         | Type |
|----------------------|------------------------------------------------------|------|
| 1.1                  | Permanent + Scheefstand 1/200 -X                     | UGT  |
| 1.2                  | Permanent + Scheefstand 1/200 -X                     | UGT  |
| 2.1                  | Veranderlijk + Scheefstand 1/200 +X                  | UGT  |
| 2.2                  | Veranderlijk + Scheefstand 1/200 -X                  | UGT  |
| 3.1                  | Sneeuw 1 + Scheefstand 1/200 +X                      | UGT  |
| 3.2                  | Sneeuw 1 + Scheefstand 1/200 -X                      | UGT  |
| 4.1                  | Sneeuw 2 + Scheefstand 1/200 +X                      | UGT  |
| 4.2                  | Sneeuw 2 + Scheefstand 1/200 -X                      | UGT  |
| 5.1                  | Sneeuw 3 + Scheefstand 1/200 +X                      | UGT  |
| 5.2                  | Sneeuw 3 + Scheefstand 1/200 -X                      | UGT  |
| 6.1                  | Wind van links A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X  | UGT  |
| 6.2                  | Wind van links A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X  | UGT  |
| 7.1                  | Wind van links A + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X   | UGT  |
| 7.2                  | Wind van links A + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X   | UGT  |
| 8.1                  | Wind van links B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X  | UGT  |
| 8.2                  | Wind van links B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X  | UGT  |
| 9.1                  | Wind van links B + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X   | UGT  |
| 9.2                  | Wind van links B + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X   | UGT  |
| 10.1                 | Wind van links C + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X  | UGT  |
| 10.2                 | Wind van links C + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X  | UGT  |
| 11.1                 | Wind van links C + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X   | UGT  |
| 11.2                 | Wind van links C + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X   | UGT  |
| 12.1                 | Wind van links D + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X  | UGT  |
| 12.2                 | Wind van links D + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X  | UGT  |
| 13.1                 | Wind van links D + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X   | UGT  |
| 13.2                 | Wind van links D + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X   | UGT  |
| 14.1                 | Wind van rechts A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X | UGT  |
| 14.2                 | Wind van rechts A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X | UGT  |
| 15.1                 | Wind van rechts A + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X  | UGT  |
| 15.2                 | Wind van rechts A + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X  | UGT  |
| 16.1                 | Wind van rechts B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X | UGT  |
| 16.2                 | Wind van rechts B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X | UGT  |
| 17.1                 | Wind van rechts B + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X  | UGT  |
| 17.2                 | Wind van rechts B + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X  | UGT  |
| 18.1                 | Wind van rechts C + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X | UGT  |
| 18.2                 | Wind van rechts C + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X | UGT  |
| 19.1                 | Wind van rechts C + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X  | UGT  |
| 19.2                 | Wind van rechts C + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X  | UGT  |
| 20.1                 | Wind van rechts D + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X | UGT  |
| 20.2                 | Wind van rechts D + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X | UGT  |
| 21.1                 | Wind van rechts D + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X  | UGT  |
| 21.2                 | Wind van rechts D + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X  | UGT  |
| 22.1                 | Wind loodrecht A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X  | UGT  |
| 22.2                 | Wind loodrecht A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X  | UGT  |
| 23.1                 | Wind loodrecht A + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X   | UGT  |
| 23.2                 | Wind loodrecht A + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X   | UGT  |

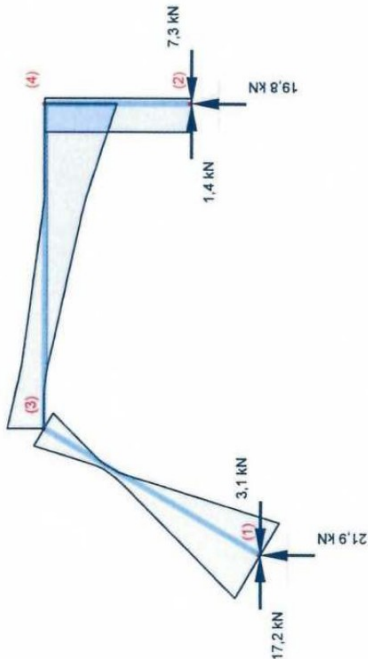
| Combinatie nummer | Belasting (ψ x γ) |         |         |  |
|-------------------|-------------------|---------|---------|--|
|                   | 21                | 22      | 23      |  |
| 1.1               |                   |         |         |  |
| 1.2               |                   |         |         |  |
| 2.1               |                   |         |         |  |
| 2.2               |                   |         |         |  |
| 3.1               |                   |         |         |  |
| 3.2               |                   |         |         |  |
| 4.1               |                   |         |         |  |
| 4.2               |                   |         |         |  |
| 5.1               |                   |         |         |  |
| 5.2               |                   |         |         |  |
| 6.1               |                   |         |         |  |
| 6.2               |                   |         |         |  |
| 7.1               |                   |         |         |  |
| 7.2               |                   |         |         |  |
| 8.1               |                   |         |         |  |
| 8.2               |                   |         |         |  |
| 9.1               |                   |         |         |  |
| 9.2               |                   |         |         |  |
| 10.1              |                   |         |         |  |
| 10.2              |                   |         |         |  |
| 11.1              |                   |         |         |  |
| 11.2              |                   |         |         |  |
| 12.1              |                   |         |         |  |
| 12.2              |                   |         |         |  |
| 13.1              |                   |         |         |  |
| 13.2              |                   |         |         |  |
| 14.1              |                   |         |         |  |
| 14.2              |                   |         |         |  |
| 15.1              |                   |         |         |  |
| 15.2              |                   |         |         |  |
| 16.1              |                   |         |         |  |
| 16.2              |                   |         |         |  |
| 17.1              |                   |         |         |  |
| 17.2              |                   |         |         |  |
| 18.1              |                   |         |         |  |
| 18.2              |                   |         |         |  |
| 19.1              |                   |         |         |  |
| 19.2              |                   |         |         |  |
| 20.1              |                   |         |         |  |
| 20.2              |                   |         |         |  |
| 21.1              | 1,00x1,           |         |         |  |
| 21.2              | 1,00x1,           |         |         |  |
| 22.1              |                   | 1,00x1, |         |  |
| 22.2              |                   | 1,00x1, |         |  |
| 23.1              |                   |         | 1,00x1, |  |
| 23.2              |                   |         | 1,00x1, |  |

| Combinatie nummer | Belasting (ψ x γ) |         |         |         |         |         |         |         |
|-------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                   | 11                | 12      | 13      | 14      | 15      | 16      | 17      | 18      |
| 1.1               |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 1.2               |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 2.1               |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 2.2               |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 3.1               |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 3.2               |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 4.1               |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 4.2               |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 5.1               |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 5.2               |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 6.1               |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 6.2               |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 7.1               |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 7.2               |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 8.1               |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 8.2               |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 9.1               |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 9.2               |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 10.1              |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 10.2              |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 11.1              | 1,00x1,           |         |         |         |         |         |         |         |
| 11.2              | 1,00x1,           |         |         |         |         |         |         |         |
| 12.1              |                   | 1,00x1, |         |         |         |         |         |         |
| 12.2              |                   | 1,00x1, |         |         |         |         |         |         |
| 13.1              |                   |         | 1,00x1, |         |         |         |         |         |
| 13.2              |                   |         | 1,00x1, |         |         |         |         |         |
| 14.1              |                   |         |         | 1,00x1, |         |         |         |         |
| 14.2              |                   |         |         | 1,00x1, |         |         |         |         |
| 15.1              |                   |         |         |         | 1,00x1, |         |         |         |
| 15.2              |                   |         |         |         | 1,00x1, |         |         |         |
| 16.1              |                   |         |         |         |         | 1,00x1, |         |         |
| 16.2              |                   |         |         |         |         | 1,00x1, |         |         |
| 17.1              |                   |         |         |         |         |         | 1,00x1, |         |
| 17.2              |                   |         |         |         |         |         | 1,00x1, |         |
| 18.1              |                   |         |         |         |         |         |         | 1,00x1, |
| 18.2              |                   |         |         |         |         |         |         | 1,00x1, |
| 19.1              |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 19.2              |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 20.1              |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 20.2              |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 21.1              |                   |         |         |         |         |         |         | 1,00x1, |
| 21.2              |                   |         |         |         |         |         |         | 1,00x1, |
| 22.1              |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 22.2              |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 23.1              |                   |         |         |         |         |         |         |         |
| 23.2              |                   |         |         |         |         |         |         |         |





Omhullende M-lijn



Omhullende D-lijn

2.3.2 Omhullende reactiekrachten

| Knoop-nummer | Combinatie nummer | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|--------------|-------------------|---------|---------|----------|
| 1            | 3.2               | 6,197   | 21,858  |          |
|              | 10.2              | -3,081  | 21,261  |          |
|              | 23.1              | 17,200  | 9,769   |          |
| 2            | 3.1               | -6,163  | 19,759  |          |
|              | 6.2               | -7,311  | 16,865  |          |
|              | 23.1              | 1,432   | 3,855   |          |

| Knoop-nummer | Combinatie nummer | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|--------------|-------------------|---------|---------|----------|
| 2            | 23.2              | 1,427   | 3,803   |          |
|              | 6.2               | -7,311  |         |          |
|              | 23.1              | 17,200  |         |          |
| 2            | 23.2              |         | 3,803   |          |
|              | 3.2               |         | 21,858  |          |

2.3.3 Staafkrachten

| Staatf-nummer | Combinatie nummer | Knoop-nummer | x-lokaal [mm] | Nx-lokaal [kN] | Vz-lokaal [kN] | My-lokaal [kNm] |
|---------------|-------------------|--------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|
| 1             | 1.1               | 1            | 2894          | 18,196         | 5,643          | 0,000           |
|               |                   | 3            |               | -8,463         | 0,000          | 8,167           |
|               |                   | 1            |               | -6,141         | 1,346          | 7,691           |
| 1             | 1.2               | 1            | 2862          | 18,277         | 5,581          | 0,000           |
|               |                   | 3            |               | -8,652         | 0,000          | 7,987           |
|               |                   | 1            |               | -6,223         | 1,409          | 7,490           |
| 2             | 2.1               | 1            | 2891          | 16,182         | 5,010          | 0,000           |
|               |                   | 3            |               | -7,541         | 0,000          | 7,240           |
|               |                   | 1            |               | -5,466         | 1,203          | 6,813           |
| 2             | 2.2               | 1            | 2859          | 16,254         | 4,954          | 0,000           |
|               |                   | 3            |               | -7,709         | 0,000          | 7,081           |
|               |                   | 1            |               | -5,538         | 1,259          | 6,634           |
| 3             | 3.1               | 1            | 3314          | 21,885         | 5,768          | 0,000           |
|               |                   | 3            |               | -11,979        | 0,000          | 9,557           |
|               |                   | 1            |               | -11,170        | 0,471          | 9,489           |
| 3             | 3.2               | 1            | 3255          | 22,035         | 5,665          | 0,000           |
|               |                   | 3            |               | -12,306        | 0,000          | 9,219           |
|               |                   | 1            |               | -11,320        | 0,574          | 9,130           |
| 4             | 4.1               | 1            | 3316          | 21,887         | 5,759          | 0,000           |
|               |                   | 3            |               | -11,975        | 0,000          | 9,547           |
|               |                   | 1            |               | -11,171        | 0,467          | 9,480           |
| 4             | 4.2               | 1            | 3257          | 22,037         | 5,656          | 0,000           |
|               |                   | 3            |               | -12,302        | 0,000          | 9,209           |
|               |                   | 1            |               | -11,321        | 0,570          | 9,121           |
| 5             | 5.1               | 1            | 3099          | 19,038         | 5,393          | 0,000           |
|               |                   | 3            |               | -9,775         | 0,000          | 8,356           |
|               |                   | 1            |               | -8,322         | 0,845          | 8,144           |
| 5             | 5.2               | 1            | 3054          | 19,149         | 5,314          | 0,000           |
|               |                   | 3            |               | -10,021        | 0,000          | 8,113           |
|               |                   | 1            |               | -8,433         | 0,925          | 7,875           |
| 6             | 6.1               | 1            | 2664          | 16,808         | 13,492         | 0,000           |
|               |                   | 3            |               | -8,846         | 0,000          | 17,968          |
|               |                   | 1            |               | -6,093         | 4,665          | 15,783          |
| 6             | 6.2               | 1            | 2647          | 16,889         | 13,409         | 0,000           |
|               |                   | 3            |               | -8,977         | 0,000          | 17,748          |
|               |                   | 1            |               | -6,174         | 4,748          | 15,561          |
| 7             | 7.1               | 1            | 2637          | 14,298         | 8,962          | 0,000           |
|               |                   | 3            |               | -6,418         | 0,000          | 11,814          |
|               |                   | 1            |               | -3,583         | 3,221          | 10,261          |
| 7             | 7.2               | 1            | 2621          | 14,345         | 8,911          | 0,000           |
|               |                   | 3            |               | -6,509         | 0,000          | 11,680          |
|               |                   | 1            |               | -3,630         | 3,273          | 10,130          |
| 8             | 8.1               | 1            |               | 16,816         | 13,439         | 0,000           |

| Staalnummer | Comb. nummer | Knoopnummer | x-lokaal [mm] | Nx-lokaal [kN] | Vz-lokaal [kN] | My-lokaal [kNm] |
|-------------|--------------|-------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|
| 1           | 18.1         | 1           | 3016          | 18.084         | 5.518          | 0.000           |
|             |              | 3           |               | -7.349         | 0.000          | 8.027           |
|             | 18.2         | 1           | 2975          | 18.162         | 0.992          | 7.737           |
|             |              | 3           |               | -9.270         | 5.446          | 0.000           |
|             | 19.1         | 1           |               | -7.446         | 7.814          | 0.000           |
|             |              | 3           |               | 15.526         | 1.063          | 7.499           |
|             | 19.2         | 3           |               | -4.810         | 1.008          | 0.000           |
|             |              | 1           |               | 15.589         | -0.472         | 2.290           |
|             | 20.1         | 1           | 3016          | -8.874         | 0.969          | 0.000           |
|             |              | 3           |               | 18.084         | -0.433         | 2.142           |
|             | 20.2         | 1           |               | -9.051         | 0.000          | 5.518           |
|             |              | 3           |               | 18.162         | 0.000          | 8.027           |
|             | 21.1         | 1           | 2975          | -7.349         | 0.992          | 7.737           |
|             |              | 3           |               | 18.162         | 5.446          | 0.000           |
|             | 21.2         | 1           |               | -7.446         | 7.814          | 0.000           |
|             |              | 3           |               | 15.526         | 1.063          | 7.499           |
|             | 22.1         | 1           | 2098          | -4.874         | 0.969          | 0.000           |
|             |              | 3           |               | 19.698         | -0.433         | 2.142           |
|             | 22.2         | 1           | 2119          | -13.427        | -5.465         | 0.000           |
|             |              | 3           |               | -8.983         | 0.000          | -5.733          |
|             | 23.1         | 1           | 2328          | -19.817        | -3.875         | -2.823          |
|             |              | 3           |               | -13.483        | -5.521         | 0.000           |
|             | 23.2         | 1           | 2334          | -9.102         | 0.000          | -5.849          |
|             |              | 3           |               | 17.122         | -3.820         | -3.081          |
|             |              | 2           |               | -10.161        | -9.947         | 0.000           |
|             |              | 4           |               | -6.407         | 0.000          | -11.582         |
|             |              | 2           |               | 17.207         | -5.366         | -8.171          |
|             |              | 4           |               | -10.230        | -9.971         | 0.000           |
|             |              | 2           |               | -6.492         | 0.000          | -11.637         |
|             |              | 4           |               | 12.479         | -5.343         | -8.339          |
|             |              | 2           |               | -11.972        | 4.475          | 0.000           |
|             |              | 4           |               | 12.451         | -4.475         | 9.397           |
|             |              | 2           |               | -11.943        | 4.413          | 0.000           |
|             |              | 4           |               | 11.086         | -4.413         | 9.267           |
|             |              | 2           |               | -10.636        | 3.972          | 0.000           |
|             |              | 4           |               | 11.061         | -3.972         | 8.341           |
|             |              | 2           |               | -10.609        | 3.917          | 0.000           |
|             |              | 4           |               | 19.728         | -3.917         | 8.226           |
|             |              | 2           |               | -19.277        | 6.437          | 0.000           |
|             |              | 4           |               | 19.564         | -6.437         | 13.518          |
|             |              | 2           |               | -19.213        | 6.333          | 0.000           |
|             |              | 4           |               | 19.725         | -6.333         | 13.299          |
|             |              | 2           |               | -19.273        | 6.434          | 0.000           |
|             |              | 4           |               | 19.661         | -6.434         | 13.512          |
|             |              | 2           |               | -19.210        | 6.330          | 0.000           |
|             |              | 4           |               | 15.406         | -6.330         | 13.293          |
|             |              | 2           |               | -14.954        | 5.204          | 0.000           |
|             |              | 4           |               | 15.362         | -5.204         | 10.930          |
|             |              | 2           |               | -14.910        | 5.125          | 0.000           |
|             |              | 4           |               | 16.912         | -5.125         | 10.762          |
|             |              | 2           |               | -16.461        | 7.499          | 0.000           |
|             |              | 4           |               | 16.901         | -7.499         | 15.747          |
|             |              | 2           |               |                | 7.421          | 0.000           |

| Staalnummer | Comb. nummer | Knoopnummer | x-lokaal [mm] | Nx-lokaal [kN] | Vz-lokaal [kN] | My-lokaal [kNm] |
|-------------|--------------|-------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|
| 1           | 8.2          | 3           | 2665          | -8,851         | 0,000          | 17,905          |
|             |              | 1           |               | -8,101         | 4,642          | 15,733          |
|             | 9.1          | 3           | 2648          | -8,982         | 0,000          | 0,000           |
|             |              | 1           |               | -6,182         | 4,725          | 17,684          |
|             | 9.2          | 3           | 2638          | -6,421         | 8,908          | 15,510          |
|             |              | 1           |               | -3,591         | 0,000          | 0,000           |
|             | 10.1         | 3           | 2623          | 14,353         | 8,858          | 10,211          |
|             |              | 1           |               | -3,637         | 0,000          | 0,000           |
|             | 10.2         | 3           | 2664          | -8,846         | 13,492         | 10,080          |
|             |              | 1           |               | -6,093         | 0,000          | 17,968          |
|             | 11.1         | 3           | 2647          | -8,889         | 4,655          | 15,783          |
|             |              | 1           |               | -8,977         | 13,409         | 0,000           |
|             | 11.2         | 3           | 2637          | -6,174         | 4,748          | 17,748          |
|             |              | 1           |               | 14,298         | 8,962          | 15,561          |
|             | 12.1         | 3           | 2621          | -6,418         | 0,000          | 0,000           |
|             |              | 1           |               | -3,583         | 8,921          | 11,814          |
|             | 12.2         | 3           | 2665          | -6,509         | 0,000          | 10,261          |
|             |              | 1           |               | -3,630         | 8,911          | 0,000           |
|             | 13.1         | 3           | 2648          | -8,851         | 13,439         | 0,000           |
|             |              | 1           |               | -6,101         | 0,000          | 17,905          |
|             | 13.2         | 3           | 2638          | -8,897         | 4,642          | 15,733          |
|             |              | 1           |               | -8,982         | 13,356         | 0,000           |
|             | 14.1         | 3           | 2623          | -6,182         | 0,000          | 17,684          |
|             |              | 1           |               | 14,306         | 4,725          | 15,510          |
| 14.2        | 3            | 3018        | -6,421        | 8,908          | 0,000          |                 |
|             | 1            |             | -3,591        | 0,000          | 11,751         |                 |
| 15.1        | 3            | 2623        | 14,353        | 3,198          | 10,211         |                 |
|             | 1            |             | -6,513        | 8,858          | 0,000          |                 |
| 15.2        | 3            | 3018        | -3,637        | 0,000          | 11,616         |                 |
|             | 1            |             | 18,068        | 3,249          | 10,080         |                 |
| 16.1        | 3            | 2977        | -9,046        | 5,497          | 0,000          |                 |
|             | 1            |             | -7,352        | 0,000          | 8,000          |                 |
| 16.2        | 3            | 3018        | -9,266        | 0,000          | 7,714          |                 |
|             | 1            |             | -7,450        | 5,425          | 0,000          |                 |
| 17.1        | 3            | 2977        | 15,529        | 1,053          | 7,787          |                 |
|             | 1            |             | -4,814        | 0,987          | 7,476          |                 |
| 17.2        | 3            | 3018        | 15,593        | -0,482         | 0,000          |                 |
|             | 1            |             | -4,877        | 0,948          | 2,257          |                 |
|             | 3            | 3018        | 18,068        | -0,443         | 0,000          |                 |
|             | 1            |             | -9,046        | 5,497          | 2,120          |                 |
|             | 3            | 2977        | -7,352        | 0,000          | 0,000          |                 |
|             | 1            |             | 18,166        | 0,982          | 8,000          |                 |
|             | 3            | 3018        | -9,266        | 5,425          | 7,714          |                 |
|             | 1            |             | -7,450        | 0,982          | 0,000          |                 |
|             | 3            | 2977        | 15,529        | 1,053          | 7,787          |                 |
|             | 1            |             | -4,814        | 0,987          | 7,476          |                 |
|             | 3            | 3018        | 15,593        | -0,482         | 0,000          |                 |
|             | 1            |             | -4,877        | 0,948          | 2,257          |                 |
|             | 3            | 3018        | 18,068        | -0,443         | 0,000          |                 |
|             | 1            |             | -9,046        | 5,497          | 2,120          |                 |

| Staaf-nummer | Combinatie nummer | Knoop-nummer | x-lokaal [mm] | Nx-lokaal [kN] | Vz-lokaal [kN] | My-lokaal [kNm] |
|--------------|-------------------|--------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|
| 2            | 7.1               | 4            |               | -16,450        | -7,421         | 15,585          |
|              |                   | 2            |               | 10,665         | 4,784          | 0,000           |
|              |                   | 4            |               | -10,215        | -4,784         | 10,047          |
|              |                   | 2            |               | 10,663         | 4,737          | 0,000           |
|              | 7.2               | 4            |               | -10,211        | -4,737         | 9,948           |
|              |                   | 2            |               | 16,893         | 7,482          | 0,000           |
|              | 8.1               | 4            |               | -16,442        | -7,482         | 15,711          |
|              |                   | 2            |               | 16,882         | 7,404          | 0,000           |
|              | 8.2               | 4            |               | -16,431        | -7,404         | 15,549          |
|              |                   | 2            |               | 10,648         | 4,767          | 0,000           |
|              | 9.1               | 4            |               | -10,196        | -4,767         | 10,011          |
|              |                   | 2            |               | 10,644         | 4,720          | 0,000           |
|              | 9.2               | 4            |               | -10,193        | -4,720         | 9,913           |
|              |                   | 2            |               | 16,912         | 7,499          | 0,000           |
|              | 10.1              | 4            |               | -16,461        | -7,499         | 15,747          |
|              |                   | 2            |               | 16,901         | 7,421          | 0,000           |
|              | 10.2              | 4            |               | -16,450        | -7,421         | 15,585          |
|              |                   | 2            |               | 10,666         | 4,784          | 0,000           |
|              | 11.1              | 4            |               | -10,215        | -4,784         | 10,047          |
|              |                   | 2            |               | 10,663         | 4,737          | 0,000           |

| Staaf-nummer | Combinatie nummer | Knoop-nummer | x-lokaal [mm] | Nx-lokaal [kN] | Vz-lokaal [kN] | My-lokaal [kNm] |
|--------------|-------------------|--------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|
| 3            | 1.1               | 3            |               | 4,334          | 4,734          | 0,000           |
|              |                   | 4            | 1269          | -4,334         | -4,734         | 9,941           |
|              |                   | 3            |               | 4,383          | 2,105          | 0,000           |
|              |                   | 4            |               | -4,393         | -2,105         | 4,421           |
|              | 1.2               | 3            | 1289          | 4,383          | 2,084          | 0,000           |
|              |                   | 4            |               | -4,393         | -2,084         | 4,335           |
|              | 2.1               | 3            | 1271          | 3,855          | 1,253          | 0,000           |
|              |                   | 4            |               | -3,855         | -1,253         | 2,632           |
|              | 2.2               | 3            | 1291          | 3,908          | 1,190          | 0,000           |
|              |                   | 4            |               | -3,855         | -1,190         | 2,499           |
|              | 3.1               | 3            | 1497          | 6,165          | 1,427          | 0,000           |
|              |                   | 4            |               | -6,165         | -1,427         | -2,896          |
|              | 3.2               | 3            | 1517          | 6,258          | 0,000          | 0,000           |
|              |                   | 4            |               | -6,258         | 0,000          | -3,066          |
|              | 4.1               | 3            | 1497          | 6,163          | 4,571          | -7,691          |
|              |                   | 4            |               | -6,163         | 0,000          | 0,582           |
|              | 4.2               | 3            | 1517          | 6,255          | 12,001         | -9,397          |
|              |                   | 4            |               | -6,255         | 4,643          | -7,490          |
|              | 5.1               | 3            | 1421          | 5,017          | 0,000          | 0,000           |
|              |                   | 4            |               | -5,017         | 0,000          | -7,490          |

| Staalnummer | Combinatienummer | Knoopnummer | x-lokaal [mm] | Nx-lokaal [kN] | Vz-lokaal [kN] | My-lokaal [kNm] |
|-------------|------------------|-------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|
| 3           | 17.1             | 3           | 1728          | 2,041          | 4,382          | -2,267          |
|             |                  | 4           |               | -2,041         | 0,000          | 6,053           |
|             | 17.2             | 3           | 1748          | -2,073         | 7,283          | -4,405          |
|             |                  | 4           |               | -2,073         | 4,433          | -2,120          |
|             | 18.1             | 3           |               | -2,073         | 0,000          | 5,994           |
|             |                  | 4           |               | -2,073         | 7,232          | -4,319          |
|             | 18.2             | 3           | 1378          | 4,642          | 5,789          | -7,737          |
|             |                  | 4           |               | -4,642         | 0,000          | 11,725          |
|             | 19.1             | 3           | 1398          | -4,708         | 13,540         | -10,090         |
|             |                  | 4           |               | -4,708         | 5,874          | -7,499          |
|             | 19.2             | 3           | 1725          | 4,708          | 11,604         | -9,941          |
|             |                  | 4           |               | -4,708         | 13,456         | -2,290          |
|             | 20.1             | 3           | 1745          | 2,080          | 4,374          | -2,048          |
|             |                  | 4           |               | -2,080         | 0,000          | 6,061           |
|             | 20.2             | 3           | 1378          | 2,080          | 7,291          | -2,142          |
|             |                  | 4           |               | -2,080         | 4,425          | -2,142          |
|             | 21.1             | 3           | 1398          | 4,642          | 5,789          | -7,737          |
|             |                  | 4           |               | -4,642         | 0,000          | 11,725          |
|             | 21.2             | 3           | 1745          | -4,642         | 13,540         | -10,090         |
|             |                  | 4           |               | -4,642         | 5,874          | -7,499          |
|             | 22.1             | 3           | 2310          | 4,708          | 0,000          | 11,604          |
|             |                  | 4           |               | -4,708         | 13,456         | -9,941          |
|             | 22.2             | 3           | 2330          | 2,048          | 4,374          | -2,290          |
|             |                  | 4           |               | -2,048         | 0,000          | 6,061           |
|             | 23.1             | 3           | 3257          | 2,080          | 7,291          | -2,142          |
|             |                  | 4           |               | -2,080         | 4,425          | -2,142          |
|             | 23.2             | 3           | 3278          | -2,080         | 0,000          | 6,002           |
|             |                  | 4           |               | -2,080         | 7,241          | -4,335          |
|             |                  | 3           |               | -1,201         | 9,706          | -2,823          |
|             |                  | 4           |               | -1,201         | 0,000          | 8,387           |
|             |                  | 3           |               | -1,235         | 9,623          | -2,632          |
|             |                  | 4           |               | -1,235         | 3,081          | 8,326           |
|             |                  | 3           |               | -1,430         | 9,538          | -2,499          |
|             |                  | 4           |               | -1,430         | 8,171          | 8,171           |
|             |                  | 3           |               | -1,429         | 0,000          | 5,282           |
|             |                  | 4           |               | -1,429         | 3,405          | 2,996           |
|             |                  | 3           |               | 1,429          | 8,312          | 8,339           |
|             |                  | 4           |               | 1,429          | 0,000          | 5,283           |
|             |                  | 4           |               |                | 3,353          | 3,066           |

2.3.4 Omhullende staafkrachten

| Staalnummer | Combinatienummer | Knoopnummer | x-lokaal [mm] | Nx-lokaal [kN] | Vz-lokaal [kN] | My-lokaal [kNm] |
|-------------|------------------|-------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|
| 1           | 4.2              | 1           |               | 22,037         | 5,656          | 0,000           |
|             | 7.1              | 1           |               | 14,298         | 8,962          | 0,000           |
|             | 10.1             | 1           |               | 16,808         | 13,492         | 0,000           |
|             | 23.2             | 1           |               | 17,207         | -9,971         | 0,000           |
|             | 10.1             | 3           | 2664          | -8,846         | 0,000          | 17,968          |
|             | 4.2              | 3           |               | -11,321        | 0,570          | 9,121           |
|             | 6.1              | 3           |               | -6,033         | 4,665          | 15,783          |

| Staalnummer | Combinatienummer | Knoopnummer | x-lokaal [mm] | Nx-lokaal [kN] | Vz-lokaal [kN] | My-lokaal [kNm] |
|-------------|------------------|-------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|
| 3           | 8.1              | 4           | 673           | -4,709         | 10,197         | -9,948          |
|             |                  | 3           |               | 7,203          | 2,829          | -15,733         |
|             | 8.2              | 4           |               | -7,203         | 0,000          | 16,685          |
|             |                  | 3           | 693           | 7,293          | 16,500         | -15,711         |
|             |                  | 4           |               | -7,293         | 2,913          | -15,510         |
|             | 9.1              | 3           |               | -7,293         | 0,000          | 16,520          |
|             |                  | 4           |               | -7,293         | 16,417         | -15,549         |
|             | 9.2              | 3           | 566           | 4,637          | 1,436          | -10,211         |
|             |                  | 4           |               | -4,637         | 0,000          | 10,618          |
|             | 10.1             | 3           | 586           | 4,693          | 10,229         | -10,011         |
|             |                  | 4           |               | -4,693         | 1,486          | -10,080         |
|             | 10.2             | 3           | 669           | 7,219          | 16,723         | 0,000           |
|             |                  | 4           |               | -7,219         | 16,519         | -15,747         |
|             | 11.1             | 3           | 689           | 7,309          | 2,894          | -15,551         |
|             |                  | 4           |               | -7,309         | 0,000          | 16,557          |
|             | 11.2             | 3           | 558           | 4,653          | 16,436         | -15,585         |
|             |                  | 4           |               | -4,653         | 1,418          | -10,251         |
|             | 12.1             | 3           | 673           | 7,203          | 2,829          | -15,733         |
|             |                  | 4           |               | -7,203         | 0,000          | 16,685          |
|             | 12.2             | 3           | 693           | 7,293          | 16,500         | -15,711         |
|             |                  | 4           |               | -7,293         | 2,913          | -15,510         |
|             | 13.1             | 3           | 566           | 4,637          | 1,436          | -10,211         |
|             |                  | 4           |               | -4,637         | 0,000          | 10,618          |
|             | 13.2             | 3           | 586           | 4,693          | 10,229         | -10,011         |
|             |                  | 4           |               | -4,693         | 1,486          | -10,080         |
|             | 14.1             | 3           | 1380          | 4,635          | 10,179         | -9,913          |
|             |                  | 4           |               | -4,635         | 5,798          | -7,714          |
|             | 14.2             | 3           | 1400          | 4,700          | 13,532         | -10,074         |
|             |                  | 4           |               | -4,700         | 5,882          | -7,476          |
|             | 15.1             | 3           | 1728          | 2,041          | 4,382          | -2,267          |
|             |                  | 4           |               | -2,041         | 0,000          | 6,053           |
|             | 15.2             | 3           | 1748          | -2,073         | 7,283          | -4,405          |
|             |                  | 4           |               | -2,073         | 4,433          | -2,120          |
|             | 16.1             | 3           | 1380          | 4,635          | 5,798          | -7,714          |
|             |                  | 4           |               | -4,635         | 0,000          | 11,714          |
|             | 16.2             | 3           | 1400          | 4,700          | 13,532         | -10,074         |
|             |                  | 4           |               | -4,700         | 5,882          | -7,476          |
|             |                  | 3           |               | -4,700         | 0,000          | 11,593          |
|             |                  | 4           |               | -4,700         | 13,448         | -9,925          |

| Combinatie nummer | Omschrijving                  | Type |
|-------------------|-------------------------------|------|
| 24                | Permanent                     | BGT  |
| 25                | Veranderlijk                  | BGT  |
| 26                | Sneeuw 1                      | BGT  |
| 27                | Sneeuw 2                      | BGT  |
| 28                | Sneeuw 3                      | BGT  |
| 29                | Wind van links A + Onderdruk  | BGT  |
| 30                | Wind van links A + Overdruk   | BGT  |
| 31                | Wind van links B + Onderdruk  | BGT  |
| 32                | Wind van links B + Overdruk   | BGT  |
| 33                | Wind van links C + Onderdruk  | BGT  |
| 34                | Wind van links C + Overdruk   | BGT  |
| 35                | Wind van links D + Onderdruk  | BGT  |
| 36                | Wind van links D + Overdruk   | BGT  |
| 37                | Wind van rechts A + Onderdruk | BGT  |
| 38                | Wind van rechts A + Overdruk  | BGT  |
| 39                | Wind van rechts B + Onderdruk | BGT  |
| 40                | Wind van rechts B + Overdruk  | BGT  |
| 41                | Wind van rechts C + Onderdruk | BGT  |
| 42                | Wind van rechts C + Overdruk  | BGT  |
| 43                | Wind van rechts D + Onderdruk | BGT  |
| 44                | Wind van rechts D + Overdruk  | BGT  |
| 45                | Wind loodrecht A + Onderdruk  | BGT  |
| 46                | Wind loodrecht A + Overdruk   | BGT  |
| 47                | BGT Blijvend                  | BGT  |

| Staafnummer | Combinatie nummer | Knoopnummer | x-lokaal [mm] | Nx-lokaal [kN] | Vz-lokaal [kN] | My-lokaal [kNm] |
|-------------|-------------------|-------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|
| 1           | 6.2               | 3           |               | -6,174         | 4,748          | 15,561          |
|             | 7.1               | 3           |               | -3,583         | 3,221          | 10,261          |
|             | 23.1              | 3           |               | -6,407         | -5,366         | -8,171          |
|             | 23.2              | 3           |               | -6,492         | -5,343         | -8,339          |
| 2           | 3.1               | 2           |               | 19,728         | 6,437          | 0,000           |
|             | 6.1               | 2           |               | 16,912         | 7,499          | 0,000           |
|             | 23.2              | 2           |               | 3,796          | -1,460         | 0,000           |
|             | 3.1               | 4           |               | -19,277        | -6,437         | 13,518          |
| 3           | 6.1               | 4           |               | -16,461        | -7,499         | 15,747          |
|             | 23.2              | 4           |               | -3,345         | 1,460          | -3,066          |
|             | 6.1               | 3           |               | 7,219          | 2,810          | -15,783         |
|             | 6.2               | 3           |               | 7,309          | 2,894          | -15,561         |
|             | 7.1               | 3           |               | 4,653          | 1,418          | -10,261         |
|             | 22.2              | 3           |               | 1,235          | 9,791          | 3,081           |
|             | 23.1              | 3           |               | -1,430         | 8,250          | 8,171           |
|             | 23.2              | 3           |               | -1,429         | 8,312          | 8,339           |
|             | 6.1               | 4           | 669           | -7,219         | 0,000          | 16,723          |
|             | 3.1               | 4           |               | -6,165         | 19,322         | -13,518         |
|             | 6.1               | 4           |               | -7,219         | 16,519         | -15,747         |
|             | 6.2               | 4           |               | -7,309         | 16,436         | -15,585         |
|             | 23.1              | 4           |               | 1,430          | 3,405          | 2,996           |
|             | 23.2              | 4           |               | 1,429          | 3,353          | 3,066           |

2.4 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)

2.4.1 Belastingscombinaties

(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling





| Knoop-nummer                | Combinatie nummer | dx [mm] | dz [mm] | dr [mrad] |
|-----------------------------|-------------------|---------|---------|-----------|
| 1                           | 46                | 0,0     | 0,0     | 2,4       |
| 2                           | 26                | 0,0     | 0,0     | -11,9     |
|                             | 29                | 0,0     | 0,0     | -14,5     |
|                             | 46                | 0,0     | 0,0     | 1,8       |
| 3                           | 26                | 14,3    | -8,3    | -2,4      |
|                             | 29                | 18,1    | -10,6   | -1,9      |
|                             | 46                | -3,2    | 1,8     | -0,9      |
| 4                           | 26                | 14,2    | -0,1    | 3,5       |
|                             | 29                | 18,1    | -0,1    | 3,1       |
|                             | 46                | -3,2    | 0,0     | 0,9       |
| Minimale / maximale waarden |                   |         |         |           |
| 3                           | 46                | -3,2    |         |           |
| 3                           | 29                | 18,1    |         |           |
| 3                           | 29                |         | -10,6   |           |
| 3                           | 46                |         | 1,8     |           |
| 2                           | 29                |         |         | -14,5     |
| 4                           | 26                |         |         | 3,5       |

2.5 EN1993 TOETSINGEN

De toetsing van de staalprofielen in de uiterste grenstoestand volgens EN 1993-1-1 is gebaseerd op een geometrische niet-lineaire krachtoverdeling (tweede orde analyse) inclusief de gegeven imperfecties volgens art.5.3.2. (a) algemene initiële scheefstanden, volgens figuur 5.2)



| Staal-nummer | Profiel | Combinatie nummer | Klasse | Artikel     | U.C. |
|--------------|---------|-------------------|--------|-------------|------|
| 1            | HE180A  | 4.2               | 1      | 6.2.4       | 0,02 |
|              |         | 10.1              | 1      | 6.2.5       | 0,24 |
|              |         | 10.1              | 1      | 6.2.6       | 0,07 |
|              |         | 10.1              | 1      | 6.2.8       | 0,24 |
|              |         | 10.1              | 1      | 6.2.9.1     | 0,24 |
|              |         | 10.1              | 1      | 6.3.2.1     | 0,23 |
|              |         | 10.1              | 1      | 6.3.3       | 0,25 |
|              |         | 29                | 1      | Doorbuiging | 0,23 |

| Staal-nummer | Profiel | Combinatie nummer | Klasse | Artikel     | U.C. |
|--------------|---------|-------------------|--------|-------------|------|
| 1            | HE180A  | 46                | 1      | Doorbuiging | 0,29 |
| 2            | HE180A  | 3.1               | 1      | 6.2.4       | 0,04 |
|              |         | 6.1               | 1      | 6.2.5       | 0,83 |
|              |         | 6.1               | 1      | 6.2.6       | 0,05 |
|              |         | 6.1               | 1      | 6.2.8       | 0,83 |
|              |         | 6.1               | 1      | 6.2.9.1     | 0,83 |
|              |         | 6.1               | 1      | 6.3.3       | 0,54 |
|              |         | 29                | 1      | Doorbuiging | 0,56 |
| 3            | HE180A  | 46                | 1      | Doorbuiging | 0,48 |
|              |         | 6.2               | 1      | 6.2.4       | 0,01 |
|              |         | 6.1               | 1      | 6.2.5       | 0,22 |
|              |         | 3.1               | 1      | 6.2.6       | 0,10 |
|              |         | 6.1               | 1      | 6.2.8       | 0,22 |
|              |         | 6.1               | 1      | 6.2.9.1     | 0,22 |
|              |         | 3.1               | 1      | 6.3.2.1     | 0,25 |
|              |         | 3.1               | 1      | 6.3.3       | 0,26 |
|              |         | 26                | 1      | Doorbuiging | 0,25 |
|              |         | 26                | 1      | Doorbuiging | 0,13 |

2.6 BEREKENING VAN UNITY CHECKS

2.6.1 Staal 1 - HE180A

Axiale druk

Combinatie: 4.2  $x = 0 \text{ mm}$   $N_x = -22,037 \text{ kN}$   $V_z = 5,656 \text{ kN}$   $M_y = 0 \text{ kNm}$

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4527,5 \times 235}{1,00} \times 10^{-3} = 1063,972 \text{ kN}$$
$$N_{Ed} = 22,0$$
$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{22,0}{1064,0} = 0,02 < 1,0$$

Buigend moment

Combinatie: 10.1  $x = 2663,5 \text{ mm}$   $N_x = -8,846 \text{ kN}$   $V_z = 0 \text{ kN}$   $M_y = 17,968 \text{ kNm}$

$$M_{y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{325022 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 76,38 \text{ kNm}$$
$$M_{y,Ed} = 17,968$$
$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} = \frac{17,968}{76,380} = 0,24 < 1,0$$

Dwarskracht (afschuiving)

Combinatie: 10.1  $x = 0 \text{ mm}$   $N_x = -16,808 \text{ kN}$   $V_z = 13,492 \text{ kN}$   $M_y = 0 \text{ kNm}$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1450 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 196,7 \text{ kN}$$
$$V_{z,Ed} = 13,5$$
$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{13,5}{196,7} = 0,07 < 1,0$$

### Bulging en dwarskracht

Combinatie: 10.1  
 $x = 2663,5 \text{ mm}$   $N_x = -8,846 \text{ kN}$   $V_z = 0 \text{ kN}$   $M_v = 17,968 \text{ kNm}$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1450 \times (235 / \sqrt{3})}{1.00} \times 10^{-3} = 196,7 \text{ kN}$$

$$V_{zEd} = 0,000 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 196,732 / 2 = 98,366 \text{ kN}$$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht.

### Bulging en normaalkracht

Combinatie: 10.1  $x = 2663,5 \text{ mm}$   $N_x = -8,846 \text{ kN}$   $V_z = 0 \text{ kN}$   $M_y = 17,968 \text{ kNm}$   
 $N_{Ed} < 0,25 N_{pl,Rd} = 0,25 \times 1064 = 266 \text{ kN}$

$$N_{Ed} < \frac{0,5 h_w t_w f_y}{\gamma_{Mc}} = \frac{0,5 \times 152 \times 6 \times 235}{1,00} \times 10^{-3} = 107,2 \text{ kN}$$

Het effect van de normaalkracht op het vloeimoment hoeft niet in rekening te worden gebracht.

### Kipstabilität

Combinatie: 10.1       $x = 2663,5 \text{ mm}$        $N_x = -16.808 \text{ kN}$        $V_z = 4.413 \text{ kN}$        $M_y = 17.968 \text{ kNm}$   
 Aantal kipsteunen: 0  
 $d' = h-t = 171-9,5 = 161,5 \text{ mm}$        $I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{(161,5)^2 \times 180^3 \times 9,5}{24} = 60211 \times 10^6 \text{ mm}^4$   
 torsiesijfheid volgens Roark geval 26       $I_t = 148603 \text{ mm}^4$   
 volgens NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl figuren NB.33 en NB.34:

$L_g = 3585 \text{ mm}$        $L_{st} = 3585 \text{ mm}$        $M_{y1Ed} = 0 \text{ kNm}$        $M_{yEd} (x=L_{st}/2) = 15,82 \text{ kNm}$        $M_{yEd} (x=L_{st}/2) = 16,046 \text{ kNm}$

Berekende equivalente belasting  $q = 5,065 \text{ kN/m}$

$$B^* = \frac{8M}{8 \times 15.82 \times 10^6} = \frac{0.145}{158.2} = 0.000917 = 0.66$$

$$\beta = \frac{M_{y,1,Ed}}{M_{y,Rd}} = \frac{0}{1500} = 0 \quad C_1 = 1.16 \quad C_2 = -0.211$$

**aangrijpingspunt belasting op  $z = 86$  mm**

$$L_{kip} = L_{st} = 3585 \text{ mm}$$

$$S = \frac{h}{2\pi} \times \frac{\text{Exl}_z}{C} = \frac{171}{2} \times \frac{210000 \times 9246276}{3 \times 10^8} = 1087 \text{ mm}$$

$$C = \frac{\pi \times C_1 \times L_9}{L_{Np}} \times \left( \sqrt{1 + \left( \frac{\pi^2 \times S^2}{L_{Np}^2} \times (C_2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times C_2 \times S}{L_{Np}} \right) \approx$$

art. 6.2.8

$$\begin{aligned} &= \frac{\pi \times 1,16 \times 3585}{3585} \times \left( 1 + \frac{\pi^2 \times 1087^2}{3585^2} \times (-0,21^2 + 1) + \frac{\pi \times -0,21 \times 1087}{3585} \right) = 4,355 \\ h/t_w &= 171/6 = 28,5 < 75 \quad \rightarrow k_{red} = 1 \end{aligned}$$

$$M_{\sigma} = k_{\text{red}} \times \frac{C}{\sqrt{\text{EXI}}} \times \text{GX} \quad (NB 148)$$

$$= 1 \times \frac{4.355}{2500} \times \sqrt{210000} \times 9245276 \times 80769 \times 148603 \times 10^{-6} = 185.467 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{ut} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{325022 \times 235}{185467028}} = 0,642 > \lambda_{11,0} = 0,4$$

Kipkromme b  $\alpha_{\text{H}} = 0,34$

$$\Phi_{11} = 0.5[1 + \alpha_{11}(\lambda_{11} - \lambda_{10}) + \beta\lambda_{11}^2] = 0.5 \times [1 + 0.34 \times (0.642 - 0.4) + 0.75 \times 0.642^2] = 0.696$$

$$\chi_{11} = \min \left[ \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\lambda u^2}}}, 1, \frac{1}{\lambda u^2} \right], \quad (6.57)$$

$$= \min \left\{ \frac{1}{\sqrt{1,0}}, \frac{1}{\sqrt{0,642^2}} \right\} = 0,898$$

$$\psi = \frac{M1}{M0} = \frac{0}{45.00} = 0 \quad k_0 = \frac{1}{4.00 \cdot 0.00} = \frac{1}{0.00} = 0.752$$

$$f = 1 - 0,5(1 - k_c)[1 - 2,0(\lambda_{u_1} - 0,8)^2] = 1 - 0,5 \times (1 - 0,752) \times [1 - 2,0 \times (0,642 - 0,8)^2] = 0,882$$

$$\chi^2_{\text{limited}} = \frac{\chi^2_{\text{L}}}{f} = \frac{0.998}{f} = 1.018 \quad (6.58)$$

$$M_{b,rd} = \chi_{lt} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 1,018 \times 325022 \times \frac{235}{1,05} \times 10^{-8} = 77,7 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{E0}}{M} = \frac{18.0}{77.7} = 0.23 < 1.0 \quad (6.54)$$

### Prismatische, op buiging en druk belaste staven

Combinatie: 10.1  
 $x = 2663,5 \text{ mm}$   $N_x = -16,808 \text{ kN}$   $V_z = 4,413 \text{ kN}$   $M_y = 17,968 \text{ kNm}$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{210000}{939}} = \pi \sqrt{\frac{L_{cy}}{\lambda_v}} = \pi \sqrt{\frac{1}{0.512}} = 6.501$$

$$\lambda_1 = \pi \quad \frac{E}{L} = \pi \quad \frac{210000}{3584,7} = 93,9 \quad \frac{1}{\lambda_2} = \frac{1}{0,845} \quad (6,50)$$

Knikkromme  $v-v$   $b$   $\alpha = 0.34$



$$W_{bijk,z} = W_z - W_{BGT} \text{ Bijvondz} = -3,3 + 1,5 = -1,8 \text{ mm}$$

$$\frac{|W_{bijk,z}|}{W_{bijk,z,max}} = \frac{|-1,8|}{3585 / 333} = \frac{|-1,8|}{10,8} = 0,17 < 1,0$$

#### Doorbuiging

$$\text{Combinatie: 46} \quad x = 1892,3 \text{ mm} \quad N_x = -9,436 \text{ kN} \quad V_z = -0,969 \text{ kN} \quad M_y = -6,415 \text{ kNm}$$

$$\text{Lokale knoopverplaatsingen } d_{z1} = 0 \text{ mm} \quad d_{z2} = 3,6 \text{ mm}$$

$$W_{\text{end},z} = W_z - W_{\text{Zaag,z}} = 1,7 - 0 = 1,7 \text{ mm}$$

$$\frac{|W_{\text{end},z}|}{W_{\text{end},z,max}} = \frac{|1,7|}{3585 / 250} = \frac{|1,7|}{14,3} = 0,12 < 1,0$$

$$W_{bijk,z} = W_z - W_{BGT} \text{ Bijvondz} = 1,7 + 1,5 = 3,2 \text{ mm}$$

$$\frac{|W_{bijk,z}|}{W_{bijk,z,max}} = \frac{|3,2|}{3585 / 333} = \frac{|3,2|}{10,8} = 0,29 < 1,0$$

#### 2.6.2 Staal 2 - HFRHS100X100X63

##### Axiale druk

$$\text{Combinatie: 3.1} \quad x = 0 \text{ mm} \quad N_x = -19,728 \text{ kN} \quad V_z = 6,437 \text{ kN} \quad M_y = 0 \text{ kNm}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{fy}}{\gamma_{M0}} = \frac{2325,1 \times 235}{1,00} \times 10^{-3} = 546,404 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$N_{Ed} = \frac{19,7}{546,4} = 0,04 < 1,0 \quad (6.9)$$

##### Buigend moment

$$\text{Combinatie: 6.1} \quad x = 2100 \text{ mm} \quad N_x = -16,461 \text{ kN} \quad V_z = 7,499 \text{ kN} \quad M_y = 15,747 \text{ kNm}$$

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{81163 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 19,073 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{15,747}{19,073} = 0,83 < 1,0 \quad (6.12)$$

##### Dwarskracht (afschuiving)

$$\text{Combinatie: 6.1} \quad x = 0 \text{ mm} \quad N_x = -16,912 \text{ kN} \quad V_z = 7,499 \text{ kN} \quad M_y = 0 \text{ kNm}$$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1163 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 157,7 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\Phi_y = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,512 - 0,2) + 0,512^2] = 0,684$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,684 + \sqrt{0,684^2 - 0,512^2}} = 0,879 \quad (6.49)$$

$$\text{Knikkromme } z-z \quad \alpha = 0,49$$

$$\Phi_z = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (0,845 - 0,2) + 0,845^2] = 1,015$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{1,015 + \sqrt{1,015^2 - 0,845^2}} = 0,634 \quad (6.49)$$

$$N_{Rk} = f_y A = 235 \times 4528 \times 10^{-3} = 1064 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = f_y W_{pl,y} = 235 \times 325022 \times 10^{-6} = 76,4 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{pl,z} = 235 \times 156515 \times 10^{-6} = 36,8 \text{ kNm}$$

Interactiefactoren volgens methode 2 (EN 1993-1-1, Bijlage B)

$$\varphi = M_z / M_1 = 0/15,82 = 0 \quad \alpha_h = M_h / M_s = 15,82/16,046 = 0,99$$

$$C_{my} = 0,95 + 0,05 \alpha_h = 0,95 + 0,05 \times 0,99 = 0,999$$

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + (\lambda_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} \right) = 0,999 \times \left( 1 + (0,512 - 0,2) \times \frac{16,808}{0,879 \times 1063,972 / 1,00} \right) = 1,005$$

$$k_{zy} = 0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Rk}}{\chi_{L1} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{16,808}{0,879 \times 1063,972} + 1,005 \times \frac{17,968}{1,018 \times \frac{76,38}{1,00}} = 0,25 < 1 \quad (6.51)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Rk}}{\chi_{L1} \frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{16,808}{0,634 \times 1063,972} + 0 \times \frac{17,968}{1,018 \times \frac{76,38}{1,00}} = 0,02 < 1 \quad (6.52)$$

#### Doorbuiging

$$\text{Combinatie: 29} \quad x = 1932,4 \text{ mm} \quad N_x = -9,144 \text{ kN} \quad V_z = 2,695 \text{ kN} \quad M_y = 12,052 \text{ kNm}$$

$$\text{Lokale knoopverplaatsingen } d_{z1} = 0 \text{ mm} \quad d_{z2} = -21 \text{ mm}$$

$$W_{\text{end},z} = W_z - W_{\text{Zaag,z}} = -3,3 - 0 = -3,3 \text{ mm}$$

$$\frac{|W_{\text{end},z}|}{W_{\text{end},z,max}} = \frac{|-3,3|}{3585 / 250} = \frac{|-3,3|}{14,3} = 0,23 < 1,0$$

$$N_{RK} = f_y A = 235 \times 2325 \times 10^{-3} = 546,4 \text{ kN}$$

$$M_{y,RK} = f_y W_{ply} = 235 \times 81163 \times 10^{-6} = 19,1 \text{ kNm}$$

$$M_{z,RK} = f_y W_{plz} = 235 \times 81163 \times 10^{-6} = 19,1 \text{ kNm}$$

Interactiefactoren volgens methode 2 (EN 1993-1-1, Bijlage B)

$$\varphi = M_z / M_1 = 0,15, 747 = 0 \rightarrow C_{my} = 0,6 + 0,4 \varphi = 0,6 + 0,4 \times 0 = 0,6 > 0,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \left[ 1 + (\lambda_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{RK} / \gamma_{M1}} \right] = 0,6 \times \left[ 1 + (0,587 - 0,2) \times \frac{16,912}{0,895 \times 546,404 / 1,00} \right] = 0,608$$

$$k_{zy} = 0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{RK}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Ly} \gamma_{M1}} = \frac{16,912}{0,895 \times 546,404} + 0,608 \times \frac{15,747}{1 \times 1,00} = 0,54 < 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{RK}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lz} \gamma_{M1}} = \frac{16,912}{0,895 \times 546,404} + 0 \times \frac{15,747}{1 \times 1,00} = 0,03 < 1$$

#### Doorbuiging

$$\text{Combinatie: 29} \quad x = 1209,8 \text{ mm} \quad N_x = -12,881 \text{ kN} \quad V_z = 5,616 \text{ kN} \quad M_y = 6,794 \text{ kNm}$$

Lokale knoopverplaatsingen  $d_{z1} = 0 \text{ mm}$   $d_{z2} = -18,1 \text{ mm}$

$$W_{\text{end } z} = W_z - W_{Z\text{eeg},z} = -4,7 - 0 = -4,7 \text{ mm}$$

$$\frac{|W_{\text{end } z}|}{W_{\text{elid } z, \text{max}}} = \frac{|-4,7|}{2100 / 250} = \frac{4,7}{8,4} = 0,56 < 1,0$$

$$W_{\text{bijk},z} = W_z - W_{\text{BCT Bijkend},z} = -4,7 + 2,8 = -2 \text{ mm}$$

$$\frac{|W_{\text{bijk},z}|}{W_{\text{bijk},z, \text{max}}} = \frac{|-2|}{2100 / 333} = \frac{2}{6,3} = 0,31 < 1,0$$

#### Doorbuiging

$$\text{Combinatie: 46} \quad x = 1209,9 \text{ mm} \quad N_x = -4,181 \text{ kN} \quad V_z = -0,305 \text{ kN} \quad M_y = -0,369 \text{ kNm}$$

Lokale knoopverplaatsingen  $d_{z1} = 0 \text{ mm}$   $d_{z2} = 3,2 \text{ mm}$

$$W_{\text{end } z} = W_z - W_{Z\text{eeg},z} = 0,3 - 0 = 0,3 \text{ mm}$$

$$\frac{|W_{\text{end } z}|}{W_{\text{elid } z, \text{max}}} = \frac{|0,3|}{2100 / 250} = \frac{0,3}{8,4} = 0,03 < 1,0$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{z,Rd}} = \frac{7,5}{157,7} = 0,05 < 1,0 \quad (6.17)$$

#### Buiging en dwarskracht

$$\text{Combinatie: 6.1} \quad x = 2100 \text{ mm} \quad N_x = -16,461 \text{ kN} \quad V_z = 7,499 \text{ kN} \quad M_y = 15,747 \text{ kNm}$$

$$A_v (f_y / \sqrt{3}) = \frac{1163 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 157,7 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$V_{z,Ed} = 7,499 \text{ kN} < V_{z,Rd} / 2 = 157,725 / 2 = 78,862 \text{ kN}$$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht.

#### Buiging en normaalkracht

$$\text{Combinatie: 6.1} \quad x = 2100 \text{ mm} \quad N_x = -16,461 \text{ kN} \quad V_z = 7,499 \text{ kN} \quad M_y = 15,747 \text{ kNm}$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,03 \quad a_w = (A - 2 b t_f) / A = (2325,1 - 2 \times 100 \times 6,3) / 2325,1 = 0,46$$

$$M_{N_y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1-n) / (1-0,5 a_w) = 19,073 \times (1-0,03) / (1-0,5 \times 0,46) = 19,073 \text{ kNm} \quad (6.39)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{N_y,Rd}} = \frac{15,747}{19,073} = 0,83 < 1,0 \quad (6.31)$$

#### Prismatische, op buiging en druk belaste staven

$$\text{Combinatie: 6.1} \quad x = 2100 \text{ mm} \quad N_x = -16,912 \text{ kN} \quad V_z = 7,499 \text{ kN} \quad M_y = 15,747 \text{ kNm}$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_y = \frac{L_{ey}}{i_y} = \frac{2100}{38,1} = 55,1 \quad \frac{L_{ey}}{i_y} = \frac{2100}{38,1} = 55,1 \quad (6.50)$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_z = \frac{L_{ez}}{i_z} = \frac{2100}{38,1} = 55,1 \quad (6.50)$$

$$\text{Knikkromme } \varphi_y a \quad \alpha = 0,21$$

$$\varphi_y = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,587 - 0,2) + 0,587^2] = 0,713$$

$$\chi_y = \frac{1}{\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,713 + \sqrt{0,713^2 - 0,587^2}} = 0,895 \quad (6.49)$$

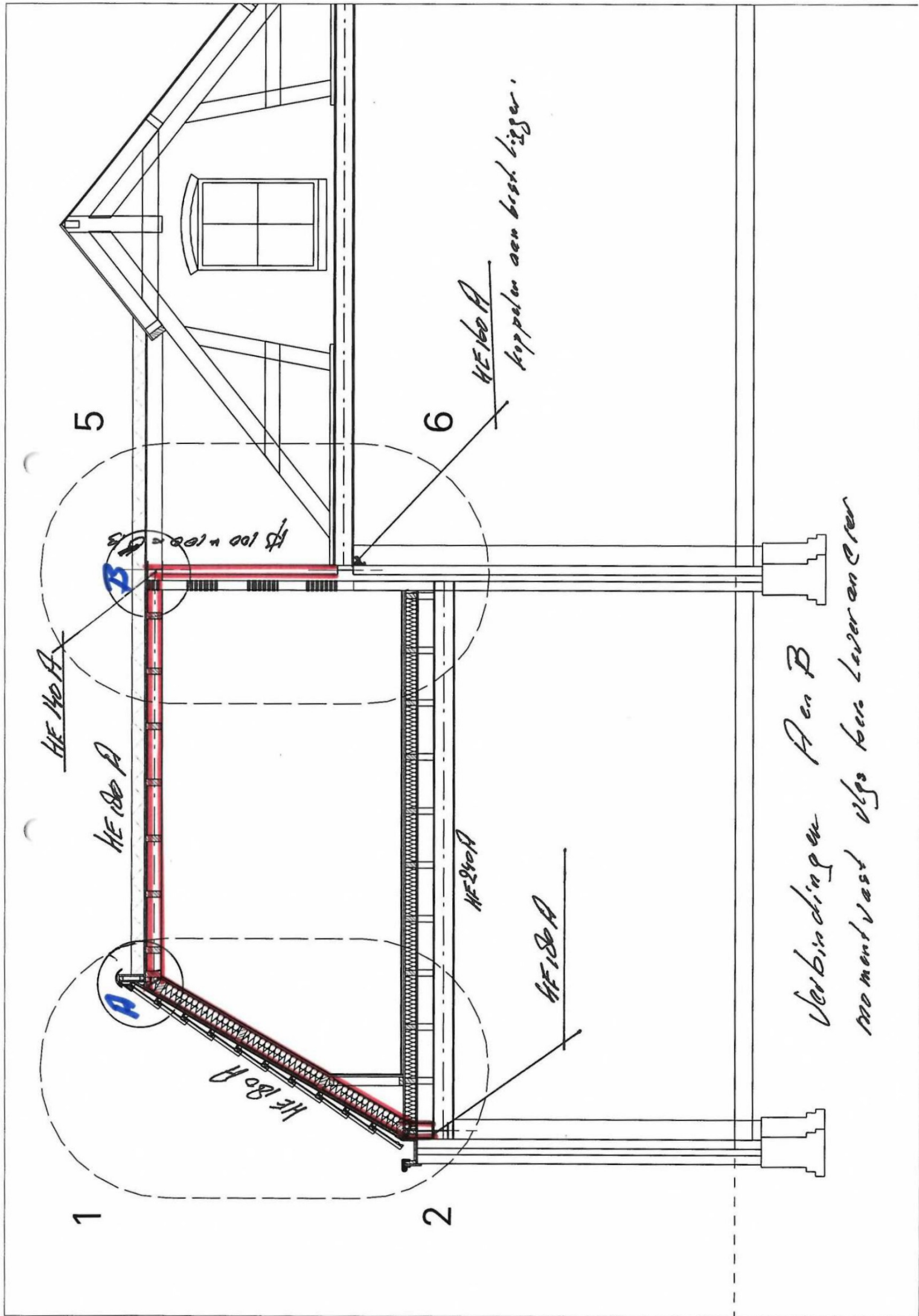
$$\text{Knikkromme } \varphi_z a \quad \alpha = 0,21$$

$$\varphi_z = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,587 - 0,2) + 0,587^2] = 0,713$$

$$\chi_z = \frac{1}{\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{0,713 + \sqrt{0,713^2 - 0,587^2}} = 0,895 \quad (6.49)$$

$W_{bij,z} = W_z - W_{BGT}$  Bijverd.z = 0,3 + 2,8 = 3 mm

$\frac{|W_{bij,z}|}{W_{bij,z,max}} = \frac{|3|}{2100 / 333} = \frac{|3|}{6,3} = 0,48 < 1,0$



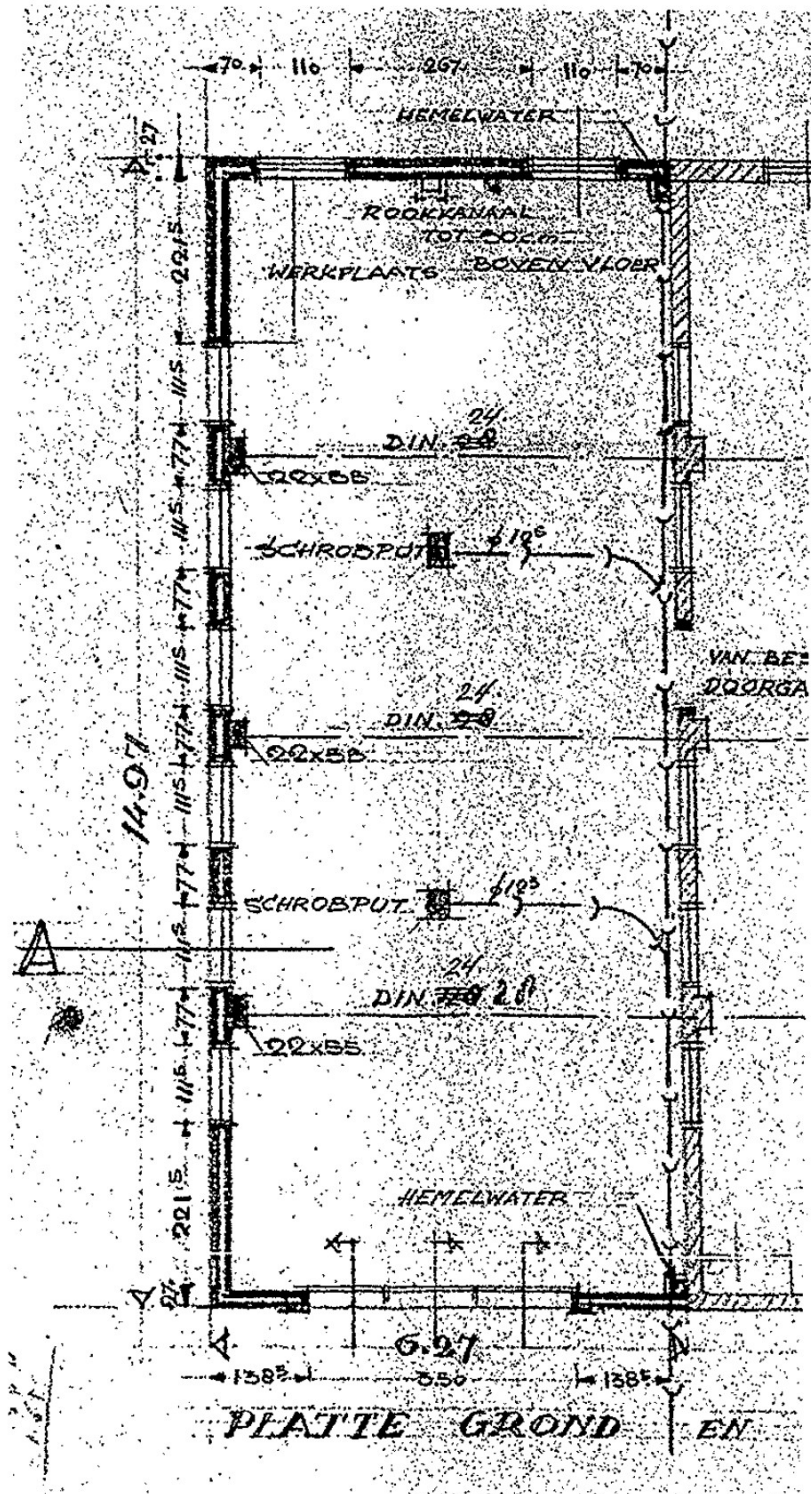
# Belasting Liggers

|                   |       |                       |                              |          |
|-------------------|-------|-----------------------|------------------------------|----------|
| Categorie         | B     | $\psi_0$              | $\psi_1$                     | $\psi_2$ |
| kantoorruimtes    |       | 0,50                  | 0,50                         | 0,30     |
| veiligheidsklasse | CC2   | blijvend<br>ongunstig | overheersend<br>veranderlijk |          |
|                   | 6,10a | 1,35                  | 1,50                         |          |
|                   | 6,10b | 1,20                  | 1,50                         |          |

## bestaande liggers 1e verd.

q1

|                     | b/ba   |   | afm.        |   | basisbel. |      | blijvend |                   | varanderlijk            |
|---------------------|--------|---|-------------|---|-----------|------|----------|-------------------|-------------------------|
| 1e verdiepingsvloer | 1,00   | x | 3,75 "      | x | 1,18 "    | =    | 4,43     | "                 |                         |
|                     | 1,00   | x | 3,75 "      | x | 3,00 "    | =    |          |                   | 11,25 "                 |
|                     | Totaal |   |             |   |           |      | 4,43     | kN/m <sup>1</sup> | 11,25 kN/m <sup>1</sup> |
| UGT verg. 6.10a     | 1,35   | x | 4,43 + 1,00 | x | 1,50      | x    | 11,25    | =                 | 22,85 kN/m1             |
| UGT verg. 6.10b     | 1,20   | x | 4,43 + 1,00 | x | 1,50      | x    | 11,25    | =                 | 22,19 kN/m1             |
| BGT verg. 6,14b     | 1,00   | x | 4,43 + 1,00 | x | 11,25 +   | 0,50 | x        | 0,00 =            | 15,68 kN/m1             |





# stalen ligger op 2 steunpunten met een q- en een F-last 1xprofiel 1: HE 0240A

werk uitbreiding bedrijfsruimte  
werknummer 6466  
onderdeel best liggers verdieping

materiaal S235  
klasse 3 flensdikte <40

## kerngegevens

norm: Eurocode NIEUWBOUW  
ontwerplevensduur klasse = 3  
gevolgklasse CC2  
correctiefactor voor formule 6.10.b  $\xi = 0,89$   
de waarde van ksi volgt uit de Nationale Bijlage

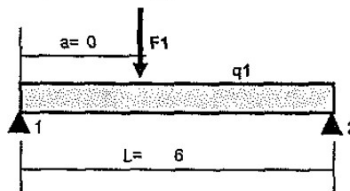
ontwerplevensduur = 50 jaar  
toepassing gebouwen en andere gewone constructies  
6.10.a 6.10.b 6.1 partiële factoren  
 $\gamma_{G,j} = 1,35$   $\xi \gamma_{G,j} = 1,20$   $\gamma_{M0} = 1,00$   
 $\gamma_{Q,1} = 1,50$   $\gamma_{Q,i} = 1,50$   $\gamma_{M1} = 1,00$   
 $\gamma_{Q,2} = 1,50$   $\gamma_{Q,i} = 1,50$   $\gamma_{M2} = 1,25$   
klpcontrole uitschakelen? nee  
eigen gewicht ligger automatisch berekenen ja

## diverse factoren

gebouwcategorie B: kantoorruimten  
(gewichtsberekening)  $\psi_0 = 0,5$   
(elastische doorbuiging)  $\psi_1 = 0,5$   
(kruip)  $\psi_2 = 0,3$   
reductiefactor vloerbelasting  $\psi_t = 1,00$

traagheidsmoment en weerstandsmoment in richting van de belasting  
belasting profiel 1: sterke as  
 $\Sigma I = 7763 \text{ cm}^4$   $\Sigma g = 0,60 \text{ kN/m'}$   
 $\Sigma W_{pl} = 745 \text{ cm}^3$   $\Sigma A = 76,8 \text{ cm}^2$   
 $\Sigma W_{el} = 675 \text{ cm}^3$   $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

liggerlengte  $L = 6 \text{ m}$   
toelaatbare einddoorbuiging 1:  $250 \cdot L$   
toelaatbare bijkomende doorbuiging 1:  $333 \cdot L$   
toegepaste zeeg 0 mm



## belastingen en combinaties

best liggers verdieping

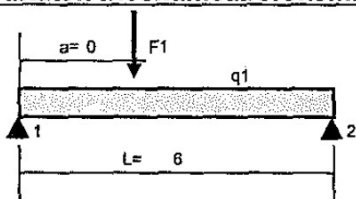
### q1:

permanente belasting  $G_{k,j} = 4,43 \text{ kN/m}$   $G_{k,j} \text{ (incl.e.g.)} = 4,43 + 0,60 = 5,03 \text{ kN/m'}$   
opgelegde belasting exteem+mom.  $\Sigma Q_{\text{ext+mom}} = 11,25 \text{ kN/m}$  STRIGED  $\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_Q \Sigma Q_{\text{ext+mom}}$   
opgelegde belasting momentaan  $\Sigma Q_{\text{mom}} = 11,25 \text{ kN/m}$  6.10.a:  $1,35 \cdot 5,03 + 1,50 \cdot 11,25 = 23,67 \text{ kN/m'}$   
STRIGED  $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_Q \Sigma Q_{\text{ext+mom}}$   
6.10.b:  $1,20 \cdot 5,03 + 1,50 \cdot 11,25 = 22,92 \text{ kN/m'}$

|     |         |      |             |      |                      |      |     |      |     |                  |      |                 |      |
|-----|---------|------|-------------|------|----------------------|------|-----|------|-----|------------------|------|-----------------|------|
| UGT | buiging | 0,67 | dwarskracht | 0,21 | onderflensinklemming | 0,12 | kip | 0,67 | BGT | u <sub>end</sub> | 0,70 | u <sub>bi</sub> | 0,65 |
|-----|---------|------|-------------|------|----------------------|------|-----|------|-----|------------------|------|-----------------|------|

## resultaten mechanica berekeningen

best liggers verdieping



| belastinggeval / combinatie          | belastingen | dwarskracht (kN)           |           | reactie (kN)               |       |
|--------------------------------------|-------------|----------------------------|-----------|----------------------------|-------|
|                                      | q1 F1       | $V_{1,2}$                  | $V_{2,1}$ | $R_1$                      | $R_2$ |
| $G_{k,j}$                            | 5,03 0,00   | -15,1                      | 15,1      | 15,1                       | 15,1  |
| $Q_{k,1} + \psi_{0,1} \cdot Q_{k,i}$ | 11,25 0,00  | -33,8                      | 33,8      | 33,8                       | 33,8  |
| ULS(1) 6.10.a                        | 23,67 0,00  | -71,0                      | 71,0      | 71,0                       | 71,0  |
| ULS(2) 6.10.b                        | 22,92 0,00  | -68,8                      | 68,8      | 68,8                       | 68,8  |
| maatgevende waarden                  |             | $V_{Ed} = 71,0 \text{ kN}$ |           | $R_{Ed} = 71,0 \text{ kN}$ |       |

| belastinggeval / combinatie          | steunpuntmoment (kNm)        |       | veldmoment (kNm)               | positie $M_{\text{veld,max}}$ (m) | vervorming (mm) |
|--------------------------------------|------------------------------|-------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
|                                      | $M_1$                        | $M_2$ | $M_{1,2}$                      | uit $R_1$                         | $u_{1,2}$       |
| $G_{k,j}$                            | 0,0                          | 0,0   | 22,6                           | 3,00                              | 5,2             |
| $Q_{k,1} + \psi_{0,1} \cdot Q_{k,i}$ | 0,0                          | 0,0   | 50,6                           | 3,00                              | 11,6            |
| ULS(1) 6.10.a                        | 0,0                          | 0,0   | 106,5                          | 3,00                              |                 |
| ULS(2) 6.10.b                        | 0,0                          | 0,0   | 103,1                          | 3,00                              |                 |
| maatgevende waarden                  | $M_{Ed,s} = 0,0 \text{ kNm}$ |       | $M_{Ed,v} = 106,5 \text{ kNm}$ |                                   |                 |

## toetsingen bruikbaarheidsgrenstoestand

best liggers verdieping

belastinggevallen en combinaties  
veld

=  $u_{1,2}$



S ligger 2 spt EC versie : 4.10.12 gekozen NDP : NL ; gebruikslicentie COMMERCIELE-versie versie-

perio tot 01-04-23

|                 |     |                                                 |     |      |
|-----------------|-----|-------------------------------------------------|-----|------|
| $U_{on}$        | $=$ | $G_{k,j}$                                       | $=$ | 5,2  |
| $U_{elastisch}$ | $=$ | $Q_{k1} + \psi_{0,1} \cdot Q_{k,i}$             | $=$ | 11,6 |
| $U_{zeeg}$      | $=$ | volgens opgave                                  | $=$ | 0,0  |
| $U_{eind}$      | $=$ | $U_{on} + U_{elastisch} + U_{krimp} + U_{zeeg}$ | $=$ | 16,9 |
| $U_{eind,toe}$  | $=$ | $U_{eind,toelaatbaar}$                          | $=$ | 24,0 |
| U.C.            | $=$ | $U_{eind} / U_{eind,toelaatbaar}$               | $=$ | 0,70 |
| $U_{bij}$       | $=$ | $U_{elastisch}$                                 | $=$ | 11,6 |
| $U_{bij,toe}$   | $=$ | $U_{bij,toelaatbaar}$                           | $=$ | 18,0 |
| U.C.            | $=$ | $U_{bij} / U_{bij,toelaatbaar}$                 | $=$ | 0,65 |

### toetsingen uiterste grenstoestand (samenvatting)

best liggers verdieping

|                                  |             |             |                            |                                                   |                                    |     |                       |     |      |    |
|----------------------------------|-------------|-------------|----------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------|-----|-----------------------|-----|------|----|
| buiging, art 6.2.5               | $M_{Ed}$    | $=$         | 106,5                      | 6.12                                              | $\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$ | $=$ | $\frac{106,5}{158,6}$ | $=$ | 0,67 | -  |
| dwarskracht, art. 6.2.6          | $V_{Ed}$    | $=$         | 71,0                       | 6.17                                              | $\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$ | $=$ | $\frac{71,0}{341,1}$  | $=$ | 0,21 | -  |
| onderflensinklemming, art. 6.3.1 | $R_1$       | $=$         | 71,0                       | 6.46                                              | $\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$ | $=$ | $\frac{71,0}{580,6}$  | $=$ | 0,12 | -  |
|                                  | $R_2$       | $=$         | 71,0                       | 6.46                                              | $\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$ | $=$ | $\frac{71,0}{580,6}$  | $=$ | 0,12 | -  |
| kip, art. 6.3.2                  | $M_{Ed}$    | $=$         | 106,5                      | 6.54                                              | $\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0$ | $=$ | $\frac{106,5}{158,6}$ | $=$ | 0,67 | -  |
| oplegglengte, art. 6.9 EC steen  | $l_{opleg}$ | $=$         | $N_{Ed} / ( \beta b f_b )$ |                                                   |                                    |     |                       |     |      |    |
|                                  | $R_1$       | $l_{opleg}$ | $=$                        | $71,0 \cdot 10^3 / ( 1,34 \cdot 240 \cdot 2,62 )$ |                                    |     |                       |     | 84   | mm |
|                                  | $R_2$       | $l_{opleg}$ | $=$                        | $71,0 \cdot 10^3 / ( 1,34 \cdot 240 \cdot 2,62 )$ |                                    |     |                       |     | 84   | mm |

### art. 6.2.5 buigend moment, enkele buiging, rekenen met gecombineerde profielgegevens

best liggers verdieping

|                                        |                            |        |       |                       |             |      |          |                   |               |      |                 |                 |
|----------------------------------------|----------------------------|--------|-------|-----------------------|-------------|------|----------|-------------------|---------------|------|-----------------|-----------------|
| rekenwaarde moment                     | $M_{Ed}$                   | =      | 106,5 | kNm                   | profiel     | =    | HE 0240A | A                 | =             | 76,8 | cm <sup>2</sup> |                 |
| reductie flensdoorsnede (boutgat)      | $A_{t,red}$                | =      | 0,0   | cm <sup>2</sup>       | kwaliteit   | =    | S235     | $\gamma_{M0}$     | =             | 1,00 | -               |                 |
|                                        |                            |        |       |                       | $f_y$       | =    | 235      | N/mm <sup>2</sup> | $\gamma_{M2}$ | =    | 1,25            | -               |
|                                        |                            |        |       |                       | $f_u$       | =    | 360      | N/mm <sup>2</sup> | $W_{pl}$      | =    | 744,6           | cm <sup>3</sup> |
|                                        |                            |        |       |                       | b           | =    | 240      | mm                | $W_{el,min}$  | =    | 675,1           | cm <sup>3</sup> |
|                                        |                            |        |       |                       | $t_f$       | =    | 12       | mm                | $W_{el,max}$  | =    | 675,1           | cm <sup>3</sup> |
|                                        |                            |        |       |                       | $A_t$       | =    | 24,0     | 1,2               | =             | 28,8 | cm <sup>2</sup> |                 |
|                                        |                            |        |       |                       | $A_{t,net}$ | =    | 28,8     | -                 | 0,0           | =    | 28,8            | cm <sup>2</sup> |
| de boutgaten mogen worden verwaarloosd |                            |        |       |                       |             |      |          |                   |               |      |                 |                 |
| 6.12                                   | $\frac{M_{Ed}}{M_{t,Red}}$ | <= 1,0 | =     | $\frac{106,5}{158,6}$ | =           | 0,67 | -        |                   |               |      |                 |                 |

de boutgaten mogen worden verwaarloosd

$$6.12 \quad \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0 = \frac{106,5}{158,6} = 0,67$$

$$6.14 \quad M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{675,1 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 158,6 \text{ kNm}$$

|                                   |          |   |                           |    |                            |   |          |                   |       |      |                 |                 |
|-----------------------------------|----------|---|---------------------------|----|----------------------------|---|----------|-------------------|-------|------|-----------------|-----------------|
| rekenwaarde dwarskracht           | $V_{Ed}$ | = | 71,0                      | kN | profiel                    | = | HE 0240A | A                 | =     | 76,8 | cm <sup>2</sup> |                 |
| profiel                           |          |   | gewalste I en H profielen |    | kwaliteit                  | = | S235     | $\gamma_{M0}$     | =     | 1,00 | -               |                 |
| hoogte van het lijf               | $h_w$    | = | 206                       | mm | $f_y$                      | = | 235      | N/mm <sup>2</sup> | $I_y$ | =    | 7763            | cm <sup>4</sup> |
| factor in formules gelast profiel | $\eta$   | = | 1                         | -  | b                          | = | 240      | mm                | $t_f$ | =    | 12              | mm              |
|                                   |          |   |                           |    | h                          | = | 230      | mm                | $t_w$ | =    | 7,5             | mm              |
| dikte in beschouwde punt          | t        | = | 6                         | mm | $S_y$                      | = | 372      | cm <sup>3</sup>   | $I_t$ | =    | 41,6            | cm <sup>4</sup> |
|                                   |          |   |                           |    | $h_w$                      | = | 230      | -                 | 12    | =    | 206             | mm              |
|                                   |          |   |                           |    | afrondingstraal in profiel |   |          | r                 | =     | 21   | mm              |                 |

$$6.17 \quad \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0 = \frac{71,0}{341,1} = 0,21$$

$$6.18 \quad V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2514 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 341,1 \text{ kN}$$

(4) Om de rekenwaarde van de elastische weerstand tegen dwarskracht  $V_{c,Rd}$  te toetsen mag, voor een kritiek punt van de doorsnede, het volgende criterium zijn gebruikt tenzij het toetsen op plooiën volgens hoofdstuk 5 van EN 1993-1-5 van toepassing is:

$$6.19 \quad \frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \gamma_{M0})} = \frac{46}{235 / (\sqrt{3} \cdot 1,00)} = 0,34$$

algemeen geldt:

$$6.20 \quad \tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} S}{I_y} = \frac{71,0 \cdot 372 \cdot 10^2}{41,6} = 57 \text{ N/mm}^2$$

$$I_y \quad t \quad 7783 \quad 6$$

(5) Voor I- of H-profielen mag de schuifspanning in het lijf als volgt zijn bepaald:

$$6.21 \quad \tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w} \text{ indien } A_f / A_w \geq 0,6 = \frac{71,0 \cdot 10^3}{1545} = 46 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_f &= b_f t_f = 240 \cdot 12 = 28,8 \cdot 10^2 \text{ cm}^2 \\ A_w &= h_w t_w = 206 \cdot 7,5 = 15,5 \cdot 10^2 \text{ cm}^2 \\ A_f / A_w &= 28,8 / 15,5 = 1,9 \end{aligned}$$

waarde voor  $\tau_{Ed}$  waarmee mag worden gerekend voor I en H-f = 46 N/mm<sup>2</sup>

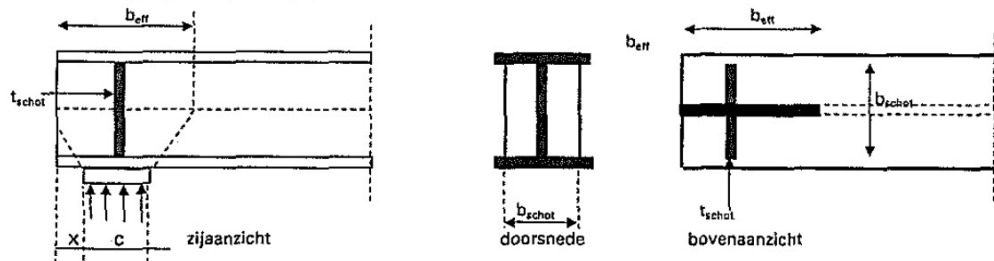
6.22 (6) Bovendien behoort, voor lijven zonder dwarsverstijvers, de weerstand tegen plooiën door afschuiving volgens hoofdstuk 5 van EN 1993-1-5 te zijn bepaald indien

$$\frac{h_w}{t_w} > 72 \frac{\varepsilon}{\eta} \text{ dus } \frac{206}{7,5} > 72 \frac{1,00}{1,00} \text{ eis } 27,5 > 72,0$$

conclusie: weerstand tegen plooiën hoeft niet te worden berekend

$$\text{met } \varepsilon = \sqrt{(235 / f_y)} = \sqrt{(235 / 235)} = 1,00$$

|       |                                          |               |       |     |            |          |                   |                 |        |                   |   |       |        |
|-------|------------------------------------------|---------------|-------|-----|------------|----------|-------------------|-----------------|--------|-------------------|---|-------|--------|
| (3) a | gewalste I en H profiel                  | $A_f = A$     | -2    | b   | $t_f$      | +        | (                 | $t_w$           | +2     | r                 | ) | $t_f$ |        |
|       |                                          | $A_f = 7680$  | -2    | 240 | 12         | +        | (                 | 7,5             | +2     | 21                | ) | 12    | = 2514 |
|       | rekenwaarde oplegreactie                 | $N_{Ed} =$    | 71,0  | kN  | profiel =  | HE 0240A | E                 | =               | 210000 | N/mm <sup>2</sup> |   |       |        |
|       | extra normaalkracht in opleggi           | $N_{extra} =$ | 0     | kN  | kwali te = | S235     |                   |                 |        |                   |   |       |        |
|       | opleg lengte                             | c =           | 100   | mm  | $f_y =$    | 235      | N/mm <sup>2</sup> | $\gamma_{M1} =$ | 1,00   | -                 |   |       |        |
|       | totale dikte schotjes                    | $t_{schot} =$ | 6     | mm  | y-richting |          |                   | z-richting      |        |                   |   |       |        |
|       | totale breedte schotjes (incl. lijf)     | $b_{schot} =$ | 200,0 | mm  | h =        | 230      | mm                | b =             | 240    | mm                |   |       |        |
|       | zij kant oplegging c tot eind ligt       | x =           | 0,0   | mm  | kromm =    | c        | $t_w =$           | 7,5             | mm     |                   |   |       |        |
|       | er worden verstijvingsschotjes toegepast |               |       |     |            |          |                   |                 |        |                   |   |       |        |



NEN 6770 art 12.2.4

$$\begin{aligned} b_{eff} &= 0,5 \sqrt{(h^2 + c^2)} + x + c/2 = 0,5 \sqrt{(230,0^2 + 100,0^2)} + 0,0 + 100 / 2 = 175,4 \text{ mm} \\ b_{eff} &< \sqrt{(h^2 + c^2)} = \sqrt{(230^2 + 100^2)} = 250,8 \text{ mm} \\ \text{kniklengte y-richting } l_{cr,y} &= 2 \cdot 230 = 460,0 \text{ mm} \\ \text{doorsnede } A &= b_{eff} t_w + (b_{schot} - t_w) t_{schot} = 175,4 \cdot 7,5 + (200,0 - 8) \cdot 6 = 24,70 \cdot 10^2 \text{ cm}^2 \\ i &= 1/12 \sqrt{(t_{schot} b_{schot}^3 + (b_{eff} - t_{schot}) t_w^3)} = 1/12 \sqrt{(6 \cdot 200,0^3 + (175,4 - 6) \cdot 7,5^3)} = 40,3 \text{ mm} \\ \text{traagheidsstraal } i &= \sqrt{I/A} = \sqrt{(400,6 \cdot 10^4 / 25 \cdot 10^2)} = 40,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

y-richting

$$6.46 \quad \frac{N_{Ed} + N_{extra}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{71,0 + 0,0}{580,6} = 0,12$$

$$6.47-6.48 \quad N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = N_{b,Rd} = 1,000 \cdot 24,7 \cdot 235 \cdot 10^1 / 1,00 = 580,6 \text{ kN}$$

$$6.49 \quad \chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} \leq 1,0 \quad \chi = \frac{1}{0,488 + \sqrt{(0,488^2 - 0,122^2)}} = 1,000$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha (\lambda - 0,2) + \lambda^2] \quad \phi = 0,5 [1 + 0,49 (0,122 - 0,2) + 0,122^2] = 0,488$$

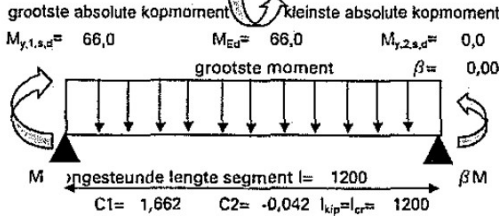
$$\begin{aligned} 6.50 \quad \lambda_y &= l_{cr,y} / i_y = 460 / 40,3 = 11,4 \\ \lambda_1 &= \pi \sqrt{(E / f_y)} = \pi \sqrt{(210000 / 235)} = 93,9 \\ \lambda_y &= \lambda_y / \lambda_1 = 11,4 / 93,9 = 0,122 \end{aligned}$$

$$\text{gemiddelde oplegspanning} = 71,0 \cdot 10^3 / (240 \cdot 100) = 2,96 \text{ N/mm}^2$$



art. 6.3.2 prismatische op buiging belaste staven (kip) Kipcontrole gebeurt altijd met alleen profiel 1 best liggers verdieping

schema van het te controleren liggersegment tussen gaffels of kipsteunen



|                           |                                                      |
|---------------------------|------------------------------------------------------|
| reductie weerstandsmoment | $W_{red} = 0,0$ cm <sup>3</sup>                      |
| reductie doorsnede        | $A_{red} = 0,0$ cm <sup>2</sup>                      |
| profiel                   | = HE 0240A E = 210000 N/mm <sup>2</sup>              |
| kwaliteit                 | = S235 A = 76,8 cm <sup>2</sup>                      |
| $f_y$                     | = 235 N/mm <sup>2</sup> G = 80769 N/mm <sup>2</sup>  |
| $h$                       | = 230 mm $\gamma_{M1}$ = 1,00 -                      |
| $t_f$                     | = 12 mm b = 240 mm                                   |
| $I_y$                     | = 7763 cm <sup>4</sup> $t_w$ = 7,5 mm                |
| $I_z$                     | = 100,5 mm $I_z$ = 2769 cm <sup>4</sup>              |
| $W_{y,el}$                | = 675,1 cm <sup>3</sup> $I_z$ = 60,0 mm              |
| $W_{y,pl}$                | = 744,6 cm <sup>3</sup> $I_z$ = 41,6 cm <sup>4</sup> |
| $W_{y,eff}$               | = 675,1 cm <sup>3</sup> h/b = 0,96 -                 |

invoergegevens tbc kipcontrole

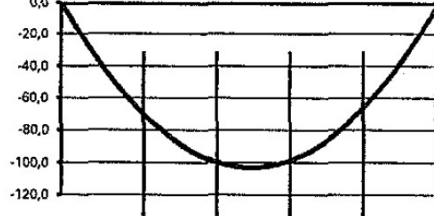
|                            |                                 |
|----------------------------|---------------------------------|
| basisgeval uit NEN 6771    | tabel 10, q-last en kopmomenten |
| momentenverloop            | parabool scharnierend           |
| soort profiel              | gewalste I- en H-profielen      |
| aangrijpingspunt belasting | zwaartepunt bovenflens          |
| wijze zijdelingse steuner  | tussen 2 gaffels                |

aanvullende invoer via een liggerberekeningen:

|                          |                             |
|--------------------------|-----------------------------|
| invoer van de kipsteunen | door gelijkmatige verdeling |
| te controleren veld      | veld 1                      |
| grenstoestand            | UGT2 vol - 6.10.b           |

|                                                  |         |
|--------------------------------------------------|---------|
| aantal kipsteunen                                | n = 4 - |
| te controleren liggerdeel (tussen de kipsteunen) | 1 -     |

momentenlijn gekozen veld en kipsteunen



$M_{y,1,s,d} = 66,0$   $M_{y,2,s,d} = 0,0$   $M_{Ed} = 66,0$  kNm  
 $l_n = 6000$

"tekenafpraak" getekende momentenlijn wijkt af van de mechanica-berekeni

kipcontrole algemeen:  $0,42$  kipcontrole gewalst profiel  $0,42$

NEN 6771 art.12.2.5.3 bepaling vervangende ongesteunde kiplengte

tussen twee gaffels  $l_{kp} = l_{st} = 1200$  mm  
 tussen een gaffel en een kipsteun of tussen twee kipsteunen  
 $l_{kp} = (1,4 - 0,8 \beta) l_{st}$  echter  $1,0 \leq l_{kp} / l_{st} \leq 1,4$   
 $f_2 = (1,4 - 0,8 \beta) = (1,4 - 0,00) = 1,40$   
 deze factor is niet van toepassing, zodat  $f_2 = 1,00$

Er wordt gerekend met de volgende gegevens:

|                                                      |                     |
|------------------------------------------------------|---------------------|
| lengte ligger tussen de gaffels                      | $l_n = 6000$ mm     |
| ongesteunde horizontale lengte                       | $l = 1200$ mm       |
| rekenwaarde buigend moment                           | $M_{Ed} = 66,0$ kNm |
| kopmoment met grootste absolute waarde $M_{y,1,s,d}$ | $66,0$ kNm          |
| kopmoment met kleinste absolute waarde $M_{y,2,s,d}$ | $0,0$ kNm           |

$l_{st} = f_1 l = 1,00 \cdot 1200 = 1200$  mm  
 $l_{kp} = l_{cr} = f_2 l_{st} = 1,00 \cdot 1200 = 1200$  mm  
 reken met een ongesteunde leng  $l_{kp} = l_{cr} = 1200$  mm  
 afstand horizontale steun 1 v.a linker steunpunt  $0,00$  m  
 afstand horizontale steun 2 v.a linker steunpunt  $1,20$  m

|                                                          |                 |
|----------------------------------------------------------|-----------------|
| invloedsfactor uit tabel C1                              | $C_1 = 1,66$ -  |
| invloedsfactor uit tabel C                               | $C_2 = -0,04$ - |
| verhouding $\varphi = \beta = M_{y,2,s,d} / M_{y,1,s,d}$ | $= 0,00$ -      |
| tabel 10, q-last en kopmomenten                          | $B^* = 0,94$    |

$$\text{factor } B^* = \frac{8}{8} \cdot \frac{M}{M} \cdot \frac{1}{l_{st}^2} = \frac{8}{8} \cdot \frac{66,0}{1200^2} = 0,94$$

$$B^* = \frac{8}{8} \cdot \frac{66,0}{66,0 + 22,9} \cdot \frac{1}{1200^2} = 0,94$$

toetsing kip art. 6.3.2.2 kipprommen - Algemeen

let op: de waarden voor C1 en C2 moet uit de tabellen 9 t/m 13 worden gebruik bij formule 6.56 kromme a

$$6.54 \quad \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{66,0}{158,6} = 0,42$$

$$6.55 \quad M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y f_y / \gamma_{M1} \quad M_{b,Rd} = 1,000 \cdot 675,1 \cdot 235 \cdot 10^{-6} / 1,00 = 158,6 \text{ kNm}$$

$$6.56 \quad \chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} \leq 1,0 \quad \chi_{LT} = \frac{1}{0,505 + \sqrt{0,505^2 - 0,145^2}} = 1,012$$

maatgevende waarde  $\chi_{LT} = 1,000$

$$\Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2] \quad \Phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,21 (0,145 - 0,2) + 0,145^2] = 0,505$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{W_y \cdot f_y / M_{cr}} = \sqrt{675,1 \cdot 235 \cdot 10^{-3} / 7543} = 0,145$$

$$12.2.7 \quad M_{cr} = M_{kcr} = k_{cr} C / I_y \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t} = 1,00 \cdot 102 \cdot \sqrt{210000 \cdot 2769 \cdot 80769 \cdot 41,6 \cdot 10^8} = 7543 \text{ kNm}$$

b) dubbel-symmetrische profielen :  $h / t_f \leq 75 = 230 / 12 = 19,2$  -  
aan deze eis wordt voldaan

c) dubbel-symmetrische profielen :  $\alpha = h t_f 10^{12} / t_w^3 b t_f^2 \leq 575 = \frac{230}{7,5^3} \frac{12}{240} \frac{10^{12}}{6000^2} = 757$  -  
aan deze eis wordt niet voldaan

$k_{red} = \text{als } h / t_w > 75: k_{red} = -5,4 \cdot 10^{-5} \alpha + 1,03 = -5,4 \cdot 10^{-5} \cdot 757 + 1,03 = 0,989$

$h / t_w = 230 / 7,5 = 30,667$   $\alpha = 757$  eis < 5000 conclusie:  $k_{red} = 1,00$  -  
toepassingsgebied voor art. 12.2.1 NEN 6770

12.2.5.3  $C = \pi \frac{C_1}{l_{kip}} \frac{l_g}{l_{kip}} \left[ \sqrt{1 + \frac{\pi^2 S^2}{l_{kip}^2}} (C_2^2 + 1) + \pi \frac{C_2 S}{l_{kip}} \right]$   
NEN 6771

$C = \pi \frac{1,662}{1200} \frac{6000}{1200} \left[ \sqrt{1 + \frac{9,870}{1200^2} 1513,8^2} (-0,042^2 + 1) + \pi \frac{-0,042}{1200} 1513,8 \right] = 102,4$  -

12.2.11.b  $S = \frac{h}{2} \sqrt{\left( \frac{E_d}{G_d} \frac{I_z}{I_l} \right)} = \frac{230}{2} \sqrt{\left( \frac{210000}{80769} \frac{2769,0}{41,6} \right)} = 1513,8$  -  
benadering geldt alleen voor I-profielen

toetsing kip art. 6.3.2.3 kipkrommen voor gewalste profielen of equivalente gelaste profielen

6.54  $\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{66,015}{158,6} = 0,42$  - gebruik bij formule 6.57 kromme b

6.55  $M_{b,Rd} = \chi_{LT,mod} W_y f_y / \gamma_{M1} = 1,000 \cdot 675,1 \cdot 235 \cdot 10^6 / 1,00 = 158,6$  kNm  
 $M_{cr} = 7543$   $\lambda_{LT} = 0,15$  als bij berekening 6.3.2.2 kipkrommen algemeen

6.57  $\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2}} \leq 1,0$   $\chi_{LT} = \frac{1}{0,465 + \sqrt{0,465^2 - 0,75 \cdot 0,145^2}} = 1,000$  -  
 $\chi_{LT} \leq 1 / \lambda_{LT}^2 = 1 / 0,15^2 = 47,5$  - maatgevende waarde  $\chi_{LT} = 1,000$  -

6.58  $\chi_{LT,mod} = \chi_{LT} / f = 1,000 / 1,00 = 1,004$  - reken met  $\chi_{LT,mod} = 1,000$  -  
 $f = 1 - 0,5(1 - k_\phi) [1 - 2,0(\lambda_{LT} - 0,8)^2] \leq 1,0$   $f = 1 - 0,5(1 - 0,94) [1 - 2,0(0,145 - 0,8)^2] = 0,996$  -  
kip  $\Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \lambda_{LT}^2]$   $\Phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,34 (0,15 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,15^2] = 0,465$  -

NEN-EN 1996-1-1 art. 6.3.1 invoer t.b.v. bepaling druksterkte metselwerk voor berekening van de opleglengte

|                                                     |                                                         |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| materiaal                                           | = baksteen                                              |
| gemiddelde druksterkte steen                        | $f_b = 15$ N/mm <sup>2</sup>                            |
| soort mortel                                        | = metselmortel                                          |
| de steen wordt ingedeeld in categorie               | = II                                                    |
| doorgaande mortelvoeg // aan vlak van de wand?      | = nee 3.6.2.1(6)                                        |
| perforaties in steen                                | $\leq 0$ % lintvoegen: $\geq 6,0$ mm en $\leq 15$ mm    |
| gemiddelde druksterkte mortel                       | $f_m = 7,5$ N/mm <sup>2</sup> $N_{Rdc} = \beta A_b f_d$ |
| hoogte van wand tot niveau onder de last            | $h_c = 2800$ mm                                         |
| afstand einde wand tot zijkant rand oplegvlak links | $a_{1,r} = 500$ mm                                      |
| afstand einde wand tot zijkant rand oplegvlak rech  | $a_{1,r} = 500$ mm                                      |

3.6.1.2 karakteristieke druksterkte van metselwerk m.u.v. "shell bedded" metselwerk op basis van samenstellende materialen

3.1  $f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta = 1,0 \cdot 0,6 \cdot 15^{0,65} \cdot 7,5^{0,25} = 5,8$  N/mm<sup>2</sup>  
K

2.4.3(1) bepaling rekenwaarde van de druksterkte  $f_d = f_k / \gamma_M = 5,8 / 2,2 = 2,62$  N/mm<sup>2</sup>

$\beta = \text{kleinste waarde van } 1,25 + a_1 / 2 h_c \text{ en } 1,1 = 1,25 + 500 / 2 \cdot 2800 = 1,34$  reken met  $\beta = 1,34$  -

opmerking

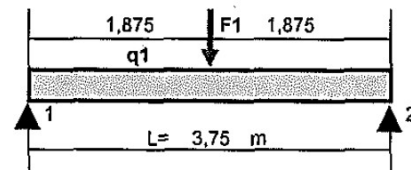


## balklaag in een houten vloer , berekening volgens eurocode 5

71 mm x 171 mm - 325 mm  
naaldhout C24

werk = uitbreiding bedrijfsgebouw  
werknummer = 6466  
onderdeel = balklaag versterken bestaande vloer

|                                                  |                                         |                        |                                        |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------|----------------------------------------|
| norm                                             | Eurocode NIEUWBOUW                      | ontwerplevensduur      | = 50 jaar                              |
| ontwerplevensduur klasse                         | = 3                                     | toepassing             | gebouwen en andere gewone constructies |
| gevolgklasse CC                                  | = CC1                                   | belasting-<br>factoren | formule 6.10.a      formule 6.10.b     |
| correctiefactor voor formule 6.10.b              | $\xi = 0,89$                            | $\gamma_{GJ} = 1,22$   | $\xi \gamma_{GJ} = 1,08$               |
| de waarde van ksi volgt uit de Nationale Bijlage |                                         | $\gamma_{Q1} = 1,35$   | $\gamma_{Q1} = 1,35$                   |
| gebouwcategorie                                  | A: woon- en verblijfsruimtes            | $\gamma_{Q2} = 1,35$   | $\gamma_{Q2} = 1,35$                   |
| (gewichtsberekening)                             | $\psi_0 = 0,4$                          |                        |                                        |
| (elastische doorbuiging)                         | $\psi_1 = 0,5$                          |                        |                                        |
| (kruip)                                          | $\psi_2 = 0,3$                          |                        |                                        |
| reductiefactor vloerbelasting                    | $\psi_3 = 1,00$                         |                        |                                        |
| overige invoergegevens:                          |                                         |                        |                                        |
| liggerlengte                                     | L = 3,75 m                              |                        |                                        |
| te dragen m' vloer (h.o.h.)                      | a = 0,325 m                             |                        |                                        |
| opleglengte t.p.v. ondersteuning                 | b = 50 mm                               |                        |                                        |
| dikte beplanking                                 | t = 25 mm                               |                        |                                        |
| elasticiteitsmodulus beplanking                  | $E_{0,mean,k} = 5000$ N/mm <sup>2</sup> |                        |                                        |
| breedte vloerveld (berekening trillingen)        | b = 5 m                                 |                        |                                        |
| belastingen                                      |                                         |                        |                                        |
| eigen gewicht van de vloerconstructie            | $G_{k,j} = 0,54$ kN/m <sup>2</sup>      |                        |                                        |
| dominante belasting extreem                      | $Q_{k1} = 2,5$ kN/m <sup>2</sup>        |                        |                                        |
| verplaatsbare scheidingswanden                   | $Q_{k1} = 0,8$ kN/m <sup>2</sup>        |                        |                                        |
| puntlast                                         | F = 3 kN                                |                        |                                        |
| vervormingseisen en zeeg                         |                                         |                        |                                        |
| toelaatbare einddoorbuiging                      | 1: 250 * L                              |                        |                                        |
| toelaatbare bijkomende doorbuiging               | 1: 333,3 * L                            |                        |                                        |
| toegepaste zeeg                                  | = 0 mm                                  |                        |                                        |



| berekening eigen gewicht vloerconstructie $G_{k,j}$ in kN/m <sup>2</sup> |             |          |                              |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------|----------|------------------------------|
|                                                                          | d(m)        | $\gamma$ |                              |
| beplanking t                                                             | 0,025       | *        | 6,5 kN/m <sup>3</sup> = 0,16 |
| plafond                                                                  | 0,015       | *        | 9 kN/m <sup>3</sup> = 0,14   |
| overige                                                                  |             | *        | kN/m <sup>3</sup> = 0,00     |
|                                                                          | b(m)        | h(m)     | $\gamma$                     |
| balken                                                                   | 0,071       | 0,171    | 5,5                          |
| tengels                                                                  | 0,06        | 0,03     | 5,5                          |
| overige belastingen                                                      |             |          |                              |
|                                                                          |             |          | totaal $G_{k,j} = 0,54$      |
| $u_{bind}$                                                               | $\leq 3750$ | /        | 250 = 15,0 mm                |
| $u_{bij}$                                                                | $\leq 3750$ | /        | 333,3 = 11,3 mm              |

## materiaalfactoren, hoogtefactor en modificatiefactoren

|                                        |                  |                                   |                             |
|----------------------------------------|------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| sterkteklasse                          | = naaldhout C24  | materiaalfactor sterkte           | $\gamma_M = 1,30$           |
| materiaal                              | = gezaagd hout   | hoogtefactor treksterkte; breedte | $k_s = 1,16$                |
| houtbreedte                            | b = 71 mm        | hoogtefactor buigsterkte; hoogte  | $k_h = 1,00$                |
| houthoogte                             | h = 171 mm       | modificatiefactor sterkte         | $k_{mod} = 0,80$ middellang |
| klimaatklasse                          | = 1              | modificatiefactor treksterkte     | $k_{mod} = 0,65$ middellang |
| belastingduurklasse comb. veranderlijk | = middellang     | modificatiefactor sterkte         | $k_{mod} = 0,60$ blijvend   |
| belastingduurklasse alleen permanent   | = blijvend       | modificatiefactor treksterkte     | $k_{mod} = 0,50$ blijvend   |
| factor voor volume-effect              | s = 0,12 bij LVL | modificatiefactor vervorming      | $k_{def} = 0,60$            |
| de eigen frequentie van de vloer       | f1 = 15 Hz       |                                   |                             |

| unity-checks           |         |      |         |      |                             |            |      |      |           |      |
|------------------------|---------|------|---------|------|-----------------------------|------------|------|------|-----------|------|
| uiterste grenstoestand | buiging | 0,56 | dwarskr | 0,21 | bruikbaarheidsgrenstoestand | $u_{bind}$ | 0,81 | 0,55 | $u_{bij}$ | 0,96 |
|                        |         |      |         |      |                             |            |      |      |           | 0,60 |



## materiaal- en profielgegevens

balklaag versterken bestaande vloer

|                             | $f_{m,k}$              | 24    | N/mm <sup>2</sup> | $f_{m,d}$       | 1 | 1,00      | 0,80   | 24    | /       | 1,30 | middellang |                                      |
|-----------------------------|------------------------|-------|-------------------|-----------------|---|-----------|--------|-------|---------|------|------------|--------------------------------------|
| buigsterkte                 | $f_{m,k}$              | 24    | N/mm <sup>2</sup> | $f_{m,d}$       | 1 | 1,00      | 0,80   | 24    | /       | 1,30 | =          | 14,77 N/mm <sup>2</sup>              |
| treksterkte                 | $f_{t,0,k}$            | 14,5  | N/mm <sup>2</sup> | $f_{t,0,d}$     | 1 | 1,00      | 1,16   | 0,80  | 14,5    | /    | 1,30       | = 10,36 N/mm <sup>2</sup>            |
| treksterkte                 | $f_{t,90,k}$           | 0,4   | N/mm <sup>2</sup> | $f_{t,90,d}$    | 1 |           | 0,65   | 0,4   | /       | 1,30 | =          | 0,20 N/mm <sup>2</sup>               |
| druksterkte                 | $f_{c,0,k}$            | 21    | N/mm <sup>2</sup> | $f_{c,0,d}$     | 1 |           | 0,80   | 21    | /       | 1,30 | =          | 12,92 N/mm <sup>2</sup>              |
| druksterkte                 | $f_{c,90,k}$           | 2,5   | N/mm <sup>2</sup> | $f_{c,90,d}$    | 1 |           | 0,80   | 2,5   | /       | 1,30 | =          | 1,54 N/mm <sup>2</sup>               |
| schuifsterkte               | $f_{v,k}$              | 4     | N/mm <sup>2</sup> | $f_{v,d}$       | 1 |           | 0,80   | 4     | /       | 1,30 | =          | 2,46 N/mm <sup>2</sup>               |
| elasticiteitsmodulus        | $E_{0,mean,k}$         | 11000 | N/mm <sup>2</sup> | $E_{0,mean,d}$  | 1 |           | 1,00   | 11000 | /       | 1,00 | =          | 11000 N/mm <sup>2</sup>              |
| volumieke massa             | $\rho_k$               | 350   | kg/m <sup>3</sup> | $E_{0,w,d}$     | 1 |           | 0,80   | 11000 | /       | 1,30 | =          | 6769 N/mm <sup>2</sup>               |
| glijdingsmodulus            | $G_k$                  | 690   | N/mm <sup>2</sup> | $G_d$           | 1 |           | 1,00   | 690   | /       | 1,00 | =          | 690 N/mm <sup>2</sup>                |
| elasticiteitsmodi naaldhout | $E_{90,mean,k}$        | 370   | N/mm <sup>2</sup> | $E_{90,mean,d}$ | 1 |           | 1,00   | 370   | /       | 1,00 | =          | 370 N/mm <sup>2</sup>                |
| elasticiteitsmodi loofhout  | $E_{90,mean,k}$        | 370   | N/mm <sup>2</sup> | $E_{90,mean,d}$ | 1 |           | 1,00   | 370   | /       | 1,00 | =          | 370 N/mm <sup>2</sup>                |
| elasticiteitsmodulus        | $E_{0,05,k}$           | 7400  | N/mm <sup>2</sup> | $E_{0,05,d}$    | 1 |           | 1,00   | 7400  | /       | 1,00 | =          | 7400 N/mm <sup>2</sup>               |
| traagheidsmoment            | $I_y$                  | 1     | * $1/12 bh^3$     |                 | = | 1         | $1/12$ | 71    | $171^3$ |      | =          | 2958 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup> |
| traagheidsmoment            | $I_z$                  | 1     | * $1/12 hb^3$     |                 | = | 1         | $1/12$ | 171   | $71^3$  |      | =          | 510 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>  |
| weerstandsmoment            | $W_y$                  | 1     | * $1/6 bh^2$      |                 | = | 1         | $1/6$  | 71    | $171^2$ |      | =          | 346 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>  |
| weerstandsmoment            | $W_z$                  | 1     | * $1/6 hb^2$      |                 | = | 1         | $1/6$  | 171   | $71^2$  |      | =          | 144 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>  |
| oppervlak                   | $A$                    | 1     | *bh               |                 | = | 1         |        | 71    | $171$   |      | =          | 121 10 <sup>2</sup> mm <sup>2</sup>  |
| traagheidsstraal            | $i_y = \sqrt{I_y / A}$ |       |                   |                 | = | $\sqrt{}$ | (      | 2958  | /       | 121  | )          | = 49,4 mm                            |
| traagheidsstraal            | $i_z = \sqrt{I_z / A}$ |       |                   |                 | = | $\sqrt{}$ | (      | 510   | /       | 121  | )          | = 20,5 mm                            |

## berekening belastingen

balklaag versterken bestaande vloer

|    |                            |                            |                |      |               |                                 |        |      |                    |                   |   |                         |
|----|----------------------------|----------------------------|----------------|------|---------------|---------------------------------|--------|------|--------------------|-------------------|---|-------------------------|
| q1 | permanente belasting       | $G_{k,j} = 0,325$          | *              | 0,54 |               |                                 |        |      |                    |                   | = | 0,17 kN/m'              |
|    | opgelegde belasting        | $Q_{k,1} = 0,325$          | 1,00           | *    | ( 2,5 + 0,8 ) |                                 |        |      | inclusief $\psi_t$ |                   | = | 1,07 kN/m'              |
| F1 | spreading puntlast         | $l = 0,025^3 / 12 = 1E-06$ | m <sup>4</sup> | =    | 130,21        | 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup> | El=    | 5000 | 1E-06              | 10 <sup>6</sup> = |   | 6510,4 kNm <sup>2</sup> |
|    | $k_r > 0,33$ en $\leq 1,0$ | $k_r = 0,37$               | +              | 0,8  | 0,325         | -                               | 6510,4 | /    | 50000              |                   | = | 0,50 -                  |
|    | opgelegde belasting        | $F_k = 0,500$              | *              | 3,00 |               |                                 |        |      |                    |                   | = | 1,50 kN                 |

### berekende belasting

belastingen voor de bruikbaarheidsgrenstoestand, NEN-EN 1995 formules 2.2 t/m 2.5

|                                        |                 |   |      |      |      |                    |      |      |   |  |   |            |
|----------------------------------------|-----------------|---|------|------|------|--------------------|------|------|---|--|---|------------|
| $G_{k,j}$                              | ( $u_{on}$ )    | = |      | 0,17 |      |                    |      |      |   |  | = | 0,17 kN/m' |
| $Q_{k,1}$                              | ( $u_{elas}$ )  | = |      | 1,07 |      | inclusief $\psi_t$ |      |      |   |  | = | 1,07 kN/m' |
| $k_{def} * (G_{k,j} + \psi_2 Q_{k,1})$ | ( $u_{krulp}$ ) | = | 0,60 | (    | 0,17 | +                  | 0,30 | 1,07 | ) |  | = | 0,30 kN/m' |
| $F_k = k_r * F$                        | ( $u_{elas}$ )  | = |      |      |      |                    |      |      |   |  | = | 1,50 kN    |

belastingen voor de uiterste grenstoestand, NEN-EN 1990 formules 6.10.a en 6.10.b

eigen gewicht + gelijkmatig verdeelde belasting

|                                                                 |         |      |      |   |      |      |      |  |  |  |   |            |
|-----------------------------------------------------------------|---------|------|------|---|------|------|------|--|--|--|---|------------|
| $\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ (ULS1) | $q_d =$ | 1,22 | 0,17 | + | 1,35 | 0,4  | 1,07 |  |  |  | = | 0,79 kN/m' |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ (ULS2)        | $q_d =$ | 1,08 | 0,17 | + | 1,35 | 1,07 |      |  |  |  | = | 1,64 kN/m' |

eigen gewicht + puntlast in het midden

|                                                                 |         |      |      |   |            |         |      |      |      |   |         |
|-----------------------------------------------------------------|---------|------|------|---|------------|---------|------|------|------|---|---------|
| $\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ (ULS1) | $q_d =$ | 1,22 | 0,17 | = | 0,21 kN/m' | $F_d =$ | 1,35 | 0,40 | 1,50 | = | 0,81 kN |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ (ULS2)        | $q_d =$ | 1,08 | 0,17 | = | 0,19 kN/m' | $F_d =$ | 1,35 | 1,50 |      | = | 2,02 kN |

eigen gewicht + puntlast vlak bij de oplegging

|                                                                 |         |      |      |   |            |         |      |      |      |   |         |
|-----------------------------------------------------------------|---------|------|------|---|------------|---------|------|------|------|---|---------|
| $\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ (ULS1) | $q_d =$ | 1,22 | 0,17 | = | 0,21 kN/m' | $F_d =$ | 1,35 | 0,40 | 3,00 | = | 1,62 kN |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ (ULS2)        | $q_d =$ | 1,08 | 0,17 | = | 0,19 kN/m' | $F_d =$ | 1,35 | 3,00 |      | = | 4,05 kN |

|                                   |         |      |      |      |                                        |  |  |  |  |   |            |
|-----------------------------------|---------|------|------|------|----------------------------------------|--|--|--|--|---|------------|
| $\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ | $q_d =$ | 1,35 | 0,40 | 1,07 | t.b.v. berekening reductie dwarskracht |  |  |  |  | = | 0,58 kN/m' |
| $\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$            | $q_d =$ | 1,35 | 1,07 |      | t.b.v. berekening reductie dwarskracht |  |  |  |  | = | 1,45 kN/m' |



## resultaten mechanica berekeningen

balklaag versterken bestaande vloer

### reacties

karacteristieke waarden t.b.v. afdracht naar andere constructieonderdelen

|                                        |               |     |      |      |   |      |    |
|----------------------------------------|---------------|-----|------|------|---|------|----|
| $G_{k,j}$                              | $R_{G,k,j} =$ | 0,5 | 0,17 | 3,75 | = | 0,33 | kN |
| $Q_{k,1}$                              | $R_{Q,k,j} =$ | 0,5 | 1,07 | 3,75 | = | 2,01 | kN |
| $k_{def} * (G_{k,j} + \psi_2 Q_{k,1})$ | $R_{kruip} =$ | 0,5 | 0,30 | 3,75 | = | 0,56 | kN |

uiterste grenstoestand : eigen gewicht + gelijkmatig verdeelde belasting

|                                                                 |                |      |      |   |      |    |
|-----------------------------------------------------------------|----------------|------|------|---|------|----|
| $\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ (ULS1) | $R_{Ed} = 1/2$ | 0,79 | 3,75 | = | 1,48 | kN |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ (ULS2)        | $R_{Ed} = 1/2$ | 1,64 | 3,75 | = | 3,07 | kN |

uiterste genstoestand : eigen gewicht + puntlast vlak bij de oplegging

|                                                                 |                |      |      |   |                              |            |             |    |
|-----------------------------------------------------------------|----------------|------|------|---|------------------------------|------------|-------------|----|
| $\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ (ULS1) | $R_{Ed} = 1/2$ | 0,21 | 3,75 | + | 1,62 ( 3,75 - 0,171 ) / 3,75 | =          | 1,94        | kN |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ (ULS2)        | $R_{Ed} = 1/2$ | 0,19 | 3,75 | + | 4,05 ( 3,75 - 0,171 ) / 3,75 | =          | 4,22        | kN |
|                                                                 |                |      |      |   |                              | $R_{Ed} =$ | <b>4,22</b> | kN |

### dwarskrachten

eigen gewicht + gelijkmatig verdeelde belasting

|                                                                 |            |      |   |                         |      |   |      |    |
|-----------------------------------------------------------------|------------|------|---|-------------------------|------|---|------|----|
| $\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ (ULS1) | $V_{Ed} =$ | 1,48 | - | ( 0,5 0,050 + 0,171 ) * | 0,58 | = | 1,37 | kN |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ (ULS2)        | $V_{Ed} =$ | 3,07 | - | ( 0,5 0,050 + 0,171 ) * | 1,45 | = | 2,78 | kN |

eigen gewicht + puntlast vlak bij de oplegging

|                                                                 |            |      |  |  |  |            |             |    |
|-----------------------------------------------------------------|------------|------|--|--|--|------------|-------------|----|
| $\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ (ULS1) | $V_{Ed} =$ | 1,94 |  |  |  | =          | 1,94        | kN |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ (ULS2)        | $V_{Ed} =$ | 4,22 |  |  |  | =          | 4,22        | kN |
|                                                                 |            |      |  |  |  | $V_{Ed} =$ | <b>4,22</b> | kN |

geen dwarskrachtreductie t.g.v. het eigen gewicht!

### momenten

eigen gewicht + gelijkmatig verdeelde belasting

|                                                                 |         |       |      |                   |   |      |     |
|-----------------------------------------------------------------|---------|-------|------|-------------------|---|------|-----|
| $\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$ (ULS1) | $M_d =$ | 0,125 | 0,79 | 3,75 <sup>2</sup> | = | 1,39 | kNm |
| $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ (ULS2)        | $M_d =$ | 0,125 | 1,64 | 3,75 <sup>2</sup> | = | 2,88 | kNm |

eigen gewicht + puntlast in het midden

|                                                            |        |       |      |                   |   |      |      |      |      |              |             |     |
|------------------------------------------------------------|--------|-------|------|-------------------|---|------|------|------|------|--------------|-------------|-----|
| $\gamma_{G,i}G_{k,i}+\gamma_{Q,1}\psi_{0,1}Q_{k,1}$ (ULS1) | $M_d=$ | 0,125 | 0,21 | 3,75 <sup>2</sup> | + | 0,25 | 0,4  | 2,02 | 3,75 | =            | 1,13        | kNm |
| $\xi\gamma_{G,i}G_{k,i}+\gamma_{Q,1}Q_{k,1}$ (ULS2)        | $M_d=$ | 0,125 | 0,19 | 3,75 <sup>2</sup> | + | 0,25 | 2,02 | 3,75 |      | =            | 2,23        | kNm |
|                                                            |        |       |      |                   |   |      |      |      |      | $M_{Ed,y} =$ | <b>2,88</b> | kNm |

### vervormingen

|                                        |             |   |      |                                                        |   |      |    |
|----------------------------------------|-------------|---|------|--------------------------------------------------------|---|------|----|
| $G_{k,j}$                              | $u_{1,2} =$ | 5 | 0,17 | 3750 <sup>4</sup> / ( 384 11000 2958 10 <sup>4</sup> ) | = | 1,38 | mm |
| $Q_{k,1}$                              | $u_{1,2} =$ | 5 | 1,07 | 3750 <sup>4</sup> / ( 384 11000 2958 10 <sup>4</sup> ) | = | 8,49 | mm |
| $k_{def} * (G_{k,j} + \psi_2 Q_{k,1})$ | $u_{1,2} =$ | 5 | 0,30 | 3750 <sup>4</sup> / ( 384 11000 2958 10 <sup>4</sup> ) | = | 2,35 | mm |
| $F_k = k_r * F$                        | $u_{1,2} =$ |   | 1499 | 3750 <sup>3</sup> / ( 48 11000 2958 10 <sup>4</sup> )  | = | 5,06 | mm |

alternatieve berekening kruip:

|                 |   |                                        |   |                                    |   |      |    |
|-----------------|---|----------------------------------------|---|------------------------------------|---|------|----|
| met q-belasting | = | $k_{def} * (G_{k,j} + \psi_2 Q_{k,1})$ | = | 0,6 * ( 1,38 + 0,3 * 8,49 q-last ) | = | 2,35 | mm |
| met puntlast    | = | 0,6 * ( 1,38 + 0,3 * 5,06 F-last )     | = |                                    | = | 1,74 | mm |

## toetsingen bruikbaarheidsgrenstoestand

balklaag versterken bestaande vloer

|                                                            |   |             |             |
|------------------------------------------------------------|---|-------------|-------------|
| combinatie                                                 | = | eg + q      | eg + F      |
| veld                                                       | = | $u_{1,2}$   | $u_{1,2}$   |
| $u_{on} = G_{k,j}$                                         | = | 1,38        | 1,38        |
| $u_{elastisch} = Q_{k,1}$ of $k_r * F$                     | = | 8,49        | 5,06        |
| $u_{kruip} = k_{def} * (G_{k,j} + \psi_2 Q_{k,1})$         | = | 2,35        | 1,74        |
| $u_{zeeg} =$ volgens opgave                                | = | 0,00        | 0,00        |
| $u_{eind} = u_{on} + u_{kruip} + u_{elastisch} - u_{zeeg}$ | = | 12,22       | 8,18        |
| $u_{eind,toe} = u_{eind,toelaatbaar}$                      | = | 15,00       | 15,00       |
| $u.C. = u_{eind} / u_{toelaatbaar}$                        | = | <b>0,81</b> | <b>0,55</b> |
| $u_{bij} = u_{kruip} + u_{elastisch}$                      | = | 10,84       | 6,80        |
| $u_{bij,toe} = u_{bij,toelaatbaar}$                        | = | 11,25       | 11,25       |
| $u.C. = u_{bij} / u_{toelaatbaar}$                         | = | <b>0,96</b> | <b>0,60</b> |





## toetsingen uiterste grenstoestand

balklaag versterken bestaande vloer

### art. 6.1.6 enkele buiging

moment in y-richting

$$M_{Ed,y} = 2,88 \text{ kNm} \quad W_y = 346 \text{ cm}^3 \quad f_{m,y,d} = 14,8 \text{ N/mm}^2 \quad b = 71 \text{ mm} \\ h = 171 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed,y}}{W_y} = \frac{2,88 \cdot 10^6}{346 \cdot 10^3} = 8,3 \text{ N/mm}^2$$

$$6,11 \quad \text{unity-check} \quad = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{8,3}{14,8} = 0,56$$

### art. 6.1.7 dwarskracht

oplegbreedte ondersteuning

$$b_r = 50 \text{ mm} \quad f_{v,d} = 2,46 \text{ N/mm}^2 \quad b = 71 \text{ mm}$$

niet gereduceerde dwarskracht

$$V = R_{Ed} = 4,22 \text{ kN} \quad h = 171 \text{ mm}$$

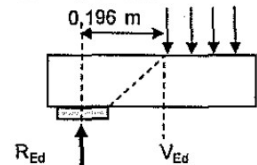
gereduceerde dwarskracht

$$V_{Ed} = V - V_{red} = 4,22 \text{ kN}$$

$$\text{met } V_{red} = (0,5 b_r + h) \cdot q_d = (0,5 \cdot 0,050 + 0,171) \cdot q_d = 0,196 q_d$$

$$\tau_d = \frac{3 V_{Ed}}{2 b h} = \frac{3 \cdot 4,22 \cdot 1000}{2 \cdot 71 \cdot 171} = 0,52 \text{ N/mm}^2$$

$$6,13 \quad \text{unity-check} \quad = \frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{0,52}{2,46} = 0,21$$



## art. 7.3.3 trillingen in woningvloeren

balklaag versterken bestaande vloer

totale massa van de vloer

$$m = 53,6 \text{ kg/m}^2$$

doorbuiging tgv puntlast F

$$w = 5,1 \text{ mm}$$

grootte puntlast in het midden

$$F = 1,50 \text{ kN}$$

breedte vloerveld

$$b = 5,00 \text{ m}$$

overspanning van de vloer/balk

$$l = 3,75 \text{ m}$$

hart op hart balklaag

$$a = 0,33 \text{ m}$$

elasticiteitsmodulus balkhout

$$E_t = 11000 \text{ N/mm}^2$$

elasticiteitsmodulus beplating

$$E_p = 5000 \text{ N/mm}^2$$

dikte beplating

$$t = 25,0 \text{ mm}$$

dempingsmaat

$$\xi = 0,01$$

toelaatbare eigen frequentie

$$f = 8 \text{ Hz}$$

buigstijfth evenwijdig lengte-as

$$(EI)_l = 1 \cdot 11000 \cdot 2958 \cdot 10^4$$

buigstijfth, loodrecht lengte-as

$$(EI)_b = 1 \cdot 5000 \cdot 1 \cdot 1000 \cdot 10^6$$

waarde volgens de NB

waarde volgens de NB

massa vloer m b l =

breedte b = 71 mm

hoogte h = 171 mm

traagheidsmoment  $I_y = 2958 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

a = 1 mm/kN

b = 120

= 1005 kg

$$1,69 / 1,00 = 1,69$$

$$8,00 / 15,27 = 0,52$$

$$0,016 / 0,02 = 0,92$$

$$\text{eigen gew. balken en beschot: } 0,071 \cdot 0,171 / 0,325 \cdot 350 + 0,025 \cdot 350 = 21,8 \text{ kg}$$

$$7,3 \quad \frac{w}{F} = \frac{5,1}{3,00} = 1,69 \text{ met als eis: } w/F \leq a (= 1 \text{ mm/kN})$$

$$7,4 \quad v \leq b \cdot f_1^{\xi-1} = 120 \cdot 0,01^{-0,85} = 0,02 \text{ met } f_1 \xi - 1 = 15,27 \cdot 0,01 - 1 = -0,85$$

waarin  $f_1$  = de eigen frequentie:

$$7,5 \quad f_1 = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{(EI)_l}{m}} = \frac{\pi}{2 \cdot 3,75^2} \sqrt{\frac{1001,3 \cdot 10^3}{53,596}} = 15,3$$

en waarbij v is de snelheidsrespons van een eenheidsimpulsbelasting:

$$7,6 \quad v = \frac{4 \left( 0,4 + 0,6 \frac{n_{40}}{+200} \right)}{m \cdot b \cdot l} = \frac{4 \left( 0,4 + 0,6 \frac{7,31}{+200} \right)}{53,6 \cdot 5 \cdot 3,75} = 0,016 \text{ m/(Ns}^2\text{)}$$

en  $n_{40}$  is het aantal eerste-orde trillingen met een eigen frequentie kleiner dan 40 Hz:

$$7,7 \quad n_{40} = \left[ \left( \frac{40}{f_1} \right)^2 - 1 \right] \cdot \left( \frac{b}{l} \right)^4 \cdot \frac{(EI)_l}{(EI)_b}^{0,25} = \left[ \left( \frac{40}{15,27} \right)^2 - 1 \right] \cdot \left( \frac{5,00}{3,75} \right)^4 \cdot \frac{1001,3 \cdot 10^3}{6510}^{0,25} = 7,31$$

opmerking



DAKPLAN / VERDIEPINGSVLOER  
BESTAAND

werknr. : \_\_\_\_\_

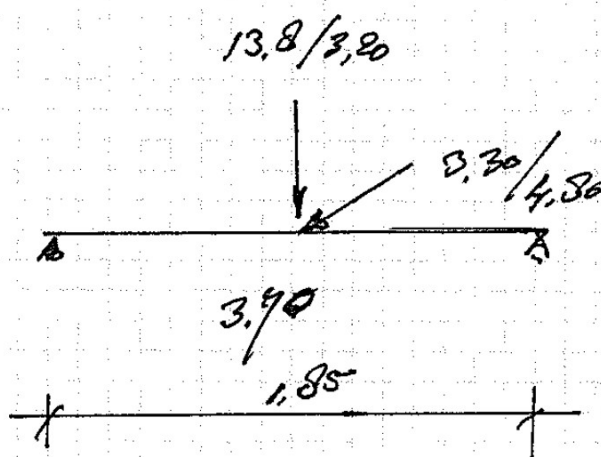
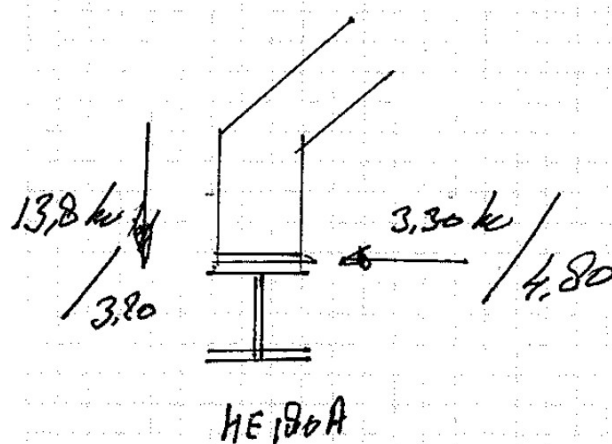
project : \_\_\_\_\_

blad : \_\_\_\_\_

onderdeel : \_\_\_\_\_

datum : \_\_\_\_\_

## belasting uit spant



combinatie vertikaal en horizontaal  
belasting

$$u_{\text{horizontaal}} = 0,48$$

$$u_{\text{vertikaal}} = \underline{0,36}$$

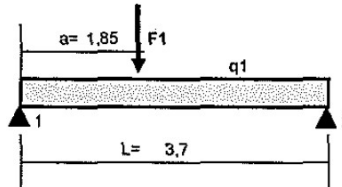
$$0,84 < 1 \quad \text{okk.}$$



**stalen ligger op 2 steunpunten met een q- en een F-last 1xprofiel 1: HE 0180A**

werk uitbreiding bedrijfsgebouw  
werknummer 6466  
onderdeel onderslag spanten vertikaal belast  
materiaal S235  
klasse 3 flensdikte <40

|                                                  |                              |                                                                    |
|--------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| <b>kerngegevens</b>                              |                              | ontwerplevensduur = 50 jaar                                        |
| norm:                                            | Eurocode NIEUWBOUW           | toepassing gebouwen en andere gewone constructies                  |
| ontwerplevensduur klasse                         | = 3                          | 6.10.a 6.10.b 6.1 partiële factoren                                |
| gevolgklasse                                     | CC2                          | $\gamma_{GJ} = 1,35$ $\xi \gamma_{GJ} = 1,20$ $\gamma_{M0} = 1,00$ |
| correctiefactor voor formule 6.10.b              | $\xi = 0,89$                 | $\gamma_{Q1} = 1,50$ $\gamma_{Q11} = 1,50$ $\gamma_{M1} = 1,00$    |
| de waarde van ksi volgt uit de Nationale Bijlage |                              | $\gamma_{QJ} = 1,50$ $\gamma_{QJ1} = 1,50$ $\gamma_{M2} = 1,25$    |
| <b>diverse factoren</b>                          |                              | kipcontrole uitschakelen? nee                                      |
| gebouwcategorie                                  | A: woon- en verblijfsruimtes | eigen gewicht ligger automatisch berekenen ja                      |
| (gewichtsberekening)                             | $\psi_0 = 0,4$               | traagheidsmoment en weerstandsmoment in richting van de belast     |
| (elastische doorbuiging)                         | $\psi_1 = 0,5$               | belasting profiel 1: sterke as                                     |
| (kruip)                                          | $\psi_2 = 0,3$               | $\Sigma I = 2510 \text{ cm}^4$ $\Sigma g = 0,36 \text{ kN/m}^2$    |
| reductiefactor vloerbelasting                    | $\psi_1 = 1,00$              | $\Sigma W_{pl} = 325 \text{ cm}^3$ $\Sigma A = 45,3 \text{ cm}^2$  |
|                                                  |                              | $\Sigma W_{al} = 294 \text{ cm}^3$ $E = 2E+05 \text{ N/mm}^2$      |
| liggerlengte                                     | $L = 3,7 \text{ m}$          |                                                                    |
| toelaatbare einddoorbuiging                      | 1: 250 * L                   |                                                                    |
| toelaatbare bijkomende doorbuiging               | 1: 333 * L                   |                                                                    |
| toegepaste zeeg                                  | 0 mm                         |                                                                    |



**belastingen en combinaties**

onderslag spanten

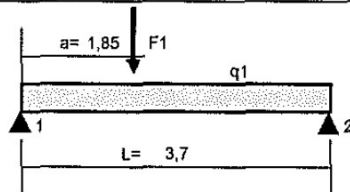
|                                           |                                         |                                      |   |                                 |   |           |  |  |  |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------------|---|-----------|--|--|--|
| <b>q1:</b>                                |                                         |                                      |   |                                 |   |           |  |  |  |
| permanente belasting                      | $G_{k,j} = 0,5 \text{ kN/m}$            | $G_{k,j} \text{ (incl.e.g.)} = 0,5$  | + | 0,36                            | = | 0,86 kN/m |  |  |  |
| opgelegde belasting exteem+mom.           | $\Sigma Q_{ext+mom} = 0,4 \text{ kN/m}$ | STRGEO $\gamma_{GJ}$ $G_{k,j}$       | + | $\gamma_Q$ $\Sigma Q_{mom}$     |   |           |  |  |  |
| opgelegde belasting momentaan             | $\Sigma Q_{mom} = 0,4 \text{ kN/m}$     | 6.10.a: 1,35 0,86                    | + | 1,50 0,40                       | = | 1,76 kN/m |  |  |  |
|                                           |                                         | STRGEO $\xi \gamma_{GJ}$ $G_{k,j}$   | + | $\gamma_Q$ $\Sigma Q_{ext+mom}$ |   |           |  |  |  |
|                                           |                                         | 6.10.b: 1,20 0,86                    | + | 1,50 0,40                       | = | 1,63 kN/m |  |  |  |
| <b>F1:</b>                                |                                         |                                      |   |                                 |   |           |  |  |  |
| permanente belasting                      | $G_{k,j} = 13,8 \text{ kN}$             | $G_{k,j} \text{ (incl.e.g.)} = 13,8$ |   |                                 | = | 13,80 kN  |  |  |  |
| opgelegde belasting exteem+mom.           | $\Sigma Q_{ext+mom} = 3,2 \text{ kN}$   | STRGEO $\gamma_{GJ}$ $G_{k,j}$       | + | $\gamma_Q$ $\Sigma Q_{mom}$     |   |           |  |  |  |
| opgelegde belasting momentaan             | $\Sigma Q_{mom} = 3,2 \text{ kN}$       | 6.10.a: 1,35 13,8                    | + | 1,50 3,2                        | = | 23,43 kN  |  |  |  |
| plaats puntlast vanaf steunpunt 1 (links) | $a = 1,85 \text{ m}$                    | STRGEO $\xi \gamma_{GJ}$ $G_{k,j}$   | + | $\gamma_Q$ $\Sigma Q_{ext+mom}$ |   |           |  |  |  |
|                                           |                                         | 6.10.b: 1,20 13,8                    | + | 1,50 3,2                        | = | 21,38 kN  |  |  |  |

unity-checks er worden geen verstijvingsschotjes toegepast zie ook de invoercellen verderop in deze berekening

|     |         |      |             |      |                      |      |     |      |     |           |      |          |      |
|-----|---------|------|-------------|------|----------------------|------|-----|------|-----|-----------|------|----------|------|
| UGT | bulging | 0,36 | dwarskracht | 0,08 | onderflensinklemming | 0,40 | kip | 0,36 | BGT | $u_{end}$ | 0,27 | $u_{bj}$ | 0,07 |
|-----|---------|------|-------------|------|----------------------|------|-----|------|-----|-----------|------|----------|------|

**resultaten mechanica berekeningen**

onderslag spanten



| belastinggeval / combinatie          | belastingen |       | dwarskracht (kN) |           | reactie (kN)    |       |
|--------------------------------------|-------------|-------|------------------|-----------|-----------------|-------|
|                                      | q1          | F1    | $V_{1,2}$        | $V_{2,1}$ | $R_1$           | $R_2$ |
| $G_{k,j}$                            | 0,86        | 13,80 | -8,5             | 8,5       | 8,5             | 8,5   |
| $Q_{k1} + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k,j}$ | 0,40        | 3,20  | -2,3             | 2,3       | 2,3             | 2,3   |
| ULS(1) 6.10.a                        | 1,76        | 23,43 | -15,0            | 15,0      | 15,0            | 15,0  |
| ULS(2) 6.10.b                        | 1,63        | 21,38 | -13,7            | 13,7      | 13,7            | 13,7  |
| maatgevende waarden                  |             |       | $V_{Ed} = 15,0$  | kN        | $R_{Ed} = 15,0$ | kN    |

| belastinggeval / combinatie          | steunpuntmoment (kNm) |       | veldmoment (kNm) | positie $M_{veld,max}$ (m) | vervorming (mm) |
|--------------------------------------|-----------------------|-------|------------------|----------------------------|-----------------|
|                                      | $M_1$                 | $M_2$ | $M_{1,2}$        | uit $R_1$                  | $u_{1,2}$       |
| $G_{k,j}$                            | 0,0                   | 0,0   | 14,2             | 1,85                       | 3,2             |
| $Q_{k1} + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k,j}$ | 0,0                   | 0,0   | 3,6              | 1,85                       | 0,8             |
| ULS(1) 6.10.a                        | 0,0                   | 0,0   | 24,7             | 1,85                       |                 |



ULS(2) 6.10.b

0,0 0,0  
maatgevende waarden  $M_{Ed,xt} = 0,0$  kNm22,6 1,85  
 $M_{Ed,y} = 24,7$  kNm**toetsingen bruikbaarheidsgrenstoestand**

onderslag spanten

belastinggevallen en combinaties

|                 |   |                                     |   |      |
|-----------------|---|-------------------------------------|---|------|
| veld            | = | $u_{1,2}$                           | = | 3,2  |
| $U_{on}$        | = | $G_{k,j}$                           | = | 0,8  |
| $U_{elastisch}$ | = | $Q_{k1} + \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$ | = | 0,0  |
| $U_{zeeg}$      | = | volgens opgave                      | = | 4,0  |
| $U_{wind}$      | = | $U_{on} + U_{elastisch} + U_{zeeg}$ | = | 14,8 |
| $U_{wind,toe}$  | = | $U_{wind,toelaatbaar}$              | = | 0,27 |
| U.C.            | = | $U_{wind} / U_{wind,toelaatbaar}$   | = | 0,8  |
| $U_{bij}$       | = | $U_{elastisch}$                     | = | 11,1 |
| $U_{bij,toe}$   | = | $U_{bij,toelaatbaar}$               | = | 0,07 |
| U.C.            | = | $U_{bij} / U_{bij,toelaatbaar}$     | = |      |

**toetsingen uiterste grenstoestand (samenvatting)**

onderslag spanten

|                                  |             |             |                                        |                                                   |                                    |   |                      |   |      |    |
|----------------------------------|-------------|-------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------|---|----------------------|---|------|----|
| buiging, art 6.2.5               | $M_{Ed}$    | =           | 24,7                                   | 6.12                                              | $\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0$ | = | $\frac{24,7}{69,0}$  | = | 0,36 | -  |
| dwarskracht, art. 6.2.6          | $V_{Ed}$    | =           | 15,0                                   | 6.17                                              | $\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$ | = | $\frac{15,0}{197,0}$ | = | 0,08 | -  |
| onderflensinklemming, art. 6.3.1 | $R_1$       | =           | 15,0                                   | 6.46                                              | $\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$ | = | $\frac{15,0}{37,8}$  | = | 0,40 | -  |
|                                  | $R_2$       | =           | 15,0                                   | 6.46                                              | $\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$ | = | $\frac{15,0}{37,8}$  | = | 0,40 | -  |
| kip, art. 6.3.2                  | $M_{Ed}$    | =           | 24,7                                   | 6.54                                              | $\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0$ | = | $\frac{24,7}{69,0}$  | = | 0,36 | -  |
| oplegglengte, art. 6.9 EC steen  | $l_{opleg}$ | =           | $N_{Ed} / ( \beta \cdot b \cdot f_b )$ |                                                   |                                    |   |                      |   |      |    |
|                                  | $R_1$       | $l_{opleg}$ | =                                      | $15,0 \cdot 10^3 / ( 1,34 \cdot 180 \cdot 2,62 )$ |                                    |   |                      |   | 24   | mm |
|                                  | $R_2$       | $l_{opleg}$ | =                                      | $15,0 \cdot 10^3 / ( 1,34 \cdot 180 \cdot 2,62 )$ |                                    |   |                      |   | 24   | mm |

**art. 6.2.5 buigend moment, enkele buiging, rekenen met gecombineerde profielgegevens**

onderslag spanten

|                                        |                           |            |      |                     |             |      |          |                   |               |      |                 |                 |
|----------------------------------------|---------------------------|------------|------|---------------------|-------------|------|----------|-------------------|---------------|------|-----------------|-----------------|
| rekenwaarde moment                     | $M_{Ed}$                  | =          | 24,7 | kNm                 | profiel     | =    | HE 0180A | A                 | =             | 45,3 | cm <sup>2</sup> |                 |
| reductie flensdoorsnede (boutgat)      | $A_{f,red}$               | =          | 0,0  | cm <sup>2</sup>     | kwaliteit   | =    | S235     | $\gamma_{M0}$     | =             | 1,00 | -               |                 |
|                                        |                           |            |      |                     | $f_y$       | =    | 235      | N/mm <sup>2</sup> | $\gamma_{M2}$ | =    | 1,25            | -               |
|                                        |                           |            |      |                     | $f_u$       | =    | 360      | N/mm <sup>2</sup> | $W_{pl}$      | =    | 324,9           | cm <sup>3</sup> |
|                                        |                           |            |      |                     | b           | =    | 180      | mm                | $W_{el,min}$  | =    | 293,6           | cm <sup>3</sup> |
|                                        |                           |            |      |                     | $t_f$       | =    | 9,5      | mm                | $W_{ef,min}$  | =    | 293,6           | cm <sup>3</sup> |
|                                        |                           |            |      |                     | $A_f$       | =    | 18,0     | 1,0               |               | =    | 17,1            | cm <sup>2</sup> |
|                                        |                           |            |      |                     | $A_{f,net}$ | =    | 17,1     | -                 | 0,0           | =    | 17,1            | cm <sup>2</sup> |
| de boutgaten mogen worden verwaarloosd |                           |            |      |                     |             |      |          |                   |               |      |                 |                 |
| 6.12                                   | $\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}}$ | $\leq 1,0$ | =    | $\frac{24,7}{69,0}$ | =           | 0,36 | -        |                   |               |      |                 |                 |

de boutgaten mogen worden verwaarloosd

$$6.12 \quad \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{24,7}{69,0} = 0,36 -$$

$$6.14 \quad M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{293,6 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 69,0 \text{ kNm}$$

|                                   |          |   |      |    |                            |   |          |                   |       |      |                 |                 |
|-----------------------------------|----------|---|------|----|----------------------------|---|----------|-------------------|-------|------|-----------------|-----------------|
| rekenwaarde dwarskracht           | $V_{Ed}$ | = | 15,0 | kN | profiel                    | = | HE 0180A | A                 | =     | 45,3 | cm <sup>2</sup> |                 |
| profiel                           |          |   |      |    | kwaliteit                  | = | S235     | $\gamma_{M0}$     | =     | 1,00 | -               |                 |
| hoogte van het lijf               | $h_w$    | = | 152  | mm | $f_y$                      | = | 235      | N/mm <sup>2</sup> | $I_y$ | =    | 2510            | cm <sup>4</sup> |
| factor in formules gelast profiel | $\eta$   | = | 1    | -  | $b$                        | = | 180      | mm                | $t_f$ | =    | 9,5             | mm              |
|                                   |          |   |      |    | $h$                        | = | 171      | mm                | $t_w$ | =    | 6               | mm              |
| dikte in beschouwde punt          | $t$      | = | 6    | mm | $S_y$                      | = | 162      | cm <sup>3</sup>   | $I_t$ | =    | 14,8            | cm <sup>4</sup> |
|                                   |          |   |      |    | $h_w$                      | = | 171      | -                 | 9,5   | 2=   | 152             | mm              |
|                                   |          |   |      |    | afrondingstraal in profiel |   |          | $r$               | =     | 15   | mm              |                 |

$$6.17 \quad \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0 = \frac{15,0}{197,0} = 0,08 -$$

$$6.18 \quad V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{1452 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = 197,0 \text{ kN}$$

(4) Om de rekenwaarde van de elastische weerstand tegen dwarskracht  $V_{c,Rd}$  te toetsen mag, voor een kritiek punt van de doorsnede, het volgende criterium zijn gebruikt tenzij het toetsen op plooiën volgens hoofdstuk 5 van EN 1993-1-5 van toepassing is:



$$6.19 \quad \frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \gamma_{M0})} = \frac{16}{235 / (\sqrt{3} \cdot 1,00)} = 0,12$$

algemeen geldt:

$$6.20 \quad \tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{I_y} \frac{S}{t} = \frac{15,0}{2510} \frac{162 \cdot 10^2}{6} = 16 \text{ N/mm}^2$$

(5) Voor I- of H-profielen mag de schuifspanning in het lijf als volgt zijn bepaald:

$$6.21 \quad \tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w} \text{ indien } A_f / A_w \geq 0,6 = \frac{15,0}{912} \cdot 10^3 = 16 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_f = b t_f &= 180 \cdot 9,5 = 17,1 \cdot 10^2 \text{ cm}^2 \\ A_w = h_w t_w &= 152 \cdot 6 = 9,1 \cdot 10^2 \text{ cm}^2 \\ A_f / A_w &= 17,1 / 9,1 = 1,9 \end{aligned}$$

waarde voor  $\tau_{Ed}$  waarmee mag worden gerekend voor I en H- = 16 N/mm<sup>2</sup>

6.22 (6) Bovendien behoort, voor lijven zonder dwarsverstijvers, de weerstand tegen plooiën door afschuiving volgens hoofdstuk 5 van EN 1993-1-5 te zijn bepaald indien

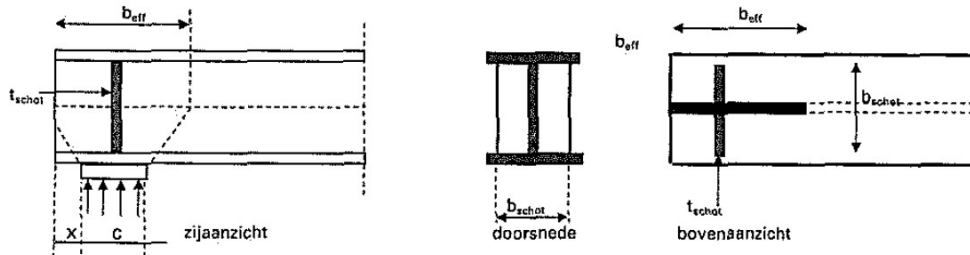
$$\frac{h_w}{t_w} > 72 \frac{\varepsilon}{\eta} \text{ dus } \frac{152}{6} > 72 \frac{1,00}{1,00} \text{ eis } 25,3 > 72,0$$

conclusie: weerstand tegen plooiën hoeft niet te worden berekend

$$\text{met } \varepsilon = \sqrt{235 / f_y} = \sqrt{235 / 235} = 1,00$$

|                                    |                          |                  |    |   |             |   |   |             |                   |                      |    |             |        |                   |
|------------------------------------|--------------------------|------------------|----|---|-------------|---|---|-------------|-------------------|----------------------|----|-------------|--------|-------------------|
| (3) a                              | gewalste I en H profiel: | $A_y = A = 4530$ | -2 | b | $t_f = 9,5$ | + | ( | $t_w = 6$   | +2                | r                    | )  | $t_f = 9,5$ | =      | 1452              |
| rekenwaarde oplegreactie           | $N_{Ed} = 15,0$          | kN               |    |   |             |   |   | profiel     | =                 | HE 0180A             | E  | =           | 210000 | N/mm <sup>2</sup> |
| extra normaalkracht in oplegg      | $N_{extra} = 0$          | kN               |    |   |             |   |   | kwalite     | =                 | S235                 |    |             |        |                   |
| oplegglengte                       | c = 100                  | mm               |    |   |             |   |   | $f_y = 235$ | N/mm <sup>2</sup> | $\gamma_{M1} = 1,00$ |    |             |        |                   |
| totale dikte schotjes              | $t_{schot} = 0$          | mm               |    |   |             |   |   | y-richting  |                   | z-richting           |    |             |        |                   |
| totale breedte schotjes (incl. lij | $b_{schot} = 0,0$        | mm               |    |   |             |   |   | h = 171     | mm                | b = 180              | mm |             |        |                   |
| zijkant oplegging c tot eind lig   | x = 0,0                  | mm               |    |   |             |   |   | kromm = c   | $t_w = 6$         | mm                   |    |             |        |                   |

er worden geen verstijvingsschotjes toegepast



NEN 6770 art 12.2.4

$$\begin{aligned} b_{eff} &= 0,5 \sqrt{(h^2 + c^2) + x + c/2} = 0,5 \sqrt{(171,0^2 + 100,0^2) + 0,0 + 100 / 2} = 149,0 \text{ mm} \\ b_{eff} &< \sqrt{(h^2 + c^2)} &= \sqrt{(171^2 + 100^2)} &= 198,1 \text{ mm} \\ \text{kniklengte y-richting } l_{cr,y} &= 2 \cdot 171 = 342,0 \text{ mm} \\ \text{doorsnede } A &= b_{eff} t_w + (b_{schot} - t_w) t_{schot} = 149,0 \cdot 6 + (0,0 - 6) \cdot 0 = 8,94 \cdot 10^2 \text{ cm}^2 \\ I &= 1/12 (t_{schot} b_{schot}^3 + (b_{eff} t_{schot} + t_w b_{eff}^3) = 1/12 (0 \cdot 0,0^3 + (149,0 \cdot 6 + 6 \cdot 0) \cdot 6^3) = 0,268 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \\ \text{traagheidsstraal } i &= \sqrt{I / A} = \sqrt{(0,268 \cdot 10^4 / 9 \cdot 10^2)} = 1,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

y-richting

$$6.46 \quad \frac{N_{Ed} + N_{extra}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{15,0 + 0,0}{37,8} = 0,40$$

$$6.47-6.48 \quad N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = N_{b,Rd} = 0,180 \cdot 8,9 \cdot 235 \cdot 10^{-1} / 1,00 = 37,8 \text{ kN}$$

$$6.49 \quad \chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} \leq 1,0 \quad \chi = \frac{1}{3,176 + \sqrt{(3,176^2 - 2,103^2)}} = 0,180$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha (\lambda - 0,2) + \lambda^2] \quad \phi = 0,5 [1 + 0,49 (2,103 - 0,2) + 2,103^2] = 3,176$$

$$6.50 \quad \lambda_y = l_{cr,y} / i_y = 342 / 1,7 = 197,5$$



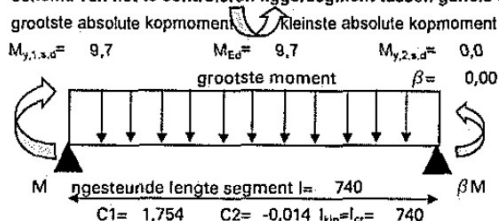
$$\lambda_1 = \pi \sqrt{E / f_y} = \pi \sqrt{(2E+05 / 235)} = 93,9$$

$$\lambda_y = \lambda_y / \lambda_1 = 197,5 / 93,9 = 2,103$$

$$\text{gemiddelde oplegspanning} = 15,0 \cdot 10^3 / (180 \cdot 100) = 0,83 \text{ N/mm}^2$$

**art. 6.3.2 prismatische op buiging belaste staven (kip) Kipcontrole gebeurt altijd met alleen profiel 1 onderslag spanten**

schema van het te controleren liggersegment tussen gaffels of kipsteunen



Invoergegevens tbc kipcontrole

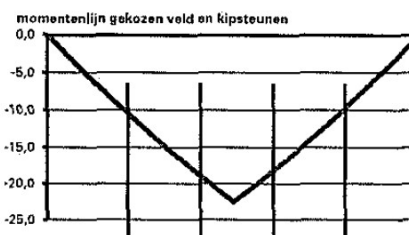
basisgeval uit NEN 6771 tabel 10, q-last en kopmomenten  
momentenverloop parabool scharnierend  
soort profiel gewalste I- en H-profielen  
aangrijpingspunt belastir zwaartepunt bovenflens  
wijze zijdelingse steunen tussen 2 gaffels

aanvullende invoer via een liggerberekeningen:

invoer van de kipsteuner door gelijkmatige verdeling  
te controleren veld veld 1  
grenstoestand UGT2 vol - 6.10.b

aantal kipsteunen n = 4  
te controleren liggerdeel (tussen de kipsteunen) 1

|                                                             |                                                  |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| reductie weerstandsmoment                                   | $W_{red} = 0,0 \text{ cm}^3$                     |
| reductie doorsnede                                          | $A_{red} = 0,0 \text{ cm}^2$                     |
| profiel                                                     | HE 0180A E = $2E+05 \text{ N/mm}^2$              |
| kwaliteit                                                   | S235 A = $45,3 \text{ cm}^2$                     |
| $f_y$                                                       | 235 N/mm <sup>2</sup> G = $80769 \text{ N/mm}^2$ |
| h                                                           | 171 mm $\gamma_{M1} = 1,00$                      |
| $t_f$                                                       | 9,5 mm b = 180 mm                                |
| $I_y$                                                       | 2510 cm <sup>4</sup> $I_w = 6 \text{ mm}$        |
| $I_z$                                                       | 74,4 mm $I_z = 925 \text{ cm}^4$                 |
| $W_{y,el}$                                                  | 293,6 cm <sup>3</sup> $I_z = 45,2 \text{ mm}$    |
| $W_{y,pl}$                                                  | 324,9 cm <sup>3</sup> $I_1 = 14,8 \text{ cm}^4$  |
| $W_{y,eff}$                                                 | 293,6 cm <sup>3</sup> h/b = 0,95                 |
| plaats van de horizontale kipsteunen bij liggerberekeningen |                                                  |
| $C_{kip,links}$                                             | = 0,00 * 3700 = 0 mm                             |
| $C_{kip,rechts}$                                            | = 0,20 * 3700 = 740 mm                           |
| l                                                           | = 740 - 0 = 740 mm                               |



$$M_{y,1,s,d} = 9,7 \text{ kNm} \quad M_{y,2,s,d} = 0,0 \text{ kNm} \quad M_{Ed} = 9,7 \text{ kNm}$$

$$l = 740 \text{ mm}$$

kipcontrole algemeen: 0,14 kipcontrole gewalst profiel 0,14

NEN 6771 art.12.2.5.3 bepaling vervangende ongesteunde kiplengte

tussen twee gaffels  $l_{kip} = l_{st} = 740 \text{ mm}$   
tussen een gaffel en een kipsteun of tussen twee kipsteunen  
 $l_{kip} = (1,4 - 0,8 \beta) l_{st}$  echter  $1,0 \leq l_{kip} / l_{st} \leq 1,4$   
 $f_2 = (1,4 - 0,8 \beta) = (1,4 - 0,0) = 1,4$   
deze factor is niet van toepassing, zodat  $f_2 = 1,00$

Er wordt gerekend met de volgende gegevens:

lengte ligger tussen de gaffels  $l_g = 3700 \text{ mm}$   
ongesteunde horizontale lengte  $l = 740 \text{ mm}$   
rekenwaarde buigend moment  $M_{Ed} = 9,7 \text{ kNm}$   
kopmoment met grootste absolute waarde  $M_{y,1,s,d} = 9,7 \text{ kNm}$   
kopmoment met kleinste absolute waarde  $M_{y,2,s,d} = 0,0 \text{ kNm}$

$l_{st} = f_1 l = 1,00 \cdot 740 = 740 \text{ mm}$   
 $l_{kip} = l_{cr} = f_2 l_{st} = 1,00 \cdot 740 = 740 \text{ mm}$   
reken met een ongesteunde leng  $l_{kip} = l_{cr} = 740 \text{ mm}$   
afstand horizontale steun 1 v.a linker steunpunt 0,00 m  
afstand horizontale steun 2 v.a linker steunpunt 0,74 m

invloedsfactor uit tabel C1  $C_1 = 1,75$   
invloedsfactor uit tabel C -1, 0,014  $C_2 = -0,01$   
verhouding  $\varphi = \beta = M_{y,2,s,d} / M_{y,1,s,d} = 0,00$   
tabel 10, q-last en kopmomenten  $B^* = 0,99$

$$\text{factor } B^* = \frac{8}{8} \cdot \frac{M}{M} + \frac{q}{q} \cdot \frac{l}{l} = 1,0$$

$$B^* = \frac{8}{8} \cdot \frac{9,7}{9,7} + \frac{1,6}{1,6} \cdot \frac{0,740}{0,740} = 0,99$$

toetsing kip art. 6.3.2.2 kipkrommen - Algemeen

$$6.54 \quad \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{9,7}{69,0} = 0,14$$

let op: de waarden voor C1 en C2 moet uit de tabellen 9 t/m 13 worden gebruikt bij formule 6.56 kromme a

$$6.55 \quad M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y f_y / \gamma_{M1} \quad M_{b,Rd} = 1,000 \cdot 293,6 \cdot 235 \cdot 10^6 / 1,00 = 69,0 \text{ kNm}$$

$$6.56 \quad \chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} \leq 1,0 \quad \chi_{LT} = \frac{1}{0,497 + \sqrt{0,497^2 - 0,114^2}} = 1,019$$

maatgevende waarde  $\chi_{LT} = 1,000$

$$\Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2] \quad \Phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,21 (0,114 - 0,2) + 0,114^2] = 0,497$$





$$\lambda_{LT} = \sqrt{W_y \cdot f_y / M_{cr}} = \sqrt{293,6 \cdot 235 \cdot 10^3 / 5296} = 0,114$$

$$12.2.7 \quad M_{cr} = M_{ke} = k_{red} C / I_y \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t} = 1,00 \cdot \frac{129}{3700} \cdot \sqrt{(2 \cdot 10^5 \cdot 925 \cdot 80769 \cdot 14,8 \cdot 10^8)} = 5296 \text{ kNm}$$

NEN 6771

$$b) \text{ dubbel-symmetrische profielen : } h / t_f \leq 75 = 171 / 10 = 18,0$$

$$c) \text{ dubbel-symmetrische profielen : } \alpha = h t_f 10^{12} / t_w^3 b^2 \leq 575 = \frac{171 \cdot 9,5 \cdot 10^{12}}{6^3 \cdot 180 \cdot 3700^2} = 3052$$

$$k_{red} = \text{als } h / t_w > 75: k_{red} = -5,4 \cdot 10^{-5} \alpha + 1,03 = -5,4 \cdot 10^{-5} \cdot 3052 + 1,03 = 0,865$$

$$h / t_w = 171 / 6 = 28,5 \quad \alpha = 3052 \text{ eis } < 5000 \quad \text{conclusie: } k_{red} = 1,00$$

toepassingsgebied voor art. 12.2.1 NEN 6770

$$12.2.5.3 \quad C = \pi \frac{C_1}{I_{kp}} \cdot I_y \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{\pi^2}{I_{kp}^2} S^2\right) (C_2^2 + 1) + \pi \frac{C_2}{I_{kp}} S}$$

NEN 6771

$$C = \pi \frac{1,754}{740} \cdot 3700 \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{9,870 \cdot 1089,7}{740^2} \left(-0,014^2 + 1\right) + \pi \frac{-0,014 \cdot 1089,7}{740}\right)} = 128,6$$

$$12.2.11.b \quad S = \frac{h}{2} \sqrt{\left(\frac{E_d}{G_d} \frac{I_z}{I_t}\right)} = \frac{171}{2} \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 10^5 \cdot 924,6}{80769 \cdot 14,8}\right)} = 1089,7$$

benadering geldt alleen voor I-profielen

**toetsing kip art. 6.3.2.3 kipkrommen voor gewalste profielen of equivalente gelaste profielen**

$$6.54 \quad \frac{M_{Ed}}{M_{p,Rd}} \leq 1,0 = \frac{9,694}{69,0} = 0,14 \quad \text{gebruik bij formule 6.57 kromme b}$$

$$6.55 \quad M_{p,Rd} = \chi_{LT,mod} W_y f_y / \gamma_{M1} \quad M_{p,Rd} = 1,000 \cdot 293,6 \cdot 235 \cdot 10^3 / 1,00 = 69,0 \text{ kNm}$$

$$M_{cr} = 5296 \quad \lambda_{LT} = 0,11 \quad \text{als bij berekening 6.3.2.2 kipkrommen algemeen}$$

$$6.57 \quad \chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} \leq 1,0 \quad \chi_{LT} = \frac{1}{0,456 + \sqrt{0,456^2 - 0,75 \cdot 0,114^2}} = 1,000$$

$$\chi_{LT} \leq 1 / \lambda_{LT}^2 = 1 / 0,11^2 = 76,8 \quad \text{maatgevende waarde } \chi_{LT} = 1,000$$

$$6.58 \quad \chi_{LT,mod} = \chi_{LT} / f = 1,000 / 1,00 = 1,002 \quad \text{reken met } \chi_{LT,mod} = 1,000$$

$$f = 1 - 0,5(1 - k_{cr}) [1 - 2,0(\lambda_{LT} - 0,8)^2] \leq 1,0 \quad f = 1 - 0,5(1 - 0,94) [1 - 2,0(0,114 - 0,8)^2] = 0,998$$

$$\text{kip } \Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \lambda_{LT}^2] \quad \Phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,34 (0,11 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,11^2] = 0,456$$

**NEN-EN 1996-1-1 art. 6.3.1 invoer t.b.v. bepaling druksterkte metselwerk voor berekening van de opleglengte**

|                                                    |                                                                       |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| materiaal                                          | = baksteen                                                            |
| gemiddelde druksterkte steen                       | $f_b = 15 \text{ N/mm}^2$                                             |
| soort mortel                                       | = metselmortel                                                        |
| de steen wordt ingedeeld in categorie              | = II                                                                  |
| doorgaande mortelvoeg II aan vlak van de wand?     | = nee 3.6.2.1(6)                                                      |
| perforaties in steen                               | $\leq 0 \%$ lijnvoegen: $\geq 6,0 \text{ mm}$ en $\leq 15 \text{ mm}$ |
| gemiddelde druksterkte mortel                      | $f_m = 7,5 \text{ N/mm}^2$ $N_{Rdc} = \beta A_b f_d$                  |
| hoogte van wand tot niveau onder de last           | $h_e = 2800 \text{ mm}$                                               |
| afstand einde wand tot zijkant rand oplegvlak link | $a_{1,r} = 500 \text{ mm}$                                            |
| afstand einde wand tot zijkant rand oplegvlak rech | $a_{1,r} = 500 \text{ mm}$                                            |

3.6.1.2 karakteristieke druksterkte van metselwerk m.u.v. "shell bedded" metselwerk op basis van samenstellende materialen

$$3.1 \quad f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta = 1,0 \cdot 0,6 \cdot 15^{0,65} \cdot 7,5^{0,25} = 5,8 \text{ N/mm}^2$$

K

$$2.4.3(1) \text{ bepaling rekenwaarde van de druksterkte } f_d = f_k / \gamma_M = 5,8 / 2,2 = 2,62 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta = \text{kleinste waarde van } 1,25 + a_1 / 2 h_e \text{ en } 1, = 1,25 + 500 / 2 \cdot 2800 = 1,34 \quad \text{reken met } \beta = 1,34$$

opmerking



S ligger 2 stpt EC versie : 4.11.12 gekozen NDP : NL ; gebruikslicentie COMMERCIELE-versie versie:

perlo tot 01-04-24

## stalen ligger op 2 steunpunten met een q- en een F-last 1xprofiel 1: HE 0180A

werk uitbreiding bedrijfsgebouw  
werknummer 6466  
onderdeel onderslag spanten horizontaal belast

materiaal S235  
klasse 3 flensdikte <40

### kerngegevens

norm: Eurocode NIEUWBOUW  
ontwerplevensduur klasse = 3  
gevolgklasse CC2  
correctiefactor voor formule 6.10.b  $\xi = 0,89$   
de waarde van ksi volgt uit de Nationale Bijlage

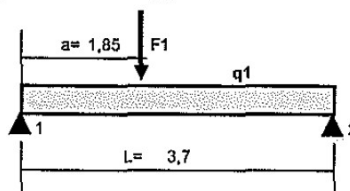
ontwerplevensduur = 50 jaar  
toepassing gebouwen en andere gewone constructies  
6.10.a 6.10.b 6.1 partiele factoren  
 $\gamma_{G,j} = 1,35$   $\xi \gamma_{G,j} = 1,20$   $\gamma_{M0} = 1,00$  -  
 $\gamma_{Q,1} = 1,50$   $\gamma_{Q,1} = 1,50$   $\gamma_{M1} = 1,00$  -  
 $\gamma_{Q,2} = 1,50$   $\gamma_{Q,2} = 1,50$   $\gamma_{M2} = 1,25$  -  
kipcontrole uitschakelen? nee  
eigen gewicht ligger automatisch berekenen ja

### diverse factoren

gebouwcategorie A: woon- en verblijfsruimtes  
(gewichtsberekening)  $\psi_0 = 0,4$  -  
(elastische doorbuiging)  $\psi_1 = 0,5$  -  
(kruip)  $\psi_2 = 0,3$  -  
reductiefactor vloerbelasting  $\psi_t = 1,00$  -

belasting profiel 1: zwakke as  
 $\Sigma I = 925 \text{ cm}^4$   $\Sigma g = 0,36 \text{ kN/m'}$   
 $\Sigma W_{pl} = 157 \text{ cm}^3$   $\Sigma A = 45,3 \text{ cm}^2$   
 $\Sigma W_{el} = 103 \text{ cm}^3$   $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

liggerlengte  $L = 3,7 \text{ m}$   
toelaatbare einddoorbuiging  $1: 250 \cdot L$   
toelaatbare bijkomende doorbuiging  $1: 333 \cdot L$   
toegepaste zeeg 0 mm



### belastingen en combinaties

onderslag spanten horizontaal belast

|                                           |                                       |                                                                   |                     |
|-------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------|
| permanente belasting                      | $G_{k,j} = 3,3 \text{ kN}$            | $G_{k,j} \text{ (incl.e.g.)} = 3,3$                               | $= 3,30 \text{ kN}$ |
| opgelegde belasting exteem+mom.           | $\Sigma Q_{ext+mom} = 4,8 \text{ kN}$ | STRIGO $\gamma_{G,j}$ $G_{k,j} + \gamma_Q \Sigma Q_{mom}$         |                     |
| opgelegde belasting momentaan             | $\Sigma Q_{mom} = 4,8 \text{ kN}$     | 6.10.a: $1,35$ $3,3 + 1,50$ $4,8 = 11,66 \text{ kN}$              |                     |
| plaats puntlast vanaf steunpunt 1 (links) | $a = 1,85 \text{ m}$                  | STRIGO $\xi \gamma_{G,j}$ $G_{k,j} + \gamma_Q \Sigma Q_{ext+mom}$ |                     |
|                                           |                                       | 6.10.b: $1,20$ $3,3 + 1,50$ $4,8 = 11,16 \text{ kN}$              |                     |

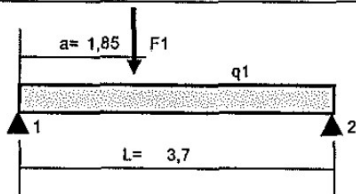
### unity-checks

er worden geen verstijvingsschotjes toegepas zie ook de invoercellen verderop in deze berekening

|     |         |      |             |      |                      |      |     |      |     |                  |      |                 |      |
|-----|---------|------|-------------|------|----------------------|------|-----|------|-----|------------------|------|-----------------|------|
| UGT | buiging | 0,48 | dwarskracht | 0,03 | onderflensinklemming | 0,18 | kip | 0,17 | BGT | u <sub>end</sub> | 0,33 | u <sub>bi</sub> | 0,23 |
|-----|---------|------|-------------|------|----------------------|------|-----|------|-----|------------------|------|-----------------|------|

### resultaten mechanica berekeningen

onderslag spanten horizontaal belast



| belastinggeval / combinatie                       | belastingen | dwarskracht (kN)                  | reactie (kN)                  |
|---------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------------------------|
|                                                   | q1 F1       | V <sub>1,2</sub> V <sub>2,1</sub> | R <sub>1</sub> R <sub>2</sub> |
| G <sub>k,j</sub>                                  | 0,36 3,30   | -2,3 2,3                          | 2,3 2,3                       |
| Q <sub>k1</sub> + $\psi_{0,j}$ + Q <sub>k,j</sub> | 0,00 4,80   | -2,4 2,4                          | 2,4 2,4                       |
| ULS(1) 6.10.a                                     | 0,48 11,66  | -6,7 6,7                          | 6,7 6,7                       |
| ULS(2) 6.10.b                                     | 0,43 11,16  | -6,4 6,4                          | 6,4 6,4                       |
| maatgevende waarden                               |             | V <sub>Ed</sub> = 6,7 kN          | R <sub>Ed</sub> = 6,7 kN      |

| belastinggeval / combinatie                       | steunpuntmoment (kNm)         | veldmoment (kNm)             | positie M <sub>veld,max</sub> (m) | vervorming (mm)  |
|---------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------|
|                                                   | M <sub>1</sub> M <sub>2</sub> | M <sub>1,2</sub>             | uit R <sub>1</sub>                | u <sub>1,2</sub> |
| G <sub>k,j</sub>                                  | 0,0 0,0                       | 3,7                          | 1,85                              | 2,2              |
| Q <sub>k1</sub> + $\psi_{0,j}$ + Q <sub>k,j</sub> | 0,0 0,0                       | 4,4                          | 1,85                              | 2,6              |
| ULS(1) 6.10.a                                     | 0,0 0,0                       | 11,6                         | 1,85                              |                  |
| ULS(2) 6.10.b                                     | 0,0 0,0                       | 11,1                         | 1,85                              |                  |
| maatgevende waarden                               | M <sub>Ed,sl</sub> = 0,0 kNm  | M <sub>Ed,v</sub> = 11,6 kNm |                                   |                  |

### toetsingen bruikbaarheidsgrenstoestand

onderslag spanten horizontaal belast

belastinggevallen en combinaties  
veld

= u<sub>1,2</sub>

S ligger 2 stpl EC versie : 4.11.12 gekozen NDP : NL ; gebruikslicentie COMMERCIELE-versie versie:

oplo tot 01-04-24

|                 |                                                   |          |
|-----------------|---------------------------------------------------|----------|
| $U_{on}$        | $= G_{k,j}$                                       | $= 2,2$  |
| $U_{elastisch}$ | $= Q_{k1} + \gamma_{0,j} \cdot Q_{k,j}$           | $= 2,6$  |
| $U_{zeeg}$      | $=$ volgens opgave                                | $= 0,0$  |
| $U_{ind}$       | $= U_{on} + U_{elastisch} + U_{kruip} + U_{zeeg}$ | $= 4,8$  |
| $U_{ind,toe}$   | $= U_{ind,toelaatbaar}$                           | $= 14,8$ |
| $U_{i,c}$       | $= U_{ind} / U_{ind,toelaatbaar}$                 | $= 0,33$ |
| $U_{bij}$       | $= U_{elastisch}$                                 | $= 2,6$  |
| $U_{bij,toe}$   | $= U_{bij,toelaatbaar}$                           | $= 11,1$ |
| $U_{i,c}$       | $= U_{bij} / U_{bij,toelaatbaar}$                 | $= 0,23$ |

### toetsingen uiterste grenstoestand (samenvatting)

onderslag spanten horizontaal belast

|                                  |                       |                    |                                              |                                    |                       |                   |
|----------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------|
| buiging, art. 6.2.5              | $M_{Ed}$              | $= 11,6$           | 6.12                                         | $\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$ | $= \frac{11,6}{24,1}$ | $= 0,48$          |
| dwarskracht, art. 6.2.6          | $V_{Ed}$              | $= 6,7$            | 6.17                                         | $\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$ | $= \frac{6,7}{197,0}$ | $= 0,03$          |
| onderflensinklemming, art. 6.3.1 | $R_1$                 | $= 6,7$            | 6.46                                         | $\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$ | $= \frac{6,7}{37,8}$  | $= 0,18$          |
|                                  | $R_2$                 | $= 6,7$            | 6.46                                         | $\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$ | $= \frac{6,7}{37,8}$  | $= 0,18$          |
| kip, art. 6.3.2                  | $M_{Ed}$              | $= 11,6$           | 6.54                                         | $\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0$ | $= \frac{11,6}{69,0}$ | $= 0,17$          |
| oplegglengte, art. 6.9 EC steen  | $l_{opleg}$           | $= N_{Ed}$         | $l \left( \beta \quad b \quad f_b \right)$   |                                    |                       |                   |
|                                  | $R_1 \quad l_{opleg}$ | $= 6,7 \quad 10^3$ | $l \left( 1,34 \quad 180 \quad 2,62 \right)$ |                                    |                       | $= 11 \text{ mm}$ |
|                                  | $R_2 \quad l_{opleg}$ | $= 6,7 \quad 10^3$ | $l \left( 1,34 \quad 180 \quad 2,62 \right)$ |                                    |                       | $= 11 \text{ mm}$ |

### art. 6.2.5 buigend moment; enkele buiging, rekenen met gecombineerde profielgegevens

onderslag spanten horizontaal belast

|                                        |                                    |                                                                                      |                             |                        |               |                        |
|----------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------|------------------------|
| rekenwaarde moment                     | $M_{Ed}$                           | $= 11,6 \text{ kNm}$                                                                 | profiel                     | $= \text{HE 0180A}$    | $A$           | $= 45,3 \text{ cm}^2$  |
| reductie flensdoorsnede (boutgat)      | $A_{t,red}$                        | $= 0,0 \text{ cm}^2$                                                                 | kwaliteit                   | $= \text{S235}$        | $\gamma_{M0}$ | $= 1,00$               |
| de boutgaten mogen worden verwaarloosd |                                    |                                                                                      |                             |                        |               |                        |
|                                        |                                    |                                                                                      | $f_y$                       | $= 235 \text{ N/mm}^2$ | $\gamma_{M2}$ | $= 1,25$               |
|                                        |                                    |                                                                                      | $f_u$                       | $= 360 \text{ N/mm}^2$ | $W_{pl}$      | $= 156,5 \text{ cm}^3$ |
|                                        |                                    |                                                                                      | $b$                         | $= 180 \text{ mm}$     | $W_{el,min}$  | $= 102,7 \text{ cm}^3$ |
|                                        |                                    |                                                                                      | $t_f$                       | $= 9,5 \text{ mm}$     | $W_{el,min}$  | $= 102,7 \text{ cm}^3$ |
| 6.12                                   | $\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$ | $= \frac{11,6}{24,1}$                                                                | $A_t$                       | $= 18,0$               | $1,0$         | $= 17,1 \text{ cm}^2$  |
|                                        |                                    |                                                                                      | $A_{t,net}$                 | $= 17,1$               | $- 0,0$       | $= 17,1 \text{ cm}^2$  |
| 6.14                                   | $M_{c,Rd} = M_{b,Rd} =$            | $\frac{W_{el,min} \quad f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{102,7 \quad 235 \cdot 10^3}{1,00}$ | $= 24,1 \text{ kNm}$        |                        |               |                        |
| rekenwaarde dwarskracht                | $V_{Ed}$                           | $= 6,7 \text{ kN}$                                                                   | profiel                     | $= \text{HE 0180A}$    | $A$           | $= 45,3 \text{ cm}^2$  |
| profiel                                | gewalste I en H profielen          |                                                                                      | kwaliteit                   | $= \text{S235}$        | $\gamma_{M0}$ | $= 1,00$               |
| hoogte van het lijf                    | $h_w$                              | $= 152 \text{ mm}$                                                                   | $f_y$                       | $= 235 \text{ N/mm}^2$ | $I_y$         | $= 2510 \text{ cm}^4$  |
| factor in formules gelast profiel      | $\eta$                             | $= 1$                                                                                | $b$                         | $= 180 \text{ mm}$     | $t_f$         | $= 9,5 \text{ mm}$     |
|                                        |                                    |                                                                                      | $h$                         | $= 171 \text{ mm}$     | $l_w$         | $= 6 \text{ mm}$       |
| dikte in beschouwde punt               | $t$                                | $= 6 \text{ mm}$                                                                     | $S_y$                       | $= 162 \text{ cm}^3$   | $I_t$         | $= 14,8 \text{ cm}^4$  |
|                                        |                                    |                                                                                      | $h_w$                       | $= 171$                | $- 9,5$       | $2 = 152 \text{ mm}$   |
|                                        |                                    |                                                                                      | afronddingstraal in profiel |                        | $r$           | $= 15 \text{ mm}$      |
| 6.17                                   | $\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$ | $= \frac{6,7}{197,0}$                                                                | $= 0,03$                    |                        |               |                        |
| 6.18                                   | $V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} =$           | $\frac{A_v \quad f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1452 \quad 235 \cdot 10^3}{1,00}$         | $= 197,0 \text{ kN}$        |                        |               |                        |

(4) Om de rekenwaarde van de elastische weerstand tegen dwarskracht  $V_{c,Rd}$  te toetsen mag, voor een kritiek punt van de doorsnede, het volgende criterium zijn gebruikt tenzij het toetsen op plooiën volgens hoofdstuk 5 van EN 1993-1-5 van toepassing is:

$$6.19 \quad \frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \gamma_{M0})} = \frac{7}{235 / (\sqrt{3} \cdot 1,00)} = 0,05$$

algemeen geldt

$$6.20 \quad \tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{S} = \frac{6,7 \quad 162 \cdot 10^2}{1} = 7 \text{ N/mm}^2$$

$I_y$   $t$  2510 6

(5) Voor I- of H-profielen mag de schuifspanning in het lijf als volgt zijn bepaald:

$$6.21 \quad \tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w} \text{ indien } A_f / A_w \geq 0,6 = \frac{6,7 \cdot 10^3}{912} = 7 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_f &= b \cdot t_f = 180 \cdot 9,5 = 17,1 \cdot 10^2 \text{ cm}^2 \\ A_w &= h_w \cdot t_w = 152 \cdot 6 = 9,1 \cdot 10^2 \text{ cm}^2 \\ A_f / A_w &= 17,1 / 9,1 = 1,9 \end{aligned}$$

waarde voor  $\tau_{Ed}$  waarmee mag worden gerekend voor I en H- $\tau$  = 7 N/mm<sup>2</sup>

6.22 (6) Bovendien behoort, voor lijven zonder dwarsverstijvers, de weerstand tegen plooiën door afschuiving volgens hoofdstuk 5 van EN 1993-1-5 te zijn bepaald indien

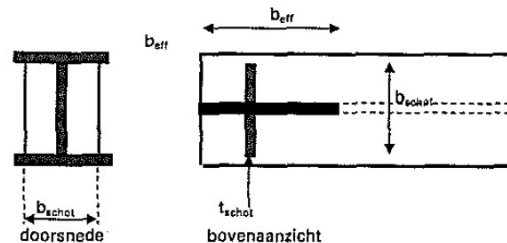
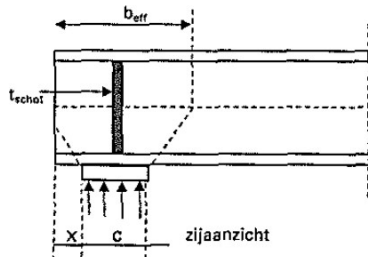
$$\frac{h_w}{t_w} > 72 \frac{\varepsilon}{\eta} \text{ dus } \frac{152}{6} > 72 \frac{1,00}{1,00} \text{ eis } 25,3 > 72,0$$

conclusie: weerstand tegen plooiën hoeft niet te worden berekend

$$\text{met } \varepsilon = \sqrt{235 / f_y} = \sqrt{235 / 235} = 1,00$$

|       |                                      |             |      |     |     |            |   |          |                   |               |    |      |          |                   |
|-------|--------------------------------------|-------------|------|-----|-----|------------|---|----------|-------------------|---------------|----|------|----------|-------------------|
| (3) a | gewalste I en H profiel              | $A_v =$     | A    | - 2 | b   | $t_f$      | + | (        | $t_w$             | + 2           | r  | )    | $t_f$    |                   |
|       |                                      | $A_v =$     | 4530 | - 2 | 180 | 9,5        | + | (        | 6                 | + 2           | 15 | )    | 9,5      | = 1452            |
|       | rekenwaarde oplegreactie             | $N_{Ed}$    | =    | 6,7 | kN  | profiel    | = | HE 0180A | E                 |               |    |      | = 210000 | N/mm <sup>2</sup> |
|       | extra normaalkracht in opleggi       | $N_{extra}$ | =    | 0   | kN  | kwalite    | = | S235     |                   |               |    |      |          |                   |
|       | oplegglengte                         | c           | =    | 100 | mm  | $f_y$      | = | 235      | N/mm <sup>2</sup> | $\gamma_{M1}$ | =  | 1,00 | -        |                   |
|       | totale dikte schotjes                | $t_{schot}$ | =    | 0   | mm  | y-richting |   |          |                   | z-richting    |    |      |          |                   |
|       | totale breedte schotjes (incl. lijf) | $b_{schot}$ | =    | 0,0 | mm  | h          | = | 171      | mm                | b             | =  | 180  | mm       |                   |
|       | zijkaant oplegging c tot eind ligc   | x           | =    | 0,0 | mm  | kromm      | = | c        | $t_w$             | =             | 6  | mm   |          |                   |

er worden geen verstijvingsschotjes toegepast



NEN 6770 art 12.2.4

$$\begin{aligned} b_{eff} &= 0,5 \sqrt{(h^2 + c^2) + x + c/2} = 0,5 \sqrt{(171,0^2 + 100,0^2) + 0,0 + 100 / 2} = 149,0 \text{ mm} \\ b_{eff} &< \sqrt{(h^2 + c^2)} &= \sqrt{(171^2 + 100^2)} &= 198,1 \text{ mm} \\ \text{kniklengte y-richting } l_{cr,y} &= 2 \cdot 171 &= 342,0 \text{ mm} \\ \text{doorsnede } A &= b_{eff} \cdot t_w + (b_{schot} - t_w) \cdot t_{schot} = 149,0 \cdot 6 + (0,0 - 6) \cdot 0 = 8,94 \cdot 10^2 \text{ cm}^2 \\ I &= 1/12 (t_{schot} \cdot b_{schot}^3 + (b_{eff} - t_{schot}) \cdot t_w^3) = 1/12 (0 \cdot 0,0^3 + (149,0 - 0) \cdot 6^3) = 0,268 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \\ \text{traagheidsstraal } i &= \sqrt{I / A} = \sqrt{(0,2683 \cdot 10^4 / 9 \cdot 10^2)} = 1,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

y-richting

$$6.46 \quad \frac{N_{Ed} + N_{extra}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{6,7 + 0,0}{37,8} = 0,18$$

$$6.47-6.48 \quad N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = N_{b,Rd} = 0,180 \cdot 8,9 \cdot 235 \cdot 10^1 / 1,00 = 37,8 \text{ kN}$$

$$6.49 \quad \chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} \leq 1,0 \quad \chi = \frac{1}{3,176 + \sqrt{(3,176^2 - 2,103^2)}} = 0,180$$

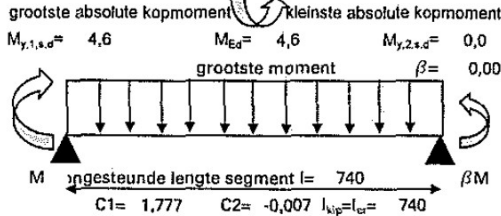
$$\phi = 0,5 [1 + \alpha (\lambda - 0,2) + \lambda^2] \quad \phi = 0,5 [1 + 0,49 (2,103 - 0,2) + 2,103^2] = 3,176$$

$$\begin{aligned} 6.50 \quad \lambda_y &= l_{cr,y} / i_y = 342 / 1,7 = 197,5 \\ \lambda_1 &= \pi \sqrt{E / f_y} = \pi \sqrt{210000 / 235} = 93,9 \\ \bar{\lambda}_y &= \lambda_y / \lambda_1 = 197,5 / 93,9 = 2,103 \end{aligned}$$

$$\text{gemiddelde oplegspanning} = 6,7 \cdot 10^3 / (180 \cdot 100) = 0,37 \text{ N/mm}^2$$

art. 6.3.2 prismatische op buiging belaste staven (kip) Kipcontrole gebeurt altijd met alleen profielslag spanten horizontaal belast

schema van het te controleren liggersegment tussen gaffels of kipsteunen



Invoergegevens tbc kipcontrole

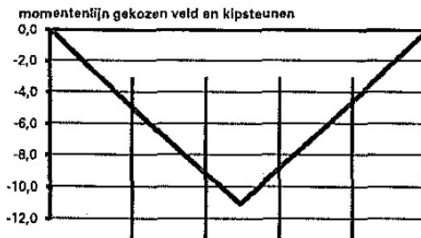
basisgeval uit NEN 6771 label 10, q-last en kopmomenten  
momentenverloop parabool scharnierend  
soort profiel gewalste I- en H-profielen  
aangrijpingspunt belasting zwaartepunt bovenflens  
wijze zijdelingse steuner tussen 2 gaffels

aanvullende invoer via een liggerberekeningen:

Invoer van de kipsteunen door gelijkmatige verdeling  
te controleren veld veld 1  
grenstoestand UGT2 vol - 6,10.b

aantal kipsteunen n = 4 -  
te controleren liggerdeel (tussen de kipsteunen) 1 -

|                                                             |                               |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| reductie weerstandsmoment                                   | $W_{red} = 0,0 \text{ cm}^3$  |
| reductie doorsnede                                          | $A_{red} = 0,0 \text{ cm}^2$  |
| profiel = HE 0180A                                          | $E = 210000 \text{ N/mm}^2$   |
| kwaliiteit = S235                                           | $A = 45,3 \text{ cm}^2$       |
| $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$                                  | $G = 80769 \text{ N/mm}^2$    |
| $h = 171 \text{ mm}$                                        | $\gamma_{M1} = 1,00$          |
| $t_f = 9,5 \text{ mm}$                                      | $b = 180 \text{ mm}$          |
| $I_y = 2510 \text{ cm}^4$                                   | $t_w = 6 \text{ mm}$          |
| $i_y = 74,4 \text{ mm}$                                     | $I_z = 925 \text{ cm}^4$      |
| $W_{y,el} = 293,6 \text{ cm}^3$                             | $i_z = 45,2 \text{ mm}$       |
| $W_{y,pl} = 324,9 \text{ cm}^3$                             | $I_1 = 14,8 \text{ cm}^4$     |
| $W_{y,eff} = 293,6 \text{ cm}^3$                            | $h/b = 0,95$                  |
| plaats van de horizontale kipsteunen bij liggerberekeningen |                               |
| $C_{kip,links} = 0,00$                                      | $\cdot 3700 = 0 \text{ mm}$   |
| $C_{kip,rechts} = 0,20$                                     | $\cdot 3700 = 740 \text{ mm}$ |
| $l = 740$                                                   | $- 0 = 740 \text{ mm}$        |



$M_{y,1,s,d} = 4,6$   $M_{y,2,s,d} = 0,0$   $M_{Ed} = 4,6 \text{ kNm}$   
 $l_g = 3700$   
"tekenafpraak" getekende momentenlijn wijkt af van de mechanische berekening

NEN 6771 art.12.2.5.3 bepaling vervangende ongesteunde kiplengte  
tussen twee gaffels  $l_{kp} = l_{st} = 740 \text{ mm}$   
tussen een gaffel en een kipsteun of tussen twee kipsteunen  
 $l_{kp} = (1,4 - 0,8 \beta) l_{st}$  echter  $1,0 \leq l_{kp} / l_{st} \leq 1,4$   
 $f_2 = (1,4 - 0,8 \beta) = (1,4 - 0,00) = 1,40$   
deze factor is niet van toepassing, zodat  $f_2 = 1,00$   
Er wordt gerekend met de volgende gegevens:

lengte ligger tussen de gaffels  $l_g = 3700 \text{ mm}$   
ongesteunde horizontale lengte  $l = 740 \text{ mm}$   
rekenwaarde buigend moment  $M_{Ed} = 4,6 \text{ kNm}$   
kopmoment met grootste absolute waarde  $M_{y,1,s,d} = 4,6 \text{ kNm}$   
kopmoment met kleinste absolute waarde  $M_{y,2,s,d} = 0,0 \text{ kNm}$

$l_{st} = f_1 l = 1,00 \cdot 740 = 740 \text{ mm}$   
 $l_{kp} = f_2 l_{st} = 1,00 \cdot 740 = 740 \text{ mm}$   
reken met een ongesteunde leng  $l_{kp} = l_{cr} = 740 \text{ mm}$   
afstand horizontale steun 1 v.a linker steunpunt  $0,00 \text{ m}$   
afstand horizontale steun 2 v.a linker steunpunt  $0,74 \text{ m}$

invloedsfactor uit tabel C1  $C_1 = 1,78$   
invloedsfactor uit tabel C -1  $C_2 = -0,01$   
verhouding  $\varphi = \beta = M_{y,2,s,d} / M_{y,1,s,d} = 0,00$   
tabel 10, q-last en kopmomenten  $B^* = 0,99$

$$\text{factor } B^* = \frac{8}{8} \cdot \frac{M}{l_{st}} + \frac{q}{l_{st}^2} = 0,99$$

$$B^* = \frac{8}{8} \cdot \frac{4,6}{0,74} + \frac{0,4}{0,74^2} = 0,99$$

toetsing kip art. 6.3.2.2 kipprommen - Algemeen

let op: de waarden voor C1 en C2 moet uit de tabellen 9 t/m 13 worden gebruikt bij formule 6.56 kromme a

$$6.54 \quad \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{4,6}{69,0} = 0,07$$

$$6.55 \quad M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y f_y / \gamma_{M1} \quad M_{b,Rd} = 1,000 \cdot 293,6 \cdot 235 \cdot 10^{-6} / 1,00 = 69,0 \text{ kNm}$$

$$6.56 \quad \chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} \leq 1,0 \quad \chi_{LT} = \frac{1}{0,497 + \sqrt{0,497^2 - 0,113^2}} = 1,019$$

maatgevende waarde  $\chi_{LT} = 1,000$

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2] \quad \phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,21 (0,113 - 0,2) + 0,113^2] = 0,497$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{W_y \cdot f_y / M_{cr}} = \sqrt{293,6 \cdot 235 \cdot 10^{-3} / 5403} = 0,113$$

$$12.2.7 \quad M_{cr} = M_{k0} = k_{red} C / l_g \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t} = 1,00 \cdot \frac{131}{\sqrt{(210000 \cdot 925 \cdot 80769 \cdot 14,8 \cdot 10^8)}} = 5403 \text{ kNm}$$

b) dubbel-symmetrische profielen :  $h / t_f \leq 75 = 171 / 10 = 18,0$  -  
aan deze eis wordt voldaan

c) dubbel-symmetrische profielen :  $\alpha = h t_f 10^{12} / t_w^3 b t_f^2 \leq 575 = \frac{171 \cdot 9,5 \cdot 10^{12}}{6^3 \cdot 180 \cdot 3700^2} = 3052$  -  
aan deze eis wordt niet voldaan

$k_{red} = \text{als } h / t_w > 75: k_{red} = -5,4 \cdot 10^{-5} \alpha + 1,03 = -5,4 \cdot 10^{-5} \cdot 3052 + 1,03 = 0,865$

$h / t_w = 171 / 6 = 28,5$   $\alpha = 3052$  eis  $< 5000$  conclusie:  $k_{red} = 1,00$  -  
toepassingsgebied voor art. 12.2.1 NEN 6770

12.2.5.3  $C = \pi \frac{C_1}{l_{kp}} \frac{l_g}{l_{kp}^2} \left[ \sqrt{1 + \frac{\pi^2 S^2}{l_{kp}^2}} (C_2^2 + 1) + \pi \frac{C_2 S}{l_{kp}} \right]$   
NEN 6771

$C = \pi \frac{1,777}{740} \frac{3700}{740^2} \left[ \sqrt{1 + \frac{9,870 \cdot 1089,7^2}{740^2}} (-0,007^2 + 1) + \pi \frac{-0,007 \cdot 1089,7}{740} \right] = 131,2$  -

12.2.11.b  $S = \frac{h}{2} \sqrt{\left( \frac{E_d}{G_d} \frac{I_z}{I_t} \right)} = \frac{171}{2} \sqrt{\left( \frac{210000}{80769} \frac{924,6}{14,8} \right)} = 1089,7$  -  
benadering geldt alleen voor I-profielen

**toetsing kip art. 6.3.2.3 kipkrommen voor gewalste profielen of equivalente gelaste profielen**

6.54  $\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{4,599}{69,0} = 0,07$  - gebruik bij formule 6.57 kromme b

6.55  $M_{b,Rd} = \chi_{LT,mod} W_y f_y / \gamma_{M1}$   $M_{b,Rd} = 1,000 \cdot 293,6 \cdot 235 \cdot 10^6 / 1,00 = 69,0$  kNm  
 $M_{Ed} = 5403$   $\chi_{LT} = 0,11$  als bij berekening 6.3.2.2 kipkrommen algemeen

6.57  $\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \chi_{LT}^2}} \leq 1,0$   $\chi_{LT} = \frac{1}{0,456 + \sqrt{0,456^2 - 0,75 \cdot 0,113^2}} = 1,000$  -  
 $\chi_{LT} = 1 / \chi_{LT}^2 = 1 / 0,11^2 = 78,3$  - maatgevende waarde  $\chi_{LT} = 1,000$  -

6.58  $\chi_{LT,mod} = \chi_{LT} / f = 1,000 / 1,00 = 1,002$  - reken met  $\chi_{LT,mod} = 1,000$  -  
 $f = 1 - 0,5(1 - k_c) [1 - 2,0(\chi_{LT,mod} - 0,8)^2] \leq 1,0$   $f = 1 - 0,5(1 - 0,94) [1 - 2,0(1,113 - 0,8)^2] = 0,998$  -  
kip  $\Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\chi_{LT} - \chi_{LT,b}) + \beta \chi_{LT}^2]$   $\Phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,34 (0,11 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,11^2] = 0,456$  -

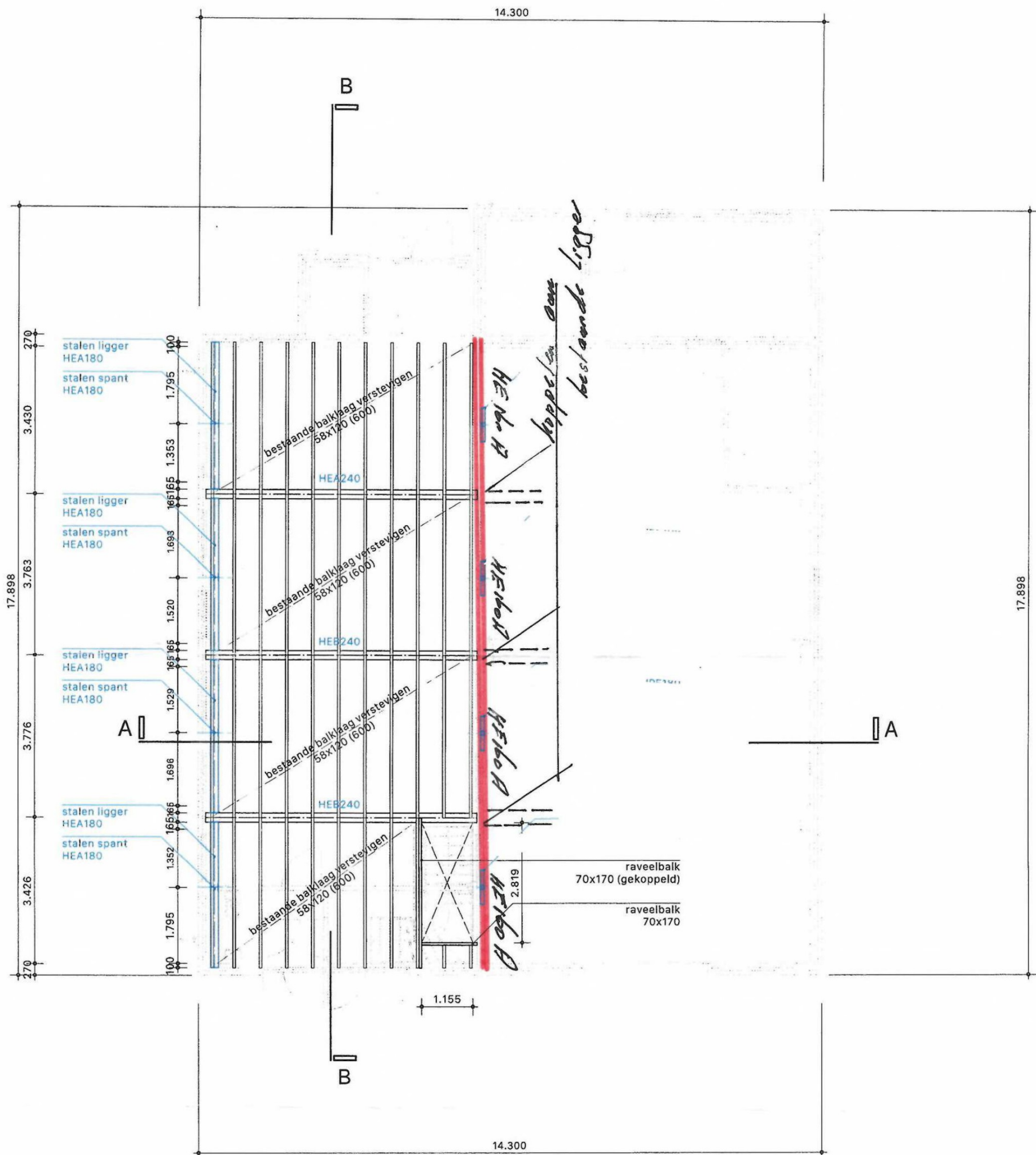
**NEN-EN 1996-1-1 art. 6.3.1 invoer t.b.v. bepaling druksterkte metselwerk voor berekening van de oplegglengte**

materiaal = baksteen  
gemiddelde druksterkte steen  $f_b = 15$  N/mm<sup>2</sup>  
soort mortel = metselmortel  
de steen wordt ingedeeld in categorie = II  
doorgaande mortelvoeg // aan vlak van de wand? = nee 3.6.2.1(6)  
perforaties in steen  $\leq 0$  % lintvoegen:  $\geq 6,0$  mm en  $\leq 15$  mm  
gemiddelde druksterkte mortel  $f_m = 7,5$  N/mm<sup>2</sup>  $N_{Rdc} = \beta A_b f_d$   
hoogte van wand tot niveau onder de last  $h_o = 2800$  mm  
afstand einde wand tot zijkant rand oplegvlak links  $a_{l,r} = 500$  mm  
afstand einde wand tot zijkant rand oplegvlak rech  $a_{l,r} = 500$  mm

3.6.1.2 karakteristieke druksterkte van metselwerk m.u.v. "shell bedded" metselwerk op basis van samenstellende materialen

3.1  $f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta = 1,0 \cdot 0,6 \cdot 15^{0,65} \cdot 7,5^{0,25} = 5,8$  N/mm<sup>2</sup>  
K

2.4.3(1) bepaling rekenwaarde van de druksterkte  $f_d = f_k / \gamma_M = 5,8 / 2,2 = 2,62$  N/mm<sup>2</sup>  
 $\beta = \text{kleinste waarde van } 1,25 + a_1 / 2 h_o \text{ en } 1,1 = 1,25 + 500 / 2 \cdot 2800 = 1,34$  reken met  $\beta = 1,34$  -  
opmerking



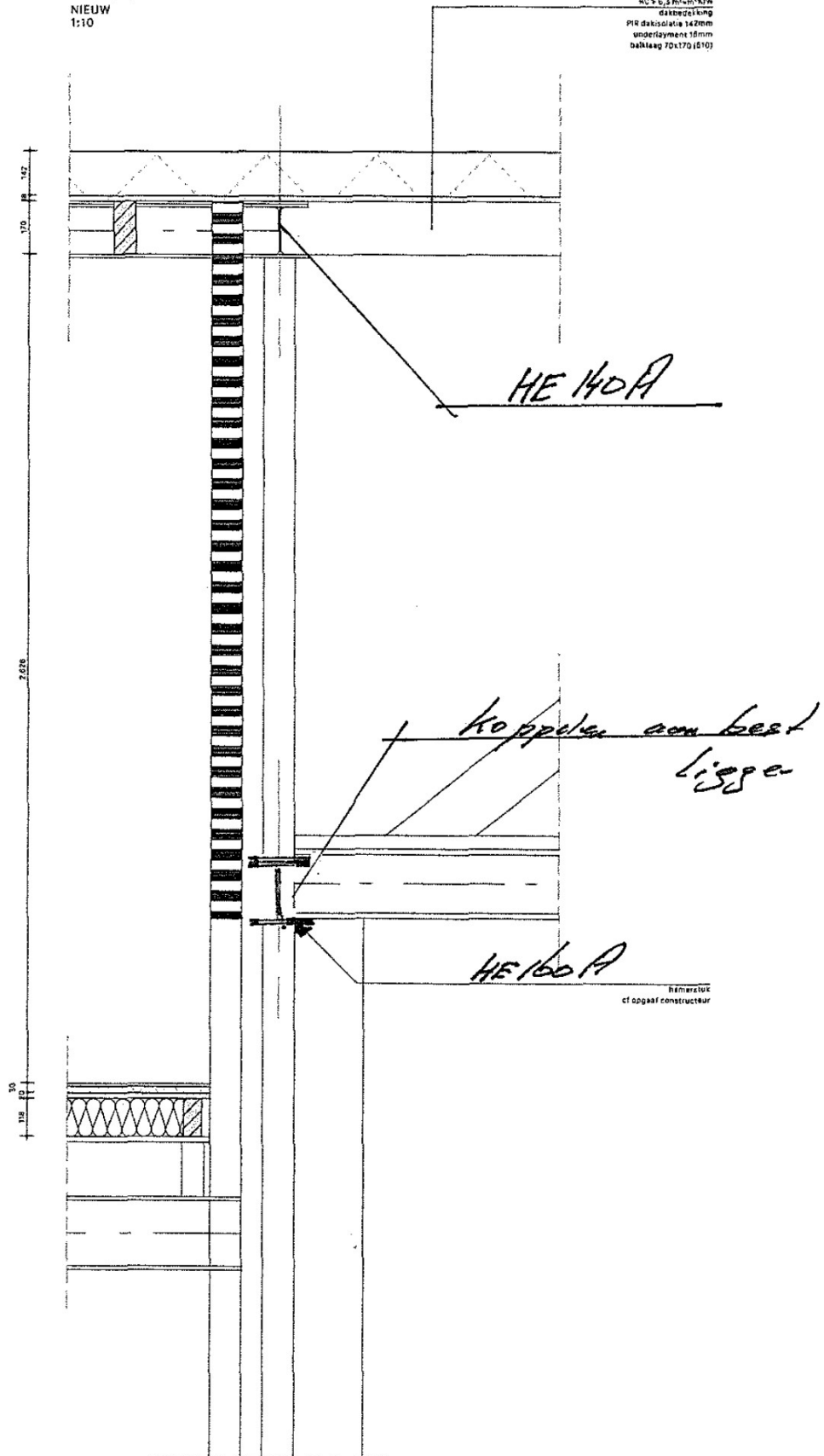
## VERDIEPINGSVLOER

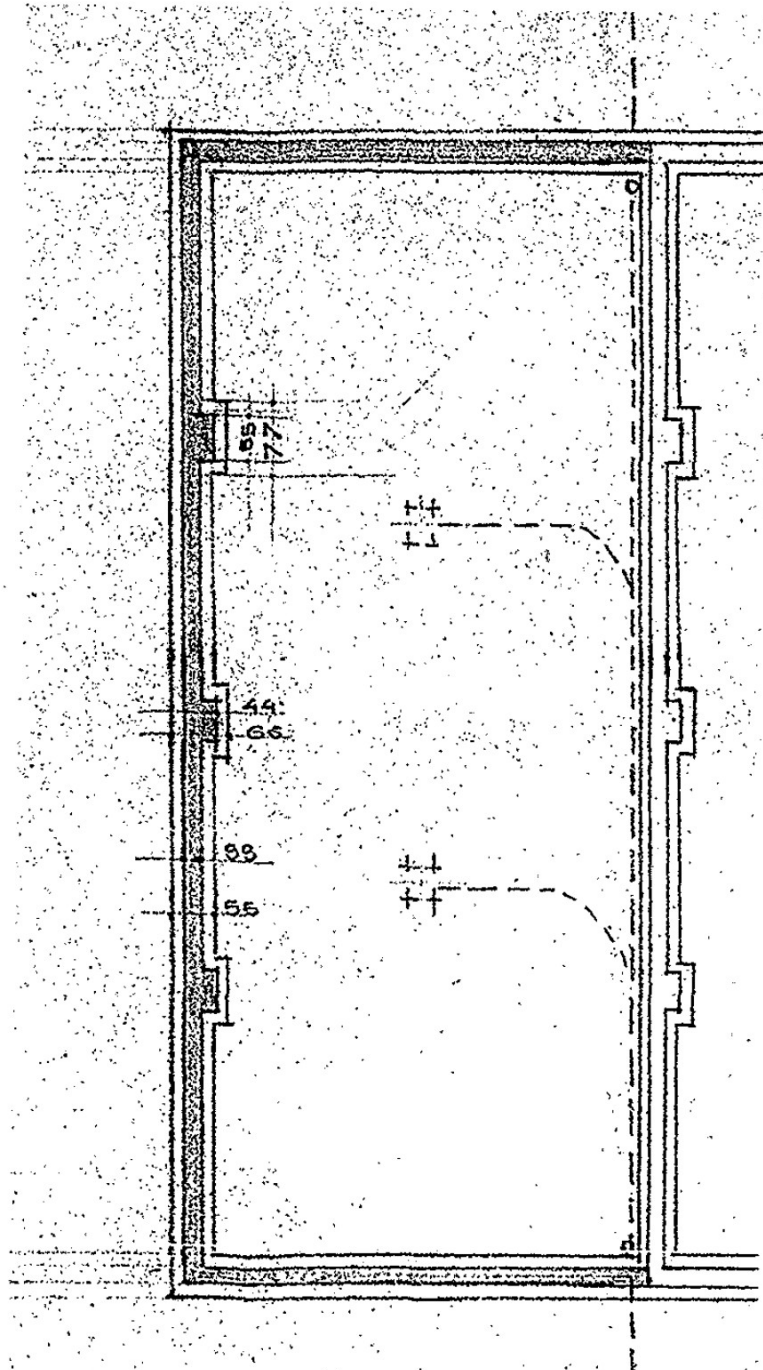
NIEUW  
1:100



DETAIL 5  
NIEUW  
1:10

dekkopbouw:  
RC 20 x 5,5 m<sup>2</sup> m<sup>2</sup> m<sup>2</sup>  
dakopzetting  
PIR dakisolatie 142mm  
underlayment 18mm  
balklaag 70x170 (S10)





FUNDERING



## Belastingen poeren

|                          |       |                       |                              |                  |
|--------------------------|-------|-----------------------|------------------------------|------------------|
| Categorie kantoorruimtes | B     | $\psi_0$<br>0,50      | $\psi_1$<br>0,50             | $\psi_2$<br>0,30 |
| veiligheidsklasse        | CC2   | blijvend<br>ongunstig | overheersend<br>veranderlijk |                  |
|                          | 6,10a | 1,35                  | 1,50                         |                  |
|                          | 6,10b | 1,20                  | 1,50                         |                  |

## bestaande poeren gevel

|                     | m/l    | lengte              |   | breedte             |   | basisbel.              |   | blijvend | varanderlijk |
|---------------------|--------|---------------------|---|---------------------|---|------------------------|---|----------|--------------|
| Dak (hellend)       | 1,00 x | 1,00 m <sup>1</sup> | x | 1,40 m <sup>1</sup> | x | 1,40 kN/m <sup>2</sup> | = | 1,96 kN  |              |
|                     | 1,00 x | 1,00 "              | x | 1,40 "              | x | 0,00 "                 | = |          | 0,00 kN      |
| Dak (plat)          | 1,00 x | 2,25 "              | x | 3,75 "              | x | 0,70 "                 | = | 5,91 "   |              |
|                     | 1,00 x | 2,25 "              | x | 3,75 "              | x | 0,56 "                 | = |          | 4,73 "       |
| 1e verdiepingsvloer | 1,00 x | 3,10 "              | x | 3,75 "              | x | 1,18 "                 | = | 13,72 "  |              |
|                     | 1,00 x | 3,10 "              | x | 3,75 "              | x | 3,00 "                 | = |          | 34,88 "      |
| fundering           | 1,00 x | 0,70 "              | x | 0,70 "              | x | 3,60 "                 | = | 1,76 "   |              |
| Totaal              |        |                     |   |                     |   |                        |   | 23,35 kN | 39,60 kN     |

|                 |      |   |       |   |      |   |       |   |       |   |                 |
|-----------------|------|---|-------|---|------|---|-------|---|-------|---|-----------------|
| UGT verg. 6.10a | 1,35 | x | 23,35 | + | 1,00 | x | 1,50  | x | 39,60 | = | 90,92 kN        |
| UGT verg. 6.10b | 1,20 | x | 23,35 | + | 1,00 | x | 1,50  | x | 39,60 | = | 87,42 kN        |
| BGT verg. 6.14b | 1,00 | x | 23,35 | + | 1,00 | x | 39,60 | + | 0,50  | x | 4,73 = 65,31 kN |

## bestaande poeren tussen wand

|                     | m/l    | lengte              |   | breedte             |   | basisbel.              |   | blijvend | varanderlijk |
|---------------------|--------|---------------------|---|---------------------|---|------------------------|---|----------|--------------|
| Dak (hellend)       | 1,00 x | 4,00 m <sup>1</sup> | x | 3,75 m <sup>1</sup> | x | 0,90 kN/m <sup>2</sup> | = | 13,50 kN |              |
|                     | 1,00 x | 4,00 "              | x | 3,75 "              | x | 0,28 "                 | = |          | 4,20 kN      |
| Dak (plat)          | 1,00 x | 2,25 "              | x | 3,75 "              | x | 0,70 "                 | = | 5,91 "   |              |
|                     | 1,00 x | 2,25 "              | x | 3,75 "              | x | 0,56 "                 | = |          | 4,73 "       |
| 1e verdiepingsvloer | 1,00 x | 3,10 "              | x | 5,50 "              | x | 1,18 "                 | = | 20,12 "  |              |
|                     | 1,00 x | 3,10 "              | x | 5,50 "              | x | 3,00 "                 | = |          | 51,15 "      |
| fundering           | 1,00 x | 0,70 "              | x | 0,70 "              | x | 3,60 "                 | = | 1,76 "   |              |
| Totaal              |        |                     |   |                     |   |                        |   | 41,29 kN | 60,08 kN     |

|                 |      |   |       |   |      |   |       |   |       |   |                  |
|-----------------|------|---|-------|---|------|---|-------|---|-------|---|------------------|
| UGT verg. 6.10a | 1,35 | x | 41,29 | + | 1,00 | x | 1,50  | x | 60,08 | = | 145,85 kN        |
| UGT verg. 6.10b | 1,20 | x | 41,29 | + | 1,00 | x | 1,50  | x | 60,08 | = | 139,66 kN        |
| BGT verg. 6.14b | 1,00 | x | 41,29 | + | 1,00 | x | 60,08 | + | 0,50  | x | 8,93 = 105,83 kN |

146 < 151 a.k.

| breedte in mm<br>$B_{ef}$ | Invloedsdiepte<br>$t_e$ in m <sup>1</sup> | eff. Vol.gew.<br>kN/m <sup>3</sup> | $\gamma_{e;d}$<br>kN/m <sup>3</sup> | lengte in mm<br>L | $\sigma'_{max;d}$<br>kN/m <sup>2</sup> | $F_{rv;d}$<br>kN/m <sup>1</sup> |
|---------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|----------------------------------------|---------------------------------|
| 770                       | 1,16                                      | 13                                 | 11,5                                | 770               | 254                                    | 151                             |



# Belastingen Stroken

|                   |       |           |              |          |
|-------------------|-------|-----------|--------------|----------|
| Categorie         | B     | $\psi_0$  | $\psi_1$     | $\psi_2$ |
| kantoorruimtes    |       | 0,50      | 0,50         | 0,30     |
| veiligheidsklasse | CC2   | blijvend  | overheersend |          |
|                   |       | ongunstig | veranderlijk |          |
|                   | 6,10a | 1,35      | 1,50         |          |
|                   | 6,10b | 1,20      | 1,50         |          |

## Stroken

|                     | m/l    | breedte             | basisbel.                 | blijvend | veranderlijk |
|---------------------|--------|---------------------|---------------------------|----------|--------------|
| Dak (hellend)       | 1,00 x | 1,50 m <sup>1</sup> | x 1,40 kNm <sup>2</sup> = | 2,10 kN  |              |
|                     | 1,00 x | 1,50 "              | x 0,00 " =                |          | 0,00 kN      |
| Dak (plat)          | 1,00 x | 0,50 "              | x 0,70 " =                | 0,35 "   |              |
|                     | 1,00 x | 0,50 "              | x 0,56 " =                |          | 0,28 "       |
| 1e verdiepingsvloer | 1,00 x | 1,85 "              | x 1,18 " =                | 2,18 "   |              |
|                     | 1,00 x | 1,85 "              | x 3,00 " =                |          | 5,55 "       |
| Wand                | 1,00 x | 3,60 "              | x 4,00 " =                | 14,40 "  |              |
| fundering           | 1,00 x | 1,00 "              | x 3,60 " =                | 3,60 "   |              |
| Totaal              |        |                     |                           | 22,63 kN | 5,83 kN      |
| UGT verg. 6.10a     | 1,35 x | 22,63 + 1,00 x      | 1,50 x 5,83 =             |          | 39,30 kN     |
| UGT verg. 6.10b     | 1,20 x | 22,63 + 1,00 x      | 1,50 x 5,83 =             |          | 35,90 kN     |
| BGT verg. 6.14b     | 1,00 x | 22,63 + 1,00 x      | 5,83 + 0,50 x 0,28 =      |          | 28,60 kN     |

$$39,3 \text{ kN/m} < 124 \text{ kN/m} \quad \text{ok}$$