

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.0 ©	
<b>Algemene gegevens</b>			
Naam van het project	: Aanpassing drinkwaternet WML t.p.v. Veerweg		
Projectonderdeel	: Nodulair gietijzer Ø 100 mm kruisend met waterkering		
Importatiefactor S	: 0,75		
<b>Materiaalgegevens</b>			
Materiaalsoort:	Nodulair gietijzer		
Kwaliteit:	NEN-EN 545		
Minimum waarde treksterkte	$R_m$	= 270	N/mm <sup>2</sup>
Materiaalfactor	$\gamma_M$	= 2,5	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 108,00	N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus	E	= 170000	N/mm <sup>2</sup>
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	$\alpha_g$	= $1,2 \cdot 10^{-5}$	mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel	$\alpha_{\sigma, \tan}$	= 0,556	-
Alfa Axiaal	$\alpha_{\sigma, ax}$	= 0,77	-
Toelaatbare deflectie	$\delta$	= 3	%
<b>Leidinggegevens</b>			
Uitwendige middellijn	$D_e$	= 118,00	mm
Wanddikte	$d_n$	= 4,4	mm
Geen bocht aanwezig			
<b>Procesgegevens</b>			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Vloeistof	
Ontwerpdruk	$p_d$	= 0,5	N/mm <sup>2</sup>
Volumieke massa vloeistof	$\rho$	= 1000	kg/m <sup>3</sup>
Temperatuurverschil	$\Delta_t$	= 10	°
<b>Aanleggegevens</b>			
Ligging: Kruising met een waterstaatswerk			
Zettingslengte	L	= 18.464	mm
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 3,26	m
Belastinghoek	$\alpha$	= 180	°
Ondersteuningshoek	$\beta$	= 70	°
Uitvoeringszakkingverschil	$f_v$	= 15	mm
Zettingsverschil	$f_z$	= 20	mm
Klinkpercentage	$\mu$	= 0,1	%
Marstonfactor	$f_m$	= 0,3	-
<b>Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone</b>			
Waterstaatswerk: Niet Verheeld			
Hoogteverschil kruin-maaiveld		= 2,25	m
		10-04-2018 16:13:03	



Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.0 ©	
<b>Grondmechanische gegevens</b>			
Grondsoort		= Klei	
Volumiek gewicht droge grond	$\gamma_d$	= 17,92	kN/m <sup>3</sup>
Inwendige wrijvingshoek grond	$\phi$	= 25,0	°
Effectieve cohesie	$c'$	= 2	kN/m <sup>2</sup>
Ongedraineerde schuifsterkte	$c_u$	= 25	kN/m <sup>2</sup>
E-modulus sleufmateriaal	$E_1$	= 2	MN/m <sup>2</sup>
Minimale verticale beddingconstante	$k_{v,min}$	= 0,016	N/mm <sup>3</sup>
Gemiddelde verticale beddingconstante	$k_{v,gem}$	= 0,024	N/mm <sup>3</sup>
Niet rekenen met horizontale steundruk			
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	$\gamma$	= 1,1	
<b>Verkeersbelasting</b>			
Grafiek ½ x II:		½ · Fatigue Load Model 2, Lorry 4	
Niet rekenen met ontlastende invloed wegdek			
		10-04-2018 16:13:03	

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.0 ©	
<b>1. Eigenschappen van de leiding</b>			
Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 109,20	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 113,60	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 118,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 59,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 54,60	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 56,80	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 2.536.872,24	mm <sup>4</sup>
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 42.997,83	mm <sup>3</sup>
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 7,10	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 3,23	mm <sup>3</sup> /mm <sup>1</sup>
<b>2. Toetsing of vereenvoudigde berekeningsmethode is toegestaan</b>			
Voor vloeistofleidingen geldt: $H^3 \cdot D_i^5$ moet kleiner dan 40 m <sup>8</sup> zijn. H is de druk in meters vloeistofkolom. Rekening houdende met $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ volgt:			
$H = \frac{p_d}{\rho \cdot g}$			
$H = \frac{500.000}{1.000 \cdot 9,81} = 50,97 \text{ m} \rightarrow H^3 \cdot D_i^5 = 50,97^3 \cdot 0,11^5 = 2,06 \text{ m}^8$			
<b>3. Berekening van de veiligheidszone</b>			
$R_B = 8 \cdot \sqrt[3]{H^3 \cdot D_i^5}$			
$R_B = 8 \cdot \sqrt[3]{50,97^3 \cdot 0,11^5} = 8,75 \text{ m}$			
Indien er sprake is van een klein gat: $R_{L1} = 0,5 \cdot R_B = 4,38 \text{ m}$			
Indien er sprake is van een groot gat: $R_{L2} = R_B = 8,75 \text{ m}$			
Indien er sprake is van niet-trekvraste verbindingen: $R_{L3} = 2 \cdot R_B = 17,51 \text{ m}$			
Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L1} = 4 \cdot 2,25 + 4,38 = 13,38 \text{ m}$			
Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L2} = 4 \cdot 2,25 + 8,75 = 17,75 \text{ m}$			
Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L3} = 4 \cdot 2,25 + 17,51 = 26,51 \text{ m}$			
<b>4. Berekening van de spanningen <math>s_p</math> en <math>s_{pl}</math> t.g.v. inwendige druk</b>			
$D_g/d_n = 113,60/4,40 = 25,82 \rightarrow D_g/d_n > 20 \rightarrow$ Dunwandige leiding			
$\sigma_p = \frac{p_d \cdot D_g}{2 \cdot d_n}$			
$\sigma_p = \frac{0,5 \cdot 113,6}{2 \cdot 4,4} = 6,45 \text{ N/mm}^2$			
$\sigma_{y1} = \sigma_p = 6,45 \text{ N/mm}^2$			
$\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p = 0,28 \cdot 6,45 = 1,81 \text{ N/mm}^2$			
Toelaatbare spanning = $\bar{\sigma}_t \cdot S = 108,00 \cdot 0,75 = \mathbf{81,00 \text{ N/mm}^2}$			
<b>5. Berekening reroundingfactor <math>f_{rr}</math></b>			
$f_{rr} = 1 / \left( 1 + \frac{2 \cdot p_d \cdot r_g^3 \cdot k_y}{E \cdot I_w} \right)$			
$f_{rr} = 1 / \left( 1 + \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 56,8^3 \cdot 0,102}{170000 \cdot 7,10} \right) = 0,98$			



### 6. Berekening van de neutrale grondbelasting $Q_n$

$$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$$

$$q_n = 1,1 \cdot 17,92 \cdot 3,26 = 64,26 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_n = q_n \cdot D_o$$

$$Q_n = 64,26 \cdot 10^{-3} \cdot 118 = 7,58 \text{ N/mm}^1$$

### 7. Berekening van de passieve grondbelasting $Q_p$

$$\sigma_{\text{vert}} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d$$

$$\sigma_{\text{vert}} = \frac{17,92}{1,1} \cdot 3,26 = 53,11 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{\text{hor}} = \sigma_{\text{vert}} \cdot (1 - \sin(\varphi))$$

$$\sigma_{\text{hor}} = 53,11 \cdot (1 - \sin(25,0)) = 30,66 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_o' = \frac{\sigma_{\text{vert}} + \sigma_{\text{hor}}}{2}$$

$$\sigma_o' = \frac{53,11 + 30,66}{2} = 41,89 \text{ kN/m}^2$$

$$p_f' = \sigma_o' \cdot (1 + \sin(\varphi)) + c \cdot \cos(\varphi)$$

$$p_f' = 41,89 \cdot (1 + \sin(25,0)) + 2 \cdot \cos(25,0) = 61,40 \text{ kN/m}^2$$

$$G = \frac{E_{100}}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

$$G = \frac{2,0}{2 \cdot (1 + 0,4)} = 0,71 \text{ MN/m}^2$$

$$Q = \frac{\sigma_o' \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$Q = \frac{41,89 \cdot \sin(25,0) + 2 \cdot \cos(25,0)}{0,71 \cdot 10^3} = 0,027$$

$$p_{\text{max}}' = (p_f' + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left( \frac{0,5 \cdot D_o^2}{0,5 \cdot D_o + H} + Q \right)^{\frac{-\sin \varphi}{1 + \sin \varphi}} - c \cdot \cot(\varphi)$$

$$p_{\text{max}}' = (61,40 + 25,0 \cdot \cot(25)) \cdot \left( \frac{0,5 \cdot 0,118^2}{0,5 \cdot 0,118 + 3,26} + 0,03 \right)^{\frac{-\sin 25,0}{1 + \sin 25,0}} - 2 \cdot \cot(25,0)$$

$$p_{\text{max}}' = 186,47 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_p = p_{\text{max}}' \cdot D_o$$

$$Q_p = 186,47 \cdot 10^{-3} \cdot 118 = 22,00 \text{ N/mm}^1$$

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.0 ©
--	------------------

### 8. Berekening van de reële grondbelasting $Q_k$

$$z_{\max} = 0,25 \cdot \frac{D_o}{E_1^{1,5} \cdot \sqrt{H/D_o}}$$

$$z_{\max} = 0,25 \cdot \frac{0,118}{2^{1,5} \cdot \sqrt{3,26/0,118}} = 0,0020 \text{ m}$$

$$q_k = q_n + \frac{\frac{\mu \cdot D_o}{z_{\max}} \cdot (q_p - q_n)}{1 + \frac{q_p - q_n}{z_{\max} \cdot k_{v,\min}}}$$

$$q_k = 64,26 + \frac{\frac{0,1 \cdot 0,118}{0,0020} \cdot (186,47 - 64,26)}{1 + \frac{186,47 - 64,26}{0,0020 \cdot 0,0160 \cdot 10^6}} = 214,13 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = q_k \cdot D_o$$

$$Q_k = 214,13 \cdot 10^{-3} \cdot 118 = 25,27 \text{ N/mm}^1$$

Aanpassing van  $Q_k$  nodig  $\rightarrow Q_k > Q_p \rightarrow Q_k = Q_p = 22,00 \text{ N/mm}^1$

### 9. Berekening van de verkeersbelasting $Q_v$ volgens Grafiek 1/2 x II NEN 3650-1:C.17

Niet rekenen met ontlastende invloed

$$q_v = 3,42 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_v = q_v \cdot D_o$$

$$Q_v = 3,42 \cdot 10^{-3} \cdot 118 = 0,40 \text{ N/mm}^1$$

### 10. Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding $\lambda$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_{v,\text{gem}}}{4 \cdot E \cdot I_b}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{118 \cdot 0,024}{4 \cdot 170000 \cdot 2.536.872,24}} = 0,0011 \text{ mm}^{-1}$$

### 11. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> jaar)

Zettingslengte  $L = 18.464 \text{ mm}$

$$\lambda \cdot L = 0,0011 \cdot 18.464 = 20,90$$

$i = 0,900$  (= 90,0 % inklemming)

$B_z = 0,000360$  (volgens NEN 3651 - 8.5.2.4 tabel 5)

$$Q_z = B_z \cdot f_v \cdot D_o \cdot k_{v,\text{gem}}$$

$$Q_z = 0,000360 \cdot 15 \cdot 118 \cdot 0,024 = 0,015 \text{ N/mm}^1$$

$$Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot \left(i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6}\right)$$

$$Q_d = 0,015 \cdot 0,0011 \cdot 18.464 \cdot \left(0,900 + \frac{0,900 \cdot 0,0011 \cdot 18.464}{6}\right) = 1,29 \text{ N/mm}^1$$

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.0 ©
--	------------------

**12. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (na 2 jaar)**

$$Q_z = B_z \cdot (f_v + 1,5 \cdot f_z) \cdot D_o \cdot k_{v,gem}$$

$$Q_z = 0,000360 \cdot (15 + 1,5 \cdot 20) \cdot 118 \cdot 0,024 = 0,046 \text{ N/mm}^1$$

$$Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot \left(i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6}\right)$$

$$Q_d = 0,046 \cdot 0,0011 \cdot 18.464 \cdot \left(0,900 + \frac{0,900 \cdot 0,0011 \cdot 18.464}{6}\right) = 3,86 \text{ N/mm}^1$$

**13. Berekening evenwichtsdraagvermogen en controle met bovenbelastingen**

*Berekening evenwichtsdraagvermogen*

$$B = D_o = 0,12 \text{ m}$$

$$B/L = 0,1$$

$$Z = h + D_o / 2 = 3,26 + 0,12 / 2 = 3,32 \text{ m}$$

$$S_c = 0,2 \cdot B/L = 0,02$$

$$d_c = 0,4 \cdot \tan^{-1}(Z/B) = 0,4 \cdot \tan^{-1}(3,32/0,12) = 0,61$$

$$P_{we} = 0,85 \cdot c_u \cdot (\pi + 2) \cdot (1 + S_c + d_c)$$

$$P_{we} = 0,85 \cdot 25 \cdot (\pi + 2) \cdot (1 + 0,02 + 0,61)$$

$$P_{we} = 178,54 \text{ kN/m}^2 = 0,18 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{weD_o} = P_{we} \cdot D_o = 0,18 \cdot 118,00 = 21,07 \text{ N/mm}^1$$

*Controle bovenbelastingen met evenwichtsdraagvermogen*

Situatie 1 <sup>e</sup> en 2 <sup>e</sup> jaar	Conclusie:	Situatie na 2 jaar	Conclusie:
$Q_k = 22,00 \text{ N/mm}^1$	Aanpassing van	$Q_n = 7,58 \text{ N/mm}^1$	Geen aanpassing
$Q_v = 0,40 \text{ N/mm}^1$	$Q_d$ nodig	$Q_v = 0,40 \text{ N/mm}^1$	van $Q_d$ nodig
$Q_d = 1,29 \text{ N/mm}^1 +$	$Q_d = 0,00 \text{ N/mm}^1$	$Q_d = 3,86 \text{ N/mm}^1 +$	
$\Sigma = 23,69 \text{ N/mm}^1$		$\Sigma = 11,85 \text{ N/mm}^1$	

**14. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> jaar)**

<p><i>Moment t.g.v. <math>Q_k</math> en <math>Q_v</math></i></p> $M_q = K_b \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g$ $M_q = 0,178 \cdot (22,00 + 0,40) \cdot 56,80$ $M_q = 226,54 \text{ Nmm/mm}^1$	<p><i>Moment t.g.v. <math>Q_d</math></i></p> $M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$ $M_{qd} = 0,122 \cdot 0,00 \cdot 56,80$ $M_{qd} = 0,00 \text{ Nmm/mm}^1$
---	--

*Spanning t.g.v.  $M_q$  en  $M_{qd}$*

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$$

$$\sigma_q = 0,98 \cdot (226,54 + 0,00) / 3,23 = \mathbf{69,14 \text{ N/mm}^2}$$

**15. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (na 2 jaar)**

<p><i>Moment t.g.v. <math>Q_n</math> en <math>Q_v</math></i></p> $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ $M_q = 0,178 \cdot (7,58 + 0,40) \cdot 56,80$ $M_q = 80,74 \text{ Nmm/mm}^1$	<p><i>Moment t.g.v. <math>Q_d</math></i></p> $M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$ $M_{qd} = 0,122 \cdot 3,86 \cdot 56,80$ $M_{qd} = 26,78 \text{ Nmm/mm}^1$
---	---

*Spanning t.g.v.  $M_q$  en  $M_{qd}$*

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$$

$$\sigma_q = 0,98 \cdot (80,74 + 26,78) / 3,23 = \mathbf{32,81 \text{ N/mm}^2}$$

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.0 ©
<b>16. Berekening van de spanning <math>S_{bx}</math> t.g.v. uitvoeringszakkingverschil <math>f_v</math></b>	
$\sigma_{bx} = C_z \cdot f_v \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$ $\sigma_{bx} = 0,0192 \cdot 15 \cdot \sqrt{\frac{170000 \cdot 0,024}{4,4}} = \mathbf{8,77 \text{ N/mm}^2}$	
<b>17. Berekening van de spanning <math>S_{bx}</math> t.g.v. uitvoeringszakkingverschil <math>f_v</math> en zettingsverschil <math>f_z</math></b>	
$\sigma_{bx} = C_z \cdot (f_v + 1,5 \cdot f_z) \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$ $\sigma_{bx} = 0,0192 \cdot (15 + 1,5 \cdot 20) \cdot \sqrt{\frac{170000 \cdot 0,024}{4,4}} = \mathbf{26,30 \text{ N/mm}^2}$	
<b>18. Berekening van de spanning <math>S_{ax}</math> t.g.v. temperatuurverschil</b>	
$\sigma_{ax} = \Delta t \cdot \alpha_g \cdot E$ $\sigma_{ax} = 10 \cdot 0,0000115 \cdot 170000 = \mathbf{19,55 \text{ N/mm}^2}$	
<b>19. Berekening van de spanningsverhogingsfactoren van de bocht</b>	
<p>Aangezien er geen bocht wordt toegepast volgt:</p> $i_x = 1, i_y = 0, i_{xp} = 1, i_{yp} = 0$	
<b>20. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk</b>	
<p>Veiligheidsfactor <math>\gamma</math> voor langdurige onderdruk: <math>\gamma = 3</math>          Veiligheidsfactor <math>\gamma</math> voor kortdurende onderdruk: <math>\gamma = 1,5</math></p> $p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$ $p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,28^2)} \cdot \frac{24 \cdot 170.000,00 \cdot 7,10}{113,60^3} = 14,29 \text{ N/mm}^2$ $p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,28^2)} \cdot \frac{24 \cdot 170.000,00 \cdot 7,10}{113,60^3} = 7,15 \text{ N/mm}^2$ <p>Conclusie: Kans op implosie bij <b>714,56 m</b> grondwater boven de leiding</p>	
<b>21. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie</b>	
$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (7,58 + 0,40) - 0,083 \cdot (1 - \sin(25,0^\circ)) \cdot (7,58 + 0,40) + 0,048 \cdot 3,86) \cdot 56,80^3}{170000 \cdot 7,10} = \mathbf{0,08 \text{ mm} (= 0,069\%)}$ <p>Toelaatbare deflectie = 3% · importatiefactor S · <math>D_g = 0,03 \cdot 0,75 \cdot 113,60 = \mathbf{2,56 \text{ mm}}</math></p>	
1.0.0.0/01-2018/	10-04-2018 16:13:04



Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.0 ©
--	------------------

## 22. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> jaar)

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

$$\sigma_{y2} = \alpha_{\sigma, \tan} \cdot \sigma_q$$

$$\sigma_{y2} = 0,556 \cdot 69,14 = \mathbf{38,44 \text{ N/mm}^2}$$

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

$$\sigma_x = \sigma_{pl} + \alpha_{\sigma, ax} \cdot \sigma_{bx} + \sigma_{ax}$$

$$\sigma_x = 1,81 + 0,77 \cdot 8,77 + 19,55 = \mathbf{28,11 \text{ N/mm}^2}$$

$$\text{Toelaatbare spanning} = \bar{\sigma}_t \cdot S = 108,00 \cdot 0,75 = \mathbf{81,00 \text{ N/mm}^2}$$

## 23. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (na 2 jaar)

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

$$\sigma_{y2} = \alpha_{\sigma, \tan} \cdot \sigma_q$$

$$\sigma_{y2} = 0,556 \cdot 32,81 = \mathbf{18,24 \text{ N/mm}^2}$$

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

$$\sigma_x = \sigma_{pl} + \alpha_{\sigma, ax} \cdot \sigma_{bx} + \sigma_{ax}$$

$$\sigma_x = 1,81 + 0,77 \cdot 26,30 + 19,55 = \mathbf{41,61 \text{ N/mm}^2}$$

$$\text{Toelaatbare spanning} = \bar{\sigma}_t \cdot S = 108,00 \cdot 0,75 = \mathbf{81,00 \text{ N/mm}^2}$$