



Sterkteberekening van een gelegd/geperste leiding conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2016 1.4 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project	: Saneren AC leidingen Wellerlooij Rijksweg N271		
Projectonderdeel	: Nodulair gietijzer doorvoer door mantelbuis		
Importatiefactor S	: 0,75		
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	Nodulair gietijzer		
Kwaliteit:	NEN-EN 545		
Minimum waarde treksterkte	R_m	= 270	N/mm ²
Materiaalfactor	γ_M	= 2,5	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 108,00	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus	E	= 170000	N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α_g	= $1,2 \cdot 10^{-5}$	mm/(mm·K)
Alfa Tangentiële	$\alpha_{\sigma, \tan}$	= 0,556	-
Alfa Axiaal	$\alpha_{\sigma, ax}$	= 0,77	-
Toelaatbare deflectie	δ	= 3	%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D_e	= 222,00	mm
Wanddikte	d_n	= 5,4	mm
Wanddikte bocht	t	= 5,4	mm
Bochtstraal	R	= 1.200,00	mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Vloeistof	
Ontwerpdruk	p_d	= 0,4	N/mm ²
Volumieke massa vloeistof	ρ	= 1000	kg/m ³
Temperatuurverschil	Δt	= 10	°
Aanleggegevens			
Belastinghoek (Geperst deel)	α	= 180	°
Belastinghoek (Gelegd deel)	α	= 180	°
Ondersteuningshoek (Geperst deel)	β	= 120	°
Ondersteuningshoek (Gelegd deel)	β	= 70	°
Uitvoeringszakkingverschil	f_v	= 5	mm
Zettingsverschil	f_z	= 0	mm
Berekeningsmethode		z-sprong methode	
Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone			
Waterstaatswerk: Verheeld			
		06-02-2017 20:57:11	

**Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting**

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Grond- soort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Wrijvings- hoek grond [°]	Gem. vert. bedding-constante [N/mm ²]
Geperst deel	1,00	Zand	18,00	32,50	0,0550
Gelegd deel	1,00	Zand	18,00	32,50	0,0220

Locatie	Effectieve cohesie [kN/m ²]	Schuif-sterkte [kN/m ²]	Verkeersbelasting
Geperst deel	0,00	0,00	Geen
Gelegd deel	0,00	0,00	Grafiek II

Locatie	Ontlastende invloed t.g.v. wegdek
Geperst deel	-
Gelegd deel	Geen ontlastende invloed



Sterkteberekening van een gelegd/geperste leiding conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2016 1.4 ©	
1. Eigenschappen van de leiding			
Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 211,20	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i) / 2$	= 216,60	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 222,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 111,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 105,60	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 108,30	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$	= 21.562.487,02	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 194.256,64	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 13,12	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 4,86	mm ³ /mm ¹
2. Toetsing of vereenvoudigde berekeningsmethode is toegestaan			
Voor vloeistofleidingen geldt: $H^3 \cdot D_i^5$ moet kleiner dan 40 m ⁸ zijn.			
H is de druk in meters vloeistofkolom.			
Rekening houdende met $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ volgt:			
$H = \frac{p_d}{\rho \cdot g}$			
$H = \frac{400.000}{1.000 \cdot 9,81} = 40,77 \text{ m} \rightarrow H^3 \cdot D_i^5 = 40,77^3 \cdot 0,21^5 = 28,49 \text{ m}^8$			
3. Berekening van de veiligheidszone			
$R_B = 8 \cdot \sqrt[3]{H^3 \cdot D_i^5}$			
$R_B = 8 \cdot \sqrt[3]{40,77^3 \cdot 0,21^5} = 12,16 \text{ m}$			
Indien er sprake is van een klein gat: $R_{L1} = 0,5 \cdot R_B = 6,08 \text{ m}$			
Indien er sprake is van een groot gat: $R_{L2} = R_B = 12,16 \text{ m}$			
Indien er sprake is van niet-trekvraste verbindingen: $R_{L3} = 2 \cdot R_B = 24,32 \text{ m}$			
Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L1} = 4 \cdot 0,00 + 6,08 = 6,08 \text{ m}$			
Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L2} = 4 \cdot 0,00 + 12,16 = 12,16 \text{ m}$			
Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L3} = 4 \cdot 0,00 + 24,32 = 24,32 \text{ m}$			
		06-02-2017 20:57:11	

**4. Berekening van de spanningen s_p en s_{pl} t.g.v. inwendige druk**

$D_g/d_n = 216,60/5,40 = 40,11 \rightarrow D_g/d_n > 20 \rightarrow$ Dunwandige leiding

$$\sigma_p = \frac{p_d \cdot D_g}{2 \cdot d_n}$$

$$\sigma_p = \frac{0,4 \cdot 216,6}{2 \cdot 5,4} = 8,02 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_p(\text{bi}) = \frac{2 \cdot R - 0,5 \cdot D_e}{2 \cdot R - D_e} \cdot \sigma_p$$

$$\sigma_p(\text{bi}) = \frac{2 \cdot 1200 - 0,5 \cdot 222}{2 \cdot 1200 - 222} \cdot 8,02 = 8,43 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_p(\text{bu}) = \frac{2 \cdot R + 0,5 \cdot D_e}{2 \cdot R + D_e} \cdot \sigma_p$$

$$\sigma_p(\text{bu}) = \frac{2 \cdot 1200 + 0,5 \cdot 222}{2 \cdot 1200 + 222} \cdot 8,02 = 7,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{y1} = \sigma_p(\text{bi}) = 8,43 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p = 0,28 \cdot 8,43 = 2,36 \text{ N/mm}^2$$

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

5. Berekening reroundingfactor f_{rr} (Geperst deel)

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot p_d \cdot r_g^3 \cdot k_y}{E \cdot I_w} \right)$$

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot 0,4 \cdot 108,3^3 \cdot 0,089}{170000 \cdot 13,12} \right) = 0,96$$

6. Berekening reroundingfactor f_{rr} (Gelegd deel)

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot p_d \cdot r_g^3 \cdot k_y}{E \cdot I_w} \right)$$

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot 0,4 \cdot 108,3^3 \cdot 0,102}{170000 \cdot 13,12} \right) = 0,96$$

7. Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n (Geperst deel)

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

$$q_n = 1,1 \cdot 18 \cdot 1 = 19,80 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_n = q_n \cdot D_o$$

$$Q_n = 19,80 \cdot 10^{-3} \cdot 222 = 4,40 \text{ N/mm}^1$$

8. Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n (Gelegd deel)

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

$$q_n = 1,1 \cdot 18 \cdot 1 = 19,80 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_n = q_n \cdot D_o$$

$$Q_n = 19,80 \cdot 10^{-3} \cdot 222 = 4,40 \text{ N/mm}^1$$

**9. Berekening van de passieve grondbelasting Q_p (Gelegd deel)**

$$q_p = q_n \cdot \left(1 + f_m \cdot \frac{H}{D_o} \right)$$

$$q_p = 19,80 \cdot \left(1 + 0,3 \cdot \frac{1}{0,222} \right) = 46,56 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_p = q_p \cdot D_o$$

$$Q_p = 46,56 \cdot 10^{-3} \cdot 222 = 10,34 \text{ N/mm}^1$$

$$q_o = \frac{Q_p}{D_o}$$

$$q_o = \frac{10,34}{222} = 0,05 \text{ N/mm}^2$$

10. Berekening van de verkeersbelasting Q_v volgens Geen NEN 3650-1:C.17 (Geperst deel)

Geen verkeersbelasting ingevoerd

$$Q_v = 0 \text{ N/mm}^1$$

11. Berekening van de verkeersbelasting Q_v volgens Grafiek II NEN 3650-1:C.17 (Gelegd deel)

Niet rekenen met ontlastende invloed

$$q_v = 38,38 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_v = q_v \cdot D_o$$

$$Q_v = 38,38 \cdot 10^{-3} \cdot 222 = 8,52 \text{ N/mm}^1$$

12. Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding I (Geperst deel)

$$\lambda_1 = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_1}{4 \cdot E \cdot I_b}}$$

$$\lambda_1 = \sqrt[4]{\frac{222 \cdot 0,055}{4 \cdot 170000 \cdot 21.562.487,02}} = 0,00096 \text{ mm}^{-1}$$

13. Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding I (Gelegd deel)

$$\lambda_2 = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_2}{4 \cdot E \cdot I_b}}$$

$$\lambda_2 = \sqrt[4]{\frac{222 \cdot 0,022}{4 \cdot 170000 \cdot 21.562.487,02}} = 0,00076 \text{ mm}^{-1}$$

**14. Bepaling van de relevante berekeningsmethode (k-sprong/z-sprong)**

$$k_2/k_1 = 0,4$$

$$a = \frac{\sqrt{k_2/k_1} - k_2/k_1}{1 + k_2/k_1 + 2\sqrt{k_2/k_1} + 2\sqrt[4]{(k_2/k_1)^3} + 2\sqrt[4]{k_2/k_1}} = 0,044$$

$$b = \frac{k_2/k_1 - \sqrt[4]{(k_2/k_1)^3}}{1 + k_2/k_1 + 2\sqrt{k_2/k_1} + 2\sqrt[4]{(k_2/k_1)^3} + 2\sqrt[4]{k_2/k_1}} = 0,17$$

$$\lambda x = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a+b}\right) = 0,67$$

$$A_{\lambda x} = e^{-\lambda x} \cdot (\cos \lambda x + \sin \lambda x) = 0,72$$

$$B_{\lambda x} = e^{-\lambda x} \cdot \sin \lambda x = 0,32$$

$$\alpha = \left(\frac{0,5 \cdot a \cdot A_{\lambda x} + b \cdot B_{\lambda x}}{0,08}\right)^2 = \left(\frac{0,5 \cdot 0,044 \cdot 0,72 + 0,17 \cdot 0,32}{0,08}\right)^2 = 0,77$$

$$\frac{(f_k + 1,5 \cdot f_z) \cdot k_1 \cdot \alpha}{q_0} = \frac{(5 + 1,5 \cdot 0) \cdot 0,055 \cdot 0,77}{0,05} = 4,58$$

$$\text{Toetswaarde} = \frac{\alpha}{2 \cdot b \cdot \sqrt[4]{k_2/k_1} - a \sqrt{k_2/k_1}} = \frac{0,77}{2 \cdot 0,17 \cdot \sqrt[4]{0,4} - 0,044 \cdot \sqrt{0,4}} = 3,16$$

4,58 > 3,16 → **z-sprong methode**

15. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting

C = 0,8 (Volgens C.6 NEN3650:1992)

$$L = \frac{C}{\lambda_2} = \frac{0,8}{0,00076} = 1.053,05 \text{ mm}$$

15.1 Geperst deel

$$Q_d = 2,4 \cdot L \cdot Q_p \cdot \frac{\lambda_1}{\pi}$$

$$Q_d = 2,4 \cdot 1.053,05 \cdot 10,34 \cdot \frac{0,00096}{\pi} = 7,94 \text{ N/mm}^1$$

15.2 Gelegd deel

$$Q_d = 1,6 \cdot L \cdot Q_p \cdot \frac{\lambda_2}{\pi}$$

$$Q_d = 1,6 \cdot 1.053,05 \cdot 10,34 \cdot \frac{0,00076}{\pi} = 4,21 \text{ N/mm}^1$$



16. Berekening evenwichtsdragvermogen en controle met bovenbelastingen (Geperst deel)

Berekening evenwichtsdragvermogen

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan(\varphi)} \cdot \tan^2(45^\circ + \varphi/2) = 24,58$$

$$N_y = 1,5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi) = 22,54$$

$$B = D_o = 0,22 \text{ m}$$

$$B/L = 0,1$$

$$Z = h + D_o / 2 = 1,00 + 0,22 / 2 = 1,11 \text{ m}$$

$$S_y = 1 - 0,4 \cdot B/L = 0,96$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \tan^{-1}(Z/B) = 1,37$$

$$\gamma'_{gem} = (q_n + \gamma \cdot \gamma_d \cdot D_o / 2) / Z = 19,80 \text{ kN/m}^3$$

$$P_{we} = 0,95 \cdot (0,5 \cdot \gamma'_{gem} \cdot D_o \cdot N_y \cdot S_y \cdot d_y + S_q \cdot N_q \cdot d_q \cdot (q_n + c' \cdot \cot(\varphi)) - c' \cdot \cot(\varphi))$$

$$P_{we} = 715,03 \text{ kN/m}^2 = 0,72 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{weDo} = P_{we} \cdot D_o = 0,72 \cdot 222,00 = 158,74 \text{ N/mm}^1$$

Controle bovenbelastingen met evenwichtsdragvermogen

$Q_n = 4,40$	N/mm^1		<i>Conclusie:</i>
$Q_v = 0,00$	N/mm^1		Geen aanpassing
$Q_d = 7,94$	N/mm^1	+	van Q_d nodig
$\Sigma = 12,34$	N/mm^1		

17. Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen (Geperst deel)

Moment t.g.v. Q_n en Q_v

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$$

$$M_q = 0,138 \cdot (4,40 + 0,00) \cdot 108,30$$

$$M_q = 65,69 \text{ Nmm/mm}^1$$

Moment t.g.v. Q_d

$$M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$$

$$M_{qd} = 0,083 \cdot 7,94 \cdot 108,30$$

$$M_{qd} = 71,40 \text{ Nmm/mm}^1$$

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

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

$$\sigma_q = 0,96 \cdot (65,69 + 71,40) / 4,86 = 27,11 \text{ N/mm}^2$$

18. Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen (Gelegd deel)

Moment t.g.v. Q_n en Q_v

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$$

$$M_q = 0,178 \cdot (4,40 + 8,52) \cdot 108,30$$

$$M_q = 249,00 \text{ Nmm/mm}^1$$

Moment t.g.v. Q_d

$$M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$$

$$M_{qd} = 0,122 \cdot 4,21 \cdot 108,30$$

$$M_{qd} = 55,64 \text{ Nmm/mm}^1$$

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

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

$$\sigma_q = 0,96 \cdot (249,00 + 55,64) / 4,86 = 59,90 \text{ N/mm}^2$$

19. Berekening van de spanning s_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v en zettingsverschil f_z (Geperst deel)

$$m = 0,58 \text{ (Volgens C.6 NEN3650:1992)}$$

$$\sigma_{bx} = m \cdot q_0 \cdot D_e \cdot \frac{L^2}{W_b}$$

$$\sigma_{bx} = 0,58 \cdot 0,05 \cdot 222 \cdot \frac{1.053,05}{194.256,64} = 34,22 \text{ N/mm}^2$$



Sterkteberekening van een gelegd/geperste leiding conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2016 1.4 ©
20. Berekening van de spanning s_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v en zettingsverschil f_z (Gelegd deel)	
$m^+ = 0,56$ (Volgens C.6 NEN3650:1992) $\sigma_{bx} = m^+ \cdot q_0 \cdot D_e \cdot \frac{L^2}{W_b}$ $\sigma_{bx} = 0,56 \cdot 0,05 \cdot 222 \cdot \frac{1.053,05}{194.256,64} = \mathbf{33,04 \text{ N/mm}^2}$	
21. Berekening van de spanning s_{ax} t.g.v. temperatuurverschil	
$\sigma_{ax} = \Delta t \cdot \alpha_g \cdot E$ $\sigma_{ax} = 10 \cdot 0,0000115 \cdot 170000 = \mathbf{19,55 \text{ N/mm}^2}$	
22. Berekening van de spanningsverhogingsfactoren van de bocht	
<p>Berekening van de factoren i_x, i_{xp}, i_y en i_{yp} van de bocht:</p> $r = \left(\frac{D_e}{2} + \frac{D_e - 2 \cdot t}{2} \right) / 2 = 108,30 \text{ mm}$ $h = \frac{t \cdot R}{r^2} = \frac{5,4 \cdot 1200}{108,3^2} = 0,55$ $k = \frac{1,65}{h} = \frac{1,65}{0,55} = 2,99$ $i_x = \frac{0,9}{h^{(2/3)}} = \frac{0,9}{0,55^{(2/3)}} = 1,34$ $c_2 = 1 + 3,25 \cdot (p_d/E) \cdot (r/t)^{(5/2)} \cdot (R/r)^{(2/3)}$ $c_2 = 1 + 3,25 \cdot (0,4/170000) \cdot (108,30/5,4)^{(5/2)} \cdot (1.200,00/108,3)^{(2/3)} = 1,07$ $i_{xp} = \frac{i_x}{c_2} = \frac{1,34}{1,07} = 1,25$ $i_y = 2 \cdot i_x = 2 \cdot 1,34 = 2,67$ $i_{yp} = 2 \cdot i_{xp} = 2 \cdot 1,25 = 2,50$	
23. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N	
$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$ $S_N = 170000 \cdot \frac{13,12}{216,6^3} = 0,220 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{219,52 \text{ kN/m}^2}$ <p>Minimaal vereiste ringstijfheid = 0 kN/m²</p>	
24. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk	
<p>Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$ Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$</p> $p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$ $p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,28^2)} \cdot \frac{24 \cdot 170.000,00 \cdot 13,12}{216,60^3} = 3,81 \text{ N/mm}^2$ $p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,28^2)} \cdot \frac{24 \cdot 170.000,00 \cdot 13,12}{216,60^3} = 1,91 \text{ N/mm}^2$ <p>Conclusie: Kans op implosie bij 190,56 m grondwater boven de leiding</p>	
1.4.0.0/07-2016/	06-02-2017 20:57:11



Sterkteberekening van een gelegd/geperste leiding conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2016 1.4 ©
25. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie (Geperst deel)	
$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (4,40 + 0,00) - 0,083 \cdot (1 - \sin(32,5^\circ)) \cdot (4,40 + 0,00) + 0,048 \cdot 7,94) \cdot 108,30^3}{170000 \cdot 13,12} = \mathbf{0,34 \text{ mm}} (= 0,16\%)$ <p>Toelaatbare deflectie = 3% · importantiefactor S · D_g = 0,03 · 0,75 · 216,60 = 4,87 mm</p>	
26. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie (Gelegd deel)	
$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (4,40 + 8,52) - 0,083 \cdot (1 - \sin(32,5^\circ)) \cdot (4,40 + 8,52) + 0,048 \cdot 4,21) \cdot 108,30^3}{170000 \cdot 13,12} = \mathbf{0,49 \text{ mm}} (= 0,22\%)$ <p>Toelaatbare deflectie = 3% · importantiefactor S · D_g = 0,03 · 0,75 · 216,60 = 4,87 mm</p>	
27. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (Geperst deel)	
<p>Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding</p> $\sigma_{y2} = \alpha_{\sigma, \tan} \cdot (\sigma_q + i_{yp} \cdot \sigma_{bx})$ $\sigma_{y2} = 0,556 \cdot (27,11 + 2,50 \cdot 34,22) = \mathbf{62,68 \text{ N/mm}^2}$ <p>Optredende spanningen in langsrichting van de leiding</p> $\sigma_x = \sigma_{pl} + \alpha_{\sigma, ax} \cdot i_{xp} \cdot \sigma_{bx} + \sigma_{ax}$ $\sigma_x = 2,36 + 0,77 \cdot 1,25 \cdot 34,22 + 19,55 = \mathbf{54,88 \text{ N/mm}^2}$ <p>Toelaatbare spanning = $\bar{\sigma}_t \cdot S = 108,00 \cdot 0,75 = \mathbf{81,00 \text{ N/mm}^2}$</p>	
28. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (Gelegd deel)	
<p>Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding</p> $\sigma_{y2} = \alpha_{\sigma, \tan} \cdot (\sigma_q + i_{yp} \cdot \sigma_{bx})$ $\sigma_{y2} = 0,556 \cdot (59,90 + 2,50 \cdot 33,04) = \mathbf{79,27 \text{ N/mm}^2}$ <p>Optredende spanningen in langsrichting van de leiding</p> $\sigma_x = \sigma_{pl} + \alpha_{\sigma, ax} \cdot i_{xp} \cdot \sigma_{bx} + \sigma_{ax}$ $\sigma_x = 2,36 + 0,77 \cdot 1,25 \cdot 33,04 + 19,55 = \mathbf{53,74 \text{ N/mm}^2}$ <p>Toelaatbare spanning = $\bar{\sigma}_t \cdot S = 108,00 \cdot 0,75 = \mathbf{81,00 \text{ N/mm}^2}$</p>	
1.4.0.0/07-2016/	06-02-2017 20:57:11