

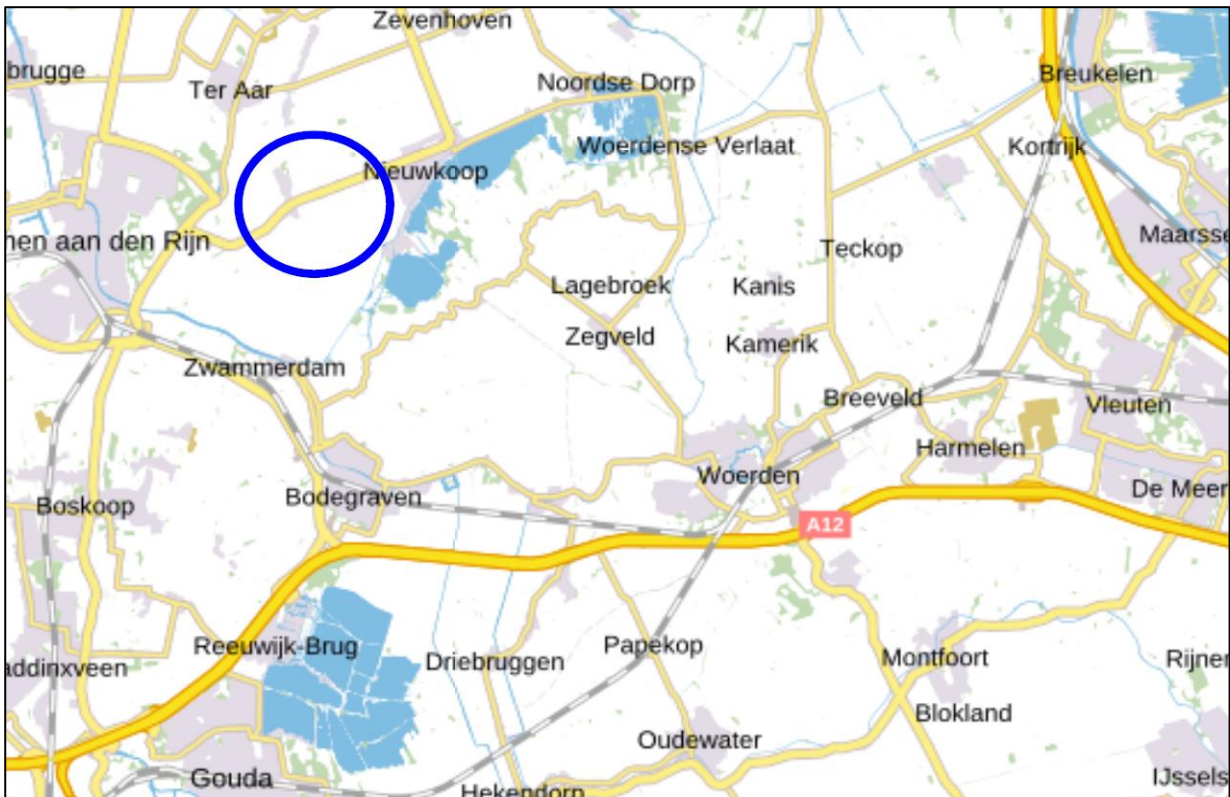
Berekening volgens NEN 3650:2020

Naam van het project : Voorbeeld sterkteberekening Sigma type "Doorpersing"

Projectonderdeel : Sterkteberekening \varnothing 813 mm Staal waterleiding

Opdrachtgever : Waterleidingbedrijf X

Voorbeeld sterkteberekening Sigma type "Doorpersing" Sterkteberekening \varnothing 813 mm Staal waterleiding



Locatie van de werkzaamheden (fictieve locatie)

Datum rapport: 28 december 2021



Kees Schrijvers
Adviesbureau Schrijvers BV
+31(0)6-204 278 34



Berekening volgens NEN 3650:2020

Naam van het project : Voorbeeld sterkteberekening Sigma type "Doorpersing"

Projectonderdeel : Sterkteberekening \varnothing 813 mm Staal waterleiding

Opdrachtgever : Waterleidingbedrijf X



Inhoudsopgave

Blz.

Material en leidinggegevens	1
Procescondities	1
Gegevens van het waterstaatswerk	1
Dwarsdoorsnede principe veiligheidszone volgens NEN 3651:2020	1
Schematische weergave van stabiliteitszone-, verstoringszone en veiligheidszone	1
Berekening ontgroningkraters	2
Berekening veiligheidszones	2
Berekening diepte van de erosiekrater	2
Berekeningen van de spanningen t.g.v. inwendige druk	2
Spanning in omtreksrichting	2
Spanning in langsrichting	2
Toelaatbare spanning = toelaatbare materiaalspanning x importantiefactor	2
Reroundingfactor frr	3
Berekening neutrale grondbelasting	3
Berekening van de verkeersbelasting	3,4,5
Ontlastende invloed t.g.v. wegconstructie	5
Spanningen t.g.v. directe belastingen	5
Spanningen t.g.v. temperatuurverschil	5
Toetsen berekeningsresultaten aan eisen NEN 3650:2020	5
1. Toetsen op minimale ringstijfheid	5
2. Toetsen op implosie	6
3. Toetsen op deflectie (vervorming)	6
4. Toetsen op optredende spanningen	6

Bijlagen

Bijlage A : Grondgegevens

Bijlage B : Sterkteberekening volgens methode Doorpersing conform de NEN 3650:2020

Berekening volgens NEN 3650:2020

Naam van het project : Voorbeeld sterkteberekening Sigma type "Doorpersing"

Projectonderdeel : Sterkteberekening \varnothing 813 mm Staal waterleiding

Bladzijde : 1



Basisgegevens

Materiaal en leidinggegevens

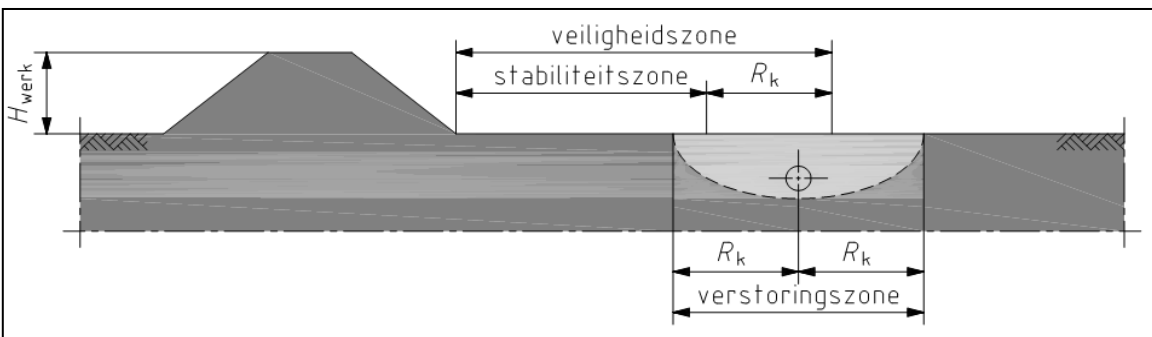
Materiaal		=	Staal L245
Uitwendige diameter	D_e	=	813 mm
Wanddikte	d_n	=	10 mm
Inwendige diameter	D_i	=	793 mm
Gemiddelde diameter	D	=	803 mm

Procescondities

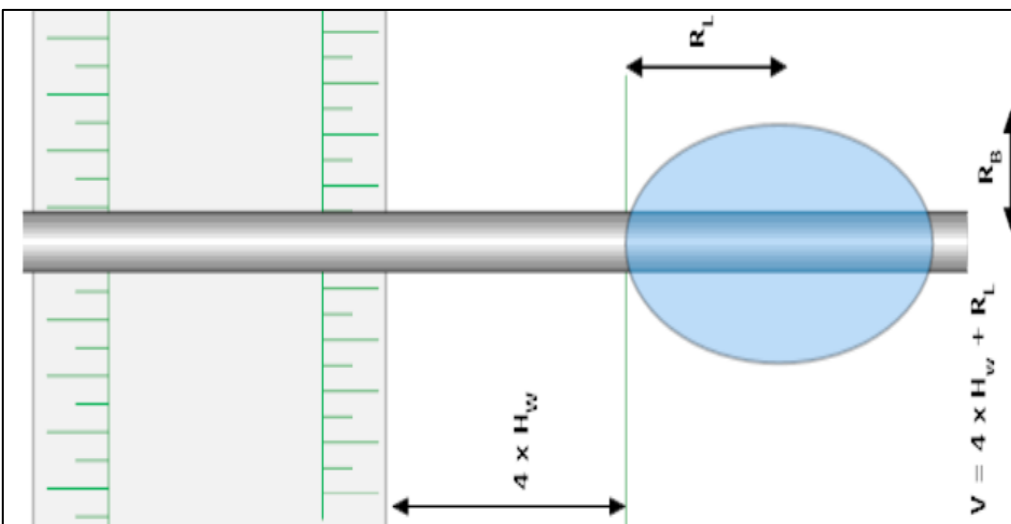
Ontwerpdruk	pd	=	0,5 N/mm ²
Volumieke massa medium	p	=	1000 kg/m ³

Gegevens van het waterstaatswerk

Verheeld of niet verheeld waterstaatswerk		Verheeld
Hoogteverschil kruin-maaiveld	H_{werk}	0,00 m
Stabiliteitszone = viermaal hoogteverschil kruin-maaiveld	$H_{\text{werk}} \times 4$	0,00 m



Dwarsdoorsnede principe veiligheidszone volgens NEN 3651:2020



Schematische weergave van stabiliteitszone-, verstoringzone en veiligheidszone



Berekening ontgrondingkraters

Factor $H^3 D_i^5$	-	=	41.521	m^8
Halve breedte erosiekrater	R_B	=	30,23	m
Halve lengte erosiekrater	R_L	=	15,11	m

Berekening veiligheidszones

Bij evenwijdige ligging	$V(R_B)$	=	30,23	m
Bij kruising	$V(R_L)$	=	15,11	m

Berekening diepte van de erosiekrater

Diepte krater	D_k	=	3,3756	m
---------------	-------	---	--------	---

Conclusie

Ter plaatse is sprake van een kruising met een waterstaatswerk.

Dit betekent dat de veiligheidszone gelijk is aan $4 \times H_{\text{werk}} + R_L$ = **15,11 m**

De diepte van de krater t.o.v. het maaiveld ter plaatse van de buis bedraagt **3,38 m**

Ter plaatse van het waterstaatswerk en de breedte van de veiligheidszone dient de leiding aan de NEN 3650 en de NEN 3651 te voldoen.

Berekeningen van de spanningen t.g.v. inwendige druk

Spanning in omtreksrichting

$$\sigma_p = \frac{p_d \cdot D_g}{2 \cdot d} \quad \sigma_p = 20,08 \text{ N/mm}^2$$

Spanning in langsrichting

$$\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p \quad \sigma_{pl} = 6,02 \text{ N/mm}^2$$

Toelaatbare spanning = toelaatbare materiaalspanning x importantiefactor = 176,40 N/mm^2

Conclusie:

Voldoet



Ten gevolge van de inwendige druk "verzet" de leiding zich tegen indrukken voor belastingen van buiten (grond en verkeer). De grootte van de invloed hiervan wordt berekend met de Reroundingfactor f_{rr}

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot p_d \cdot r_g^3 \cdot k_y}{E \cdot I_w} \right) \quad f_{rr} = 0,75 -$$

Berekening neutrale grondbelasting

Voor de grondbelasting op de leiding kan gebruik gemaakt worden van informatie uit het Dinoloket, sonderingen, grondboringen of kennis van het gebied.

In de NEN 3650 is tabel B.1 opgenomen. Deze tabel is afgeleid van de NEN 9997-1+C2.

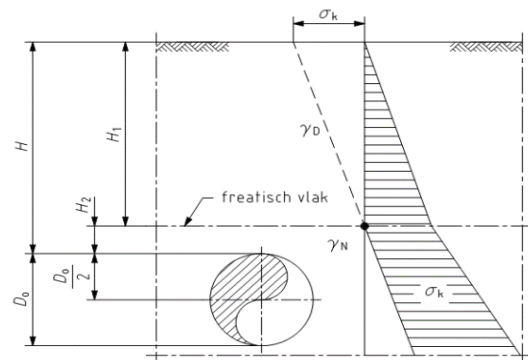
Gelet op het grondonderzoek wordt uitgegaan van : Sterk zandige klei

Indien geen grondwater aanwezig is:

$$Q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$$

Indien ter plaatse grondwater boven de buis aanwezig is dan volgt:

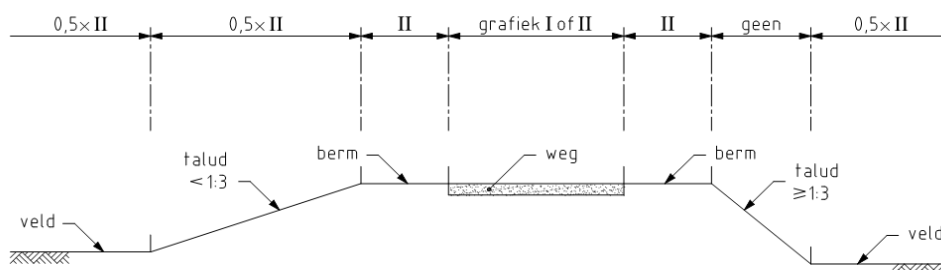
$$Q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$



Volgens de sterkteberekening bedraagt de grondbelasting $Q_n = 27,64 \text{ N/mm}^2$

Berekening van de verkeersbelasting

Er wordt bij verkeersbelasting onderscheid gemaakt in drie verkeersklassen:



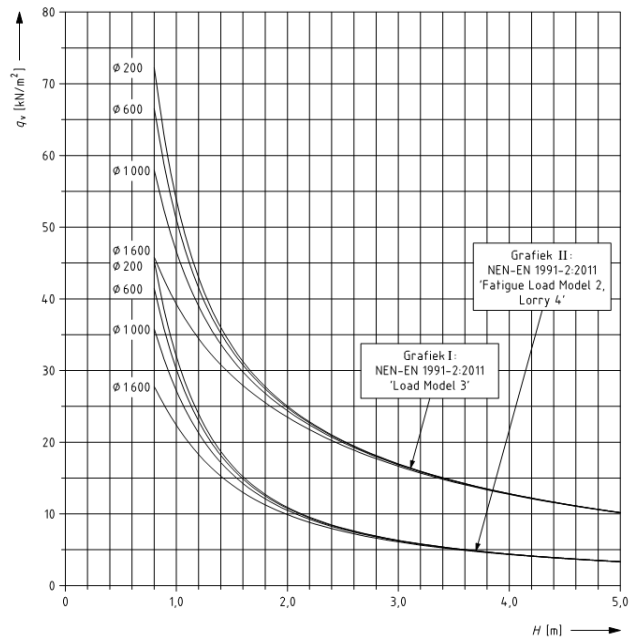
Grafiek I is van toepassing op stroomwegen zoals rijkswegen en provinciale wegen.

Grafiek II is van toepassing voor stadswegen.

Grafiek ½ x II is wordt gebruikt voor gebieden waar incidenteel verkeer komt bijvoorbeeld voor bij maaierwerkzaamheden



$$Q_v = q_v \cdot D_o$$

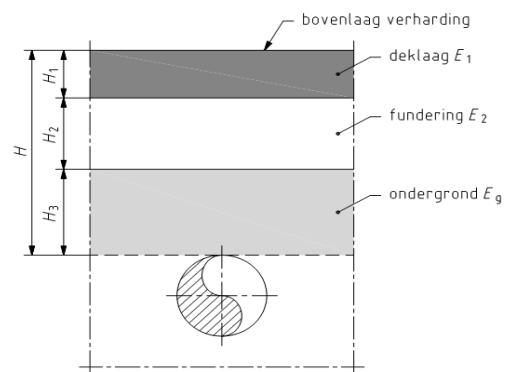
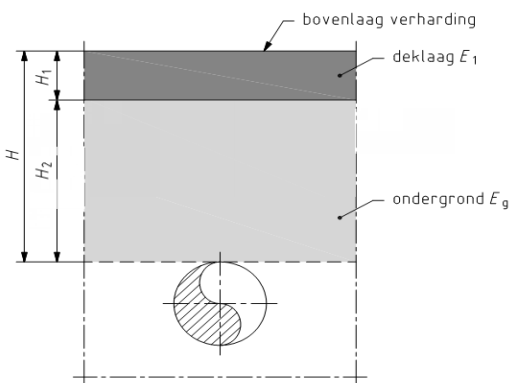


Ontlastende invloed t.g.v. wegconstructie

Vanwege de wegconstructie mag in het algemeen de ontlastende invloed hiervan in de berekening worden verdisconteerd. Er wordt onderscheid gemaakt in tweelagen-structuur en drielagenstructuur. Op basis daarvan wordt een equivalente dekkingshoogte bepaald volgens:

$$H_{n,eq} = 0,9 H_n \sqrt[3]{E_n/E_g}$$

In de NEN 3650:2020 wordt onderscheid gemaakt in tweelagenstructuur of drielagenstructuur



In de berekening gehouden met ontlastende invloed van het wegdek

Volgens de sterkteberekening bedraagt de verkeersbelasting $Q_v = 17,43 \text{ N/mm}^1$



Spanningen t.g.v. directe belastingen

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot M_q / W_w$$

In deze formule is de invloed van de inwendige druk uitgedrukt via f_{rr}

Spanning ten gevolge van grond -en verkeersbelasting	σ_q	=	112,16	N/mm ²
--	------------	---	--------	-------------------

Spanningen t.g.v. temperatuurverschil

Indien de leiding in de winter wordt gelegd en er sprake is van een groot verschil in temperatuur tussen medium en omgeving dan is het gebruikelijk om met 10° temperatuurverschil te rekenen. Dit verschil in temperatuur zorgt voor een spanning in langsrichting van de leiding.

$$\sigma_{ax} = \Delta_t \cdot \alpha_g \cdot E$$

In deze formule wordt gerekend met het temperatuurverschil, de uitzettingscoëfficiënt en de elasticiteitsmodulus.

De spanning ten gevolge van temperatuurverschil bedraagt	σ_{ax}	=	23,87	N/mm ²
--	---------------	---	-------	-------------------

Toetsen berekeningsresultaten aan eisen NEN 3650:2020

1. Toetsen op minimale ringstijfheid

Met de wanddikte en de elasticiteitsmodulus van het materiaal kan de wandstijfheid worden berekend.

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

De ringstijfheid van de leiding is	S_N	=	33,12	kN/m ²
------------------------------------	-------	---	-------	-------------------

Minimale ringstijfheid volgens NEN 3650	S_{N_min}	=	N.v.t.	kN/m ²
---	--------------	---	--------	-------------------

Conclusie toetsing op minimale ringstijfheid:	N.v.t.
---	---------------



2. Toetsen op implosie

Als gevolg van de druk van het grondwater kan de leiding imploderen. Bij horizontaal gestuurde boringen kan de leiding imploderen door te hoge boorspoeldrukken.

Volgens de NEN 3650 moet daarom getoetst worden op implosie. Hierbij wordt gekeken naar implosie korte duur en implosie lange duur.

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

Implosie korte duur	$p_{o,kort}$	=	0,58	N/mm ²
---------------------	--------------	---	------	-------------------

Implosie lange duur	$p_{o,lang}$	=	0,29	N/mm ²
---------------------	--------------	---	------	-------------------

Er is een risico op implosie indien meer grondwater aanwezig is dan	h_n	=	27,87	m
---	-------	---	-------	---

Ter plaatse is grondwater boven de buis van	h_n	=	1,00	m
---	-------	---	------	---

Conclusie toetsing op implosie: **Voldoet**

3. Toetsen op deflectie (vervorming)

Met name bij kunststofleidingen is toetsing op deflectie noodzakelijk. Bij het berekenen hiervan wordt bij kunststof gerekend met E'. Bij staal met E.

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

Optredende deflectie als gevolg van grond- verkeer en indirecte belasting	=	7,66	mm
---	---	------	----

Maximaal toelaatbare deflectie	=	120,45	mm
--------------------------------	---	--------	----

Conclusie toetsing op implosie: **Voldoet**

4. Toetsen op optredende spanningen

Toelaatbare spanning (Toelaatbare materiaalspanning x importantiefactor)	=	196,00	N/mm ²
--	---	--------	-------------------

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

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

Gedurende 1e en 2e jaar na aanleg

Optredende spanningen in omtreksrichting	$\sigma_{y2} =$	112,16 N/mm ²	Voldoet
--	-----------------	--------------------------	----------------

Optredende spanningen in langsrichting	$\sigma_x =$	23,87 N/mm ²	Voldoet
--	--------------	-------------------------	----------------

Berekening volgens NEN 3650:2020

Projectonderdeel : Sterkteberekening \varnothing 813 mm Staal waterleiding

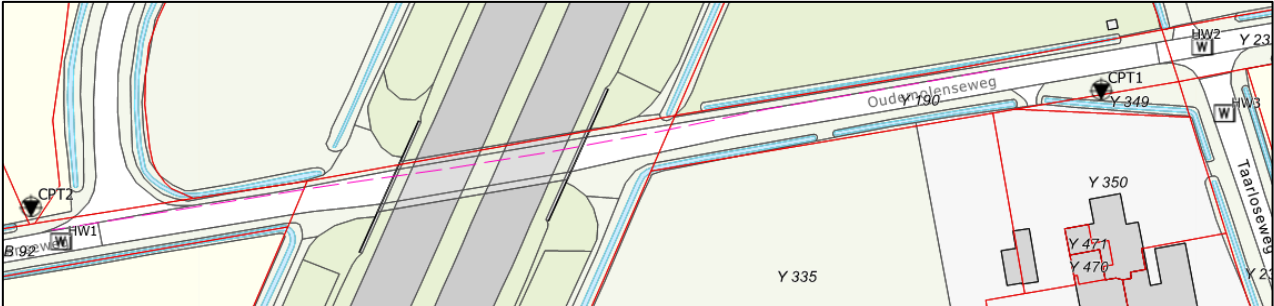
Opdrachtgever : Waterleidingbedrijf X

Bijlage A Grondgegevens

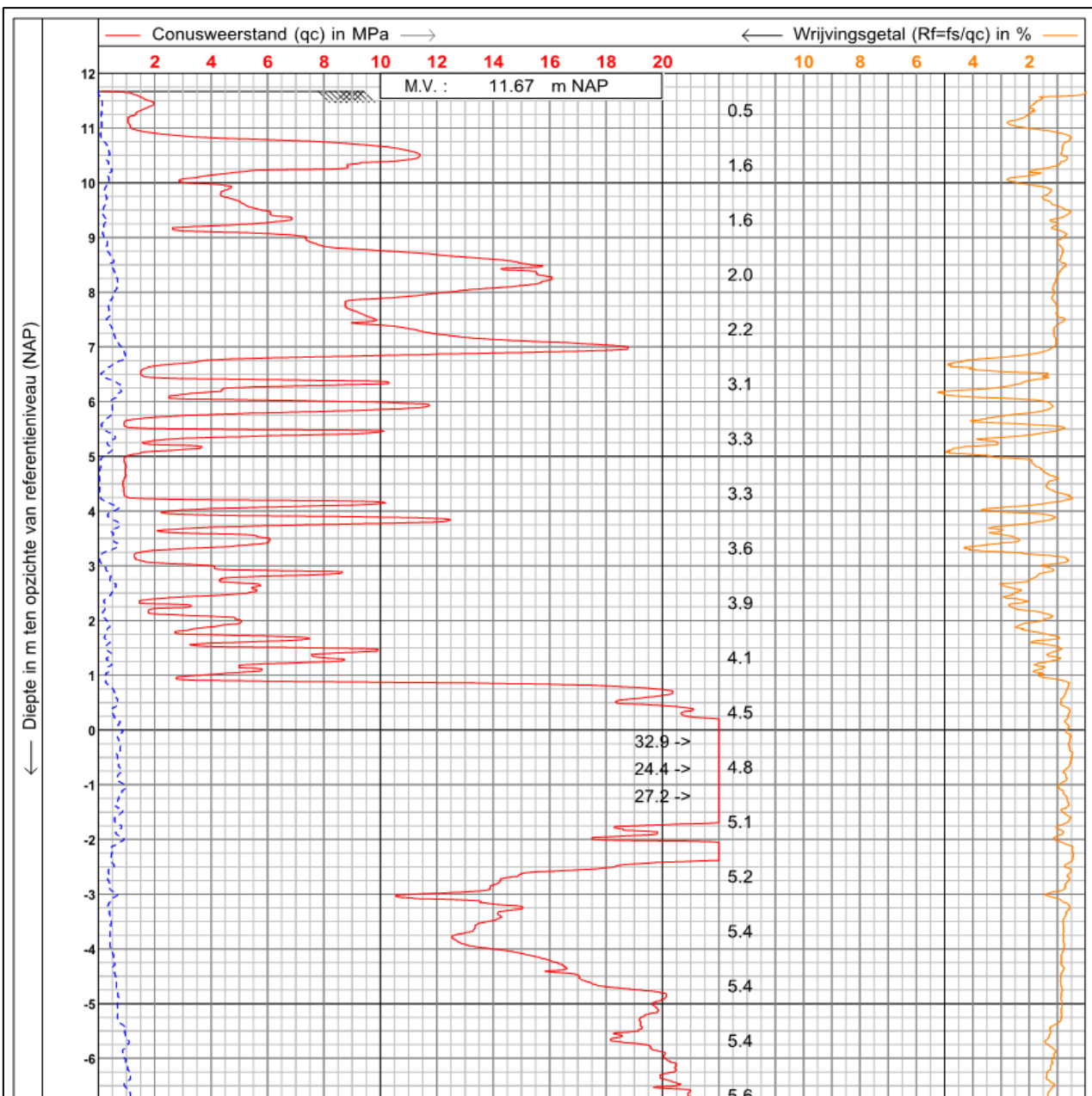


Overzicht beschikbaar grondonderzoek

Er is grondonderzoek uitgevoerd. Dit is ingelezen in het programma Sigma.



Grondonderzoeken die gebruikt zijn voor de berekeningen



Fragment van sondering nr. 1

Berekening volgens NEN 3650:2020

Projectonderdeel : Sterkteberekening \varnothing 813 mm Staal waterleiding

Opdrachtgever : Waterleidingbedrijf X

Bijlage B Sterkteberekening



Sterkteberekening volgens methode Doorpersing conform de NEN 3650:2020



Sterkteberekening van een doorpersing conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2020 3.1 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project	: Voorbeeldberekening Sigma 2020 type "Doorpersing"		
Projectonderdeel	: Sterkteberekening waterleiding staal 813,0 x 10 mm met onlastende invloed wegdek		
Importatiefactor S	: 1		
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	Staal		
Kwaliteit:	NEN-EN ISO 3183 L245		
Rekgrens van het materiaal bij 20°C	Re	= 245	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus	E	= 205800	N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α_g	= 1,2·10 ⁻⁵	mm/(mm·K)
Alfa Tangentiaal / Alfa Axiaal	α_σ	= 1	-
Toelaatbare deflectie	δ	= 15,00	%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e	= 813,00	mm
Wanddikte	d _n	= 10	mm
Minimale wanddikte	d	= 10	mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Vloeistof	
Ontwerpdruk	p _d	= 0,5	N/mm ²
Volumieke massa medium	ρ	= 1000	kg/m ³
Temperatuurverschil	Δt	= 10	°
Aanleggegevens			
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 2	m
Gronddekking boven de grondwaterstand	H _d	= 1	m
Gronddekking onder de grondwaterstand	H _n	= 1,00	m
Belastinghoek	α	= 180	°
Ondersteuningshoek	β	= 120	°
Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone			
Waterstaatswerk: Verheeld			
Grondmechanische gegevens			
Grondsoort		= Klei	
Volumiek gewicht droge grond	γ_d	= 20	kN/m ³
Volumiek gewicht natte grond	γ_n	= 20	kN/m ³
Volumiek gewicht water	γ_w	= 10	kN/m ³
Inwendige wrijvingshoek grond	φ	= 32,5	°
Niet rekenen met horizontale steundruk			
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	
		28-12-2021 21:57:56	



Verkeersbelasting

Grafiek I:	Fatigue Load Model 3		
Rekenen met ontlastende invloed wegdek:	Drielagen structuur		
Dikte deklaag	H ₁	= 250	mm
Dikte fundering	H ₂	= 300	mm
Elast. mod. deklaag	E ₁	= 500	MPa
Elast. mod. fundering	E ₂	= 600	MPa
Elast. mod. ondergrond	E ₃	= 100	MPa



Sterkteberekening van een doorpersing conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2020 3.1 ©	
1. Eigenschappen van de leiding			
Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 793,00	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 803,00	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 813,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 406,50	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 396,50	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 401,50	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 2.033.639.031,80	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 5.002.802,05	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 83,33	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 16,67	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:			
$H = \frac{p_d}{\rho \cdot g}$			
$H = \frac{500.000}{1.000 \cdot 9,81} = 50,97 \text{ m} \rightarrow H^3 \cdot D_i^5 = 50,97^3 \cdot 0,79^5 = 41521,11 \text{ m}^8$			
3. Berekening van de veiligheidszone			
$R_B = 8 \cdot \sqrt[3]{H^3 \cdot D_i^5}$			
$R_B = 8 \cdot \sqrt[3]{50,97^3 \cdot 0,79^5} = 30,23 \text{ m}$			
Indien er sprake is van een klein gat: $R_{L1} = 0,5 \cdot R_B = 15,11 \text{ m}$			
Indien er sprake is van een groot gat: $R_{L2} = R_B = 30,23 \text{ m}$			
Indien er sprake is van niet-trekvraste verbindingen: $R_{L3} = 2 \cdot R_B = 60,45 \text{ m}$			
Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L1} = 4 \cdot 0,00 + 15,11 = 15,11 \text{ m}$			
Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L2} = 4 \cdot 0,00 + 30,23 = 30,23 \text{ m}$			
Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L3} = 4 \cdot 0,00 + 60,45 = 60,45 \text{ m}$			
$D_K = 1,2 \cdot (D_o + H) = 1,2 \cdot (0,813 + 2) = 3,38 \text{ m}$			
4. Berekening van de spanningen σ_p en σ_{pl} t.g.v. inwendige druk			
$D_g/d = 803,00/10,00 = 80,30 \rightarrow D_g/d > 20 \rightarrow \text{Dunwandige leiding}$			
$\sigma_p = \frac{p_d \cdot D_g}{2 \cdot d}$			
$\sigma_p = \frac{0,5 \cdot 803}{2 \cdot 10} = 20,08 \text{ N/mm}^2$			
$\sigma_{y1} = \sigma_p = 20,08 \text{ N/mm}^2$			
$\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p = 0,3 \cdot 20,08 = 6,02 \text{ N/mm}^2$			
Toelaatbare spanning: $0,72 \cdot R_e \cdot S = 0,72 \cdot 1,00 \cdot 245,00 = \mathbf{176,40 \text{ N/mm}^2}$			



Sterkteberekening van een doorpersing conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2020 3.1 ©
5. Berekening reroundingfactor f_{rr}	
$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot p_d \cdot r_g^3 \cdot k_v}{E \cdot I_w} \right)$ $f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 401,5^3 \cdot 0,089}{205800 \cdot 83,33} \right) = 0,75$	
6. Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n	
$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$ $q_n = 1,1 \cdot 20 \cdot 1 + 1,1 \cdot 20 \cdot 1 - 10 \cdot 1 = 34,00 \text{ kN/m}^2$ $Q_n = q_n \cdot D_o$ $Q_n = 34,00 \cdot 10^{-3} \cdot 813 = 27,64 \text{ N/mm}^1$	
7. Berekening van de verkeersbelasting Q_v volgens Grafiek I NEN 3650-1:C.17	
<p>Ontlastende invloed t.g.v. wegdek: Drielagen structuur</p> $H_{1eq} = 0,9 \cdot H_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_3}} = 0,9 \cdot 250 \cdot \sqrt[3]{\frac{500}{100}} = 384,74 \text{ mm}$ $H_{2eq} = 0,9 \cdot H_2 \cdot \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_3}} = 0,9 \cdot 300 \cdot \sqrt[3]{\frac{600}{100}} = 490,62 \text{ mm}$ <p>Fictieve dekkingshoogte: $H_{eq} = H_{1eq} + H_{2eq} + H - H_1 - H_2$</p> $H_{eq} = 384,74 + 490,62 + 2000 - 250 - 300 = 2.325,37 \text{ mm} = 2,33 \text{ m}$ <p>Gelet op de fictieve dekkingshoogte volgt: $q_v = 21,44 \text{ kN/m}^2$</p> $Q_v = q_v \cdot D_o$ $Q_v = 21,44 \cdot 10^{-3} \cdot 813 = 17,43 \text{ N/mm}^1$	
8. Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen	
<p><i>Moment t.g.v. Q_n en Q_v</i></p> $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ $M_q = 0,138 \cdot (27,64 + 17,43) \cdot 401,50$ $M_q = 2.497,23 \text{ Nmm/mm}^1$ <p><i>Spanning t.g.v. M_q</i></p> $\sigma_q = f_{rr} \cdot M_q / W_w$ $\sigma_q = 0,75 \cdot 2.497,23 / 16,67 = 112,16 \text{ N/mm}^2$	
9. Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil	
$\sigma_{ax} = \Delta t \cdot \alpha_g \cdot E$ $\sigma_{ax} = 10 \cdot 0,0000116 \cdot 205800 = 23,87 \text{ N/mm}^2$	
10. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N	
$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$ $S_N = 205800 \cdot \frac{83,33}{803^3} = 0,0331 \text{ N/mm}^2 = 33,12 \text{ kN/m}^2$	
	28-12-2021 21:57:56



Sterkteberekening van een doorpersing conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2020 3.1 ©
11. 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> $p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$ $p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,3^2)} \cdot \frac{24 \cdot 205.800,00 \cdot 83,33}{803,00^3} = 0,58 \text{ N/mm}^2$ $p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,3^2)} \cdot \frac{24 \cdot 205.800,00 \cdot 83,33}{803,00^3} = 0,29 \text{ N/mm}^2$ <p>Conclusie: Kans op implosie bij 29,12 m grondwater boven de leiding</p>	
12. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie	
$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,095 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,095 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (27,64 + 17,43) - 0,095 \cdot (1 - \sin(32,5^\circ)) \cdot (27,64 + 17,43) + 0,048 \cdot 0,00) \cdot 401,50^3}{205800 \cdot 83,33} = 7,66 \text{ mm} (= 0,95\%)$ <p>Toelaatbare deflectie = 15% · importantiefactor S · $D_g = 0,15 \cdot 1 \cdot 803,00 = 120,45$ mm</p>	
13. Berekening van het totaal aan optredende spanningen	
<p>Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding</p> $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$ $\sigma_{y2} = 1 \cdot 112,16 = 112,16 \text{ N/mm}^2$ <p>Optredende spanningen in langsrichting van de leiding</p> $\sigma_x = \alpha_\sigma \cdot \sigma_{bx} + \sigma_{ax}$ $\sigma_x = 1 \cdot 0,00 + 23,87 = 23,87 \text{ N/mm}^2$ <p>Toelaatbare spanning = $0,8 \cdot Re \cdot S = 0,8 \cdot 245 \cdot 1,00 = 196,00 \text{ N/mm}^2$</p>	
	28-12-2021 21:57:56