

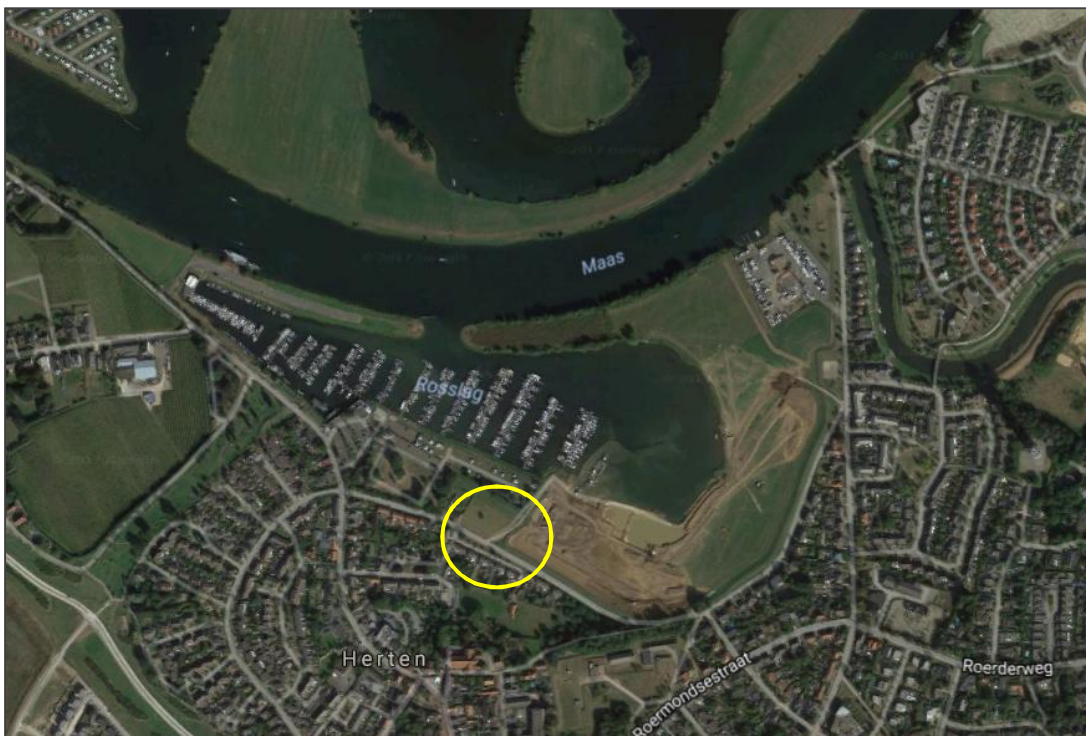
Notitie

Onderwerp: Sterkteberekening persleiding jachthaven de Rosslag - aanpassing
 Projectnummer: 360216
 Referentienummer: SWNL0219714
 Datum: 23-01-2018

1 Inleiding

In verband met de uitbreiding van de jachthaven de Rosslag te Herten is een nieuwe persleiding aangelegd ten behoeve van de afvalwaterafvoer. Het betreft een buis PE Ø63mm die de waterkering kruist. Aangezien deze is aangemerkt als primaire waterkering in het beheer van WBL is een vergunningberekening nodig. Deze vergunningberekeningen dienen conform NEN 3650:2012 en NEN 3651:2012 te zijn. Deze notitie bespreekt de resultaten van deze berekeningen. Het betreft in dit geval vereenvoudigde sterkteberekeningen, die gemaakt zijn met Sigma 2018. De persleiding is enige tijd geleden al aangelegd.

Naar aanleiding van de toetsing door het waterschap Limburg is de oorspronkelijke notitie met referentienummer SWNL0211482 aangepast. Voorliggende notitie betreft de aangepaste versie.



Figuur 1 locatie persleiding de Rosslag

2 Uitgangspunten

Voor het opstellen van de berekeningen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- het betreft de leidinglocatie zoals aangegeven op tekening 333340-EHV-316-T04 en T05. De paarse lijn betreft het persleidingtracé. Daarnaast is profiel van de kade weergegeven op T05. Bij de berekening is uitgegaan van profiel 06, in de waterkering;
- materiaal en diameter: PE100 Ø63 mm SDR 17 met een wanddikte van 3,8 mm;
- de dekking op de leiding bedraagt circa 1,2 m;
- De leiding is in een sleuf aangelegd in een bed van zand en is vervolgens afgedekt met een laag zand.
- zettingen: onlangs is de kade gereconstrueerd, hierdoor hebben eventuele zettingen al kunnen plaats vinden. Voor de leiding worden geen extra zettingen verwacht, behalve de standaardwaarde afkomstig uit NEN 3650;
- de grondwaterstand is onbekend, aangenomen is dat deze zich onder de buis bevindt. Dit geeft conservatieve uitkomsten;
- verkeersbelasting: Verkeersklasse II, conform NEN 3650;
- inwendige druk: de pompcurve is onbekend, verwachting is dat maximaal een druk van 2,0 bar zal optreden. Dit is een conservatieve waarde voor de maximale druk van drukriolering;
- horizontale steundruk: aangezien de leiding in de sleuf door zand omringd is, is horizontale steundruk toegestaan.
- importantiefactor (S): 0,75 voor een primaire waterkering, conform NEN 3651;
- de maximaal toelaatbare deflectie conform NEN 3651 bedraagt 8% van de gemiddelde middellijn vermenigvuldigd met de importantiefactor (S).

3 Resultaten sterkteberekening

Voor de leiding is een vereenvoudigde sterkteberekening gemaakt met het rekenpakket Sigma 2018. De invoer met de resultaten zijn weergegeven in de bijlagen.

3.1 Situatie met druk

Voor de leiding is een sterkteberekening in de bedrijfsfase gemaakt met druk. Hieruit volgt een maximaal optredende spanning van 4,9 N/mm² in de eerste twee jaar na aanleg.

Na deze periode bereikt de leiding zijn uiteindelijke evenwicht en bedraagt de spanning 2,9 N/mm². Toelaatbaar is $0,75 \times 8,0 = 6,0$ N/mm² waarbij is uitgegaan van PE 100 SDR 17. Uit de sterkteberekening blijkt dat een deflectie van 3,1 mm optreedt. Toelaatbaar is een maximale deflectie van $0,75 \times 8\% \times 59,2 = 3,55$ mm. De leiding voldoet hiermee aan de eis.

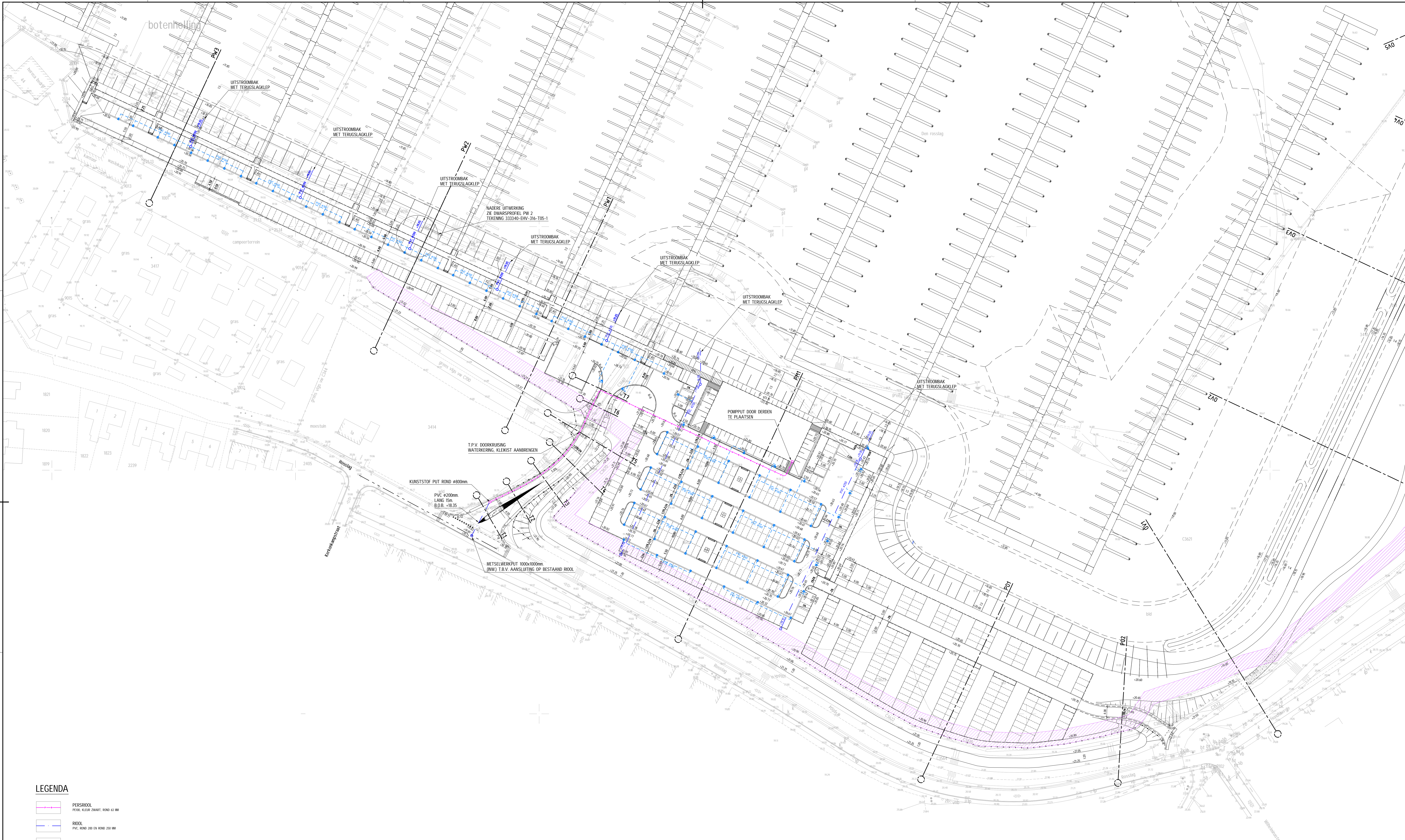
3.2 Drukloze situatie

Voor de leiding is een tweede sterkteberekening gemaakt voor de drukloze situatie. Hieruit volgt een maximaal optredende spanning van 6,0 N/mm² in de eerste twee jaar na aanleg.

Na deze periode bereikt de leiding zijn uiteindelijke evenwicht en bedraagt de spanning 3,6 N/mm². Toelaatbaar is $0,75 \times 8,0 = 6,0$ N/mm² waarbij is uitgegaan van PE 100 SDR 17. Uit de sterkteberekening blijkt dat een deflectie van 3,1 mm optreedt. Toelaatbaar is een maximale deflectie van $0,75 \times 8\% \times 59,2 = 3,55$ mm. De leiding voldoet hiermee aan de eis.

Conclusie is dat de leiding voldoet aan de eisen conform NEN 3650:2012 en NEN 3651:2012.

Bijlage 1: Situatietekening en doorsneden



- LEGENDA**
- PERSRIJDOL
PEKID: KLEER: ZWART, ROND 63 MM
 - RIJDOL
PVC: ROND 200 EN ROND 250 MM
 - INSPECTIEPUT
AFH. RIV. 800x600mm
 - KOLKAANSLUITING
PVC: ROND: 1000; ANDERS: VERBOD
 - STRAATKOLK
 - TROTTOIRKOLK

1 WUZGONGEN N.A.V. OVERLEG 26-11-2014		28-11-2014	NR.	P.J.V.	P.J.V.
Rev. Gewijziging		Datum van:	04	04	04

MATEN IN METERS, TENZIJ ANDERS AANGEGEVEN
MATERIALEN IN MILLIMETERS

DEFINITIEF BESTEK

MAASPlassen B.V. HERTEN

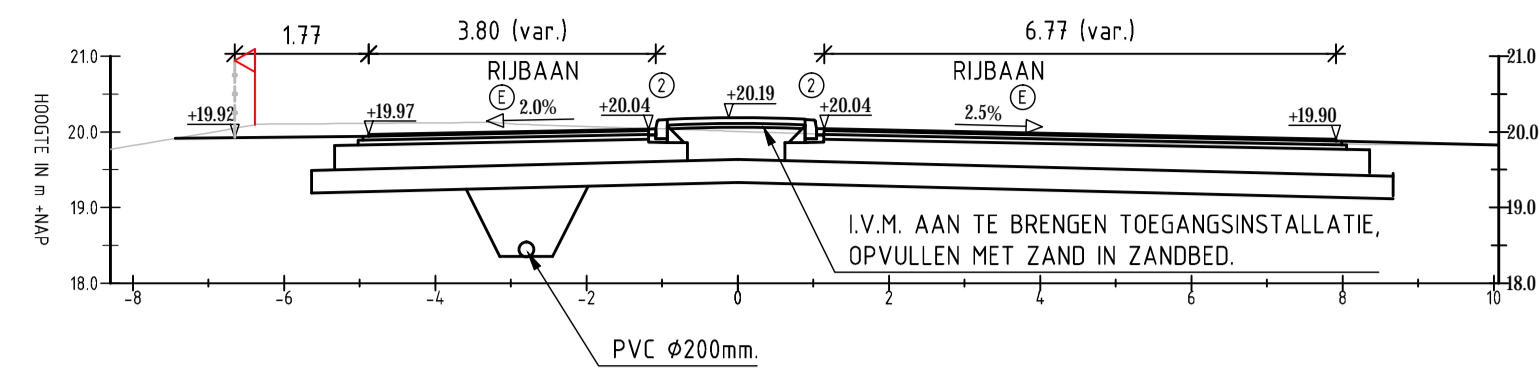
INRICHTING JACHTHAVEN ROSSLAG TE HERTEN

SITUATIE RIOLERING

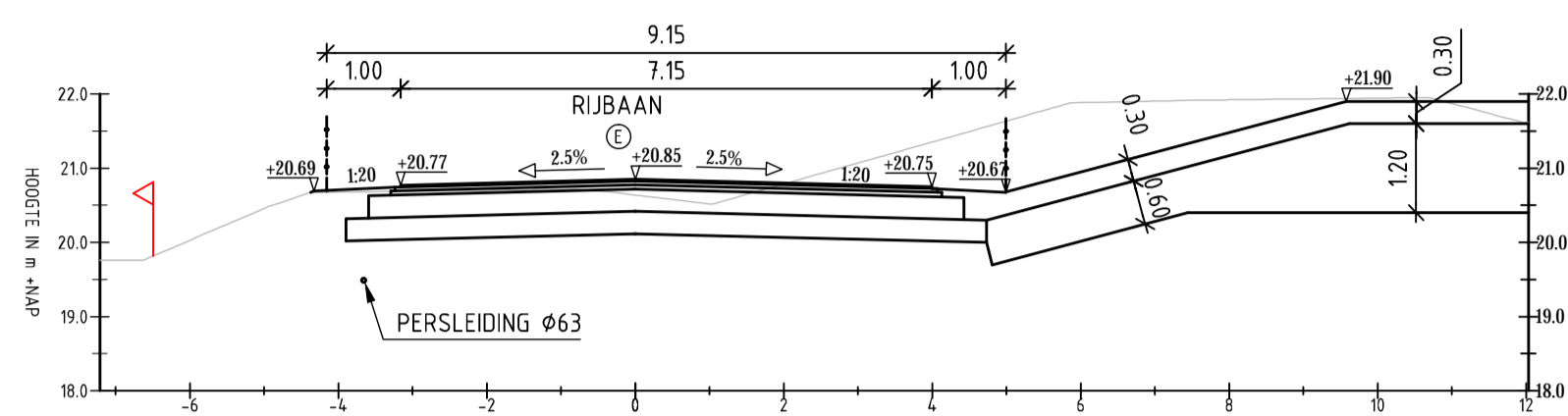
Tekeningnummer: 333340-EHV-316-T04	Rev.:	Bestandplaats: 333340-EHV-316-T04	Formaat: A0	Schaal: 1:500	Blad: 1	Aantal: 1
Plaats: EINDHOVEN	Projectnummer: 333340	Bestandplaats:	Datum van ontwerp: 03-11-2014	Ontw. van: P.R.	Ontw. van: D.M.	Ontw. van: F.J.V.

© Grontmij Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden.

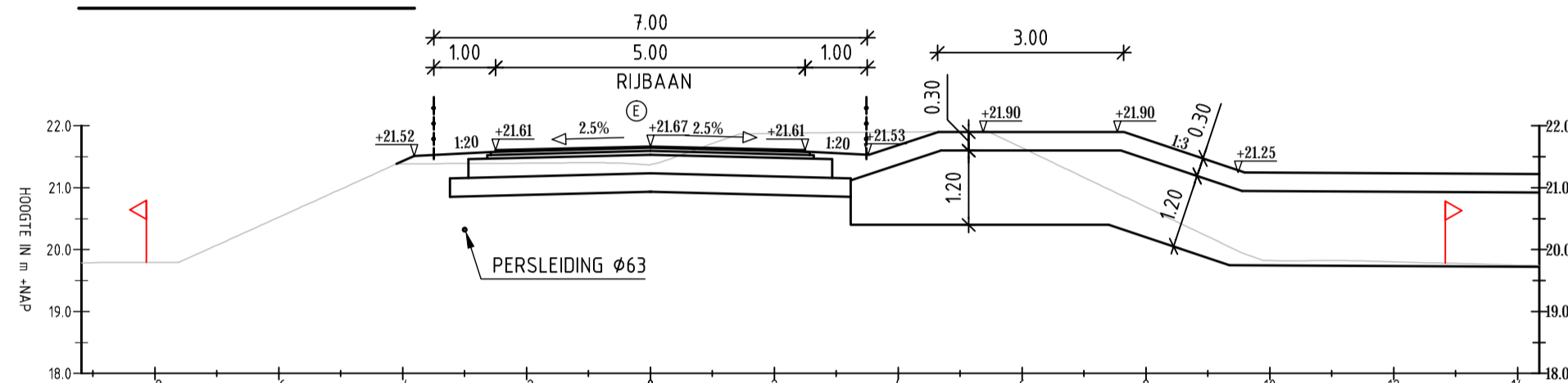
DWARSPROFIEL T1



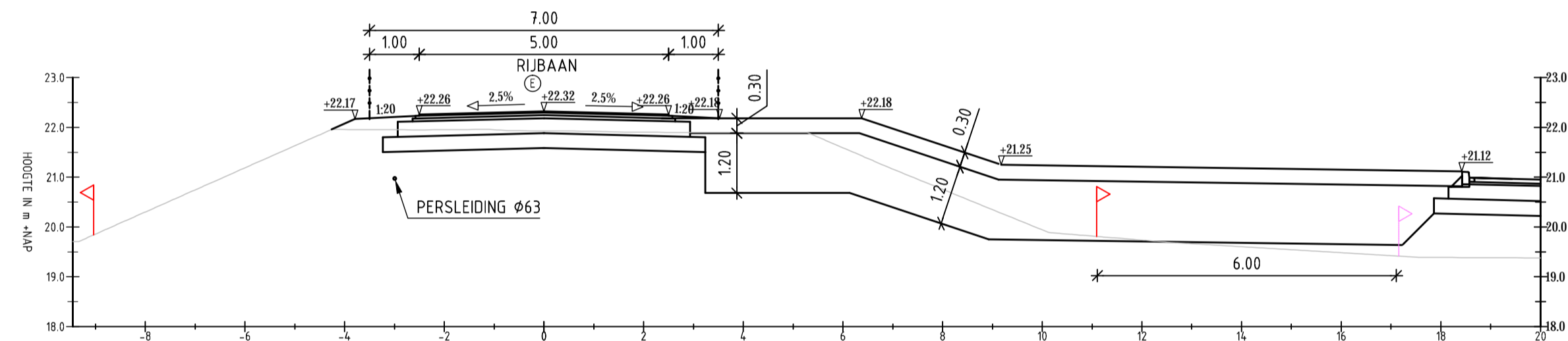
DWARSPROFIEL T2



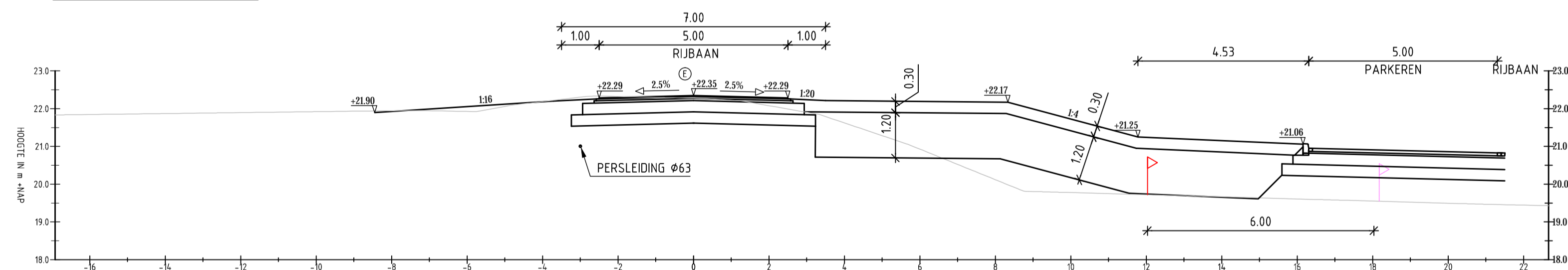
DWARSPROFIEL T3



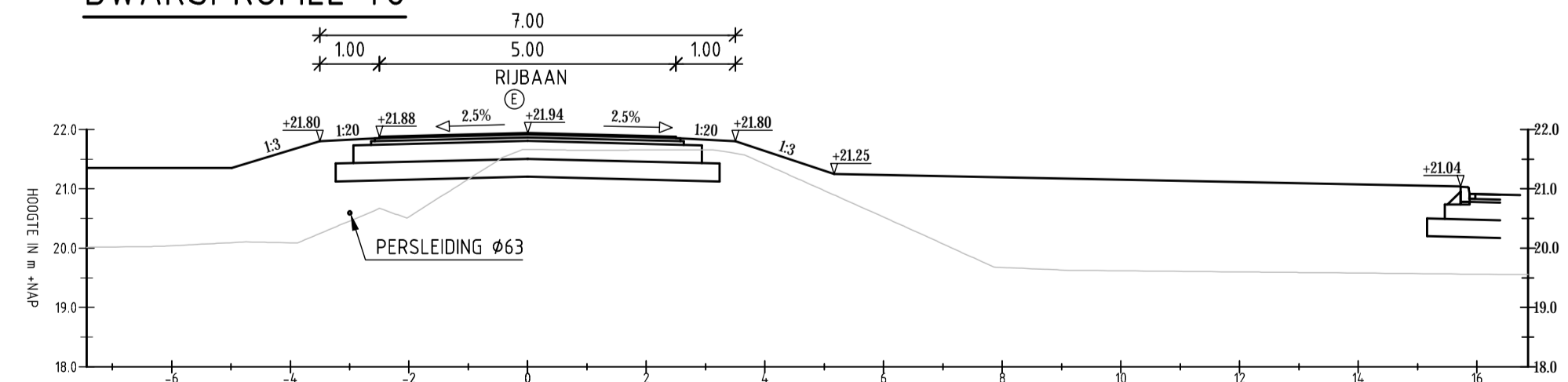
DWARSPROFIEL T4



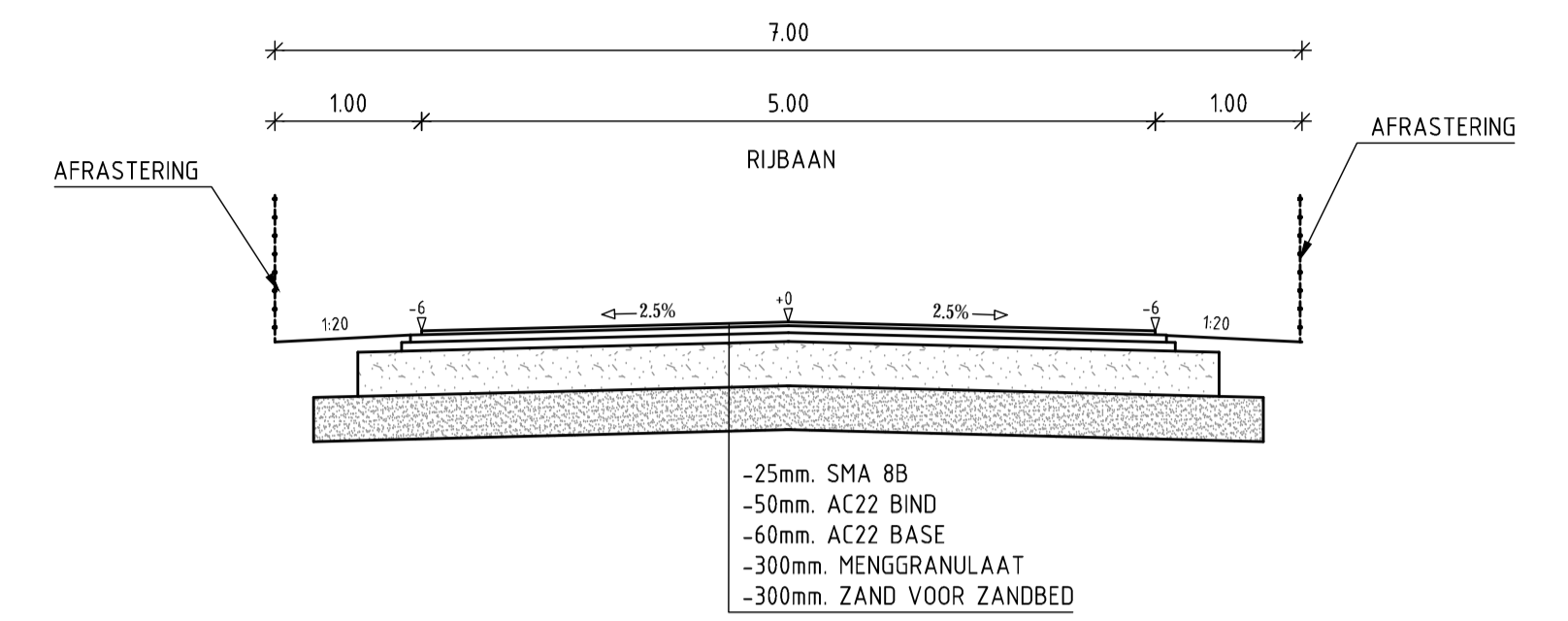
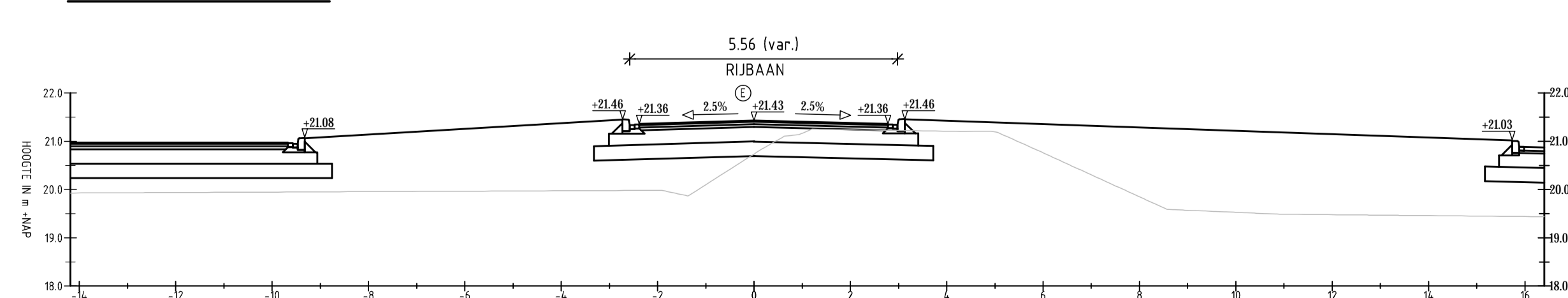
DWARSPROFIEL T5



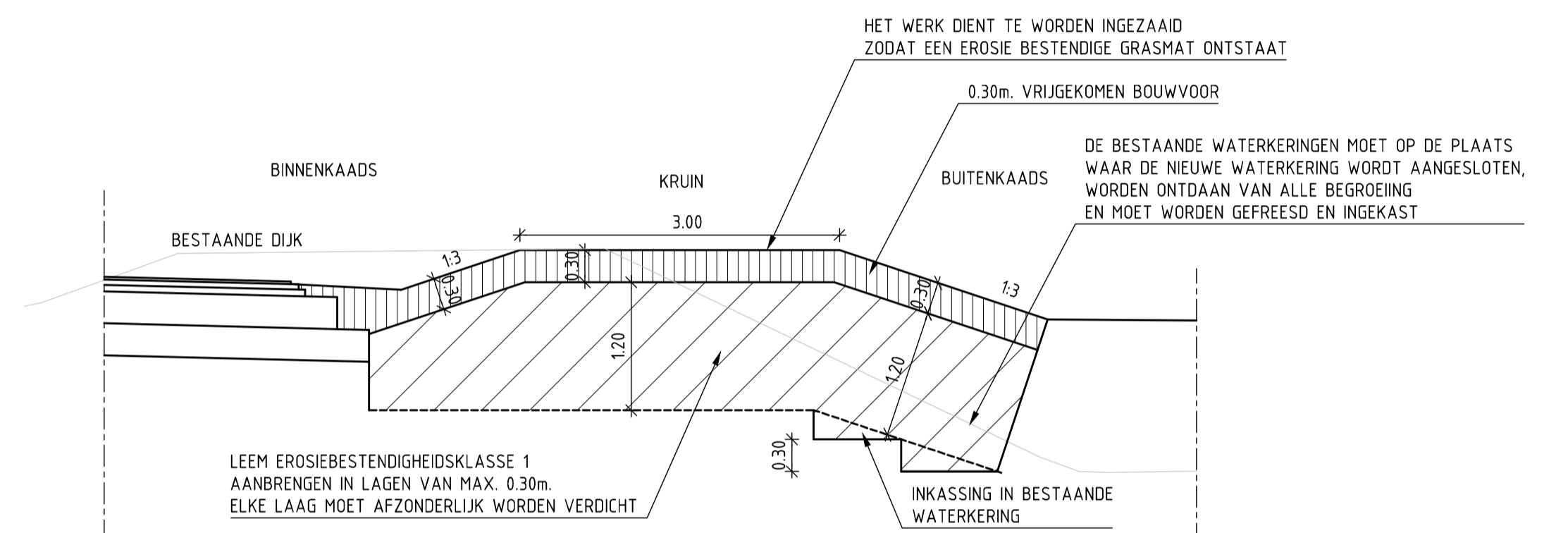
DWARSPROFIEL T6



DWARSPROFIEL T7



NORMAALPROFIEL TOEGANGSWEG
SCHAAL 1:50



DETAIL WATERKERING
SCHAAL 1:100

- ① TROTTOIRBAND T.P.V. RIJBAAN
130/150x250mm.
- ② TROTTOIRBAND T.P.V. MIDDENGELIDER
130/150x250mm.
- ③ TROTTOIRBAND T.P.V. PARKEERVAK
130/150x250mm.
- ④ OPSLUITBAND T.P.V. PARKEERVAK
100x200mm.
- ⑤ OPSLUITBAND T.P.V. VOETPAD
100x200mm.
- ⑥ MOLGOOT
5 STRIKKEN BSS KF.
- ⑦ INRITBAND
600x100 BREED 300mm.
- ⑧ VOETPAD
BSS KF KLEUR ROOD
- ⑨ MIDDENGELIDER
BETONSTRAATSTENEN KF, KLEUR GRIS
- ⑩ PARKEREN
BETONSTRAATSTENEN KF, KLEUR GRIS
- ⑪ PARKEREN GRASBETONTEGEL
GRASBETONTEGEL 400x600x120mm.
- ⑫ RIJBAAN
ASFALTVERHARDING

1	WUZIGINGEN N.A.V. OVERLEG 24-11-2014	28-11-2014	NR.	F.J.V.	F.J.V.
Rev	Omschrijving	Datum rev.	Get.	Get.	Acc.

Grontmij Nederland B.V.
Zernikestraat 17
5612 HZ Eindhoven
Postbus 1265
5600 BG Eindhoven
T +31 40 265 12 11
www.grontmij.nl

MATEN IN METERS, TENZIJ ANDERS AANGEGEVEN
MATERIALEN IN MILLIMETERS

Opdrachtgever
MAASPLASSEN B.V. HERTEN
Project
INRICHTING JACHTHAVEN ROSSLAG TE HERTEN
Onderdeel
DWARSPROFIELEN TOEGANGSWEG

Tekeningnummer 333340-EHV-316-T05-2	Rev.	Bestandsnaam 333340-EHV-316-T05	Formaat A1	Schaal 1:100	Bld 2	Aantal 6
Kantoor EINDHOVEN	Projectnummer 333340	Besteknummer	Datum van uitgave 03-11-2014	Get. P.R.	Get. D.M.	Acc. F.J.V.



Bijlage 2: Sterkteberekening

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.0 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project	: Jachthaven de Rosslag		
Projectonderdeel	: Rioolpersleiding PE 63 mm SDR 17		
Importatiefactor S	: 0,75		
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 17		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm ²
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α_g	= 16,0·10 ⁻⁵	mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Toelaatbare deflectie	δ	= 8	%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e	= 63,00	mm
Wanddikte	d _n	= 3,8	mm
Geen bocht aanwezig			
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Vloeistof	
Ontwerpdruk	p _d	= 0,2	N/mm ²
Volumieke massa vloeistof	ρ	= 1000	kg/m ³
Temperatuurverschil	Δ_t	= 10	°
Aanleggegevens			
Ligging: Kruising met een waterstaatswerk			
Zettingslengte	L	= 3.006	mm
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 1,2	m
Belastinghoek	α	= 180	°
Ondersteuningshoek	β	= 70	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Uitvoeringszakkingverschil	f _v	= 5	mm
Zettingsverschil	f _z	= 0	mm
Klinkpercentage	μ	= 0,02	%
Marstonfactor	f _m	= 0,3	-
Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone			
Waterstaatswerk: Verheeld			
		18-01-2018 14:43:14	

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.0 ©	
Grondmechanische gegevens			
Grondsoort		= Zand	
Volumiek gewicht droge grond	γ_d	= 18	kN/m ³
Inwendige wrijvingshoek grond	ϕ	= 32,5	°
Effectieve cohesie	c'	= 0	kN/m ²
Ongedraineerde schuifsterkte	c_u	= 0	kN/m ²
E-modulus sleufmateriaal	E_1	= 10	MN/m ²
Minimale verticale beddingconstante	$k_{v,min}$	= 0,04	N/mm ³
Gemiddelde verticale beddingconstante	$k_{v,gem}$	= 0,045	N/mm ³
Rekenen met horizontale steundruk			
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	
Verkeersbelasting			
Grafiek II:		Fatigue Load Model 2, Lorry 4	
Niet rekenen met ontlastende invloed wegdek			
		18-01-2018 14:43:14	

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.0 ©	
1. Eigenschappen van de leiding			
Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 55,40	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i) / 2$	= 59,20	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 63,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 31,50	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 27,70	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 29,60	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$	= 310.881,11	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 9.869,24	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 4,57	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 2,41	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:			
$H = \frac{p_d}{\rho \cdot g}$			
$H = \frac{200.000}{1.000 \cdot 9,81} = 20,39 \text{ m} \rightarrow H^3 \cdot D_i^5 = 20,39^3 \cdot 0,06^5 = 0,0044 \text{ m}^8$			
3. Berekening van de veiligheidszone			
$R_B = 8 \cdot \sqrt[3]{H^3 \cdot D_i^5}$			
$R_B = 8 \cdot \sqrt[3]{20,39^3 \cdot 0,06^5} = 4,06 \text{ m}$			
Indien er sprake is van een klein gat: $R_{L1} = 0,5 \cdot R_B = 2,03 \text{ m}$			
Indien er sprake is van een groot gat: $R_{L2} = R_B = 4,06 \text{ m}$			
Indien er sprake is van niet-trekvraste verbindingen: $R_{L3} = 2 \cdot R_B = 8,13 \text{ m}$			
Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L1} = 4 \cdot 0,00 + 2,03 = 2,03 \text{ m}$			
Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L2} = 4 \cdot 0,00 + 4,06 = 4,06 \text{ m}$			
Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L3} = 4 \cdot 0,00 + 8,13 = 8,13 \text{ m}$			
4. Berekening van de spanningen s_p en s_{pl} t.g.v. inwendige druk			
$D_g/d_n = 59,20/3,80 = 15,58 \rightarrow D_g/d_n \leq 20 \rightarrow$ Dikwandige leiding			
$\sigma_p = \frac{r_e^2 + r_i^2}{r_e^2 - r_i^2} \cdot p_d$			
$\sigma_p = \frac{31,50^2 + 27,70^2}{31,50^2 - 27,70^2} \cdot 0,2 = 1,56 \text{ N/mm}^2$			
$\sigma_{y1} = \sigma_p = 1,56 \text{ N/mm}^2$			
$\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p = 0,4 \cdot 1,56 = 0,63 \text{ N/mm}^2$			
Toelaatbare spanning = $\bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = 6,00 \text{ N/mm}^2$			
5. Berekening reroundingfactor f_{rr}			
$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot p_d \cdot r_g^3 \cdot k_y}{E \cdot I_w} \right)$			
$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot 0,2 \cdot 29,6^3 \cdot 0,102}{975 \cdot 4,57} \right) = 0,81$			
		18-01-2018 14:43:14	

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

6. Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

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

$$q_n = 1,1 \cdot 18 \cdot 1,2 = 23,76 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_n = q_n \cdot D_o$$

$$Q_n = 23,76 \cdot 10^{-3} \cdot 63 = 1,50 \text{ N/mm}^1$$

7. Berekening van de passieve grondbelasting Q_p

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

$$q_p = 23,76 \cdot \left(1 + 0,3 \cdot \frac{1,2}{0,063} \right) = 159,53 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_p = q_p \cdot D_o$$

$$Q_p = 159,53 \cdot 10^{-3} \cdot 63 = 10,05 \text{ N/mm}^1$$

8. Berekening van de reële grondbelasting Q_k

$$z_{max} = 0,2 \cdot \frac{D_o}{E_1^{0,5} \cdot \sqrt{H/D_o}}$$

$$z_{max} = 0,2 \cdot \frac{0,063}{10^{0,5} \cdot \sqrt{1,2/0,063}} = 0,00091 \text{ m}$$

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

$$q_k = 23,76 + \frac{\frac{0,02 \cdot 0,063}{0,00091} \cdot (159,53 - 23,76)}{1 + \frac{159,53 - 23,76}{0,00091 \cdot 0,0400 \cdot 10^6}} = 63,48 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = q_k \cdot D_o$$

$$Q_k = 63,48 \cdot 10^{-3} \cdot 63 = 4,00 \text{ N/mm}^1$$

9. Berekening van de verkeersbelasting Q_v volgens Grafiek II NEN 3650-1:C.17

Niet rekenen met ontlastende invloed

$$q_v = 28,87 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_v = q_v \cdot D_o$$

$$Q_v = 28,87 \cdot 10^{-3} \cdot 63 = 1,82 \text{ N/mm}^1$$

10. Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{63 \cdot 0,045}{4 \cdot 975 \cdot 310.881,11}} = 0,0070 \text{ mm}^{-1}$$

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

11. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (1^e en 2^e jaar)

Zettingslengte $L = 3.006 \text{ mm}$
 $\lambda \cdot L = 0,0070 \cdot 3.006 = 20,90$
 $i = 0,900$ (= 90,0 % inklemming)
 $B_z = 0,000360$ (volgens NEN 3651 - 8.5.2.4 tabel 5)
 $Q_z = B_z \cdot f_v \cdot D_o \cdot k_{v,gem}$
 $Q_z = 0,000360 \cdot 5 \cdot 63 \cdot 0,045 = 0,0051 \text{ N/mm}^1$
 $Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot \left(i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6}\right)$
 $Q_d = 0,0051 \cdot 0,0070 \cdot 3.006 \cdot \left(0,900 + \frac{0,900 \cdot 0,0070 \cdot 3.006}{6}\right) = 0,43 \text{ N/mm}^1$

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

$Q_z = B_z \cdot (f_v + 1,5 \cdot f_z) \cdot D_o \cdot k_{v,gem}$
 $Q_z = 0,000360 \cdot (5 + 1,5 \cdot 0) \cdot 63 \cdot 0,045 = 0,0051 \text{ N/mm}^1$
 $Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot \left(i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6}\right)$
 $Q_d = 0,0051 \cdot 0,0070 \cdot 3.006 \cdot \left(0,900 + \frac{0,900 \cdot 0,0070 \cdot 3.006}{6}\right) = 0,43 \text{ N/mm}^1$

13. Berekening evenwichtsdragvermogen en controle met bovenbelastingen

Berekening evenwichtsdragvermogen

$N_q = e^{\pi \tan(\varphi)} \cdot \tan^2(45^\circ + \varphi/2) = 24,58$
 $N_y = 1,5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi) = 22,54$
 $B = D_o = 0,06 \text{ m}$
 $B/L = 0,1$
 $Z = h + D_o / 2 = 1,20 + 0,06 / 2 = 1,23 \text{ m}$
 $S_y = 1 - 0,4 \cdot B/L = 0,96$
 $d_q = 1 + 2 \cdot \tan(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \tan^{-1}(Z/B) = 1,41$
 $\gamma'_{gem} = (q_n + \gamma \cdot \gamma_d \cdot D_o / 2) / Z = 19,80 \text{ kN/m}^3$
 $P_{we} = 0,95 \cdot (0,5 \cdot \gamma'_{gem} \cdot D_o \cdot N_y \cdot S_y \cdot d_y + S_q \cdot N_q \cdot d_q \cdot (q_n + c' \cdot \cot(\varphi)) - c' \cdot \cot(\varphi))$
 $P_{we} = 839,96 \text{ kN/m}^2 = 0,84 \text{ N/mm}^2$
 $P_{weD_o} = P_{we} \cdot D_o = 0,84 \cdot 63,00 = 52,92 \text{ N/mm}^1$

Controle bovenbelastingen met evenwichtsdragvermogen

<i>Situatie 1^e en 2^e jaar</i>	<i>Conclusie:</i>	<i>Situatie na 2 jaar</i>	<i>Conclusie:</i>
$Q_k = 4,00 \text{ N/mm}^1$	Geen aanpassing van Q_d nodig	$Q_n = 1,50 \text{ N/mm}^1$	Geen aanpassing van Q_d nodig
$Q_v = 1,82 \text{ N/mm}^1$		$Q_v = 1,82 \text{ N/mm}^1$	
$Q_d = 0,43 \text{ N/mm}^1 +$		$Q_d = 0,43 \text{ N/mm}^1 +$	
$\Sigma = 6,25 \text{ N/mm}^1$		$\Sigma = 3,75 \text{ N/mm}^1$	

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.0 ©
14. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (1^e en 2^e jaar)	
<p><i>Moment t.g.v. Q_k en Q_v</i></p> $M_q = K_b \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g$ $M_q = 0,178 \cdot (4,00 + 1,82) \cdot 29,60 - 0,143 \cdot (1 - \sin(32,5^\circ)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120^\circ) \cdot (4,00 + 1,82) \cdot 29,60$ $M_q = 20,79 \text{ Nmm/mm}^1$ <p><i>Moment t.g.v. Q_d</i></p> $M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$ $M_{qd} = 0,122 \cdot 0,43 \cdot 29,60$ $M_{qd} = 1,55 \text{ Nmm/mm}^1$ <p><i>Spanning t.g.v. M_q en M_{qd}</i></p> $\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$ $\sigma_q = 0,81 \cdot (20,79 + 1,55) / 2,41 = 7,50 \text{ N/mm}^2$	
15. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (na 2 jaar)	
<p><i>Moment t.g.v. Q_n en Q_v</i></p> $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ $M_q = 0,178 \cdot (1,50 + 1,82) \cdot 29,60 - 0,143 \cdot (1 - \sin(32,5^\circ)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120^\circ) \cdot (1,50 + 1,82) \cdot 29,60$ $M_q = 11,85 \text{ Nmm/mm}^1$ <p><i>Moment t.g.v. Q_d</i></p> $M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$ $M_{qd} = 0,122 \cdot 0,43 \cdot 29,60$ $M_{qd} = 1,55 \text{ Nmm/mm}^1$ <p><i>Spanning t.g.v. M_q en M_{qd}</i></p> $\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$ $\sigma_q = 0,81 \cdot (11,85 + 1,55) / 2,41 = 4,50 \text{ N/mm}^2$	
16. Berekening van de spanning σ_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v	
$\sigma_{bx} = C_z \cdot f_v \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$ $\sigma_{bx} = 0,0192 \cdot 5 \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0,045}{3,8}} = 0,33 \text{ N/mm}^2$	
17. Berekening van de spanning σ_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v en zettingsverschil f_z	
$\sigma_{bx} = C_z \cdot (f_v + 1,5 \cdot f_z) \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$ $\sigma_{bx} = 0,0192 \cdot (5 + 1,5 \cdot 0) \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0,045}{3,8}} = 0,33 \text{ N/mm}^2$	
1.0.0.0/01-2018/8-10024978	18-01-2018 14:43:14

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.0 ©
18. Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil	
$\sigma_{ax} = \Delta t \cdot \alpha_g \cdot E$ $\sigma_{ax} = 10 \cdot 0,00016 \cdot 975 = 1,56 \text{ N/mm}^2$	
19. Berekening van de spanningsverhogingsfactoren van de bocht	
Aangezien er geen bocht wordt toegepast volgt: $i_x = 1, i_y = 0, i_{xp} = 1, i_{yp} = 0$	
20. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N	
$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$ $S_N = 975 \cdot \frac{4,57}{59,2^3} = 0,0215 \text{ N/mm}^2 = 21,49 \text{ kN/m}^2$ Minimaal vereiste ringstijfheid = 2 kN/m ²	
21. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk	
Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$ Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$ $p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$ $p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 4,57}{59,20^3} = 0,41 \text{ N/mm}^2$ $p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 4,57}{59,20^3} = 0,07 \text{ N/mm}^2$ Conclusie: Kans op implosie bij 7,35 m grondwater boven de leiding	
22. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie	
$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (1,50 + 1,82) - 0,083 \cdot (1 - \sin(32,5^\circ)) \cdot (1,50 + 1,82) + 0,048 \cdot 0,43) \cdot 29,60^3}{350 \cdot 4,57} = 3,05 \text{ mm} (= 5,16\%)$ Toelaatbare deflectie = 8% · importantiefactor S · D _g = 0,08 · 0,75 · 59,20 = 3,55 mm	
1.0.0.0/01-2018/8-10024978	18-01-2018 14:43:14

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.0 ©

23. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (1^e en 2^e jaar)

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

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

$$\sigma_{y2} = 0,65 \cdot 7,50 = \mathbf{4,88 \text{ N/mm}^2}$$

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

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

$$\sigma_x = 0,63 + 0,65 \cdot 0,33 + 1,56 = \mathbf{2,40 \text{ N/mm}^2}$$

$$\text{Toelaatbare spanning} = \bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = \mathbf{6,00 \text{ N/mm}^2}$$

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

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

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

$$\sigma_{y2} = 0,65 \cdot 4,50 = \mathbf{2,92 \text{ N/mm}^2}$$

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

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

$$\sigma_x = 0,63 + 0,65 \cdot 0,33 + 1,56 = \mathbf{2,40 \text{ N/mm}^2}$$

$$\text{Toelaatbare spanning} = \bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = \mathbf{6,00 \text{ N/mm}^2}$$

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.0 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project	: Jachthaven de Rosslag		
Projectonderdeel	: Rioolpersleiding PE 63 mm SDR 17 - drukloos		
Importatiefactor S	: 0,75		
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 17		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm ²
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α_g	= 16,0·10 ⁻⁵	mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Toelaatbare deflectie	δ	= 8	%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e	= 63,00	mm
Wanddikte	d _n	= 3,8	mm
Geen bocht aanwezig			
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)	= Drukloos		
Aanleggegevens			
Ligging: Kruising met een waterstaatswerk			
Zettingslengte	L	= 3.006	mm
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 1,2	m
Belastinghoek	α	= 180	°
Ondersteuningshoek	β	= 70	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Uitvoeringszakkingverschil	f _v	= 5	mm
Zettingsverschil	f _z	= 0	mm
Klinkpercentage	μ	= 0,02	%
Marstonfactor	f _m	= 0,3	-
Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone			
Waterstaatswerk: Verheeld			
		18-01-2018 14:43:55	

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.0 ©

Grondmechanische gegevens

Grondsoort		= Zand	
Volumiek gewicht droge grond	γ_d	= 18	kN/m ³
Inwendige wrijvingshoek grond	ϕ	= 32,5	°
Effectieve cohesie	c'	= 0	kN/m ²
Ongedraineerde schuifsterkte	c_u	= 0	kN/m ²
E-modulus sleufmateriaal	E_1	= 10	MN/m ²
Minimale verticale beddingconstante	$k_{v,min}$	= 0,04	N/mm ³
Gemiddelde verticale beddingconstante	$k_{v,gem}$	= 0,045	N/mm ³
Rekenen met horizontale steundruk			
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	

Verkeersbelasting

Grafiek II: Fatigue Load Model 2, Lorry 4
 Niet rekenen met ontlastende invloed wegdek

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.0 ©	
1. Eigenschappen van de leiding			
Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 55,40	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 59,20	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 63,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 31,50	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 27,70	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 29,60	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 310.881,11	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 9.869,24	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 4,57	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 2,41	mm ³ /mm ¹
2. Toetsing of vereenvoudigde berekeningsmethode is toegestaan			
Leiding is drukloos: Controle is niet mogelijk.			
3. Berekening van de veiligheidszone			
Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} = 4 \cdot 0,00 = 0,00$ m			
4. Berekening van de spanningen s_p en s_{pl} t.g.v. inwendige druk			
Leiding is drukloos: $\sigma_p = 0,00$ N/mm ²			
5. Berekening reroundingfactor f_{rr}			
Leiding is drukloos: $f_{rr} = 1,00$			
6. Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n			
$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$			
$q_n = 1,1 \cdot 18 \cdot 1,2 = 23,76$ kN/m ²			
$Q_n = q_n \cdot D_o$			
$Q_n = 23,76 \cdot 10^{-3} \cdot 63 = 1,50$ N/mm ¹			
7. Berekening van de passieve grondbelasting Q_p			
$q_p = q_n \cdot \left(1 + f_m \cdot \frac{H}{D_o}\right)$			
$q_p = 23,76 \cdot \left(1 + 0,3 \cdot \frac{1,2}{0,063}\right) = 159,53$ kN/m ²			
$Q_p = q_p \cdot D_o$			
$Q_p = 159,53 \cdot 10^{-3} \cdot 63 = 10,05$ N/mm ¹			

8. Berekening van de reële grondbelasting Q_k

$$z_{\max} = 0,2 \cdot \frac{D_o}{E_1^{0,5} \cdot \sqrt{H/D_o}}$$

$$z_{\max} = 0,2 \cdot \frac{0,063}{10^{0,5} \cdot \sqrt{1,2/0,063}} = 0,00091 \text{ m}$$

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

$$q_k = 23,76 + \frac{\frac{0,02 \cdot 0,063}{0,00091} \cdot (159,53 - 23,76)}{1 + \frac{159,53 - 23,76}{0,00091 \cdot 0,0400 \cdot 10^6}} = 63,48 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = q_k \cdot D_o$$

$$Q_k = 63,48 \cdot 10^{-3} \cdot 63 = 4,00 \text{ N/mm}^1$$

9. Berekening van de verkeersbelasting Q_v volgens Grafiek II NEN 3650-1:C.17

Niet rekenen met ontlastende invloed

$$q_v = 28,87 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_v = q_v \cdot D_o$$

$$Q_v = 28,87 \cdot 10^{-3} \cdot 63 = 1,82 \text{ N/mm}^1$$

10. Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{63 \cdot 0,045}{4 \cdot 975 \cdot 310.881,11}} = 0,0070 \text{ mm}^{-1}$$

11. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (1^e en 2^e jaar)

Zettingslengte $L = 3.006 \text{ mm}$

$$\lambda \cdot L = 0,0070 \cdot 3.006 = 20,90$$

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

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

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

$$Q_z = 0,000360 \cdot 5 \cdot 63 \cdot 0,045 = 0,0051 \text{ N/mm}^1$$

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

$$Q_d = 0,0051 \cdot 0,0070 \cdot 3.006 \cdot \left(0,900 + \frac{0,900 \cdot 0,0070 \cdot 3.006}{6}\right) = 0,43 \text{ N/mm}^1$$

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

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

$$Q_z = 0,000360 \cdot (5 + 1,5 \cdot 0) \cdot 63 \cdot 0,045 = 0,0051 \text{ N/mm}^1$$

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

$$Q_d = 0,0051 \cdot 0,0070 \cdot 3.006 \cdot \left(0,900 + \frac{0,900 \cdot 0,0070 \cdot 3.006}{6}\right) = 0,43 \text{ N/mm}^1$$

13. Berekening evenwichtsdragvermogen en controle met bovenbelastingen

Berekening evenwichtsdragvermogen

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

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

$$B = D_o = 0,06 \text{ m}$$

$$B/L = 0,1$$

$$Z = h + D_o / 2 = 1,20 + 0,06 / 2 = 1,23 \text{ m}$$

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

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \tan^{-1}(Z/B) = 1,41$$

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

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

$$P_{we} = 839,96 \text{ kN/m}^2 = 0,84 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{weDo} = P_{we} \cdot D_o = 0,84 \cdot 63,00 = 52,92 \text{ N/mm}^1$$

Controle bovenbelastingen met evenwichtsdragvermogen

<i>Situatie 1^e en 2^e jaar</i>	<i>Conclusie:</i>	<i>Situatie na 2 jaar</i>	<i>Conclusie:</i>
$Q_k = 4,00 \text{ N/mm}^1$	Geen aanpassing	$Q_n = 1,50 \text{ N/mm}^1$	Geen aanpassing
$Q_v = 1,82 \text{ N/mm}^1$	van Q_d nodig	$Q_v = 1,82 \text{ N/mm}^1$	van Q_d nodig
$Q_d = 0,43 \text{ N/mm}^1 +$		$Q_d = 0,43 \text{ N/mm}^1 +$	
$\Sigma = 6,25 \text{ N/mm}^1$		$\Sigma = 3,75 \text{ N/mm}^1$	

14. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (1^e en 2^e jaar)

Moment t.g.v. Q_k en Q_v

$$M_q = K_b \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g$$

$$M_q = 0,178 \cdot (4,00 + 1,82) \cdot 29,60 - 0,143 \cdot (1 - \sin(32,5^\circ)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120^\circ) \cdot (4,00 + 1,82) \cdot 29,60$$

$$M_q = 20,79 \text{ Nmm/mm}^1$$

Moment t.g.v. Q_d

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

$$M_{qd} = 0,122 \cdot 0,43 \cdot 29,60$$

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

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

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

$$\sigma_q = 1,00 \cdot (20,79 + 1,55) / 2,41 = 9,28 \text{ N/mm}^2$$

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

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

Moment t.g.v. Q_n en Q_v

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$$

$$M_q = 0,178 \cdot (1,50 + 1,82) \cdot 29,60 - 0,143 \cdot (1 - \sin(32,5^\circ)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120^\circ) \cdot (1,50 + 1,82) \cdot 29,60$$

$$M_q = 11,85 \text{ Nmm/mm}^1$$

Moment t.g.v. Q_d

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

$$M_{qd} = 0,122 \cdot 0,43 \cdot 29,60$$

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

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

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

$$\sigma_q = 1,00 \cdot (11,85 + 1,55) / 2,41 = 5,57 \text{ N/mm}^2$$

16. Berekening van de spanning σ_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v

$$\sigma_{bx} = C_z \cdot f_v \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$$

$$\sigma_{bx} = 0,0192 \cdot 5 \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0,045}{3,8}} = 0,33 \text{ N/mm}^2$$

17. Berekening van de spanning σ_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v en zettingsverschil f_z

$$\sigma_{bx} = C_z \cdot (f_v + 1,5 \cdot f_z) \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$$

$$\sigma_{bx} = 0,0192 \cdot (5 + 1,5 \cdot 0) \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0,045}{3,8}} = 0,33 \text{ N/mm}^2$$

18. Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

Leiding is drukloos
 $\sigma_{ax} = 0 \text{ N/mm}^2$

19. Berekening van de spanningsverhogingsfactoren van de bocht

Aangezien er geen bocht wordt toegepast volgt:
 $i_x = 1, i_y = 0, i_{xp} = 1, i_{yp} = 0$

20. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

$$S_N = 975 \cdot \frac{4,57}{59,2^3} = 0,0215 \text{ N/mm}^2 = 21,49 \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = 2 kN/m²

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

21. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$
 Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$

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

$$P_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 4,57}{59,20^3} = 0,41 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 4,57}{59,20^3} = 0,07 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **7,35** m grondwater boven de leiding

22. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

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

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (1,50 + 1,82) - 0,083 \cdot (1 - \sin(32,5^\circ)) \cdot (1,50 + 1,82) + 0,048 \cdot 0,43) \cdot 29,60^3}{350 \cdot 4,57} = \mathbf{3,05 \text{ mm}} \text{ (= 5,16\%)}$$

Toelaatbare deflectie = 8% · importantiefactor S · $D_g = 0,08 \cdot 0,75 \cdot 59,20 = \mathbf{3,55 \text{ mm}}$

23. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (1^e en 2^e jaar)

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

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

$$\sigma_{y2} = 0,65 \cdot 9,28 = \mathbf{6,03 \text{ N/mm}^2}$$

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

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

$$\sigma_x = 0,65 \cdot 0,33 = \mathbf{0,21 \text{ N/mm}^2}$$

Toelaatbare spanning = $\bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = \mathbf{6,00 \text{ N/mm}^2}$

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

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

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

$$\sigma_{y2} = 0,65 \cdot 5,57 = \mathbf{3,62 \text{ N/mm}^2}$$

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

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

$$\sigma_x = 0,65 \cdot 0,33 = \mathbf{0,21 \text{ N/mm}^2}$$

Toelaatbare spanning = $\bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = \mathbf{6,00 \text{ N/mm}^2}$

Verantwoording

Titel	Sterkteberekening persleiding jachthaven de Rosslag
Projectnummer	305838
Referentienummer	SWNL0219714
Revisie	D2
Datum	23-01-2018

Auteur	ir. Menno Jasperse
E-mailadres	menno.jasperse@sweco.nl

Gecontroleerd door	Nils Jansen
Paraaf gecontroleerd	

Goedgekeurd door	ing. S.A.W. Jansen
Paraaf goedgekeurd	