

DATUM 15 februari 2021  
UW BRIEF VAN 16 december 2020  
UW KENMERK 7030  
ONS KENMERK PB2021-058606  
INGEKOMEN NR. PB2020-051245  
ONDERWERP Watervergunning

CONTACTPERSOON J. van der Steen  
DOORKIESNUMMER 088 9743400  
E-MAILADRES j.vandersteen@wshd.nl  
AANTAL BIJLAGEN 1  
OLONUMMER 5677959  
DOSSIERNUMMER VTH2020-7179



waterschap  
**Hollandse  
Delta**

Wegschap Tunnel Dordtse Kil  
T.a.v. de heer A.J. Bras  
Kiltunnelweg 102  
3316 ES DORDRECHT

Geachte heer Bras,

Op 16 december 2020 hebben wij van Gemeentelijke Regeling Drechtsteden namens u een aanvraag ontvangen. De aanvraag betreft het renoveren van een vrijervalleiding en het omleggen van een fietspad nabij de Kiltunnel in Dordrecht.

#### Ons besluit

Wij hebben besloten de gevraagde vergunning te verlenen. Deze vergunning met nummer VTH2020-7179 treft u als bijlage aan.

Het besluit en de voorschriften die wij aan de vergunning verbinden, kunt u lezen in deel 1 van de vergunning. De aangevraagde activiteiten en onze overwegingen die hebben geleid tot dit besluit kunt u lezen in deel 2 van de vergunning. Met welke aandachtspunten u rekening moet houden kunt u lezen in deel 3 van de vergunning.

#### Start activiteiten

U moet ons vooraf op de hoogte stellen van de start van de activiteiten. Als wij niet weten wanneer u begint, loopt u het risico dat u de uitgevoerde werken achteraf moet aanpassen. In voorschrift 1 van de vergunning staat hoe u ons op de hoogte moet brengen.

#### Leges

Aan het in behandeling nemen van uw aanvraag zijn geen leges verbonden.

#### Opmerkingen

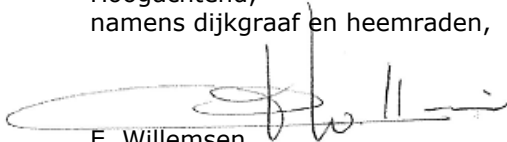
1. Mogelijk heeft u behalve deze vergunning nog andere vergunningen, ontheffingen en/of (privaatrechtelijke) toestemmingen nodig voor de vergunde activiteiten.
2. Zonder de schriftelijke toestemming van het waterschap mag het werk niet worden gewijzigd, uitgebreid of verwijderd.
3. Voordat u met de graafwerkzaamheden start adviseren wij u zich op de hoogte te stellen van eventueel aanwezige kabels en leidingen ter plaatse van de activiteiten.
4. Wanneer u tijdelijke verkeersmaatregelen moet treffen heeft u toestemming nodig van het waterschap. Het formulier hiervoor kunt u downloaden op onze website, <http://www.wshd.nl>.
5. Voor eventuele grondwateronttrekkingen moet apart een melding worden gedaan of vergunning worden aangevraagd bij het waterschap.

Handelsweg 100  
2988 DC Ridderkerk  
postadres Postbus 4103  
2980 GC Ridderkerk  
telefoon 088 974 30 00  
internet [www.wshd.nl](http://www.wshd.nl)  
[info@wshd.nl](mailto:info@wshd.nl)

Contact

Voor vragen over deze brief en de vergunning kunt u contact opnemen met bovengenoemde contactpersoon. Wij verzoeken u bij alle correspondentie over deze vergunning het dossiernummer te vermelden.

Hoogachtend,  
namens dijkgraaf en heemraden,



E. Willemsen  
teamleider vergunningverlening

Afschrift aan:

- a. het college van burgemeester en wethouders van de gemeente Dordrecht,  
zakendesk@ozhz.nl;
- b. Gemachtigde: Gemeenschappelijke Regeling Drechtsteden t.a.v. P.Y. Regtering,  
py.regtering@drechtsteden.nl.





waterschap  
**Hollandse  
Delta**

## Watervergunning nummer VTH2020-7179

### Deel 1 Besluit en voorschriften

#### Aanhef

Dijkgraaf en heemraden van waterschap Hollandse Delta hebben op 16 december 2020 een aanvraag ontvangen van Gemeentelijke Regeling Drechtsteden namens het Wegschap Tunnel Dordtse Kil om een vergunning te verlenen.

#### Besluit

Gelet op de bepalingen van de Waterwet, de Keur van waterschap Hollandse Delta, de Algemene wet bestuursrecht en de in deel 2 vermelde overwegingen besluiten dijkgraaf en heemraden als volgt:

1. de gevraagde vergunning als bedoeld in artikel 3.2 van de Keur van waterschap Hollandse Delta aan Wegschap Tunnel Dordtse Kil, Kiltunnelweg 102, 3316 ES Dordrecht of diens rechtverkrijgende(n) te verlenen voor het renoveren van een vrijvervalleiding en diverse kleine werkzaamheden nabij de Kiltunnel in Dordrecht;
2. de vergunning te verlenen voor de realisatie van de werken genoemd onder besluit 1 voor een periode van drie jaar, gerekend vanaf het moment dat de vergunning in werking treedt;
3. de vergunning te verlenen voor onbepaalde tijd voor het hebben en onderhouden van de werken genoemd onder besluit 1;
4. de onder besluit 1 genoemde werken onder verzwaarde eisen te mogen uitvoeren in de periode van 1 oktober tot 1 april daaropvolgend;
5. tot de tijd dat de desbetreffende beheerregisters en de legger oppervlaktewaterlichamen en kunstwerken aangepast zijn wordt dit besluit als kader gesteld voor ligging, vorm, afmeting, omvang en onderhoudsverplichtingen van de betrokken waterstaatwerken;
6. de tekeningen zoals opgenomen in de bijlage 2 deel te laten uitmaken van deze vergunning;
7. aan de vergunning de in deel 1 opgenomen voorschriften te verbinden.

#### Ondertekening

Ridderkerk, d.d. 15 februari 2021

Hoogachtend,  
namens dijkgraaf en heemraden,

P. Schakel  
hoofd afdeling Vergunningverlening, Toezicht en Handhaving

Handelsweg 100  
2988 DC Ridderkerk  
postadres Postbus 4103  
2980 GC Ridderkerk  
telefoon 088 974 30 00  
internet [www.wshd.nl](http://www.wshd.nl)  
[info@wshd.nl](mailto:info@wshd.nl)



## Voorschriften

### Ten aanzien van aanvang en voltooiing van de activiteiten

1. De aanvang van de activiteiten moet ten minste één week van tevoren worden gemeld bij het waterschapsloket. Tevens moet u een naam en telefoonnummer van een contactpersoon, die in geval van calamiteiten door het waterschap bereikt kan worden doorgegeven. Het waterschapsloket is bereikbaar op telefoonnummer 0900 2005005 (lokaal tarief) of per e-mail 2005005@wshd.nl.
2. Als ten behoeve van onderhoud enige grondroering, ophoging of vernieuwing moet worden gedaan, moet dit ten minste één week van tevoren schriftelijk worden gemeld bij het waterschapsloket.
3. Schade en onderhoud aan de waterkering, als gevolg van de uitvoering van de activiteiten, blijft gedurende een periode van een jaar na voltooiing van de activiteiten voor rekening van de vergunninghouder.

### Ten aanzien van uitvoering en revisie

4. Tijdens de uitvoering van de activiteiten moet een exemplaar van deze vergunning met bijbehorende bijlagen op de uitvoeringslocatie aanwezig zijn.
5. De activiteiten moeten worden uitgevoerd overeenkomstig de bij deze vergunning behorende bijlagen, behoudens de uit de voorschriften voortvloeiende wijzigingen en/of aanvullingen.
6. Tijdens de uitvoering moeten op eerste aanwijzing van het waterschap in geval van calamiteiten en/of wateroverlast door de vergunninghouder direct alle maatregelen worden genomen die nodig zijn om de stabiliteit en veiligheid van de waterkering te waarborgen.
7. Alle voor de uitvoering van de activiteiten in, langs of over de waterkering te maken hulpconstructies behoeven de goedkeuring van het waterschap en moeten direct na het gereedkomen van het onderdeel van de activiteiten waarvoor zij werden aangebracht volledig worden verwijderd.
8. De stabiliteit en veiligheid van de waterkering mag tijdens de uitvoering van de werken niet onnodig worden verstoord. Hiertoe moeten afdoende maatregelen getroffen worden.
9. Na uitvoering van de activiteiten moet binnen 2 maanden de revisietekeningen conform het Rijksdriehoeksstelsel digitaal aan het waterschap worden toegezonden.

### Ten aanzien van grondroeringen

10. Grondroeringen moeten tot het strikt noodzakelijke worden beperkt. Eventuele nazakkingen of zettingen, voor zover die het gevolg zijn van de vergunde activiteiten, moeten door en op kosten van de vergunninghouder worden hersteld.
11. Het is verboden (met uitzondering van de vergunde activiteiten) iets van het waterstaatswerk (waterkering of oppervlaktewaterlichaam) of weg(en) te ontgraven.
12. Grondroeringen moeten op een zodanige wijze worden uitgevoerd, dat de gemaakte taluds niet kunnen afschuiven.
13. Alvorens met de activiteiten wordt begonnen moet het grasgewas kort worden afgemaaid en de bezodding worden afgenomen.
14. De eventueel overblijvende grond en alle uit ontgravingen komend puin of andere voorwerpen moeten door de vergunninghouder worden afgevoerd.



15. Bij ongeschiktheid van de vrijgekomen materialen voor sleufherstel en werkput herstel, omdat de vereiste verdichtingsgraad niet meer kan worden bereikt, moet(en) de ontgraving(en) worden aangevuld met materiaal dat een gelijkwaardige funderingsopbouw geeft als de aanliggende ondergrond.
16. De verschillende grondsoorten moeten in oorspronkelijke volgorde worden teruggebracht, deze grond moet mechanisch worden verdicht in lagen van 0,20 m tot het oorspronkelijke maaiveld.
17. Langs wegen mag de ontgraven grond niet op de wegverharding of de bermen binnen 1,00 m uit de kant van de wegverharding worden opgeslagen.

#### **Ten aanzien van kabels en leidingen**

18. De vergunninghouder moet vóór de uitvoering van de werken met andere kabel- en leidingbeheerders overleggen over mogelijke door die beheerders ter plaatse uit te voeren werkzaamheden. Als ter plaatse door hen ook kabels of leidingen zullen worden gelegd moeten de werkzaamheden onderling afgestemd worden en moeten de kabels en leidingen waar mogelijk in één sleuf en in één werkgang worden gelegd.
19. Niet meer in gebruik zijnde leidingen moeten, inclusief alle bijbehorende voorzieningen verwijderd worden uit de waterkering.
20. De leidingen moeten de waterkering zo haaks mogelijk kruisen.
21. De leidingen moeten in open ontgraving en zonder gebruikmaking van mantelbuizen worden aangelegd.
22. De leidingen moeten binnen de begrenzing van de waterkering een gronddekking hebben van 1,00 m ten opzichte van het maaiveld. In de beschermingszones kan worden volstaan met een dekking van 0,60 m tot
23. 0,80 m.
24. Ingravingen mogen in geen geval dieper plaatsvinden dan tot 0,10 m beneden de onderkant van de leidingen.
25. In waterkeringen aan te brengen markeringen voor de kabel moeten in overleg met het waterschap worden geplaatst.

#### **Ten aanzien van leidingen in waterkeringen**

26. De vigerende NEN-3650 serie - is volledig van toepassing voor zover daarvan in deze vergunning niet wordt afgeweken.
27. De leidingen moeten in de veiligheidszone van de waterkering bestaan uit gelaste buizen, die aan de volgende eisen moeten voldoen:

Leiding 1  
kwaliteit : GVK  
uitwendige diameter : 700 mm  
wanddikte : 14 mm  
ontwerpdruk : drukloos (vrijval) N/mm<sup>2</sup>

Leiding 2  
kwaliteit : PE SDR 11  
uitwendige diameter : 315 mm  
wanddikte : 28,7 mm  
ontwerpdruk : drukloos (vrijval) N/mm<sup>2</sup>

Leiding 3  
kwaliteit : PE SDR 11  
uitwendige diameter : 160 mm  
wanddikte : 14,6 mm  
ontwerpdruk : drukloos (vrijval) N/mm<sup>2</sup>



waterschap  
**Hollandse  
Delta**

28. Na aanleg van de leiding moet deze worden beproefd op de sterkte en/of dichtheid. Het bij deze beproeving behorende rapport moet, binnen drie weken na het in gebruik nemen van de leiding, worden toegezonden aan het waterschap.
29. Alle verbindingen binnen de veiligheidszone moeten trekvast worden aangebracht.

#### **Ten aanzien van aanbrengen verharding**

30. De inrichting en constructie van de fietspad moet voldoen aan het Handboek Wegontwerp en de CROW-voorschriften.
31. De vergunninghouder moet zorg dragen voor een gelijkwaardige afwatering van het verharde fietspad, zodanig dat het water niet afvloeit naar de weg of daarop blijft staan.
32. De verharding moet blijvend gelijkmatig aansluiten op het bestaande fietspad om erosie tegen te gaan.
33. De erosiebestendige laag moet worden uitgevoerd met een asfaltlaag of een elementenverharding.
34. Ter plaatse van elementenverhardingen in het dijkbeloop van de waterkering moeten deze worden gefundeerd op een laag van minimaal 0,20 m zand-cementstabilisatie in een verhouding van 1 deel cement op 10 delen zand.

#### **Ten aanzien van afwerking**

35. Het oppervlak moet geheel in overeenstemming met de omgeving worden afgewerkt en bekleed en eventuele verharding moet in de oorspronkelijke staat hersteld worden.
36. Direct na de voltooiing van de activiteiten moet het oppervlak geheel in overeenstemming met de omgeving worden afgewerkt en bekleed en direct worden voorzien van de oorspronkelijke steenbekleding/verharding of worden bezood of ingezaaid met een rassenlijstmengsel type Delta 1.
37. Wanneer in de periode van 1 oktober tot 1 april daaropvolgend naar het oordeel van het waterschap op het werkterrein geen erosiebestendige dijkbekleding aanwezig is, of deze zich naar het oordeel van het waterschap in ondeugdelijke staat bevindt, moet op het werkterrein een weefseldoek Geolon Nicolon PP 40 of gelijkwaardig worden aangebracht. Het weefseldoek moet worden aangebracht met torstaal krammen met een doorsnede van ten minste 12 mm en een lengte van ten minste 800 mm. De krammen moeten worden aangebracht in vakken van 2 x 1 m en kruislings worden afgelijnd met staaldraad met een treksterkte van ten minste 235 N. De staaldraadkruizen zonder kram moet met een zandzak van ten minste 10 kg worden verankerd. Iedere zandzak moet worden verankerd met 2 krammen.
38. Het afstromende hemelwater moet naar de riolering worden afgevoerd, dit afstromende water mag geen uitspoeling van de waterkering ten gevolge hebben.
39. Losse materialen, planken e.d., die geen deel uitmaken van de activiteiten waarvoor vergunning is verleend, moeten direct na voltooiing van de activiteiten worden verwijderd.
40. De vergunninghouder is tijdens en na afloop van de activiteiten verantwoordelijk voor het schoonhouden van de weg en het bijbehorende wegmeubilair.

#### **Ten aanzien van stormseizoen**

41. De activiteiten mogen niet worden gestart en/of voortgezet bij verwachting van hevige neerslag, wind, hoge waterstanden of een beschadigde dijk-bekleding, en/of op eerste aanzegging van het waterschap.



42. De vergunninghouder is verantwoordelijk voor het inwinnen van weer- en waterstandverwachtingen gedurende de uitvoering van de activiteiten.
43. De vergunninghouder moet ter bescherming van de waterkering en het achterliggende land tijdig passende maatregelen nemen als weer- en waterstandverwachtingen hiervoor aanleiding geven.
44. De activiteiten mogen tijdens het stormseizoen maximaal 1 dag duren.
45. Er mag niet meer worden ontgraven dan gedurende één dagproductie gegraven, gelegd/geplaatst en weer aangevuld, verdicht en afgewerkt kan worden.
46. Gedurende de activiteiten moeten permanent voorzieningen op de locatie aanwezig te zijn die in geval van calamiteiten gebruikt kunnen worden voor het beschermen van de waterkering. Hierbij moet minimaal aanwezig zijn: krammatten inclusief bevestigingsmaterialen rijplaten, die de rijwegen volledig afdekken materieel om eventuele noodmaatregelen te treffen
47. Tijdelijke bescherming van de waterkering (bijvoorbeeld een damwand) moet buiten het stormseizoen worden aangebracht en verwijderd.



## Deel 2 Aanvraag en overwegingen

### Aanleiding

De aanvrager is voornemens het bestaande fietspad over een lengte van 30 meter te verleggen en de bestaande HWA-Leidingen te vervangen. De werkzaamheden worden uitgevoerd ten behoeve van het verleggen van de eigen weg voor de realisatie van een nieuw kantoor Kiltunnel.

### Activiteiten waarvoor vergunning wordt aangevraagd

De aanvraag betreft werkzaamheden in de kern en beschermingszone van de primaire waterkering en beschermingszone watergang welke in het beheer zijn van Waterschap Hollandse Delta.

De activiteiten vinden plaats in en nabij de waterkering plaatselijk bekend als Wioldrechtse Zeedijk/ Kanteldijk Kiltunnel. Deze waterkering is een primaire waterkering volgens de legger van waterschap Hollandse Delta.

Voor de locatie van de activiteiten wordt verwezen naar bijlage 1.

### Procedure

De aanvraag is op 16 december 2020 bij het omgevingsloket ingediend en bij het waterschap geregistreerd onder nummer PB2020-051245.

De aanvraag omvat de volgende stukken:

- aanvraagformulier;
- sterkteberekening leidingen renovatie Kiltunnel d.d. 15-12-2020;
- tekening locatie fietspad zonder naam en datum.

De aanvrager is bij brief PB2021-000305, op 7 januari 2021 schriftelijk op de hoogte gebracht van het feit dat de aanvraag nog onvoldoende gegevens bevat om in behandeling te kunnen nemen en is in de gelegenheid gesteld om de ontbrekende gegevens of bescheiden voor 2 februari 2021 aan de aanvraag toe te voegen. Daarmee is de procedure opgeschort met maximaal 5 weken.

De volgende ontbrekende gegevens zijn op 26 januari 2021 ontvangen en geregistreerd onder nummer P2021-055241:

- memo betreffende de relatie verleggen fietspad N217 en waterveiligheid d.d. 21-02-2020.

De voorbereiding van deze vergunning heeft conform het gestelde in titel 4.1 van de Algemene wet bestuursrecht (Awb) plaatsgevonden.

### Toetsing van de aanvraag

De aanvraag is getoetst aan de doelstellingen van de Waterwet en de Keur van waterschap Hollandse Delta. Deze doelstellingen en belangen vormen de basis voor vergunningverlening en zijn vastgelegd in wettelijk vastgestelde normen en aanvullend beleid. Dit is uitgewerkt in aanvullende regelgeving, water- en beheersplannen en beleidsregels.

### Overwegingen watersysteembeheer

#### Waterkering

De Wioldrechtse Zeedijk is een primaire waterkering waar de Kiltunnel doorheen loopt. Ten behoeve van de Kiltunnel zijn er diverse kabel- en leidingstroken aanwezig ten behoeve van tunnelveiligheid en nutsvoorzieningen. De waterkering heeft ter plaatse van de tunnel een hoogte van circa NAP + 4,90 m. De dijktafelhoogte (DTH) is voor deze locatie vastgesteld op NAP +3,65 m het maatgevend hoogwater (MHW) is bepaald op NAP +2,85 m.

#### *Constructie en uitvoering*

De aangevraagde werkzaamheden zijn onderdeel van de renovatie en aanpassingswerkzaamheden aan de kiltunnel.

De aangevraagde werkzaamheden bestaan uit het deels verplaatsen van het bestaande fietspad, het vervangen van de bestaande HWA-afvoerleidingen, het en diverse kleine ontgravingswerkzaamheden.





Het bestaande fietspad wordt over een lengte van 30 meter omgelegd,. De werkzaamheden bevinden zich in de kernzone van de waterkering. Tijdelijk wordt de bestaande deklaag over een breedte van 2 meter verwijderd. Daar waar de fietspad wordt aangebracht wordt de deklaag vervangen door zand en asfalt. Om aan beide zijde vervolgens weer naadloos aan te sluiten op het bestaande fietspad. Op de huidige locatie van het fietspad wordt de locatie aangevuld en afgedekt met 0,5 meter klei.

In de kern en beschermingszone van de waterkering worden een 3 tal leidingen vervangen met een lengte van circa 400 meter. De bestaande betonnen leidingen lekken en dienen daardoor vervangen te worden. Voor het uitvoeren van deze werkzaamheden is een sterkteberekening aangeleverd. Deze is door het waterschap bekeken en goedgekeurd.

#### *Effecten op relevante faalmechanismen*

Door middel van sterkteberekeningen is aangetoond dat de waterkering ter plaatse van de te vervangen leidingen eisen gesteld door het waterschap. Voor het fietspad is hiervoor een memo aangeleverd. Deze sterkteberekeningen en memo zijn door het waterschap nagekeken en akkoord bevonden.

#### *Invloed op de ruimte voor doelmatig beheer en onderhoud*

Werkzaamheden veroorzaken geen veranderingen in het doelmatig beheer en onderhoud op deze locatie

#### *Uitvoeringsperiode fietspad (stormseizoen)*

De aangevraagde werkzaamheden zijn ten behoeve van de renovatie en diverse aanpassingen aan de kiltunnel. Deze renovatie is onderdeel van het gebied overstijgende Rijksprogramma van renovaties van bruggen en tunnels in Zuid Holland. Vertraging van de werkzaamheden zou grote invloed hebben op dit Rijksprogramma. Daarnaast hebben de werkzaamheden een zeer kleine invloed op de stabiliteit van de waterkering. Gezien deze situatie ziet het waterschap geen bezwaar de werkzaamheden aan het fietspad in het stormseizoen uit te voeren.

#### **Conclusie**

De in de vergunning opgenomen voorschriften waarborgen dat de doelstellingen van het waterbeheer voldoende worden beschermd. Op grond van de overwegingen bestaan daarom geen bezwaren tegen het verlenen van de gevraagde vergunning.



## Deel 3 Bezwaar en aandachtspunten

### Bezwaar

Dijkgraaf en heemraden wijzen u op de mogelijkheid om op grond van artikel 7:1 van de Awb bezwaar te maken tegen dit besluit door het indienen van een bezwaarschrift. De termijn voor het indienen van een bezwaarschrift bedraagt zes weken vanaf de dag na verzenddatum van dit besluit. Het bezwaarschrift moet bevatten uw naam en adres, de dagtekening, een omschrijving van het besluit waartegen het bezwaar is gericht en de gronden van het bezwaar. Ook moet het bezwaarschrift ondertekend zijn. U kunt het bezwaarschrift sturen aan het college van dijkgraaf en heemraden van waterschap Hollandse Delta, Postbus 4103, 2980 GC Ridderkerk.

Naast het indienen van een bezwaarschrift kunt u in geval van een spoedeisend belang op grond van artikel 8:81 Awb een verzoek tot het treffen van een voorlopige voorziening doen bij de Voorzieningenrechter van de sector bestuursrecht van de Rechtbank Rotterdam, Postbus 50950, 3007 BL Rotterdam. U kunt ook digitaal een voorlopige voorziening aanvragen bij genoemde rechtbank via <https://www.rechtspraak.nl/Organisatie-en-contact/Rechtsgebieden/Bestuursrecht>. Daarvoor moet u beschikken over een elektronische handtekening (DigiD). Kijk op de genoemde site voor de precieze voorwaarden.

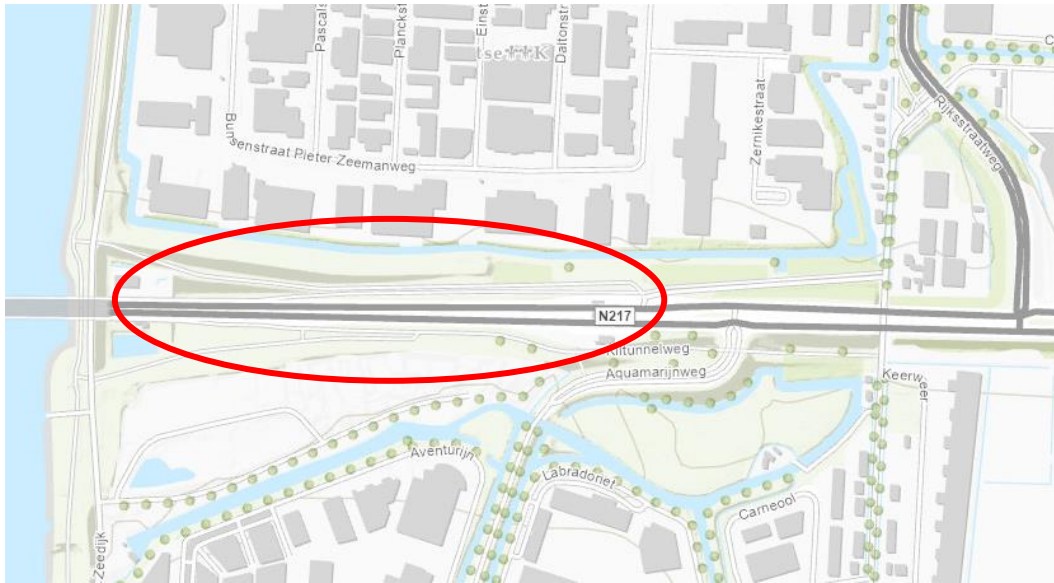
Wij verzoeken u een afschrift van het verzoek tot het treffen van een voorlopige voorziening toe te zenden aan het college van dijkgraaf en heemraden van waterschap Hollandse Delta, Postbus 4103, 2980 GC Ridderkerk.

### Aandachtspunten

1. Tegen dit besluit kan ook door andere belanghebbenden bezwaar worden gemaakt. De bezwaartermijn voor het indienen van een bezwaarschrift bedraagt zes weken vanaf de dag na verzenddatum van dit besluit. Wij wijzen u erop dat uitvoering van de vergunde activiteiten binnen de bezwaartermijn geheel voor eigen risico is.
2. Het hebben van deze vergunning ontslaat de houder niet van de verplichting om alle redelijkerwijs mogelijke maatregelen te treffen teneinde te voorkomen dat derden of waterschap Hollandse Delta ten gevolge van het gebruik maken van de vergunning schade lijden.
3. Als het vergunningplichtige werk in andere handen overgaat – bijvoorbeeld door verkoop, erfopvolging, overdracht van gebruiksrecht of anderszins – moet wijziging van de tenaamstelling van de vergunning schriftelijk worden gemeld bij dijkgraaf en heemraden waterschap Hollandse Delta. De melding moet worden gedaan binnen vier weken nadat de vergunning voor hem is gaan gelden.
4. Als gedurende drie achtereenvolgende jaren geen gebruik is gemaakt van deze vergunning kunnen dijkgraaf en heemraden van waterschap Hollandse Delta deze vergunning geheel of gedeeltelijk intrekken.



## BIJLAGE 1 Locatie





## **BIJLAGE 2 Tekening en rapportages**

De volgende tekeningen maken deel uit van de vergunning van waterschap Hollandse Delta met nummer VTH2020-7179:

- sterkteberekening leidingen renovatie Kiltunnel d.d. 15-12-2020;
- memo betreffende de relatie verleggen fietspad N217 en waterveiligheid d.d. 21-02-2020.

# Notitie



Projectnummer: 20190484  
Betreft: Sterkteberekening leidingen renovatie Kiltunnel  
Auteur: AK  
Gecontroleerd: DAB  
Status: Definitief  
Datum: 15-12-2020

---

## Inhoud

1. Inleiding .....	1
2. Algemene uitgangspunten.....	2
3. Berekeningen – leiding 1 .....	4
3.1. Input leidingsterkteberekening.....	4
3.2. Berekening.....	5
3.3. Conclusie leiding 1 .....	5
4. Berekeningen – leiding 2.....	6
4.1. Input leidingsterkteberekening.....	6
4.2. Berekening.....	6
4.3. Conclusie leiding 2 .....	7
5. Berekeningen – leiding 3.....	7
5.1. Input leidingsterkteberekening.....	7
5.2. Berekening.....	8
5.3. Conclusie leiding 3 .....	8
Bijlage 1: uitvoering berekening leiding 1 .....	9
Bijlage 2: uitvoer berekening leiding 2.....	10
Bijlage 3: uitvoer berekening leiding 3.....	11

## 1. Inleiding

Door Skills wordt de Kiltunnel gerenoveerd. Onderdeel hiervan is het leggen van enkele HWA-afvoerleidingen. Een deel van deze leidingen ligt in de beschermingszone van de waterkering. In verband hiermee heeft Skills aan Adcim gevraagd om een sterkteberekening conform de NEN 3650/3651 op te stellen van het aan te leggen leidingwerk. In deze notitie worden de gemaakte berekeningen beschreven en voorzien van een toelichting.

In

figuur 1 is de ligging van de leidingen weergegeven. Het betreft resp.:

- 1) Leiding 1 - GVK 700 mm - regenwaterafvoerleiding

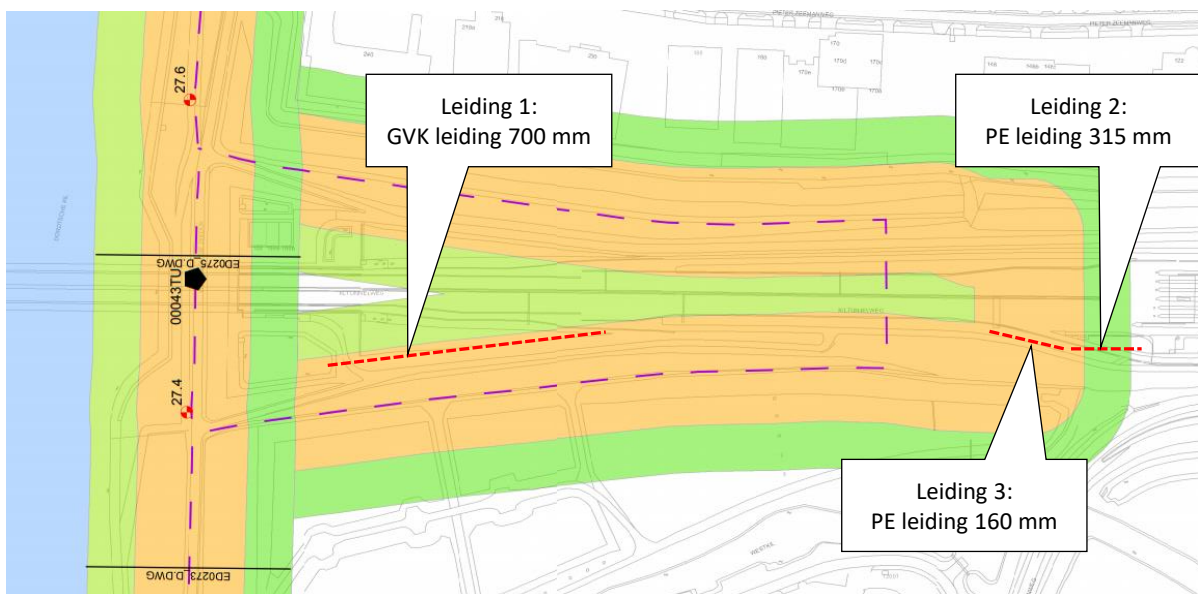


- 2) Leiding 2 - PE 315 mm - regenwaterverzamelleiding
- 3) Leiding 3 - PE 160 mm – kolkleiding



**figuur 1 Ligging leidingen**

De ligging van de leidingen t.o.v. de waterkering is indicatief weergegeven in onderstaande figuur.



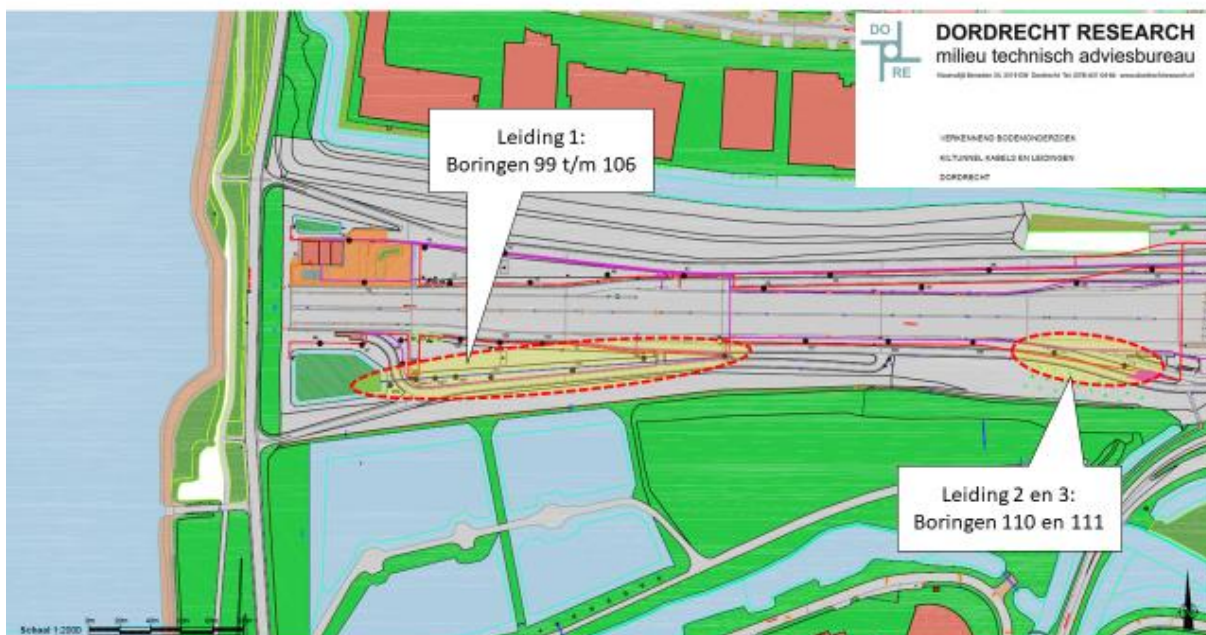
**figuur 2 Ligging leidingen t.o.v. waterkering**

## 2. Algemene uitgangspunten

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

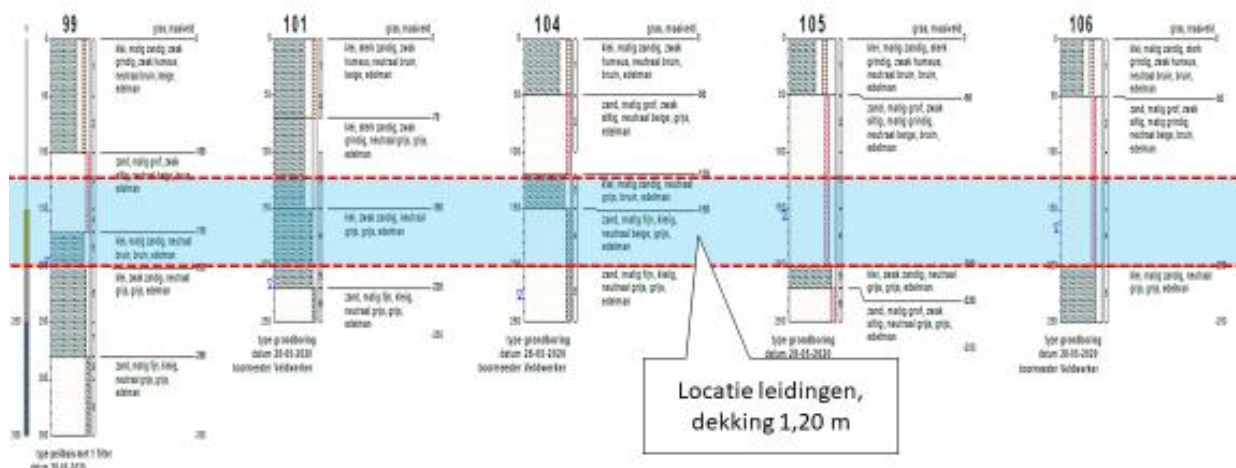
- De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het programma Sigma 2018 v 1.0. Dit betreft een rekenprogramma waarmee sterkteberekeningen conform de NEN 3650/3651 gemaakt kunnen worden;
- De leidingen worden aangelegd in een open sleuf.

Ten behoeve van de berekeningen zijn bodemgegevens ter beschikking gesteld: rapport verkennend bodemonderzoek Kiltunnel van Dordrecht research Onderzoeknr. 200511 d.d. 10 juli 2020. In onderstaande figuur is de locatie van de beschikbare boorpunten weergegeven.



**figuur 3** Locatie gebruikte bodemgegevens

De boringen 110 en 111 reiken niet dieper dan 1,00 m. Voor alle berekeningen is uitgegaan van de diepere boringen 99 t/m 106. De gebruikte boringen zijn samen met de locatie van de leidingen weergegeven in onderstaande figuur.



**figuur 4** Ligging leiding t.o.v. boringen

### 3. Berekeningen – leiding 1

In dit hoofdstuk wordt de input van de berekeningen getoond, waarna de resultaten beschreven worden.

#### 3.1. Input leidingsterkteberekening

##### Leidinggegevens

De buizen worden uitgevoerd als gewikkelde buis (continue doorlopende gewikkelde draad) en type GRP (Glass reinforced polyester). De wanddikte van de buizen is overgenomen uit de Technical product data Flowtite GRP pressure pipe systems van Amiblu.

- Leiding uitwendig 700 mm;
- Wanddikte 14 mm (PN10)
- Werkdruk: drukloos (vrijverval);
- Dekking: 1,20 m.

Omdat de GRP leidingen in vele specificaties verkrijgbaar zijn, worden onderstaand de gehanteerde eigenschappen samengevat. **Bij bestellen van de leiding dient minimaal aan deze voorwaarden voldaan te worden:**

Materiaalgegevens		
Materiaal soort:	GVK	
Kwaliteit:	Geweven vezel: Polyester	
Toel. spanning axiaal, korteduur	$\sigma_{kd,ax}$	= 44,5 N/mm <sup>2</sup>
Toel. spanning axiaal, langeduur	$\sigma_{ld,ax}$	= 33,5 N/mm <sup>2</sup>
Toel. spanning tangentieel, korteduur	$\sigma_{kd,tan}$	= 178 N/mm <sup>2</sup>
Toel. spanning tangentieel, langeduur	$\sigma_{ld,tan}$	= 134 N/mm <sup>2</sup>
E-modulus korte duur tang.	$E_{tan}$	= 20.500 N/mm <sup>2</sup>
E-modulus korte duur axiaal	$E_{ax}$	= 12.000 N/mm <sup>2</sup>
E-modulus lange duur tang.	$E'_{tan}$	= 13.000 N/mm <sup>2</sup>
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	$\alpha_g$	= $2,5 \cdot 10^{-5}$ mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	$\alpha_{\sigma}$	= 0,9 -
Const. van Poisson tangentieel	$\nu_{tan}$	= 0,4 -
Const. van Poisson axiaal	$\nu_{ax}$	= 0,4 -
Toelaatbare deflectie	$\delta$	= 6 %

**figuur 5** materiaal eigenschappen GRP leiding

De verbindingen tussen de buizen worden gerealiseerd met behulp van trekvast FWC-koppelingen met trekstangen PN10. De koppelingen zijn hierdoor qua sterkte niet maatgevend en worden in deze berekening niet beschouwd.

##### Gegevens waterkering

- Importantiefactor waterkering: 0,75 (zwaarste categorie).



### Bodemgegevens

De bodem bestaat uit zandige klei op zand. In de berekeningen zijn op basis daarvan de volgende parameters ingevoerd:

- Uitvoeringszakkingsverschil: Voor het uitvoeringszakkingsverschil is uitgegaan van tabel C4 uit de NEN3650: goed verdichte aanvulgrond onder en naast de leiding in een droge sleuf. Uitgegaan is van een sleufbreedte van  $0,5 + 0,7$  (leiding)  $+ 0,5 = 1,70$  m. De sleufbreedte ligt daarmee tussen de 1,5 Do en 3 Do. Bij een dekking van 1,20 m is het bijbehorende uitvoeringszakkingsverschil 15 mm (stijve klei);
- Het zettingsverschil  $F_z$  voor stijve klei bedraagt volgens NEN3650 15 mm;
- Het klinkpercentage  $\mu$  voor verdichte sleufvulling van stijve klei bedraagt 0,075;
- Grondwater: gerekend is met de worst-case benadering (geen grondwater). In de praktijk zal het grondwater rond en net boven het aanlegniveau van de leiding fluctueren.

### VERKEERSBELASTING

Boven de leiding is verkeersbelasting volgens NEN 3650, figuur C.17 toegepast. De leiding ligt geheel in het groen. Vanwege de mogelijke belasting door onderhoudsmaterieel is gerekend met verkeer volgens grafiek II (berm) zonder ontlastende invloed van een wegdek.

## 3.2. Berekening

De berekeningsresultaten zijn samengevat in onderstaande tabel. De optredende spanningen blijven ruimschoots onder de toelaatbare.

**tabel 1 berekeningsresultaten – leiding 1**

Situatie	optredend (N/mm <sup>2</sup> )	toelaatbaar (N/mm <sup>2</sup> )	toets
totaal aan optredende spanningen (1e en 2e jaar)			
omtrekrichting	50,41	133,50	voldoet
langsrichting	0,69	25,13	voldoet
totaal aan optredende spanningen (na 2 jaar)			
omtrekrichting	44,01	133,50	voldoet
langsrichting	1,74	25,13	voldoet

Voor de volledige berekening met invoer- en uitvoergegevens wordt verwezen naar de bijlagen. De aanwezige overcapaciteit in sterkte van de leiding is nodig om ook aan de deflectie-eisen te voldoen, zie de volledige uitvoer van de berekeningen

## 3.3. Conclusie leiding 1

De berekende spanningen ruimschoots onder de toelaatbare. De gekozen sterkteklasse en materialen voldoen.

## 4. Berekeningen – leiding 2

In dit hoofdstuk wordt de input van de berekeningen getoond, waarna de resultaten beschreven worden.

### 4.1. Input leidingsterkteberekening

#### Leidinggegevens

De buizen worden uitgevoerd in PE SDR 11.

- Leiding uitwendig 315 mm;
- Wanddikte 28,7 mm
- Werkdruk: drukloos (vrijval);
- Dekking: 1,20 m.

#### Gegevens waterkering

- Importantiefactor waterkering: 0,75 (zwaarste categorie).

#### Bodemgegevens

De bodem bestaat uit zandige klei op zand. In de berekeningen zijn op basis daarvan de volgende parameters ingevoerd:

- Uitvoeringszakkingsverschil: Voor het uitvoeringszakkingsverschil is uitgegaan van tabel C4 uit de NEN3650: goed verdichte aanvulgrond onder en naast de leiding in een droge sleuf. Uitgegaan is van een sleufbreedte van  $0,5 + 0,3$  (leiding)  $+ 0,5 = 1,30$  m. De sleufbreedte ligt daarmee boven 3 Do. Bij een dekking van 1,20 m is het bijbehorende uitvoeringszakkingsverschil 15 mm (stijve klei);
- Het zettingsverschil  $F_z$  voor stijve klei bedraagt volgens NEN3650 15 mm;
- Het klinkpercentage  $\mu$  voor verdichte sleufvulling van stijve klei bedraagt 0,075;
- Grondwater: gerekend is met de worst-case benadering (geen grondwater). In de praktijk zal het grondwater rond en net boven het aanlegniveau van de leiding fluctueren.

#### VERKEERSBELASTING

Boven de leiding is verkeersbelasting volgens NEN 3650, figuur C.17 toegepast. De leiding ligt deels in het groen en deel onder verharding. Er zijn daarom twee situatie doorgerekend:

- 1) Leiding in groen: Vanwege de mogelijke belasting door onderhoudsmaterieel is voor het deel in het groen gerekend met verkeer volgens grafiek II (berm) zonder ontlastende invloed van een wegdek.
- 2) Leiding onder de verharding: Voor het deel onder de verharding is gerekend met grafiek I met ontlastende invloed van de wegverharding.

### 4.2. Berekening

De berekeningsresultaten zijn samengevat in onderstaande tabel. De optredende spanningen blijven ruimschoots onder de toelaatbare.

**tabel 2 berekeningsresultaten – leiding 2 (berm)**

Situatie	optredend (N/mm <sup>2</sup> )	toelaatbaar (N/mm <sup>2</sup> )	toets
totaal aan optredende spanningen (1e en 2e jaar)			
omtreksrichting	1,99	6,00	voldoet
langsrichting	0,02	6,00	voldoet
totaal aan optredende spanningen (na 2 jaar)			
omtreksrichting	1,27	6,00	voldoet
langsrichting	0,05	6,00	voldoet

**tabel 3 berekeningsresultaten – leiding 2 (verharding)**

Situatie	optredend (N/mm <sup>2</sup> )	toelaatbaar (N/mm <sup>2</sup> )	toets
totaal aan optredende spanningen (1e en 2e jaar)			
omtreksrichting	2,23	6,00	voldoet
langsrichting	0,02	6,00	voldoet
totaal aan optredende spanningen (na 2 jaar)			
omtreksrichting	1,55	6,00	voldoet
langsrichting	0,05	6,00	voldoet

Voor de volledige berekening met invoer- en uitvoergegevens wordt verwezen naar de bijlagen.

### 4.3. Conclusie leiding 2

Voor alle berekende scenario's blijven de berekende spanningen ruimschoots onder de toelaatbare. De gekozen sterkteklassen en materialen voldoen.

## 5. Berekeningen – leiding 3

In dit hoofdstuk wordt de input van de berekeningen getoond, waarna de resultaten beschreven worden.

### 5.1. Input leidingsterkteberekening

#### Leidinggegevens

De buizen worden uitgevoerd in PE SDR 11.

- Leiding uitwendig 160 mm;
- Wanddikte 14,6 mm
- Werkdruk: drukloos (vrijverval);

- Dekking: 1,20 m.

#### Gegevens waterkering

- Importantiefactor waterkering: 0,75 (zwaarste categorie).

#### Bodemgegevens

De bodem bestaat uit zandige klei op zand. In de berekeningen zijn op basis daarvan de volgende parameters ingevoerd:

- Uitvoeringszakkingsverschil: Voor het uitvoeringszakkingsverschil is uitgegaan van tabel C4 uit de NEN3650: goed verdichte aanvulgrond onder en naast de leiding in een droge sleuf. Uitgegaan is van een sleufbreedte van  $0,5 + 0,3$  (leiding) +  $0,5 = 1,30$  m. De sleufbreedte ligt daarmee boven 3 Do. Bij een dekking van 1,20 m is het bijbehorende uitvoeringszakkingsverschil 15 mm (stijve klei);
- Het zettingsverschil  $F_z$  voor stijve klei bedraagt volgens NEN3650 15 mm;
- Het klinkpercentage  $\mu$  voor verdichte sleufvulling van stijve klei bedraagt 0,075;
- Grondwater: gerekend is met de worst-case benadering (geen grondwater). In de praktijk zal het grondwater rond en net boven het aanlegniveau van de leiding fluctueren.

#### VERKEERSBELASTING

Boven de leiding is verkeersbelasting volgens NEN 3650, figuur C.17 toegepast. De leiding ligt geheel in het groen. Vanwege de mogelijke belasting door onderhoudsmaterieel is gerekend met verkeer volgens grafiek II (berm) zonder ontlastende invloed van een wegdek.

## 5.2. Berekening

De berekeningsresultaten zijn samengevat in onderstaande tabel. De optredende spanningen blijven ruimschoots onder de toelaatbare.

**tabel 4 berekeningsresultaten – leiding 3**

Situatie	optredend (N/mm <sup>2</sup> )	toelaatbaar (N/mm <sup>2</sup> )	toets
totaal aan optredende spanningen (1e en 2e jaar)			
omtrekrichting	2,07	6,00	voldoet
langsrichting	0,01	6,00	voldoet
totaal aan optredende spanningen (na 2 jaar)			
omtrekrichting	1,25	6,00	voldoet
langsrichting	0,03	6,00	voldoet

Voor de volledige berekening met invoer- en uitvoergegevens wordt verwezen naar de bijlagen.

## 5.3. Conclusie leiding 3

Voor alle berekende scenario's blijven de berekende spanningen ruimschoots onder de toelaatbare. De gekozen sterkteklassen en materialen voldoen.

-----

## Bijlage 1: uitvoering berekening leiding 1

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.0 ©	
<b>Algemene gegevens</b>			
Naam van het project	: Renovatie tunnel Dordtse Kil		
Projectonderdeel	: gvk leiding 700 mm		
Importatiefactor S	: 0,75		
<b>Materiaalgegevens</b>			
Materiaalsoort:	GVK		
Kwaliteit:	Geweven vezel: Polyester		
Toel. spanning axiaal, korteduur	$\sigma_{kd,ax}$	= 44,5	N/mm <sup>2</sup>
Toel. spanning axiaal, langeduur	$\sigma_{ld,ax}$	= 33,5	N/mm <sup>2</sup>
Toel. spanning tangentieel, korteduur	$\sigma_{kd,tan}$	= 178	N/mm <sup>2</sup>
Toel. spanning tangentieel, langeduur	$\sigma_{ld,tan}$	= 134	N/mm <sup>2</sup>
E-modulus korte duur tang.	$E_{tan}$	= 20.500	N/mm <sup>2</sup>
E-modulus korte duur axiaal	$E_{ax}$	= 12.000	N/mm <sup>2</sup>
E-modulus lange duur tang.	$E'_{tan}$	= 13.000	N/mm <sup>2</sup>
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	$\alpha_g$	= $2,5 \cdot 10^{-5}$	mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	$\alpha_\sigma$	= 0,9	-
Const. van Poisson tangentieel	$\nu_{tan}$	= 0,4	-
Const. van Poisson axiaal	$\nu_{ax}$	= 0,4	-
Toelaatbare deflectie	$\delta$	= 6	%
<b>Leidinggegevens</b>			
Uitwendige middellijn	$D_e$	= <b>700,00</b>	mm
Wanddikte	$d_n$	= <b>14</b>	mm
Geen bocht aanwezig			
<b>Procesgegevens</b>			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)	= Drukloos		
<b>Aanleggegevens</b>			
Ligging: Evenwijdig aan een waterstaatswerk			
Zettingslengte	L	= 40.000	mm
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 1,25	m
Belastinghoek	$\alpha$	= 180	°
Ondersteuningshoek	$\beta$	= 70	°
Horizontale steundrukhoek	$\gamma$	= 120	°
Uitvoeringszakkingverschil	$f_v$	= 15	mm
Zettingsverschil	$f_z$	= 15	mm
Klinkpercentage	$\mu$	= 0,075	%
Marstonfactor	$f_m$	= 0,3	-
<b>Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone</b>			
Waterstaatswerk: Niet Verheeld			
Hoogteverschil kruin-maaiveld	= 3,50		m
Dordtse Kil			10-12-2020 15:52:08

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	$\gamma_d$	= 20	kN/m <sup>3</sup>
Inwendige wrijvingshoek grond	$\phi$	= 25	°
Effectieve cohesie	$c'$	= 15	kN/m <sup>2</sup>
Ongedraineerde schuifsterkte	$c_u$	= 200	kN/m <sup>2</sup>
E-modulus sleufmateriaal	$E_1$	= 2	MN/m <sup>2</sup>
Minimale verticale beddingconstante	$k_{v,min}$	= 0,004	N/mm <sup>3</sup>
Gemiddelde verticale beddingconstante	$k_{v,gem}$	= 0,006	N/mm <sup>3</sup>
Rekenen met horizontale steundruk			
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	$\gamma$	= 1,1	
<b>Verkeersbelasting</b>			
Grafiek II:		Fatigue Load Model 2, Lorry 4	
Niet rekenen met ontlastende invloed wegdek			
Dordtse Kil		10-12-2020 15:52:08	

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	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 672,00	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i) / 2$	= 686,00	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 700,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 350,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 336,00	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 343,00	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$	= 1.775.583.544,63	mm <sup>4</sup>
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 5.073.095,84	mm <sup>3</sup>
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 228,67	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 32,67	mm <sup>3</sup> /mm <sup>1</sup>
<b>2. Toetsing of vereenvoudigde berekeningsmethode is toegestaan</b>			
Leiding is drukloos: Controle is niet mogelijk.			
<b>3. Berekening van de veiligheidszone</b>			
Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} = 4 \cdot 3,50 = 14,00$ m			
<b>4. Berekening van de spanningen <math>s_p</math> en <math>s_{pl}</math> t.g.v. inwendige druk</b>			
Leiding is drukloos: $\sigma_p = 0,00$ N/mm <sup>2</sup> $\sigma_{pl} = 0,00$ N/mm <sup>2</sup>			
<b>5. Berekening reroundingfactor <math>f_{rr}</math></b>			
Leiding is drukloos: $f_{rr} = 1,00$			
<b>6. Berekening van de neutrale grondbelasting <math>Q_n</math></b>			
$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$ $q_n = 1,1 \cdot 20 \cdot 1,25 = 27,50$ kN/m <sup>2</sup> $Q_n = q_n \cdot D_o$ $Q_n = 27,50 \cdot 10^{-3} \cdot 700,0 = 19,25$ N/mm <sup>1</sup>			
<b>7. Berekening van de passieve grondbelasting <math>Q_p</math></b>			
$q_p = q_n \cdot (1 + f_m \cdot \frac{H}{D_o})$ $q_p = 27,50 \cdot (1 + 0,3 \cdot \frac{1,25}{0,7}) = 42,23$ kN/m <sup>2</sup> $Q_p = q_p \cdot D_o$ $Q_p = 42,23 \cdot 10^{-3} \cdot 700,0 = 29,56$ N/mm <sup>1</sup>			
Dordtse Kil		10-12-2020 15:52:08	



Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.0 ©
<b>8. Berekening van de reële grondbelasting <math>Q_k</math></b>	
$z_{\max} = 0,25 \cdot \frac{D_o}{E_1^{1,5} \cdot \sqrt{H/D_o}}$ $z_{\max} = 0,25 \cdot \frac{0,7}{2^{1,5} \cdot \sqrt{1,25/0,7}} = 0,046 \text{ m}$ $q_k = q_n + \frac{\frac{\mu \cdot D_o}{z_{\max}} \cdot (q_p - q_n)}{1 + \frac{q_p - q_n}{z_{\max} \cdot k_{v,\min}}}$ $q_k = 27,50 + \frac{\frac{0,075 \cdot 0,7}{0,046} \cdot (42,23 - 27,50)}{1 + \frac{42,23 - 27,50}{0,046 \cdot 0,0040 \cdot 10^6}} = 42,97 \text{ kN/m}^2$ $Q_k = q_k \cdot D_o$ $Q_k = 42,97 \cdot 10^{-3} \cdot 700,0 = 30,08 \text{ N/mm}^1$ <p>Aanpassing van <math>Q_k</math> nodig <math>\rightarrow Q_k &gt; Q_p \rightarrow Q_k = Q_p = 29,56 \text{ N/mm}^1</math></p>	
<b>9. Berekening van de verkeersbelasting <math>Q_v</math> volgens Grafiek II NEN 3650-1:C.17</b>	
<p>Niet rekenen met ontlastende invloed</p> $q_v = 25,56 \text{ kN/m}^2$ $Q_v = q_v \cdot D_o$ $Q_v = 25,56 \cdot 10^{-3} \cdot 700,0 = 17,89 \text{ N/mm}^1$	
<b>10. Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding <math>\lambda</math></b>	
$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_{v,\text{gem}}}{4 \cdot E \cdot I_b}}$ $\lambda = \sqrt[4]{\frac{700,0 \cdot 0,006}{4 \cdot 12000 \cdot 1.775.583.544,63}} = 0,00047 \text{ mm}^{-1}$	
<b>11. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> jaar)</b>	
<p>Zettingslengte <math>L = 40.000 \text{ mm}</math></p> $\lambda \cdot L = 0,00047 \cdot 40.000 = 18,85$ <p><math>i = 0,889</math> (= 88,9 % inklemming)</p> <p><math>B_z = 0,000527</math> (volgens NEN 3651 - 8.5.2.4 tabel 5)</p> $Q_z = B_z \cdot f_v \cdot D_o \cdot k_{v,\text{gem}}$ $Q_z = 0,000527 \cdot 15 \cdot 700,0 \cdot 0,006 = 0,033 \text{ N/mm}^1$ $Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot \left(i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6}\right)$ $Q_d = 0,033 \cdot 0,00047 \cdot 40.000 \cdot \left(0,889 + \frac{0,889 \cdot 0,00047 \cdot 40.000}{6}\right) = 2,30 \text{ N/mm}^1$	
Dordtse Kil	10-12-2020 15:52:08

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)**

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

$$Q_z = 0,000527 \cdot (15 + 1,5 \cdot 15) \cdot 700,0 \cdot 0,006 = 0,083 \text{ N/mm}^1$$

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

$$Q_d = 0,083 \cdot 0,00047 \cdot 40.000 \cdot \left(0,889 + \frac{0,889 \cdot 0,00047 \cdot 40.000}{6}\right) = 5,75 \text{ N/mm}^1$$

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

*Berekening evenwichtsdraagvermogen*

$$B = D_o = 0,70 \text{ m}$$

$$B/L = 0,1$$

$$Z = h + D_o / 2 = 1,25 + 0,70 / 2 = 1,60 \text{ m}$$

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

$$d_c = 0,4 \cdot \tan^{-1}(Z/B) = 0,4 \cdot \tan^{-1}(1,60/0,70) = 0,46$$

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

$$P_{we} = 0,85 \cdot 200 \cdot (\pi + 2) \cdot (1 + 0,02 + 0,46)$$

$$P_{we} = 1.296,56 \text{ kN/m}^2 = 1,30 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{weD_o} = P_{we} \cdot D_o = 1,30 \cdot 700,00 = 907,59 \text{ N/mm}^1$$

*Controle bovenbelastingen met evenwichtsdraagvermogen*

Situatie 1 <sup>e</sup> en 2 <sup>e</sup> jaar	Conclusie:	Situatie na 2 jaar	Conclusie:
$Q_k = 29,56 \text{ N/mm}^1$	Geen aanpassing van $Q_d$ nodig	$Q_n = 19,25 \text{ N/mm}^1$	Geen aanpassing van $Q_d$ nodig
$Q_v = 17,89 \text{ N/mm}^1$		$Q_v = 17,89 \text{ N/mm}^1$	
$Q_d = 2,30 \text{ N/mm}^1 +$		$Q_d = 5,75 \text{ N/mm}^1 +$	
$\Sigma = 49,76 \text{ N/mm}^1$		$\Sigma = 42,90 \text{ N/mm}^1$	

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

*Moment t.g.v.  $Q_k$  en  $Q_v$*

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

$$M_q = 0,178 \cdot (29,56 + 17,89) \cdot 343,00 - 0,143 \cdot (1 - \sin(25^\circ)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120^\circ) \cdot (29,56 + 17,89) \cdot 343,00$$

$$M_q = 1.733,40 \text{ Nmm/mm}^1$$

*Moment t.g.v.  $Q_d$*

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

$$M_{qd} = 0,122 \cdot 2,30 \cdot 343,00$$

$$M_{qd} = 96,31 \text{ Nmm/mm}^1$$

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

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

$$\sigma_q = 1,00 \cdot (1.733,40 + 96,31) / 32,67 = 56,01 \text{ N/mm}^2$$

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.0 ©
<b>15. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (na 2 jaar)</b>	
<p><i>Moment t.g.v. <math>Q_n</math> en <math>Q_v</math></i></p> $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ $M_q = 0,178 \cdot (19,25 + 17,89) \cdot 343,00 - 0,143 \cdot (1 - \sin(25^\circ)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120^\circ) \cdot (19,25 + 17,89) \cdot 343,00$ $M_q = 1.356,70 \text{ Nmm/mm}^1$ <p><i>Moment t.g.v. <math>Q_d</math></i></p> $M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$ $M_{qd} = 0,122 \cdot 5,75 \cdot 343,00$ $M_{qd} = 240,78 \text{ Nmm/mm}^1$ <p><i>Spanning t.g.v. <math>M_q</math> en <math>M_{qd}</math></i></p> $\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$ $\sigma_q = 1,00 \cdot (1.356,70 + 240,78) / 32,67 = \mathbf{48,90 \text{ N/mm}^2}$	
<b>16. Berekening van de spanning <math>\sigma_{bx}</math> t.g.v. uitvoeringszakkingverschil <math>f_v</math></b>	
$\sigma_{bx} = C_z \cdot f_v \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$ $\sigma_{bx} = 0,0227 \cdot 15 \cdot \sqrt{\frac{12000 \cdot 0,006}{14}} = \mathbf{0,77 \text{ N/mm}^2}$	
<b>17. Berekening van de spanning <math>\sigma_{bx}</math> t.g.v. uitvoeringszakkingverschil <math>f_v</math> en zettingsverschil <math>f_z</math></b>	
$\sigma_{bx} = C_z \cdot (f_v + 1,5 \cdot f_z) \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$ $\sigma_{bx} = 0,0227 \cdot (15 + 1,5 \cdot 15) \cdot \sqrt{\frac{12000 \cdot 0,006}{14}} = \mathbf{1,93 \text{ N/mm}^2}$	
<b>18. Berekening van de spanning <math>\sigma_{ax}</math> t.g.v. temperatuurverschil</b>	
<p>Leiding is drukloos</p> $\sigma_{ax} = \mathbf{0 \text{ N/mm}^2}$	
<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 minimale ringstijfheid <math>S_N</math></b>	
$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$ $S_N = 20500 \cdot \frac{228,67}{686^3} = 0,0145 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{14,52 \text{ kN/m}^2}$ <p>Minimaal vereiste ringstijfheid = <b>2 kN/m<sup>2</sup></b></p>	
Dordtse Kil	10-12-2020 15:52:08

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.0 ©
<b>21. 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> $p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$ $p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 12.000,00 \cdot 228,67}{686,00^3} = 0,16 \text{ N/mm}^2$ $p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 20.500,00 \cdot 228,67}{686,00^3} = 0,14 \text{ N/mm}^2$ <p>Conclusie: Kans op implosie bij <b>13,83</b> m grondwater boven de leiding</p>	
<b>22. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie</b>	
$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_y = \frac{(0,089 \cdot (19,25 + 17,89) - 0,083 \cdot (1 - \sin(25^\circ)) \cdot (19,25 + 17,89) + 0,048 \cdot 5,75) \cdot 343,00^3}{20500 \cdot 228,67} = \mathbf{15,51 \text{ mm}} (= 2,26\%)$ <p>Toelaatbare deflectie = 6% · importantiefactor S · <math>D_g = 0,06 \cdot 0,75 \cdot 686,00 = \mathbf{30,87 \text{ mm}}</math></p>	
<b>23. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> jaar)</b>	
<p>Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding</p> $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$ $\sigma_{y2} = 0,9 \cdot 56,01 = \mathbf{50,41 \text{ N/mm}^2}$ <p>Optredende spanningen in langsrichting van de leiding</p> $\sigma_x = \alpha_\sigma \cdot \sigma_{bx}$ $\sigma_x = 0,9 \cdot 0,77 = \mathbf{0,69 \text{ N/mm}^2}$ <p>Toelaatbare spanning in omtreksrichting = <math>\sigma_{kd,tan} \cdot S = 178,00 \cdot 0,75 = \mathbf{133,50 \text{ N/mm}^2}</math>          Toelaatbare spanning in langsrichting = <math>\sigma_{kd,ax} \cdot S = 44,50 \cdot 0,75 = \mathbf{25,13 \text{ N/mm}^2}</math></p>	
<b>24. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (na 2 jaar)</b>	
<p>Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding</p> $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$ $\sigma_{y2} = 0,9 \cdot 48,90 = \mathbf{44,01 \text{ N/mm}^2}$ <p>Optredende spanningen in langsrichting van de leiding</p> $\sigma_x = \alpha_\sigma \cdot \sigma_{bx}$ $\sigma_x = 0,9 \cdot 1,93 = \mathbf{1,74 \text{ N/mm}^2}$ <p>Toelaatbare spanning in omtreksrichting = <math>\sigma_{ld,tan} \cdot S = 134,00 \cdot 0,75 = \mathbf{133,50 \text{ N/mm}^2}</math>          Toelaatbare spanning in langsrichting = <math>\sigma_{ld,ax} \cdot S = 33,50 \cdot 0,75 = \mathbf{25,13 \text{ N/mm}^2}</math></p>	
Dordtse Kil	10-12-2020 15:52:08

## Bijlage 2: uitvoer berekening leiding 2

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.0 ©	
<b>Algemene gegevens</b>			
Naam van het project	: Renovatie tunnel Dordtse Kil		
Projectonderdeel	: HDPE 315 SDR 11		
Importatiefactor S	: 0,75		
<b>Materiaalgegevens</b>			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm <sup>2</sup>
Materiaalfactor	$\gamma_M$	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm <sup>2</sup>
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	$\alpha_g$	= 16,0·10 <sup>-5</sup>	mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	$\alpha_\sigma$	= 0,65	-
Toelaatbare deflectie	$\delta$	= 8	%
<b>Leidinggegevens</b>			
Uitwendige middellijn	D <sub>e</sub>	= 315,00	mm
Wanddikte	d <sub>n</sub>	= 28,7	mm
Geen bocht aanwezig			
<b>Procesgegevens</b>			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)	= Drukloos		
<b>Aanleggegevens</b>			
Ligging: Evenwijdig aan een waterstaatswerk			
Zettingslengte	L	= 40.000	mm
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 1,25	m
Belastinghoek	$\alpha$	= 180	°
Ondersteuningshoek	$\beta$	= 70	°
Horizontale steundrukhoek	$\gamma$	= 120	°
Uitvoeringszakkingverschil	f <sub>v</sub>	= 15	mm
Zettingsverschil	f <sub>z</sub>	= 15	mm
Klinkpercentage	$\mu$	= 0,075	%
Marstonfactor	f <sub>m</sub>	= 0,3	-
<b>Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone</b>			
Waterstaatswerk: Niet Verheeld			
Hoogteverschil kruin-maaiveld		= 3,50	m
Dordtse Kil		10-12-2020 15:50:56	

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	$\gamma_d$	= 20	kN/m <sup>3</sup>
Inwendige wrijvingshoek grond	$\phi$	= 25	°
Effectieve cohesie	$c'$	= 15	kN/m <sup>2</sup>
Ongedraineerde schuifsterkte	$c_u$	= 200	kN/m <sup>2</sup>
E-modulus sleufmateriaal	$E_1$	= 2	MN/m <sup>2</sup>
Minimale verticale beddingconstante	$k_{v,min}$	= 0,004	N/mm <sup>3</sup>
Gemiddelde verticale beddingconstante	$k_{v,gem}$	= 0,006	N/mm <sup>3</sup>
Rekenen met horizontale steundruk			
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	$\gamma$	= 1,1	
<b>Verkeersbelasting</b>			
Grafiek II:		Fatigue Load Model 2, Lorry 4	
Niet rekenen met ontlastende invloed wegdek			
Dordtse Kil		10-12-2020 15:50:56	

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	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 257,60	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i) / 2$	= 286,30	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 315,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 157,50	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 128,80	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 143,15	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$	= 267.145.739,35	mm <sup>4</sup>
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 1.696.163,42	mm <sup>3</sup>
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 1.969,99	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 137,28	mm <sup>3</sup> /mm <sup>1</sup>
<b>2. Toetsing of vereenvoudigde berekeningsmethode is toegestaan</b>			
Leiding is drukloos: Controle is niet mogelijk.			
<b>3. Berekening van de veiligheidszone</b>			
Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} = 4 \cdot 3,50 = 14,00$ m			
<b>4. Berekening van de spanningen <math>\sigma_p</math> en <math>\sigma_{pl}</math> t.g.v. inwendige druk</b>			
Leiding is drukloos: $\sigma_p = 0,00$ N/mm <sup>2</sup>			
<b>5. Berekening reroundingfactor <math>f_{rr}</math></b>			
Leiding is drukloos: $f_{rr} = 1,00$			
<b>6. Berekening van de neutrale grondbelasting <math>Q_n</math></b>			
$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$ $q_n = 1,1 \cdot 20 \cdot 1,25 = 27,50$ kN/m <sup>2</sup> $Q_n = q_n \cdot D_o$ $Q_n = 27,50 \cdot 10^{-3} \cdot 315,0 = 8,66$ N/mm <sup>1</sup>			
<b>7. Berekening van de passieve grondbelasting <math>Q_p</math></b>			
$q_p = q_n \cdot \left( 1 + f_m \cdot \frac{H}{D_o} \right)$ $q_p = 27,50 \cdot \left( 1 + 0,3 \cdot \frac{1,25}{0,315} \right) = 60,24$ kN/m <sup>2</sup> $Q_p = q_p \cdot D_o$ $Q_p = 60,24 \cdot 10^{-3} \cdot 315,0 = 18,97$ N/mm <sup>1</sup>			
Dordtse Kil		10-12-2020 15:50:56	



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

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

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

$$z_{max} = 0,25 \cdot \frac{0,315}{2^{1,5} \cdot \sqrt{1,25/0,315}} = 0,014 \text{ m}$$

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

$$q_k = 27,50 + \frac{\frac{0,075 \cdot 0,315}{0,014} \cdot (60,24 - 27,50)}{1 + \frac{60,24 - 27,50}{0,014 \cdot 0,0040 \cdot 10^6}} = 62,40 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = q_k \cdot D_o$$

$$Q_k = 62,40 \cdot 10^{-3} \cdot 315,0 = 19,66 \text{ N/mm}^1$$

Aanpassing van  $Q_k$  nodig  $\rightarrow Q_k > Q_p \rightarrow Q_k = Q_p = 18,97 \text{ N/mm}^1$

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

Niet rekenen met ontlastende invloed

$$q_v = 26,73 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_v = q_v \cdot D_o$$

$$Q_v = 26,73 \cdot 10^{-3} \cdot 315,0 = 8,42 \text{ N/mm}^1$$

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

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{315,0 \cdot 0,006}{4 \cdot 975 \cdot 267.145.739,35}} = 0,0012 \text{ mm}^{-1}$$

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

Zettingslengte  $L = 40.000 \text{ mm}$

$$\lambda \cdot L = 0,0012 \cdot 40.000 = 46,42$$

$i = 0,956$  (= 95,6 % inklemming)

$B_z = 0,0000176$  (volgens NEN 3651 - 8.5.2.4 tabel 5)

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

$$Q_z = 0,0000176 \cdot 15 \cdot 315,0 \cdot 0,006 = 0,00050 \text{ N/mm}^1$$

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

$$Q_d = 0,00050 \cdot 0,0012 \cdot 40.000 \cdot \left(0,956 + \frac{0,956 \cdot 0,0012 \cdot 40.000}{6}\right) = 0,19 \text{ N/mm}^1$$

Dordtse Kil	10-12-2020 15:50:56
-------------	---------------------

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)**

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

$$Q_z = 0,0000176 \cdot (15 + 1,5 \cdot 15) \cdot 315,0 \cdot 0,006 = 0,0012 \text{ N/mm}^1$$

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

$$Q_d = 0,0012 \cdot 0,0012 \cdot 40.000 \cdot \left(0,956 + \frac{0,956 \cdot 0,0012 \cdot 40.000}{6}\right) = 0,48 \text{ N/mm}^1$$

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

*Berekening evenwichtsdraagvermogen*

$$B = D_o = 0,32 \text{ m}$$

$$B/L = 0,1$$

$$Z = h + D_o / 2 = 1,25 + 0,32 / 2 = 1,41 \text{ m}$$

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

$$d_c = 0,4 \cdot \tan^{-1}(Z/B) = 0,4 \cdot \tan^{-1}(1,41/0,32) = 0,54$$

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

$$P_{we} = 0,85 \cdot 200 \cdot (\pi + 2) \cdot (1 + 0,02 + 0,54)$$

$$P_{we} = 1.363,77 \text{ kN/m}^2 = 1,36 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{weD_o} = P_{we} \cdot D_o = 1,36 \cdot 315,00 = 429,59 \text{ N/mm}^1$$

*Controle bovenbelastingen met evenwichtsdraagvermogen*

Situatie 1 <sup>e</sup> en 2 <sup>e</sup> jaar	Conclusie:	Situatie na 2 jaar	Conclusie:
$Q_k = 18,97 \text{ N/mm}^1$	Geen aanpassing van $Q_d$ nodig	$Q_n = 8,66 \text{ N/mm}^1$	Geen aanpassing van $Q_d$ nodig
$Q_v = 8,42 \text{ N/mm}^1$		$Q_v = 8,42 \text{ N/mm}^1$	
$Q_d = 0,19 \text{ N/mm}^1 +$		$Q_d = 0,48 \text{ N/mm}^1 +$	
$\Sigma = 27,59 \text{ N/mm}^1$		$\Sigma = 17,56 \text{ N/mm}^1$	

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

*Moment t.g.v.  $Q_k$  en  $Q_v$*

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

$$M_q = 0,178 \cdot (18,97 + 8,42) \cdot 143,15 - 0,143 \cdot (1 - \sin(25^\circ)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120^\circ) \cdot (18,97 + 8,42) \cdot 143,15$$

$$M_q = 417,62 \text{ Nmm/mm}^1$$

*Moment t.g.v.  $Q_d$*

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

$$M_{qd} = 0,122 \cdot 0,19 \cdot 143,15$$

$$M_{qd} = 3,37 \text{ Nmm/mm}^1$$

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

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

$$\sigma_q = 1,00 \cdot (417,62 + 3,37) / 137,28 = 3,07 \text{ N/mm}^2$$

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.0 ©
<b>15. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (na 2 jaar)</b>	
<p><i>Moment t.g.v. <math>Q_n</math> en <math>Q_v</math></i></p> $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ $M_q = 0,178 \cdot (8,66 + 8,42) \cdot 143,15 - 0,143 \cdot (1 - \sin(25^\circ)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120^\circ) \cdot (8,66 + 8,42) \cdot 143,15$ $M_q = 260,41 \text{ Nmm/mm}^1$ <p><i>Moment t.g.v. <math>Q_d</math></i></p> $M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$ $M_{qd} = 0,122 \cdot 0,48 \cdot 143,15$ $M_{qd} = 8,44 \text{ Nmm/mm}^1$ <p><i>Spanning t.g.v. <math>M_q</math> en <math>M_{qd}</math></i></p> $\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$ $\sigma_q = 1,00 \cdot (260,41 + 8,44) / 137,28 = \mathbf{1,96 \text{ N/mm}^2}$	
<b>16. Berekening van de spanning <math>\sigma_{bx}</math> t.g.v. uitvoeringszakkingverschil <math>f_v</math></b>	
$\sigma_{bx} = C_z \cdot f_v \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$ $\sigma_{bx} = 0,00484 \cdot 15 \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0,006}{28,7}} = \mathbf{0,03 \text{ N/mm}^2}$	
<b>17. Berekening van de spanning <math>\sigma_{bx}</math> t.g.v. uitvoeringszakkingverschil <math>f_v</math> en zettingsverschil <math>f_z</math></b>	
$\sigma_{bx} = C_z \cdot (f_v + 1,5 \cdot f_z) \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$ $\sigma_{bx} = 0,00484 \cdot (15 + 1,5 \cdot 15) \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0,006}{28,7}} = \mathbf{0,08 \text{ N/mm}^2}$	
<b>18. Berekening van de spanning <math>\sigma_{ax}</math> t.g.v. temperatuurverschil</b>	
<p>Leiding is drukloos</p> $\sigma_{ax} = \mathbf{0 \text{ N/mm}^2}$	
<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 minimale ringstijfheid <math>S_N</math></b>	
$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$ $S_N = 975 \cdot \frac{1.969,99}{286,3^3} = 0,0818 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{81,85 \text{ kN/m}^2}$ <p>Minimaal vereiste ringstijfheid = <b>2 kN/m<sup>2</sup></b></p>	
Dordtse Kil	10-12-2020 15:50:57

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

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

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 1.969,99}{286,30^3} = 1,56 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 1.969,99}{286,30^3} = 0,28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **27,98** m grondwater boven de leiding

**22. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie**

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

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

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (8,66 + 8,42) - 0,083 \cdot (1 - \sin(25^\circ)) \cdot (8,66 + 8,42) + 0,048 \cdot 0,48) \cdot 143,15^3}{350 \cdot 1.969,99} = \mathbf{3,08 \text{ mm}} (= 1,08\%)$$

Toelaatbare deflectie = 8% · importantiefactor S ·  $D_g = 0,08 \cdot 0,75 \cdot 286,30 = \mathbf{17,18 \text{ mm}}$

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

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

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

$$\sigma_{y2} = 0,65 \cdot 3,07 = \mathbf{1,99 \text{ N/mm}^2}$$

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

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

$$\sigma_x = 0,65 \cdot 0,03 = \mathbf{0,02 \text{ N/mm}^2}$$

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

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

$$\sigma_{y2} = 0,65 \cdot 1,96 = \mathbf{1,27 \text{ N/mm}^2}$$

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

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

$$\sigma_x = 0,65 \cdot 0,08 = \mathbf{0,05 \text{ N/mm}^2}$$

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 ©	
<b>Algemene gegevens</b>			
Naam van het project	: Renovatie tunnel Dordtse Kil		
Projectonderdeel	: HDPE 315 SDR 11 met verkeer		
Importatiefactor S	: 0,75		
<b>Materiaalgegevens</b>			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS = 10		N/mm <sup>2</sup>
Materiaalfactor	$\gamma_M = 1,25$		-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t = 8,00$		N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus korte duur	E = 975		N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus lange duur	E' = 350		N/mm <sup>2</sup>
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	$\alpha_g = 16,0 \cdot 10^{-5}$		mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	$\alpha_\sigma = 0,65$		-
Toelaatbare deflectie	$\delta = 8$		%
<b>Leidinggegevens</b>			
Uitwendige middellijn	D <sub>e</sub> = 315,00		mm
Wanddikte	d <sub>n</sub> = 28,7		mm
Geen bocht aanwezig			
<b>Procesgegevens</b>			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Drukloos	
<b>Aanleggegevens</b>			
Ligging: Evenwijdig aan een waterstaatswerk			
Zettingslengte	L = 40.000		mm
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H = 1,25		m
Belastinghoek	$\alpha = 180$		°
Ondersteuningshoek	$\beta = 70$		°
Horizontale steundrukhoek	$\gamma = 120$		°
Uitvoeringszakkingverschil	f <sub>v</sub> = 15		mm
Zettingsverschil	f <sub>z</sub> = 15		mm
Klinkpercentage	$\mu = 0,075$		%
Marstonfactor	f <sub>m</sub> = 0,3		-
<b>Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone</b>			
Waterstaatswerk: Niet Verheeld			
Hoogteverschil kruin-maaiveld		= 3,50	m
Dordtse Kil		10-12-2020 15:51:23	

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	$\gamma_d$	= 20	kN/m <sup>3</sup>
Inwendige wrijvingshoek grond	$\phi$	= 25	°
Effectieve cohesie	$c'$	= 15	kN/m <sup>2</sup>
Ongedraineerde schuifsterkte	$c_u$	= 200	kN/m <sup>2</sup>
E-modulus sleufmateriaal	$E_1$	= 2	MN/m <sup>2</sup>
Minimale verticale beddingconstante	$k_{v,min}$	= 0,004	N/mm <sup>3</sup>
Gemiddelde verticale beddingconstante	$k_{v,gem}$	= 0,006	N/mm <sup>3</sup>
Rekenen met horizontale steundruk			
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	$\gamma$	= 1,1	
<b>Verkeersbelasting</b>			
Grafiek I:		Fatigue Load Model 3	
Rekenen met ontlastende invloed wegdek:		Tweelagen structuur	
Dikte deklaag	$H_1$	= 200	mm
Elast. mod. deklaag	$E_1$	= 500	MPa
Elast. mod. ondergrond	$E_3$	= 100	MPa

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	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 257,60	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i) / 2$	= 286,30	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 315,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 157,50	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 128,80	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 143,15	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$	= 267.145.739,35	mm <sup>4</sup>
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 1.696.163,42	mm <sup>3</sup>
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 1.969,99	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 137,28	mm <sup>3</sup> /mm <sup>1</sup>
<b>2. Toetsing of vereenvoudigde berekeningsmethode is toegestaan</b>			
Leiding is drukloos: Controle is niet mogelijk.			
<b>3. Berekening van de veiligheidszone</b>			
Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} = 4 \cdot 3,50 = 14,00$ m			
<b>4. Berekening van de spanningen <math>\sigma_p</math> en <math>\sigma_{pl}</math> t.g.v. inwendige druk</b>			
Leiding is drukloos: $\sigma_p = 0,00$ N/mm <sup>2</sup>			
<b>5. Berekening reroundingfactor <math>f_{rr}</math></b>			
Leiding is drukloos: $f_{rr} = 1,00$			
<b>6. Berekening van de neutrale grondbelasting <math>Q_n</math></b>			
$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$ $q_n = 1,1 \cdot 20 \cdot 1,25 = 27,50$ kN/m <sup>2</sup> $Q_n = q_n \cdot D_o$ $Q_n = 27,50 \cdot 10^{-3} \cdot 315,0 = 8,66$ N/mm <sup>1</sup>			
<b>7. Berekening van de passieve grondbelasting <math>Q_p</math></b>			
$q_p = q_n \cdot \left( 1 + f_m \cdot \frac{H}{D_o} \right)$ $q_p = 27,50 \cdot \left( 1 + 0,3 \cdot \frac{1,25}{0,315} \right) = 60,24$ kN/m <sup>2</sup> $Q_p = q_p \cdot D_o$ $Q_p = 60,24 \cdot 10^{-3} \cdot 315,0 = 18,97$ N/mm <sup>1</sup>			
Dordtse Kil		10-12-2020 15:51:24	

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

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

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

$$z_{max} = 0,25 \cdot \frac{0,315}{2^{1,5} \cdot \sqrt{1,25/0,315}} = 0,014 \text{ m}$$

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

$$q_k = 27,50 + \frac{\frac{0,075 \cdot 0,315}{0,014} \cdot (60,24 - 27,50)}{1 + \frac{60,24 - 27,50}{0,014 \cdot 0,0040 \cdot 10^6}} = 62,40 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = q_k \cdot D_o$$

$$Q_k = 62,40 \cdot 10^{-3} \cdot 315,0 = 19,66 \text{ N/mm}^1$$

Aanpassing van  $Q_k$  nodig  $\rightarrow Q_k > Q_p \rightarrow Q_k = Q_p = 18,97 \text{ N/mm}^1$

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

Ontlastende invloed t.g.v. wegdek: Tweelagen structuur

$$H_{1eq} = 0,9 \cdot H_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_3}} = 0,9 \cdot 200 \cdot \sqrt[3]{\frac{500}{100}} = 307,80 \text{ mm}$$

Fictieve dekkingshoogte:  $H_{eq} = H_{1eq} + H - H_1$

$$H_{eq} = 307,80 + 1250,00 - 200 = 1.357,80 \text{ mm} = 1,36 \text{ m}$$

Gelet op de fictieve dekkingshoogte volgt:  $q_v = 37,12 \text{ kN/m}^2$

$$Q_v = q_v \cdot D_o$$

$$Q_v = 37,12 \cdot 10^{-3} \cdot 315,0 = 11,69 \text{ N/mm}^1$$

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

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{315,0 \cdot 0,006}{4 \cdot 975 \cdot 267.145.739,35}} = 0,0012 \text{ mm}^{-1}$$

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

Zettingslengte  $L = 40.000 \text{ mm}$

$$\lambda \cdot L = 0,0012 \cdot 40.000 = 46,42$$

$i = 0,956$  (= 95,6 % inklemming)

$B_z = 0,0000176$  (volgens NEN 3651 - 8.5.2.4 tabel 5)

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

$$Q_z = 0,0000176 \cdot 15 \cdot 315,0 \cdot 0,006 = 0,00050 \text{ N/mm}^1$$

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

$$Q_d = 0,00050 \cdot 0,0012 \cdot 40.000 \cdot \left(0,956 + \frac{0,956 \cdot 0,0012 \cdot 40.000}{6}\right) = 0,19 \text{ N/mm}^1$$

Dordtse Kil	10-12-2020 15:51:24
-------------	---------------------



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)**

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

$$Q_z = 0,0000176 \cdot (15 + 1,5 \cdot 15) \cdot 315,0 \cdot 0,006 = 0,0012 \text{ N/mm}^1$$

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

$$Q_d = 0,0012 \cdot 0,0012 \cdot 40.000 \cdot \left(0,956 + \frac{0,956 \cdot 0,0012 \cdot 40.000}{6}\right) = 0,48 \text{ N/mm}^1$$

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

*Berekening evenwichtsdraagvermogen*

$$B = D_o = 0,32 \text{ m}$$

$$B/L = 0,1$$

$$Z = h + D_o / 2 = 1,25 + 0,32 / 2 = 1,41 \text{ m}$$

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

$$d_c = 0,4 \cdot \tan^{-1}(Z/B) = 0,4 \cdot \tan^{-1}(1,41/0,32) = 0,54$$

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

$$P_{we} = 0,85 \cdot 200 \cdot (\pi + 2) \cdot (1 + 0,02 + 0,54)$$

$$P_{we} = 1.363,77 \text{ kN/m}^2 = 1,36 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{weD_o} = P_{we} \cdot D_o = 1,36 \cdot 315,00 = 429,59 \text{ N/mm}^1$$

*Controle bovenbelastingen met evenwichtsdraagvermogen*

Situatie 1 <sup>e</sup> en 2 <sup>e</sup> jaar	Conclusie:	Situatie na 2 jaar	Conclusie:
$Q_k = 18,97 \text{ N/mm}^1$	Geen aanpassing van $Q_d$ nodig	$Q_n = 8,66 \text{ N/mm}^1$	Geen aanpassing van $Q_d$ nodig
$Q_v = 11,69 \text{ N/mm}^1$		$Q_v = 11,69 \text{ N/mm}^1$	
$Q_d = 0,19 \text{ N/mm}^1 +$		$Q_d = 0,48 \text{ N/mm}^1 +$	
$\Sigma = 30,86 \text{ N/mm}^1$		$\Sigma = 20,84 \text{ N/mm}^1$	

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

*Moment t.g.v.  $Q_k$  en  $Q_v$*

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

$$M_q = 0,178 \cdot (18,97 + 11,69) \cdot 143,15 - 0,143 \cdot (1 - \sin(25^\circ)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120^\circ) \cdot (18,97 + 11,69) \cdot 143,15$$

$$M_q = 467,53 \text{ Nmm/mm}^1$$

*Moment t.g.v.  $Q_d$*

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

$$M_{qd} = 0,122 \cdot 0,19 \cdot 143,15$$

$$M_{qd} = 3,37 \text{ Nmm/mm}^1$$

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

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

$$\sigma_q = 1,00 \cdot (467,53 + 3,37) / 137,28 = 3,43 \text{ N/mm}^2$$

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.0 ©
<b>15. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (na 2 jaar)</b>	
<p><i>Moment t.g.v. <math>Q_n</math> en <math>Q_v</math></i></p> $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ $M_q = 0,178 \cdot (8,66 + 11,69) \cdot 143,15 - 0,143 \cdot (1 - \sin(25^\circ)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120^\circ) \cdot (8,66 + 11,69) \cdot 143,15$ $M_q = 310,31 \text{ Nmm/mm}^1$ <p><i>Moment t.g.v. <math>Q_d</math></i></p> $M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$ $M_{qd} = 0,122 \cdot 0,48 \cdot 143,15$ $M_{qd} = 8,44 \text{ Nmm/mm}^1$ <p><i>Spanning t.g.v. <math>M_q</math> en <math>M_{qd}</math></i></p> $\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$ $\sigma_q = 1,00 \cdot (310,31 + 8,44) / 137,28 = \mathbf{2,32 \text{ N/mm}^2}$	
<b>16. Berekening van de spanning <math>\sigma_{bx}</math> t.g.v. uitvoeringszakkingverschil <math>f_v</math></b>	
$\sigma_{bx} = C_z \cdot f_v \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$ $\sigma_{bx} = 0,00484 \cdot 15 \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0,006}{28,7}} = \mathbf{0,03 \text{ N/mm}^2}$	
<b>17. Berekening van de spanning <math>\sigma_{bx}</math> t.g.v. uitvoeringszakkingverschil <math>f_v</math> en zettingsverschil <math>f_z</math></b>	
$\sigma_{bx} = C_z \cdot (f_v + 1,5 \cdot f_z) \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$ $\sigma_{bx} = 0,00484 \cdot (15 + 1,5 \cdot 15) \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0,006}{28,7}} = \mathbf{0,08 \text{ N/mm}^2}$	
<b>18. Berekening van de spanning <math>\sigma_{ax}</math> t.g.v. temperatuurverschil</b>	
<p>Leiding is drukloos</p> $\sigma_{ax} = \mathbf{0 \text{ N/mm}^2}$	
<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 minimale ringstijfheid <math>S_N</math></b>	
$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$ $S_N = 975 \cdot \frac{1.969,99}{286,3^3} = 0,0818 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{81,85 \text{ kN/m}^2}$ <p>Minimaal vereiste ringstijfheid = <b>2 kN/m<sup>2</sup></b></p>	
Dordtse Kil	10-12-2020 15:51:24

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.0 ©
<b>21. 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> $p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$ $p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 1.969,99}{286,30^3} = 1,56 \text{ N/mm}^2$ $p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 1.969,99}{286,30^3} = 0,28 \text{ N/mm}^2$ <p>Conclusie: Kans op implosie bij <b>27,98</b> m grondwater boven de leiding</p>	
<b>22. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie</b>	
$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (8,66 + 11,69) - 0,083 \cdot (1 - \sin(25^\circ)) \cdot (8,66 + 11,69) + 0,048 \cdot 0,48) \cdot 143,15^3}{350 \cdot 1.969,99} = 3,66 \text{ mm} (= 1,28\%)$ <p>Toelaatbare deflectie = 8% · importantiefactor S · <math>D_g = 0,08 \cdot 0,75 \cdot 286,30 = 17,18 \text{ mm}</math></p>	
<b>23. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> jaar)</b>	
<p>Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding</p> $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$ $\sigma_{y2} = 0,65 \cdot 3,43 = 2,23 \text{ N/mm}^2$ <p>Optredende spanningen in langsrichting van de leiding</p> $\sigma_x = \alpha_\sigma \cdot \sigma_{bx}$ $\sigma_x = 0,65 \cdot 0,03 = 0,02 \text{ N/mm}^2$ <p>Toelaatbare spanning = <math>\bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = 6,00 \text{ N/mm}^2</math></p>	
<b>24. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (na 2 jaar)</b>	
<p>Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding</p> $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$ $\sigma_{y2} = 0,65 \cdot 2,32 = 1,51 \text{ N/mm}^2$ <p>Optredende spanningen in langsrichting van de leiding</p> $\sigma_x = \alpha_\sigma \cdot \sigma_{bx}$ $\sigma_x = 0,65 \cdot 0,08 = 0,05 \text{ N/mm}^2$ <p>Toelaatbare spanning = <math>\bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = 6,00 \text{ N/mm}^2</math></p>	
Dordtse Kil	10-12-2020 15:51:24

## Bijlage 3: uitvoer berekening leiding 3

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.0 ©	
<b>Algemene gegevens</b>			
Naam van het project	: Renovatie tunnel Dordtse Kil		
Projectonderdeel	: HDPE 160 SDR 11		
Importatiefactor S	: 0,75		
<b>Materiaalgegevens</b>			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm <sup>2</sup>
Materiaalfactor	$\gamma_M$	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm <sup>2</sup>
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	$\alpha_g$	= 16,0·10 <sup>-5</sup>	mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	$\alpha_\sigma$	= 0,65	-
Toelaatbare deflectie	$\delta$	= 8	%
<b>Leidinggegevens</b>			
Uitwendige middellijn	D <sub>e</sub>	= 160,00	mm
Wanddikte	d <sub>n</sub>	= 14,6	mm
Geen bocht aanwezig			
<b>Procesgegevens</b>			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Drukloos	
<b>Aanleggegevens</b>			
Ligging: Evenwijdig aan een waterstaatswerk			
Zettingslengte	L	= 40.000	mm
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 1,25	m
Belastinghoek	$\alpha$	= 180	°
Ondersteuningshoek	$\beta$	= 70	°
Horizontale steundrukhoek	$\gamma$	= 120	°
Uitvoeringszakkingverschil	f <sub>v</sub>	= 15	mm
Zettingsverschil	f <sub>z</sub>	= 15	mm
Klinkpercentage	$\mu$	= 0,075	%
Marstonfactor	f <sub>m</sub>	= 0,3	-
<b>Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone</b>			
Waterstaatswerk: Niet Verheeld			
Hoogteverschil kruin-maaiveld		= 3,50	m
Dordtse Kil		10-12-2020 15:51:46	

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	$\gamma_d$	= 20	kN/m <sup>3</sup>
Inwendige wrijvingshoek grond	$\phi$	= 25	°
Effectieve cohesie	$c'$	= 15	kN/m <sup>2</sup>
Ongedraineerde schuifsterkte	$c_u$	= 200	kN/m <sup>2</sup>
E-modulus sleufmateriaal	$E_1$	= 2	MN/m <sup>2</sup>
Minimale verticale beddingconstante	$k_{v,min}$	= 0,004	N/mm <sup>3</sup>
Gemiddelde verticale beddingconstante	$k_{v,gem}$	= 0,006	N/mm <sup>3</sup>
Rekenen met horizontale steundruk			
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	$\gamma$	= 1,1	
<b>Verkeersbelasting</b>			
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 ©	
<b>1. Eigenschappen van de leiding</b>			
Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 130,80	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 145,40	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 160,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 80,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 65,40	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 72,70	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 17.801.758,07	mm <sup>4</sup>
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 222.521,98	mm <sup>3</sup>
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 259,34	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 35,53	mm <sup>3</sup> /mm <sup>1</sup>
<b>2. Toetsing of vereenvoudigde berekeningsmethode is toegestaan</b>			
Leiding is drukloos: Controle is niet mogelijk.			
<b>3. Berekening van de veiligheidszone</b>			
Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} = 4 \cdot 3,50 = 14,00$ m			
<b>4. Berekening van de spanningen <math>\sigma_p</math> en <math>\sigma_{pl}</math> t.g.v. inwendige druk</b>			
Leiding is drukloos: $\sigma_p = 0,00$ N/mm <sup>2</sup>			
<b>5. Berekening reroundingfactor <math>f_{rr}</math></b>			
Leiding is drukloos: $f_{rr} = 1,00$			
<b>6. Berekening van de neutrale grondbelasting <math>Q_n</math></b>			
$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$ $q_n = 1,1 \cdot 20 \cdot 1,25 = 27,50$ kN/m <sup>2</sup> $Q_n = q_n \cdot D_o$ $Q_n = 27,50 \cdot 10^{-3} \cdot 160,0 = 4,40$ N/mm <sup>1</sup>			
<b>7. Berekening van de passieve grondbelasting <math>Q_p</math></b>			
$q_p = q_n \cdot \left(1 + f_m \cdot \frac{H}{D_o}\right)$ $q_p = 27,50 \cdot \left(1 + 0,3 \cdot \frac{1,25}{0,16}\right) = 91,95$ kN/m <sup>2</sup> $Q_p = q_p \cdot D_o$ $Q_p = 91,95 \cdot 10^{-3} \cdot 160,0 = 14,71$ N/mm <sup>1</sup>			
Dordtse Kil		10-12-2020 15:51:46	

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

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

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

$$z_{\max} = 0,25 \cdot \frac{0,16}{2^{1,5} \cdot \sqrt{1,25/0,16}} = 0,0051 \text{ m}$$

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

$$q_k = 27,50 + \frac{\frac{0,075 \cdot 0,16}{0,0051} \cdot (91,95 - 27,50)}{1 + \frac{91,95 - 27,50}{0,0051 \cdot 0,0040 \cdot 10^6}} = 64,03 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = q_k \cdot D_o$$

$$Q_k = 64,03 \cdot 10^{-3} \cdot 160,0 = 10,24 \text{ N/mm}^1$$

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

Niet rekenen met ontlastende invloed

$$q_v = 26,96 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_v = q_v \cdot D_o$$

$$Q_v = 26,96 \cdot 10^{-3} \cdot 160,0 = 4,31 \text{ N/mm}^1$$

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

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{160,0 \cdot 0,006}{4 \cdot 975 \cdot 17.801.758,07}} = 0,0019 \text{ mm}^{-1}$$

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

Zettingslengte  $L = 40.000 \text{ mm}$

$$\lambda \cdot L = 0,0019 \cdot 40.000 = 77,13$$

$i = 0,974$  (= 97,4 % inklemming)

$B_z = 0,00000245$  (volgens NEN 3651 - 8.5.2.4 tabel 5)

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

$$Q_z = 0,00000245 \cdot 15 \cdot 160,0 \cdot 0,006 = 0,000035 \text{ N/mm}^1$$

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

$$Q_d = 0,000035 \cdot 0,0019 \cdot 40.000 \cdot \left(0,974 + \frac{0,974 \cdot 0,0019 \cdot 40.000}{6}\right) = 0,04 \text{ N/mm}^1$$

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

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

$$Q_z = 0,00000245 \cdot (15 + 1,5 \cdot 15) \cdot 160,0 \cdot 0,006 = 0,000088 \text{ N/mm}^1$$

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

$$Q_d = 0,000088 \cdot 0,0019 \cdot 40.000 \cdot \left(0,974 + \frac{0,974 \cdot 0,0019 \cdot 40.000}{6}\right) = 0,09 \text{ N/mm}^1$$



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

*Berekening evenwichtsdraagvermogen*

$$B = D_o = 0,16 \text{ m}$$

$$B/L = 0,1$$

$$Z = h + D_o / 2 = 1,25 + 0,16 / 2 = 1,33 \text{ m}$$

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

$$d_c = 0,4 \cdot \tan^{-1}(Z/B) = 0,4 \cdot \tan^{-1}(1,33/0,16) = 0,58$$

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

$$P_{we} = 0,85 \cdot 200 \cdot (\pi + 2) \cdot (1 + 0,02 + 0,58)$$

$$P_{we} = 1.398,89 \text{ kN/m}^2 = 1,40 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{weD_o} = P_{we} \cdot D_o = 1,40 \cdot 160,00 = 223,82 \text{ N/mm}^1$$

*Controle bovenbelastingen met evenwichtsdraagvermogen*

Situatie 1 <sup>e</sup> en 2 <sup>e</sup> jaar	Conclusie:	Situatie na 2 jaar	Conclusie:
$Q_k = 10,24 \text{ N/mm}^1$	Geen aanpassing van $Q_d$ nodig	$Q_n = 4,40 \text{ N/mm}^1$	Geen aanpassing van $Q_d$ nodig
$Q_v = 4,31 \text{ N/mm}^1$		$Q_v = 4,31 \text{ N/mm}^1$	
$Q_d = 0,04 \text{ N/mm}^1 +$		$Q_d = 0,09 \text{ N/mm}^1 +$	
$\Sigma = 14,60 \text{ N/mm}^1$		$\Sigma = 8,81 \text{ N/mm}^1$	

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

*Moment t.g.v.  $Q_k$  en  $Q_v$*

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

$$M_q = 0,178 \cdot (10,24 + 4,31) \cdot 72,70 - 0,143 \cdot (1 - \sin(25^\circ)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120^\circ) \cdot (10,24 + 4,31) \cdot 72,70$$

$$M_q = 112,72 \text{ Nmm/mm}^1$$

*Moment t.g.v.  $Q_d$*

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

$$M_{qd} = 0,122 \cdot 0,04 \cdot 72,70$$

$$M_{qd} = 0,33 \text{ Nmm/mm}^1$$

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

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

$$\sigma_q = 1,00 \cdot (112,72 + 0,33) / 35,53 = \mathbf{3,18 \text{ N/mm}^2}$$

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.0 ©
<b>15. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (na 2 jaar)</b>	
<p><i>Moment t.g.v. <math>Q_n</math> en <math>Q_v</math></i></p> $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ $M_q = 0,178 \cdot (4,40 + 4,31) \cdot 72,70 - 0,143 \cdot (1 - \sin(25^\circ)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120^\circ) \cdot (4,40 + 4,31) \cdot 72,70$ $M_q = 67,47 \text{ Nmm/mm}^1$ <p><i>Moment t.g.v. <math>Q_d</math></i></p> $M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$ $M_{qd} = 0,122 \cdot 0,09 \cdot 72,70$ $M_{qd} = 0,82 \text{ Nmm/mm}^1$ <p><i>Spanning t.g.v. <math>M_q</math> en <math>M_{qd}</math></i></p> $\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$ $\sigma_q = 1,00 \cdot (67,47 + 0,82) / 35,53 = 1,92 \text{ N/mm}^2$	
<b>16. Berekening van de spanning <math>\sigma_{bx}</math> t.g.v. uitvoeringszakkingverschil <math>f_v</math></b>	
$\sigma_{bx} = C_z \cdot f_v \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$ $\sigma_{bx} = 0,00189 \cdot 15 \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0,006}{14,6}} = 0,02 \text{ N/mm}^2$	
<b>17. Berekening van de spanning <math>\sigma_{bx}</math> t.g.v. uitvoeringszakkingverschil <math>f_v</math> en zettingsverschil <math>f_z</math></b>	
$\sigma_{bx} = C_z \cdot (f_v + 1,5 \cdot f_z) \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$ $\sigma_{bx} = 0,00189 \cdot (15 + 1,5 \cdot 15) \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0,006}{14,6}} = 0,04 \text{ N/mm}^2$	
<b>18. Berekening van de spanning <math>\sigma_{ax}</math> t.g.v. temperatuurverschil</b>	
<p>Leiding is drukloos</p> $\sigma_{ax} = 0 \text{ N/mm}^2$	
<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 minimale ringstijfheid <math>S_N</math></b>	
$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$ $S_N = 975 \cdot \frac{259,34}{145,4^3} = 0,0823 \text{ N/mm}^2 = 82,26 \text{ kN/m}^2$ <p>Minimaal vereiste ringstijfheid = 2 kN/m<sup>2</sup></p>	
Dordtse Kil	10-12-2020 15:51:46

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.0 ©
<b>21. 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> $p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$ $p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 259,34}{145,40^3} = 1,57 \text{ N/mm}^2$ $p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 259,34}{145,40^3} = 0,28 \text{ N/mm}^2$ <p>Conclusie: Kans op implosie bij <b>28,12</b> m grondwater boven de leiding</p>	
<b>22. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie</b>	
$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (4,40 + 4,31) - 0,083 \cdot (1 - \sin(25^\circ)) \cdot (4,40 + 4,31) + 0,048 \cdot 0,09) \cdot 72,70^3}{350 \cdot 259,34} = 1,53 \text{ mm} (= 1,05\%)$ <p>Toelaatbare deflectie = 8% · importantiefactor S · <math>D_g = 0,08 \cdot 0,75 \cdot 145,40 = 8,72 \text{ mm}</math></p>	
<b>23. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> jaar)</b>	
<p>Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding</p> $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$ $\sigma_{y2} = 0,65 \cdot 3,18 = 2,07 \text{ N/mm}^2$ <p>Optredende spanningen in langsrichting van de leiding</p> $\sigma_x = \alpha_\sigma \cdot \sigma_{bx}$ $\sigma_x = 0,65 \cdot 0,02 = 0,01 \text{ N/mm}^2$ <p>Toelaatbare spanning = <math>\bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = 6,00 \text{ N/mm}^2</math></p>	
<b>24. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (na 2 jaar)</b>	
<p>Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding</p> $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$ $\sigma_{y2} = 0,65 \cdot 1,92 = 1,25 \text{ N/mm}^2$ <p>Optredende spanningen in langsrichting van de leiding</p> $\sigma_x = \alpha_\sigma \cdot \sigma_{bx}$ $\sigma_x = 0,65 \cdot 0,04 = 0,03 \text{ N/mm}^2$ <p>Toelaatbare spanning = <math>\bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = 6,00 \text{ N/mm}^2</math></p>	
Dordtse Kil	10-12-2020 15:51:46