

## VHB-CIV-RAP-DO-0004 – Ontwerpbasis

Status : Definitief  
 Documentnummer : W23-003-577  
 Datum : 17-02-2023  
 Revisie : 1.0  
 Werkpakket : WP-00086  
 Project : Prinses Margriettunnel A7  
 Projectnummer : W23-003

|                      | Naam                           | Paraaf en Datum   |
|----------------------|--------------------------------|---|
| <b>Opgesteld</b>     | [Redacted]                     | 5.1.2.e<br><br>Document wordt digitaal getekend en daarmee niet voorzien van parafen. |
| <b>Gecontroleerd</b> | [Redacted] / CC                |   |
| <b>Goedgekeurd</b>   | [Redacted]<br>[Redacted] (RWS) |   |
| <b>Vrijgegeven</b>   | [Redacted] (RWS)               |   |
|                      | [Redacted]                     |   |

Van Hattum en Blankevoort B.V.  
 Lange Dreef 13  
 4131 NJ VIANEN  
 +31 (0)88 186 5100  
 www.vhbinfra.nl



| <b>Document Historie</b> |  |            |
|--------------------------|--|------------|
| Revisie                  | Omschrijving/Belangrijkste wijzigingen | Datum      |
| 0.1                      | Eerste concept                         | 31-01-2023 |
| 0.2                      | Twee concept versie na interne review  | 13-02-2023 |
| 1.0                      | Eerste uitgave                         | 17-02-2023 |
|                          |  |            |
|                          |  |            |
|                          |  |            |
|                          |  |            |

## INHOUDSOPGAVE

|                  |  |           |
|------------------|--|-----------|
| <b>1</b>         | <b>INLEIDING</b> .....                                 | <b>3</b>  |
| 1.1              | PROJECTBESCHRIJVING.....                               | 3         |
| 1.2              | OBJECTBESCHRIJVING .....                               | 3         |
| 1.3              | DOEL VAN HET DOCUMENT .....                            | 3         |
| 1.4              | SCOPE .....  | 3         |
| 1.5              | BESTAANDE SITUATIE.....                                | 5         |
| <b>2</b>         | <b>REFERENTIEDOCUMENTEN</b> .....                      | <b>8</b>  |
| 2.1              | RANGORDE .....   | 8         |
| 2.2              | CONTRACTDOCUMENTEN .....                               | 8         |
| 2.3              | NORMEN .....   | 8         |
| 2.4              | RICHTLIJNEN .....                                      | 9         |
| 2.5              | OVERIGE DOCUMENTEN .....                               | 10        |
| <b>3</b>         | <b>UITGANGSPUNTEN ONTWERP</b> .....                    | <b>11</b> |
| 3.1              | ONTWERPLEVENSDUUR.....                                 | 11        |
| 3.2              | BETROUWBAARHEID EN GEVOLGKLASSE .....                  | 11        |
| 3.3              | ONTWERPWATERSTANDEN, STIJGHOOGTE EN DROOGLEGGING ..... | 11        |
| <b>4</b>         | <b>MODELLERING, ONTWERPAANPAK EN TOETSINGEN</b> .....  | <b>14</b> |
| 4.1              | SOFTWARE EN SPREADSHEETS .....                         | 14        |
| 4.2              | MODELLERING BETONCONSTRUCTIE .....                     | 14        |
| 4.3              | TOETSEN VAN RESULTATEN (BETONCONSTRUCTIE) .....        | 14        |
| 4.4              | TOETSEN VAN RESULTATEN (GEOTECHNIEK).....              | 14        |
| <b>5</b>         | <b>GEOTECHNISCHE UITGANGSPUNTEN</b> .....              | <b>15</b> |
| 5.1              | GRONDONDERZOEK .....                                   | 15        |
| 5.2              | GRONDDRUK OP TUNNELWAND .....                          | 18        |
| 5.3              | PAALFUNDERINGEN .....                                  | 19        |
| <b>6</b>         | <b>MATERIALEN</b> .....                                | <b>26</b> |
| 6.1              | BETON (BESTAANDE CONSTRUCTIE).....                     | 26        |
| 6.2              | BETONSTAAL .....                                       | 26        |
| 6.3              | VOORSPANSTAAL .....                                    | 27        |
| 6.4              | MATERIAALFACTOREN .....                                | 28        |
| 6.5              | MILIEUKLASSEN EN BETONDEKKING .....                    | 28        |
| <b>7</b>         | <b>BELASTINGGEVALLEN</b> .....                         | <b>29</b> |
| 7.1              | PERMANENTE BELASTINGEN .....                           | 29        |
| 7.1              | VERANDERLIJKE BELASTINGEN .....                        | 31        |
| 7.2              | NIET IN REKENING GEBRACHT BELASTINGEN .....            | 35        |
| <b>8</b>         | <b>BELASTINGCOMBINATIES</b> .....                      | <b>36</b> |
| 8.1              | BELASTINGFACTOREN .....                                | 36        |
| 8.2              | MOMENTAANFACTOREN .....                                | 37        |
| 8.3              | BELASTINGCOMBINATIES .....                             | 37        |
| <b>9</b>         | <b>UITVOERINGSASPECTEN</b> .....                       | <b>38</b> |
| 9.1              | UITVOERINGSKLASSE .....                                | 38        |
| <b>BIJLAGE A</b> | <b>GEOTECHNISCHE LANGSDOORSNEDE TUNNEL</b> .....       | <b>I</b>  |
| <b>BIJLAGE B</b> | <b>NOTITIE STIJGHOOGTEN DELTARES</b> .....             | <b>II</b> |

## 1 INLEIDING

### 1.1 Projectbeschrijving

Op dinsdag 13 december 2022 stelde een wegininspecteur van Rijkswaterstaat schade aan het asfalt vast bij moot 26 van de Noordelijke toerit van de Prinses Margrietunnel. Moot 26 bleek opgedreven. Dit proces is door het plaatsen van ballast gestabiliseerd, waarna voor de overige delen van de toeritten ook veiligheid-verhogende ballast is aangebracht.

Naar aanleiding van dit incident is besloten de bestaande moten van de toeritten welke voorzien zijn van trekpalen te voorzien van nieuwe trekelementen. De hypothese is dat meerdere trekelementen in diverse moten zijn bezweken, en/of binnen afzienbare tijd zullen bezwijken. Dit in analogie met hetgeen is aangetroffen bij de herstelwerkzaamheden aan de Vlaktetunnel.

Ten behoeve van deze reconstructie dient er daarom een nieuw funderingsontwerp gemaakt te worden en dient de impact van het aanbrengen van de nieuwe fundering op de bestaande constructie beschouwd te worden.

### 1.2 Objectbeschrijving

Het betreft een bestaand aquaduct onder het Prinses Margrietkanaal. Het aquaduct is gebouwd medio 1977. De snelweg A7 tussen Joure en Sneek ligt met 2x2 rijstroken in het aquaduct.

De constructie bestaat uit een gesloten tunneldeel dat indertijd is afgezonken in het kanaal.

De toeritten zijn open constructies bestaande uit een (trek)paalfundatie, vloer en wanden.

Toerit ZO omvat de moten 1 t/m 22

Moten 1-4 zijn op staal gefundeerd, de moten 5-6 op drukpalen. Hier zijn geen voorgespannen trekstaven toegepast. Deze blijven daarom buiten beschouwing voor het herstelwerk.

Toerit NW omvat de moten 23 t/m 48

Hiervan zijn moot 39-48 en 37-38 respectievelijk op staal en drukpalen gefundeerd.

In de moten 7-22 en 23-36 zijn de trekpalen voorzien. In de hoger gelegen moten kan ook druk optreden in de palen. De trekpalen zijn uitgevoerd als vibropalen met een centrale voorspanstaaf welke is omgewikkeld met een vetband. De staven zijn voorgespannen en verankerd met schotels in de vloer. (Een aantal van) de trekpalen in moot 26 zijn daadwerkelijk bezweken

Moot 22 en 23 liggen beiden net voor de tunnel en bevatten een waterkelder over de hele breedte van de moot.

### 1.3 Doel van het document

Deze Ontwerpbasis Algemeen beschrijft de uitgangspunten en randvoorwaarden voor het constructief ontwerp van de reconstructie van de Prinses Margrietunnel in de A7 tussen Joure en Sneek.

De reconstructie is beperkt tot de moten met trekpalen, inclusief de moten met waterkelder

Doel van het document is een overkoepelende, heldere en vaste basis voor het ontwerp.

In eerste instantie zijn eventuele uitgangspunten en keuzes t.b.v. de waterkelder niet meegenomen in deze ontwerpbasis. Indien nodig wordt dit in een later stadium aangevuld.

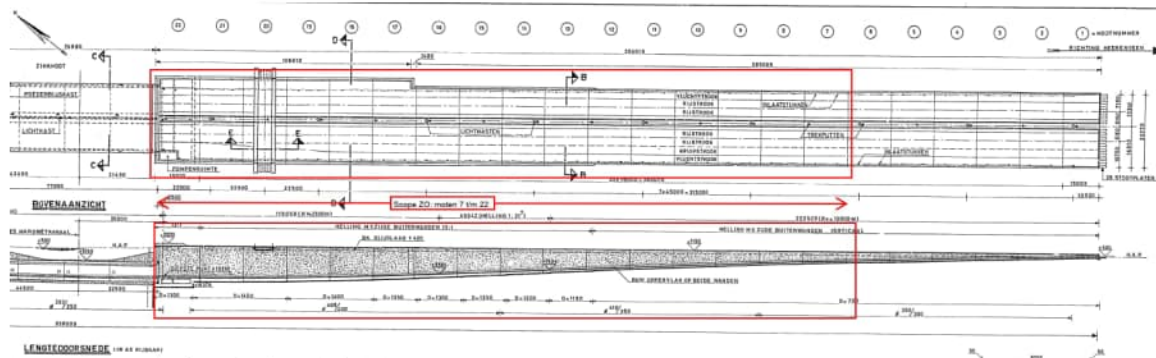
### 1.4 Scope

#### Scope constructie:

De reconstructie is beperkt tot de moten met trekpalen, inclusief de moten met waterkelder. De uitgangspunten in deze ontwerpbasis spitsen zich eerst toe op die voor de moten 7 t/m 21 en 24 t/m 36, in een later stadium worden hier eventueel afwijkende uitgangspunten t.b.v. de waterkelders (moot 22 en 23) aan toegevoegd.

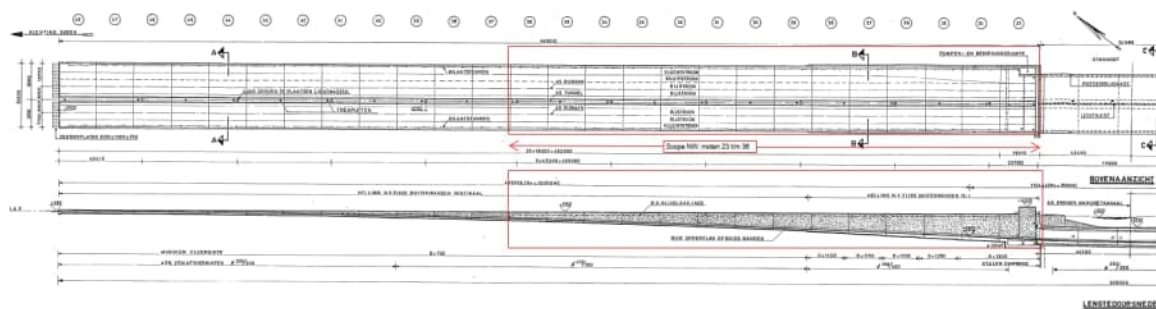
Zie onderstaande figuren.

**Toerit ZO:**



Figuur 1 Scope toerit ZO (moten 22 t/m 7)

**Toerit NW:**



Figuur 2 Scope toerit NW (moten 23 t/m 36)

Scope ontwerp herstelwerkzaamheden op basis van tabel 1.7 van de RBK (zie onder):

|                         | Ongewijzigde doorsnedes (verificatie) |                | Gewijzigde doorsnedes (ontwerpen) |                | Geheel nieuwe delen/doorsnedes (ontwerpen) |                   |
|-------------------------|---------------------------------------|----------------|-----------------------------------|----------------|--|-------------------|
|                         | Veiligheidsniveau                     | Restlevensduur | Veiligheidsniveau                 | Restlevensduur | Veiligheidsniveau                          | Ontwerplevensduur |
| Gedeeltelijk vernieuwen | Gebruik                               | ≥ 30*          | Verbouw                           | ≥ 30*          | Nieuwbouw                                  | ≥ 100             |
| Verbreden               | Gebruik                               | ≥ 30           | Verbouw                           | ≥ 30           | Nieuwbouw                                  | ≥ 100             |
| Versterken              | Gebruik                               | ≥ 30           | Verbouw                           | ≥ 30           | Nieuwbouw**                                | ≥ 100**           |
| Veranderen              | Gebruik                               | ≥ 30           | Verbouw                           | ≥ 30           | n.v.t.                                     | n.v.t.            |

**tabel 1-7: Veiligheidsniveau en ontwerplevensduur bij verbouw.**

De toetsing is opgedeeld in een aantal onderdelen:

- Toetsing nieuwe palen:
  - Palen worden beschouwd als geheel nieuwe delen
  - Er wordt gerekend met de factoren voor veiligheidsniveau 'Nieuwbouw'
  - Toetsingen conform ROK, voor zowel de ULS draagkracht, ULS sterkte en ULS vermoeiing
- Toetsing vloer:
  - De vloer wordt beschouwd als een gewijzigde doorsnede die na aanbrengen palen weer hersteld wordt (Versterken)
  - Er wordt gerekend met de factoren voor veiligheidsniveau 'Verbouw'
  - Toetsingen conform RBK, voor zowel ULS normaalkrachten, dwarskrachten en momenten in zowel dwars- als langsrichting.
- Toetsing wanden:
  - De wanden worden beschouwd als een ongewijzigde doorsnede waar enkel een verificatie van gedaan wordt (bij niet voldoen zullen maatregelen genomen dienen te worden)

- Er wordt gerekend met de factoren voor veiligheidsniveau 'Gebruik'
- T.o.v. de oorspronkelijke berekening is er geen toename van de optredende belastingen.
- De verificatie geschiedt in eerste instantie door het belastingeffect op de wanden van de gewijzigde geometrie van het palenplan te bepalen. Bij een verwaarloosbaar belastingeffect wordt de wand verondersteld als voldoende veilig voor zijn resterende levensduur.
- Toetsing bestaande palen:
  - Palen worden beschouwd als een ongewijzigde doorsnede t.a.v. het functioneren als drukpaal. Indien i.r.t. het nieuwe palenplan drukpalen benodigd zijn, dan worden de bestaande palen aanvullend getoetst op druk.
  - Er wordt gerekend met de factoren voor veiligheidsniveau 'Gebruik'
- Invloed herstelmaatregelen
  - De benodigde herstelwerkzaamheden hebben mogelijk een destructief gevolg voor de bestaande constructie
  - De gevolgen van herstelwerkzaamheden worden meegenomen in de beschouwing van de verschillende oplossingen. (bv bepalen restcapaciteit bij doorboren wapening en evt wapeningsherstel)

Buiten scope:

- Beschouwing eventuele schades door bv. krimp van de wanden of vloer. Conclusie uit schadeopname kan zijn dat aanvullende maatregelen genomen dienen te worden.

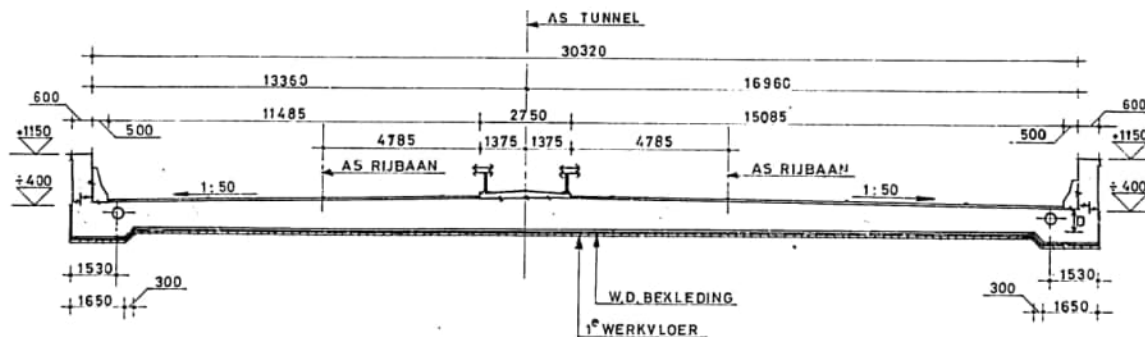
## 1.5 Bestaande situatie

Los van de moten met waterkelder (specials) is qua doorsnede onderscheid te maken in onderstaande 3 verschillende doorsnedetypen:

### Doorsnedetypen:

Doorsnede type A-A:

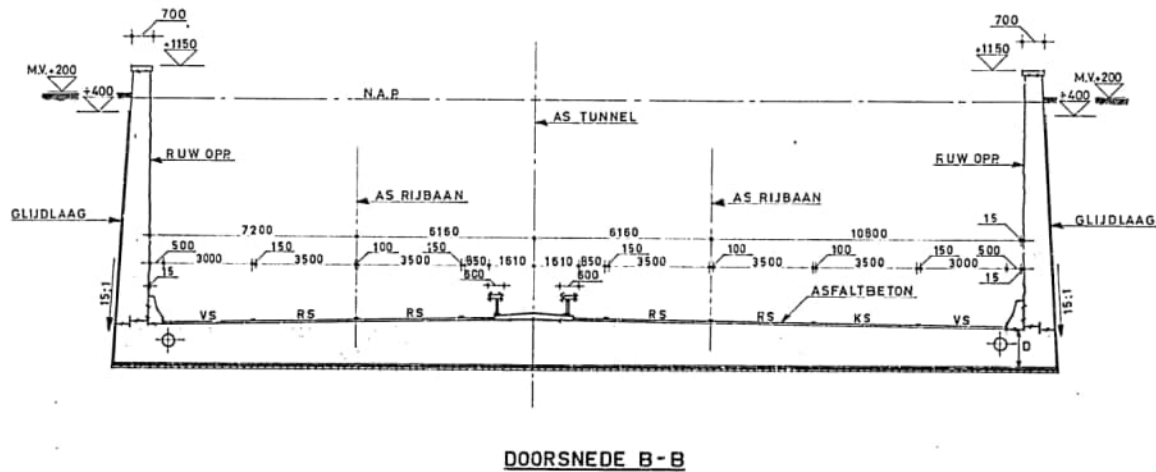
- Inwendige breedte = 30,32 m
- Verzwaring vloer onder de wanden
- Max. vloerdikte (in midden) = 1,012 m
- 6 palen in dwarsrichting (voor exacte maatvoering per moot zie [37] en [38])



**DOORSNEDE A - A**

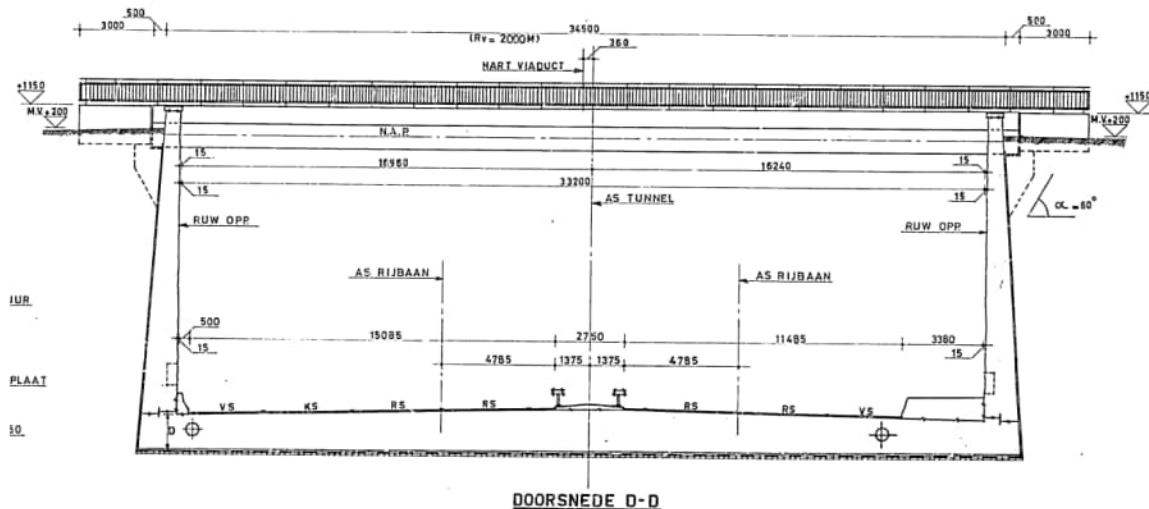
Doorsnede type B-B:

- Inwendige breedte = 30,32 m
- Toenemende vloerdikte naarmate de moot dieper ligt (tussen 1412 mm tot 1562 mm t.p.v. middenberm)
- 6 palen in dwarsrichting (voor exacte maatvoering per moot zie [37] en [38])



Doorsnede type D\_D:

- Inwendige breedte = 33,20 m
- Toenemende vloerdikte naarmate de moot dieper ligt
- 10 palen in dwarsrichting (2x2 randpalen en 6 middenpalen) (voor exacte maatvoering per moot zie [37] en [38])



Toelichting doorsnede D-D:

Bovenstaande figuur betreft moot 20, welke voorzien is van een brugdek. Voor de overige moten waar dit doorsnedetype van toepassing is (bredere bak), is geen brugdek aanwezig.

Tabel 1 Beschrijving onderdelen toerit ZO

| Moot | Doorsnedetype | Drukpalen onder wand | Special |
|------|---------------|----------------------|---------|
| 7    | A-A           | Ja                   |         |
| 8    | A-A           | Ja                   |         |
| 9    | A-A           | Nee                  |         |
| 10   | A-A           | Nee                  |         |
| 11   | A-A           | Nee                  |         |
| 12   | A-A           | Nee                  |         |
| 13   | B-B           | Nee                  |         |
| 14   | B-B           | Nee                  |         |
| 15   | B-B           | Nee                  |         |
| 16   | B-B           | Nee                  |         |
| 17   | D-D           | Nee                  |         |

|    |             |     |                      |
|----|-------------|-----|----------------------|
| 18 | D-D         | Nee |                      |
| 19 | D-D         | Nee |                      |
| 20 | D-D         | Nee | Voorzien van brugdek |
| 21 | D-D         | Nee |                      |
| 22 | Waterkelder | Nee | Waterkelder          |

Tabel 2 Beschrijving onderdelen toerit NW

| Moot | Doorsnedetype | Drukpalen onder wand | Special                               |
|------|---------------|----------------------|---------------------------------------|
| 23   | Waterkelder   | Nee                  | Waterkelder                           |
| 24   | B-B           | Nee                  |                                       |
| 25   | B-B           | Nee                  |                                       |
| 26   | B-B           | Nee                  |                                       |
| 27   | B-B           | Nee                  |                                       |
| 28   | B-B           | Nee                  |                                       |
| 29   | A-A           | Nee                  |                                       |
| 30   | A-A           | Nee                  |                                       |
| 31   | A-A           | Nee                  |                                       |
| 32   | A-A           | Nee                  | Afwijking maatvoering palen t.p.v. as |
| 33   | A-A           | Nee                  |                                       |
| 34   | A-A           | Nee                  |                                       |
| 35   | A-A           | Nee                  |                                       |
| 36   | A-A           | Nee                  |                                       |



## 2 REFERENTIEDOCUMENTEN

### 2.1 Rangorde

Het ontwerp wordt gebaseerd op:

1. Het Bouwbesluit en de door het Bouwbesluit aangewezen normen;
2. De Contractdocumenten;
3. Overige normen en richtlijnen (indien van toepassing).

Daar waar gegevens onderling strijdig zijn, geldt de volgende rangorde:

1. Eisen uit het contract;
2. RBK bepalingen;
3. NEN 8700-serie;
4. ROK bepalingen;
5. Eigen RWS richtlijnen;
6. EC's + NB's, NEN-normen, CUR- en CROW-documenten.

### 2.2 Contractdocumenten

Vanuit RWS zijn geen 'contract' documenten verstrekt. Het bezwijken van moot 26 was een calamiteit. Hierop heeft RWS besloten dat de herstelwerkzaamheden in een Bouwteam moeten worden ontworpen en voorbereid.

RWS heeft wel de oorspronkelijke bouwtekeningen en het bestek verstrekt. Deze zijn vastgelegd in de VHB SharePoint omgeving <https://vwinfra.sharepoint.com/sites/vhb-project-W23003/Contract/>

Voor de Prinses Margrietunnel worden Rijkswaterstaat Technische Documenten toegepast in de vorm van de ROK2.0 voor nieuw aan te brengen bouwdelen en de RBK (2022) voor bestaande bouwdelen.

### 2.3 Normen

Het constructief ontwerp van de kunstwerken wordt gebaseerd op de Eurocode waarbij met name de onderstaande delen van toepassing zijn:

| Nr. | Document nr.                              | Taal | Titel  |
|-----|---|------|--|
| 1.  | NEN-EN 1990 + A1 + A1/C2:2019 + NB:2019   | NL   | Eurocode: Grondslagen van het constructief ontwerp   |
| 2.  | NEN-EN 1991-1-1 + C1 + C11:2019 + NB:2019 | NL   | Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-1: Algemene belastingen – Volumieke gewichten, eigen gewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen |
| 3.  | NEN-EN 1991-1-2 + C3:2019 + NB:2019       | NL   | Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-2: Algemene belastingen – Belasting bij brand   |
| 4.  | NEN-EN 1991-1-4 + A1 + C2:2011 + NB:2019  | NL   | Eurocode 1 Belastingen op constructies - Deel 1-4: Algemene belastingen- Windbelasting   |
| 5.  | NEN-EN 1991-1-5 + C1:2011 + NB:2019       | NL   | Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-5: Algemene belastingen – Thermische belasting  |
| 6.  | NEN-EN 1991-1-6 + C3:2013 + NB:2013       | EN   | Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-6: Algemene belastingen – Belastingen tijdens uitvoering  |
| 7.  | NEN-EN 1991-1-7:2015 + NB:2019            | NL   | Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-7: Algemene belastingen – Buitengewone belastingen: Stootbelastingen en ontploffingen               |
| 8.  | NEN-EN 1991-2 + C1:2015 + NB:2019         | NL   | Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 2: Verkeersbelasting op bruggen   |

|     |  |          |  |
|-----|--|----------|--|
| 9.  | NEN-EN 1992-1-1 + C1:2011 + NB:2016+A1:2020          | NL       | Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen                            |
| 10. | NEN-EN 1992-1-2 + C11:2011 + NB:2011                 | NL       | Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 1-2: Algemene regels – Ontwerp en berekening van constructies bij brand |
| 11. | NEN-EN 1992-2 + C1:2011 + NB:2016                    | NL       | Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Betonnen bruggen – Regels voor ontwerp, berekening en detaillering           |
| 12. | NEN-EN 1992-3:2006 + NB:2011                         | EN       | Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies - Deel 3: Constructies voor keren en opslaan van vloeistoffen                  |
| 13. | NEN-EN 1993-1-1 + C2/A1:2014 + NB:2016               | NL       | Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen                            |
| 14. | NEN-EN 1993-5 + C1:2009 + NB:2012                    | EN       | Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 5: Palen en damwanden   |
| 15. | NEN-EN 1997-1 + C1 + A1:2016 + NB:2019               | NL       | Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp - Deel 1: Algemene regels   |
| 16. | NEN 9997-1 + C2:2017                                 | NL       | Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels  |
| 17. | NEN-EN 13670:2009                                    | NL       | Het vervaardigen van betonconstructies   |
| 18. | NEN-EN 206:2014 + A1:2016<br>NEN 8005:2014 + C1:2017 | EN<br>NL | Beton: Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit + Nederlandse invulling van NEN-EN206                                |
| 19. | NEN 8700:2011+A1:2020                                | NL       | Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren - Grondslagen                            |
| 20. | NEN 8701:2011+A1:2020                                | NL       | Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren - Belastingen                            |
| 21. | NEN 8707:2018+C1:2020                                | NL       | Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren – Geotechnische constructies             |
| 22. | NEN 6766: 2023                                       | NL       | Corrosie van stalen elementen in de ondergrond - Eisen voor ontwerp en toepassing  |

## 2.4 Richtlijnen

Van toepassing zijnde RWS-richtlijnen. In geval van tegenstrijdigheden worden de RWS-richtlijnen als norm geïnterpreteerd waarbij deze voorrang hebben op de in paragraaf 2.3 genoemde normen.

| Nr. | Document nr.  | Versie | Datum      | Titel   |
|-----|---------------|--------|------------|---|
| 23. | ROK (RTD1001) | 2.0    | 1-12-2021  | Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken   |
| 24. | RBK (RTD1006) | 1.2.1  | 16-11-2022 | Richtlijnen Beoordeling Kunstwerken   |
| 25. | RTD 1002      | 3.0    | 20-12-2016 | Hydrofoberen van beton, aanvullende eisen t.a.v. NEN-EN 1504-2                |
| 26. | NBD10005      | -      | 02-02-2005 | Eisen conservering stalen en aluminium onderdelen t.b.v. betonnen kunstwerken |

Overige richtlijnen en rapporten voor het constructief ontwerp van de kunstwerken:

| Nr. | Document nr.        | Versie              | Datum     | Titel  |
|-----|---------------------|---------------------|-----------|--|
| 27. | CUR Rapport 166     | 6 <sup>e</sup> druk | 2014      | Damwandconstructies, deel 1 en 2   |
| 28. | CUR aanbeveling 89  | 2 <sup>e</sup> druk | 2006      | Maatregelen ter voorkoming van betonschade door alkali-silicareactie                   |
| 29. | CUR aanbeveling 100 | -                   | 2013      | Schoon beton - Criteria voor de specificatie en beoordeling van betonoppervlakken      |
| 30. | CUR 121             | -                   | 2018      | Bepaling ondergrens verwachte restlevensduur van bestaande gewapende betonconstructies |
| 31. | CUR 236             | 2 <sup>e</sup> druk | 2017      | Ankerpalen   |
| 32. | Ciria 660           | -                   | 2011      | Early age thermal crack control in concrete  |
| 33. | NVN-CEN/TS 1992-4-2 | -                   | 2012 (EN) | Design of fastenings for use in concrete - Part 4-2: Headed fasteners                  |
| 34. | Meteoconsult        | -                   | 2006      | Extreme neerslagcurven voor de 21 <sup>e</sup> eeuw                                    |

## 2.5 Overige documenten

Documenten Bouwteam:

| Nr. | SP-nr.                             | Document-nr                | Omschrijving   |
|-----|------------------------------------|----------------------------|--|
| 35. | W23-003-436                        | VHB-CIV-TEK-UO-0001        | Inrichting openstelling toerit NW  |
| 36. | W23-003-437                        | VHB-CIV-TEK-UO-0002        | Inrichting openstelling toerit ZO  |
| 37. | W23-003-611                        | VHB-CIV-TEK-DO-0001        | Uitgangspunten geometrie toerit Noordwest - Overzichtstekening bestaande situatie                                |
| 38. | W23-003-612                        | VHB-CIV-TEK- DO-0002       | Uitgangspunten geometrie toerit Zuidoost - Overzichtstekening bestaande situatie                                 |
| 39. | Zie bijlage B in deze ontwerpbasis | 11209150-006-GEO-0001_v0.5 | Notitie Deltares: Stijghoogten en grondwaterstanden voor beoordeling bestaande constructie en ontwerp - versie 3 |

### **3 UITGANGSPUNTEN ONTWERP**

#### **3.1 Ontwerplevensduur**

Voor de ontwerplevensduur van de te reconstrueren constructies geldt de volgende levensduur:

- 33 jaar voor bestaande onderdelen (Gebaseerd op een oorspronkelijke restlevensduur van 80 jaar gerekend vanaf 1976 tot heden (2023))
- 50 jaar voor nieuwe onderdelen (fundering)

#### **3.2 Betrouwbaarheid en gevolgklasse**

Omdat het kunstwerk in een hoofdweg (A7) ligt geldt voor dit kunstwerk:

Voor 'gebruik' van de bestaande onderdelen RBK (2022)

- Betrouwbaarheidsklasse RC3  
Gevolgklasse: CC3

Voor 'verbouw' van de bestaande onderdelen RBK (2022)

- Betrouwbaarheidsklasse RC3  
Gevolgklasse: CC3

Voor 'nieuwbouw' conform ROK 2.0 (fundering)

- Betrouwbaarheidsklasse RC3  
Gevolgklasse: CC3 (ROK-0007)

Conform ROK-0140 geldt dat voor alle onderdelen van een kunstwerk in gevolgklasse CC3, die van belang zijn voor het draagvermogen en duurzaamheid van de constructie, moet worden uitgegaan van uitvoeringsklasse 3.

#### **3.3 Ontwerpwaterstanden, stijghoogte en drooglegging**

Ontwerpwaterstanden en stijghoogtes:

De ontwerpgrondwaterstanden worden bepaald op basis van de aangeleverde documentatie van Deltares (zie bijlage B) met daarin de maatgevende stijghoogten langs de tunnel. De volgende uitgangspunten gelden daarbij:

Voor de eindsituatie gaat voor de fundering met vier waterstandsituaties gerekend worden voor de stijghoogtes:

| Tabel voor gebruikssituatie (eindsituatie, nieuwbouw) CC3 |         | Karakteristieke waarde | NEN-EN 1990 Rekenwaarde 6.10a | NEN-EN 1990 Rekenwaarde 6.10b | ROK-0635 (2) belasting |
|---|---------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| <b>Stijghoogte max</b>                                    | [m NAP] | -0.75                  | -0.65                         | -0.44                         | -0.39                  |
| <b>Stijghoogte min</b>                                    | [m NAP] | n.v.t.**               | n.v.t.**                      | n.v.t.**                      | n.v.t.**               |
| $Y_{Gj;sup;6.10a}$ (nieuwbouw)                            |         | 1.35*                  | 1.00                          |                               | 1.30                   |
| $Y_{Gj;sup;6.10b}$ (nieuwbouw)                            |         | -                      |                               | 1.00                          | 1.15                   |
| $Y_{Gj;inf}$  |         | -                      | 1.00                          | 1.00                          | 1.00                   |

\*Overallfactor tbv artikel NEN-EN 1990 A1.3.1 (2)

\*\* Voor ontwerp trekpalen is minimale stijghoogte niet relevant

| Tabel voor gebruikssituatie (eindsituatie, verbouw/gebruik) CC3 |         | Karakteristieke waarde | NEN-EN 1990 Rekenwaarde 6.10a | NEN-EN 1990 Rekenwaarde 6.10b |
|---|---------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>Stijghoogte max</b>  | [m NAP] | -0.75                  | -0.67                         | -0.53                         |
| <b>Stijghoogte min</b>  | [m NAP] | -1.86                  | -2.02                         | -2.32                         |
| $Y_{Gj;sup;6.10a}$ (verbouw)                                    |         | 1.30*                  | 1.00                          |                               |
| $Y_{Gj;sup;6.10b}$ (verbouw)                                    |         | -                      |                               | 1.00                          |
| $Y_{Gj;sup;6.10a}$ (gebruik)                                    |         | 1.25*                  | 1.00                          |                               |
| $Y_{Gj;sup;6.10b}$ (gebruik)                                    |         | -                      |                               | 1.00                          |
| $Y_{Gj;inf}$  |         | -                      | 1.00                          | 1.00                          |

Voor de bouwfase wordt met drie waterstandssituaties gerekend voor de stijghoogtes:

| Tabel voor<br>tijdelijke situatie<br>(bouwfase,<br>gebruik)<br>CC3 |           | Karakteristieke waarde |                               |                               |
|--|-----------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|  |           |                        | NEN-EN 1990 Rekenwaarde 6.10a | NEN-EN 1990 Rekenwaarde 6.10b |
| <b>Stijghoogte max</b>   | [m NAP]   | -0.75                  | -0.67                         | -0.53                         |
| <b>Stijghoogte min</b>   | [m NAP]   | -1.86                  | -2.02                         | -2.32                         |
| <b>Y<sub>Gj;sup;6.10a</sub></b>                                    | (gebruik) | 1.25*                  | 1.00                          |                               |
| <b>Y<sub>Gj;sup;6.10b</sub></b>                                    | (gebruik) | -                      |                               | 1.00                          |
| <b>Y<sub>Gj;inf</sub></b>  |           | -                      | 1.00                          | 1.00                          |

\*Overallfactor tbv artikel NEN-EN 1990 A1.3.1 (2) ingevuld conform RBK CC3 gebruik

In de bouwfase wordt gerekend conform de extreme stijghoogtes bepaald door Deltares voor de NEN-EN 1990 exclusief de aanvullende eis in de ROK. Deze eis is niet van toepassing op de relatief korte bouwperiode.

## 4 MODELLERING, ONTWERPAANPAK EN TOETSINGEN

### 4.1 Software en spreadsheets

De voor de diverse berekeningen gebruikte software is weergegeven in de volgende tabel.

Tabel 3 Software

| Naam          | Versie           | omschrijving                        |
|---------------|------------------|-------------------------------------|
| SCIA Engineer | 20.0.4012        | EEM berekeningen                    |
| DAKO          | 2.01             | Berekening van betondoorsneden      |
| Idea Statica  | 21.1.0.3486      | Berekening van betondoorsneden      |
| Excel         | 16.0.15028.20240 | Geautomatiseerde (hand)berekeningen |
| D-Foundations | 22.1             | Paalfunderingen                     |

### 4.2 Modelling betonconstructie

Besloten is om per moot een 2D platenmodel in SCIA te maken om de krachtwerving in de constructie te bepalen. Zodoende kan de constructie ook in langsrichting getoetst worden en kan de invloed van het asymmetrisch bijplaatsen van nieuwe palen beter beoordeeld worden.

T.a.v. de bestaande palen is het uitgangspunt dat het staal bezweken is en de palen daarom geen trek en/of horizontale belasting meer kunnen opnemen. Via de betonnen omhulling zijn de palen nog wel in staat om druk kunnen opnemen.

De nieuwe en bestaande funderingselementen worden gemodelleerd d.m.v. verticale en horizontale veren. Eventuele momenten in de nieuwe funderingselement worden bepaald a.h.v. de verplaatsing.

### 4.3 Toetsen van resultaten (betonconstructie)

Conform de ROK [23] gelden voor deze constructie de eisen voor bruggen.

De te realiseren toetsingen zijn in de basis omschreven in H1.4 Scope.

Scheurwijdte controle is alleen van toepassing op de nieuw te bouwen onderdelen. Dit is voor de bestaande betonconstructie niet van toepassing (zie ook H1.4 Scope).

Voor de scheurwijdtecontrole van een ronde doorsnede kan een berekening worden uitgevoerd met behulp van de methode Jones.

De restlevensduur van de bestaande betonconstructie dient door middel van materiaalonderzoek te worden bepaald conform CUR-Aanbeveling 121 [30].

Voor de controle van de UGT van de bestaande constructie onderdelen die fysiek niet worden aangepast en waarbij alleen sprake is van gewijzigde (snede)krachten kan bij de toetsing eventueel gebruik worden gemaakt van herverdeling van momenten conform de RBK [24]. Voor de controle van dwarskracht van de bestaande constructie kan eveneens gebruik worden gemaakt van de aanvullende rekenregels conform de RBK [24].

### 4.4 Toetsen van resultaten (geotechniek)

Het draagvermogen van de nieuwe ankerpalen wordt getoetst conform NEN9997-1 en CUR236. Eventuele toetsing van bestaande palen (op druk) geschied volgens de RBK en de NEN8707. Uitgangspunt is trek naar de nieuwe GEWI palen en druk naar de bestaande palen.

## 5 GEOTECHNISCHE UITGANGSPUNTEN

### 5.1 Grondonderzoek

#### 5.1.1 Beschikbaar grondonderzoek

Het beschikbare grondonderzoek wordt opgesplitst in twee delen

- Het grondonderzoek dat is uitgevoerd t.b.v. de bouw van de tunnel;
- Het grondonderzoek dat reeds is uitgevraagd naar aanleiding van het opdrijven van moot 26.

Het grondonderzoek dat is uitgevoerd voorafgaand aan de bouw van de tunnel is samengevat op tekening MT-21. Hierop zijn 8 sonderingen en 11 boringen te zien, welke in de as van de tunnel zijn gemaakt. De sonderingen zijn maximaal tot een diepte van NAP -30 m doorgezet. Deze diepte is naar verwachting niet toereikend om te kunnen gebruiken voor het ontwerp van de nieuwe trekpaalfundering met ankerpalen.



**Figuur 3** Overzicht locaties grondonderzoek 1973

Het grondonderzoek dat sinds januari 2023 wordt uitgevraagd wordt beheerd in QGIS en bestaat per 2-2-2023 uit de volgende onderdelen:

1. 8 sonderingen met boring en peilbuizen direct naast de tunnel;
2. 4 sonderingen zonder boring op de hoekpunten van moot 26 (DKMP101 tot DKMP104);
3. 8 Sonderingen met boring en peilbuizen op ca. 20 m afstand van de tunnel;
4. 9 Sonderingen met boring en peilbuizen op grotere afstand van de tunnel;
5. Labproeven op monsters uit de boringen (resultaten nog niet beschikbaar).
6. Labproeven op grondwatermonsters (resultaten nog niet beschikbaar)





**Figuur 4 Beschikbare sonderingen op 2-2-2023**

### 5.1.2 Onzekerheden in beschikbaar grondonderzoek moot 26

Specifiek voor het ontwerp van de palen onder moot 26 worden de volgende onzekerheden gespecificeerd.

De hart op hart afstand van de onderzoekspunten voldoet strikt genomen niet aan de eisen zoals gesteld in [16].

1. De sonderingen zijn gemaakt ter hoogte van de voegen van de moot, aan beide zijdes van de tunnel, op zo'n kort mogelijke afstand van de tunnel. In principe wordt verwacht dat  $\Delta R_{c,cal} < 0,3 \times R_{c,cal,gem}$ , zodat in dat geval per terreinproef een oppervlakte bestreken mag worden van 25 m x 25 m.

De tunnel heeft een breedte van 30 meter. De middelste 5 meter wordt momenteel daarom niet afgedekt door het grondonderzoek buiten de tunnel. Om hieraan te voldoen zou minimaal elke 25 meter een sondering in de as van de tunnel gemaakt moeten worden. Op basis van het beschikbare grondonderzoek wordt niet verwacht dat er significante verschillen in de bodemopbouw zullen zijn in het midden van de tunnel t.o.v. langs de rand.

2. De uitgevraagde sondeerdiepte van NAP -40 m is niet in alle gevallen bereikt. Een aantal sonderingen is voortijdig gestaakt tussen NAP -34 m en NAP -40 m i.v.m. maximale sondeerdruk. Het te realiseren paalpuntniveau moet nog worden vastgesteld maar een niveau dieper dan NAP -34 m wordt momenteel niet verwacht. Er dient rekening mee te worden gehouden dat een toch dieper benodigd paalpuntniveau leidt tot afwijking op ROK eis 0813. Tezamen met risicobeoordeling moet dan wellicht worden besloten tot het uitvoeren van enkele aanvullende sonderingen tot op het paalpuntniveau.

### 5.1.3 Aanvullend grondonderzoek overige moten

Het volgende grondonderzoek is nog benodigd:

1. Grondonderzoek t.b.v. het ontwerp van de nieuw aan te brengen ankerpalen in de overige moten;
  - a. Ca. 50 sonderingen, op elk hoekpunt van de moten waaronder trekpalen aanwezig zijn, sondeerdieptes NAP -35 m tot NAP -45 m;
2. Grondonderzoek in de tunnel
  - a. Sonderingen h.o.h. 25 m ter vaststelling effect ontgraving + verdringing t.g.v. installatie vibropalen. I.v.m. uitvoeringstechnische beperkingen wordt noodzaak tot h.o.h. 25 m nader vastgesteld door een beperkt aantal sonderingen in de tunnel te correleren aan de sonderingen buiten de tunnel. Doel van deze sonderingen is ook ter beoordeling van later evt. uit te voeren controle/geschiktheidsproeven bij keuze voor ankerpalen.
3. Grondonderzoek t.b.v. van bezwijkproeven;
  - a. Voor beide locaties zal voor elke proefpaal een sondering tot NAP -30 m uitgevoerd

worden. Daarnaast voor beide locaties één mechanische boring tot NAP -30 m waarom enkele korrelverdelingen en korrelvorm bepalingen uitgevoerd worden.

#### 5.1.4 Kenmerkende bodemopbouw

De kenmerkende bodemopbouw is als volgt (niveaus zijn indicatief en kunnen lokaal afwijken):

| Grondlaag                         | Van [NAP +m]     | Tot [NAP +m] | Dikte [m] |
|-----------------------------------|------------------|--------------|-----------|
| Slappe toplagen (klei/veen)       | Maaiveld (ca. 0) | -4,0         | 4         |
| Zand                              | -4,0             | -7,5         | 3,5       |
| Keileem                           | -7,5             | -13          | 5,5       |
| Zeer vast gepakt zand             | -13              | -14 a -16    | 1 a 3     |
| Matig gepakt zand, lokaal kleilig | -14 a -16        | -40          | 24 a 26   |

#### OCR

Het noorden van Nederland is tijdens de ijstijden bedekt geweest door een ijspakket, hierdoor kunnen er overgeconsolideerde zandlagen voorkomen. Wanneer palen heidend of trillend aangebracht worden kan de opspanning uit deze laag verdwijnen, hetgeen leidt tot een reductie van de conusweerstand. De bestaande palen zijn heidend aangebracht, waardoor dit effect mogelijk opgetreden is tijdens de bouw van de tunnel. De nieuwe palen worden trillingsarm geïnstalleerd, waardoor er dus geen verdere reductie op kan treden.

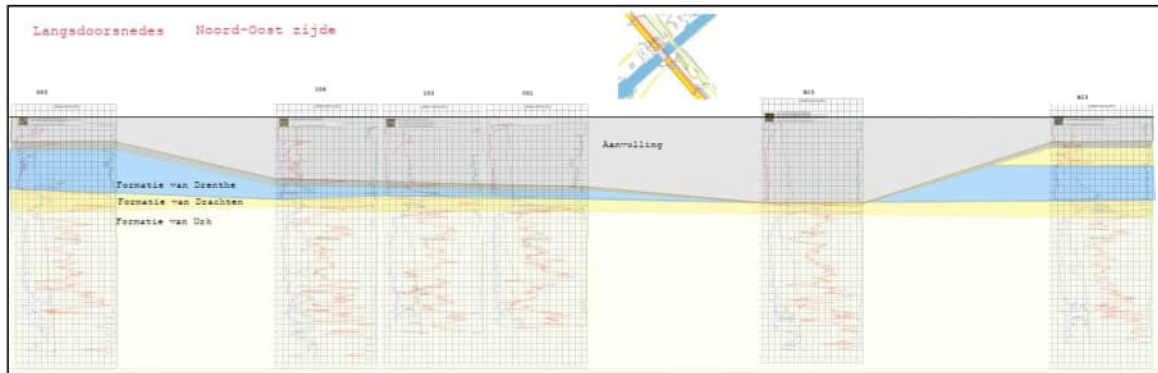
In enkele sonderingen buiten de tunnel wordt in de formatie van Drachten over een aantal meters een zandlaag waargenomen welke, o.b.v. het wrijvingsgetal overgeconsolideerd lijkt.

De sonderingen die vanuit de tunnel worden gemaakt zullen uitwijzen of de conusweerstand in deze laag is afgenomen door het installeren van de palen tijdens de bouw van de tunnel. Vooralnog wordt gerekend met een OCR van 1.

#### 5.1.5 Geotechnisch lengteprofiel



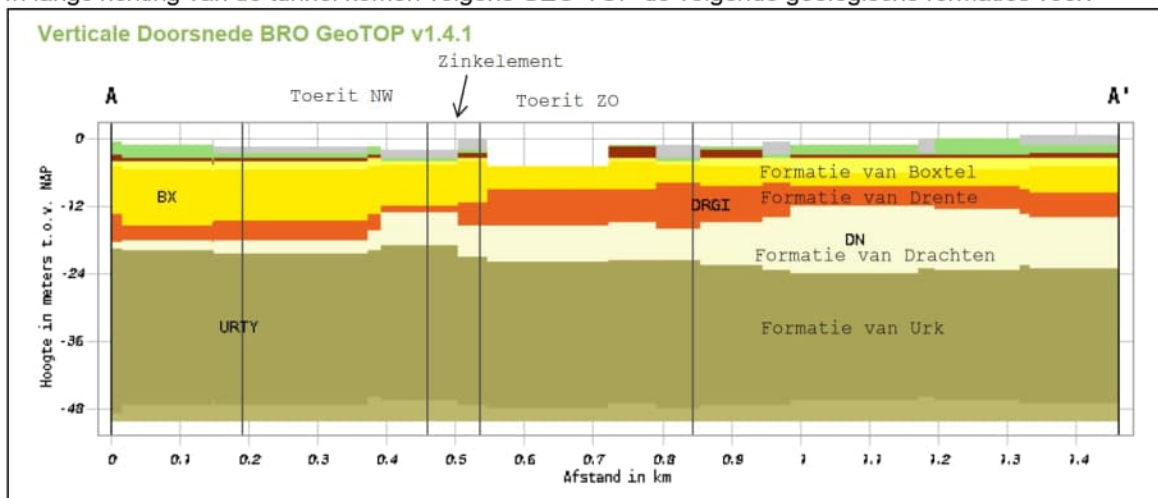
Figuur 5: Locatie lengteprofiel



**Figuur 6** Lengte profiel, niet op schaal zie bijlage 2

### 5.1.1 Geologie o.b.v. GEO-TOP

In langs richting van de tunnel komen volgens GEO-TOP de volgende geologische formaties voor:



De verschillende formaties zijn duidelijk te onderscheiden op basis van de sondeergrafieken.

### 5.1.2 Bodemprofielen Aanvulling

De tunnel is gebouwd in een open ontgraving met taluds 1:1,75 onder bemaling. Na het gereed komen van de toeritten van de tunnel is de uitgekomen grond gebruikt als aanvulmateriaal naast de tunnelbak. Uit sonderingen die genomen zijn in de aanvulling blijkt dat er zowel zandlagen, als lagen die uit cohesief materiaal bestaan worden waargenomen. De volgorde en dikte van deze lagen verschilt per sondering. Ook sonderingen op geringe afstand (<20 m) kunnen al aanzienlijk verschillen, zie hiervoor bijvoorbeeld sondering 103 en 104. Dit is alleen van invloed op de grondbelasting op de tunnelwanden. Onder het niveau van de onderkant van de aanvulling kan de kenmerkende bodemopbouw aangehouden worden welke een redelijk consistent beeld geeft.

## 5.2 Gronddruk op tunnelwand

Gezien de onzekerheid omtrent het materiaal in de aanvulling worden er twee bodemprofielen gedefinieerd voor de aanvulling, die resulteren in de maximale en de minimale horizontale gronddruk tegen de tunnelwand. In het constructieve model zal voor beide profielen een berekening worden uitgevoerd. Er wordt geen berekening gemaakt met verschillende profielen aan elke zijde van de tunnel.

### 5.2.1 Bodemprofiel maximale horizontale gronddruk

Het bodemprofiel met de maximale gronddruk betreft over de gehele hoogte van de tunnelwand een aanvulling van matig gepakt zand (op basis van de tot nu toe beschikbare sonderingen in de aanvulling wordt niet verwacht dat er ook dicht gepakt zand aanwezig zal zijn). In sondering DKMP103 is bijvoorbeeld tussen -2,5 en -4 matig gepakte zand aanwezig.

Aangezien deze bodemopbouw uit zand bestaat dient hier ook rekening te worden gehouden met een opspaneffect.

Als onderdeel van het labonderzoek zullen volumegewichten bepaald worden van monsters uit de aanvulling. Zodra de labresultaten beschikbaar zijn, zal getoetst worden of het hier aangehouden volumegewicht aangepast dienen te worden.

Tabel 5-1 – Bodemprofiel maximale gronddruk

| Grondlaag         | Van [NAP +m] | Tot [NAP +m]    | $\gamma_{droog} / \gamma_{nat}$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\phi_{rep}$ [°] |
|-------------------|--------------|-----------------|--|------------------|
| Matig gepakt zand | maaiveld     | O,k. aanvulling | 18/20  | 30               |

### 5.2.2 Bodemprofiel minimale horizontale gronddruk

In het bodemprofiel dat de minimale gronddruk oplevert wordt over de gehele hoogte van de aanvulling cohesief materiaal aangetroffen. Op basis van de tot nu toe beschikbare sonderingen in de aanvulling wordt verwacht dat dit materiaal het meest lijkt op matig gepakt klei (obv sondering C01).

Als onderdeel van het labonderzoek zullen volumegewichten bepaald worden van monsters uit de aanvulling. Zodra de labresultaten beschikbaar zijn zal getoetst worden of het hier aangehouden volumegewicht aangepast dienen te worden.

Tabel 5-2 – Bodemprofiel minimale gronddruk

| Grondlaag                        | Van [NAP +m] | Tot [NAP +m]    | $\gamma_{droog} / \gamma_{nat}$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\phi_{rep}$ [°] |
|----------------------------------|--------------|-----------------|--|------------------|
| Klei met een matige consistentie | maaiveld     | O,k. aanvulling | 15/15  | 22,5             |

## 5.3 Paalfunderingen

### 5.3.1 Algemeen

#### 5.3.2 Ontgravingsreductie

Op dit moment wordt er rekening gehouden met een ontgravingsreductie op de conusweerstand van de sonderingen. Deze reductie wordt bepaald in D-Foundations conform de methode Begemann. Bij deze methode is de grootte van de reductie afhankelijk van de afstand tot de ontgraving. Het ontgravingsniveau wordt gelijk gehouden aan de onderkant van de constructie. Bij sonderingen die in de aanvulling zijn uitgevoerd wordt de reductie bepaald op basis van de huidige bodemopbouw. In de volgende fase van het grondonderzoek zullen sonderingen vanuit de tunnel gemaakt worden. Op basis van die sonderingen wordt de werkelijke ontgravingsreductie beoordeeld en eventueel aangepast in de berekening.

#### 5.3.3 Bestaand paaltpe

De bestaande palen zijn vibro palen met een diameter van 0,45 m met een afgespannen centrale dywidag staaf  $\varnothing 32$  of  $\varnothing 36$  mm welke in de vloer verankerd is. De staalkwaliteit van de dywidag staaf ontbreekt in de as-buult gegevens maar naar verwachting is deze 950/1050. Het aantal palen en de onderlinge afstanden tussen de palen verschilt per moot. Ook de lengte van de palen is per moot verschillend.

Gezien het opdrijven van moot 26, hetgeen erop duidt dat de palen op trek zijn bezweken, wordt ervan uitgegaan dat de bestaande palen geen enkele trek meer kunnen opnemen. Er wordt wel nog drukdraagvermogen aan de bestaande palen toegekend. Toetsing hiervan geschied volgens de RBK en de NEN8707

#### 5.3.4 Geotechnisch draagvermogen vibropalen

Bij het beschouwen van bestaande palen dient eerst het stroomschema (tabel 5-1) uit de RBK gevolgd te worden t.b.v. het vaststellen van de beoordelingsmethode.

Het paaldraagvermogen dient conform NEN8707 beschouwd te worden. Hierbij dient een reductie van de puntweerstand van 30% conform NEN9997-1 (2017) in rekening te worden gebracht wanneer (nieuwe) paalbelasting (BGT) met meer dan 15% toeneemt. Dit geldt voor alle paalsystemen. Wanneer

de toename van de paalbelasting minder of gelijk is dan 15% is de reductie van de puntweerstand niet van toepassing. Met andere woorden, er mag dan met de oude paalfactoren gerekend worden. Aangezien er aan de belastingen op de tunnel niets is veranderd t.o.v. het oorspronkelijke ontwerp wordt niet verwacht dat er een toename van 15% zal optreden.

Ook dient conform NEN8707 6.1.(5) bij een verificatie met behulp van berekeningen rekening te zijn gehouden met een paalpuntniveau dat 0,25 m hoger of lager kan zijn dan uit bouwgegevens valt af te leiden.

### Paalfactoren

Paalfactoren worden aangehouden conform het type: Betonpaal, in de grond gevormd met een gladde mantelbuis op een voetplaat, waarbij het beton direct tegen de grond drukt. Voor wat betreft de wijze van installeren wordt aangehouden: Geheid; de mantelbuis is terugheind in combinatie met statisch trekken uit de grond verwijderd; de voetplaat blijft in de grond achter.

Bij dit type paal horen de volgende paalfactoren [NEN9997]:

- $\alpha_p = 1$  (gebaseerd op de norm van voor 2016, o.b.v. 8707 en RBK dient o.b.v. de belastingtoename getoetst te worden om dit te mogen hanteren)
- $\alpha_s = 0,014$
- $\alpha_t = 0,012$
- $s = 1$
- $\beta = 1$
- last zakkingslijn 1

### Geometrie

- $D_{\text{schacht}} = 0,45$  m
- $D_{\text{punt}} = 0,45$  m
- Paalpuntniveau en lengte paal verschillen per moot

### Veiligheidsfactoren

- $\gamma_{s,b} = 1,2$
- $\xi_{3,4}$  conform tabel A.10b, uitgangspunt o.b.v. van een stijf bouwwerk

**Tabel A.10b — Correlatiefactoren  $\xi$  voor de bepaling van karakteristieke waarden uit de resultaten van grondproeven (n is het aantal proeven) voor een stijf bouwwerk**

| Correlatiefactoren $\xi$ voor een stijf bouwwerk |      |      |      |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
| $\xi$ voor n =                                   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 7    | 10   |
| $\xi_3^a$  | 1,26 | 1,20 | 1,18 | 1,17 | 1,17 | 1,15 | 1,14 |
| $\xi_4^a$  | 1,26 | 0,96 | 0,94 | 0,93 | 0,93 | 0,92 | 0,91 |

<sup>a</sup> De factor 1,1 volgens NEN-EN 1997-1+C1+A1:2016, 7.6.2.3 (7) is al verwerkt in de factoren van tabel A.10b.

### 5.3.5 Veerstijfheid

#### Axiale veerstijfheid

De axiale veerstijfheid van palen wordt bepaald conform de methodiek zoals beschreven in artikel 7.6.4.2. NEN EN 9997-1. Hierbij wordt de axiale veerstijfheid van een paal berekend door de representatieve waarde van de paalbelasting te delen door de paalkopzakking.

De paalkopverplaatsing voor een enkele paal is opgebouwd uit  $s_{b,rep}$  en  $s_{el,rep}$ . De statische axiale verticale drukveerstijfheid voor de bruikbaarheidsgrenstoestand is dan:

$$k_{\text{statisch}} = \frac{F_{c,\text{statisch};\text{tot}}}{s_{b,rep} + s_{el,rep}}$$

De berekende veerstijfheden zijn gemiddelde representatieve waarden. De lage/hoge representatieve waarde van de veerstijfheid wordt gevonden door de gemiddelde waarde te delen/vermenigvuldigen met een factor van  $\sqrt{2}$ .

De zakking ten gevolge van de samendrukking van de grondlagen onder het paalpuntniveau, s2, speelt in dit project geen rol. Tot de maximaal verkende diepte worden immers geen samendrukbare lagen onder het paalpuntniveau waargenomen, op basis van DINOloket worden deze ook niet verwacht.

### Laterale veerstijfheid

De horizontale bedding van de paal wordt bepaald op basis van de Methode Ménard, waarbij de veer wordt begrensd voor de maximaal te mobiliseren grondweerstand. Hierbij wordt per laag een veer opgegeven als input voor het constructieve model.

### 5.3.6 Nieuwe anker palen

Die nieuwe palen zullen worden afgeperst en mogelijk ook voorgespannen (noodzaak zal moeten blijken uit berekening). Ook zullen er in-situ bezwijkproeven uitgevoerd worden, zodat er mogelijk met gunstigere waarden van  $\alpha_t$  mag worden gerekend.

Conform ROK-00902 worden ankerpalen ontworpen en uitgevoerd conform CUR-publicatie 236 [31].

### 5.3.7 Geotechnisch (Trek) draagvermogen nieuwe anker palen

#### Paalfactoren

Vooralsnog wordt uitgegaan van Ankerpalen van het type A; Met dubbele boorbuis ingebrachte, inwendig gespoelde ankerpalen.

Bij dit type paal horen de volgende paalfactoren [CUR236]:

- $\alpha_t = 0,017^*$  in zand; verwachtingswaarde met in-situ testen en uitgaande van afpersen (wordt in klei, leem en veen veilig nihil, dus  $\alpha_t = 0,000$  gesteld i.v.m. geringe bijdrage);
- afsnuiten van de conusweerstand op max. 20 MPa;
- last zakkingslijn 1;
- Schachtwrijving wordt, i.v.m. afpersen, in rekening gebracht vanaf 4 meter onder o.k. vloer (boven deze zone is afpersen niet mogelijk) of 0,5 meter onder de onderkant van de keileemlaag;

\* Dit is de waarde die conform CUR236 gehanteerd kan worden voor voorontwerp tot de werkelijke waarde van  $\alpha_t$  uit de bezwijkproeven is afgeleid.

Het eigen gewicht van de paal wordt, vanwege de naar verwachting geringe bijdrage, niet meegenomen in de berekening van het trekdraagvermogen.

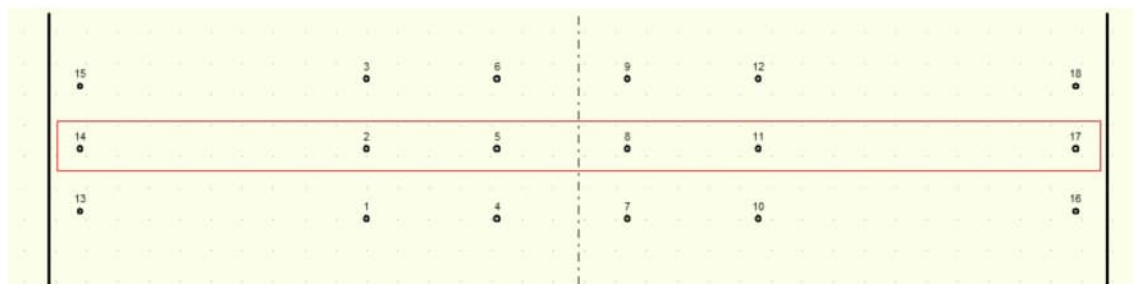
#### Geometrie

- $D_{\text{schacht}} = 0,2 \text{ m}$  ( $\approx$  boorbuis  $\varnothing 178\text{mm} + 20 \text{ mm}$  voor afpersen)
- $D_{\text{punt}} = 0,2 \text{ m}$

#### Groepseffect

Om het groepseffect in rekening te brengen worden in D-Foundations minimaal drie rijen ankerpalen gemodelleerd met h.o.h. afstanden behorende bij het palenplan van de betreffende moot. De draagkracht wordt bepaald o.b.v. de middelste palen rij (rode vak).

Uitgangspunt in de berekening van het draagvermogen is dat de bestaande vibro-palen zijn bezweken.



Figuur 7 Invoer palen in D-Foundations o.b.v. palenplan moot 26

#### Veiligheidsfactoren

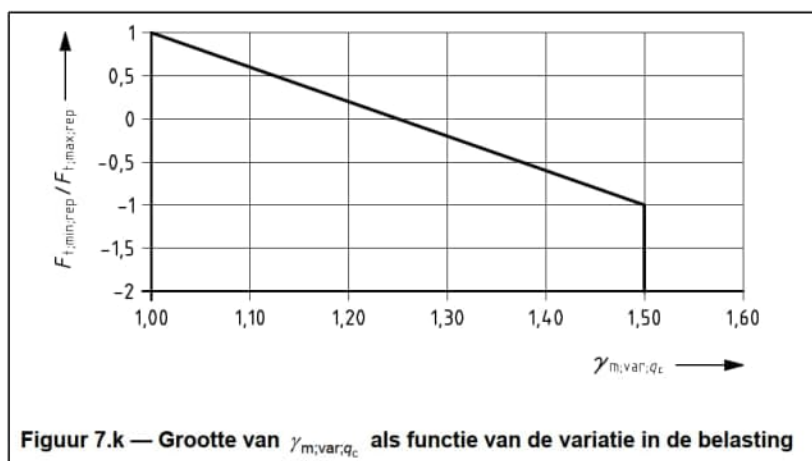
- $\xi_{3,4}$  conform tabel A.10b, uitgangspunt o.b.v. een stijf bouwwerk

**Tabel A.10b — Correlatiefactoren  $\xi$  voor de bepaling van karakteristieke waarden uit de resultaten van grondproeven (n is het aantal proeven) voor een stijf bouwwerk**

| Correlatiefactoren $\xi$ voor een stijf bouwwerk |      |      |      |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
| $\xi$ voor n =                                   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 7    | 10   |
| $\xi_3^a$  | 1,26 | 1,20 | 1,18 | 1,17 | 1,17 | 1,15 | 1,14 |
| $\xi_4^a$  | 1,26 | 0,96 | 0,94 | 0,93 | 0,93 | 0,92 | 0,91 |

<sup>a</sup> De factor 1,1 volgens NEN-EN 1997-1+C1+A1:2016, 7.6.2.3 (7) is al verwerkt in de factoren van tabel A.10b.

- $\gamma_{st} = 1,35$
- $\gamma_{m,var,qc}$  wordt bepaald op basis van figuur 7.k [NEN9997-1] op basis van de minimale en maximale belasting in de BGT.  
 (Gezien de naar verwachting hogere stijfheid van de bestaande palen wordt verwacht dat de ankerpalen niet op druk belast zullen worden, d.w.z.  $\gamma_{m,var,qc}$  van maximaal 1,25.)



### 5.3.8 Corrosie

Er is nog geen uitgangspunt bepaald t.a.v. toepassing van dubbele corrosiebescherming versus het rekenen met een corrosietoeslag conform NEN 6766 (2023).

Uitgaande van met dubbel buis inwendig gespoelboorde Gewi palen is de binnendiameter van de binnenbuis  $\varnothing 108$  mm.

Bij toepassing van dubbele corrosiebescherming worden de staafdiameters beperkt in het boorsysteem door de benodigde ruimte van de corrosiebescherming (maximaal  $\varnothing 50$ mm en mogelijk  $\varnothing 57,5$ mm) en moet een koppelmof worden toegepast, omdat de maximale assemblage lengte beperkt is tot 18 m.

In het geval van een corrosietoeslag wordt een reductie op de staaldoorsnede t.g.v. corrosie in rekening gebracht (i.e. 3 mm op de diameter voor periode van 50 jaar), maar is het mogelijk om staven  $\varnothing 63,5$ mm of groter tot 30 m in één lengte toe te passen.

### 5.3.9 Veerstijfheid

#### Laterale veerstijfheid

De horizontale bedding van de paal wordt bepaald op basis van de Methode Ménard waarbij de veerwaarde wordt afgetopt.

### Axiale veerstijfheid

Voor het constructieve model is een veerstijfheid van de op trek belasting ankerpalen bepaald conform CUR236.

$$\frac{1}{k_{axiaal;rep}} = \frac{1}{k_{elastisch;rep}} + \frac{1}{k_{schacht;rep}} + \frac{1}{k_{kruip;rep}} + \frac{1}{k_{ondergrond;rep}}$$

Waarin:

- $k_{axiaal;rep}$  is de representatieve waarde van de axiale veerstijfheid van de op trek belaste ankerpaal, in kN/m;
- $k_{elastisch;rep}$  is de veerstijfheid met betrekking tot het aandeel vanuit elastische verlenging van de ankerpaal in kN/m;
- $k_{schacht;rep}$  is de veerstijfheid met betrekking tot het aandeel vanuit mobilisatie schachtwrijving in kN/m
- $k_{kruip;rep}$  is de veerstijfheid met betrekking tot het aandeel vanuit grondmechanische kruip van de ankerpaal in kN/m. Conform CUR236 wordt  $k_{kruip;rep}$  verwaarloosbaar verondersteld:  $k_{kruip;rep} = \infty$ ;
- $k_{ondergrond;rep}$  is de veerstijfheid met betrekking tot het aandeel vanuit heffing van grondlagen in kN/m. Gezien de leeftijd van de constructie wordt verwacht dat eventuele heffing van de ondergrond reeds is opgetreden. De heffing die ontstaat uit lagen beneden de paalpunt wordt hiermee verwaarloosbaar klein geacht en wordt gesteld:  $k_{ondergrond;rep} = \infty$ ;

### 5.3.10 Proefbelastingen op Gewi palen

Op basis van uitgevoerde berekeningen is het een vereiste om bezwijkproeven uit te voeren om een haalbaar funderingsontwerp te krijgen.

Het voorstel is om twee sets van drie bezwijkproeven uit te voeren op de twee te onderscheiden geologische formaties. Eén set op de formatie van Drachten (zone NAP -13 á -21 m) en één set op de formatie van Urk (zone NAP -21 tot -40 m). Met name de formatie van Drachten kenmerkt zich door hoge conusweerstand (gemiddeld tot 40 á 50 MPa). Voor een uitgebreide beschrijving van de nog uit te voeren bezwijkproeven wordt verwezen naar de memo "Voorstel Uitvoering Bezwijkproeven op Gewi palen, d.d. 15-02-2023".

Voor het uitvoeren, interpreteren en berekenen aan de hand van bezwijkproeven zijn in aanvulling op CUR236 2<sup>e</sup> druk de volgende ROK-eisen van toepassing:

| ROK-00903   | 7.6.1-NEN 9997-1  | Kunstwerk |
|-------------|---|-----------|
| Eistekst    | Indien het ontwerp van ankerpalen wordt gebaseerd op vooraf uit te voeren bezwijkproeven op verloren testpalen, moeten deze bezwijkproeven worden uitgevoerd conform § 10.2 van CUR-publicatie 236.<br>De analyse van de proefresultaten moet gebeuren cf. § 10.9 van CUR-publicatie 236. Hierbij wordt in stap 5 de wrijvingsfactor $\alpha_{z,i}$ bepaald met $q_{c;gem}$ waarbij $q_{c;gem}$ , in tegenstelling tot hetgeen staat vermeld in CUR-publicatie 236, niet mag worden afgesnoten. |           |
| Bovenl. eis | ROK-00902   |           |
| Toelichting | De maxima voor de wrijvingsfactor $\alpha_{z,i}$ genoemd in stap 5 van § 10.9 van CUR-publicatie 236 moeten bij de interpretatie van de bezwijkproeven wel in acht worden genomen.  |           |



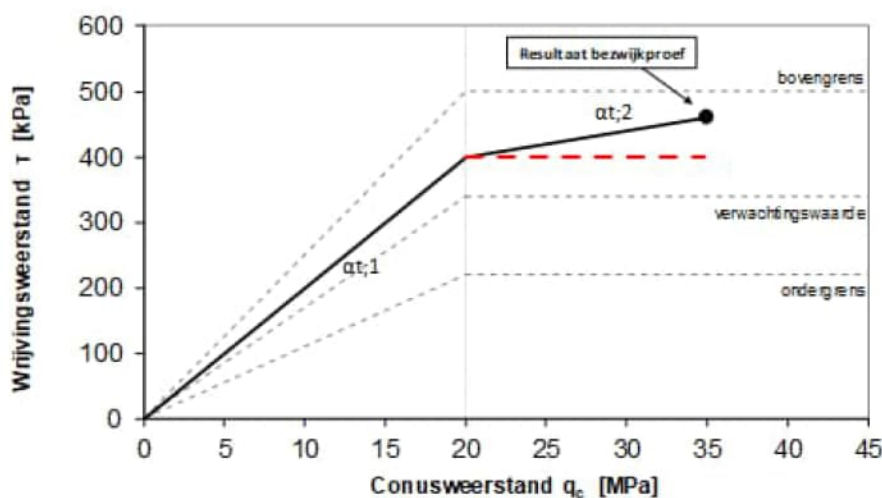
| ROK-00904   | 7.6.1-NEN 9997-1  | Kunstwerk |
|-------------|---|-----------|
| Eistekst    | <p>Indien het ontwerp van op trek belaste ankerpalen wordt gebaseerd op vooraf uit te voeren bezwijkproeven op verloren testpalen, moet de geotechnische draagkracht worden gebaseerd op § 6.1 van CUR-publicatie 236.</p> <p>In afwijking van § 6.1 van CUR-publicatie 236 moet hierbij de waarde voor <math>q_{c12;ontgr}</math> worden afgesneden op de hoogste waarde van:</p> <p>a) de gemiddelde gemeten conusweerstand over de lengte van de verankeringslichamen van de verloren testpalen; en</p> <p>b) de afsnuitwaarde voor <math>q_c</math> in tabel 6.1 van CUR-publicatie 236.</p> <p>Bij deze berekening van de geotechnische draagkracht moeten de waarden voor <math>\alpha_{t,i}</math> en <math>T_{mob;max}</math> worden gemaximeerd op de waarden die hiervoor worden genoemd in stap 5 van § 10.9 van CUR-publicatie 236.</p> |           |
| Bovenl. eis | ROK-00902   |           |
| Toelichting | <p>Het in de eistekst onder a) genoemde, heeft betrekking op de situatie waarbij de - over de lengte van de verankeringslichamen van de verloren testpalen - gemeten gemiddelde conusweerstand groter is dan de afsnuitwaarde voor <math>q_c</math> in tabel 6.1 van CUR-publicatie 236.</p> <p>Het in de eistekst onder b) genoemde, heeft betrekking op de situatie waarbij de - over de lengte van de verankeringslichamen van de verloren testpalen - gemeten gemiddelde conusweerstand kleiner is dan de afsnuitwaarde voor <math>q_c</math> in tabel 6.1 van CUR-publicatie 236.</p>  |           |

Met name eis ROK-00904 werkt beperkend vanwege de hoge conusweerstand om een hogere  $\alpha_t$  te behalen dan de ondergrens waarde uit de CUR236 in de formatie van Drachten. Uitgaande van deze eis heeft het uitvoeren van bezwijkproeven geen meerwaarde, aangezien dan naar verwachting een  $\alpha_t$  behaald gaat worden in de orde van 1,0%. Zonder proeven zou conform tabel 6.1 van CUR236 2<sup>e</sup> druk een  $\alpha_t$  waarde van 1,1% gehanteerd mogen worden. Conform eis ROK-00904 mag afgesneden worden op de gemiddelde waarde van de conusweerstand uit de bezwijkproeven. Echter de conusweerstand in deze formatie zijn nogal wisselend, wanneer de conusweerstand uit de sonderingen die gebruikt worden voor de bepaling van het draagvermogen van de productiepalen lager is dan in de bezwijkproeven valt de gemobiliseerde weerstand nog lager uit.

Het voorstel is om de  $\alpha_t$  te bepalen conform paragraaf 10.9 van de CUR 236 3<sup>e</sup> druk uitgaande van een maximaal te mobiliseren weerstand van 500 kN/m<sup>2</sup>. Deze richtlijn is op moment van schrijven nog niet gepubliceerd maar het definitieve tekstvoorstel is wel reeds beschikbaar.

Om een modellering in de huidige versie van D-Foundations mogelijk te maken voor grondlagen met een conusweerstand groter dan 20 MPa wordt vooralsnog alleen  $\alpha_t;1$  meegenomen en wordt afgesneden op 20 MPa (i.e. rode stippellijn in onderstaand voorbeeld). Een enigszins conservatieve modellering.

NB: RWS heeft aangegeven dat bij toepassing van de CUR236 3<sup>e</sup> druk de ROK eisen 903 en 904 komen te vervallen.



Verder dient de aangetoonde waarde uit de bezwijkproeven conform CUR236 bevestigd te worden met controle- en geschiktheidsproeven (beide minimaal 3%). Omdat controleproeven in de praktijk weinig informatie opleveren, is het voorstel om afwijking op de CUR 236 alleen geschiktheidsproeven uit te voeren. In overleg met RWS zal bepaald worden welke palen onderworpen gaan worden aan een geschiktheidsproef. Tijdens het uitvoeren van de proeven zijn trillingen uit de omgeving (verkeer door de tunnel) niet toegestaan.

## 6 MATERIALEN

### 6.1 Beton (bestaande constructie)

De betonkwaliteit van de bestaande constructieonderdelen is volgens de beschikbare informatie B22,5. Conform art. 3.1.2. (10) van de RBK [24] onder voorwaarde dat er geen zichtbare schade aanwezig is en dat het beton als constructief beton bedoeld was, mag voor de bovenbouw van Rijkswaterstaat kunstwerken een minimale waarde van  $f_{ck} = 19 \text{ N/mm}^2$  worden aangehouden.

Indien er aanleiding toe is kan aanvullend onderzoek (kernen boren en beproeven) gedaan worden naar de werkelijke betonkwaliteit. Hierbij is het uitgangspunt om eerst een beperkt proefprogramma te realiseren op één enkele moot. Wanneer hier hogere betonkwaliteiten worden aangetroffen zullen op meerdere moten betononderzoeken worden uitgevoerd. Hierbij worden de locaties dusdanig gekozen dat er een representatief beeld over de tunnel ontstaat.

Tabel 3 Beton sterkteklasse per constructie onderdeel

| Onderdeel                  | Sterkteklasse | Bron document | SP nr.       |
|----------------------------|---------------|---------------|--------------|
| Bestaande betonconstructie | B22,5         | [MT-599-WA]   | W-23-003-167 |

In de berekening wordt gebruik gemaakt van de materiaaleigenschappen gegeven in Tabel 4.

Tabel 4 Betonsterkte eigenschappen

| Betonkwaliteit | $f_{ck}$<br>[N/mm <sup>2</sup> ]       | $f_{ck,cube}$<br>[N/mm <sup>2</sup> ]  | $f_{cm}$<br>[N/mm <sup>2</sup> ]      | $f_{ctm}$<br>[N/mm <sup>2</sup> ]      | $E_{cm}$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] |
|----------------|--|--|---------------------------------------|--|----------------------------------|
| B22,5          | 19                                     | 24                                     | 27                                    | 2,14                                   | 29600                            |
| Betonkwaliteit | $f_{ctk,0,05}$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{ctk,0,95}$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{cd}^{**}$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{ctd}^{**}$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] |                                  |
| B22,5          | 1,50                                   | 2,78                                   | 12,67                                 | 1,00                                   |                                  |

Voor alle betonsterkteklassen geldt:  $\nu = 0,15^*$   
<sup>\*</sup> De poisson verhouding mag gelijk genomen worden aan 0,20 voor ongescheurd beton en aan 0 voor gescheurd beton. In beginsel wordt gerekend met 0,15.  
<sup>\*\*</sup>  $f_{cd}$  en  $f_{ctd}$  zijn gegeven voor blijvende en tijdelijke belastingen

$$E_{c,red1} \text{ (gescheurd):} \quad E_{cm} / 3 \text{ (UGT)}$$

$$E_{c,red2} \text{ (deels gescheurd):} \quad E_{cm} / 2 \text{ ("BGT")}$$

In de constructieve modellering wordt voor de BGT/UGT uitgegaan van een gescheurde stijfheid met een elasticiteitsmodulus van  $E_{c,red1}$ .

In de geotechnische modellering wordt voor de uitgegaan van een gemiddelde stijfheid met een elasticiteitsmodulus van  $E_{c,red2}$ .

### 6.2 Betonstaal

De betonstaal kwaliteit van de bestaande onderdelen is afgeleid uit de beschikbare wapeningstekeningen en gegeven in Tabel 5. Voor de materiaaleigenschappen zie RBK [24] paragraaf 2.6.1 art. 3.2.2 (7).

Tabel 5 Betonstaal kwaliteit per constructie onderdeel

| Onderdeel         | Sterkteklasse | Bron document                    | SP nr.    |
|-------------------|---------------|----------------------------------|-----------|
| betonconstructies | FeB400        | MT-16 – Betonstaal kwaliteit.pdf | W23-003-1 |

De materiaal eigenschappen conform de NEN-EN 1992-1-1 art. 3.2 zijn weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6 Materiaaleigenschappen betonstaal (RBK tabel 3-4)

| Staalsoort | $f_{yk}$             | $f_{yd}$             | $E_s$                | Thermische uitzettingscoëfficiënt |
|------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|
|            | [N/mm <sup>2</sup> ] | [N/mm <sup>2</sup> ] | [N/mm <sup>2</sup> ] | $\alpha$<br>[K <sup>-1</sup> ]    |
| FeB400     | 400                  | 348                  | 200.000              | 10 <sup>-5</sup>                  |

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$  (voor  $\gamma_s$  zie paragraaf 0)

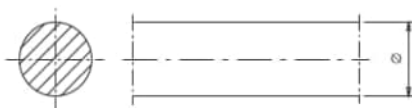
### 6.3 Voorspanstaal

#### Bestaande Dywidag staven:

Toegepast zijn staven van het type 32 WS en 36 WS.

Tabel 7 Materiaaleigenschappen bestaande Dywidag staven (ETA-05-0123 DYWIDAG PT bar tendon system)

Plain bar, WS, dimensions



| Nominal diameter | Nominal mass per metre <sup>1)</sup> | Nom. cross-sectional area |
|------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| $\varnothing$    | M                                    | $S_n$                     |
| mm               | kg/m                                 | mm <sup>2</sup>           |
| 32               | 6.313                                | 804                       |
| 36               | 7.99                                 | 1018                      |

<sup>1)</sup> Tolerance to nominal mass  $\pm 4.5\%$

| Nominal diameter | 0.1% - proof stress      | Tensile strength  | Characteristic     |               | —                      |   |
|------------------|--------------------------|-------------------|--------------------|---------------|------------------------|---|
|                  |                          |                   | 0.1% - proof force | Maximum force |                        |   |
| $\varnothing$    | $R_{p0.1}$<br>$f_{p0.1}$ | $R_m$<br>$f_{pk}$ | $F_{p0.1}$         | $F_{pk}$      | $\alpha$ <sup>1)</sup> |   |
| mm               | N/mm <sup>2</sup>        | N/mm              | kN                 | kN            | %                      |   |
| WR<br>WS         | 32                       | 950               | 1050               | 760           | 845                    | 5 |
|                  | 36                       |                   |                    | 960           | 1070                   |   |

#### Nieuwe Gewi ankers:

Uitgaande van ankerpalen met een afgeperst ankerlichaam gelden onderstaande grootheden conform [31]:

#### Staal:

- Gewi +
- $\varnothing$  50 mm of  $\varnothing$ 57,5
- Staalkwaliteit: 670/800
- $E = 195 \cdot 10^6$  kN/m<sup>2</sup>

#### Grout:

- $\varnothing$  200 mm (diameter boorbuis + 20 mm voor afpersen)
- $E = 20 \cdot 10^6$  kN/m<sup>2</sup>

De Gewi staven worden voorzien van een dubbele corrosiebescherming. Een kunststof ribbelbuis over de volledige lengte wordt vooraf geïnjecteerd met grout, over de vrije ankerlengte komt nog een gladde PE omhullingsbuis die geïnjecteerd wordt met vet. Dit resulteert in een toeslag van 20 á 25 mm op de staafdiameter.

## 6.4 Materiaalfactoren

Conform NEN-EN 1992-1-1 tabel 2.1N, NEN-EN 1993-1-1 art. 6.1 en 1993-1-9 tabel NB.1 geldt:

Tabel 8 Materiaalfactoren nieuwbouw

| Ontwerpsituatie       | $\gamma_c$<br>beton       | $\gamma_s$<br>betonstaal       | $\gamma_s$<br>voorspanstaal | $\gamma_{M0}$<br>constructiestaal  |
|-----------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Blijvend en tijdelijk | 1,5                       | 1,15                           | 1,1                         | 1,0                                |
| Buitengewoon          | 1,2                       | 1,0                            | 1,0                         | 1,0                                |
| Ontwerpsituatie       | $\gamma_{c,fat}$<br>beton | $\gamma_{s,fat}$<br>betonstaal |                             | $\gamma_{M,f}$<br>constructiestaal |
| Vermoeiing            | 1,5                       | 1,15                           | -                           | 1,0-1,35 <sup>1)</sup>             |

1) Afhankelijk van de beoordelingsmethode en gevolg van het bezwijken.

## 6.5 Milieuklassen en betondekking

Betondekking bestaande constructie: 30 mm

Betondekking nieuwe constructiedelen: conform ROK [23].

Milieuklassen n.v.t. als alleen op sterkte wordt getoetst.

Evt. toevoegen voor nieuwe constructieonderdelen.

## 7 BELASTINGGEVALLEN

### 7.1 Permanente belastingen

#### 7.1.1 Eigen gewicht

Voor de soortelijke massa van de materialen gelden onderstaande waarden conform NEN-EN 1991-1-1 bijlage A. Bij gemodelleerde onderdelen dient rekening te worden gehouden met mogelijke "dubbel" meegenomen volumes, dit kan relevant zijn bij relatief dikke elementen.

|                  |   |
|------------------|---|
| Gewapend beton:  | 24,5 kN/m <sup>3</sup> (2500 kg/m <sup>3</sup> )* |
| Asfalt:          | 23,0 kN/m <sup>3</sup>                            |
| Staal:           | 78,5 kN/m <sup>3</sup>                            |
| Water:           | 10,0 kN/m <sup>3</sup>                            |
| Zand droog:      | 18,0 kN/m <sup>3</sup> (zie §5.2.1)               |
| Zand nat:        | 20,0 kN/m <sup>3</sup> (zie §5.2.1)               |
| Klei nat / droog | 15,0 kN/m <sup>3</sup> (zie §5.2.2)               |

\*Indien er aanleiding is de situatie UPLIFT te toetsen zal gerekend worden met een gewicht voor beton van 23,8 kN/m<sup>3</sup>.

#### 7.1.2 Rustende belasting

De rustende belastingen bestaat uit:

- Asfaltverharding;
- Halve betonnen barriers langs de wanden;
- Opstort middenberm;
- 2 geleiderails in de middenberm

##### Asfaltverharding:

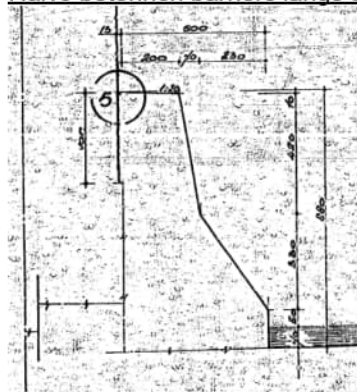
Oorspronkelijk is er 70 mm asfalt beton aangebracht op de betonconstructie.

Onduidelijk is of er in de loop van de tijd overlagingen met een afwijkende dikte zijn aangebracht.

Totdat er informatie beschikbaar is uit kernboringen over de werkelijke dikte van de verharding wordt uitgegaan van de minimale verhardingsdikte voor betonnen kunstwerken van 140 mm conform ROK-0018.

Omdat de asfaltverharding periodiek vervangen wordt, wordt deze niet meegenomen in combinaties t.b.v. maximale opwaartse belasting. Om deze reden wordt voor de asfaltverharding een apart belastinggeval aangemaakt.

##### Halve betonnen barriers langs de wanden:

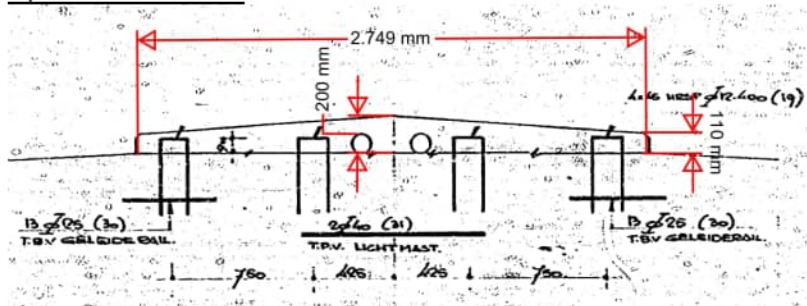


Figuur 8 Afmetingen barrier (bron: tek. MT-131B)

$$A = 0,88 \times 0,5 - 0,07 \times 0,43/2 - 0,33 \times 0,32/2 = 0,37 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{rep}} = 25 \times 0,37 = 9,3 \text{ kN/m}$$

Opstort middenberm:



Figuur 9 Opstort middenberm (bron: tek. MT-599WA)

Breedte = 2,75 m

$q_{i,rand,rep} = 25 \times 0,11 = 2,75 \text{ kN/m}^2$

$q_{i,midden,rep} = 25 \times 0,201 = 5,0 \text{ kN/m}^2$

Belasting wordt ingevoerd als een gelijkmatige belasting van:  $(2,75 + 5,0)/2 = 3,88 \text{ kN/m}^2$

Geleiderail:

Voor het eigen gewicht van de geleiderail wordt een belasting van 1 kN/m aangehouden

**7.1.3 Grond(water)druk**

7.1.3.1 Algemeen

Grondwater leidt tot een horizontale belasting tegen de wanden en een opwaartse belasting tegen de onderzijde van de vloer. De grondwaterdruk wordt in rekening gebracht op basis van de in §3.3 genoemde ontwerpwaterstanden.

De grondwig direct naast de afgeschuinde wand welke wordt begrensd door het verticale glijdvlak wordt meegenomen als verticale belasting.

Uit het beschikbare grondonderzoek komt naar voren dat de grond waarmee de tunnel destijds is aangevuld niet consistent is. De grond varieert tussen zand en klei met de eigenschappen zoals genoemd in §5.2.

D.m.v. een verkennende berekening is gekeken wat de invloed is van het rekenen met zand of klei. Hieruit blijkt dat het rekenen met zand (hogere horizontale belasting op wand) op vrij wel alle onderdelen maatgevend is qua krachtwerking, met uitzondering van de volgende onderdelen:

- Rekenen met klei levert een iets hogere trekkracht op in de middenpalen
- Rekenen met klei levert lagere normaaldrukkracht in vloer op (ca. 58%)

Besloten is te rekenen met zand en op de volgende manier rekening te houden met eventuele aanwezigheid van klei in de toetsingen:

- Trekkracht middenpalen toetsen op een maximale UC van 0,95
  - 50% van de normaaldrukkracht hanteren voor de toetsing van het veldmoment in de vloer
- Het verschil in inklemmingsmoment t.p.v. de aansluiting van wand op vloer tussen het rekenen met zand of klei is dusdanig groot, dat het gerechtvaardigd is te rekenen met de volledige normaaldrukkracht.

7.1.3.2 Opspaneffect

Conform de ROK-0669 geldt:

Als gevolg van fluctuerende temperaturen en evt. waterstanden moet bij vrij uitragende wanden het oplopen van de gronddruk tot hogere waarden in de loop der tijd als volgt in rekening worden gebracht:

Voor de gemobiliseerde druk geldt:

$$K_{h,mob} = K_0 + (K_{ph} - K_0) * (v/z) / (a + v/z)$$

waarin:

$K_{h,mob}$  Horizontale gronddrukcoëfficiënt als gevolg van het opspaneffect;

|          |   |
|----------|---|
| $K_0$    | Neutrale gronddrukcoëfficiënt;  |
| $K_{ph}$ | Passieve horizontale gronddrukcoëfficiënt;  |
| $v$      | Verplaatsing van de wand, in passieve richting op diepte $z$ , als gevolg van fluctuerende temperatuureffecten en waterstanden; |
| $z$      | Diepte;   |
| $a$      | Parameter die afhankelijk is van de pakking van het zand.   |

De parameter  $a$  varieert tussen 0,01 voor vastgepakt zand en 0,1 voor los gepakt zand. Voor in lagen verdicht zand kan  $a = 0,03$  worden aangehouden. Voor de belastingfactor moet 1,5 worden aangehouden.

Met behulp van bovenstaande berekening is de invloed van de opspanning op de horizontale korreldruk over de hoogte bepaald. Van boven naar beneden resulteert dit in een extra horizontale druk van 3,1 tot 4,1 kN/m<sup>2</sup>. In de berekening wordt gerekend met een extra belasting van 4 kN/m<sup>2</sup>.

### 7.1.3.3 Verticale wandwrijving

Deze belasting wordt als variabele belasting in de combinaties verwerkt en wordt in de resultaten alleen meegenomen als deze ongunstig werkt.

grondwrijving langs beton:

|                   |  |
|-------------------|--|
| wrijvingsspanning | $\sigma_z = \tan \delta \times \lambda_n \times \sigma'_v$ |
| met               | $\sigma'_v$ = verticale korreldruk                         |
|                   | $\delta = 2/3 \times \phi$ (zand $\phi = 30^\circ$ )       |

### 7.1.4 Ballast

Om te voorkomen dat de moten opdrijven is tijdelijk ballast aangebracht. Deze ballast kan pas verwijderd worden nadat de nieuwe ankers zijn aangebracht. De ballast dient meegenomen te worden als apart belastinggeval.

De hoeveelheid ballast verschilt per moot en heeft invloed op de hoeveelheid trek in de nieuwe ankers wanneer de ballast wordt weg gehaald.

Moot 26 is voorzien van dusdanig veel ballast dat de bestaande palen ten allen tijde op druk worden belast. De overige moten zijn voorzien van aanzienlijk minder ballast.

De configuratie van ballast zoals vastgesteld t.b.v. de gedeeltelijke openstelling van de tunnel wordt verwezen naar de volgende tekeningen:

- [35] VHB-CIV-TEK-UO-0001 - Inrichting openstelling toerit NW
- [36] VHB-CIV-TEK-UO-0002 - Inrichting openstelling toerit ZO

## 7.1 Veranderlijke belastingen

### 7.1.1 Bovenbelasting maaiveld

**Uitgangspunt is dat de werkzaamheden vanuit de bak worden uitgevoerd en er geen significante bouwbelasting op het maaiveld naast de tunnel aanwezig zal zijn gedurende de bouwfase.**

#### Standaard bovenbelasting:

Het maaiveld rondom de tunnel is in principe niet publiekstoegankelijk. Standaard wordt er rekening gehouden met een bovenbelasting van **10,0 kN/m<sup>2</sup>**

Bij een gronddrukfactor  $K_{0gem} = 0,50$  en een vlak of licht hellend maaiveld komt dit overeen met een extra horizontale gronddruk van 5,0 kN/m<sup>2</sup> tegen de constructie.

#### Bovenbelasting t.p.v. moot 20:

Uitzondering op bovenstaande is moot 20. Hier ligt een brugdek over de weg, t.b.v. een doodlopende bestemmingsweg. Hier wordt rekening gehouden met een bovenbelasting van **20 kN/m<sup>2</sup>** (normale verkeers-/bouwbelasting)

Bij een gronddrukfactor  $K_{0gem} = 0,50$  en een vlak of licht hellend maaiveld komt dit overeen met een extra horizontale gronddruk van 10,0 kN/m<sup>2</sup> tegen de constructie.



Deze belasting geldt over de breedte van de weg (6,0 m in het midden van de moot). Direct naast de weg wordt de standaard bovenbelasting gehanteerd.

### 7.1.2 Verkeersbelasting LM1

Belastingen en correctiefactoren worden in rekening gebracht conform NEN-EN 1991-2, art 4.3.2.

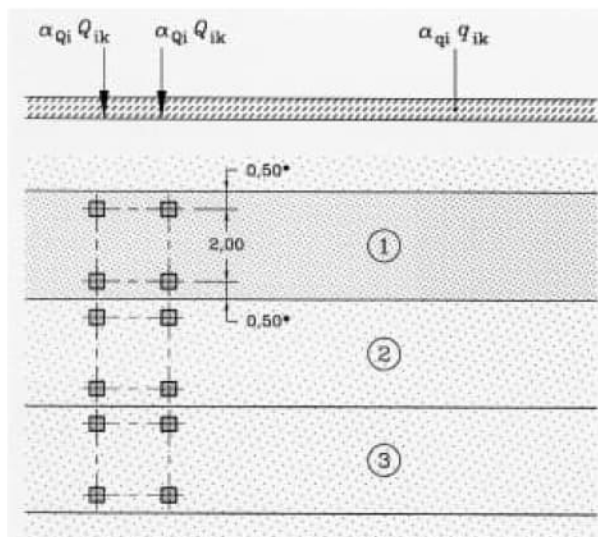
Overeenkomstig de ROK par. , art. 4.3.2 (3) wordt voor de bepaling van de correctiefactoren  $\alpha_{Q1}$ ,  $\alpha_{q1}$  en  $\alpha_{qr}$  uitgegaan van  $N_{obs} \geq 2.000.000$  vrachtwagens per jaar per rijstrook voor zwaar verkeer. Bij een rijweg met drie of meer theoretische rijstroken geldt  $\alpha_{q1} = 1,15$  en voor  $i > 1$  geldt  $\alpha_{qi} = 1,40$ .

NB: de rijstroken 1 t/m 3 moeten op verschillende plaatsen op de rijbaan worden geplaatst.

Voor de vloerconstructies in de onderdoorgang geldt:

| Positie                      | Tandemlaststelsel    |                  |                                    | Verdeelde belasting UDL |                  |                                    |
|------------------------------|----------------------|------------------|------------------------------------|-------------------------|------------------|------------------------------------|
|                              | $\alpha_{Qi}$<br>[-] | $Q_{ik}$<br>[kN] | $\alpha_{Qi} \cdot Q_{ik}$<br>[kN] | $\alpha_{qi}$<br>[-]    | $q_{ik}$<br>[kN] | $\alpha_{qi} \cdot q_{ik}$<br>[kN] |
| Rijstrook 1                  | 1,00                 | 300              | 300                                | 1,15                    | 9,00             | 10,35                              |
| Rijstrook 2                  | 1,00                 | 200              | 200                                | 1,40                    | 2,50             | 3,50                               |
| Rijstrook 3                  | 1,00                 | 100              | 100                                | 1,40                    | 2,50             | 3,50                               |
| Overige rijstroken           | -                    | -                | -                                  | 1,40                    | 2,50             | 3,50                               |
| Resterend oppervlak $q_{rk}$ | -                    | -                | -                                  | 1,00                    | 2,50             | 2,50                               |

Het aantal theoretische rijstroken wordt bepaald op basis van de afstand tussen de vaste geleideconstructies (300 mm uit hart geleiderail middenberm en 500 mm uit binnenzijde wand (barrier)).



Overige uitgangspunten:

- Zwaarst belaste rijstrook op willekeurige locatie
- Spreiding wiellasten over 1,0 x 1,0 m
- Tussenafstand assen in tandemstelsel = 1,2 m

### 7.1.3 Verkeersbelasting voor vermoeiing (nieuwbouw)

Voor de vermoeiingsbeschouwing van de betonconstructie kunnen belastingmodellen 1 en 4b worden toegepast. Model 1 is een eenvoudige benadering, maar is erg conservatief. Model 4b vereist meer rekenwerk en wordt daarom alleen toegepast indien een berekening met model 1 niet voldoet. De belastingen moeten worden gecombineerd volgens NEN-EN 1992-1-1 H6.8.3. Voor het aantal zware voertuigen per jaar per rijstrook geldt NEN-EN 1991-2 tabel NB.5 (autosnelweg).

#### Load Model 1 voor vermoeiing

Belastingmodel 1 voor vermoeiing komt wat betreft configuratie en karakteristieke belasting overeen met Load Model 1 zoals gedefinieerd bij de verticale belastingen door wegverkeer, waarbij de aslasten gelijk zijn aan  $0,7 \cdot Q_{1k}$  en de gelijkmatig verdeelde vlaklast gelijk is aan  $0,3 \cdot q_{1k}$  en  $0,3 \cdot q_{rk}$  (hierbij geen  $\alpha$ -factoren toepassen). Load Model 1 voor vermoeiing is bedoeld voor het bepalen van de maximum en minimum spanningen door de mogelijke lastplaatsingen.

#### Load Model 4b voor vermoeiing

De set vrachtwagens conform ROK dient te worden toegepast. Aangezien sprake is van het autosnelweg wordt gerekend met  $2,25 \cdot 10^6$  voertuigen per zware rijstrook per jaar (Nobs,a,sl). Door middel van invloedslijnen kan de invloed van de verschillende aslasten worden gecombineerd.

### 7.1.4 Rembelasting

Rembelasting (rembelasting dek en stootplaat afzonderlijk bepalen.)

$$F_{hor} = 0,6 \cdot \alpha_{Q1} \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0,10 \cdot \alpha_{q1} \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L, \text{ waarbij } 180 \cdot \alpha_{q1} \leq F_{hor} \leq 800 \text{ kN.}$$

Waarbij:

- $\alpha_{Q1}$  : correctiefactoren voor sommige belastingsmodellen op rijstroken;
- $Q_{1k}$  : grootte van de karakteristieke verticale belasting op de wegverkeersbrug;
- $q_{1k}$  : grootte van de karakteristieke verticale verdeelde belasting (belastingmodel 1) op theoretische rijstrook nummer  $i$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) van een wegverkeersbrug;
- $w_1$  : breedte van een theoretische rijstrook van een wegverkeersbrug;
- $L$  : belaste lengte.

De lengte van alle moeten bedraagt 18 m.

Hieruit volgt:

$$F_{hor} = 0,6 \cdot 1,0 \cdot (2 \cdot 300) + 0,10 \cdot 1,15 \cdot 9,0 \cdot 3,0 \cdot 18 = \mathbf{416 \text{ kN}}$$
 waarbij  $270 \leq F_{hor} \leq 800 \text{ kN}$ .

De horizontaal kracht wordt gelijkmatig verdeeld over de vloer.

(de rembelasting zal indien mogelijk geheel worden opgenomen door de wrijving van de grond met de wanden)

### 7.1.5 Temperatuur

Voor de temperatuurbelasting in de onderdoorgangen wordt de ROK aangehouden. Deze sluit beter aan op dit specifieke type constructie dan de generieke eisen uit NEN-EN 1991-1-5. Thermische effecten worden in rekening gebracht bij BGT-combinaties. De effecten van temperatuur zijn niet significant en de ductiliteit en rotatiecapaciteit mogen als voldoende worden aangenomen, zodat temperatuur bij de UGT-combinaties conform NEN-EN 1992-1-1 art. 2.3.1.2 voor de berekening van de betonconstructie achterwege wordt gelaten.

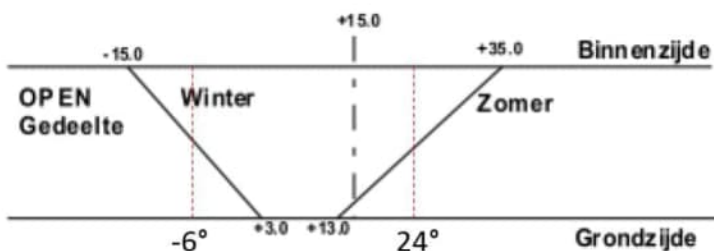
#### Algemene uitgangspunten:

Omdat de wand een vrije uitkraging is heeft de temperatuurbelasting geen effect op de krachtswerking in de wand. Omdat het rekenen met verschillende temperatuurbelastingen op aansluitende platen onrealistische resultaten geeft t.p.v. de aansluiting geeft wordt de temperatuursbelasting zoals bepaald voor de vloer op de gehele constructie gezet.

#### Jaarlijkse temperatuurbelasting:

conform ROK-0029 [23]

Referentietemperatuur: 15 °C



In het overgangsgedebied tussen gesloten en open gedeeltes moet over een lengte van 25 m tussen de waarden voor het gesloten en open gedeelte lineair worden geïnterpoleerd.

Jaarlijkse temperatuurbelasting:  
 conform ROK-0640 [23]:

Vloer

- Asfaltdekking: 80 mm
- Dagelijkse temperatuurafname: -6° C
- Dagelijkse temperatuurtoename: +12° C

De dagelijkse temperatuurbelasting werkt over de bovenste 300 mm van de doorsnede.



In **Fout!** Verwijzingsbron niet gevonden. is deze temperatuurbelasting omgerekend naar een gelijkmatig temperatuursverloop over de gehele doorsnede. In Tabel 9 en Tabel 10 zijn de jaarlijkse en dagelijkse temperatuurbelasting gecombineerd tot 1 belastinggeval.

Tabel 9 Jaarlijkse + dagelijkse temperatuurbelasting Zomer

| Vloer     |                               | Zomer                       |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |            |
|-----------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------|
|           |                               | Jaarlijks                   |                                    | Dagelijks                          |                                    | Totaal                             |                                    |            |
| Moten     | $h_{\text{vloer gem}}$<br>[m] | $T_{\text{binnen}}$<br>[°C] | $\Delta T_{\text{buiten}}$<br>[°C] | $\Delta T_{\text{binnen}}$<br>[°C] | $\Delta T_{\text{buiten}}$<br>[°C] | $\Delta T_{\text{binnen}}$<br>[°C] | $\Delta T_{\text{buiten}}$<br>[°C] | $\Delta T$ |
| 7 t/m 16  | 0,874                         | 9                           | -2                                 | 11,37                              | -4,51                              | <b>20,37</b>                       | <b>-6,51</b>                       | 26,88      |
| 24 t/m 28 | 1,35                          | 9                           | -2                                 | 7,9                                | -3,46                              | <b>16,9</b>                        | <b>-5,46</b>                       | 22,36      |
| 18 t/m 21 | 1,35                          | 9                           | -2                                 | 7,9                                | -3,46                              | <b>16,9</b>                        | <b>-5,46</b>                       | 22,36      |
| 29 t/m 36 | 0,874                         | 9                           | -2                                 | 11,37                              | -4,51                              | <b>20,37</b>                       | <b>-6,51</b>                       | 26,88      |

Tabel 10 Jaarlijkse + dagelijkse temperatuurbelasting Winter

| Vloer     |                               | Winter                              |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |            |  |  |
|-----------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------|--|--|
|           |                               | Jaarlijks                           |                                     |                                     | Dagelijks                           |                                     |                                     | Totaal     |  |  |
| Moten     | $h_{\text{vloer gem}}$<br>[m] | $\Delta T_{\text{,binnen}}$<br>[°C] | $\Delta T_{\text{,buiten}}$<br>[°C] | $\Delta T_{\text{,binnen}}$<br>[°C] | $\Delta T_{\text{,buiten}}$<br>[°C] | $\Delta T_{\text{,binnen}}$<br>[°C] | $\Delta T_{\text{,buiten}}$<br>[°C] | $\Delta T$ |  |  |
| 7 t/m 16  | 0,874                         | -30                                 | -21                                 | -4,55                               | 1,8                                 | <b>-34,55</b>                       | <b>-19,2</b>                        | -15,35     |  |  |
| 24 t/m 28 | 1,35                          | -30                                 | -21                                 | -3,16                               | 1,38                                | <b>-33,16</b>                       | <b>-19,62</b>                       | -13,54     |  |  |
| 18 t/m 21 | 1,35                          | -30                                 | -21                                 | -3,16                               | 1,38                                | <b>-33,16</b>                       | <b>-19,62</b>                       | -13,54     |  |  |
| 29 t/m 36 | 0,874                         | -30                                 | -21                                 | -4,55                               | 1,8                                 | <b>-34,55</b>                       | <b>-19,2</b>                        | -15,35     |  |  |

### 7.1.6 Voorspannen ankers

De trekpalen zullen wellicht (beperkt) worden voorgespannen.

Het aanbrengen van voorspanning in de nieuwe palen leidt tot druk (of vermindering van trek) in de bestaande palen. Dit heeft invloed op de krachtswerking in de vloer en dient beschouwd te worden.

De exacte voorspankrachten worden in de berekeningen bepaald.

### 7.2 Niet in rekening gebrachte belastingen

Onderstaande belastingen zijn niet van toepassing of niet maatgevend en zijn niet in beschouwing genomen.

- Zwel (Deltares?)
- Zettingen
- Windbelasting
- Sneeuwbelasting
- Krimp en kruip
- Centrifugaal belasting
- Buitengewone belastingen (Stootbelastingen, Explosie en Aardbeving)

## 8 BELASTINGCOMBINATIES

### 8.1 Belastingfactoren

Voor de belastingen gegeven in hoofdstuk 76 zijn de aan te houden belastingfactoren voor de reconstructie gegeven in Tabel 11 (verbouwniveau), De bijbehorende gevolgklasse is CC3 (zie paragraaf 3.2).

De belastingfactoren zijn bepaald conform NEN-EN 1990 tabel NB.16 – A2.4(B) [1], NEN 8700 tabel A2.2(B) [19], ROK [23] en de RBK [24].

Tabel 11 Belastingfactoren CC3 (verbouwniveau conform RBK tabel 2-2)

| Belasting                      | Ongunstig (6.10a) | Ongunstig (6.10b) | gunstig |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|---------|
| <b>PERMANENT:</b>              |                   |                   |         |
| Eigen gewicht                  | 1,30              | 1,15              | 0,90    |
| Rustende belastingen           | 1,30              | 1,15              | 0,90    |
| Korreldruk                     | 1,30              | 1,15              | 0,90    |
| Ballast                        | 1,30              | 1,15              | 0,90    |
| Voorspannen ankers             | 1,30              | 1,15              | 0,90    |
| GWS kar.*                      | 1,20              | 1,20              | -       |
| GWS NEN-EN 1990 6.10a          | 1,00              | -                 | -       |
| GWS NEN-EN 1990 6.10b          | -                 | 1,00              | -       |
| <b>VERANDERLIJK:</b>           |                   |                   |         |
| Maaiveld- en verkeersbelasting | 1,30              | 1,30              | 0       |
| Rembelasting                   | 1,30              | 1,30              | 0       |
| Temperatuurbelasting           | 1,50              | 1,50              | 0       |
| <b>BUITENGEWOON:</b>           |                   |                   |         |
| n.v.t.                         | -                 | -                 | -       |

Tabel 12 Belastingfactoren CC3 (nieuwbouwniveau conform RBK tabel 2-2)

| Belasting                      | Ongunstig (6.10a) | Ongunstig (6.10b) | gunstig |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|---------|
| <b>PERMANENT:</b>              |                   |                   |         |
| Eigen gewicht                  | 1,40              | 1,25              | 0,90    |
| Rustende belastingen           | 1,40              | 1,25              | 0,90    |
| Korreldruk                     | 1,40              | 1,25              | 0,90    |
| Ballast                        | 1,40              | 1,25              | 0,90    |
| Voorspannen ankers             | 1,40              | 1,25              | 0,90    |
| GWS kar.*                      | 1,35              | 1,35              | -       |
| GWS ROK 2.0, 1,3E-3*           | 1,30              | 1,15              | -       |
| <b>VERANDERLIJK:</b>           |                   |                   |         |
| Maaiveld- en verkeersbelasting | 1,50              | 1,50              | 0       |
| Rembelasting                   | 1,50              | 1,50              | 0       |
| Temperatuurbelasting           | 1,65              | 1,65              | 0       |
| <b>BUITENGEWOON:</b>           |                   |                   |         |
| n.v.t.                         | -                 | -                 | -       |

T.b.v. de grondwaterstanden is er nog een rekenwaarde gegeven door Deltares, de belastingfactoren hiervan zijn opgenomen in de tabellen in H3.3

## 8.2 Momentaanfactoren

De momentaanfactoren voor maaiveld- en verkeersbelasting en temperatuurbelasting zijn bepaald conform NEN-EN 1990 tabel NB.12- A2.1 voor bruggen. De overige momentaanfactoren zijn conservatief aangehouden.

Tabel 13 Momentaanfactoren

| Belasting:                     | $\psi_0$ | $\psi_1$ |
|--------------------------------|----------|----------|
| Waterdruk                      | 1,0      | 1,0      |
| Maaiveld- en verkeersbelasting | 0,8      | 0,8      |
| Rembelasting                   | 0,8      | 0,8      |
| Temperatuurbelasting           | 0,3      | 0,8      |
| Voorspannen ankers             | 1,0      | 1,0      |

## 8.3 Belastingcombinaties

Alle combinaties van belastingen die tijdens de bouwphase, de gebruiksfase en de onderhoudsfase kunnen optreden dienen in beschouwing genomen te worden. De te combineren belastingen zijn gegeven in Tabel 14.

Tabel 14: Belastingcombinaties voor de reconstructie

| Belasting:                                    | UGT |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|-----|
|   | BC1 | BC2 | BC3 | BC4 |
| <b>PERMANENT:</b>                             |     |     |     |     |
| Eigen gewicht                                 | X   | X   | X   | X   |
| Rustende belasting (verharding) <sup>3)</sup> | X   | X   | X   | X   |
| Rustende belastingen (overig)                 | X   | X   | X   | X   |
| Korrel druk                                   | X   | X   | X   | X   |
| Ballast                                       |     |     | X   | X   |
| Voorspannen ankers                            | X   | X   | X   | X   |
| Waterdruk                                     | X   | X   | X   | X   |
|   |     |     |     |     |
| <b>VERANDERLIJK:</b>                          |     |     |     |     |
| Maaiveld- en verkeersbelasting <sup>3)</sup>  | X   | X   | X   | X   |
| Rembelasting                                  | X   | X   | X   | X   |
| Temperatuurbelasting <sup>3)</sup>            | X   | X   | X   | X   |

<sup>1)</sup> Extreem hoge GWS

<sup>2)</sup> Extreem lage GWS

<sup>3)</sup> Indien ongunstig werkend

### Toelichting:

- BC1 en BC2 t.b.v. eindfase (Alle nieuwe ankers onder trek)
- BC3 en BC4 t.b.v. bouwphase (Ballast + voorspanning geeft druk in de bestaande palen)

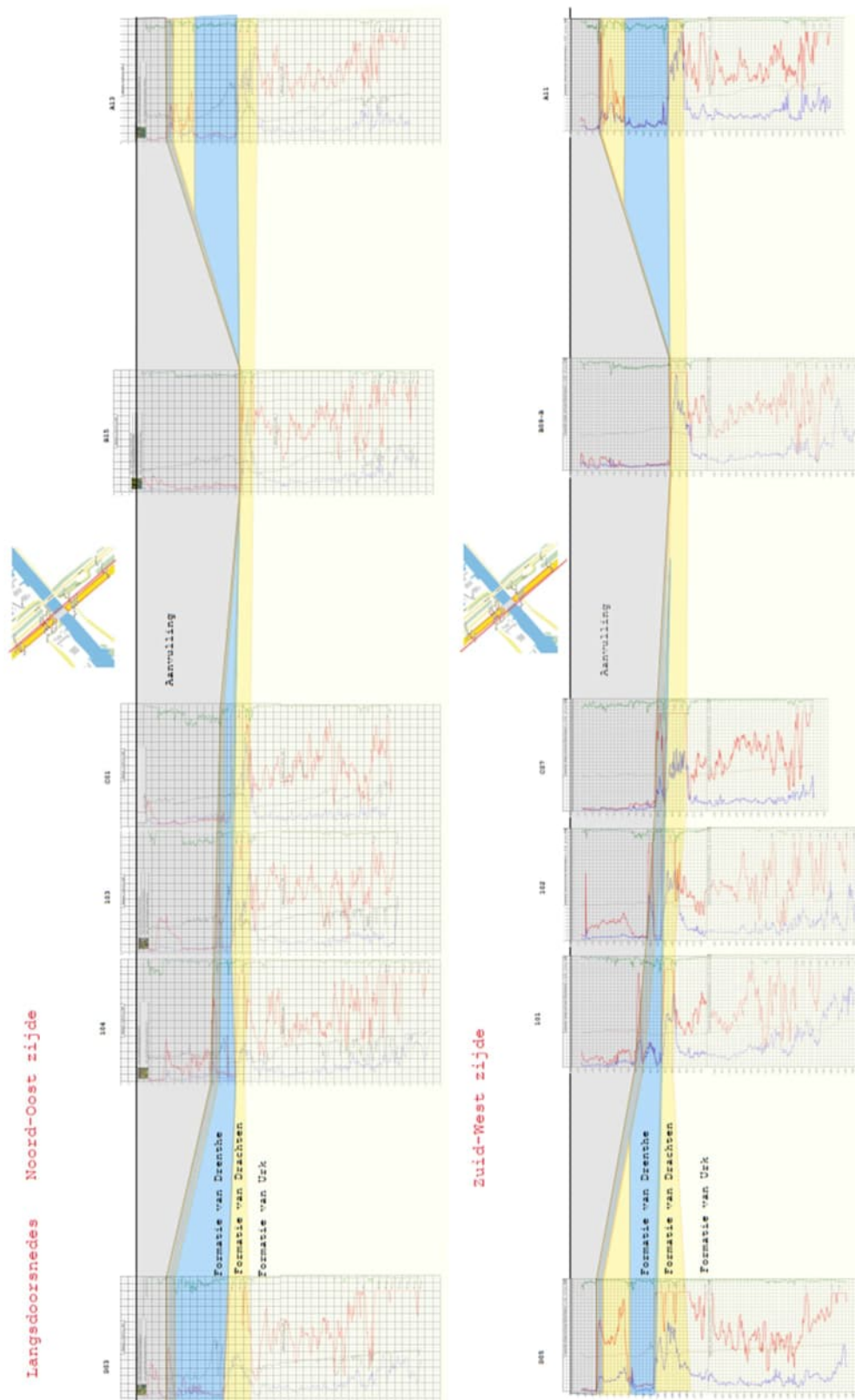
Calamiteit waterdruk tot bk wand (met huidige factoren niet maatgevend)

## **9 UITVOERINGSASPECTEN**

### **9.1 Uitvoeringsklasse**

Conform ROK-0140 geldt dat voor alle onderdelen van een kunstwerk in gevolgklasse CC3, die van belang zijn voor het draagvermogen en duurzaamheid van de constructie, moet worden uitgegaan van uitvoeringsklasse 3

## Bijlage A Geotechnische langsdoorsnede tunnel





## **Bijlage B** Notitie stijghoogten Deltares

[hierachter toegevoegd]