

RAPPORT

**Zettingsanalyse aanleg RWA
aansluiting vestingswerken Bastion
Holland te Stevensweert**

Concept geotechnisch advies met betrekking tot
zettingen

Klant: Gemeente Maasgouw

Referentie: BI1763-RHD-AM-WM-RP-GT-0001

Status: S0/P01.01

Datum: 20 december 2023

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Water & Maritime
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Zettingsanalyse aanleg RWA aansluiting vestingswerken Bastion Holland te Stevensweert
Sub titel: Concept geotechnisch advies met betrekking tot zettingen
Referentie: BI1763-RHD-AM-WM-RP-GT-0001
Status: P01.01/S0
Datum: 20 december 2023
Projectnaam: Dijkkruising Stevensweert
Projectnummer: BI1763
Auteur(s):

Opgesteld door: _____

Gecontroleerd door: _____

Datum: 20/12/2023

Goedgekeurd door: _____

Datum: 20-12-2023

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden veelevoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Projectgegevens	3
2.1	Project specifieke documenten	3
2.2	Geotechnisch grondonderzoek	3
2.3	Openbare bronnen	3
2.4	Normen en Richtlijnen	3
3	Projectomschrijving	4
3.1	Beschrijving bestaande situatie	4
3.2	Beschrijving ontwerp	5
3.3	Restzettingseis	5
4	Bodem- en terreingesteldheid	6
4.1	Terreinhoogte	6
4.2	Geologische bodemopbouw	6
4.3	Geotechnische laagopbouw	7
4.4	Geotechnische grondparameters	7
4.5	Oppervlaktewater en grondwaterstanden	8
5	Geotechnische risico's	9
5.1	Risico's voor RWA-leidingen	9
5.2	Risico's voor de op staal gefundeerde putten	9
5.3	Risico's voor de primaire waterkering	9
5.4	Risico's voor constructies in de omgeving	10
6	Uitgangspunten en methodiek	11
6.1	Rekenmethode	11
6.2	Modelgeometrie	11
7	Resultaten	12
8	Conclusie	17

Figurenlijst

Figuur 1-1: Nieuw aan te leggen RWA	1
Figuur 3-1: Projectlocatie [Google Maps]	4
Figuur 3-2: Deel van normtraject 81-1	4
Figuur 3-3: Doorsnedes RWA	5
Figuur 4-1: Geologische opbouw [DINOLoket]	6
Figuur 4-2: Peilbuismeting [DinoLoket]	8
Figuur 5-1: Verwijdering anker	10
Figuur 6-1: D- Settlement Model (WCS)	11
Figuur 7-1: Zettingsgrafiek RWA-leiding (representatief)	13
Figuur 7-2: Zettingsgrafiek RWA-leiding (WCS)	13
Figuur 7-3: Achtergrondzetting meetpunt L00021146P00027257 [bodemdalingskaart.nl]	14
Figuur 7-4: Situatie grondverbetering rioolput	15
Figuur 7-5: Grenswaarden waterstanden in de Maas [rijkswaterstaat.nl]	16

Tabellenlijst

Tabel 4-1: Bodemopbouw uit SW03 (representatief)	7
Tabel 4-2: Bodemopbouw uit SW08 (WCS)	7
Tabel 4-3: Grondparameters	8
Tabel 5-1: Risico's voor RWA-leidingen	9
Tabel 5-2: Risico's voor putten	9
Tabel 5-3: Risico's voor de primaire waterkering	9
Tabel 5-4: Risico's voor constructies in de omgeving	10
Tabel 7-1: Resultaten zettingen (representatief)	12
Tabel 7-2: Resultaten zettingen (WCS)	12

Bijlagen

- A1 Grondonderzoek
- A2 Controle oprijfrisico

1 Inleiding

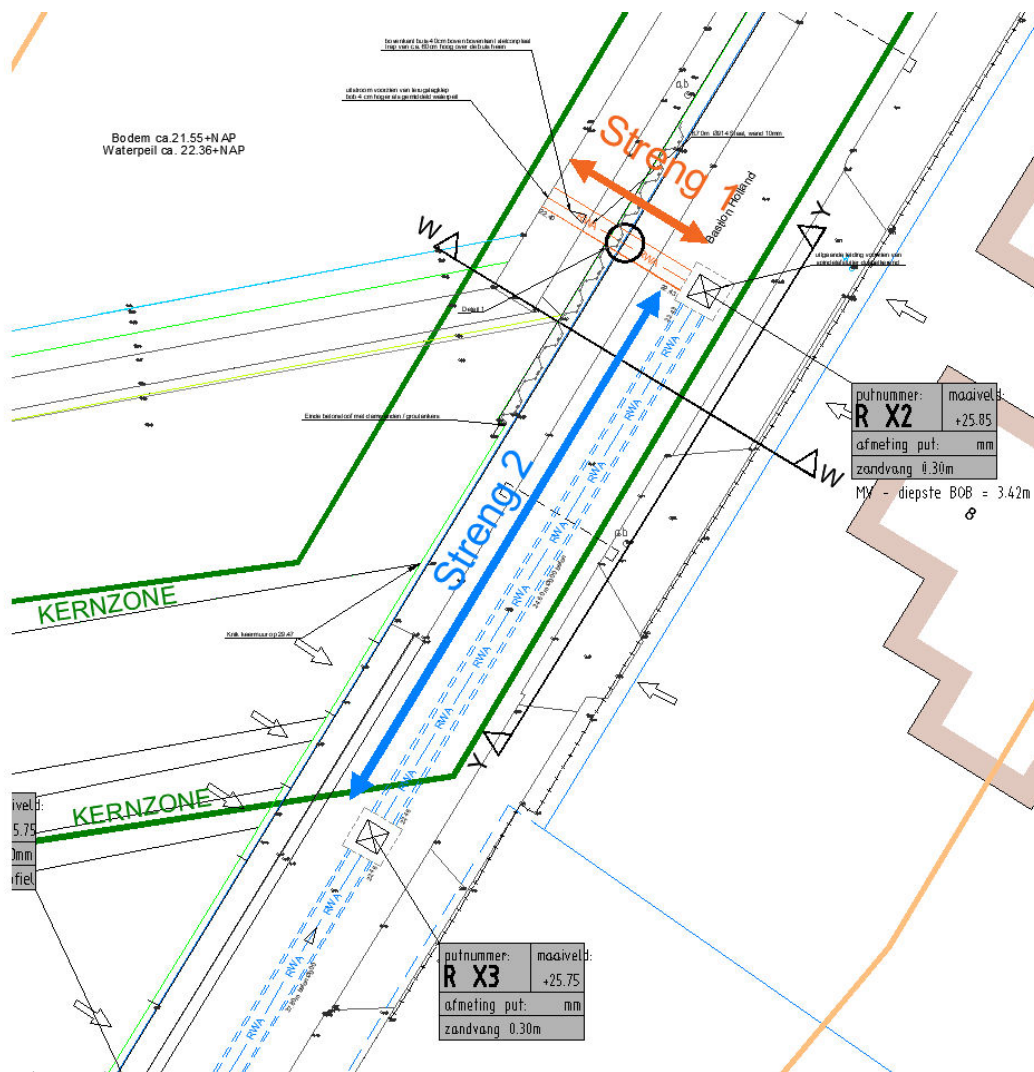
Aanleiding

In opdracht van de gemeente Maasgouw wordt door RA+ ingenieurs een de vervanging van het rioelstelsel in Stevensweert voorbereid. Deze werkzaamheden zijn aanbesteed en vervolgens aangenomen door BLM wegebouw.

Een onderdeel van het systeem is de aanleg van een RWA-riool bij Bastion Holland (zie Figuur 1-1). Deze weg is onderdeel van de primaire waterkering welke bestaat uit een grondlichaam met een damwand als vervangende waterkering.

In eerste instantie was het uitgangspunt dat de waterkering gekruist kon worden met een gesloten front boring. Tijdens de uitvoering er ook het volgende alternatief beschouwd. De nieuwe leiding wordt in open ontgraving door waterkering aangelegd en kruist de damwand waarin een nieuwe afsluiting wordt gerealiseerd.

Voor de aanleg van deze RWA-leidingen dient er een sleuf gegraven te worden, die vervolgens met zand wordt aangevuld. De toename in gewicht door de gevulde leiding kan leiden tot ondergrondzettingen. De zettingen zouden een negatief effect kunnen hebben op de hoogte van de primaire waterkering.



Figuur 1-1: Nieuw aan te leggen RWA



Vraagstelling

Royal HaskoningDHV (RHDHV) is gevraagd een geotechnische zettingsanalyse uit te voeren voor de aan te leggen RWA-leidingen.

Doelstelling

Dit rapport beschrijft de resultaten van de verwachten zettingen van de nieuw aan te leggen RWA-leidingen.

2 Projectgegevens

2.1 Project specifieke documenten

Het onderstaande project specifieke document is gebruikt als uitgangspunt voor het ontwerp:

[BLM] BLM Wegenbouw, Schetsontwerp aansluiting regenwaterafvoer op vestingwerken.
Tekeningnummer 230307 RWA aansluiting.dwg 20/12/2023.

2.2 Geotechnisch grondonderzoek

In de periode van 29 augustus tot 1 september 2022 is in opdracht van RHDHV een geotechnisch grondonderzoek uitgevoerd. Het onderzoek heeft bestaan uit:

- Zware slagsonderingen tot 15 m diepte;
- Handboringen tot 1 à 3 m diepte.

De omvang en resultaten van het booronderzoek zijn beschreven in het volgende rapport, dat ook is opgenomen in Bijlage 1 van dit rapport.

[AEL1] Aelmans, Geotechnisch bodemonderzoek Bastion Holland ong. te Stevensweert.
Rapportnummer: E223273.004/LOM. Maastricht, 7 september 2022.

Daarnaast is er een ouder grondonderzoek beschikbaar, uitgevoerd door Geoconsult Geotechniek in april 2006, voor het project 'Onderzoek naar Vestingwerken tussen de oude kern en de Maasdijk in Stevensweert, gemeente Maasbracht'. Dit grondonderzoek is ook opgenomen in Bijlage A1.

[GG] Geoconsult Geotechniek, grondonderzoek Oude kern en Maasdijk. Rapportnummer: GA-60070. 5 April 2006.

[MTO] Milieutechnisch onderzoek ouder kern fase 2 te Stevensweert, Rapport MTO 220555 Incl. bijlagen

2.3 Openbare bronnen

Gebruik is gemaakt van de volgende openbare bronnen:

[DINO] DINOloket. Gegevens en modellen van de Nederlandse Ondergrond.www.dinoloket.nl

[AHN] Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN), Digitale hoogtekaart voor Nederland.
www.ahn.nl

[GWT] Grondwatertools, www.grondwatertools.nl/gwsinbeeld/

2.4 Normen en Richtlijnen

De volgende Normen en Richtlijnen zijn gehanteerd:

[NEN9997-1] NEN9997-1+C2:2017, Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels, 2017

3 Projectomschrijving

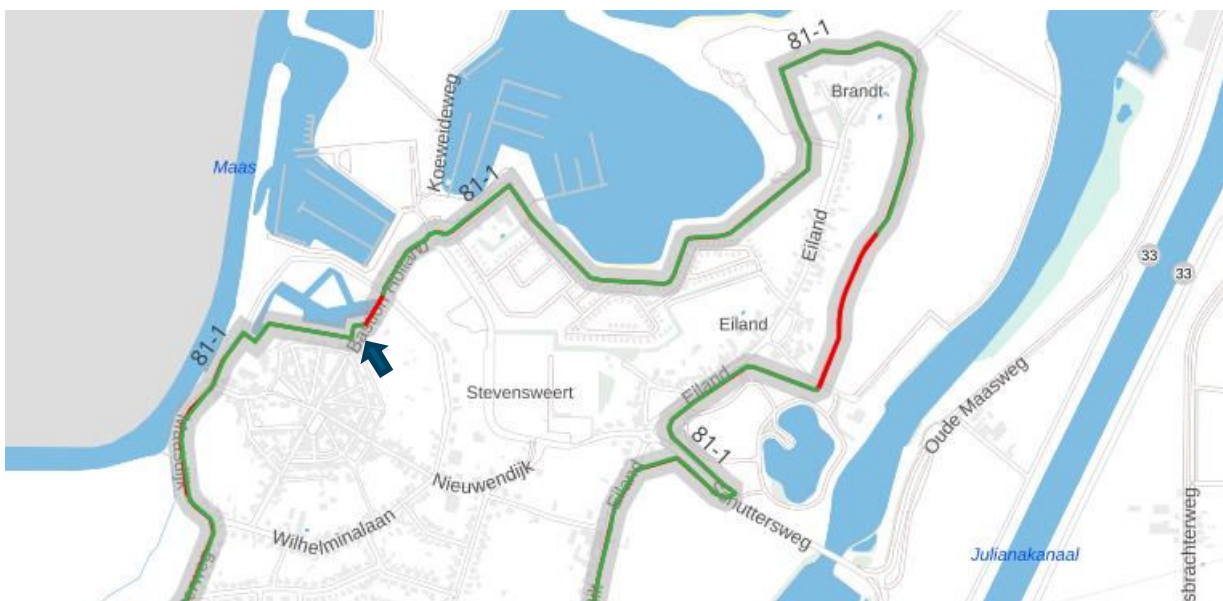
3.1 Beschrijving bestaande situatie

Het aan te leggen RWA-riool wordt aangesloten op de vestingwerken van de Bastion Holland. De locatie van de Bastion Holland is weergegeven in Figuur 3-1.



Figuur 3-1: Projectlocatie [Google Maps]

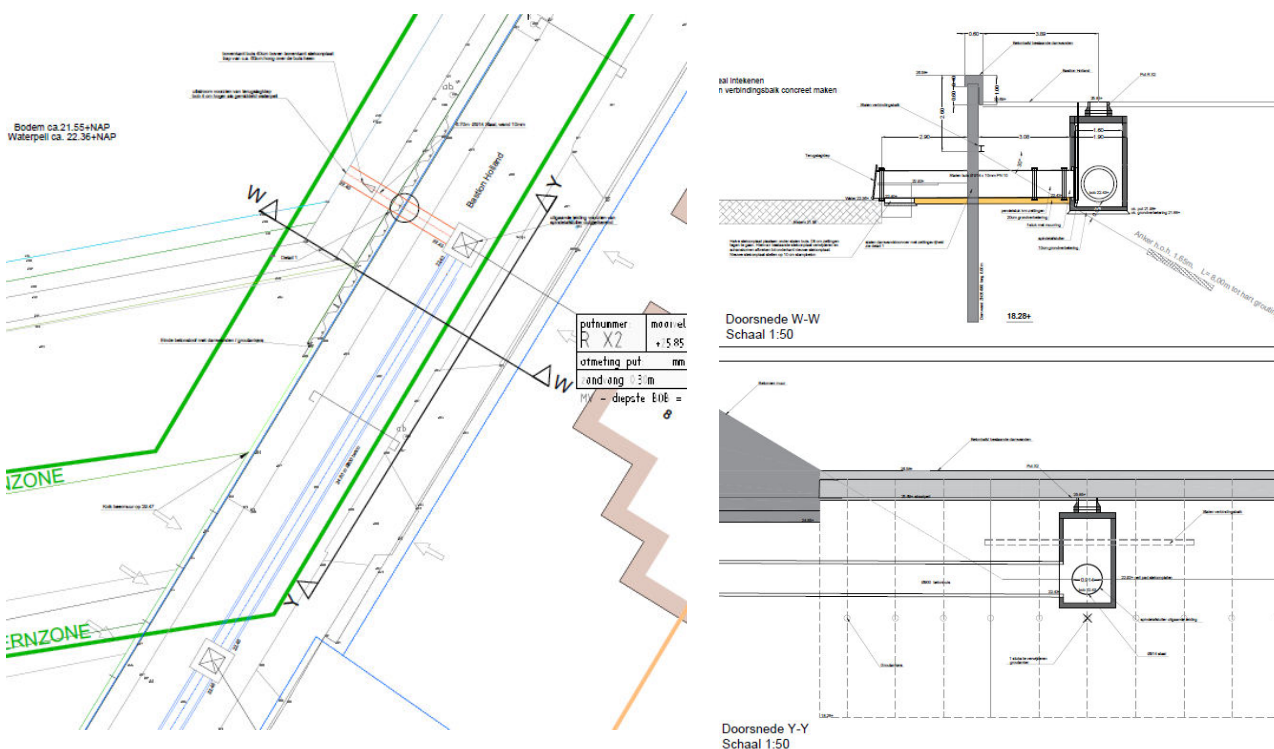
De vestingwerken van Bastion Holland zijn omstreeks 2009 aangelegd. De werken liggen nabij de oude kern van Stevensweert. De vestingwerken vormen onderdeel van een primaire waterkering: normtraject 81-1 met een signaleringsnorm 1:300 en een ondergrensnorm 1:100 (www.waterveiligheidsportaal.nl), zie Figuur 3-2.



Figuur 3-2: Deel van normtraject 81-1

3.2 Beschrijving ontwerp

In de nieuwe situatie wordt een RWA-riool door het dijklichaam van Bastion Holland aangelegd. De opzet is het RWA-riool uit te voeren in stalen leiding met een diameter van 914 mm en betonnen leiding met een diameter van 900 mm. De dijk kruising wordt uitgevoerd met een stalen leiding. De leidingen worden geplaatst op een niveau (b.o.b.) tussen NAP +22,46 m en NAP +22,40 m. Er zijn twee doorsnedes van de situatie weergegeven in Figuur 3-3. Onder de stalen leiding welke de damwand kruist wordt een ca. 65 cm dikke laag grondverbetering aangebracht, bestaande uit zand om zoveel mogelijk de optredende zettingen te beperken. Onder de betonnen leiding wordt reguliere grondverbetering toegepast van 20 centimeter. Onder de nieuwe te plaatsen putten wordt een ca. 25 cm dikke laag grondverbetering aangebracht.



Figuur 3-3: Doorsnedes RWA

3.3 Restzettingseis

Er is geen specifieke eis voor restzettingen vastgesteld. De berekende zettingen dienen meegenomen te worden in de ontwerpoverwegingen.

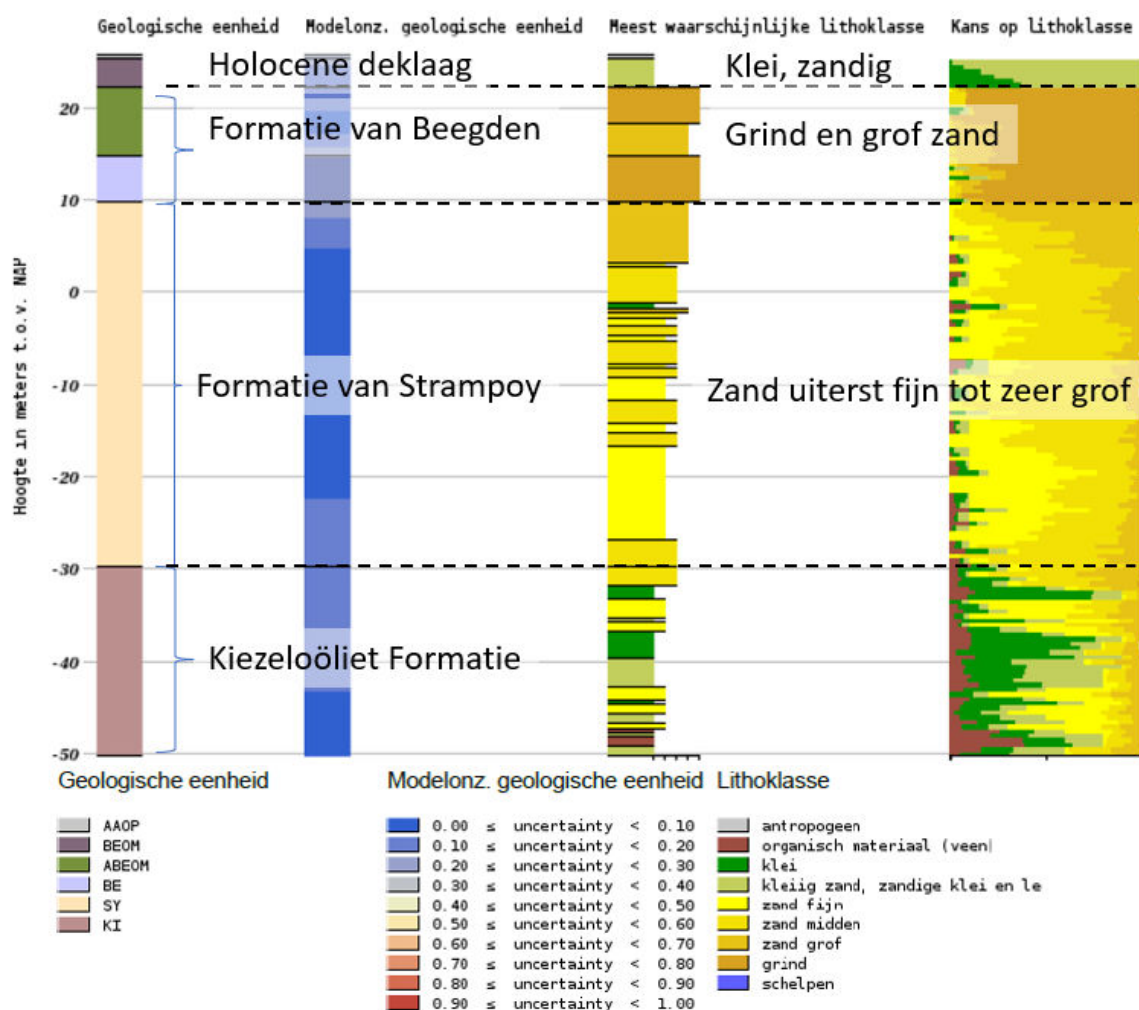
4 Bodem- en terreingesteldheid

4.1 Terreinhoogte

De huidige terreinhoogte op de projectlocatie, zoals aangegeven in het schetsontwerp [BLM], varieert tussen NAP +25,85 en NAP +25,75 m.

4.2 Geologische bodemopbouw

De geologische bodemopbouw is afgeleid aan de hand van het GeoTop grondmodel in DINOLoket. Een typische geologische opbouw ter plaatse van Bastion Holland is weergegeven in Figuur 4-1.



Figuur 4-1: Geologische opbouw [DINOLoket]

Vanaf maaiveld bestaat de ondergrond uit rivierafzettingen (jonge terrasafzettingen) van de Maas. Onder een Holocene deklaag van zandige klei/leem bestaat de ondergrond tot ongeveer 20 m diepte hoofdzakelijk uit grind en grof zand, welke behoren tot de Formatie van Beegden en de Formatie van Strampoy.

4.3 Geotechnische laagopbouw

Op basis van de grondonderzoeken [GG] en [AEL1] is de bodemopbouw vastgesteld. De sonderingen SW01 tot en met SW05, die direct op de locatie van Bastion Holland zijn uitgevoerd, zijn het meest representatief. De bodemopbouw is afgeleid van de maatgevende sondering SW03 en is in Tabel 4-1 weergegeven.

Opmerkelijk is dat enkele sonderingen in de nabijheid van Bastion Holland een aanzienlijk slappere grondopbouw laten zien. Dit geldt voor DPTH04 uit [AEL1] en SW06 en SW08 uit [GG], met conusweerstand tot 0,5 MPa en een wrijvingsgetal van 7-9% (SW08). Door de locatie van deze sonderingen worden ze als minder representatief beschouwd voor de zettingen van de RWA-leidingen. Er wordt echter een worst-case-scenario berekening uitgevoerd met een slappere bodemopbouw, gebaseerd op de gegevens uit deze sonderingen. De gehanteerde bodemopbouw in dit geval is in Tabel 4-2 weergegeven.

Met betrekking tot de bestaande verhardingsconstructie wordt aangenomen dat de asfaltlaag 25 cm dik is, die, uitgaande van een conservatieve aanname, direct is gefundeerd op een zandbed (i.p.v. menggranulaat) van 50 cm dik. Er wordt uitgegaan van een conservatieve aanname omdat het pakket mogelijk in de toekomst kan veranderen. Het huidige pakket is conform het Milieutechnisch onderzoek ca. 17 centimeter op een fundering van

Tabel 4-1: Bodemopbouw uit SW03 (representatief)

Grondsoort	B.k. [NAP m]
Bestaand asfalt	+25,85
Bestaand cunet (zand)	+25,60
Klei/leem, sterk zandig	+25,10
Grind/Zand, vast tot zeer vast	+21,75

Tabel 4-2: Bodemopbouw uit SW08 (WCS)

Grondsoort	B.k. [NAP m]
Bestaand asfalt	+25,85
Bestaand cunet (zand)	+25,60
Klei, zwak zandig, slap tot matig	+25,10
Grind/Zand vast tot zeer vast	+21,75

4.4 Geotechnische grondparameters

De grondparameters die als invoer dienen voor de rekenmodellen zijn bepaald op basis van het grondonderzoek en vastgesteld op basis van tabel 2.b van NEN9997-1 en correlaties met de conusweerstand. De gehanteerde grondparameters zijn in Tabel 4-3 weergegeven.

Tabel 4-3: Grondparameters

Grondlaag	$\gamma_{dry} / \gamma_{sat}$ [kN/m ³]	C_v [m ² /s]	CR [-]	RR [-]	C_α [-]
Zand (cunet)	18/20	-	-	-	-
Klei/leem, sterk zandig	18/18	1,0·10 ⁻⁶	0,092	0,037	0,0037
Klei, zwak zandig, slap	15/15	1,0·10 ⁻⁸	0,23	0,0767	0,0092
Grind/Zand, vast tot zeer vast	19/21	-	0,0019	0,0006	0

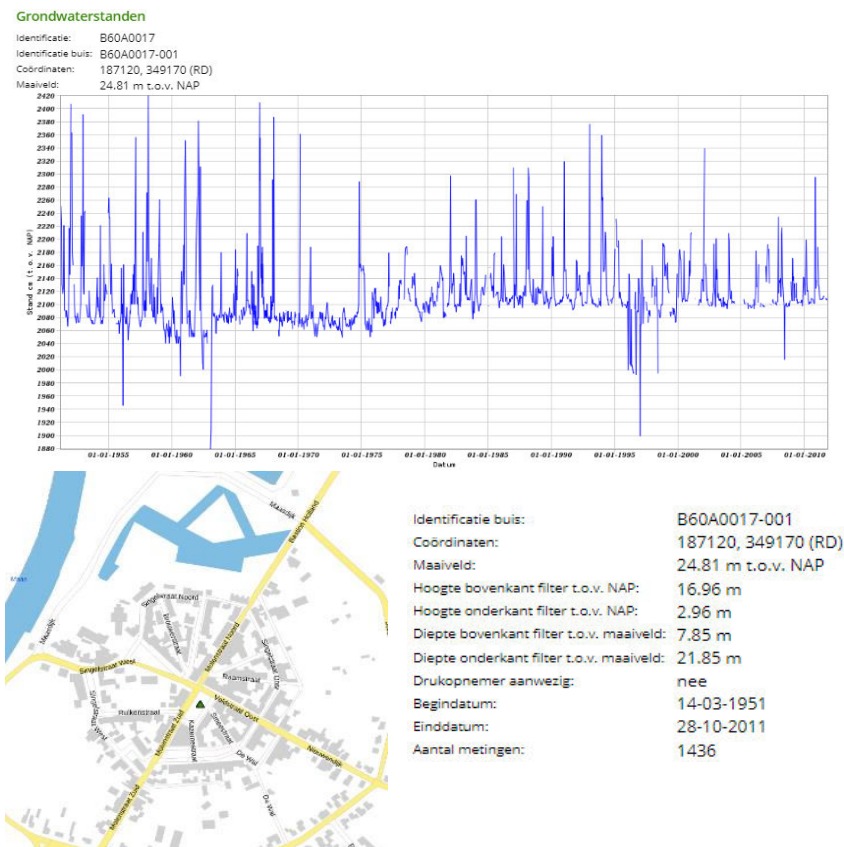
Voor de kleilagen is een POP van 10 kPa aangenomen.

4.5 Oppervlaktewater en grondwaterstanden

De open waterstand volgt uit tekening [BLM] en bedraagt NAP +22,36 m.

Tijdens de uitvoering van het grondonderzoek [AEL1], is in de sondeergaten naar het grondwater gepeild. De grondwaterstand is aangetroffen op 2,1 à 4,1 meter onder maaiveld, oftewel op NAP +23,1 m à NAP +21,5 m.

In DinoLoket is slechts één peilbuis aanwezig in de omgeving van de projectlocatie: peilbuis B60A0017, zie Figuur 4-2. De meetreeks tussen 1951 en 2012 toont aan dat de grondwaterstand fluctueert tussen NAP +21,0 m en NAP +22,0 m. Periodiek zijn er uitschieters naar NAP +24,0 m, waarschijnlijk als gevolg van hoge rivierwaterstanden. Voor de zettingsberekeningen wordt uitgegaan van een grondwaterstand van NAP +22,36 m, gelijk aan het openwaterpeil.



Figuur 4-2: Peilbuismeting [DinoLoket]

5 Geotechnische risico's

In dit hoofdstuk zijn de risico's geïnventariseerd op basis van de projectspecifieke eisen, de raakvlakken en de bodemopbouw.

5.1 Risico's voor RWA-leidingen

In onderstaand overzicht zijn de risico's aangegeven voor de RWA-leidingen.

Tabel 5-1: Risico's voor RWA-leidingen

Risico	Oorzaak	Kans	Gevolg	Beheersmaatregel	Restrisico
Schade leidingen	Te grote hoekverdraaiing en zettingsverschillen	Matig	Matig	Zettingsanalyse Grondverbetering	Klein

5.2 Risico's voor de op staal gefundeerde putten

In onderstaand overzicht zijn de risico's aangegeven voor de op staal gefundeerde putten.

Tabel 5-2: Risico's voor putten

Risico	Oorzaak	Kans	Gevolg	Beheersmaatregel	Restrisico
Scheuren in het beton	Zettingsverschillen	Matig	Matig	Zettingsanalyse Grondverbetering	Klein
Abrupte zakking	Zijdeling wegpersen kleilaag tussen onderkant put en zand/grind laag	Matig	Matig	Grondverbetering	Klein
Instabiliteit constructie	Piping en kwel	Klein	Matig	Aansluiting op bestaand kwelscherm	Klein
Opdrijven	Hoge waterdruk door verhoging grondwaterstand	Klein	Matig	Opdrijfanalyse	Klein

5.3 Risico's voor de primaire waterkering

In onderstaand overzicht zijn de risico's aangegeven voor de primaire waterkering.

Tabel 5-3: Risico's voor de primaire waterkering

Risico	Oorzaak	Kans	Gevolg	Beheersmaatregel	Restrisico
Zakking kruin	Samendrukken klei door gewichtstoename en achtergrondzetting	Hoog	Matig	Zettingsanalyse Aanleg riool met sleufbekisting Terug brengen natuurlijke grond	Klein
Instabiliteit dijk	Erosie door piping en kwel als gevolg van aanbrengen zand voor sleuf en put.	Klein	Matig	Afsluiten ruimte tussen leiding en kwelscherm	Klein

Instabiliteit dijk	Ontgraving sleuf	Hoog	Hoog	Toepassing sleufbekisting	Klein
Overslag tijdens ontgraving				Monitoren buitenwaterstand tijdens uitvoering	

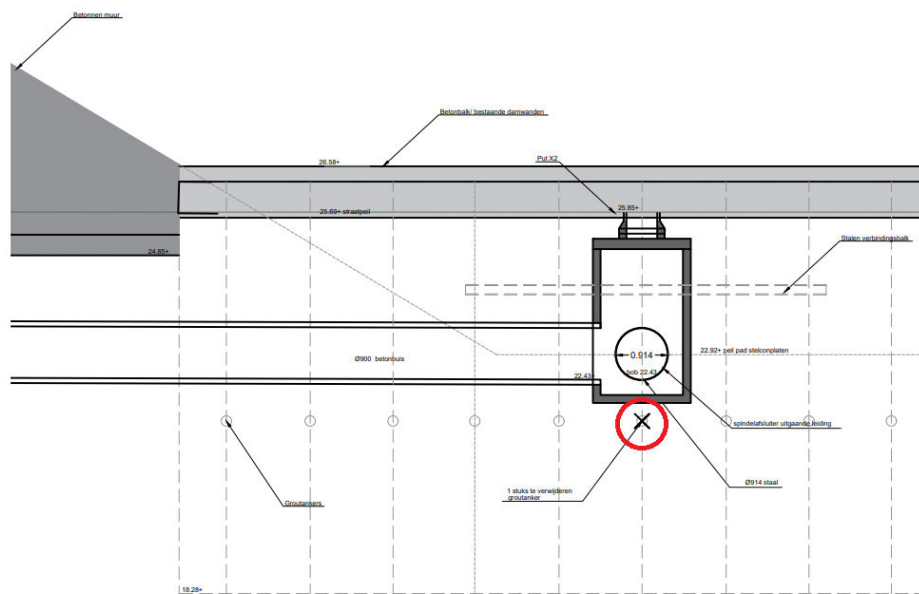
5.4 Risico's voor constructies in de omgeving

In onderstaand overzicht zijn de risico's aangegeven voor de constructies in de omgeving.

Tabel 5-4: Risico's voor constructies in de omgeving

Risico	Oorzaak	Kans	Risico	Beheersmaatregel	Restrisico
Instabiliteit/constructief bezwijken damwand	Verwijderen 1 groutanker (zie uitleg onder de tabel).	Groot	Matig	Aanbrengen gording voor belastingspreiding en controle ankercapaciteit	Klein

Voor het plaatsen van de put bij de aansluiting van de betonnen leiding met de stalen leiding die door de damwand gaat en uitstroomt in het oppervlaktewater, dient een anker te worden verwijderd (zie Figuur 5-1) en hiervoor in de plaats komt een ankerschot met ankers. Deze constructie is uitgewerkt in het betreffende bijgevoegde rapport.



Doorsnede Y-Y
Schaal 1:50

Figuur 5-1: Verwijdering anker

6 Uitgangspunten en methodiek

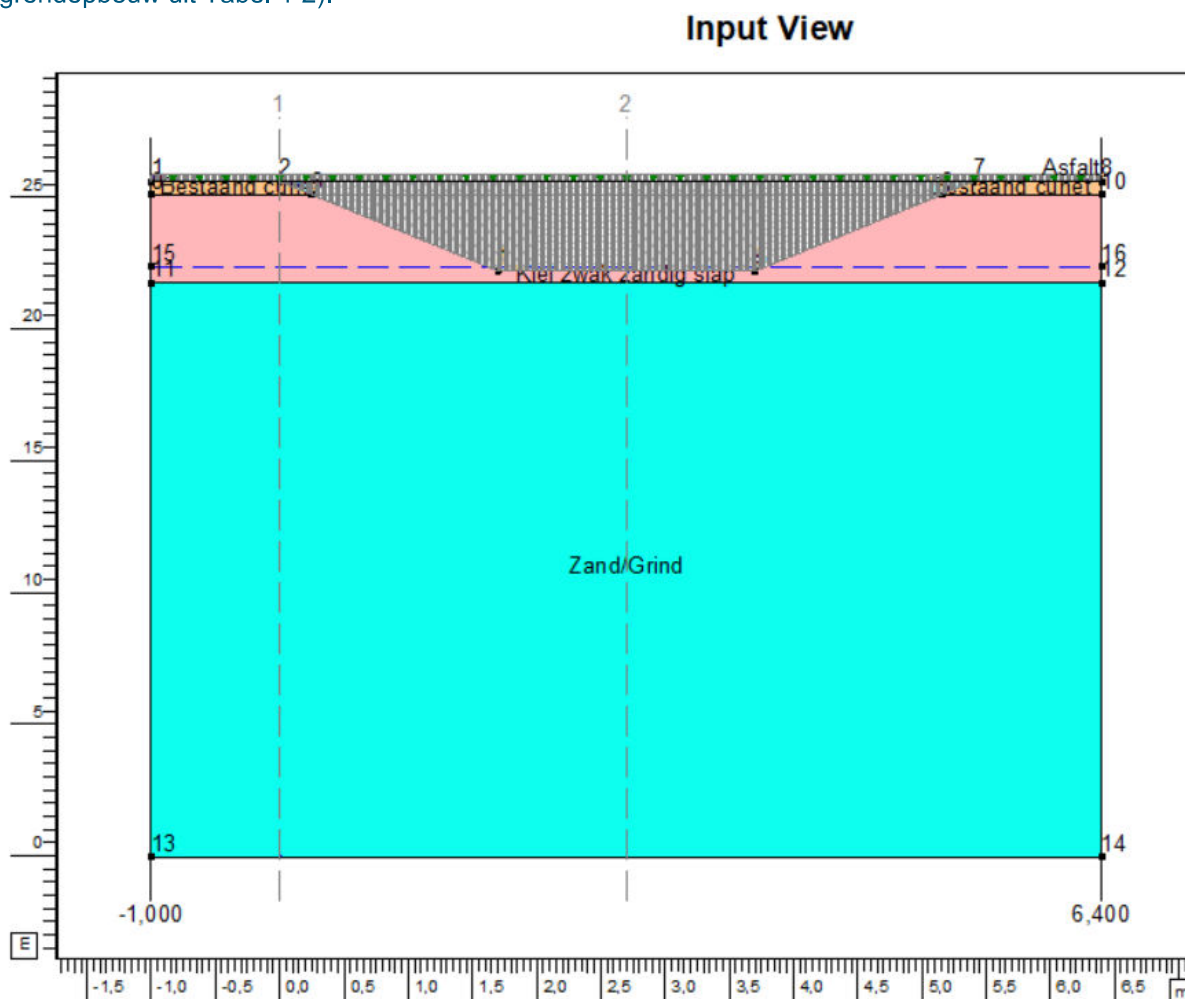
6.1 Rekenmethode

In de zettingsberekeningen zijn representatieve waarden gebruikt voor zowel de bodemopbouw als de geometrie. De berekening is uitgevoerd met behulp van het programma D-Settlement (versie 21.2), gebruikmakend van het zettingsmodel van NEN-Bjerrum en het consolidatiemodel van Darcy.

De brekende zettingen zijn eindzettingen die na een periode van 30 jaar worden bereikt. Bij deze periode is de 99% van de totale eindzetting is opgetreden.

6.2 Modelgeometrie

De geometrie van het D- Settlement model is weergegeven in de onderstaande Figuur 6-1 (voor grondopbouw uit Tabel 4-2).



Figuur 6-1: D- Settlement Model (WCS)

Beschrijving geometrie:

- Breedte onderkant sleuf is 2 m;
- Diepte sleuf is 3,65 m met de bodem op NAP +22,20 m (inclusief grondverbetering, in de praktijk zal vanwege de grondverbetering de sleuf mogelijk dieper zijn);

- Helling sleuf is 2:1 (V:H). (er dient sleufbekisting toegepast te worden om de breedte van de sleuf te beperken echter er wordt uitgegaan van de ongunstige situatie)

De zetting wordt op twee posities berekend, namelijk naast de sleuf (verticaal 1) en midden in de sleuf (verticaal 2, representatief voor de RWA-leiding).

7 Resultaten

De resultaten van de zettingsberekeningen zijn gepresenteerd in Tabel 7-1 en Tabel 7-2, respectievelijk voor de representatieve grondopbouw en het worst-case scenario (WCS). De bijbehorende zettingsgrafieken zijn weergegeven in Figuur 7-1 en Figuur 7-2.

De nauwkeurigheid van de zettingsberekeningen bedraagt ca. +/- 30%. Afwijkingen kunnen voorkomen door o.a. variatie in grondopbouw, grondparameters, hoogteverschillen van het terrein, en bestaande langdurige belastingen.

Tabel 7-1: Resultaten zettingen (representatief)

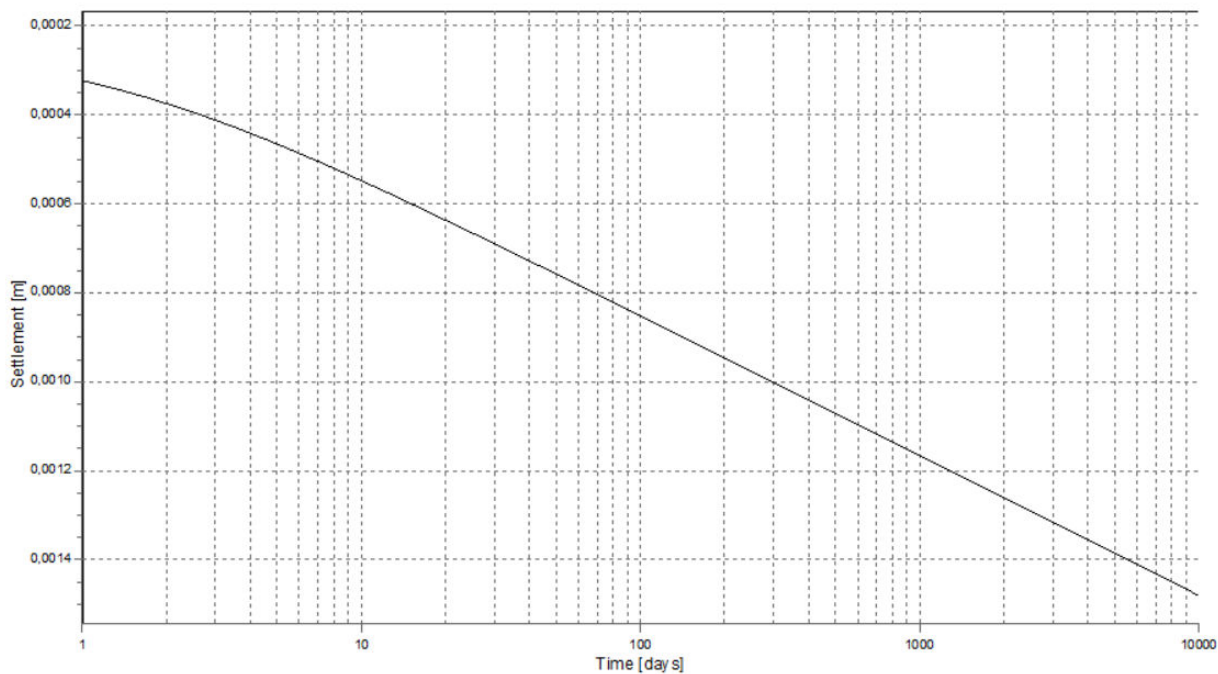
Verticaal	Beschrijving positie	Zetting [cm]
1	Zijkant sleuf	0,7
2	Midden sleuf (representatief voor de zetting van de leiding)	0,1

Tabel 7-2: Resultaten zettingen (WCS)

Verticaal	Beschrijving positie	Zetting [cm]
1	Zijkant sleuf	5,8
2	Midden sleuf (representatief voor de zetting van de leiding)	2,2

Zoals weergegeven in Tabel 7-1 en Tabel 7-2, is de maximaal berekende zetting op de positie van de leiding 2,2 cm (volgt uit de WCS). Langs het dwarsprofiel kunnen de zettingen oplopen tot 5,8 cm, als gevolg van toenemende dikte van de klei onder de zandaanvulling.

Time-History

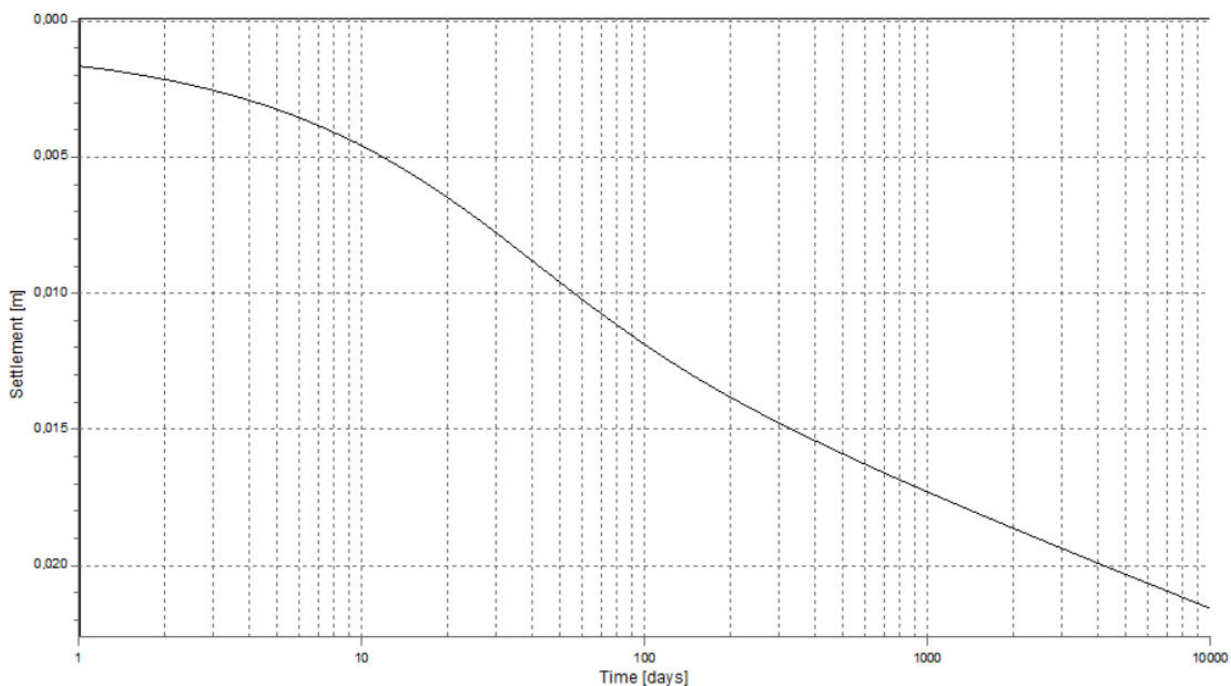


Vertical 2 (X = 2,700 m; Z = 0,000 m)
Method = NEN - Bjerrum with Darcy

Depth = 22,200 [m]
Settlement after 10000 days = 0,001 [m]

Figuur 7-1: Zettingsgrafiek RWA-leiding (representatief)

Time-History



Vertical 2 (X = 2,700 m; Z = 0,000 m)
Method = NEN - Bjerrum with Darcy

Depth = 22,200 [m]
Settlement after 10000 days = 0,022 [m]

Figuur 7-2: Zettingsgrafiek RWA-leiding (WCS)

Aandachtspunten

1. Achtergrondzettingen:

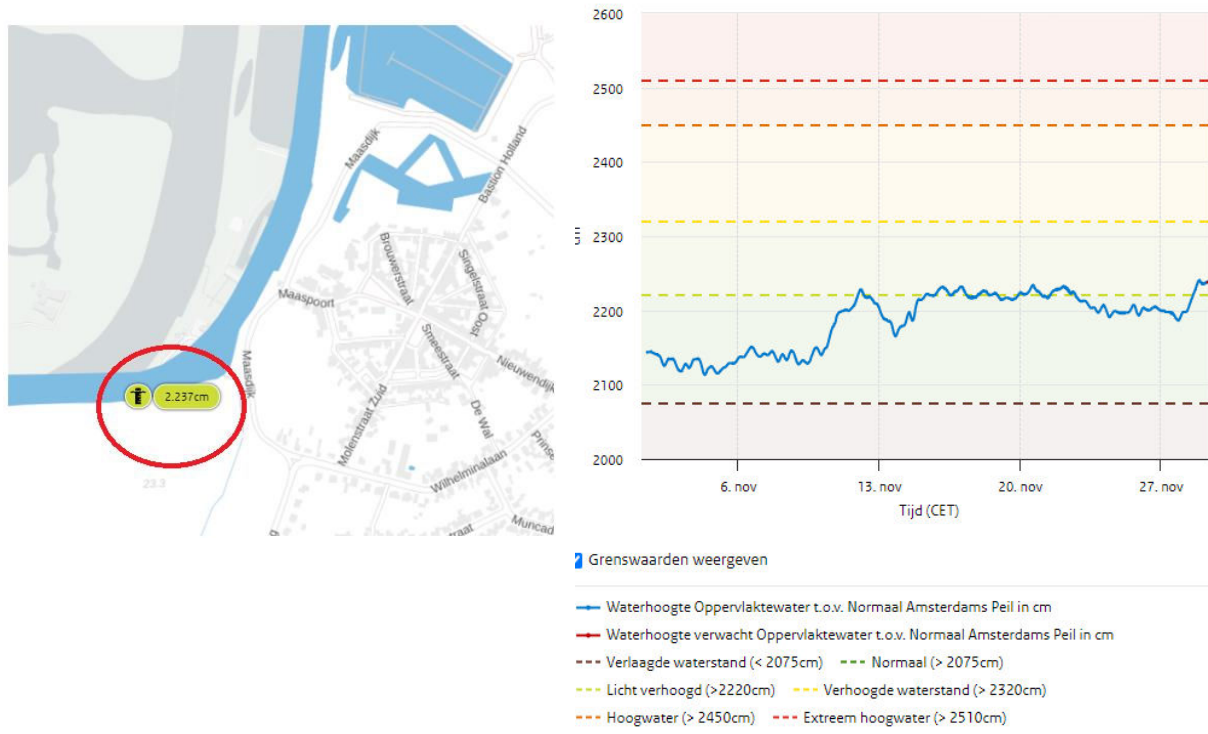
In de berekeningen is geen rekening gehouden met achtergrondzettingen. Deze kunnen ontstaan door variaties in de grondwaterstand, bestaande of historische belastingen en kruip. Volgens de gegevens van bodemdalingskaart.nl kunnen er op de Bastion Holland zettingen van maximaal 2,3 mm per jaar voorkomen, wat neerkomt op 6,9 cm over een periode van 30 jaar (zie meetpunt in Figuur 7-3). Het wordt daarom aanbevolen om rekening te houden met totale zettingen tot 9-10 cm.



Figuur 7-3: Achtergrondzetting meetpunt L00021146P00027257 [bodemdalingskaart.nl]

2. Zettingen ter plaatse van de putten

De putten zijn voorzien op een niveau van NAP +21,98 m, zoals te zien in Figuur 7-4. In de tekening is aangegeven dat er een laag grondverbetering, bestaande uit zand, wordt toegepast tot aan de diepte van de zand/grindlaag welke NAP +21,75 m bedraagt ten plaatse van de put en de leiding. Hiermee worden zettingen en zettingsverschillen onder de putten en leidingen voorkomen.



Figuur 7-5: Grenswaarden waterstanden in de Maas [rijkswaterstaat.nl]

8 Conclusie

De berekende maximale zetting voor de nieuw aan te leggen RWA-leidingen is ongeveer 2,20 cm na een periode van 30 jaar. Bij deze periode is theoretisch 99% van de totale eindzetting die door de uitvoeringswerkzaamheden is veroorzaakt, opgetreden. De nauwkeurigheid van de zettingsberekeningen bedraagt ca. +/-30%. Het wordt aanbevolen rekening te houden met achtergrondzetting op de Bastion Holland, die tot 6,90 cm kan oplopen na 30 jaar. Hierdoor kunnen de totale verwachte zettingen oplopen tot ongeveer 9,10 cm. Wij adviseren om deze waarde voor de zetting mee te nemen in de ontwerpoverwegingen voor het nieuwe RWA-riool.

A1 Grondonderzoek

A2 Controle oprijfrisico