



Aveco de Bondt BV

Burgemeester van der Borchstraat 2, 7451 CH Holten
Postbus 64, 7450 AB Holten
T +31 548 85 33 33
avecodebondt.nl

project WVS Vechtrijk Gramsbergen

datum 7 juni 2022

projectleider Martijn Huisjes

referentie 210481002_AdB_RAP_0001_v2.0

Auteurs S. Woud
N van der Zouw

onderwerp Geotechnische beschouwing door realisatie van
de nevengeul

status Definitief

versie 2.0

fase DO

Versie	Omschrijving	Auteur	Datum	Paraaf
-	Opsteller	Storm Woud Nico van der Zouw	13-04-2022	
0.1	Review 1 ^e versie	Ilse Groenouwe	14-04-2022	
1.0	Vrijgave document	Martijn Huisjes		
2.0	Definitief	Ilse Groenouwe Martijn Huisjes	07-06-2022	



Inhoud

1	Inleiding	3
2	Opdracht / gestelde vraag / doelstelling	4
2.1	Locatie A - Beïnvloeding onder de stad Gramsbergen	5
2.2	Locaties B en C - Beïnvloeding op waterkering onder spoortracé	5
2.3	Raakvlakken	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
2.3.1	Buiten het project	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
2.4	Gebruikte bronnen	7
3	Uitgangspunten	8
3.1	Geometrie	8
3.2	Bodemopbouw	8
3.3	Grondwaterstanden	10
3.3.1	Freatische waterstanden	10
3.3.2	Waterpeilen	12
4	Invloed aanpassingen in de grondwaterstand	13
4.1	Locatie A - Beïnvloeding onder de stad Gramsbergen	13
4.1.1	Locatie A1	13
4.1.2	Locatie A2	14
4.1.3	Zettingsberekening	15
4.1.4	Conclusie en advies	15
4.2	Locaties B en C - Beïnvloeding op waterkering onder spoortracé	15
4.2.1	Locatie B	15
4.2.2	Locatie C	16
4.2.3	Conclusie en advies	17
	Bijlage 1 Bepaling grondwaterstanden	19
	Bijlage 2 Grondonderzoek locatie A - Gramsbergen	23
	Bijlage 3 Grondonderzoek locatie B	24
	Bijlage 4 Grondonderzoek locatie C	25
	Bijlage 5 Zettingsberekening locatie A	26



1 Inleiding

Om invulling te geven aan het programma 'Ruimte voor de Vecht' worden diverse maatregelen langs de Vecht gerealiseerd. Ter verbetering van de ecologische kwaliteit wordt, ten noorden van Gramsbergen, een nevengeul aangelegd. Deze is gesitueerd tussen de Overijsselsche Vecht en het Kanaal Almelo-De Haandrik. Om de verbinding tussen de Vecht en de stad te bevorderen wordt aan de westzijde van Gramsbergen een haven gerealiseerd.

Waterschap Vechtstromen is de voorbereidende werkzaamheden aan het uitvoeren waarbij een onderdeel is het bepalen van de effecten op de omgeving. Als gevolg van de te nemen maatregelen wordt in de omgeving zowel een verlaging als verhoging van de grondwaterstanden berekend.

De verhoging dan wel verlaging van de grondwaterstand veroorzaakt mogelijk geotechnische risico's. Voor onderhavig project worden de risico's ten aanzien van zetting, stabiliteit of onderloopsheid uitgewerkt. Waterschap Vechtstromen vraagt om in samenwerking deze risico's te onderzoeken en waar nodig te beheersen.

Samenhang projecten

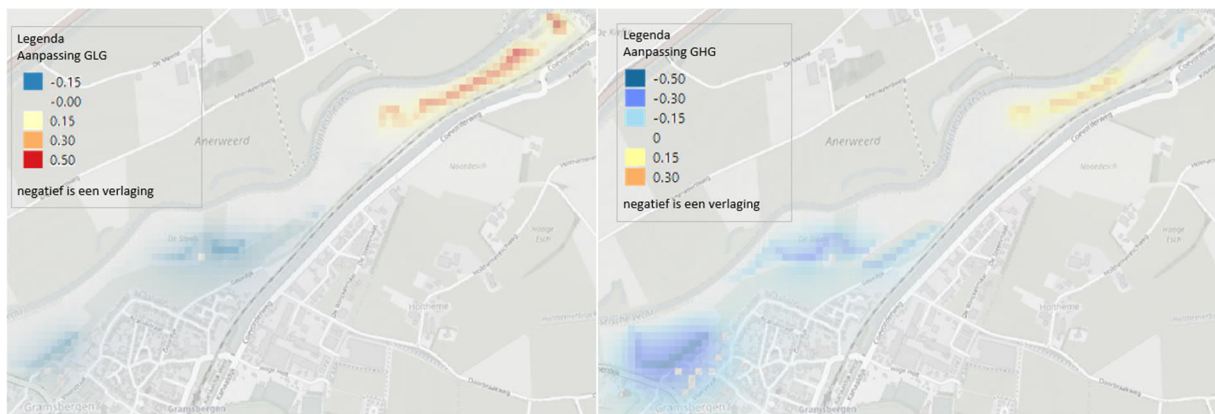
In het Vechtdal zijn andere deelprojecten in uitvoering. Hierbij zijn 6 peilbuizen rondom en binnen het projectgebied geplaatst. Binnen het projectgebied Vechtrijk Gramsbergen bevinden zich peilbuizen WVS34 en WVS02. Peilbuis WVS35 bevindt zich aan de oostkant van het kanaal Almelo-De Haandrik. Recentelijk zijn aanvullende peilbuizen geplaatst. Deze worden gemonitord voor integrale werkzaamheden. De beschikbare meetgegevens zijn in dit advies gebruikt.



2 Opdracht / gestelde vraag / doelstelling

2.1 Projectbeschrijving

De realisatie van een nevengeul ten noorden van Gramsbergen en een haven ten westen van de stad Gramsbergen, veroorzaakt een verandering in de grondwaterstanden in de omgeving. Waterschap Vechtstromen heeft met behulp van een grondwatermodel de effecten op de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (hierna GLG) en Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (hierna GHG) berekend. In Figuur 1 zijn deze resultaten gevisualiseerd. Het Waterschap Vechtstromen vraagt Aveco de Bondt te onderzoeken of er negatieve consequenties volgen in de omgeving als gevolg van deze realisatie.

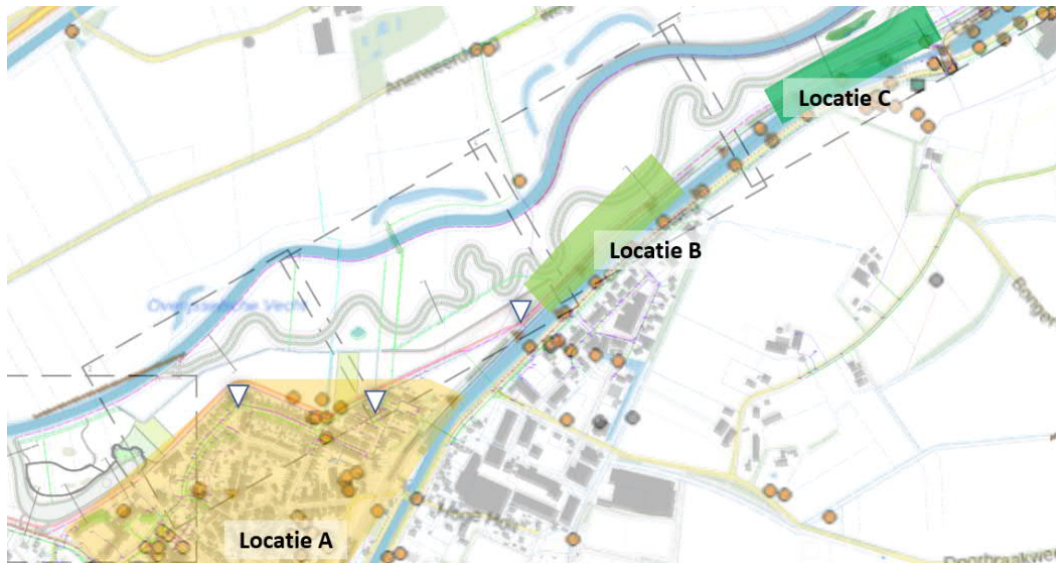


Figuur 1 - Verandering grondwaterstanden door realisatie van de nevengeul, Links GLG, rechts GHG;

Voor de beschouwing van de risico's zijn in overleg met het Waterschap 3 deelgebieden ofwel locaties vastgesteld waar deze risico's geanalyseerd moeten worden. Deze deelgebieden zijn weergegeven in Figuur 2. De geconstateerde risico's betreffen zettingen onder het stadsgebied van Gramsbergen (locatie A), en instabiliteit van- en onderloopsheid onder de spoordijk tussen de nevengeul en het kanaal Almelo- De Haandrik (locaties B en C).

De invloed van wijzigingen in de grondwaterstanden op Sluis de Haandrik en de ophaalbrug in het kanaal Almelo-De Haandrik, is niet in de uitwerking opgenomen. Uit de berekeningen van het Waterschap Vechtstromen [Ref 8] volgt dat grondwaterstanden op deze locatie met maximaal 0,07 m zullen stijgen. Deze stijging heeft geen negatieve gevolgen op de draagkracht. Beïnvloeding op andere sterktemechanismen zijn verwaarloosbaar.

Onderhavige rapportage is ter review voorgelegd aan een onafhankelijke partij Fugro. Deze review is verwerkt in de huidige versie van dit rapport.



Figuur 2 – Deelgebieden of locaties voor risicoanalyse geotechnische impact nevengeul.

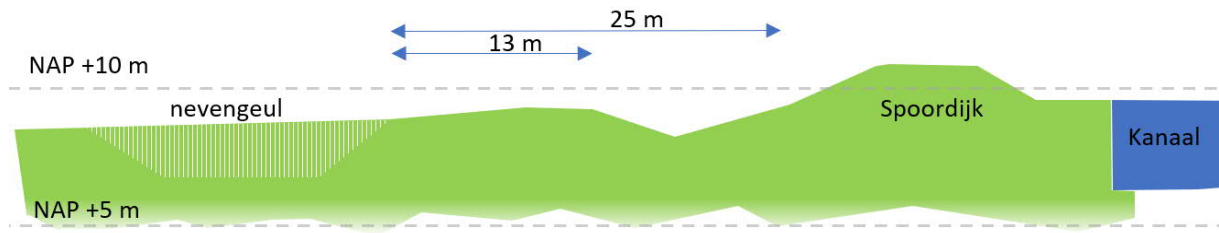
2.2 Locatie A - Beïnvloeding onder de stad Gramsbergen

Dit betreft het bebouwde deel van Gramsbergen. Hier worden in de ondergrond klei- en veenlagen aangetroffen. Door verlaging van de grondwaterstand kunnen klei en veenlagen inklinken en zetten. Bij veenlagen kan bij verlaging van de grondwaterstand verdroging en oxidatie optreden. In de risicoanalyse is onderzocht waar een verlaging van de grondwaterstand als gevolg van de nevengeul een risico kan vormen op zetting en veenoxidatie in dit deelgebied.

Een onderdeel van het project betreft de realisatie van een haventje om de verbinding van de stad met de Vecht te bevorderen. De aanleg van dit haventje zorgt samen met de nevengeul voor een verlaging van de grondwaterstand (GLG) ter plekke van locatie A. In de berekeningen van het Waterschap is de invloed van het haventje inbegrepen.

2.3 Locaties B en C - Beïnvloeding op waterkering onder spoortracé

Deelgebied B en C is het gebied rond de spoordijk en tussen de nevengeul en het kanaal Almelo- De Haandrik. De nevengeul stroomt meanderend langs de spoordijk en het kanaal met een minimale afstand tot de spoordijk van 25 meter. In deelgebied B blijkt op basis van berekeningen van het waterschap dat de grondwaterstand (GLG) door de ingreep kan verlagen. Dit vormt een risico op onderloopsheid / piping (groter potentiaalverschil). In het bovenstroomse deel langs de nevengeul (locatie C) blijkt op basis van berekeningen van het waterschap dat een verhoging van de grondwaterstand (GHG) kan optreden. Dit kan een negatief effect hebben op stabiliteit van een grondlichaam.



Figuur 3 - principe doorsnede locaties B en C



2.4 Gebruikte bronnen

In de uitwerking is gebruik gemaakt van normeringen, richtlijnen en algemeen online aanwezige gegevens:

- [Ref 1] NEN 9997-1+C2:2017;
- [Ref 2] CUR 162 "Construeren met grond" uit 2015;
- [Ref 3] DINOloket: online database grond(water) gegevens;
- [Ref 4] AHN-Viewer: Actueel Hoogtebestand Nederland;
- [Ref 5] Openbare kaarten waterschap Vechtstromen;
- [Ref 6] QGIS ter verwerking van geodata;

Project gerelateerde documenten en gegevens welke zijn gebruikt in de uitwerking:

- [Ref 7] Huidige- en toekomstige waterpeilen aangeleverd door Waterschap Vechtstromen;
- [Ref 8] Berekeningsresultaten van grondwaterstandaanpassingen, aangeleverd door Waterschap Vechtstromen;
- [Ref 9] Peilbuismetingen en gegevensanalyse van projectpeilbuizen, aangeleverd door Waterveiligheid & Geohydrologie van Aveco de Bondt;
- [Ref 10] Verkennend bodem onderzoek - Balans Hardenberg. Document 9R5055, d.d. 19-12-2005 van Royal Haskoning;
- [Ref 11] Grondboringen uitgevoerd in het spoortracé (aangeleverd door Waterschap Vechtstromen).
- [Ref 12] Grondonderzoek van Inpijn Blokpoel: "Grondonderzoek project Vechtrijk nabij De Anerdijk te Gramsbergen", document 21WP0154-01-RG-01:
 - a. [versie 1.0] van 19 november 2021 - DKM003 t/m DKMP006
 - b. [versie 1.0] van 21 maart 2022 - DKM008 t/m DKM013;
- [Ref 13] Dwarsprofielen nevengeul en dijk (210481_AdB_TEK_1006_Extra dwarsprofielen_V1.0_07-04-2022.pdf).



3 Uitgangspunten

3.1 Geometrie



Figuur 4 - Projectlocatie - bron: Waterschap Vechtstromen

De afbakening van het project is grofweg tussen het noordelijke deel van de stad Gramsbergen, De Overijsselse Vecht en het Kanaal Almelo-De Haandrik zoals weergegeven in Figuur 4.

De maaiveldhoogte in de stad fluctueert tussen NAP +9,50 en +11,00 m, zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..** Een waterkering vormt daarbij de grens met het Vechtdal. In het Vechtdal grenzend aan Gramsbergen varieert de maaiveldhoogte tussen circa NAP +8,00 tot +8,60 m.

Aan de noordoostzijde gaat de bebouwing van Gramsbergen langs het Vechtdal over in de spoorlijn langs het kanaal Almelo-De Haandrik. De nevengeul grenst aan de noordoostzijde met de Overijsselse Vecht. Het kanaal heeft een vast waterpeil van +9,10 m NAP. In de zomerperiode kan het kanaalpeil worden opgezet naar +9,18 m NAP. Het kanaalpeil wijkt af van de freatische waterstand in het naastgelegen Vechtdal. De maaiveldhoogte in dit deel van het Vechtdal fluctueert tussen NAP +8,50 en NAP +9,50 m.

3.2 Bodemopbouw

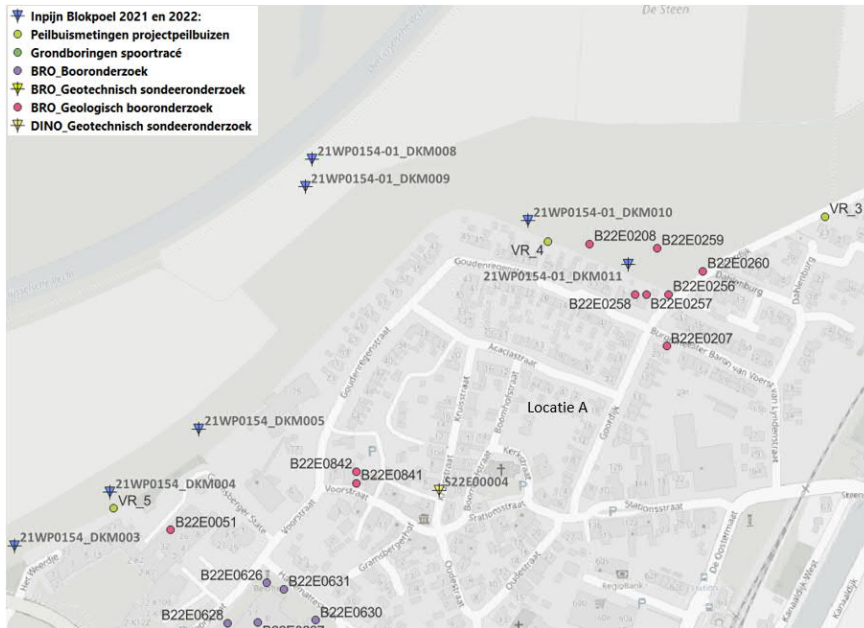
De beschikbare gegevens van de ondergrond bestaan uit:

1. Gegevens uit het DINOloket [Ref 3];
2. Zes sonderingen uit het project Vechtrijk Gramsbergen [Ref 12];
3. Zes peilbuizen geplaatst met van iedere peilbuis een boorgrafiek. [Ref 9];
4. Milieukundig onderzoek op terrein van het spoor [Ref 10];
5. Grondboringen in het spoortracé [Ref 11].

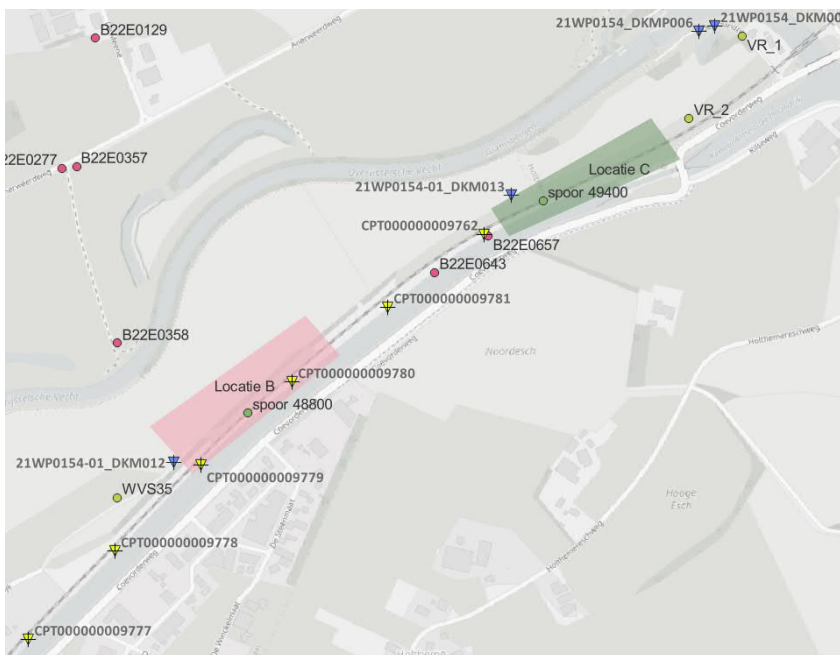
Uit analyse van deze geotechnische gegevens is aanvullend grondonderzoek uitgevoerd. Hierbij zijn 5 sonderingen uitgevoerd [Ref 12]. Het aanwezige grondonderzoek is op de kaart weergegeven in Figuur 5 en



Figuur 6. Voor elk deelgebied is een (maatgevende) grondopbouw bepaald. Het algemene beeld van de ondergrond is dat het een zandige ondergrond is waarbij lokaal dunne stoorlagen aangetroffen worden. De stoorlagen bestaan uit veen- en kleilagen. De freatische waterstand is gelijk aan de grondwaterstand in de watervoerende lagen direct onder de deklaag.



Figuur 5 - Overzicht grondonderzoeken locatie A



Figuur 6 - Overzicht grondonderzoeken Locaties B en C



3.3 Grondwaterstanden

3.3.1 Freatische waterstanden

Voor de bepaling van de heersende en maatgevende grondwaterstanden is gebruik gemaakt van het DINOloket [Ref 3], de metingen van de peilbuizen worden [Ref 9] en de meetgegevens van 3 peilbuizen uit het primaire grondwatermeetnet gebruikt. De locatie, meetgegevens en interpretatie van de peilbuizen is opgenomen in Bijlage 1. Uit deze analyse blijkt dat de freatische grondwaterstand is gelijk aan de stijghoogte in de watervoerende zandlagen direct onder de deklaag.

Het waterschap heeft een verschilberekening aangeleverd die representatief is voor een GHG-en GLG-situatie. In dit onderzoek veronderstellen we dat deze verschilberekening ook representatief is voor een RHG- en RLG-situatie. In onderstaand tekstblok geven we de argumentatie voor deze aanname.

Gemiddeld Hoogste en laagste Grondwaterstand (GHG en GLG) Representatief Hoogste en Laagste Grondwaterstand (RHG en RLG)

De methode voor de bepaling van de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) is ontwikkeld ten behoeve van de landbouw in de jaren '50 en '60. De rekenmethode stelt als voorwaarde dat binnen elke maand 2 handmetingen beschikbaar zijn; op de 14e en de 28e van de maand. Daarnaast moet minimaal 8 jaar aan grondwaterdata beschikbaar zijn. Dit resulteert in een totaal van 284 metingen op basis waarvan de GHG en GLG worden vastgesteld.

Met de komst van moderne meetapparatuur waarmee elk uur de grondwaterstand gemeten kan worden, is de roep om nieuwe rekenmethodes voor het bepalen van grondwaterstatistiek gekomen. De meest gebruikte rekenmethode is de methode voor de bepaling van de representatief hoogste grondwaterstand (RHG) en de representatief laagste grondwaterstand (RLG). De RHG is de 90^e percentiel waarde van de meetreeks, de RLG is de 10^e percentiel waarde uit de meetreeks. Door de hogere meetfrequentie van de meetapparatuur wordt gesteld dat een meetperiode van 3 jaar in ieder geval voldoende lang is om betrouwbare grondwaterstatistiek vast te stellen.

De methode voor het bepalen van de GHG en RHG (90^e percentiel waarde) verschillen. De uitkomsten zullen dan ook niet identiek zijn. Edelman & Burger (2009) stellen dat de 84,1^e percentiel waarde het best overeenkomt met de GHG. Averink (2013) stelt dat de 93^e percentiel waarde het best overeenkomt met GHG. In de praktijk zien we echter dat de RHG en GHG door elkaar heen worden gebruikt, omdat de verschillen niet groot zijn (orde grootte van centimeters). Dit betekent dat een GHG-situatie vergelijkbaar is met een RHG-situatie.

De door het waterschap aangeleverde verschilberekening voor de GHG- en GLG-situatie wordt daarom in dit onderzoek representatief verondersteld voor respectievelijk een RHG- en RLG-situatie.

Peilbuismetingen en gemiddelden

Werkwijze:

uit de peilbuismetingen zijn gemiddelde waarden berekend, evenals een representatief hoge en lage grondwaterstand. Daarnaast wordt per peilbuis een absoluut minimum en maximum vastgelegd. Voor de bepaling van de representatieve hoge grondwaterstand (RHG) is uitgegaan van het 90^e percentiel van de grondwaterstandmetingen per peilbuis. Dit is de grondwaterstand die 10% van het jaar (+/- 36 dagen) wordt overschreden en is representatief voor een natte winterperiode die ongeveer eenmaal per jaar voorkomt. Voor de bepaling van de representatieve lage grondwaterstand (RLG) is uitgegaan van het 10^e percentiel van de grondwaterstandmetingen per peilbuis. Dit is de grondwaterstand die 10% van het jaar (+/- 36 dagen) wordt onderschreden en is representatief voor een droge zomerperiode.



Resultaten:

Peilbuizen WVS02, WVS34 en WVS35 beschikken over een meetperiode van meer dan 3 jaar. Een meetperiode van 3 jaar is voldoende lang om betrouwbare RHG- en RLG waarden vast te stellen. De recent geplaatste peilbuizen VR_1 t/m VR_6 hebben een meetperiode van 8 maanden. Door van de meetreeksen uit peilbuizen WVS02, WVS34 en WVS35 de statistieken te bepalen over zowel de laatste 8 maanden als over de volledige meetperiode van 3 jaar kunnen verschillen worden opgemerkt. Afwijkingen in de statistieken tussen de 3 jaar en de laatste 8 maanden geven inzicht in de verwachte afwijking over een langere meetperiode van de recent geplaatste peilbuizen. In Tabel 1 zijn de gemiddelden waarden van de peilbuizen opgenomen. De peilbuizen WVS02, WVS34 en WVS35 zijn daarbij 2 maal in de tabel opgenomen, voor zowel de periode van 8 maanden als 3 jaar.

Uit de verschillen tussen de berekende statistieken en de gemiddelde neerslagsom uit de winter van 2021/2022 concluderen we dat de meetgegevens voor de periode van 8 maanden van de peilbuizen in het projectgebied voldoende representatief zijn om te gebruiken in deze analyse van de risico's. In onderstaande tabel zijn de geïnventariseerde peilbuis gegevens weergegeven.

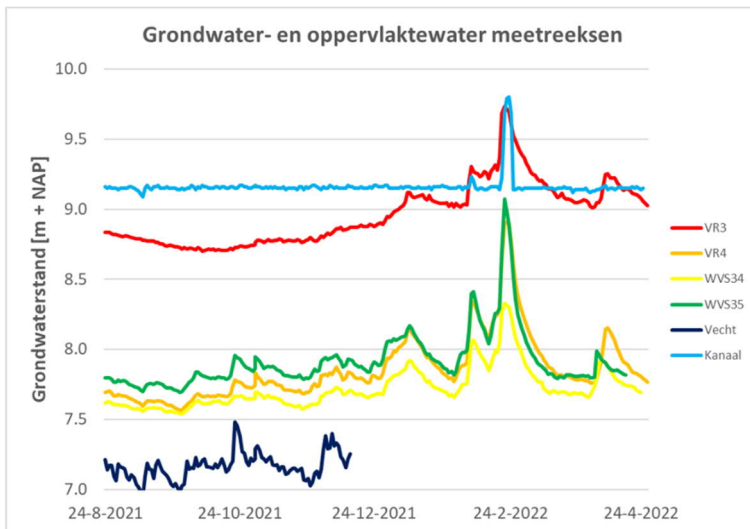
Tabel 1 - Meetgegevens peilbuismetingen

Peilbuis	meetreeks					[m] tov NAP				
	Start	Eind	dagen	maand	jaren	RHG ^{*1}	RLG ^{*1}	GG	Min	Max
VR_1	01-08-21	01-04-22	243	8	0.7	9.36	8.86	9.07	8.79	9.60
VR_2	01-08-21	01-04-22	243	8	0.7	8.50	8.37	8.44	8.34	9.23
VR_3	01-08-21	01-04-22	243	8	0.7	9.26	8.72	8.94	8.69	9.75
VR_4	01-08-21	01-04-22	243	8	0.7	8.17	7.63	7.85	7.55	8.93
VR_5	01-08-21	01-04-22	243	8	0.7	8.02	7.47	7.68	7.39	8.77
VR_6	01-08-21	01-04-22	243	8	0.7	8.26	7.50	7.83	7.44	8.81
WVS34	24-08-21	01-04-22	243	8	0.7	7.92	7.58	7.71	7.53	8.34
WVS35	01-08-21	01-04-22	243	8	0.7	8.13	7.76	7.91	7.68	9.11
WVS02 ^{*2}	24-08-21	01-04-22	220	7	0.6	7.89	7.31	7.54	7.27	8.34
WVS34	01-04-19	01-04-22	1096	36	3	7.89	7.59	7.71	7.50	8.34
WVS35	01-04-19	01-04-22	1096	36	3	8.14	7.74	7.90	7.61	9.11
WVS02	01-04-19	01-04-22	1096	36	3	7.90	7.28	7.54	7.20	8.41

*1) Meetreeks (normaliter) en pas betrouwbaar over een periode van 3 jaar

*2) WVS02 is later toegevoegd: voor een zuivere analyse moet de statistiek vanaf 24 augustus gebruikt worden

In een van de peilbuizen is een afwijkende meting zichtbaar, peilbuis VR_3 toont een hogere waarde dan de naastgelegen peilbuizen, de reden is niet nader onderzocht. Het totaal aan metingen toont een patroon aan metingen geschikt voor de analyse van de gebiedsrisico's.



Figuur 7 - Meetreeksen waterstanden op basis van peilbuizen inclusief Vecht- en kanaalpeil.

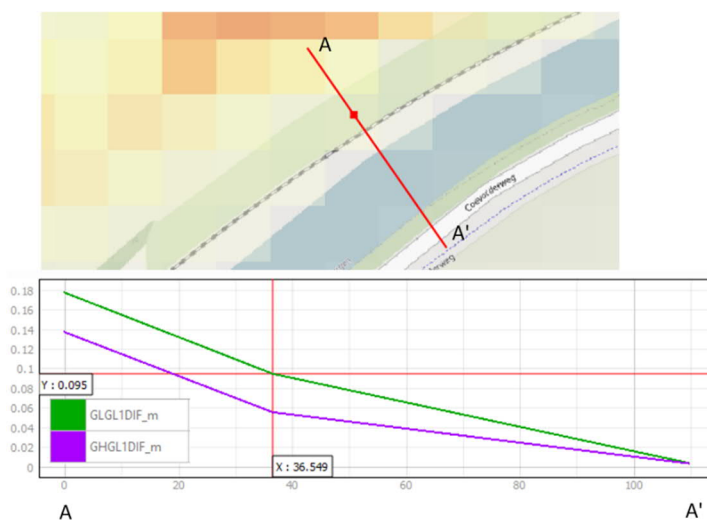
3.3.2 Waterpeilen

Het kanaalpeil voor kanaal Almelo-De Haandrik is in de zomerperiode NAP +9,18 m (Waterschap Vechtstromen). De waterpeilen in de Overijsselse Vecht en in de toekomstige nevengeul zijn aangeleverd en berekend door Waterschap Vechtstromen [Ref 7].

Het waterschap heeft de aanpassingen in de freatische grondwaterstanden als gevolg van de aanleg van de nevengeul aangeleverd [Ref 8]. Hierbij zijn 2 situaties aangeleverd in een grid-bestand:

1. De aanpassing van de gemiddeld hoogst;
2. De gemiddeld laagste freatische grondwaterstand.

Op basis van deze bestanden zijn de waterstanden per deelgebied bepaald door deze in een doorsnede met de GLG en de GHG te visualiseren. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in Figuur 8. De stijging van de lage gemiddelde grondwaterstand (GLG) wordt uit het figuur afgelezen en in de uitwerking toegepast op de RLG.



Figuur 8 - Voorbeeld uit QGIS voor de bepaling van de aanpassing van de grondwaterstanden GHG en GLG.



4 Invloed aanpassingen in de grondwaterstand

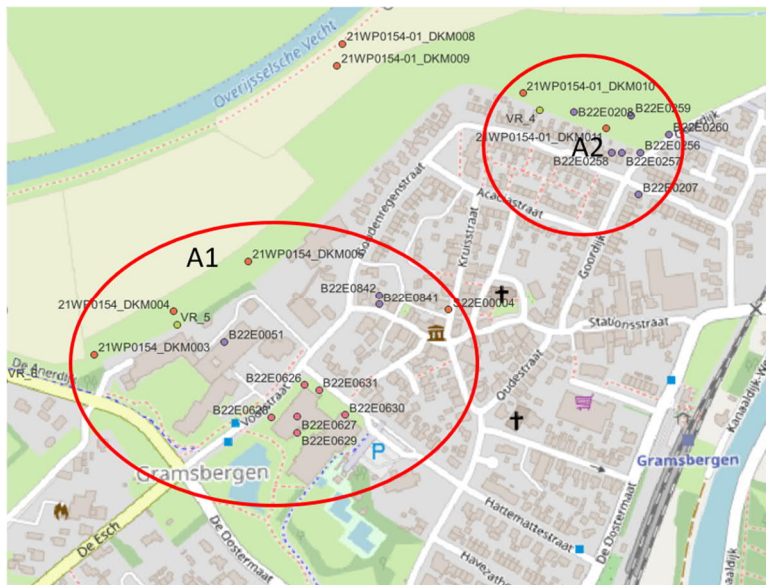
4.1 Deelgebied A - Beïnvloeding onder de stad Gramsbergen

4.1.1 Beschrijving deelgebied

Onder de stad Gramsbergen worden lokaal zettingsgevoelige grondlagen aangetroffen. Door verlaging van de grondwaterstand kunnen zetting optreden. Bij de aanwezigheid van veenlagen kan daarbij veenoxidatie optreden als deze lagen uitdrogen. Dit veroorzaakt dan extra zetting. De risico's op zettingen treden op bij verlaging van de lage grondwaterstand. In de uitwerking zijn de laagste waarden (RLG-waarden, zie paragraaf 3.3.1) relevant. De grondonderzoeken zijn samengevoegd en zijn vergeleken met de representatieve lage grondwaterstanden (RLG) en de berekende verlaging van de lage grondwaterstand. Op basis van analyse van de geschiedenis in dit deelgebied (locatie, werkzaamheden, aanpassingen in peilbeheer en dergelijke) is een zeer lage ofwel lagere grondwaterstand in het verleden reeds opgetreden. De gemiddeld lage freatische grondwaterstand fluctueert tussen NAP +7,47 m en NAP +7,63m (VR_4 / VR_6). Aan de noordzijde is deze opmerkelijk hoger NAP +8,72 m (VR_3). Door de aanleg van de Nevengeul is [Ref 8] een maximale grondwaterstands daling onder de bebouwde delen van Gramsbergen van maximaal -0,10 m, berekend (RLG-waarde). De verwachte reguliere verlaging van de grondwaterstand (bodemdaling e.d.) is in dit deelgebied circa 0,05 à 0,08 m.

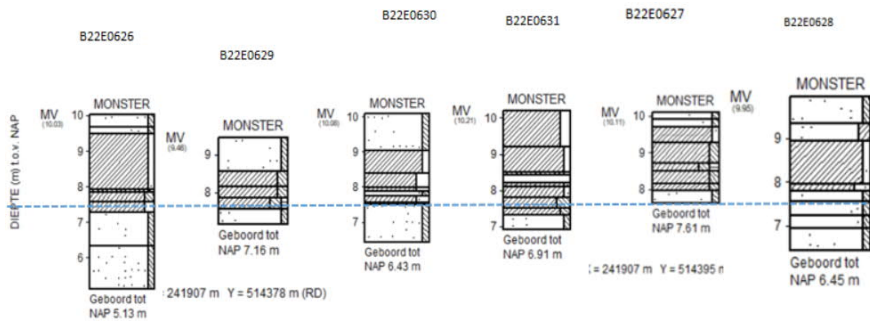
4.1.2 Risico's zettingen in de ondiepe slappe lagen

Op basis van het beschikbare grondonderzoek is deelgebied A onderverdeeld in 2 locaties ten aanzien van het voorkomen van ondiepe slappe lagen. Dit is weergegeven in Figuur 9. Bij locatie A1 worden kleilagen aangetroffen en bij locatie A2 zijn veenlagen aangetroffen.



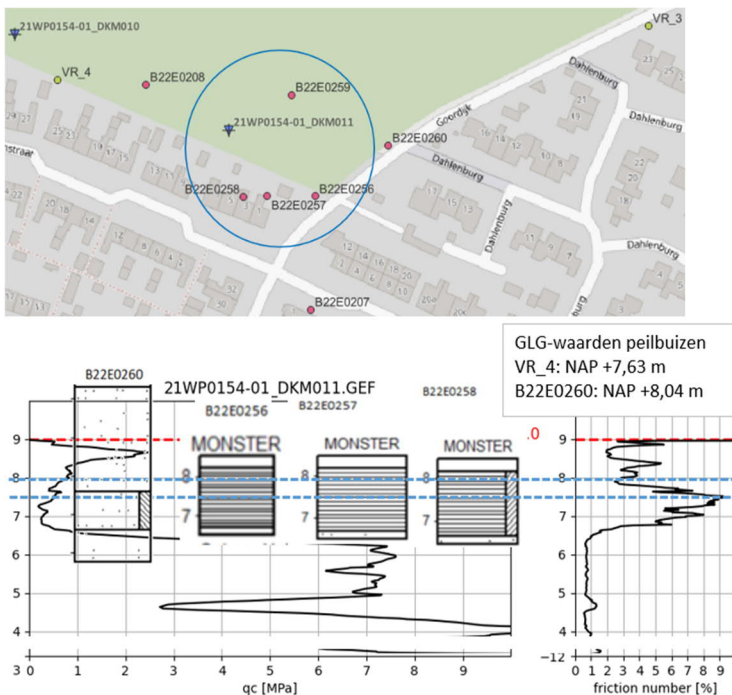
Figuur 9 - Beschouwde locaties A1 en A2 (rood omcirkeld).

Locatie A1: Kleilagen aanwezig boven NAP +7,50 m ofwel boven laagst gemeten waterstand (bron: Figuur 10).
Conclusie: verlaging waterstand door aanleg Stadfront heeft geen impact op deze lagen.



Figuur 10 - Grondopbouw locatie A1 gecombineerd met de RLG-waarde

Locatie A2: Veenvlagen tussen NAP +6,50 m en NAP +8,50 m (Figuur 11), zeer lokaal aanwezig op locatie met een hogere grondwaterstand (RLG oplopend van NAP +7,5 m naar NAP +8,0 m). Conclusie: in de huidige situatie is het veen droog en nat en kan oxidatie en zetting optreden. De impact van de waterstandsdeling als gevolg van de nevengeul heeft **geen significante invloed** op de processen van oxidatie en zetting die hier regulier al voorkomen.



Figuur 11 - Grondopbouw A2 met veenvlagen gecombineerd met de RLG-waarden NAP +7,5 en +8,0 m.



4.1.3 Risico's ten aanzien van zettingen in de diepere lagen

Op grotere diepte worden zettingsgevoelige lagen aangetroffen. Voor het maatgevende profiel is een zettingsberekening uitgevoerd voor een maximale daling van 0,10 m van de grondwaterstand (RLG). De RLG is gekozen voor de zettingsberekeningen omdat schommelingen tussen RHG en RLG in continue plaats vinden. De uitwerking van de zettingsberekening is in Bijlage 5 uitgewerkt.

Uit de berekeningen volgt een maximale zetting van 0,006 m in 30 jaar. De bodemdaling voor dit gebied over 30 jaar ofwel de achtergrondzetting wordt berekend op 0,12 m. Op basis hiervan kan geconcludeerd worden dat de **impact van zettingen** als gevolg van de daling van de grondwaterstand onder Gramsbergen **verwaarloosbaar klein** is.

4.1.4 Conclusie deelgebied A

Voor zowel de ondiepe klei en veenlagen als voor de slappe lagen die op grotere diepte zijn aangetroffen kan geconcludeerd worden dat de impact van de grondwaterstandsverlaging door de aanleg van de nevengeul geen significante risico vormt ten aanzien van extra zettingen in vergelijking met de reeds verwachte zettingen en bodemdaling die regulier in dit gebied voorkomt.

4.2 Locaties B en C - Beïnvloeding op waterkering onder spoortracé

4.2.1 Beschijning deelgebied B en C

De geplande nevengeul ligt op locaties B en C ongeveer 25 meter van de spoordijk. Per locatie is een maatgevende doorsnede van het grondprofiel opgesteld. De afstand tot het kanaal is hierbij maatgevend. Het verloop van de freatische grondwaterstand is ingeschat op basis van 3 gegevens: kanaalpeil in de zomerperiode (NAP +9,18 m) en in winterperiode (NAP +9,10 m), peil in de nevengeul en de aanpassing van de freatische grondwaterstanden in de doorsnede. Uit de inventarisatie van het beschikbare grondonderzoek volgt dat de grondprofielen ter plaatse van locaties B en C verschillen. In Bijlage 3 is het verzamelde grondonderzoek voor locatie B opgenomen en in Bijlage 4 is het verzamelde grondonderzoek voor locatie C opgenomen.

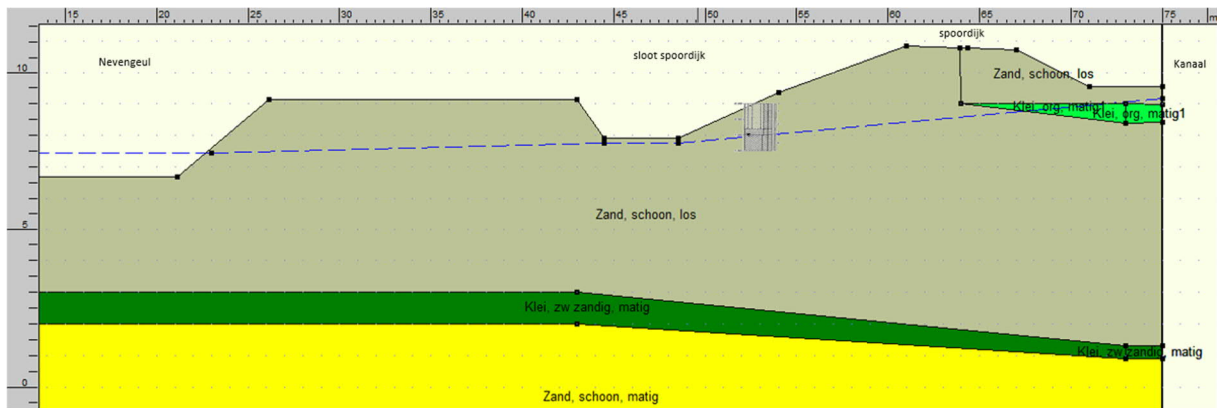
Voor locatie B volgt uit peilbuis WVS35 een RLG van NAP +7,75 m. Het Kanaalpeil is in de zomerperiode NAP +9,18 m en de nevengeul heeft in de zomerperiode een waterpeil van NAP +7,43 m.

Voor locatie C volgt uit peilbuis VR_2 een RHG van NAP +8,50 m. Het Kanaalpeil is in de zomerperiode NAP +9,18 m en de nevengeul heeft een maatgevend waterpeil van NAP +8,14 m.

4.2.2 Deelgebied B

Risico deelgebied B: zettingen, uitgangspunt voor de analyse is de gemiddeld lage freatische grondwaterstand. Het risico op het optreden van piping of onderloopsheid door de verlaging van de freatische grondwaterstand wordt niet vergroot. Het risico op piping en of onderloopsheid kan uitgesloten worden.

Uit de inventarisatie van het aanwezige grondonderzoek (Bijlage 3) is een maatgevend grondprofiel opgesteld inclusief grondwaterstanden, dit is weergegeven in Figuur 12. Aan beide zijden van de spoordijk worden lokaal kleilagen en humeuze kleilagen aangetroffen van circa 0,5 meter dik. De verlaging van de RLG is maximaal 4 cm. De hoeveelheid zetting als gevolg hiervan is **verwaarloosbaar klein**.



Figuur 12 - Representatief grondprofiel locatie B

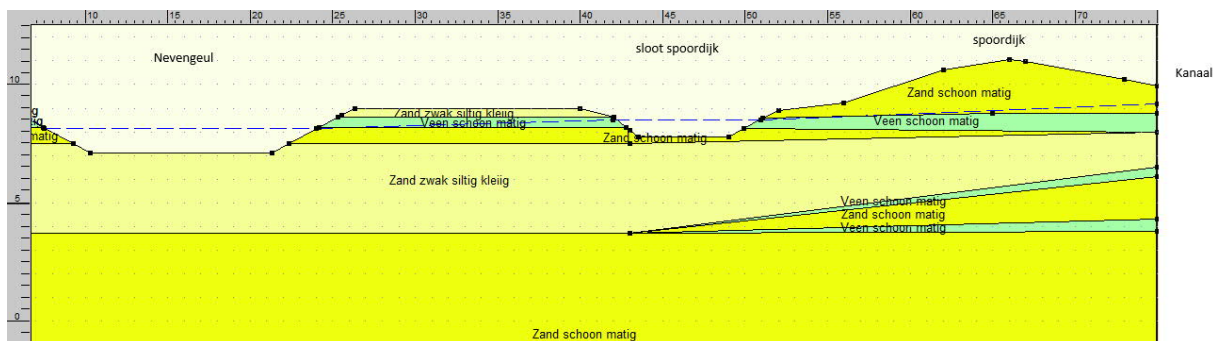
4.2.3 Deelgebied C

Risico deelgebied C: instabiliteit door verhoging van de grondwaterstand. Uitgangspunt voor de analyse is de gemiddeld hoge freatische grondwaterstand.

Op basis van het aanwezige grondonderzoek (Bijlage 4) is een maatgevend grondprofiel opgesteld, dit is weergegeven in Figuur 13. Op basis van het grondonderzoek is een schematisatie van klei en veenlagen mogelijk. Voor de uitwerking is een conservatieve inschatting gemaakt waarbij alle zettingsgevoelige lagen als veen geschematiseerd zijn. Verhoging van de freatische grondwaterstand kan de kans op instabiliteit vergroten. Met oriënterende berekeningen is de invloed van een grondwaterstand verhoging bepaald door eerst de stabiliteit in de huidige situatie te berekenen en daarna met een verhoogde grondwaterstand. In de stabiliteitsberekeningen is voor de sterkte parameters gebruik gemaakt van tabel 2.b grondparameters conform NEN 9997-1 [Ref 1], risicoklasse RC2 en D-Geostability rekenmodel Bishop zoals weergegeven in tabel 3.

De berekende stabiliteitsfactor voldoet in beide situaties (1,77 vs 1,71) ruim aan de eisen uit de Eurocode (1,0) en neemt minder dan 5% af

Conclusie: De verhoging van de grondwaterstand door de nevengeul heeft geen significant effect op de stabiliteit van het grondlichaam.



Figuur 13 - Representatief grondprofiel locatie C



Tabel 2 - Rekenwaarden voor het representatieve grondprofiel

Laag no	REKENWAARDEN Grondsoort	γ_{natural} kN/m ³	$\gamma_{\text{saturated}}$ kN/m ³	ϕ' -	c' kN/m ²
1	Zand, schoon, ma	18.0	20.0	27.0	0.0
2	Zand, zw si, kleig	18.0	20.0	22.2	1.0
3	Veen, schoon, matig	12.0	12.0	12.1	1.7

4.2.4 Conclusie en advies

Deelgebied B: zettingen van lokale stoorlagen op basis van de huidige inzichten in de ondergrond onder de spoordijk als gevolg van de verlaging in de grondwaterstand zijn dermate klein dat deze geen risico vormen.

Deelgebied C: een verhoging van de waterstand heeft een kleine impact op de stabiliteit van het grondlichaam. Op basis van de huidige inzichten in de ondergrond is de impact zodanig klein dat deze al verwaarloosbaar beschouwd kan worden.



5 Samenvattend

Waterschap Vechtstromen is de voorbereidende werkzaamheden aan het uitvoeren waarbij een onderdeel is het bepalen van de effecten op de omgeving. Als gevolg van de te nemen maatregelen wordt in de omgeving zowel een verlaging als verhoging van de grondwaterstanden berekend.

Het Waterschap Vechtstromen vraagt Aveco de Bondt te onderzoeken of er negatieve consequenties volgen in de omgeving als gevolg van deze realisatie. Op basis van de huidige kennis en inzichten van de ondergrond, heeft de door het waterschap berekende verlaging en of verhoging van de grondwaterstand geen grootte effecten op de geotechnische risico's in het omliggende ten aanzien van de effecten die regulier in het gebied kunnen optreden zoals zettingen door waterstandswisselingen door extreme weersomstandigheden en reguliere bodemdaling.

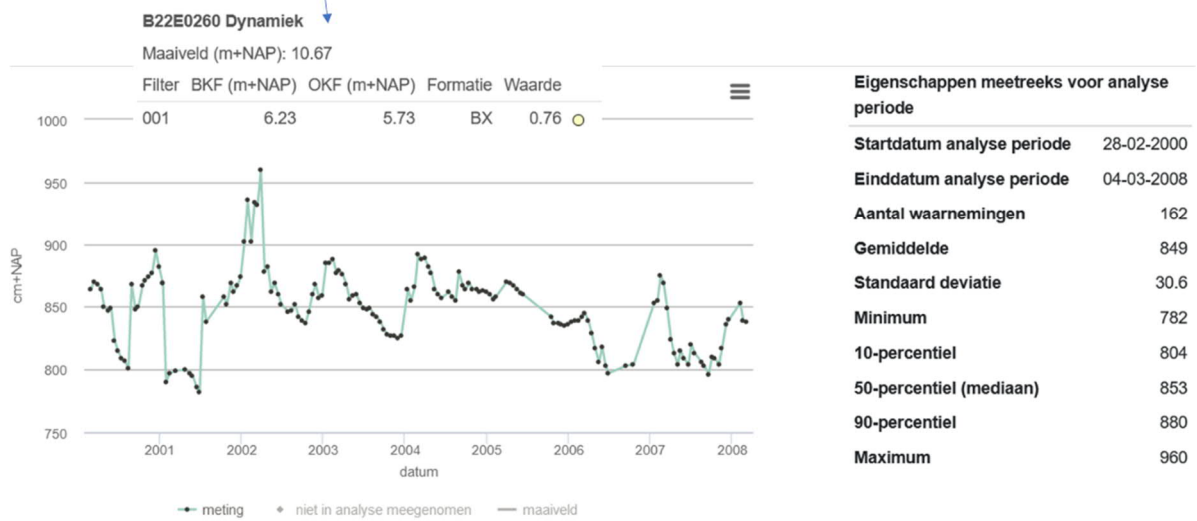
Een verhoging van de waterstand heeft op basis van de huidige inzichten van de ondergrond geen significant effect op de stabiliteit van het beschouwde grondlichaam.



Bijlage 1 Bepaling grondwaterstanden

Beschikbare peilbuizen uit het DINOket.

Hiervan beschikt is 1 peilbuis over goed bruikbare gegevens, met nummer B22E0260.





Project gerelateerde peilbuismetingen

peilbuizen VR_1 t/m VR_6 (lichtbruin), WVS02 (bruin), WVS34 en WVS 35 (rood).



datum 7 juni 2022

definitief

referentie 210481002_AdB_RAP_0001_v2.0



Peilbuis	meetreeks						[m] tov NAP				
	Start	Eind	dagen	maand	jaren	RHG ^{*1}	RLG ^{*1}	GG	Min	Max	
VR_1	01-08-21	01-04-22	243	8	0.7	9.36	8.86	9.07	8.79	9.60	
VR_2	01-08-21	01-04-22	243	8	0.7	8.50	8.37	8.44	8.34	9.23	
VR_3	01-08-21	01-04-22	243	8	0.7	9.26	8.72	8.94	8.69	9.75	
VR_4	01-08-21	01-04-22	243	8	0.7	8.17	7.63	7.85	7.55	8.93	
VR_5	01-08-21	01-04-22	243	8	0.7	8.02	7.47	7.68	7.39	8.77	
VR_6	01-08-21	01-04-22	243	8	0.7	8.26	7.50	7.83	7.44	8.81	
WVS34	24-08-21	01-04-22	243	8	0.7	7.92	7.58	7.71	7.53	8.34	
WVS35	01-08-21	01-04-22	243	8	0.7	8.13	7.76	7.91	7.68	9.11	
WVS02 ^{*2}	24-08-21	01-04-22	220	7	0.6	7.89	7.31	7.54	7.27	8.34	
WVS34	01-04-19	01-04-22	1096	36	3	7.89	7.59	7.71	7.50	8.34	
WVS35	01-04-19	01-04-22	1096	36	3	8.14	7.74	7.90	7.61	9.11	
WVS02	01-04-19	01-04-22	1096	36	3	7.90	7.28	7.54	7.20	8.41	

*1) Meetreeks (normaliter) en pas betrouwbaar over een periode van 3 jaar

*2) WVS02 is later toegevoegd: voor een zuivere analyse moet de statistiek vanaf 24 augustus gebruikt worden

Uit de vergelijking van de meetreeksen volgt over het algemeen dat recentelijk geplaatste peilbuizen dezelfde fluctuaties laten zien als peilbuis WVS35. Peilbuizen VR_1, VR_3 en in mindere mate VR_2, vormen hier een uitzondering op.

VR_3 ligt geografisch gezien tussen VR_4 en WVS35 (Gramsbergen) en toont een aanzienlijk hogere waarde met minder grote fluctuaties. Tussen VR_4 en VR_3 ligt ook de peilbuis in het DINOloket, peilbuis B22E0260. De peilbuismetingen zijn echter beschikbaar tussen 2000 en 2008. Onderstaand zijn de peilbuislocaties weergegeven.



De gemiddelden uit de DINOloket peilbuisdata zijn vergeleken met de recentere peilbuisgegevens. Onderstaand tabelmatig samengevat. In de vergelijking worden GLG met RLG-waarden vergeleken. Dit is theoretisch gezien niet juist. Er kunnen kleine verschillen in de gemiddelde waarden zitten. De overeenkomsten met peilbuis VR_3 lijken echter significant.

DINOLOKET				Hoogste waarde uit peilbuismetingen					Verschil peilbuis - DINO			
Meetperiode		GHG	GLG	GG	meetperiode			GG	RHG	RLG	GG	
jaren	peilbuis				jaren	peilbuis	RHG					RLG
9	B22E0260	8.8	8.04	8.35	0.8	VR_4-6	8.26	7.47	7.79	-0.54	-0.57	-0.56

De gemiddelden uit de peilbuis B22E0260 zijn ongeveer 0,55 meter hoger dan de gemiddelden uit peilbuizen VR_4-6. Opmerkelijk is dat de gemiddelden uit peilbuis VR_3 ongeveer 0,5 meter hoger is dan de peilbuis in het



DINOloket. De grondwaterstanden zijn op dit noordelijke deel dus afwijkend ten opzichte van de rest van Gramsbergen. Dat Peilbuis WVS35 weer overeenkomstig is met de gemiddelden onder Gramsbergen (VR_4 t/m VR_6) geeft de indruk dat de grondwaterstand lokaal meer in contact staat met het kanaal dan elders het geval is.



Bijlage 2 Grondonderzoek locatie A - Gramsbergen



Bijlage 3 Grondonderzoek locatie B



Bijlage 4 Grondonderzoek locatie C



Bijlage 5 Zettingsberekening locatie A

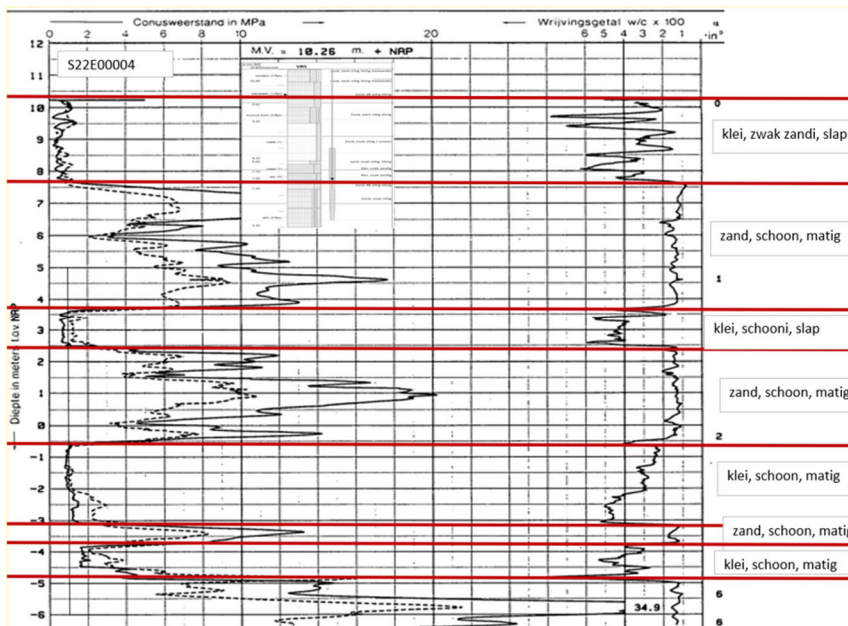
Door middel van een zettingsberekening is onderzocht hoeveel zetting maximaal verwacht wordt door de daling van de grondwaterstand. Aangehouden uitgangspunten daarbij:

- Zie paragraaf 4.1, Bijlage 1 en Bijlage 2 voor uitgangspunten over grondprofielen en (daling van) grondwaterstanden;
- Gebruikte parameter conform tabel 2.b van NEN 9997-1, Consolidatieconstanten gebaseerd op CUR 162;
- Berekening is uitgevoerd met D-Settlement software van Deltares, versie 21.2;
- Het aangehouden rekenmodel is NEN-Bjerrum met het consolidatiemodel conform Darcy;

Maatgevend grondprofiel en parameters

Er zijn twee grondprofielen beschouwd op zettingen omdat op voorhand niet vast stond welk profiel het meest zettingsgevoelig is. Onderstaande uitwerking betreft alleen de meest zettingsgevoelige zettingsberekening.

Voor de dieper gelegen zettingsgevoelige lagen is sondering 22E0004 maatgevend. De kleilaag in deze sondering is het hoogst gelegen en op basis van conuswaarde het meest zettingsgevoelig:

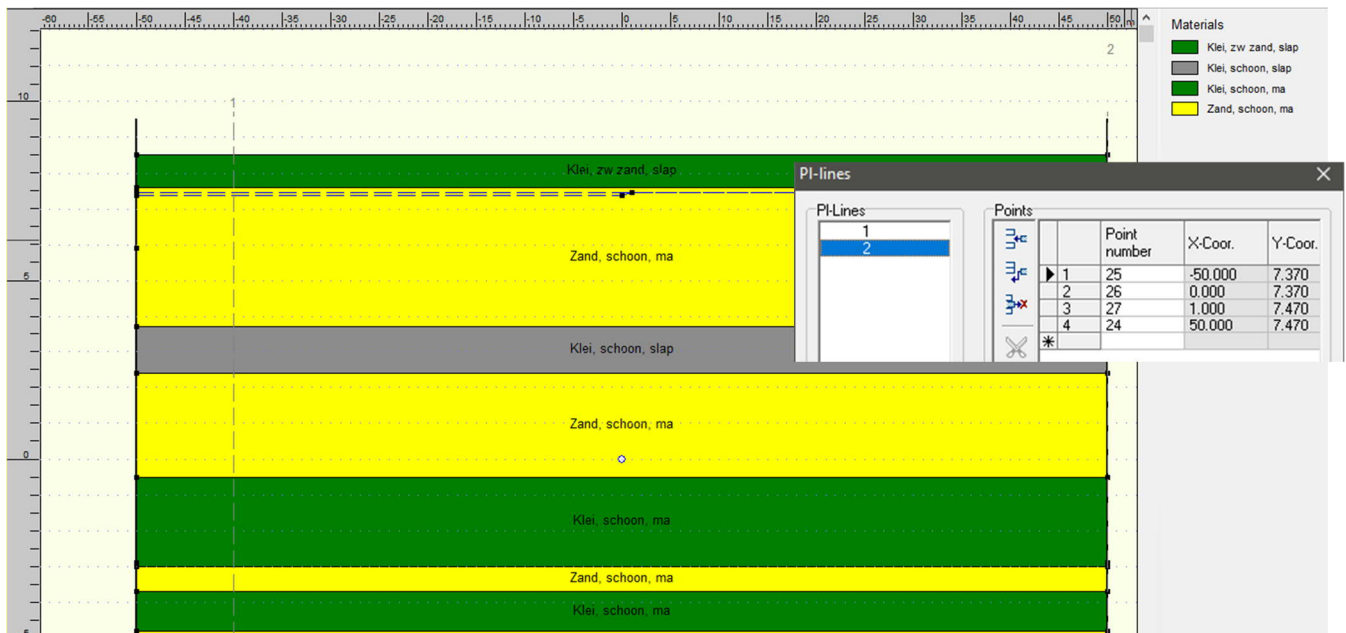


no	REPRESENTATIEF zettingsberekening Deelgebied A Grondsoort	[m] tov NAP		γ_{natural} kN/m ³	$\gamma_{\text{saturated}}$ kN/m ³	CR -	C α -	RR -	Cv_CUR [m ² /s]
		boven	onder						
1	Klei, zw zand, slap	8.50	7.60	15.0	15.0	0.23000	0.00920	0.07670	2.0E-08
2	Zand, schoon, ma	7.60	3.70	18.0	20.0	0.00380	0.00000	0.00130	1.0E+00
3	Klei, schoon, slap	3.70	2.50	14.0	14.0	0.32860	0.01310	0.10950	7.9E-08
4	Zand, schoon, ma	2.50	-0.50	18.0	20.0	0.00380	0.00000	0.00130	1.0E+00
5	Klei, schoon, ma	-0.50	-3.00	17.0	17.0	0.15330	0.00610	0.05110	5.0E-08
6	Zand, schoon, ma	-3.00	-3.70	18.0	20.0	0.00380	0.00000	0.00130	1.0E+00
7	Klei, schoon, ma	-3.70	-4.80	17.0	17.0	0.15330	0.00610	0.05110	5.0E-08
8	Zand, schoon, ma	-4.80	-6.00	18.0	20.0	0.00380	0.00000	0.00130	1.0E+00



D-Settlement zettingsberekening:

In de zettingsberekening met het NEN-Bjerrum model worden ook achtergrondzettingen berekend door veroudering van grond (Ageing). De zettingen als gevolg van de grondwaterstandverlaging moeten daarom beschouwd worden tegen de te verwachten achtergrondzetting door veroudering van de grond. Om de achtergrondzetting in de huidige situatie vast te stellen is daarom de grondwaterstanddaling alleen op een deel in rekening gebracht. Zie onderstaande schematisatie.



4.1 Settlements

Vertical number	X co-ordinate [m]	Z co-ordinate [m]	Surface level [m]	Settlement [m]
1	-40.00	-999.00	8.50	0.128
2	50.00	0.00	8.50	0.122

Interpretatie van de berekening:

Uit de zettingsberekening volgt een huidige achtergrondzetting in 30 jaar van 0.122 m, ofwel 12,2 cm. Met de grondwaterstanddaling van 0,10 m volgt in totaal een (achtergrond)zetting van 0,128 m, 12,8 cm.

De zetting als gevolg van de grondwaterstanddaling is in 30 jaar 0,006 m, 0,6 cm.