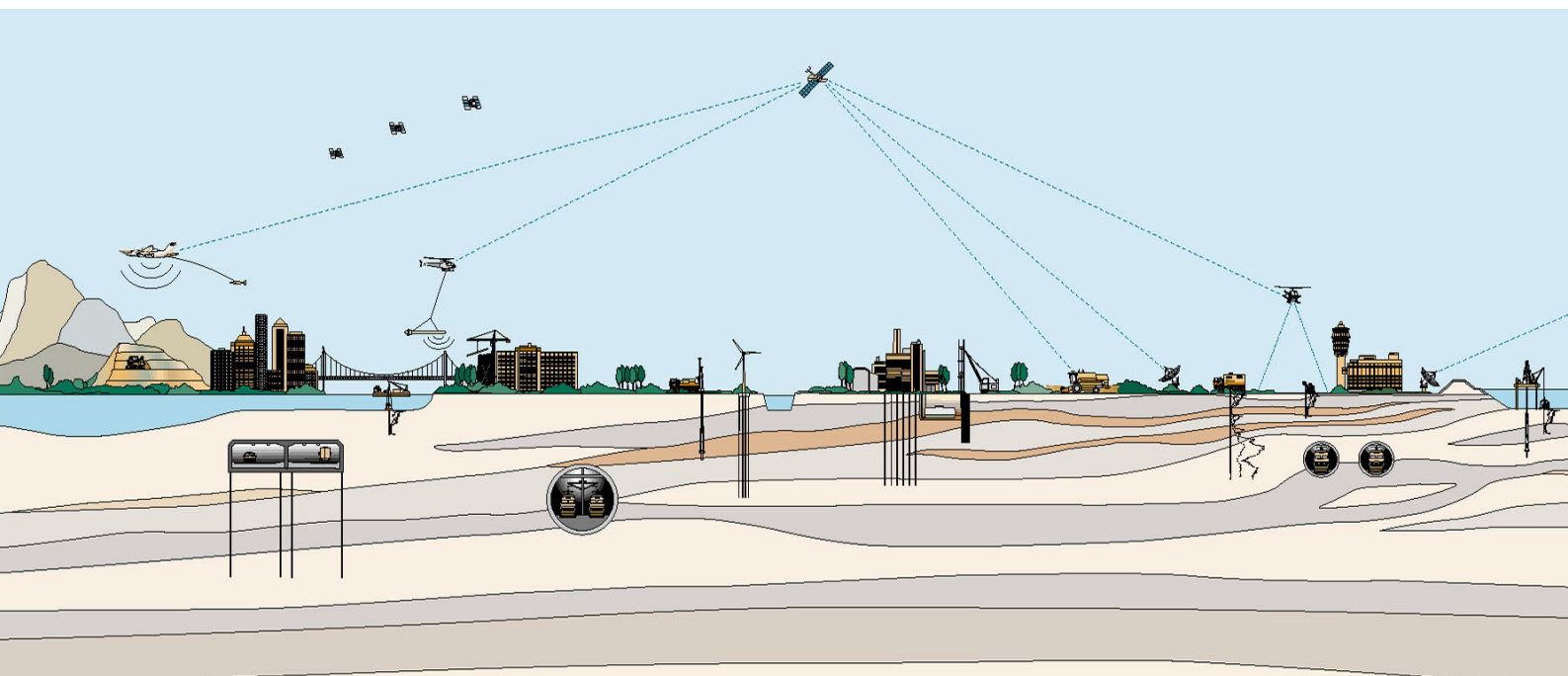


RAPPORT
betreffende

**ANALYSE BARRIÈREWERKING
NIEUWBOUW OOGLIJDESGASTHUIS A/D
CORNELIS EVERTSENSTRAAT TE UTRECHT**

Opdrachtnummer: 6011-0380-001



RAPPORT
betreffende

**ANALYSE BARRIÈREWERKING
NIEUWBOUW OOGLIJDESGASTHUIS A/D
CORNELIS EVERTSENSTRAAT TE UTRECHT**

Opdrachtnummer: 6011-0380-001

Opdrachtgever : Driestar B.V.
Emmalaan 33
3581 HP Utrecht
Contactpersoon: dhr. E.F. Gaymans

Projectleider en
gecontroleerd door : W. Kooijman MSc.
Adviseur Hydrologie

Opgesteld door : drs. I.V. Berger
Adviseur Hydrologie

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	22 maart 2016	eerste versie	WKM
2	5 april 2016	Paragraaf toegevoegd i.v.m. eventuele welvorming door kortsluiting damwand met 1 ^e wvp	WKM

FILE: 6011-0380-001_33.R01v2.docx. Op deze rapportage zijn de algemene leveringsvoorwaarden ALV 2012 van toepassing die een aansprakelijkheidsbeperking bevatten.

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING	3
2. PROJECTOMSCHRIJVING	4
2.1. Project	4
2.2. Omgeving	5
3. GEOHYDROLOGISCHE INVENTARISATIE	6
3.1. Grondonderzoek en bodemopbouw	6
3.2. Riolering en eventuele drainage (grondwaterbeheersmaatregelen)	7
3.3. Oppervlaktewaterpeil	8
3.4. Grondwaterstand en stijghoogte	8
4. BARRIEREWERKING KELDER	13
5. KORTSLUITING TOPLAAG – 1^E WVP DOOR DAMWAND	15

BIJLAGEN

- Rapportages geotechnisch veldwerk:
 - ➔ 6011-0380-001_21.KRV01, d.d. 3-3-2016 (HB1 t/m HB3)
 - ➔ 6011-0380-000.R01, d.d. 23-11-2011 (DKM1, DKM10, DKM14)
- Appendix “Theoretische onderbouwing barrièrewerking”

1. INLEIDING

Fugro GeoServices B.V. te Amsterdam ontving van Driestar B.V. te Utrecht opdracht voor het uitvoeren van een grondonderzoek en een analyse naar barrièrewerking door de aanleg van een 2-laags parkeerkelder aan de Cornelis Evertsenstraat te Utrecht. Tevens is de mogelijke kortsluiting door de damwanden tussen de toplaaag en het 1^e watervoerende pakket beschouwd.

In november 2011 zijn op het terrein 3 sonderingen door Fugro uitgevoerd. De rapportage is uitgebracht onder rapportnummer 6011-0380-000.R01, d.d. 23-11-2011. Aanvullend hierop zijn in februari 2016 door Fugro 3 handboringen uitgevoerd. In de boorgaten is een diepe en ondiepe peilbuis geplaatst. In deze peilbuizen is vervolgens in februari en maart 2016 de grondwaterstand 3 keer gepeild.

Tevens is voor de analyse gebruik gemaakt van grondwaterstandsgegevens van de gemeente Utrecht en door de opdrachtgever verstrekte informatie, te weten:

- Tekeningen van de nieuwbouw en bestaande gebouwen;
- Rapport "Indicatieve in-situ partijkeuring grond", met 3 boringen tot MV -9 m, d.d. 1-11-'11;
- Sonderingsonderzoek, met 11 sonderingen tot ca. NAP -16 à -22 m, d.d. 5-7-1994.

Het doel van het onderzoek is:

- Bepalen van het effect van de kelder op de grondwaterstand- en stroming in de omgeving;
- Indien (negatieve) effecten worden verwacht, wordt een voorstel gedaan voor mitigerende maatregelen.

In hoofdstuk 2 wordt een projectomschrijving gegeven, waarna in hoofdstuk 3 de bodem- en de geohydrologische gesteldheid van de locatie wordt behandeld. In hoofdstuk 4 worden de (geo)hydrologische effecten als gevolg van de aanleg van de parkeerkelder beschreven, en in hoofdstuk 5 de gevolgen van de eventuele kortsluiting door de damwand met het 1^e watervoerende pakket.

2. PROJECTOMSCHRIJVING

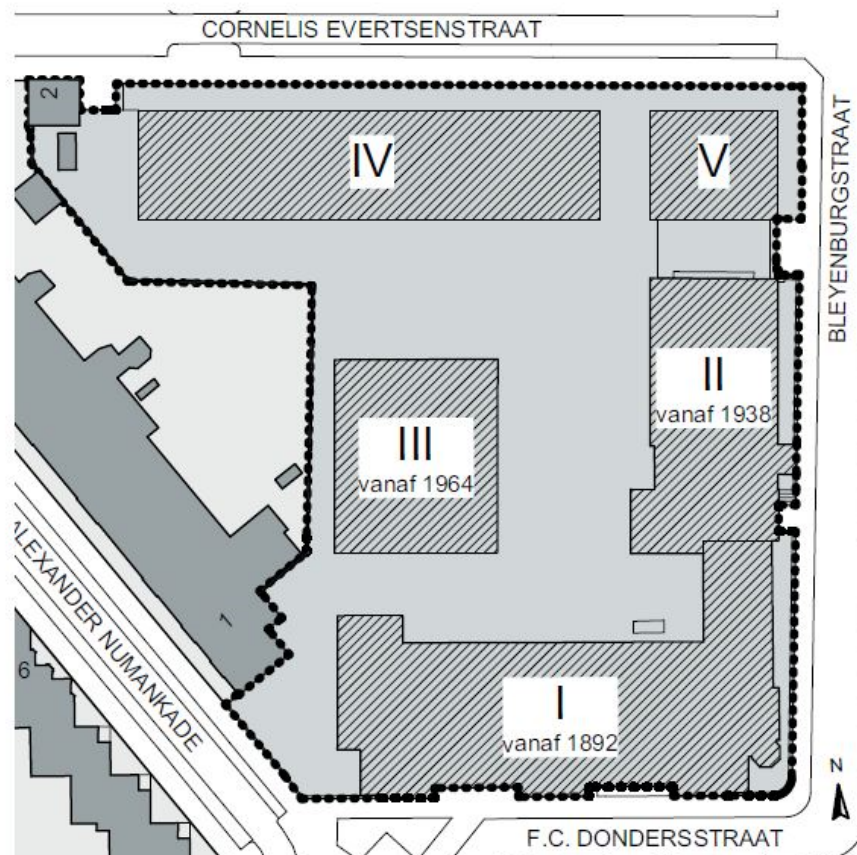
2.1. Project

Voor het terrein van het voormalige Ooglijdersgasthuis zijn er plannen voor het herontwikkelen van het complex tot woningbouw, waarbij de monumentale bebouwing gehandhaafd blijft. Aan de Cornelis Evertsenstraat wordt de bestaande bebouwing gesloopt en komen er nieuwe woningen met een ondergrondse parkeergarage. Onder het te slopen gebouw is geen kelder aanwezig. Binnen het Rijksdriehoeksnet heeft de projectlocatie globaal de coördinaten X = 138.000 m en Y = 456.770 m. Een overzicht van het terrein met de verschillende bouwdelen is weergegeven in figuur 2-1.

Onder nieuwbouwdelen IV en V wordt een 2-laags parkeerkelder voorzien met de afmetingen van ca. 71 m x 16 m. Het bouwpeil 0 (P) ten opzichte van NAP is nog onbekend, maar wordt voorlopig door de opdrachtgever aangehouden op het huidige vloerniveau (bovenzijde begane grond; door Fugro ingemeten op 3-11-2011 zoals op de situatietekening in de bijlagen is gepresenteerd). Door Fugro is het maaiveld-/straatniveau om de nieuwbouwlocatie ingemeten op NAP +2,1 à +2,0 m.

De ontgraving en aanleg van de kelder wordt uitgevoerd binnen grond- en waterkerende damwanden (tot een diepte van ca. NAP -8,0 m) in combinatie met een onderwaterbetonvloer van 0,8 m dik. De damwanden worden na de realisatie van de kelder niet getrokken. Het betreft dus een permanente constructie. Uit de verstrekte informatie volgt dat:

- bouwpeil P0 = bovenzijde begane grondvloer = NAP +2,28 m;
- aanlegniveau 2-laags kelder (onderzijde vloer) = P -6,05 m = ca. NAP -3,8 m;
- en onderzijde onderwaterbetonvloer = P -6,85 m = ca. NAP -4,6 m.



Figuur 2-1: Overzicht bouwdelen op tekening S0-008: doorsneden E-G bouwdeel 2, Driestar, d.d. 12-2-2016.

2.2. Omgeving

De opdrachtgever heeft tekeningen verstrekt van de bestaande bouwdelen (met souterrain, gefundeerd op staal) op het eigen terrein. Het peil 0 (P) ten opzichte van NAP is onbekend, maar dit is door de architect geschat op basis van de vloerpeilen (door Fugro ingemeten op 3-11-2011 zoals op de situatietekening in de bijlagen is gepresenteerd) op ca. NAP +3,14 m. Opgemerkt is dat het peil van het paviljoen onbekend is maar gezien de aansluiting op de oudbouw wordt van hetzelfde peil uitgegaan.

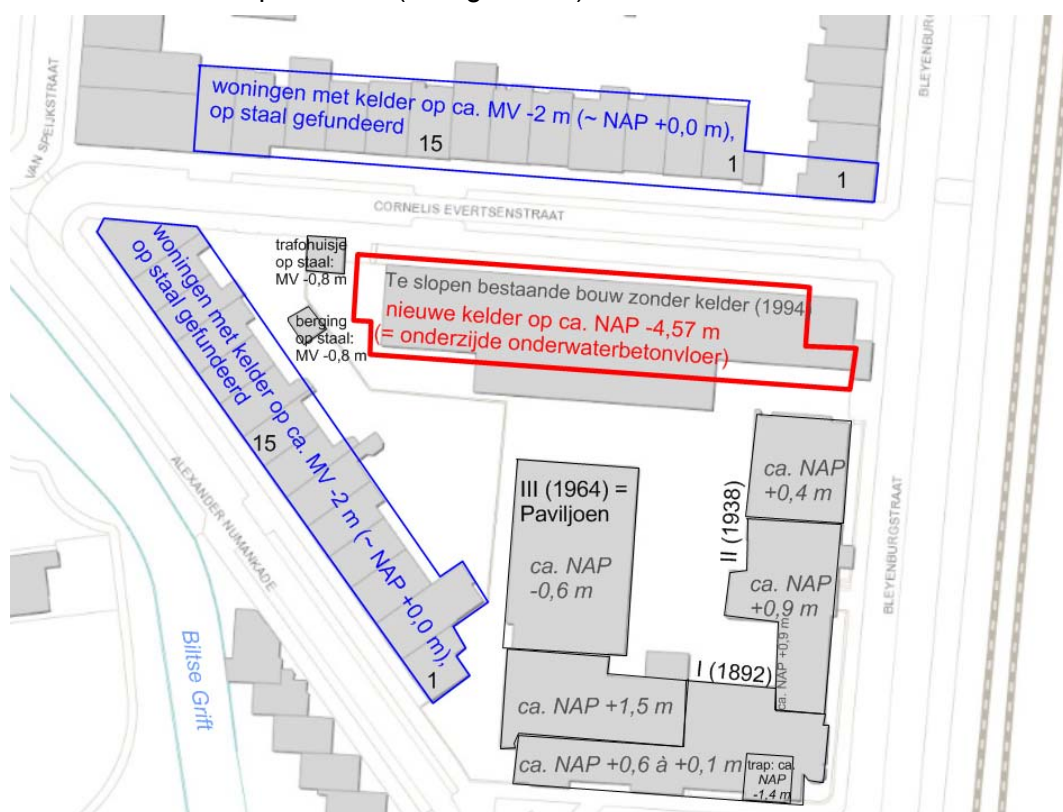
Onder de bestaande bouwdelen zijn souterrains aanwezig met de volgende vloerniveaus van de bovenzijde:

- Bouwdeel II (1938): vloer op P -2,34 m (~ NAP +0,8 m),
en zuidelijk deel op ca. P -1,85 m (~ NAP +1,29 m);
- Bouwdeel I (1892), noordelijke deel nabij op deel II: vloer op P -1,84 m (~ NAP +1,3 m);
- Bouwdeel I (1892), zuidelijk deel: vloer op ca. P -2,2 à -2,7 m (~NAP +0,94 à +0,44 m);
- Bouwdeel III (1964): paviljoen met vloer op P -3,4 m (~ NAP -0,26 m).

Een overzicht van de souterrains met het globale niveau van de onderzijde van de vloer (bij een vloerdikte van ca. 0,4 m) is weergegeven in figuur 2-2.

Aanvullend op deze informatie is door Fugro informatie van BAG-viewer geraadpleegd, en een locatiebezoek en archiefonderzoek uitgevoerd voor de woningen aan de Cornelis Evertsenstraat en de Alexander Numankade. Hieruit volgt dat de woningen aan de Cornelis Evertsenstraat 1-21 (bouwjaar 1902), Bleyenburgerstraat 1 (bouwjaar 1896) en Alexander Numankade 15-21 (bouwjaar 1895) zijn voorzien van een souterrain/half verdiepte kelder/souterrain op ca. MV -2 m, en zijn gefundeerd op staal (ca. 0,4 m onder het souterrain).

Uit het locatiebezoek volgt dat alle woningen aan de Alexander Numankade zijn voorzien van een half verdiepte kelder (zie figuur 2-2).

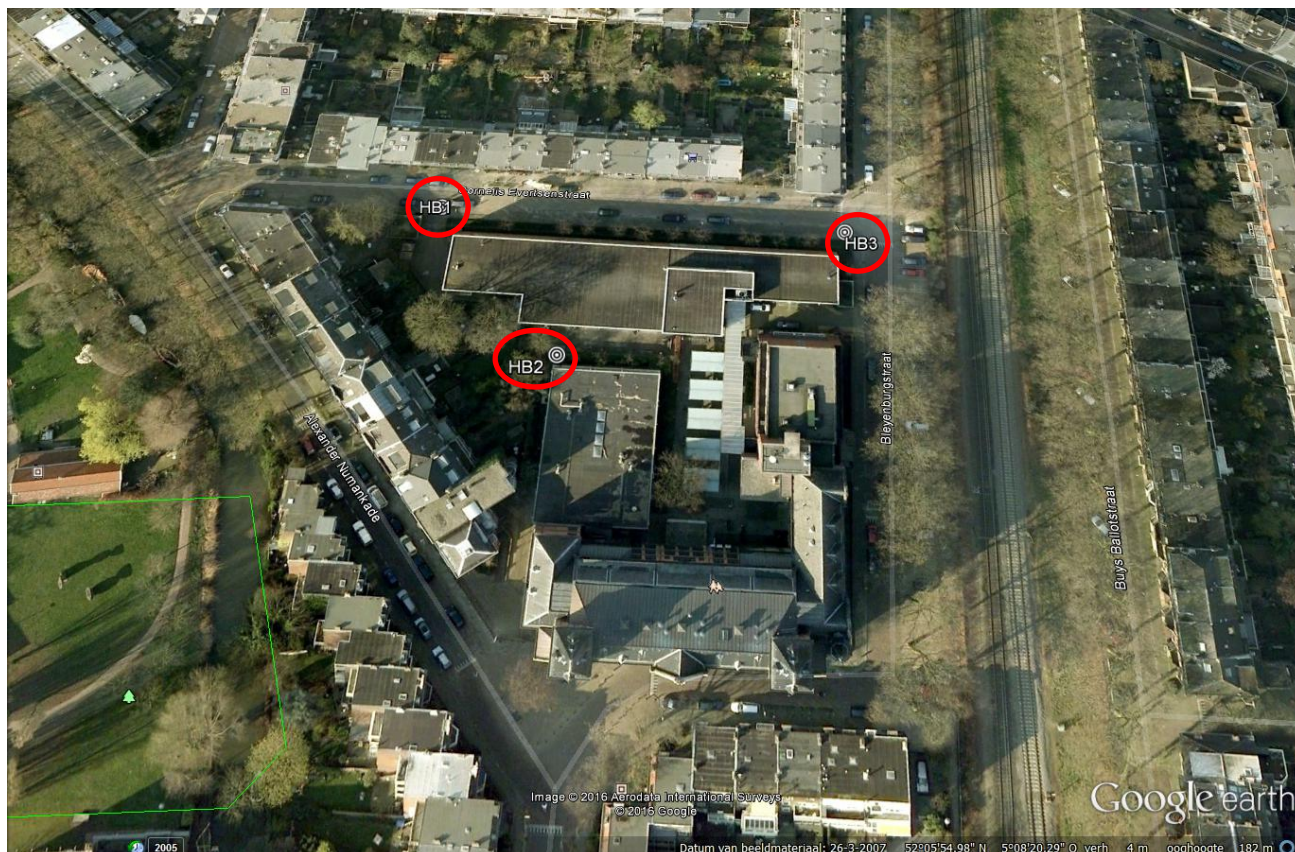


Figuur 2-2: Overzicht nieuwe 2-laags kelder en bestaande (halfverdiepte) kelders.

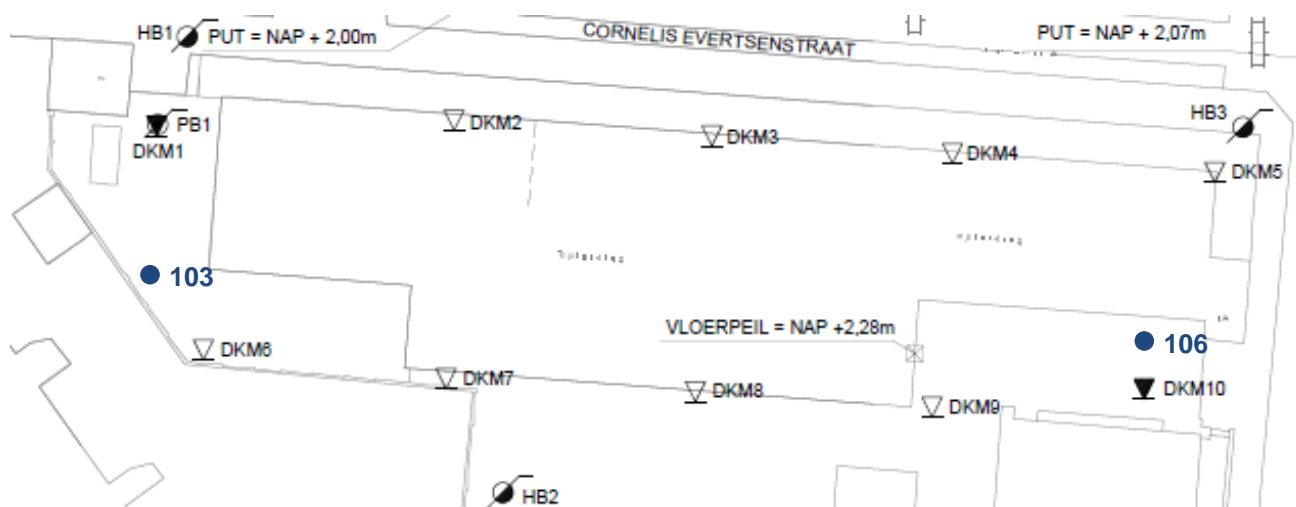
3. GEOHYDROLOGISCHE INVENTARISATIE

3.1. Grondonderzoek en bodemopbouw

Door Fugro zijn in november 2011 op het terrein 3 sonderingen tot ca. MV -25 m uitgevoerd, en in februari 2016 zijn 3 handboringen tot ca. MV -5 m uitgevoerd. In de boorgaten is een diep en ondiep filter afgesteld (totaal 6 peilfilters). In deze peilbuizen is vervolgens in februari en maart 2016 de grondwaterstand 3 keer gepeild. Voor de resultaten van het onderzoek wordt verwezen naar het "Rapportage geotechnisch veldwerk" in de bijlagen. De boor-/peilbuislocaties (HB1 t/m HB3) zijn in figuren 3-1 en figuur 5-1 gepresenteerd.



Figuur 3-1a: Locaties peilbuizen HB1 t/m HB3 om nieuwbouwlocatie gepresenteerd op luchtfoto van GoogleEarth



Figuur 3-1b: Onderzoeklocaties t.p.v. nieuwbouw (Fugro boringen en sonderingen, milieuboringen 103 en 106)

Op basis van de beschikbare informatie, het uitgevoerde grondonderzoek en gegevens uit de literatuur, is de bodemopbouw (geohydrologisch) geschematiseerd en weergegeven in tabel 3-1. Uit het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) en de resultaten van de hoogtemetingen (zie situatietekening in de bijlagen) blijkt dat het maaiveld op het terrein een hoogteverschil van ca. 1 m heeft.

Tabel 3-1: Bodemopbouw

Diepte [ca. NAP m]			Bodembeschrijving	Typering	Laag
tpv nieuwbouw: +2,1 à +1,8 terrein: +2,8 à +1,4 (lokaal +1,0)			Maaiveld	Infiltratieoppervlak	0
+2,8 à +1,7	tot	+1,5 à +0,6	Zand (ophooglaag)	Geen tot (zeer) beperkt watervoerende toplaag	1
+1,5 à +0,6	tot	-0,6 à -1,4	Klei en veen	Waterremmende laag	2
-0,8 à -1,4	tot	ca. -35*	Zand, met lokaal een ca. 1 m dikke kleilaag** tussen NAP -21 en -23 m	1 ^e watervoerend pakket (1 ^e wvp)	3

* Maximaal door Fugro verkende sondeerdiepte: ca. NAP -23 m.

** Van de 3 Fugrosonderingen op het terrein is t.p.v. sonderingen DKM1 en DKM14 deze kleilaag aangetroffen, en bij DKM10 niet. In het verstrekte sonderingsonderzoek (1994) is slechts 1 van de 11 sonderingen tot dieper dan NAP -21 m uitgevoerd. In deze sondering is op dit niveau geen klei aangetroffen.

De onderkant van de nieuwe kelder gaat door de deklaag heen, en sluit de topzandlaag volledig af. De kelder ligt net in de top van het goed doorlatende 1^e watervoerende zandpakket.

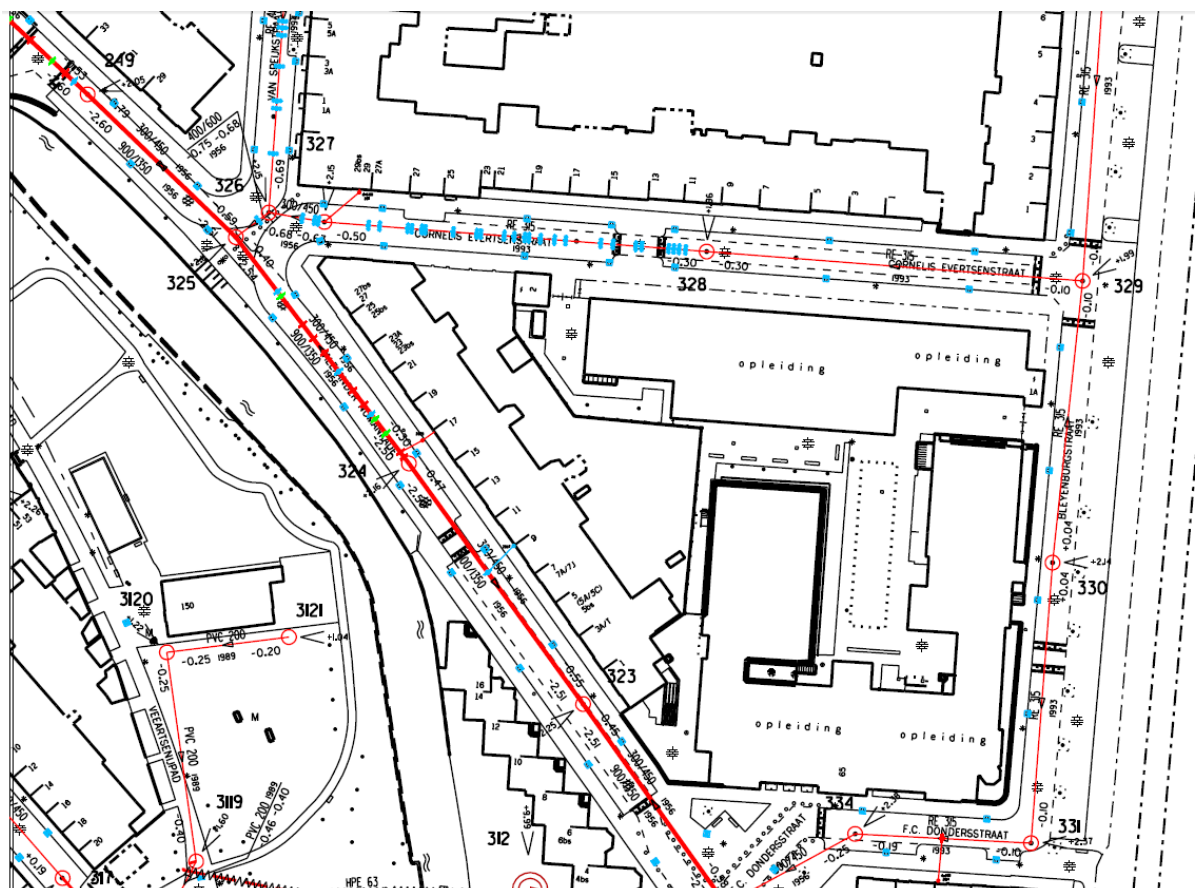
3.2. Riolering en eventuele drainage (grondwaterbeheersmaatregelen)

Aangenomen wordt dat het dak- en het straatoppervlak van de kavel en de omgeving in de huidige en toekomstige situatie volledig is aangesloten op de riolering.

Bij de gemeente Utrecht is informatie van de riolering en drainage nabij de projectlocatie opgevraagd. In de straten rondom de locatie ligt een gemengd rioolstelsel (zie figuur 3-2), te weten in de:

- Cornelis Evertsenstraat: Ø 315 mm, b.o.b. op ca. NAP -0,1 à -0,7 m, d.d. 1993;
- Bleyenburgerstraat: Ø 315 mm, b.o.b. op ca. NAP +0,04 à -0,1 m, d.d. 1993;
- FC Dondersstraat: Ø 315 mm, b.o.b. op ca. NAP -0,1 à -0,2 m, d.d. 1993 *en*
Ø 300/450 mm, b.o.b. op ca. NAP -0,2 à -0,5 m, d.d. 1956;
- Alexander Numankade: Ø 300/450 mm, b.o.b. op ca. NAP -0,3 à -0,6 m, d.d. 1956 *en*;
Ø 900/1350 mm, b.o.b. op ca. NAP -2,49 à -2,54 m, d.d. 1956.

De gemeente heeft aangegeven dat er geen drainageleidingen zijn aangegeven op de tekening en dat deze hier waarschijnlijk niet liggen. Er zijn geen waterhuishoudkundige bijzonderheden bekend.



Figuur 3-2: Ligging gemengd riool (rode lijn) rond de projectlocatie (bron: gemeente Utrecht)

3.3. Oppervlaktewaterpeil

Op ca. 50 m ten zuidwesten van de nieuwbouwlocatie stroomt de Biltse Grift, en op ca. 280 m ten oosten ligt een watergang. Het hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden heeft aangegeven dat in dit gebied een streefpeil van ca. NAP +0,58 m wordt gehanteerd. Ter plaatse van de meest nabij gelegen peilschaal in de Biltse Drift zijn waarden geregistreerd van ca. NAP +0,6 à +0,5 m.

Op ca. 170 m ten noorden van de nieuwbouwlocatie ligt een watergang met een vast peil van ca. NAP +0,20 m.

3.4. Grondwaterstand en stijghoogte

3.4.1. Beschikbare grondwatergegevens

Sondeeronderzoek Fugro 2011

Na de uitvoering van de sonderingen op 3 november 2011 is in de 3 sondeergaten de grondwaterstand aangetroffen op ca. MV -1,8 m, overeenkomend met ca. NAP +0,3 m. Dit betreft slechts een eenmalige meting en is bedoeld als oriënterend waarde.

Peilbuizen locatie Fugro 2016

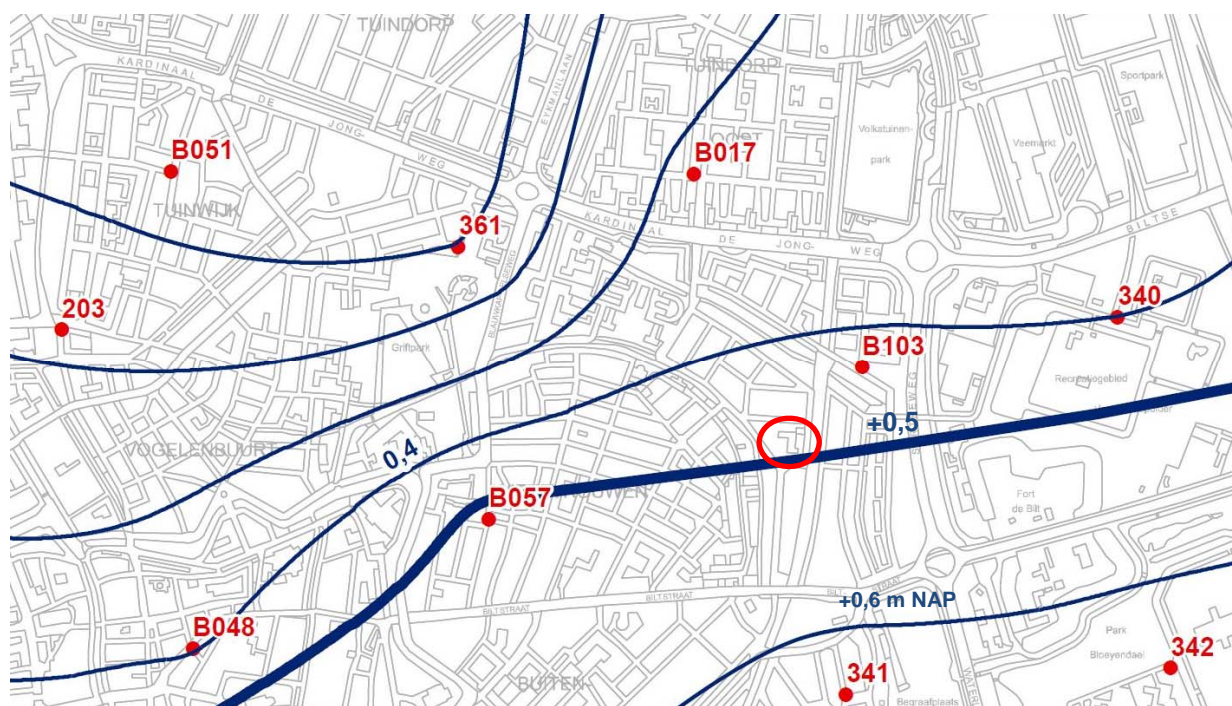
In de peilbuizen op de locatie is de grondwaterstand 3 keer gemeten. De resultaten hiervan zijn gepresenteerd in tabel 3-3 (de meting van 29 februari is gepresenteerd in figuur 5-1).

Tabel 3-3: Gemeten grondwaterstand in peilbuizen op de locatie

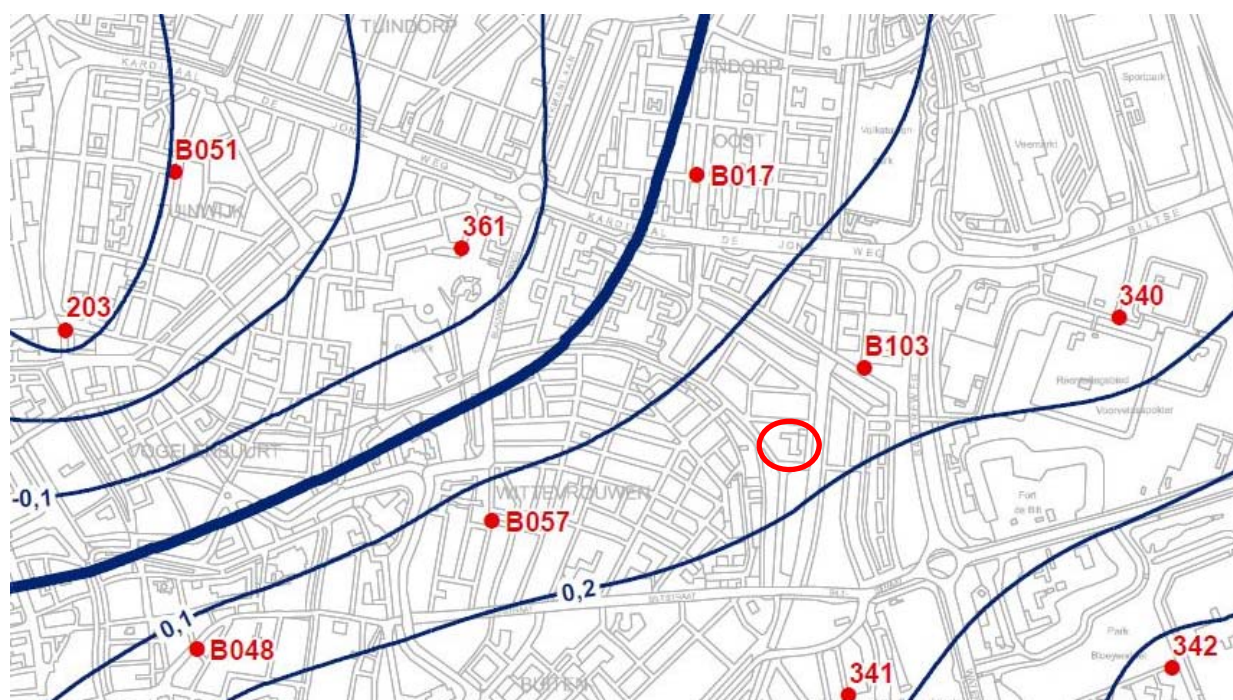
Peilbuis	Bovenkant peilbuis [m NAP]	Filterafstelling [ca. m NAP]	Laag	Grondwaterstand / Stijghoogte [ca. m NAP]		
				29-2-2016	10-3-2016	16-3-2016
HB1-ondiep	+2,03	+1,1 tot +0,1	2	+0,96	+0,95	+0,88
HB2-ondiep	+1,99	-0,3 tot -1,3	2 / 3	+0,77	+0,79	+0,65
HB3-ondiep	+1,96	+0,7 tot -0,3	2	+0,91	+0,90	+0,76
HB1-diep	+2,03	-1,9 tot -2,9	3	+0,39	+0,39	+0,35
HB2-diep	+1,99	-2,0 tot -3,0	3	+0,45	+0,50	+0,46
HB3-diep	+1,96	-2,0 tot -3,0	3	+0,42	+0,42	+0,39

Peilbuizenmeetnetwerk van gemeente

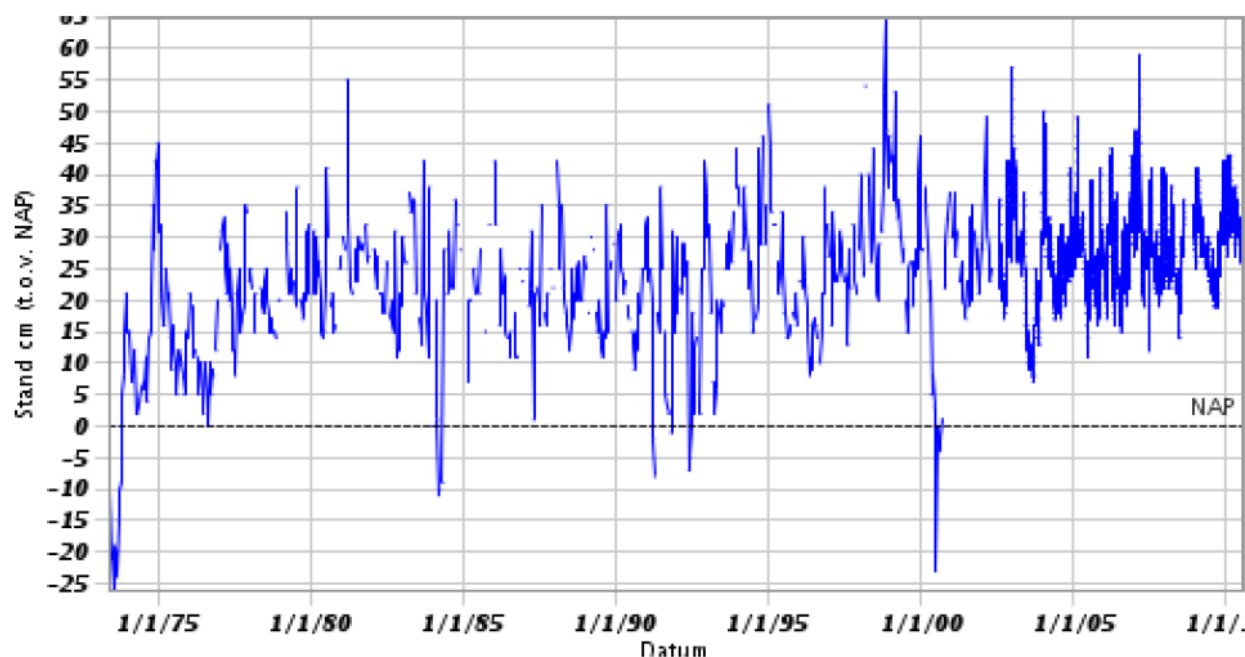
De gemeente Utrecht heeft een peilbuizenmeetnetwerk waarvan de meeste peilbuizen op ca. MV -7 m staan, in het 1^e watervoerende pakket (laag 3), en de gegevens zijn te raadplegen via het DINOloket.nl. Om inzicht te krijgen in de fluctuatie van de grondwaterstand/stijghoogte in de omgeving van de locatie zijn de grondwaterstandsgegevens uit deze DINO-database van TNO geraadpleegd. Op ca. 190 m ten noordoosten van de projectlocatie en ca. 660 m ten westen staan de peilbuizen B103 en B057. De locaties van de peilbuizen zijn weergegeven in figuren 3-3 en de meetreeksen in figuren 3-4.



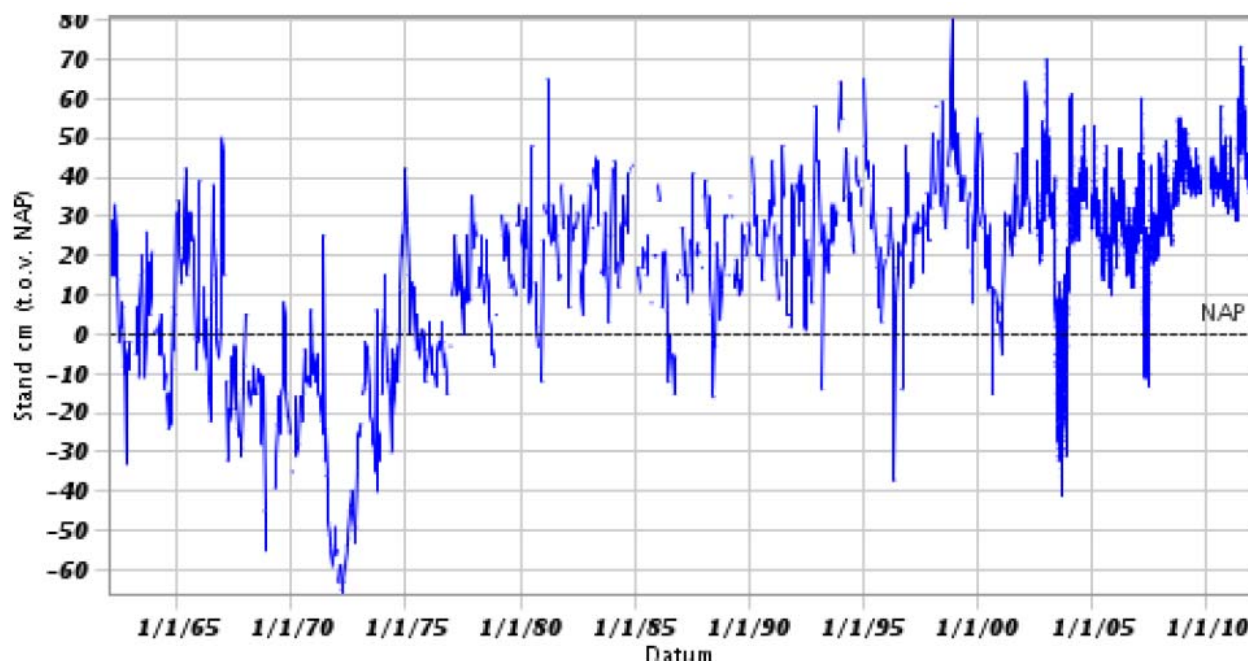
Figuur 3-3a: Grondwatercontourkaart hoge stijghoogtes [m NAP] Gemeente Utrecht met locaties peilbuizen.



Figuur 3-3b: Grondwatercontourkaart lage stijghoogtes [m NAP] Gemeente Utrecht met locaties peilbuizen.



Figuur 3-4a: Stijghoogtemeetreeks TNO-peilbuis B31H2636(= **gemeentenr: B103**), maaiveld: NAP +1,72 m.



Figuur 3-4b: Stighoogtemeetreeks TNO-peilbuis B31H2628 (= **gemeentenr: B057**), maaiveld: NAP +2,32 m.

3.4.2. Analyse grondwaterstanden en stijghoogten

Freatisch grondwater

Op basis van de beperkt beschikbare grondwaterstandsdata is het volgende vastgesteld:

- De locatie ligt in gerioleerd gebied.
- Het peil van de meest nabij gelegen watergang ligt op ca. NAP +0,6 m.
- De grondwaterstand op de projectlocatie ligt rond de ca. NAP +1,0 à +0,6 m in februari-maart 2016. In deze periode (ca. januari – april) komen doorgaans de relatief hogere waarden voor.

Op 3 november 2011 is in de 3 sondeergaten de grondwaterstand aangetroffen op ca. NAP +0,3 m. In deze periode (ca. augustus - november) komen doorgaans de relatief lagere waarden voor.

De fluctuatie van de grondwaterstand in het hele jaar is echter onbekend, en kunnen dus hoger en lager zijn.

- De drooglegging (grondwaterstand beneden maaiveld) ligt op de projectlocatie in februari-maart 2016 tussen ca. MV -1,1 à -1,4 m.
- Uit de resultaten van de grondwaterstandsmetingen (3 meetrondes in februari-maart 2016) volgt dat er geen noemenswaardig verhang aanwezig is (een verschil in gemeten grondwaterstanden van ca. 0,05 à ≤ 0,2 m over ca. 40 m).

Tevens volgt uit de metingen dat het niveau van de (hoge) grondwaterstand zich in de deklaag van klei en veen bevindt, met uitzondering van de zuidoosthoek van de kelder (t.p.v. sondering DKM10) waar de grondwaterstand in de topzandlaag (net boven de deklaag) is aangetroffen.

Op basis van bovenstaande bevindingen wordt vastgesteld dat ter plaatse van de kelder de grondwaterstand zich in de waterremmende deklaag bevindt, waardoor er geen sprake is van een aaneengesloten (goed) watervoerende toplaag. Derhalve is er ook **geen (noemenswaardige) horizontale grondwaterstroming** in de toplaag.

Het grondwater (aangevuld door neerslag) zal verticaal wegzijgen naar het 1^e watervoerende pakket. Bij (hevige) buien kan een schijngrondwaterstand optreden in de topzandlaag, omdat het water niet snel (verticaal) kan wegstromen/infiltreren.

Stijghoogte 1^e watervoerend pakket

Op basis van de beschikbare stijghoogtedata is het volgende vastgesteld:

- Op de projectlocatie zijn waarden gemeten van ca. NAP +0,5 à +0,3 m in februari-maart 2016.
- Uit de gemeentepijlbuizen volgt een fluctuatie tussen ca. NAP +0,6 m en ca. NAP -0,1 m, maar de stijghoogten kunnen (incidenteel) hogere of lagere niveaus bereiken.
- Op basis van de resultaten van de grondwaterstandsmetingen (3 meetrondes in februari-maart 2016) is een noordelijk verhang gemeten van ca. 0,05 à 0,1 m (over een afstand van ca. 40 m).
- Uit de contourkaarten van de gemeente Utrecht volgt een noord(west)elijke gerichte stroming met een verhang van ca. 0,1 m over een afstand van ca. 290 m (figuren 3-3).

Algemeen

De genoemde waarden van de grondwaterstand en stijghoogte mogen alleen voor dit onderzoek worden gebruikt, en voor andere (ontwerp)doeleinden. De aangenomen, maatgevende, waarden zijn niet tot stand gekomen met behulp van een statistische analyse.

4. BARRIEREWERKING KELDER

Bij barrièrewerking wordt de grondwaterstroming lokaal gehinderd door ondergrondse constructies. Hiermee treedt opstuwning op aan de bovenstroomse zijde van de kelder en een verlaging van de grondwaterstand aan de benedenstroomse zijde. Door de aanleg van een kelder op de projectlocatie kan mogelijk barrièrewerking optreden. Of en in welke mate barrièrewerking zal optreden wordt in dit hoofdstuk getoetst.

Uit de toelichting van de theoretische achtergrond (zie bijlage/appendix "Theoretische onderbouwing barrièrewerking") volgt dat het gevaar voor barrièrewerking in de onderhavige situatie af zal hangen van:

1. De omvang van de barrière in relatie tot de stromingsrichting van het grondwater;
2. De diepte van de barrière (kelder) in relatie tot de bodemgesteldheid en de mate waarin de ondergrondse bouwdelen watervoerende lagen doorsnijden;
3. De bodemgesteldheid (de verticale doorlatendheid) van de lagen onder de barrière.
4. De mate van horizontale grondwaterstroming (een significant grondstandswaterverschil).

Bovenstaande punten zijn getoetst voor onderhavig project voor de eventuele barrièrewerking in de topzandlaag en in het 1^e watervoerend pakket.

Topzandlaag

De lengte en breedte van de nieuw te bouwen 2-laags kelder (punt 1) zijn dusdanig groot dat deze kelder een barrière tegen grondwaterstroming in de topzandlaag kan vormen, mits er sprake is van een grondwaterstroming. Dit geldt ook voor de diepte (punt 2), aangezien de kelder de topzandlaag volledig doorsnijdt / afsluit.

Tevens zijn op het eigen terrein en in de directe omgeving (Alexander Numankade en Cornelis Evertsenstraat) souterrains aanwezig die de toplaag afsluiten.

Uit het grondonderzoek en de grondwaterstandsmetingen volgt dat de topzandlaag niet tot (zeer) beperkt watervoerend is, en dat ter plaatse van de kelder geen sprake is van een aaneengesloten (goed) watervoerende laag (zie paragraaf 3.4.). Derhalve is er **geen (noemenswaardige) horizontale grondwaterstroming** in de toplaag (punten 3 en 4), en wordt door de nieuwe kelder **geen barrièrewerking verwacht** in deze laag.

Het grondwater in de toplaag (neerslagoverschot) zijgt/stroomt verticaal weg naar het onderliggende 1^e watervoerende pakket.

1^e watervoerend pakket

De lengte en breedte van de nieuw te bouwen 2-laags kelder (punt 1) zijn dusdanig groot dat deze kelder een barrière tegen grondwaterstroming in de topzandlaag kan vormen.

Uit de theoretische beschouwing blijkt dat barrièrewerking pas significant wordt bij een doorsnijding van de watervoerende laag van ca. ≥ 70 %. De kelderconstructie, inclusief de permanente damwanden tot ca. NAP -8,0 m, bevindt zich slechts in de bovenste ca. 7 m van het 1^e watervoerende pakket met een totale dikte van ca. 34 m (lokaal ca. 20 m). Gezien de doorsnijding van ca. 21 % (lokaal ca. 35 %) kan het grondwater in het 1^e watervoerende zandpakket onder de kelder doorstromen (punt 2 en 3) en wordt in dit pakket **geen barrièrewerking verwacht**.

De aanwezige souterrains in de directe omgeving bevinden zich in de deklaag, met uitzondering van de liftput in het bestaande gebouw (bouwdeel I) die zich mogelijk net in de top van het 1^e watervoerende pakket bevindt. Hierdoor wordt ook geen barrièrewerking in dit pakket wordt verwacht.

Bovendien is er geen sprake van significante grondwaterstroming in dit pakket (punt 4), zoals in paragraaf 3.4 is genoemd.

Zekerheidshalve zijn berekeningen uitgevoerd, met het softwarepakket MicroFEM, om inzicht te krijgen in de eventuele verandering in de stijghoogte door de aanleg van de kelder. Hieruit volgt een eventuele stijging/daling van het grondwater in het 1^e watervoerende pakket direct naast de kelder van maximaal 0,01 m (≤ 1 cm).

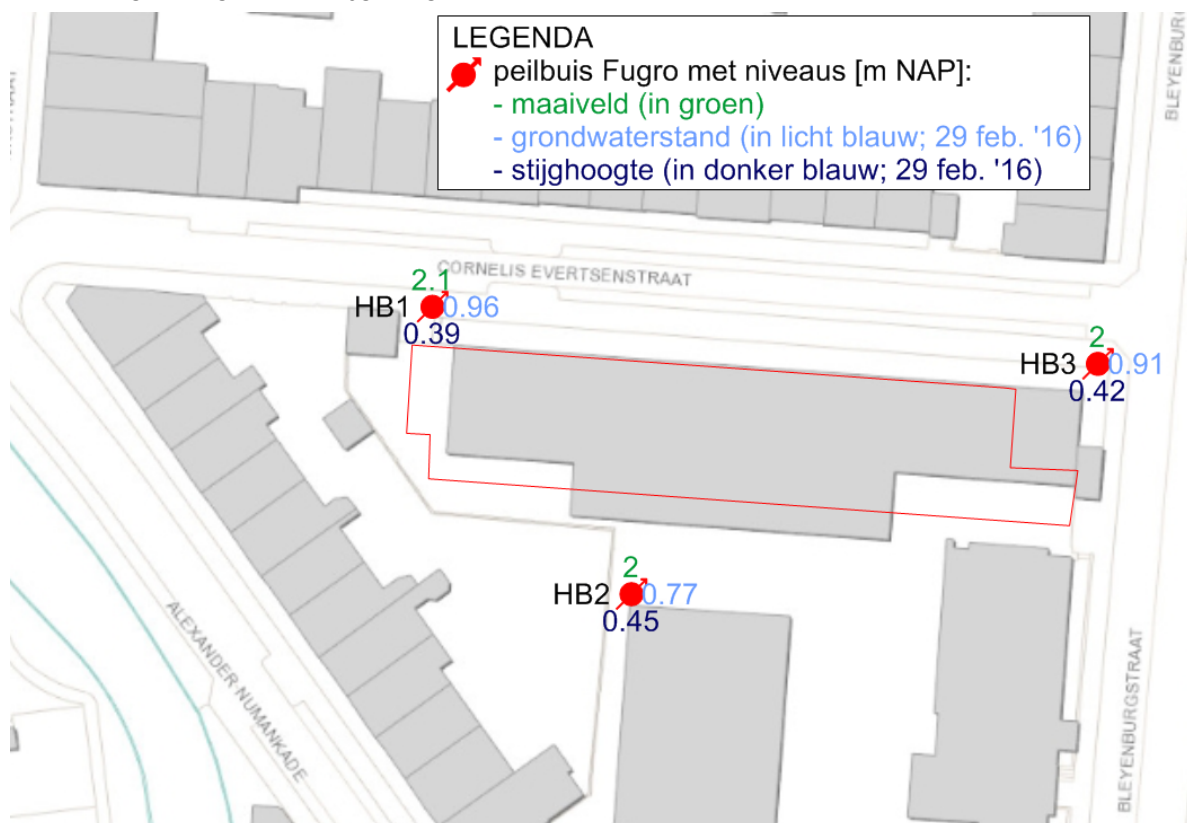
Conclusie

Op basis van de beschikbare informatie van het grondwaterverhang en de bodemopbouw ter plaatse van de locatie wordt **geen barrièrewerking verwacht**. Derhalve worden ook geen compenserende maatregelen nodig geacht.

5. KORTSLUITING TOPLAAG – 1^E WVP DOOR DAMWAND

Door het plaatsen van de (permanente) damwanden door de deklaag (tot ca. NAP -8 m) kan kortsluiting ontstaan tussen het grondwater in de toplaag en het grondwater in het 1^e watervoerende pakket (1^e wvp = laag 3). Hierdoor kan mogelijk welvorming ontstaan: het omhoog komend van water uit een dieper gelegen pakket.

Uit de peilbuismetingen op de projectlocatie in de winterperiode (zie tabel 3-3 en figuur 5-1) volgt dat ter plaatse sprake is van een **wegzijingssituatie**: de freatische grondwaterstand in deklaag is hoger dan stijghoogte in het 1^e watervoerende pakket (ca. 0,2 à 0,6 m).



Figuur 5-1: Locatie met peilbuislocaties en niveaus [m NAP] (MV in groen, GWS in licht blauw, H in donkerblauw)

Uit de peilbuismetingen in de omgeving van de gemeente (zie figuur 3-3a) volgt dat de hoge stijghoogte in het 1^e wvp op de projectlocatie rond de ca. NAP +0,5 m ligt, met uitschieters naar ca. NAP +0,6 à +0,7 m (zie figuren 3-4). De niveaus van deze hoge stijghoogtes (doorgaans in de winterperiode) bevinden zich in de waterremmende deklaag die begint op een niveau van ca. NAP +1,4 à +0,8 m en aanwezig is tot een niveau van ca. NAP -0,6 à 1,4 m. Lokaal (sondering DKM10) kan de stijghoogte net onder in de topzandlaag komen, waar de deklaag begint op een niveau van ca. NAP +0,6 m.

Maar omdat het niveau van het grondwater in de top/-deklaag hoger is dan het niveau van het grondwater in het dieper gelegen 1^e wvp is in de huidige en toekomstige situatie **geen sprake van welvorming.**

Door de mogelijke kortsluiting zal het grondwater in de toplaag (in natte winterperioden) juist makkelijker verticaal naar beneden wegstromen/wegzigen naar het dieper gelegen 1^e watervoerende pakket.

Uit de diepteligging van het riool in de Alexander Numankade (NAP -2,49 à -2,54 m) volgt dat het riool hier in het 1^e watervoerend pakket ligt en mogelijk ook al kortsluiting maakt met de toplaag.

RAPPORTAGE

GEOTECHNISCH VELDWERK
betreffende

**NIEUWBOUW OOGLIJDERSGASTHUIS,
CORNELIS EVERTSENSTRAAT
TE UTRECHT**

Opdrachtnummer: 6011-0380-001

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	3 maart 2016		

FILE: 6011-0380-001_21.KRV01

RAPPORTAGE GEOTECHNISCH VELDWERK

Project	Nieuwbouw Ooglijdersgasthuis, Cornelis Evertsenstraat te Utrecht	Opdrachtnummer	6011-0380-001
Opdrachtgever	Driestar B.V. Emmalaan 33 3581 HP Utrecht	Datum rapportage	3 maart 2016
		Uitvoeringsperiode	25 februari 2016
Opgesteld door	F. de Valk		
Gecontroleerd door	O. de Vries		
Projectleider	W. Kooijman MSc		
Documentnaam	6011-0380-001_21.KR01		

Deze rapportage bevat de resultaten van het geotechnisch veldwerk dat ten behoeve van bovengenoemd project door Fugro GeoServices B.V. is uitgevoerd. De gerapporteerde resultaten van dit onderzoek mogen slechts worden gehanteerd voor het doel zoals in de opdracht is beschreven.

Tot deze rapportage behoren de volgende bijlagen:

- Situatietekening
- Veldboorstaten
- Legenda Terreinproeven en Grondsoorten

1. GEOTECHNISCH VELDWERK

Het geotechnisch veldwerk voor dit project heeft bestaan uit 3 handboringen, inclusief het plaatsen van 2 peilbuizen in elk boorgat.

Voor een verklaring van de op de situatietekening gebruikte tekens en symbolen wordt verwezen naar de bijlage "Legenda Terreinproeven en Grondsoorten".

2. COORDINATEN EN HOOGTE VAN ONDERZOEKSPUNTEN

De hoogte en de coördinaten van de onderzoekslocaties zijn bepaald in NAP en RD. De maximale afwijking van de meting van de coördinaten bedraagt 10 cm, de maximale afwijking van de meting van de hoogte bedraagt 5 cm.

De bijgevoegde situatietekening is gebruikt voor het aangeven van de onderzoekslocaties.

De hoogtebepaling van de onderzoekslocaties is uitgevoerd met als doel de bodemopbouw te refereren aan een vaste referentiehoogte. Deze gegevens zijn niet geschikt voor andere doeleinden dan dit onderzoek.

3. BOREN

Het boorwerk is handmatig uitgevoerd. Bij het handboren wordt doorgaans gebruik gemaakt van een edelmanboor (cohesieve gronden, klei, veen) en een handpuls (niet cohesieve grond, zand).

De werkzaamheden zijn uitgevoerd conform de NEN-EN-ISO 22475-1. De classificatie van de grond is uitgevoerd conform NEN 5104.

De in de boorgaten geïnstalleerde peilbuizen zijn geplaatst conform NEN-EN-ISO 22475-1. De filterdiepte, omstorting en afdichting zijn aangegeven op de betreffende boorstaten. De boringen met peilbuis zijn met bijbehorend symbool aangegeven op de situatietekening.

4. GRONDWATERSTAND

Tijdens de uitvoering van het grondonderzoek zijn 4 peilbuizen geplaatst. In tabel 1, zijn de gemeten grondwaterstanden weergegeven.

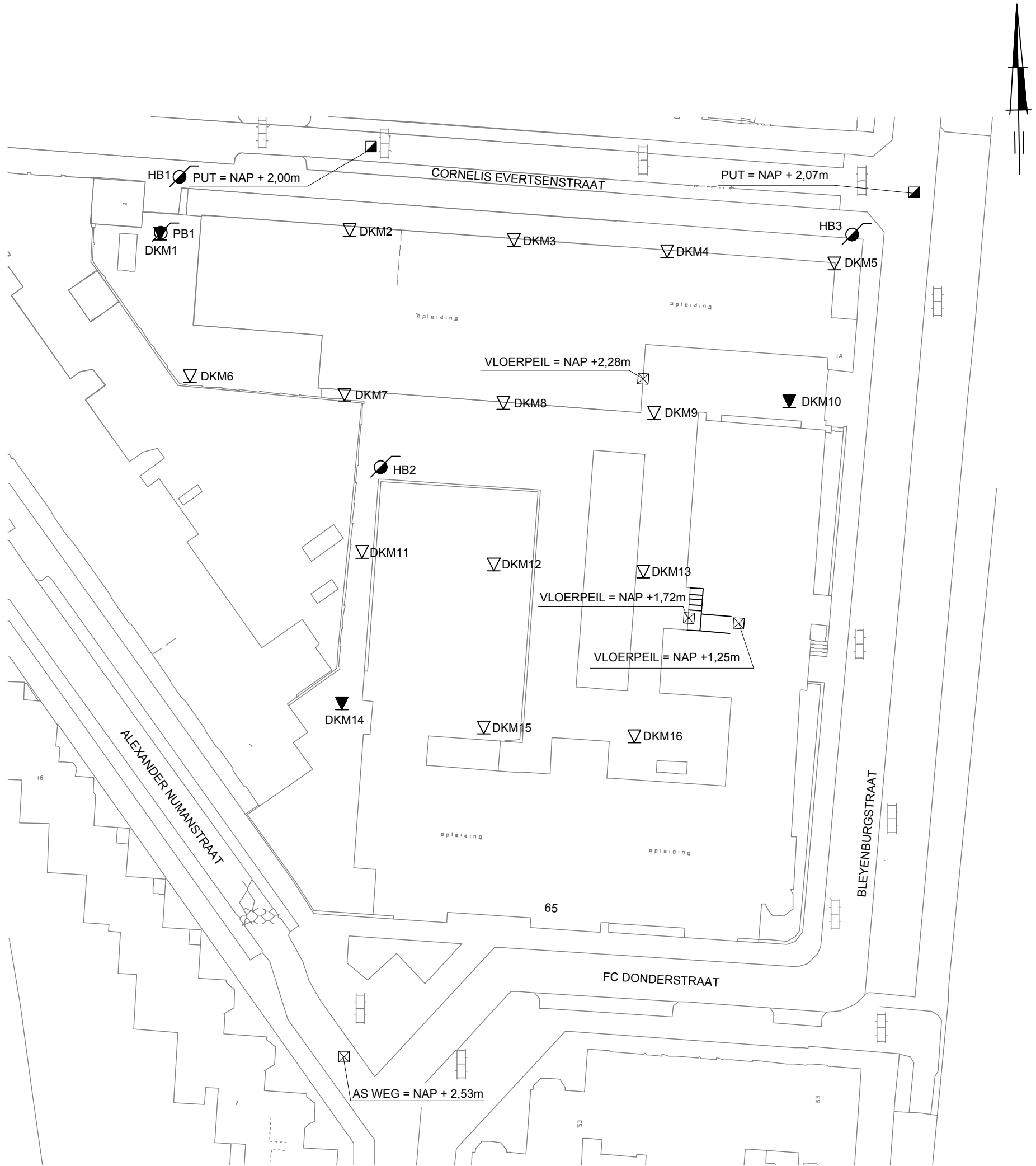
Deze grondwaterstanden zijn eenmalige opnames en bedoeld als een oriënterend gegeven. De grondwaterstand kan in de tijd fluctueren onder invloed van de weersgesteldheid en de seizoenen.

Tabel 1: Gemeten grondwaterstanden in de peilbuizen

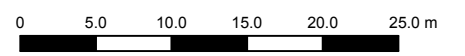
Boorlocatie en peilbuisnummer	Maaiveld in m t.o.v. NAP	Bovenkant peilbuis in m t.o.v. NAP	Grondwaterstand in m t.o.v. bovenkant peilbuis	Grondwaterstand in m t.o.v. NAP	Datum meting
HB1_PB1	+2,09	+1,99	-1,49	+0,50	25-02-2016
HB1_PB2	+2,09	+2,03	-0,99	+1,04	25-02-2016
HB2_PB1	+2,02	+1,95	-1,41	+0,54	25-02-2016
HB2_PB2	+2,02	+1,99	-1,45	+0,54	25-02-2016
HB3_PB1	+2,00	+1,92	-1,42	+0,50	25-02-2016
HB3_PB2	+2,00	+1,96	-1,25	+0,71	25-02-2016

5. KWALITEITSBORING

Alle werkzaamheden zijn verricht in overeenstemming met het managementsysteem van Fugro GeoServices B.V. dat voldoet aan de NEN-ISO 9001:2008 en VCA ** 2008/05.



P:\6011-0380-001\21_Uitvoering_terrainonderzoek\10_Basisgegevens\6011-0380-001.dwg
 Get.: YGZ Datum: 22-11-2011 Versie: 1
 Revisie Datum:



Schaal 1 : 500

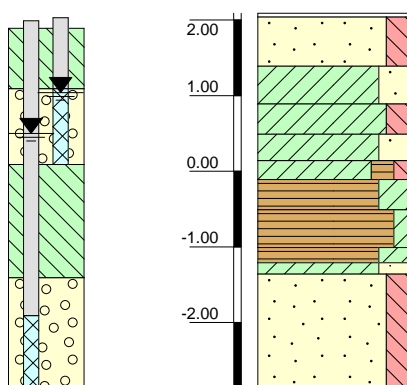
Wijziging 001	03-03-2016	HB1 t/m HB3	FDV
---------------	------------	-------------	-----

SITUATIE
 NIEUWBOUW OOGLIJDESHUIS AAN DE CORNELIS EVERTSENSTRAAT
 TE UTRECHT

Opdr. : 6011-0380-001
 Bijl. : 1

Boring: HB1

Peilbuis 1 2 Referentie (m tov NAP)



Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104

2.09 tot 2.04	Verharding , tegel
2.04 tot 1.39	Zand, matig grof, matig siltig bruin, matig puinhoudend
1.39 tot 0.89	Klei, sterk zandig, matig stevig bruin, matig puinhoudend
0.89 tot 0.49	Klei, matig siltig, matig stevig grijs
0.49 tot 0.14	Klei, sterk zandig, matig stevig grijs
0.14 tot -0.11	Klei, zwak siltig, matig humeus, matig stevig bruin-grijs
-0.11 tot -0.51	Veen, sterk kleilig, matig stevig bruin
-0.51 tot -1.01	Veen, zwak kleilig, matig slap bruin
-1.01 tot -1.21	Veen, sterk kleilig, matig stevig bruin
-1.21 tot -1.36	Klei, sterk zandig, matig stevig bruin-grijs, met enkele steentjes
-1.36 tot -2.91	Zand, matig fijn, matig siltig bruin

Algemene opmerking:

X: 137948.3

Y: 456780.8

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 2.09

bk PB1 (m tov NAP): 1.99

bk PB2 (m tov NAP): 2.03

bk PB3 (m tov NAP):

bk PB4 (m tov NAP):

Boorvloeistof:

WS PB1 (m tov NAP): 0.50

WS PB2 (m tov NAP): 1.04

WS PB3 (m tov NAP):

WS PB4 (m tov NAP):

Datum uitvoering: 25-02-2016

Boormeester: jmn

Geclassificeerd door: jmn

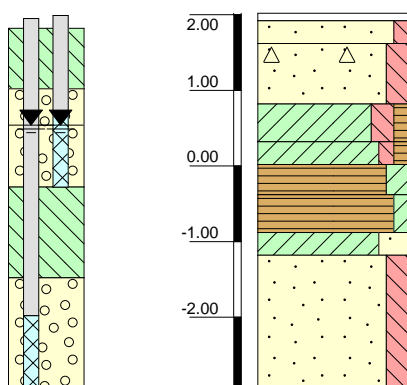
Boring: HB2

Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Peilbuis 1 2 Referentie (m tov NAP)

Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104



-2.02 tot 1.92	Verharding, klinker, licht bruin
-1.92 tot 1.62	Zand, matig grof, zwak siltig, licht bruin
1.62 tot 0.82	Zand, matig grof, matig siltig, resten puin bruin, met kleibrokjes
0.82 tot 0.32	Klei, matig siltig, zwak humeus, matig stevig, sporen roest bruin
0.32 tot 0.02	Klei, zwak siltig, zwak humeus, matig stevig grijs
0.02 tot -0.38	Veen, matig kleiig, matig stevig bruin
-0.38 tot -0.88	Veen, zwak kleiig, matig stevig, resten hout bruin
-0.88 tot -1.18	Klei, sterk zandig, matig stevig bruin-grijs
-1.18 tot -2.98	Zand, matig fijn, matig siltig bruin

Algemene opmerking:

X: 137972.0

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 2.02

bk PB1 (m tov NAP): 1.95

Boorvloeistof:

WS PB1 (m tov NAP): 0.54

Datum uitvoering: 25-02-2016

Y: 456746.5

GHG (m tov NAP):

bk PB2 (m tov NAP): 1.99

WS PB2 (m tov NAP): 0.54

Boormeester: jmn

Coördinatenstelsel: RD

GLG (m tov NAP):

bk PB3 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

Geclassificeerd door: jmn

bk PB4 (m tov NAP):

WS PB4 (m tov NAP):

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

Nieuwbouw Ooglijdershuis aan de Cornelis Evertsenstraat te Utrecht

6011-0380-001

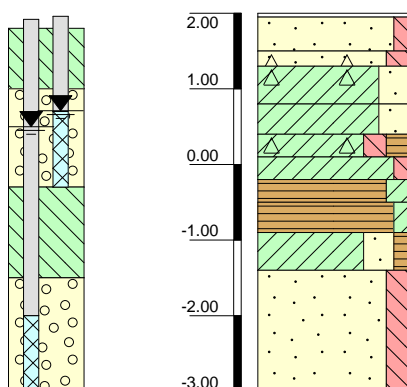
Boring: HB3

Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Peilbuis 1 2 Referentie (m tov NAP)

Monsternr. Bodembeschrijving volgens NEN 5104



2.00 tot 1.95	Verharding , tegel
1.95 tot 1.50	Zand, matig grof, zwak siltig, licht bruin
1.50 tot 1.30	Zand, matig grof, matig siltig, resten puin, brokken klei bruin
1.30 tot 0.80	Klei, sterk zandig, matig stevig, resten puin bruin, geroerd
0.80 tot 0.40	Klei, sterk zandig, matig stevig grijs, matig puinhoudend
0.40 tot 0.10	Klei, matig siltig, matig humeus, matig stevig, resten puin bruin
0.10 tot -0.20	Klei, zwak siltig, matig stevig grijs
-0.20 tot -0.50	Veen, matig kleiig, matig stevig bruin
-0.50 tot -0.90	Veen, zwak kleiig, matig stevig, resten hout bruin
-0.90 tot -1.40	Klei, sterk zandig, zwak humeus, matig stevig bruin-grijs, met enkele zandlaagjes
-1.40 tot -3.00	Zand, matig fijn, matig siltig bruin

Algemene opmerking:

X: 138027.8

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 2.00

Boorvloeistof:

Datum uitvoering: 25-02-2016

Y: 456774.0

GHG (m tov NAP):

bk PB1 (m tov NAP): 1.92

WS PB1 (m tov NAP): 0.50

Boormeester: jmn

Coördinatenstelsel: RD

GLG (m tov NAP):

bk PB2 (m tov NAP): 1.96

WS PB2 (m tov NAP): 0.71

Geclassificeerd door: jmn

bk PB3 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

bk PB4 (m tov NAP):

WS PB4 (m tov NAP):

LEGENDA TERREINPROEVEN EN GRONDSOORTEN

Boringen / Peilbuizen

- Handboring nog niet uitgevoerd
- Handboring uitgevoerd
- Handboring uitgevoerd met 1 peilbuis
- Handboring uitgevoerd met 2 peilbuizen
- Mechanische boring nog niet uitgevoerd
- Mechanische boring uitgevoerd
- Mechanische boring uitgevoerd met 1 peilbuis
- Mechanische boring uitgevoerd met 2 peilbuizen
- Mechanische boring uitgevoerd met 3 peilbuizen
- Boring uitgevoerd door derden
- Boring uitgevoerd met peilbuis door derden
- Gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF) nog niet uitgevoerd
- Gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF) uitgevoerd

Overige symbolen

- Meetpunt
- Hoogtemaat

Sonderingen

- Sondering met plaatselijke kleefmeting nog niet uitgevoerd
- Sondering met plaatselijke kleefmeting uitgevoerd
- Sondering zonder plaatselijke kleefmeting nog niet uitgevoerd
- Sondering zonder plaatselijke kleefmeting uitgevoerd
- Slagsondering uitgevoerd
- Handsondering uitgevoerd
- Multigrondwatersondering nog niet uitgevoerd
- Multigrondwatersondering uitgevoerd
- Sondering met bolconus nog niet uitgevoerd
- Sondering met bolconus uitgevoerd
- Waterspanningsmeter nog niet uitgevoerd
- Waterspanningsmeter uitgevoerd
- Sondering uitgevoerd door derden
- Sondering met plaatselijke kleefmeting uitgevoerd door derden
- Hellingmeterbuis nog niet uitgevoerd
- Hellingmeterbuis uitgevoerd

Type sonderingen

- D Diepsondering
- HS Handsondering
- S Slagsondering

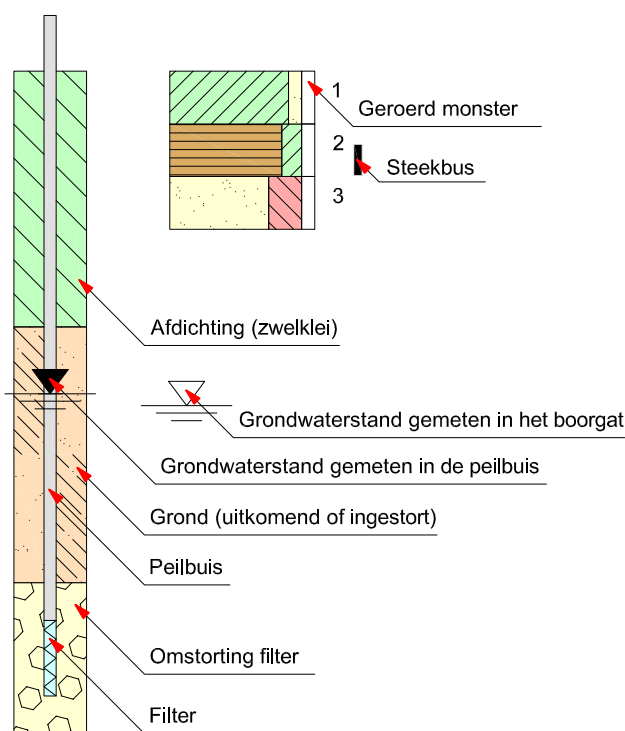
Toegevoegde metingen

- KM Meting van de plaatselijke kleef
- P Meting van de waterspanning
- M Meting van de magnetische veldsterkte
- G Meting van de geleidbaarheid
- S Meting van de schuifgolfsnelheid (seismische meting)
- T Meting van de temperatuur

Legenda / Terminologie

- | | |
|-----------------------|-----------------------------|
| Grind | Klei |
| Grind, siltig | Klei, zwak siltig |
| Grind, zwak zandig | Klei, matig siltig |
| Grind, matig zandig | Klei, sterk siltig |
| Grind, sterk zandig | Klei, uiterst siltig |
| Grind, uiterst zandig | Klei, zwak zandig |
| Zand | Klei, matig zandig |
| Zand, kleilig | Klei, sterk zandig |
| Zand, zwak siltig | Leem |
| Zand, matig siltig | Leem, zwak zandig |
| Zand, sterk siltig | Leem, sterk zandig |
| Zand, uiterst siltig | Overige toevoegingen |
| Veen | Zwak humeus |
| Veen, mineraalarm | Matig humeus |
| Veen, zwak kleilig | Sterk humeus |
| Veen, sterk kleilig | Zwak grindig |
| Veen, zwak zandig | Matig grindig |
| Veen, sterk zandig | Sterk grindig |
| | Puin |

Peilbuis



GEOTECHNISCH ONDERZOEK
betreffende

**NIEUWBOUW OOGLIJDERSHUIS AAN DE
CORNELIS EVERTSENSTRAAT
TE UTRECHT**

Opdrachtnummer: 6011-0380-000

Opdrachtgever : Driestar B.V.
Emmalaan 33
3581HP Utrecht

Constructeur : ABT bv
Adviseurs in Bouwtechniek
Postbus 82
6800 AB Arnhem

Datum grondonderzoek : 3 november 2011

Projectleider : ir. W.H.J. van der Velden
Hoofd Regio Oost

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	23 november 2011		WHV

FILE: 6011-0380-000.R01.doc. Op deze rapportage zijn de algemene leveringsvoorwaarden 2011 van toepassing die een aansprakelijkheidsbeperking bevatten.

<u>INHOUDSOPGAVE</u>	<u>Blz.</u>
1. ALGEMENE TOELICHTING	1
2. GRONDONDERZOEK	2
2.1. Uitzetten en waterpassen	2
2.2. Sonderen	2
2.3. Grondwaterstand	3

<u>BIJLAGEN</u>	<u>Nr.</u>
<u>Grondonderzoek</u>	
- Situatiekening	1
- "Legenda Terreinproeven en Grondsoorten"	
- "Continu Elektrisch Sonderen"	
- Sondeergrafieken	DKM1, DKM10 en DKM14

1. ALGEMENE TOELICHTING

Op 20 oktober 2011 ontving Fugro GeoServices B.V. te Arnhem van Driestar B.V. te Utrecht, de opdracht voor het uitvoeren van een geotechnisch onderzoek voor het project "Nieuwbouw Ooglijdershuis aan de Cornelis Evertsenstraat te Utrecht".

Fugro staat niet in voor de juistheid en/of volledigheid van de door derden verstrekte informatie en gegevens.

De resultaten van dit onderzoek zijn gebaseerd op de opdracht en de in het rapport beschreven uitgangspunten. Fugro neemt geen verantwoordelijkheid voor de juistheid van andere dan door ons gerapporteerde conclusies en interpretaties. De gerapporteerde resultaten van het (grond)onderzoek mogen slechts worden gehanteerd voor het doel zoals in de opdracht is beschreven.

Dit rapport bevat:

- Een beschrijving van het uitgevoerde grondonderzoek (hoofdstuk 2).
- Resultaten van het grondonderzoek (bijlagen).

2. GRONDONDERZOEK

Het grondonderzoek voor dit project heeft bestaan uit:

- 3 diepsonderingen met meting van de plaatselijke wrijvingsweerstand (code DKM) tot circa 25 m diepte;
- plaatsing van 1 peilbuis.

2.1. Uitzetten en waterpassen

De onderzoeklocaties zijn door Fugro GeoServices uitgezet en gewaterpast, waarbij de locaties zijn gemeten met behulp van GPS-RTK en zijn weergegeven ten opzichte van RD/NAP. De onderzoekslocaties zijn weergegeven op de situatietekening in bijlage 1.

Er zijn een aantal puthoogten en wegpeilen ingemeten.
De locaties hiervan zijn aangegeven op de situatietekening.

De hoogtebepaling van de onderzoekslocaties in het terrein is uitgevoerd met als doel de bodemopbouw te refereren aan een vaste referentiehoogte. De gerapporteerde hoogtes zijn niet geschikt voor andere doeleinden dan dit onderzoek.

Voor een verklaring van de op de situatietekening gebruikte tekens en symbolen wordt verwezen naar de bijlage "Legenda Terreinproeven en Grondsoorten".

2.2. Sonderen

Het aantal en de locaties van de sonderingen zijn door constructeur vastgesteld.

Wanneer de sonderingen gebruikt worden voor de toetsing van geotechnische constructies, dienen de aard en omvang van het grondonderzoek te voldoen aan art. 8.4.1. van NEN 6740 2006.

De sonderingen zijn uitgevoerd met de elektrische Fugro-kleefmantelconus conform norm NEN 5140, klasse 2. Een beschrijving van de gevolgde meet- en registratiemethode is gegeven in de bijlage "Continu Elektrisch Sonderen". De conus is voorzien van een hellingmeter. In de sondeergrafieken is de diepte gecorrigeerd voor de gemeten afwijking van de verticaal.

De resultaten van de sonderingen zijn getekend op de grafieken DKM1, DKM10 en DKM14, waarop de diepte is uitgezet in meters ten opzichte van NAP.

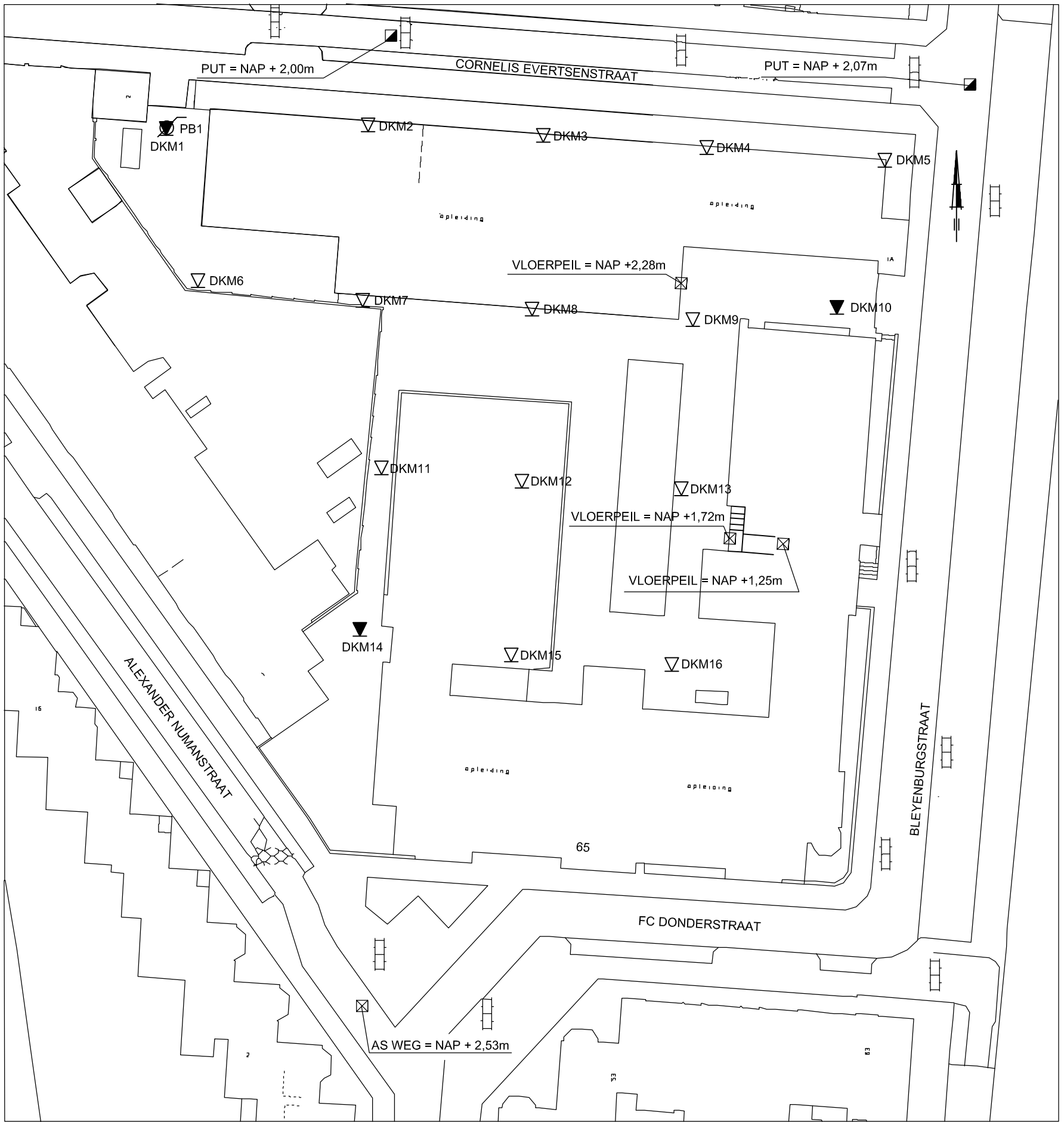
Op de grafieken van de sonderingen is het wrijvingsgetal weergegeven. Dit is de verhouding tussen de plaatselijke wrijvingsweerstand en de conusweerstand. Empirisch is vastgesteld dat het wrijvingsgetal een nauwe relatie heeft met de grondsoort, zodat een goede indicatie van de laagopbouw is verkregen.

De sonderingen zijn uitgewerkt met een interpretatie van het wrijvingsgetal voor identificatie van de bodemlagen. De identificatie van de bodemlagen is uitgevoerd volgens Robertson (1990), die door Fugro is aangepast aan de Nederlandse omstandigheden. Voor achtergronden en beperkingen wordt verwezen naar de bijlage "Continu Elektrisch Sonderen". De identificatie is indicatief en alleen geldig voor lagen onder de grondwaterstand. De resultaten dienen te worden geverifieerd met boringen of geologische informatie.

In verband met de mogelijke aanwezigheid van kabels en leidingen is ter plaatse van de sondeerlocaties voorgeboord.

2.3. Grondwaterstand

Door na het trekken van de sondeerstangen te peilen in de sondeergaten, is de grondwaterstand vastgesteld op 1,8 m beneden maaiveld, hetgeen overeenkomt met circa NAP +0,3 m. Deze grondwaterstand is een éénmalige opname en slechts bedoeld als een oriënterend gegeven. De (grond)waterstand kan in de tijd fluctueren onder invloed van de weersgesteldheid en de seizoenen.



Schaal 1 : 500

SITUATIE
NIEUWBOUW OOGLIJDERSHUIS AAN DE CORNELIS EVERTSENSTRAAT
TE UTRECHT

Opdr. : 6011-0380-000
Bijl. : 1



LEGENDA TERREINPROEVEN EN GRONDSOORTEN

BORINGEN / PEILBUIZEN

●	mechanische boring (B)
◐	handboring (HB)
○	niet uitgevoerde boring
◌	niet uitgevoerde handboring
●	boring met peilbuis
●	boring met peilbuis, ondiep en diep filter
●	boring met peilbuis, ondiep, middeldiep en diep filter
◐	handboring met peilbuis
⊕	hellingmeterbuis (HMB)
⊗	gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF)
⊙	boring derden
⊙	boring derden met peilbuis

SONDERINGEN

▼	diep-/diepzware sondering
▽	middelzware sondering
▼	diep-/diepzware sondering met plaatselijke kleefmeting
▽	middelzware sondering met plaatselijke kleefmeting
⊕	slagsondering
▽	niet uitgevoerde sondering
⊗	waterspanningsmeter (WSM)
▽	sondering derden
▽	sondering derden met plaatselijke kleefmeting

Type sonderingen

M	middelzware sondering
D	diepsondering
DZ	diepzware sondering
S	slagsondering

Toegevoegde metingen

KM	meting van de plaatselijke kleef
P	meting van waterspanning
M	meting van de magnetische veldsterkte
G	meting van de geleidbaarheid
S	meting van de schuifgolfsnelheid (seismische meting)
T	meting van de temperatuur

LEGENDA / TERMINOLOGIE

grind

	Grind, siltig
	Grind, zwak zandig
	Grind, matig zandig
	Grind, sterk zandig
	Grind, uiterst zandig

zand

	Zand, kleilig
	Zand, zwak siltig
	Zand, matig siltig
	Zand, sterk siltig
	Zand, uiterst siltig

veen

	Veen, mineraalarm
	Veen, zwak kleilig
	Veen, sterk kleilig
	Veen, zwak zandig
	Veen, sterk zandig

klei

	Klei, zwak siltig
	Klei, matig siltig
	Klei, sterk siltig
	Klei, uiterst siltig
	Klei, zwak zandig
	Klei, matig zandig
	Klei, sterk zandig

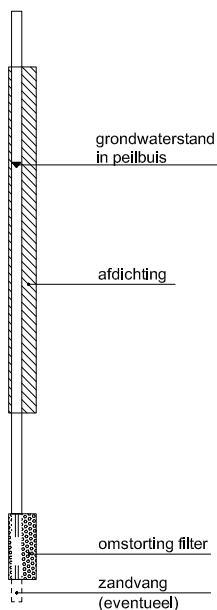
leem

	Leem, zwak zandig
	Leem, sterk zandig

Overige toevoegingen

	zwak humeus
	matig humeus
	sterk humeus
	zwak grindig
	matig grindig
	sterk grindig

Peilbuis



Monsters

	geroerd monster
	ongeroerd monster

Overig

	gemiddeld hoogste grondwaterstand
	grondwaterstand
	gemiddeld laagste grondwaterstand
	slib
	verharding / kern / asfalt
	puin

Meettechniek

De standaard bij Fugro toegepaste conus is de “elektrische kleefmantelconus”, waarmee zowel de conusweerstand als de plaatselijke wrijvingsweerstand gelijktijdig wordt gemeten. Bij het uitvoeren van een sondering conform NEN 5140 wordt de puntweerstand gemeten, die moet worden overwonnen om een conus met een tophoek van 60° en een basisoppervlak van 1000 mm^2 met een constante snelheid van ca 20 mm/s in de bodem te drukken. Voor de meting van de wrijvingsweerstand is een mantel met een oppervlak van 15000 mm^2 boven de punt aangebracht. De druk op de conuspunt (conusweerstand in MPa) en de wrijving langs de kleefmantel (plaatselijke wrijvingsweerstand in MPa) worden door rekstroken in de conus continu gemeten. Volgens NEN 5140 mag het basisoppervlak van de conus tussen 500 en 2000 mm^2 variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten behoeven te worden toegepast. Fugro sonderingen worden standaard uitgevoerd met een sondeerconus met een basisoppervlak van 1500 mm^2 en een manteloppervlak van 20000 mm^2 .

Veelal wordt gebruik gemaakt van een kortere conus waarbij in afwijking van NEN 5140 het cilindrische deel vanaf de conuspunt een lengte heeft van 230 mm in plaats van de genormeerde lengte van 400 mm . Onderzoek ⁽¹⁾ heeft aangetoond, dat de invloed van de lengte van de conus op het sondeerresultaat verwaarloosbaar is, terwijl met een kortere conus met minder risico een grotere sondeerdiepte kan worden bereikt.

De meetsignalen worden digitaal via een kabel of draadloos naar een elektrische meeteenheid gestuurd en tezamen met de diepte en de tijd in een computer opgeslagen. Definitieve verwerking vindt daarna op kantoor plaats, waarbij de gemeten parameters tegen de diepte in grafiekvorm wordt uitgewerkt. Door continue registratie van de gemeten conus- en wrijvingsweerstand wordt een nauwkeurig beeld van de gelaagdheid en de vastheid van de bodem verkregen.

In de elektrische conus is standaard een hellingmeter ingebouwd waarmee tijdens het sonderen de afwijking van de conus met de verticaal wordt geregistreerd. Onjuiste diepteaanduiding als gevolg van “krom sonderen” wordt hiermee voorkomen. Afhankelijk van de sondeerklasse wordt de diepte hiervoor gecorrigeerd.

Interpretatie van de sonderingen met plaatselijke wrijvingsweerstand

Meting van zowel de conusweerstand q_c als de plaatselijke wrijvingsweerstand f_s maakt het mogelijk het wrijvingsgetal R_f te berekenen. Het wrijvingsgetal wordt gedefinieerd als het quotiënt van de plaatselijke wrijving en de op gelijke diepte gemeten conusweerstand, vermenigvuldigd met een factor 100. Hierbij wordt rekening gehouden met laagscheidingen ter hoogte van de mantel.

Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand over het algemeen een goed beeld van de bodemopbouw *benen* de grondwaterspiegel. In de onderstaande tabel zijn enige kenmerkende waarden van het wrijvingsgetal aangegeven. *Met nadruk dient te worden gesteld dat deze waarden slechts indicatief zijn en getoetst dienen te worden aan boringen of lokale ervaring en uitsluitend gelden voor de cilindrische elektrische conus.*

grondsoort	wrijvingsgetal	grondsoort	wrijvingsgetal
Grind, grof zand	0,2 – 0,6	Klei	3,0 – 5,0
Zand	0,6 – 1,2	Potklei	5,0 – 7,0
Silt, leem, löss	1,2 – 4,0	Veen	5,0 – 10,0

In geroerde grond en in grond boven de grondwaterspiegel kunnen grote afwijkingen ten opzichte van de genoemde waarden voorkomen.

Presentatie sondeergegevens

De sonderingen zijn uitgewerkt met een interpretatie van het wrijvingsgetal voor identificatie van de bodemlagen. De identificatie van de bodemlagen is uitgevoerd volgens Robertson [1990] ⁽²⁾, die door Fugro is aangepast aan de Nederlandse omstandigheden. Bij deze interpretatie wordt uitgegaan van de genormaliseerde waarden van de conusweerstand nQ_c en wrijvingsgetal nR_f als ingangsparementers.

¹⁾ Lunne en Powell, A comparison of different sized piezocones in UK clays.

²⁾ Robertson, P.K. [1990] “Soil Classification using the cone penetration test”. Canadian Geotechnical Journal, 27(1), 151-8

CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

De genormaliseerde waarden van de conusweerstand nQ_c en wrijvingsgetal nR_f worden als volgt berekend:

Genormaliseerde conusweerstand:
$$nQ_c = \frac{q_t - \sigma'_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$

Genormaliseerd wrijvingsgetal:
$$nR_f = \frac{100 \cdot f_s}{q_t - \sigma_{v0}}$$

Waarin:

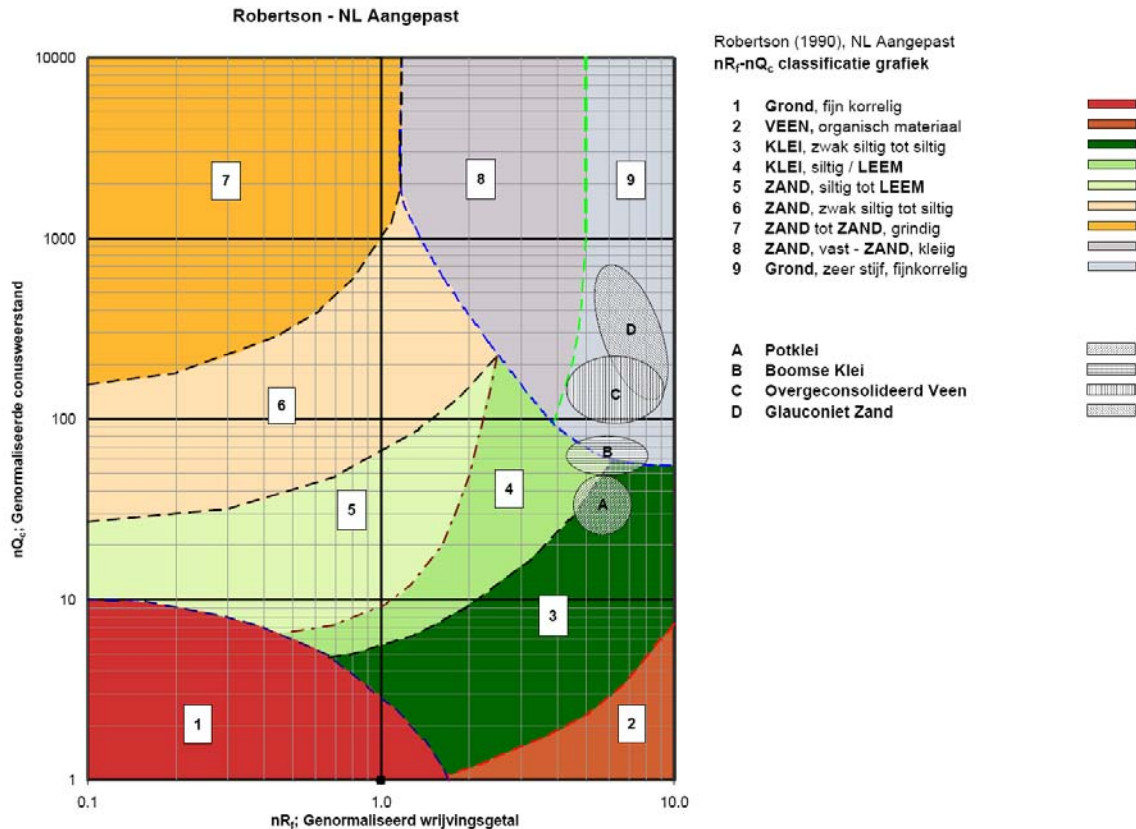
- σ'_{v0} = de effectieve verticale korrelspanning uitgaande van het effectieve volumiek gewicht dat per bodemlaag wordt bepaald.
- σ_{v0} = de verticale grondspanning uitgaande van het volumiek gewicht dat per bodemlaag wordt bepaald.
- q_t = gemeten conusweerstand (q_c) gecorrigeerd voor de waterspanning: $q_c + (1-\alpha)\{\beta(u_1 - u_0) + u_0\}$ of $q_c + (1-\alpha)u_2$ (respectievelijk voor een filter in de punt (u_1) en een filter direct achter de conuspunt (u_2));
- β = factor voor de verschillende grondsoorten voor omrekening van u_1 naar u_2 ; meestal wordt hiervoor aangehouden 0,8;
- α = netto oppervlakteverhouding coëfficiënt van de conus i.v.m. spleet achter de conuspunt;
- u_1 = de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing *in* de punt;
- u_2 = de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing *achter* de punt;
- u_0 = de hydrostatische stijghoogte
- f_s = gemeten plaatselijke wrijvingsweerstand.

In geval er geen waterspanning is gemeten, wordt voor q_t de waarde van q_c gebruikt.

Voor de grondsoorten, die specifiek zijn voor de Nederlandse ondergrond condities, zijn in de Bodem Classificatiegrafiek van Robertson [1990] twee aanpassingen gedaan om de Nederlandse situatie beter te beschrijven:

- Gebieden 4 en 5 zijn anders ingedeeld, zodat losgepakte zanden en ondiepe kleilagen beter worden geïnterpreteerd. Deze aanpassingen zijn in de figuur op de volgende pagina weergegeven.
- Bovendien is een extra voorwaarde ingebracht om Holocene veenlagen goed te kunnen classificeren. Voor $q_c < 1,5$ MPa en $R_f > 5$ % wordt de grond als veen geclassificeerd.

CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN



Voor een aantal specifieke grondtypen, zoals bijvoorbeeld potklei, Boomse klei, overgeconsolideerd veen en glauconiëthoudend zand is tevens het classificatie gebied aangegeven. Deze stemmen niet direct overeen met de benamingen van gebieden een tot en met negen.

De identificatie is indicatief en alleen geldig voor lagen onder de grondwaterstand. De resultaten dienen te worden geverifieerd met boringen of geologische informatie. Uitgedroogde cohesieve toplagen geven een te hoge waarde geven voor het wrijvingsgetal, daardoor worden bijvoorbeeld uitgedroogde kleilagen mogelijk onterecht geïnterpreteerd als veenlagen. Ook is de correlatie voor de toplagen minder betrouwbaar vanwege het lage effectieve spanningsniveau in deze lagen.

Andere conustypen

Naast de meting van conusweerstand en plaatselijke wrijving is het mogelijk extra (combinaties van) metingen uit te voeren. In onderstaand schema zijn enkele mogelijkheden aangegeven. Indien gewenst kan nadere informatie over metingen en toepassingsmogelijkheden worden verschaft.

CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

type meting	Meetresultaten	toepassingsmogelijkheden
waterspanning	waterspanning ter plaatse van de punt	registreren waterremmende lagen indicatie stijghoogte grondwater classificatie / gelaagdheid bodem
magnetometer	Magnetische veldsterkte in 3 orthogonale richtingen (X,Y,Z)	Blindganger onderzoek, onderzoek ligging obstakels (stalen leidingen), grondankers), onderzoek paalpunt niveau / schoorstand funderingspalen, onderzoek ligging onderzijde stalen damwanden
geleidbaarheid	elektrische geleiding grond en grondwater	indicatie waterkwaliteit / zoet - zout water grens onderzoek verspreiding verontreiniging
temperatuur	temperatuurmeting op verschillende diepten	warmteoverdracht in de bodem bepaling temperatuurgradiënt
schuifgolfsnelheid (seismisch)	dynamische bodemparameters op verschillende diepten	machinefunderingen, windturbinefunderingen
versnelling	versnellingen op verschillende diepten	heirillingen / verkeerstrillingen
CPM (conuspressiometer)	spannings-rek-gedrag en sterkte in situ	bepaling grondstijfheid, horizontale korrelspanning, ongedraineerde schuifweerstand en relatieve dichtheid
MIP (membrane interface probe)	verticale verspreiding van vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen	bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen
ROST (rapid optical screening tool)	verticale verspreiding van (aromatische) koolwaterstoffen	bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met (aromatische) koolwaterstoffen
video	videobeeld van de grond bij het passeren van de conus	nadere geotechnische classificatie / structuur informatie over bodemverontreiniging (verkleuring)

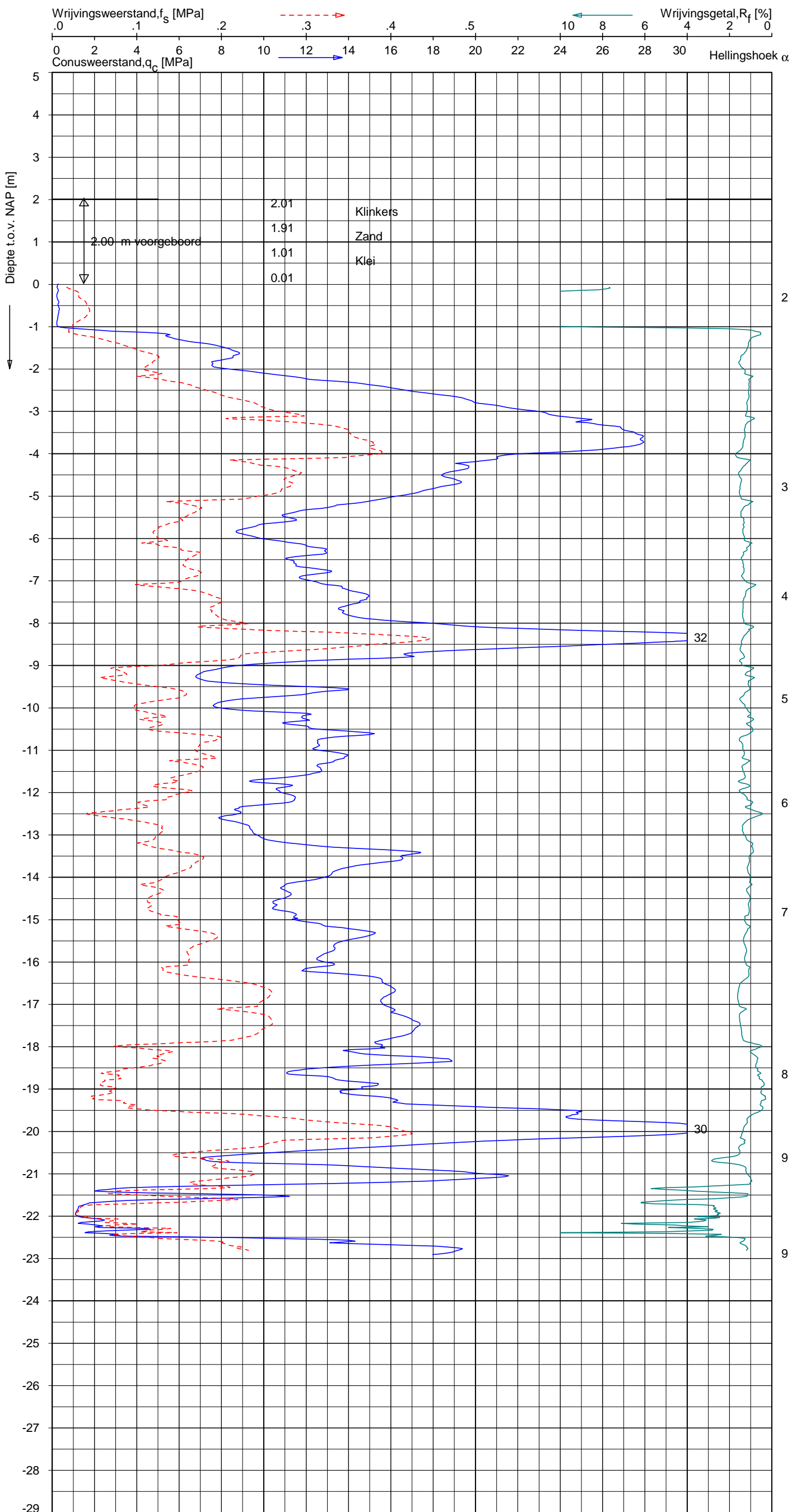
Klassenindeling NEN 5140

De Nederlandse norm gaat uit van vier kwaliteitsklassen. Voorafgaand aan de uitvoering dient een keuze te worden gemaakt binnen welke kwaliteitsklasse het werk minimaal uitgevoerd moet worden. De klassenindeling heeft voornamelijk betrekking op de nauwkeurigheid van de gemeten conusweerstand, plaatselijke wrijvingsweerstand en diepte, zoals blijkt uit de onderstaande tabel.

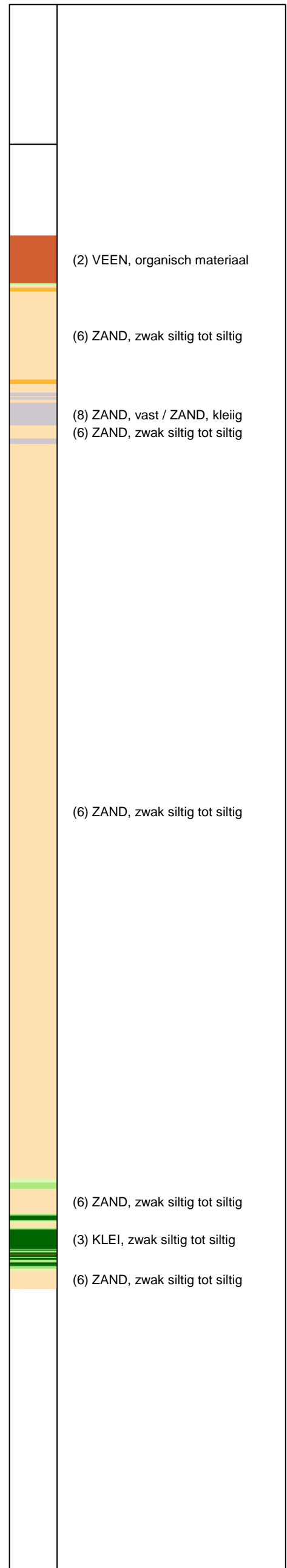
klasse	meetgrootheid	toelaatbare meetonzekerheid	meetinterval
1	Conusweerstand	0,05 MPa of 3%	20 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,01 MPa of 10%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 1 %	
2	Conusweerstand	0,25 MPa of 5%	50 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 15%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
3	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Helling	5°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
4	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Sondeerlengte	0,1 m of 1%	

Opmerking: De toelaatbare meetonzekerheid is de grotere waarde van de absolute meetonzekerheid en de relatieve meetonzekerheid. De relatieve meetonzekerheid geldt voor de meetwaarde en niet voor het meetbereik.

Voor projecten, waarbij parameters op basis van Tabel 1 NEN 6740 worden afgeleid, is een hoge nauwkeurigheidsklasse gewenst. Het is in slappe grondlagen met lage conusweerstand extra moeilijk om aan de eisen van klassen 1 en 2 te voldoen. Dit in tegenstelling tot grondsoorten met hoge conusweerstand. Het bij Fugro gehanteerde meetstelsel voor sonderen is bijzonder nauwkeurig door strikte kwaliteitscontroles en calibraties. Fugro sonderingen vallen dan ook standaard in klasse 2. Klasse 1 sonderingen dienen alleen voor calibratiedoeleinden en wetenschappelijk onderzoek. Bij routinematige sonderingen kunnen de specificaties van klasse 1 sonderingen alleen door aanvullende maatregelen worden benaderd.



Indicatieve bodembeschrijving
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg. : MF/RNB d.d. 03-Nov-2011 conus : F7.5CKE2HA/B 1701-19 X = 137946.0
 Get. : ZONVELD d.d. 2011-11-14 MV = NAP +2.01 m Y = 456774.2

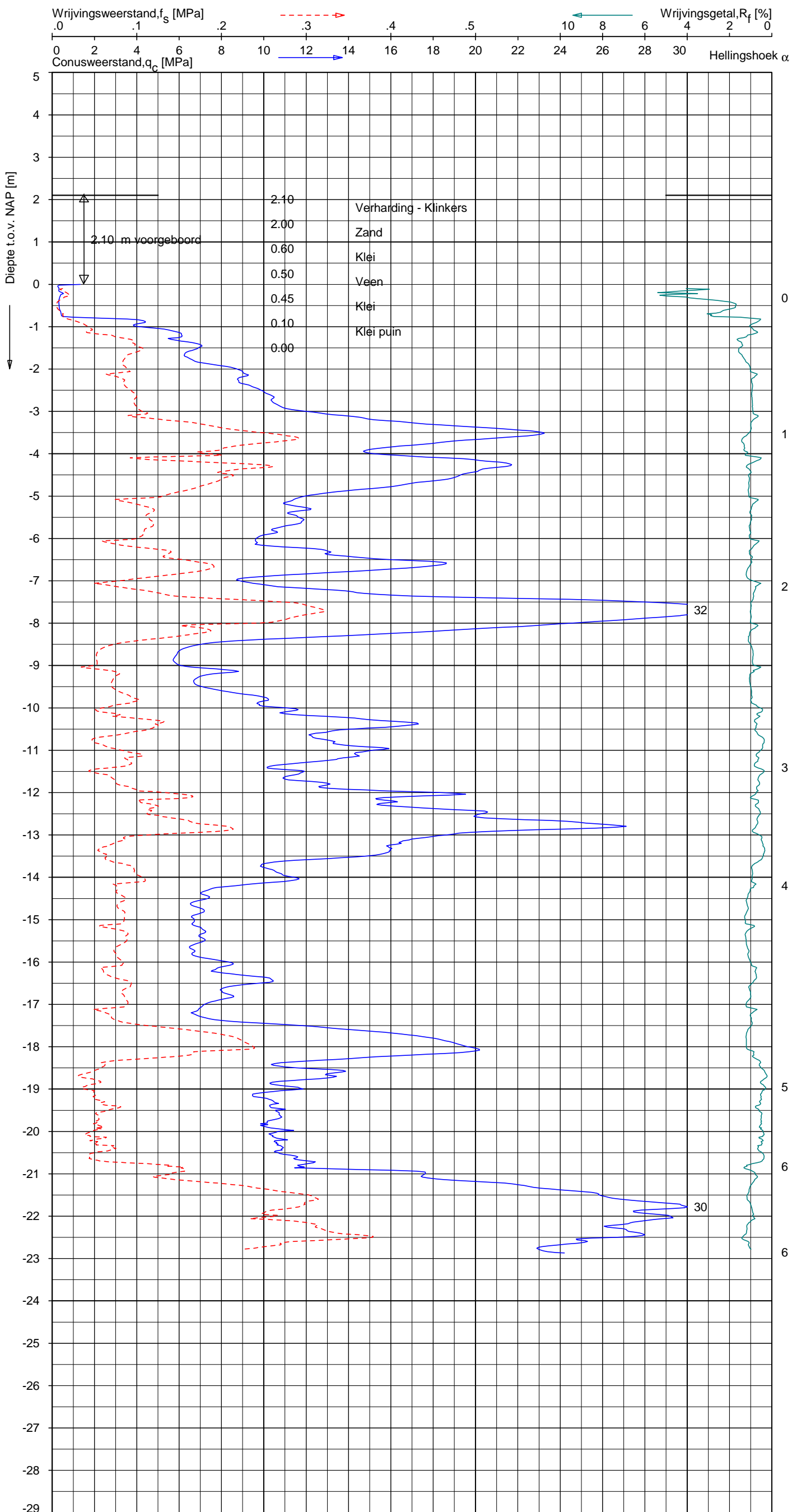
Sondering volgens norm NEN 5140, klasse 2.
 Conustype cilindrisch elektrisch, 1500 mm.
 Specificaties conform bijl. Elektrisch sonderen.



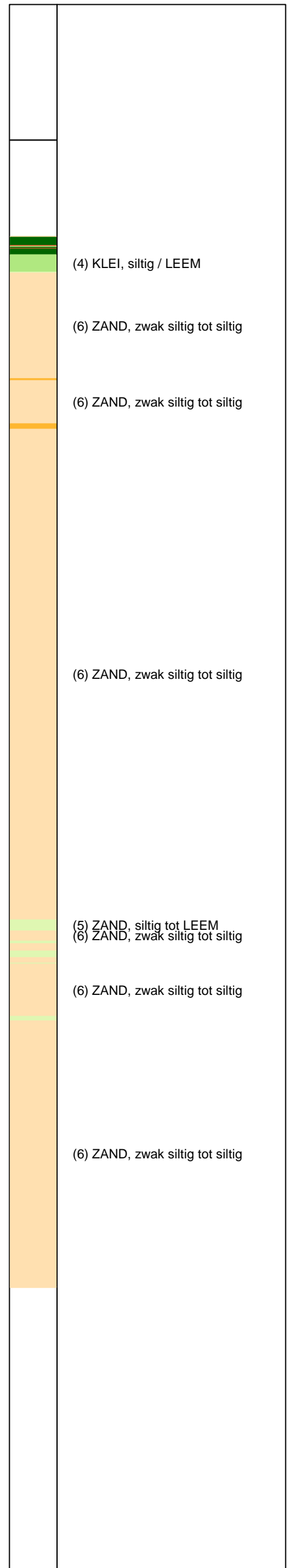
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW OOGLIJDESHUIS AAN DE CORNELIS EVERTSENSTRAAT
 TE UTRECHT

Opdr. 6011-0380-000
 Sond. DKM1





Indicatieve bodembeschrijving
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg. : MF/RNB d.d. 10-Nov-2011 conus : F7.5CKE2HA/B 1701-19 X = 138020.4
 Get. : ZONVELD d.d. 2011-11-14 MV = NAP +2.10 m Y = 456754.4

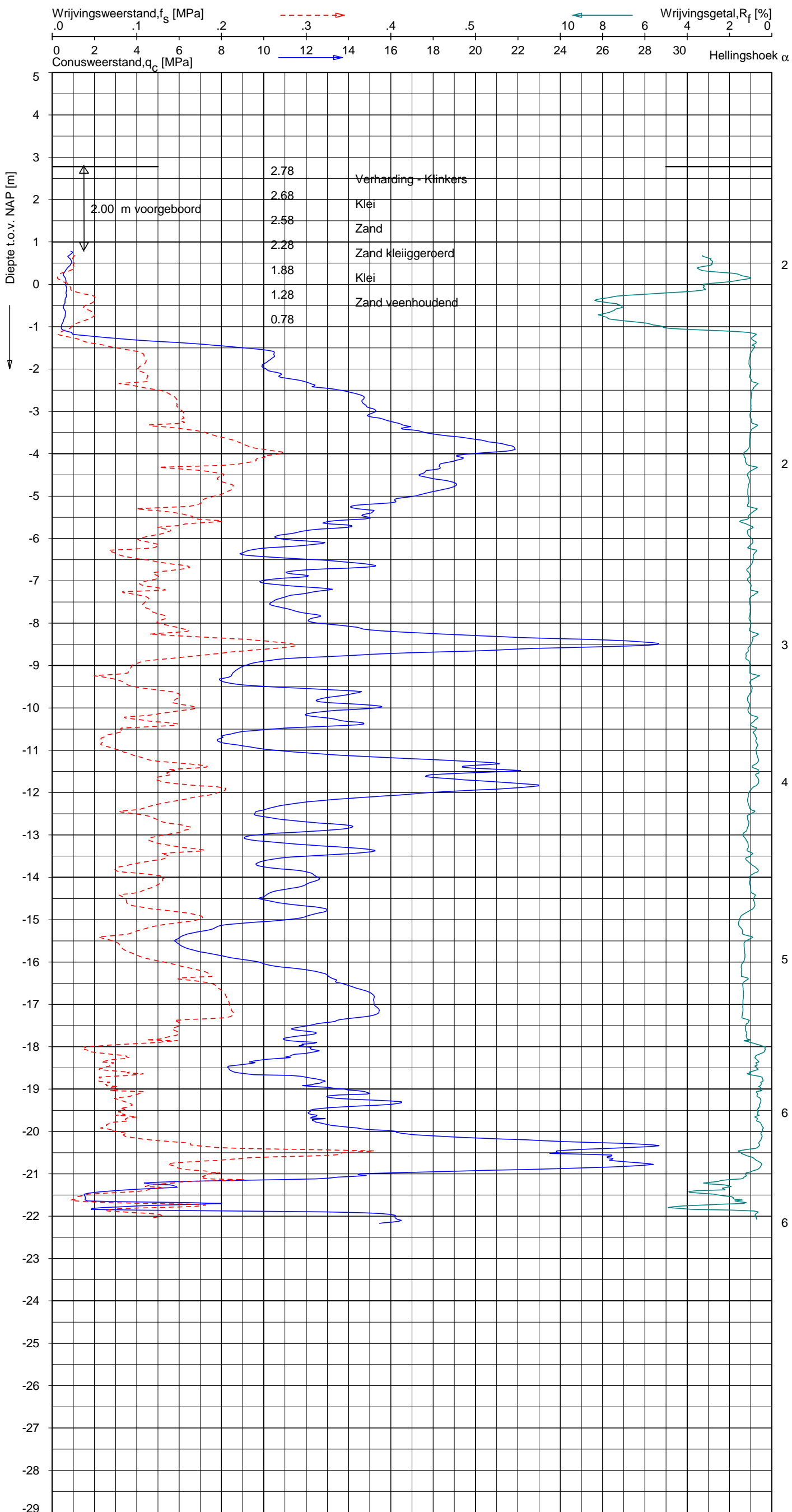
Sondering volgens norm NEN 5140, klasse 2.
 Conustype cilindrisch elektrisch, 1500 mm.
 Specificaties conform bijl. Elektrisch sonderen.



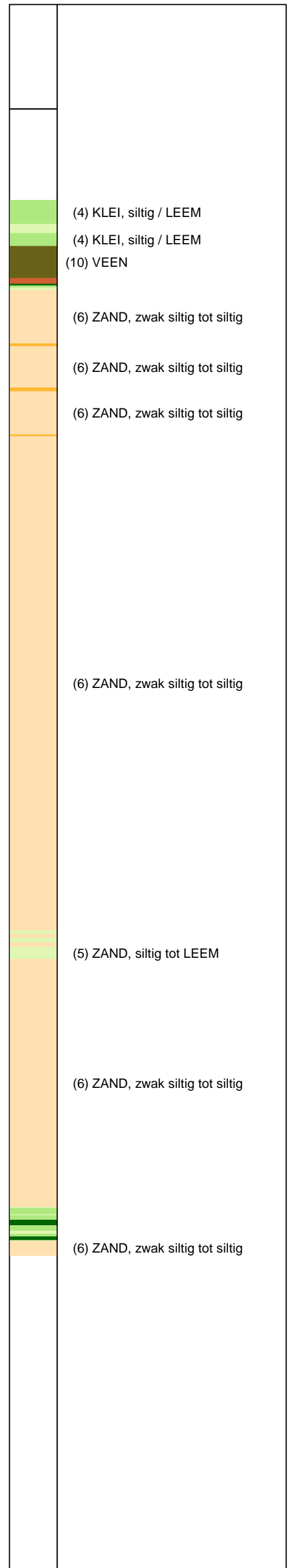
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW OOGLIJDSERHUIS AAN DE CORNELIS EVERTSENSTRAAT
 TE UTRECHT

Opdr. 6011-0380-000
 Sond. DKM10





Indicatieve bodembeschrijving
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg. : MF/RNB d.d. 10-Nov-2011 conus : F7.5CKE2HA/B 1701-19 X = 137967.5
 Get. : ZONVELD d.d. 2011-11-17 MV = NAP +2.78 m Y = 456718.7

Sondering volgens norm NEN 5140, klasse 2.
 Conustype cilindrisch elektrisch, 1500 mm.
 Specificaties conform bijl. Elektrisch sonderen.



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW OOGLIJDESHUIS AAN DE CORNELIS EVERTSENSTRAAT
 TE UTRECHT

Opdr. 6011-0380-000
 Sond. DKM14



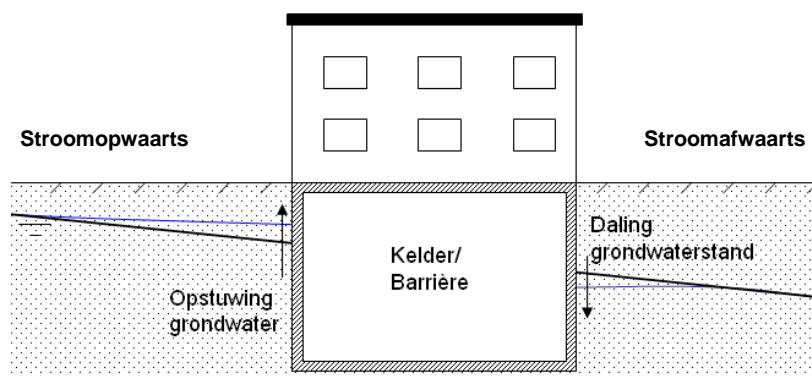
THEORETISCHE ONDERBOUWING BARRIÈREWERKING

Deze bijlage geeft een uitleg van het begrip barrièrewerking en van de omstandigheden die nodig zijn om barrièrewerking te laten optreden.

Definitie barrièrewerking

Barrièrewerking is het fenomeen waarbij de grondwaterstand (of stijghoogte) wordt beïnvloed door een ondergrondse waterdichte of slecht doorlatende constructie. Bij een ondergrondse constructie kan gedacht worden aan een kelder of een damwand.

Grondwater stroomt. Dit kan zijn op lokale schaal, waarbij regenwater in de grond zakt en afstroomt richting de omliggende watergangen, of op grotere schaal, waarbij regenwater na infiltratie in diepere grondlagen tientallen kilometers stroomt richting de zee. Door het plaatsen van een waterdichte ondergrondse constructie kan die stroming in een bepaalde zone worden gehinderd. Het hinderen van de grondwaterstroming leidt tot hogere grondwaterstanden aan de bovenstroomse zijde (linkerzijde figuur 1) en lagere grondwaterstanden aan de benedenstroomse zijde (rechterzijde figuur 1).



Figuur 1: Principe barrièrewerking

De mate waarin barrièrewerking optreedt, is afhankelijk van een viertal factoren:

1. De omvang van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de stromingsrichting van het grondwater;
2. De diepte van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de bodemgesteldheid en de mate waarin de ondergrondse bouwdelen watervoerende lagen doorsnijden;
3. De bodemgesteldheid (de verticale doorlatendheid) van de lagen onder de barrière;
4. De mate van de horizontale grondwaterstroming.

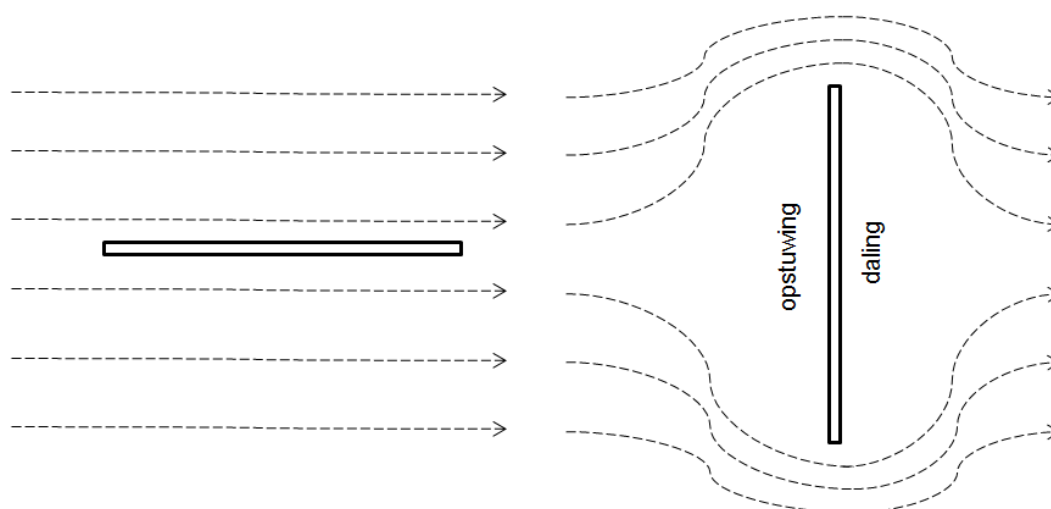
Pas wanneer alle vier de factoren ongunstig zijn, zal significante opstuwning en daling van de grondwaterstand optreden in de omgeving van de ondergrondse constructie. De vier factoren worden kort toegelicht.

1. Omvang en oriëntatie barrière

De grootte van de constructie (grondoppervlak) bepaalt de mate waarin het grondwater wordt gehinderd.

Kleine kelders (bijvoorbeeld onder een normale rijtjeswoning van ca. 5 x 10 m) hebben op zichzelf geen significante invloed op de grondwaterstroming. Het water kan namelijk makkelijk om de barrière heen stromen. Grote kelders, of dicht naast elkaar gelegen kleine kelders, kunnen wel barrièrewerking tot gevolg hebben.

Naast de omvang van de kelder is ook de oriëntatie van de kelder in relatie tot de stromingsrichting van het grondwater van belang (zie figuur 2). Lange en smalle kelders of tunnels die parallel aan de grondwaterstromingsrichting liggen hebben slechts een beperkte invloed. De rede is dat het grondwater niet om de constructie heen hoeft te stromen, maar langs de constructie zijn weg kan vervolgen en zodoende minimaal gehinderd wordt. Bij constructies die grotere afmetingen hebben dwars op de stromingsrichting, moet het grondwater een veel langere weg afleggen na het plaatsen van de barrière, waardoor opstuwing en daling van de grondwaterstand kan optreden.



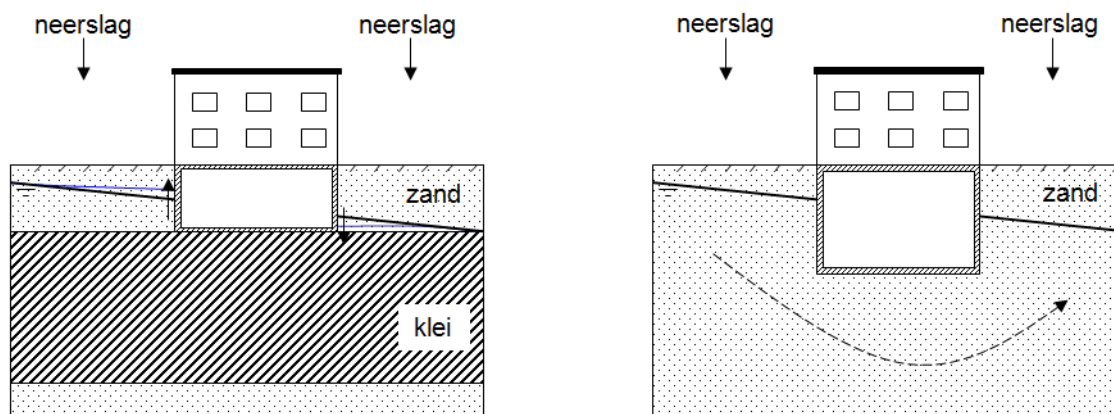
Figuur 2: Bovenaanzicht barrière; De oriëntatie van de barrière ten opzichte van de grondwaterstromingsrichting bepaalt de hinder, en daarmee de opstuwing, van het grondwater.

2. Diepte barrière

De hinder van de barrière is gerelateerd aan de diepte van de kelder in combinatie met de lokale bodemopbouw. Uit door Fugro gemaakte berekeningen volgt, dat een ondergrondse constructie de grondwaterstroming pas echt hindert, wanneer een groot deel (ongeveer 70%) van een watervoerende zandlaag wordt afgesloten.

Figuur 3 geeft hiervoor 2 voorbeelden. Aan de linkerkant sluit een 1-laags kelder een zandlaag volledig af, waardoor het grondwater niet meer onder de kelder door kan stromen. De rechterzijde toont een diepere 3-laags kelder, welke slechts een deel van de zandlaag

afsluit. In de laatste situatie kan het grondwater via een relatief korte omweg onder de kelder doorstromen en ontstaat geen overlast.

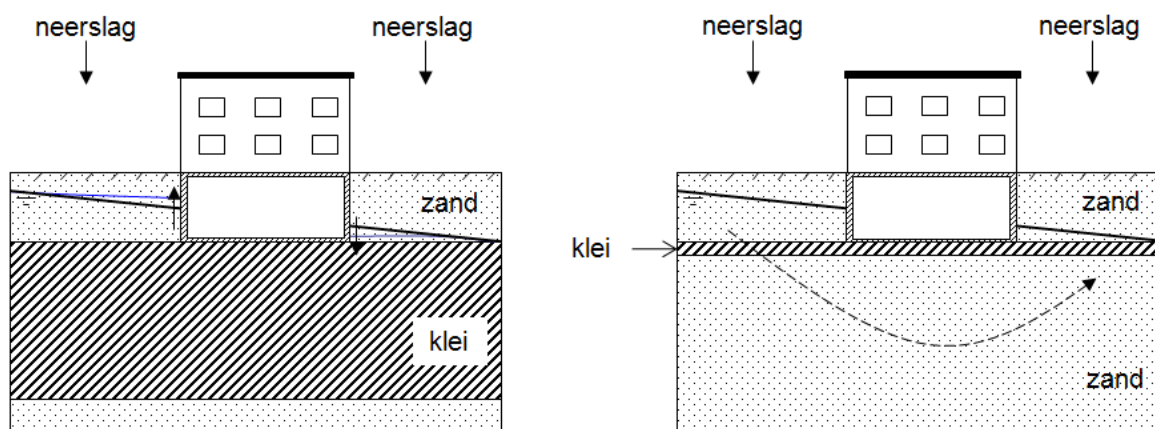


Figuur 3: Merkbare opstuwing kan pas optreden wanneer een kelder ongeveer 70% van een watervoerende zandlaag afsluit.

3. Dikte van ondiepe klei-/veenlagen

Wanneer een kelder een groot deel van een watervoerende zandlaag afsluit, is de mate van barrièrewerking gerelateerd aan de dikte (weerstand) van de onderliggende waterremmende bodemlagen.

Klei- en veenlagen belemmeren verticale stroming, waardoor grondwater moeilijker onder de constructie door kan stromen. Dikkere klei-/veenlagen (met een hogere weerstand) zorgen voor een grotere belemmering van de verticale stroming en daarmee voor meer risico op barrièrewerking (zie figuur 4).

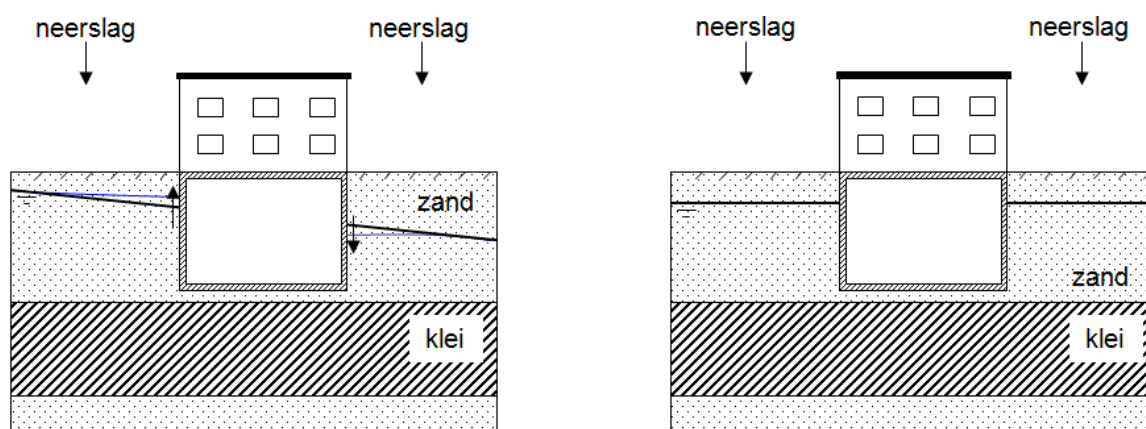


Figuur 4: De mate van barrière werking is afhankelijk van de dikte van onderliggende klei-/veenlagen

4. Grondwaterstroming

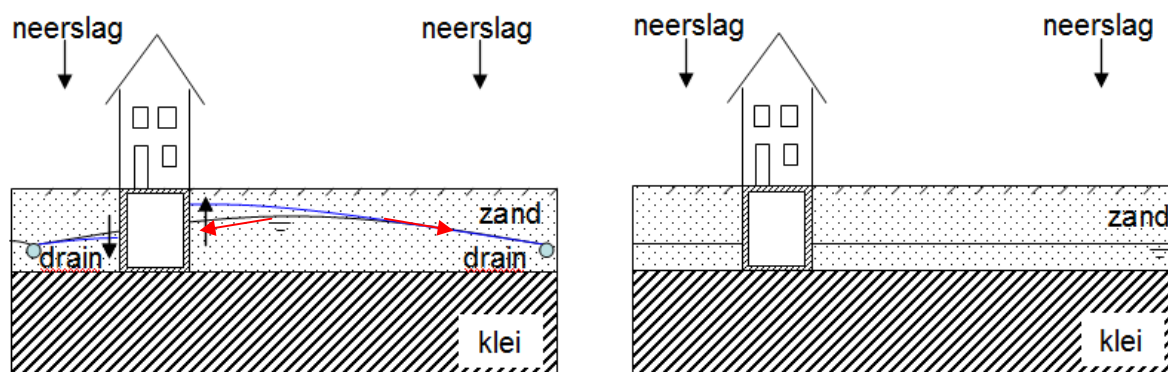
Barrièrewerking is het hinderen van de natuurlijke grondwaterstroming. Een sterkere horizontale grondwaterstroming zorgt zodoende voor meer opstuwing en daling van de grondwaterstand.

Horizontale grondwaterstroming ontstaat door verschillen in de grondwaterstand in de omgeving van de projectlocatie. Water stroomt van een hoge grondwaterstand (of stijghoogte) naar een lagere grondwaterstand (of stijghoogte). Wanneer de grondwaterstandsverschillen in de omgeving minimaal zijn, ontstaat geen opstuwing en daling van de grondwaterstand.



Figuur 5: Opstuwing is afhankelijk van de horizontale grondwaterstroming/ grondwaterstandsverschillen.

In veel bebouwde gebieden bestaat de grondwaterstroming hoofdzakelijk uit neerslag die afstroomt richting nabij gelegen ontwateringsmiddelen (zoals drainage of watergangen). Tussen de ontwateringsmiddelen ligt de grondwaterstand hoger, dit wordt opbolling genoemd. Wanneer de opbolling significant is kan door het plaatsen van een kelder eveneens opstuwing ontstaan (figuur 6 links). Bij beperkte opbolling is de grondwaterstroming minimaal en heeft het plaatsen van een kelder weinig effect op de grondwaterstand (figuur 6 rechts).



Figuur 6: Opstuwing is afhankelijk van de grondwaterstroming/ grondwaterstandsverschillen, welke wordt beïnvloed door drainage en sloten.