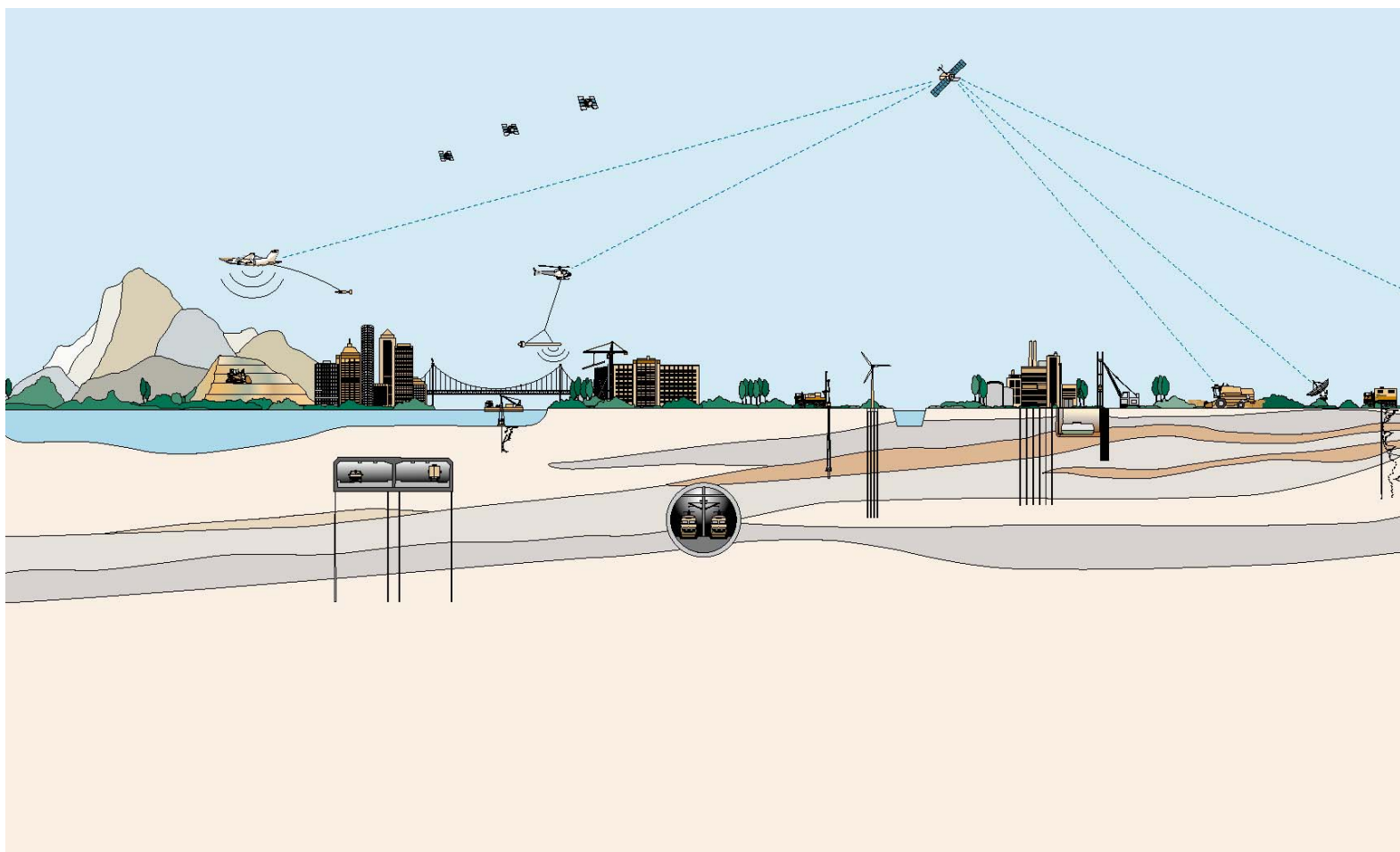


ONDERZOEK
naar

**BARRIÈREWERKING HOTELS VAN
ORANJE**

Opdrachtnummer: 4015-0041-000



ONDERZOEK
naar

**BARRIÈREWERKING HOTELS VAN
ORANJE**

Oprachtnummer: 4015-0041-000

Opdrachtgever : IDDS Ruimte & Ontwikkeling B.V.
Postbus 126
2200 AC Noordwijk

Projectleider : ir. M.J. Profittlich

Opgesteld door : ir. H.W.P.M. Gielen

Gecontroleerd door : W. Kooijman M.Sc.

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	14 juli 2015	concept	
2	13 november 2015	definitief	
3			

FILE: 4015-0041-000_33.R01.docx Op deze rapportage zijn de algemene leveringsvoorwaarden ALV 2012 van toepassing die een aansprakelijkheidsbeperking bevatten.

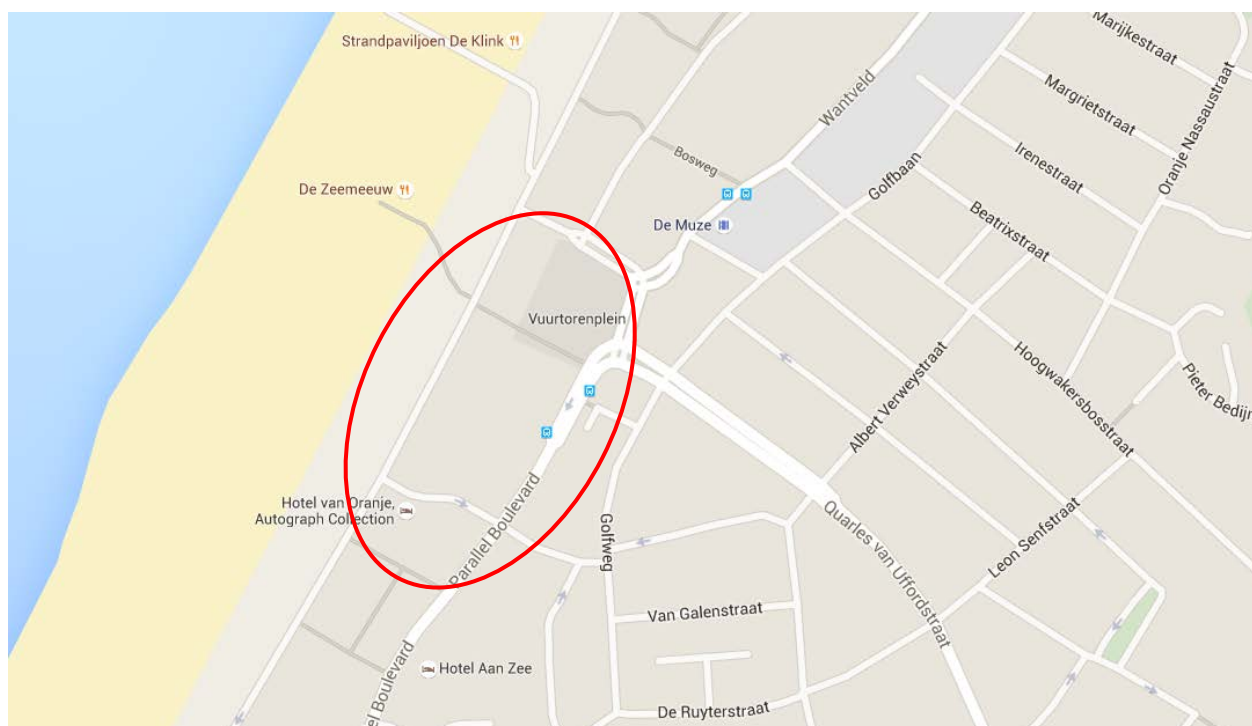
INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING	1
2. GEOHYDROLOGISCHE INVENTARISATIE	3
2.1. Grondonderzoek en bodemopbouw	3
2.2. Geohydrologische schematisering	3
2.3. Grondwaterstanden	4
3. Barrièrewerking	6
3.1. Geohydrologische effecten kelder op omgeving (barrièrewerking)	6
3.2. Modelberekeningen	7
4. Conclusie	9
BIJLAGEN	
- Rapportage grondonderzoek	1
- Monitoring grondwaterstanden	2
- Appendix barrièrewerking	

1. INLEIDING

Fugro GeoServices B.V. te Amsterdam ontving van IDDS Ruimte & Ontwikkeling B.V. te Noordwijk, opdracht voor het uitvoeren van een grondonderzoek en het uitbrengen van een geohydrologische analyse voor de uitbreiding van het Hotel Oranje aan het Vuurtorenplein te Noordwijk. Onder de nieuwbouw is een (parkeer)kelder voorzien.

Binnen het Rijksdriehoeksnet heeft de projectlocatie globaal de coördinaten $X = 89.890$ m en $Y = 473.750$ m. De projectlocatie is in onderstaande figuur weergegeven.

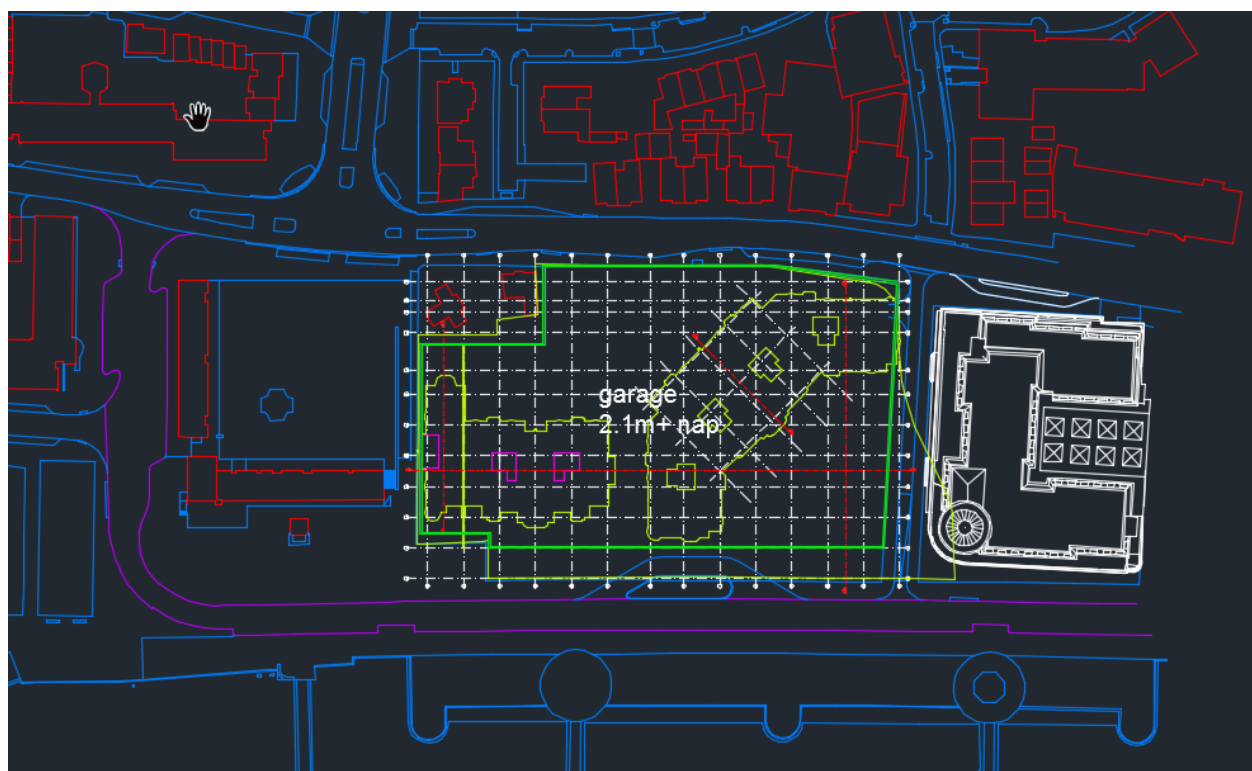


Figuur 1: Projectlocatie (bron: Google Maps)

Voor het vervullen van de opdracht is door de opdrachtgever de volgende informatie ter beschikking gesteld:

- Digitale tekening “posities garages”, Van Egmond Architecten, d.d. 8 mei 2015, tekeningnummer 13639;
- Tekening “Hotel Oranje Noordwijk – Uitbreidingsplan – Situatie nieuw”, plattegronden en doorsneden, van Jacco van Duin Design BV, tekeningnr. 00.001T, d.d. 15 april 2014;
- Rapport “Oorzaken hoge grondwaterstand Noordwijk aan Zee”, Deltares & Wareco, KN65C RAP20150423, d.d. 6 mei 2015.
- Grondwaterstandgegevens van peilbuizennet van de gemeente Noordwijk.

Onder de nieuwbouw wordt een 2-laagse parkeerkelder gerealiseerd. Het vloerniveau van de kelder is NAP +2,1 m (zie figuur 2). De afmetingen bedragen ca. 65 m x 58 m. De parkeerkelder sluit aan op de reeds aanwezige kelders onder het huidige Hotel Oranje en de Heemborgh.



Figuur 2: Plattegrond nieuwe parkeergarage

2. GEOHYDROLOGISCHE INVENTARISATIE

2.1. Grondonderzoek en bodemopbouw

Op 17 maart 2015 is op de projectlocatie door Fugro een grondonderzoek uitgevoerd. Dit grondonderzoek heeft bestaan uit:

- 5 sonderingen met meting van de plaatselijke wrijvingsweerstand (code DKM) tot een diepte van ca. 25 m;
- 3 mechanische boringen (code B) tot resp. een diepte van ca. 13 m, 8m en 7m;
- In elk boorgat is een peilbuis geplaatst. In boring B1 zijn twee peilbuizen geplaatst;
- In elke peilbuis is een datalogger afgehangen. Hiermee is de grondwaterstand gedurende 3 maanden gemonitord..

De resultaten van de sonderingen en boringen zijn opgenomen in de bijlage “rapportage veldwerk”.

De bodemopbouw is, op basis van het uitgevoerde grondonderzoek, het Fugro-archief en gegevens uit de literatuur, (geohydrologisch) geschematiseerd en weergegeven in tabel 1.

Tabel 1: Bodemopbouw

Diepte [ca. NAP m]	Bodembeschrijving	Typering	Laag
+6,4 à +10,2	Maaiveld	Infiltratieoppervlak	0
+6,4 à +10,2 tot +0,0 à +0,5	Zand	Watervoerend	1
+0,0 à +0,5 tot -3,0 à -4,0	Klei, zand	Waterremmend	2
-3,0 à -4,0 tot -19,0	Zand met sporadisch een kleilaagje	Watervoerend	3

* Maximaal door Fugro verkende diepte: NAP -19,0 m.

Op NAP -60 m wordt een 10 m dikke kleilaag aangetroffen, die in deze rapportage als geohydrologische basis wordt beschouwd.

2.2. Geohydrologische schematisering

De parameterwaarden die behoren bij de geohydrologische schematisering zijn opgenomen in tabel 2. Hierbij is de weerstand tegen verticale grondwaterstroming door een waterremmende laag weergegeven met een c-waarde en is het horizontaal doorlaatvermogen van een watervoerende laag weergegeven met een kD-waarde.

Tabel 2: Geohydrologische schematisering

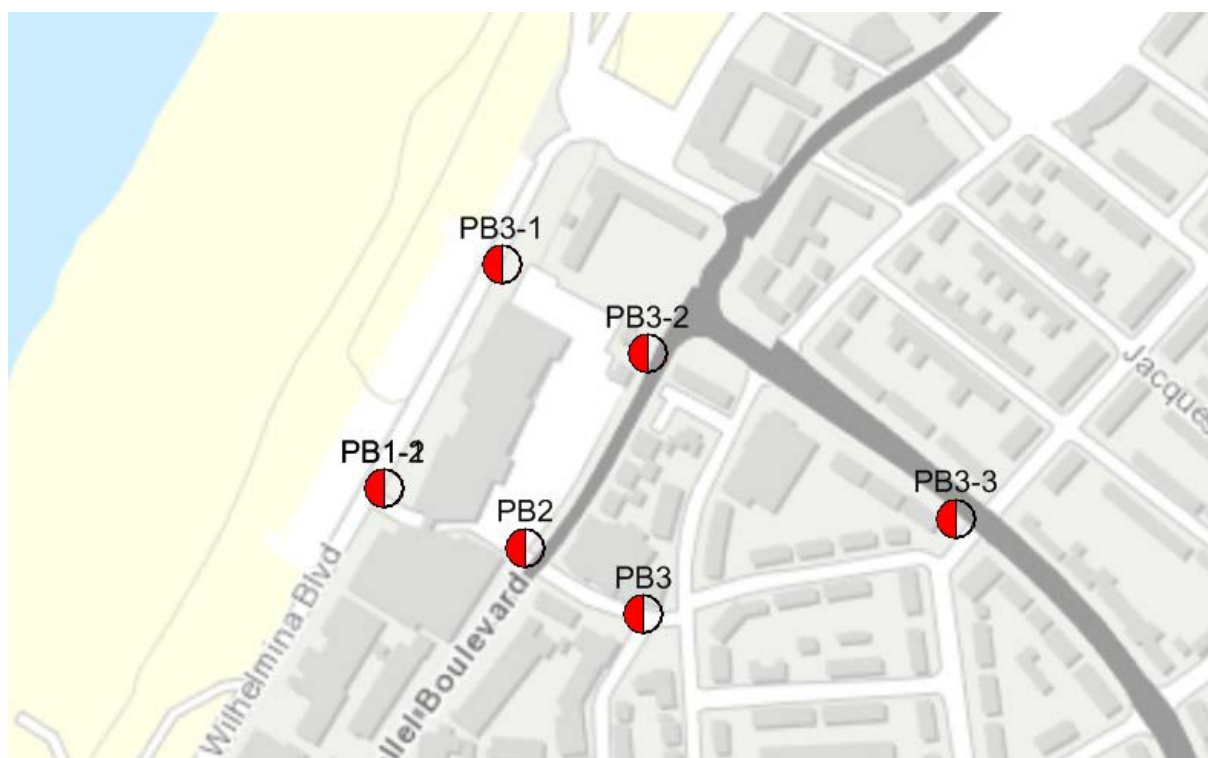
Laag	Typering	Parameterwaarden (ca.)
0	Infiltratieoppervlak	c = 100 dagen
1	Watevoerend	kD = 50 à 100 m ² /dag
2	Waterremmend	c = 1.000 dagen
3	Watervoerend	kD = 1.000 m ² /dag

Bovenstaande parameterwaarden zijn geraamd op basis van ervaring, aan de hand van het uitgevoerde grondonderzoek, het rapport van Wareco-Deltares en gegevens uit het Fugro-archief.

In de modellering is geen rekening gehouden met de invloed van open water.

2.3. Grondwaterstanden

In de peilbuizen op locatie (zie figuur 3) zijn in de periode eind maart tot eind juni 2015 de grondwaterstanden elk uur met een datalogger geregistreerd. Tevens zijn van de loggers in drie peilbuizen van de gemeente Noordwijk de data uitgelezen. De eigenschappen van de peilbuizen zijn opgenomen in tabel 3. De metingen zijn in grafiekvorm gepresenteerd in de bijlage 2.



Figuur 3: Locatie peilbuizen

Tabel 3: Gemeten grondwaterstand/stijghoogte in peilbuizen op de locatie

Peilbuis	Bovenkant peilbuis	Filterafstelling [ca. NAP m]	Laag	Grondwaterstand/stijghoogte [ca. NAP m]		
				Laagste*	Hoogste*	Gemiddelde*
PB1-1	+8,71	-3,2 à -4,2	3	+0,38	+1,10	+0,63
PB1-2	+8,74	+1,2 à +0,2	1	+2,59	+2,85	+2,72
PB2	+7,36	+0,4 à -0,6	1	+3,00	+3,24	+3,12
PB3	+6,26	+1,4 à +0,4	1	+3,11	+3,30	+3,20
PB3-1	+8,80	+7,2 à +6,2	1	+2,81	+3,22	+3,07
PB3-2	+10,24	+3,4 à +2,4	1	+2,19	+3,69	+3,51
PB3-3	+6,42	+3,8 à 2,8	1	+3,84	+4,27	+4,04

* berekend over de meetperiode

Uit de metingen blijkt het volgende:

- de variatie in de tijd in elke peilbuis is gering;
- alleen in peilbuis PB1-1 is invloed van het getij waarneembaar;
- er is geen snelle respons van de grondwaterstand op neerslag waarneembaar;
- de stijghoogte van het grondwater in het duinpakket is aanmerkelijk hoger dan in het onderliggende watervoerende pakket;
- de peilbuizen volgen een parallelle trend;
- de ontwatering (diepte van het grondwater ten opzichte van maaiveld) varieert van minimaal 2,15 m in peilbuis PB3-3 tot 7,6 m in peilbuis PB1-2.

3. BARRIÈREWERKING

3.1. Geohydrologische effecten kelder op omgeving (barrièrewerking)

Bij barrière werking 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 deze paragraaf getoetst.

Uit de toelichting van de theoretische achtergrond (Appendix barrièrewerking) volgt dat het gevaar voor barrièrewerking in de onderhavige situatie af zal hangen van:

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 lokale grondwaterstandsituatie (is er sprake van een significant stijghoogte-/grondwaterverschil).

Bovenstaande punten worden hierna kort toegelicht.

De eerste twee punten bepalen de omvang van de barrière en daarmee het risico op barrièrewerking. De laatste twee punten zijn van invloed op de omvang van de effecten.

Omvang van de barrière

De grondwaterstroming ter plaatse van de nieuwe kelder is westelijk gericht. In combinatie met de reeds bestaande kelders, zal er een barrière ontstaan van ca. 100 m loodrecht op de stromingsrichting. Hierdoor is de kans op barrièrewerking reëel.

Diepte van de barrière

De onderzijde van de kelder komt op ca. NAP +1,7 à +1,8 m. De resterende dikte van de watervoerende zandlaag is ca. 2,2 m. Bij een grondwaterstand van NAP +3,3 m betekent dit een reductie van de actieve watervoerende dikte van 1,6 m of 40%. De kelder heeft hierdoor invloed op de grondwaterstroming, maar deze invloed is naar verwachting beperkt.

Bodemgesteldheid

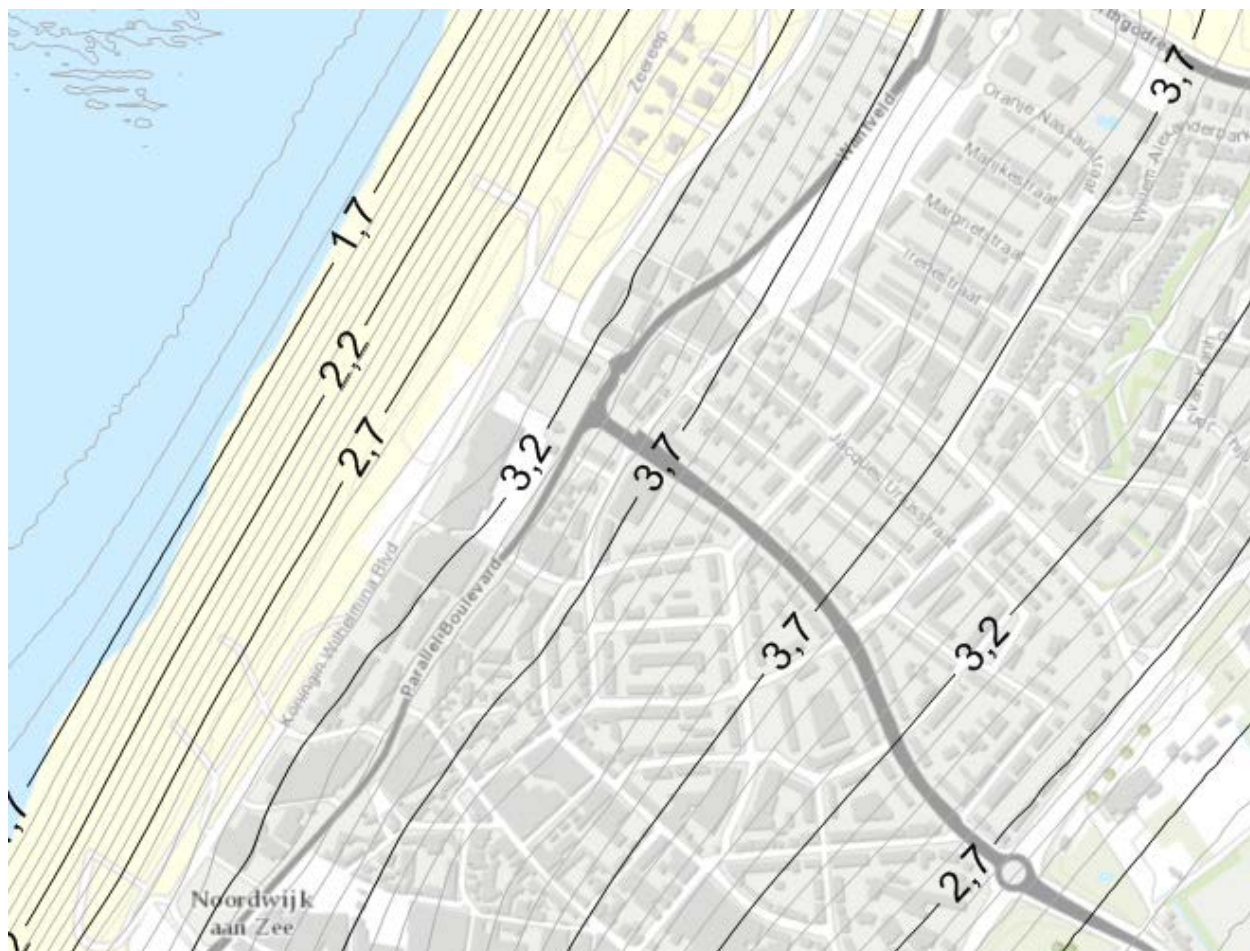
De ondergrond bestaat tot ca. NAP -0,5 m uit zand. Er zijn geen stoorlagen aanwezig. Dit is gunstig ten aanzien van de barrièrewerking.

Grondwaterstroming

Het verhang van het grondwater over de projectlocatie bedraagt ca. 40 cm of 0,5%. De effectieve stroomsnelheid van het grondwater wordt geschat op 10 à 20 cm per dag. Dit heeft naar verwachting zeer beperkt gevolgen voor de barrièrewerking.

3.2. Modelberekeningen

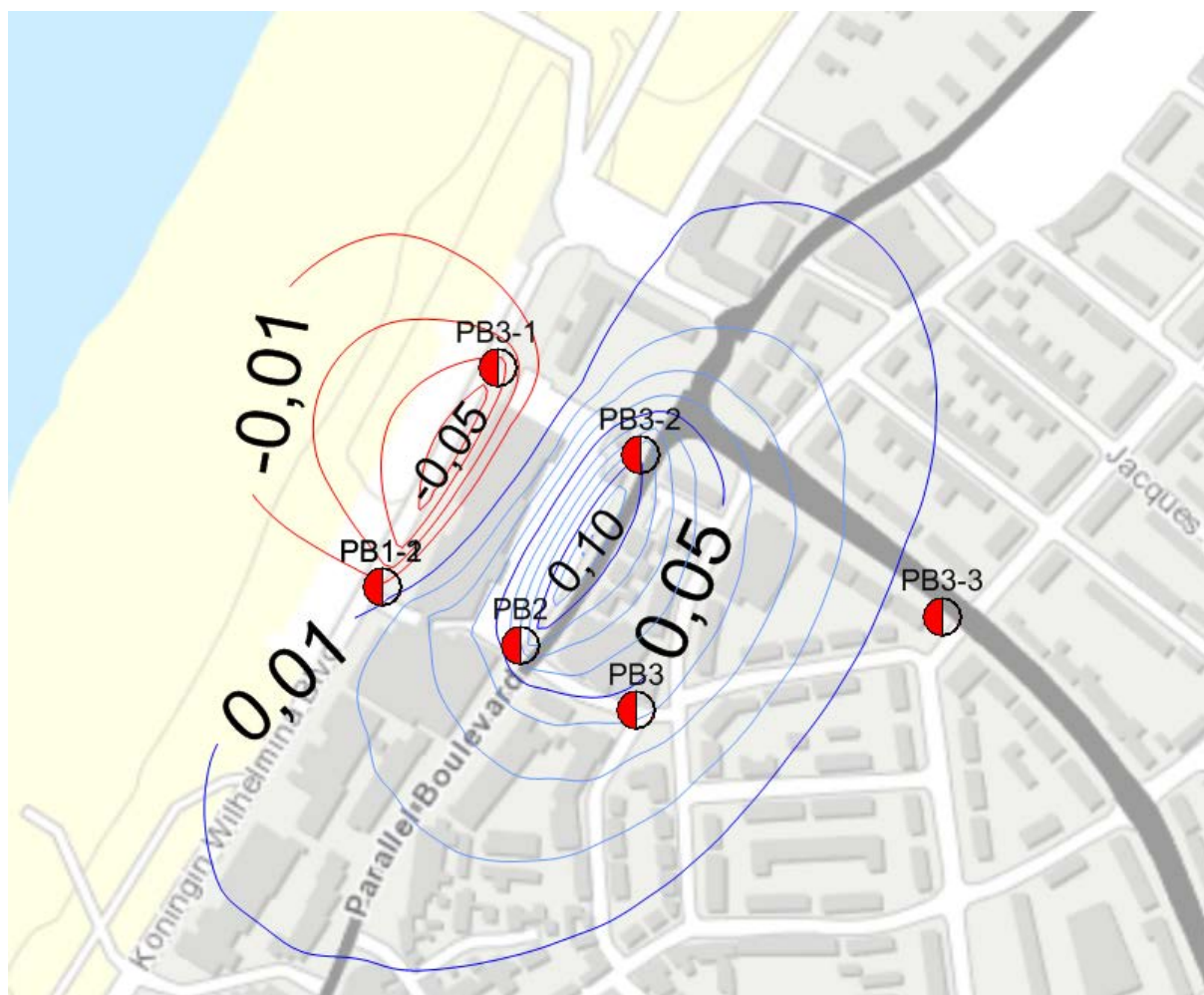
Met behulp van MicroFEM en op basis van de in het vorige hoofdstuk beschreven geohydrologische situatie zijn oriënterende berekeningen uitgevoerd. Als eerste is een berekening uitgevoerd van de huidige situatie zonder kelder. (zie figuur 4) Vervolgens is ter plaatse van de kelder de doorlaatfactor van het duinpakket met 50% gereduceerd en is de berekening opnieuw uitgevoerd. Het verschil tussen beide berekeningen, zijnde de barrièrewerking, is gepresenteerd in figuur 5.



Figuur 4: Indicatief berekende grondwaterstanden in de huidige situatie

Uit de berekeningen volgt dat de grondwaterstand aan de oostzijde van de parkeerkelder met 10 tot maximaal 15 cm zal verhogen. [Opmerking: de verhoging met 15 cm wordt in één enkel modelpunt berekend en is dus niet zichtbaar op het isohyspenkaartje in figuur 5]. Aan de westkant treedt een beperkte verlaging van de grondwaterstand op van ca. 5 cm direct aan de gevel van het gebouw.

Gezien de ontwateringsdiepte ter plaatse van de nieuwbouw wordt verwacht dat de aanleg van de parkeerkelder geen negatieve gevolgen heeft.



Figuur 5: Isohypsens van verhoging/verlaging van de grondwaterstand als gevolg van de barrière.

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de veranderingen ter plaatse van de peilbuizen ten opzichte van de maatgevende hoogste grondwaterstand.

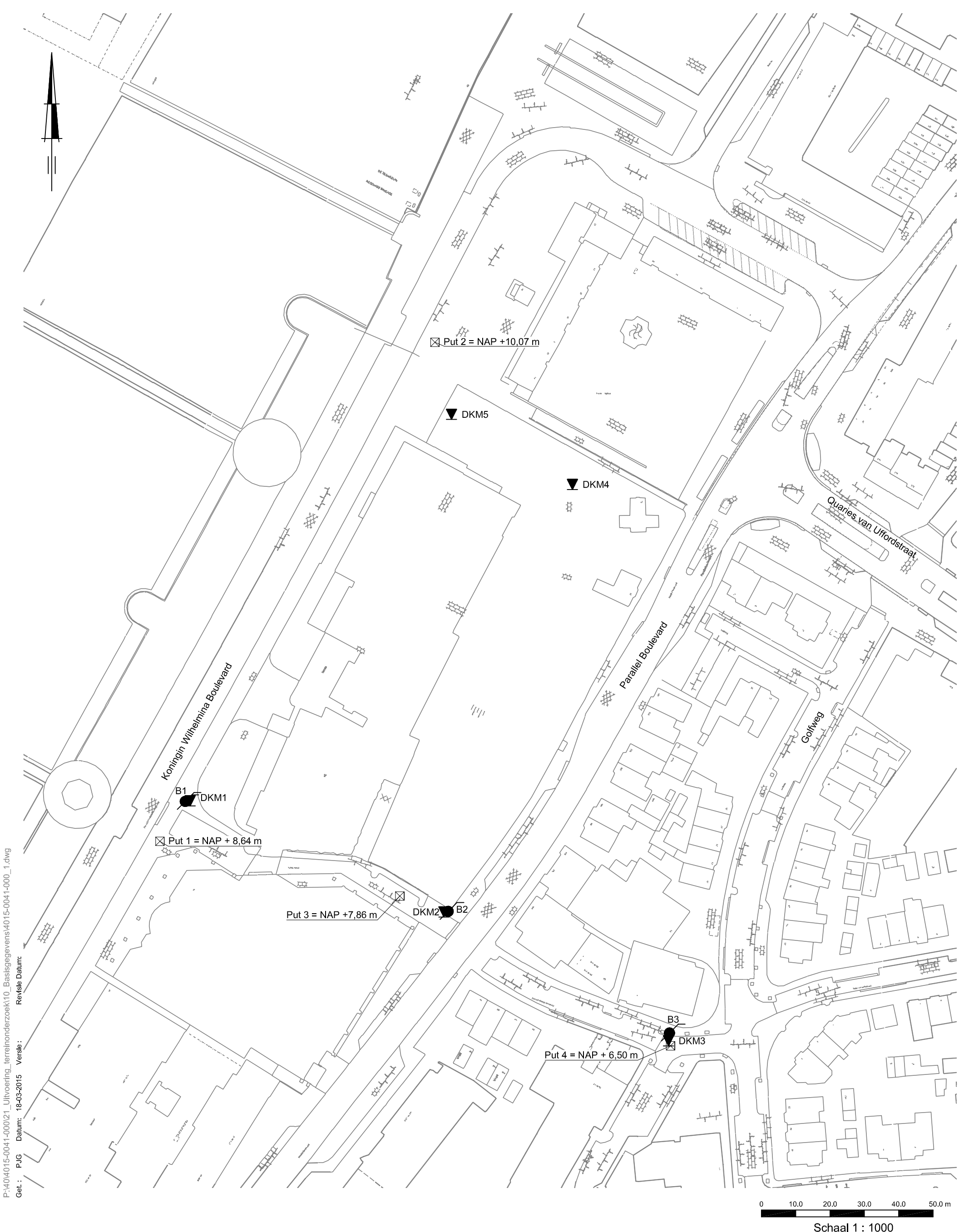
Tabel 4: Gevolgen van de barrière op de grondwaterstanden en op de ontwatering

Peilbuis	Maaiveld [ca. NAP m]	Hoogste grondwaterstand [NAP m]	Ontwatering [m]	Verandering [m]	Nieuwe hoogste grondwaterstand [NAP m]	Nieuwe ontwatering [m]
PB1-2	+8,8	+2,85	5,95	+0,00	+2,85	5,95
PB2	+7,4	+3,24	4,16	+0,07	+3,31	4,09
PB3	+6,3	+3,30	3,00	+0,04	+3,34	2,96
PB3-1	+8,9	+3,22	5,68	-0,03	+3,19	5,71
PB3-2	+10,3	+3,69	6,61	+0,09	+3,78	6,52
PB3-3	+6,5	+4,27	2,23	+0,00	+4,27	2,23

4. CONCLUSIE

Op basis van de kwalitatieve overwegingen en de indicatieve berekeningen wordt er een beperkt effect verwacht van de parkeerkelder onder de uitbreiding van het Hotel Oranje op de grondwaterstanden. Aan de "landzijde" van het hotel zal de grondwaterstand met 10 tot maximaal 15 cm verhogen. Deze verhoging treedt enkel direct aan de gevel op. Aan de zeezijde treedt een verlaging op van ca. 5 cm.

Gezien de ontwateringsdiepte variërend van ca. 3 tot 6 m heeft de beperkte verhoging van de grondwaterstand geen negatieve gevolgen voor de omgeving. Bij peilbuis 3-3 (Quarles van Uffordstraat – Albert Verweystraat) is de ontwateringsdiepte geringer, maar hier is het barrière-effect nul.



P:\4015-0041-000\21_Uitvoering_terrainonderzoek\10_Basisgegevens\4015-0041-000_1.dwg
 Get.: P.J.G Datum: 18-03-2015 Versie: Revisie Datum:

SITUATIE

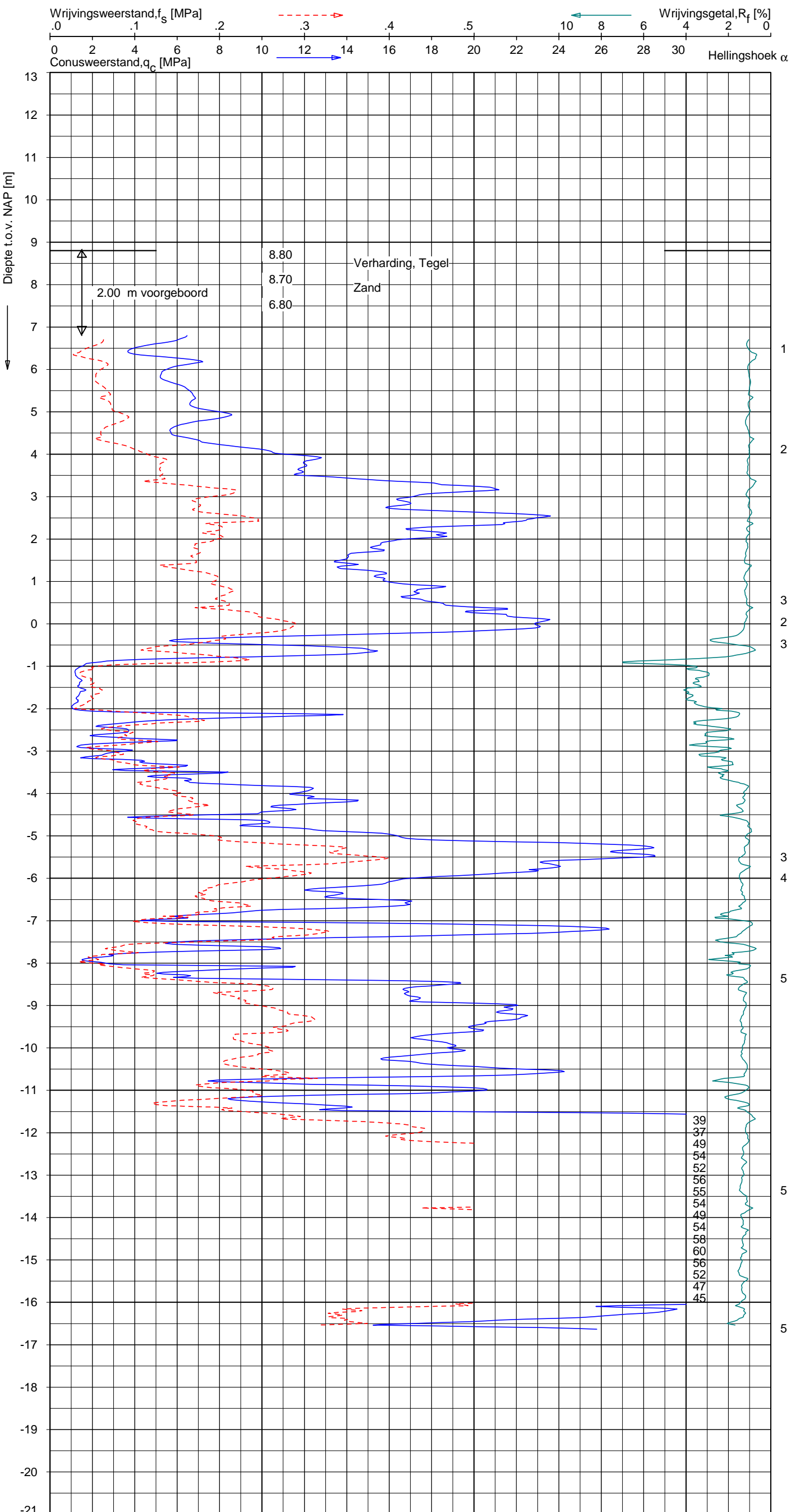
BARRIEREWERKING HOTELS VAN ORANJE TE NOORDWIJK

Opdr. : 4015-0041-000
 Bijl. : 1

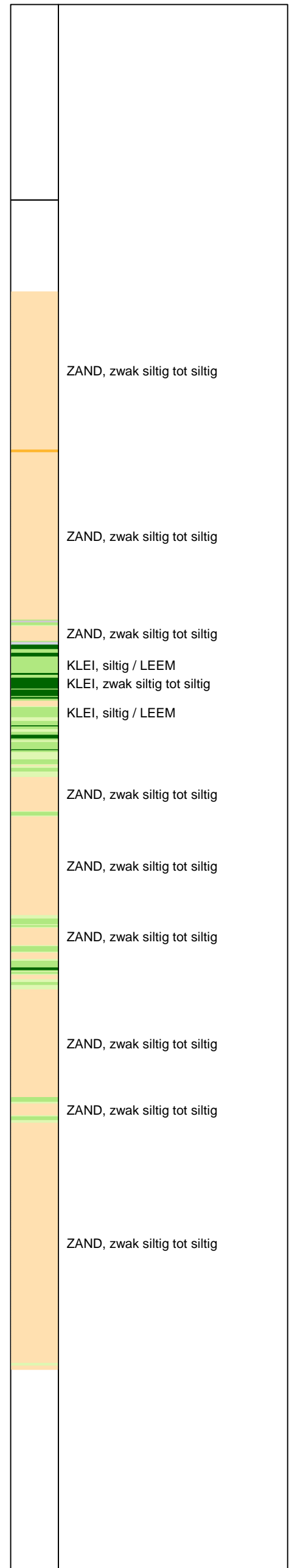
UNIPLOT 05.27.nl / QcfClass-R3.cmd / 2015-03-19 13:33:08

4015-0041-000

DKM1 - 1



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

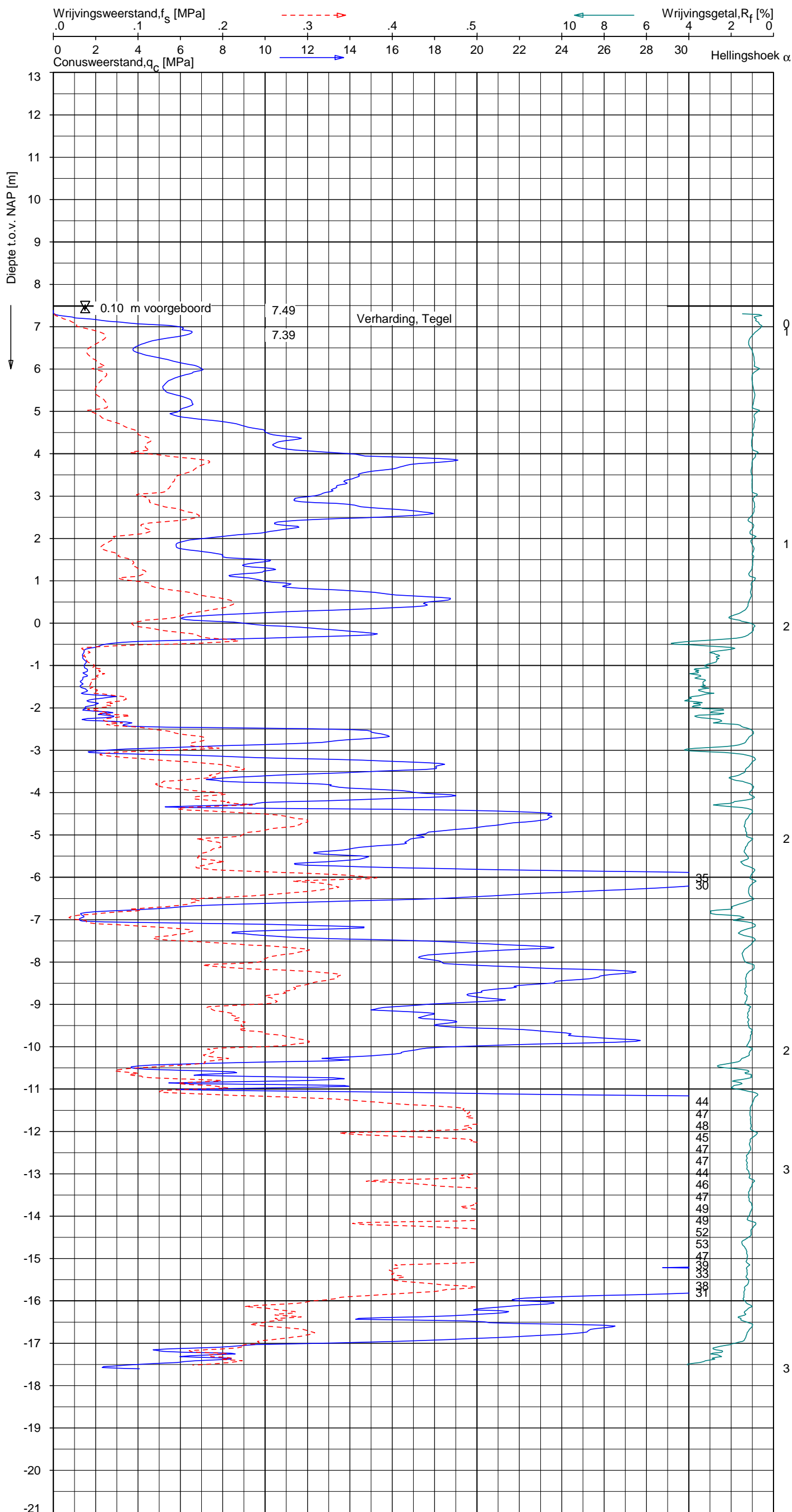


Opg.: VV d.d. 17-mrt-2015 Coord.: X= 89806.7m Y= 473685.9m Systeem: RD
 Get.: GOMMERP d.d. 19-mrt-2015 MV = NAP +8.80m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2782
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

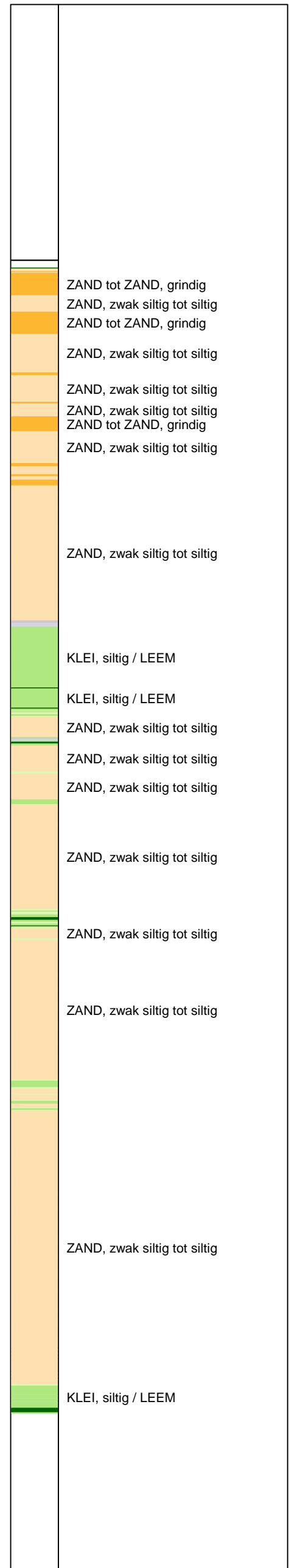


SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 BARRIÈREWERKING HOTELS VAN ORANJE TE NOORDWIJK

Opdr. 4015-0041-000
 Sond. DKM1



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



Opg. : VV d.d. 17-mrt-2015 Coord.: X= 89880.6m Y= 473653.5m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : GOMMERP d.d. 19-mrt-2015 MV = NAP +7.49m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2782 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



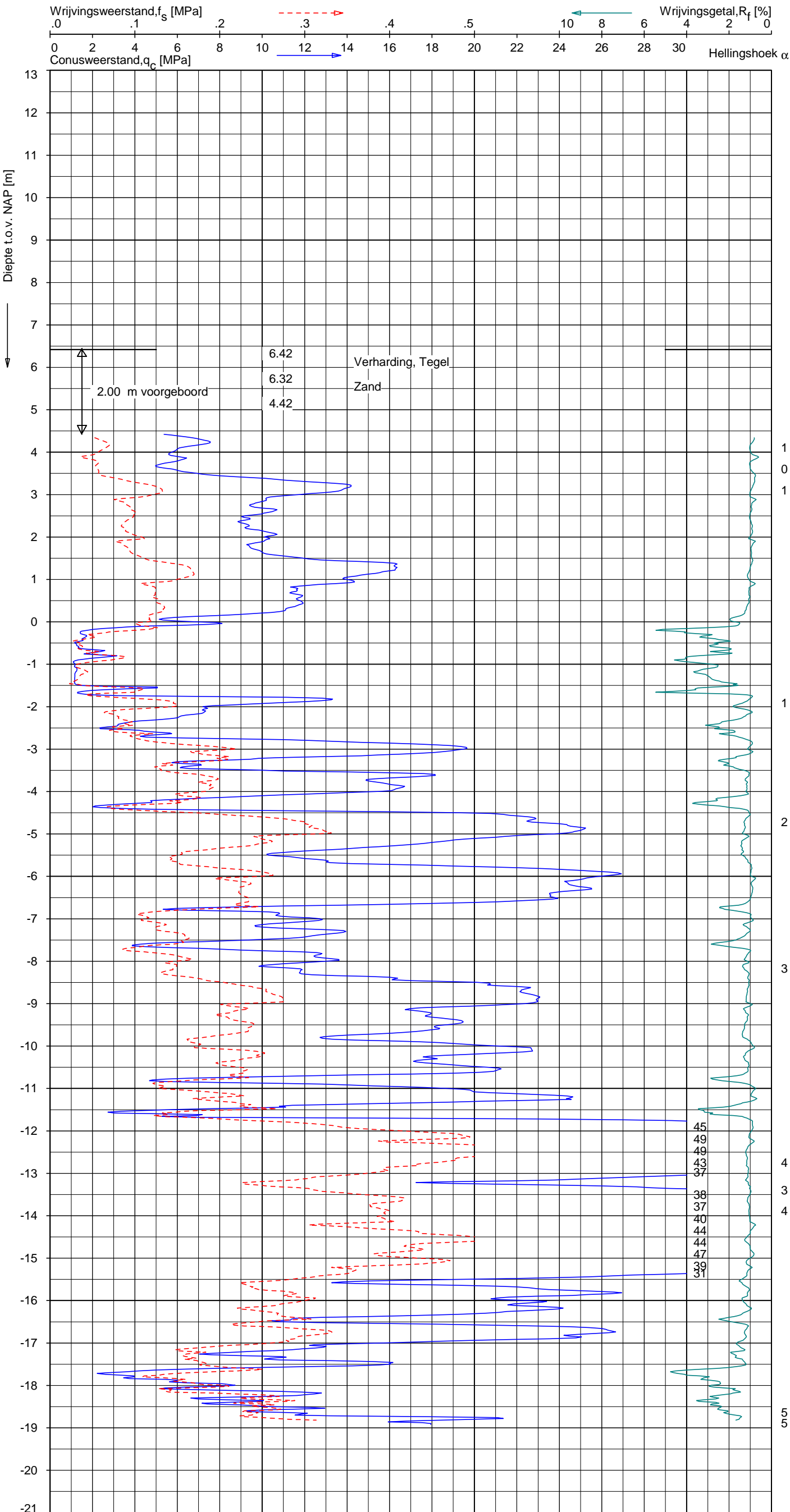
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 BARRIÈREWERKING HOTELS VAN ORANJE TE NOORDWIJK

Opdr. 4015-0041-000
 Sond. DKM2

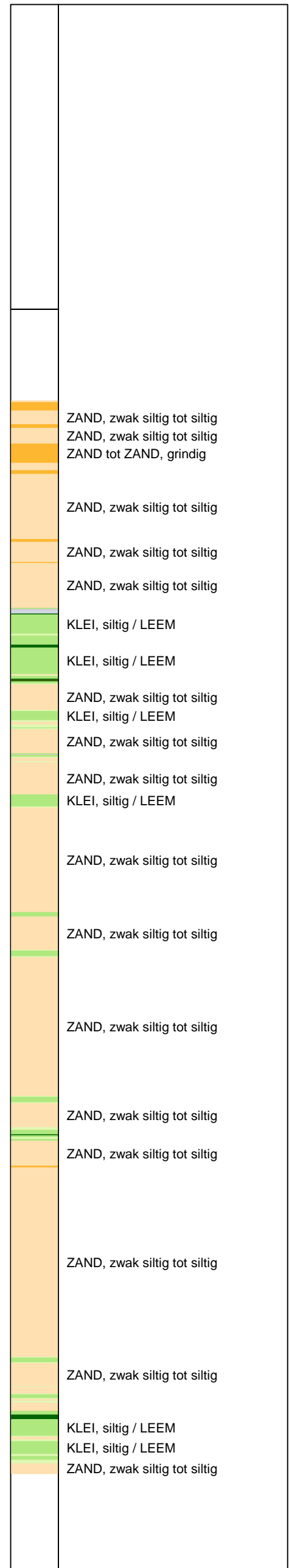
UNIPLOT 05.27.nl / QcfClass-R3.cmd / 2015-03-19 13:33:11

4015-0041-000

DKM3 - 1



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

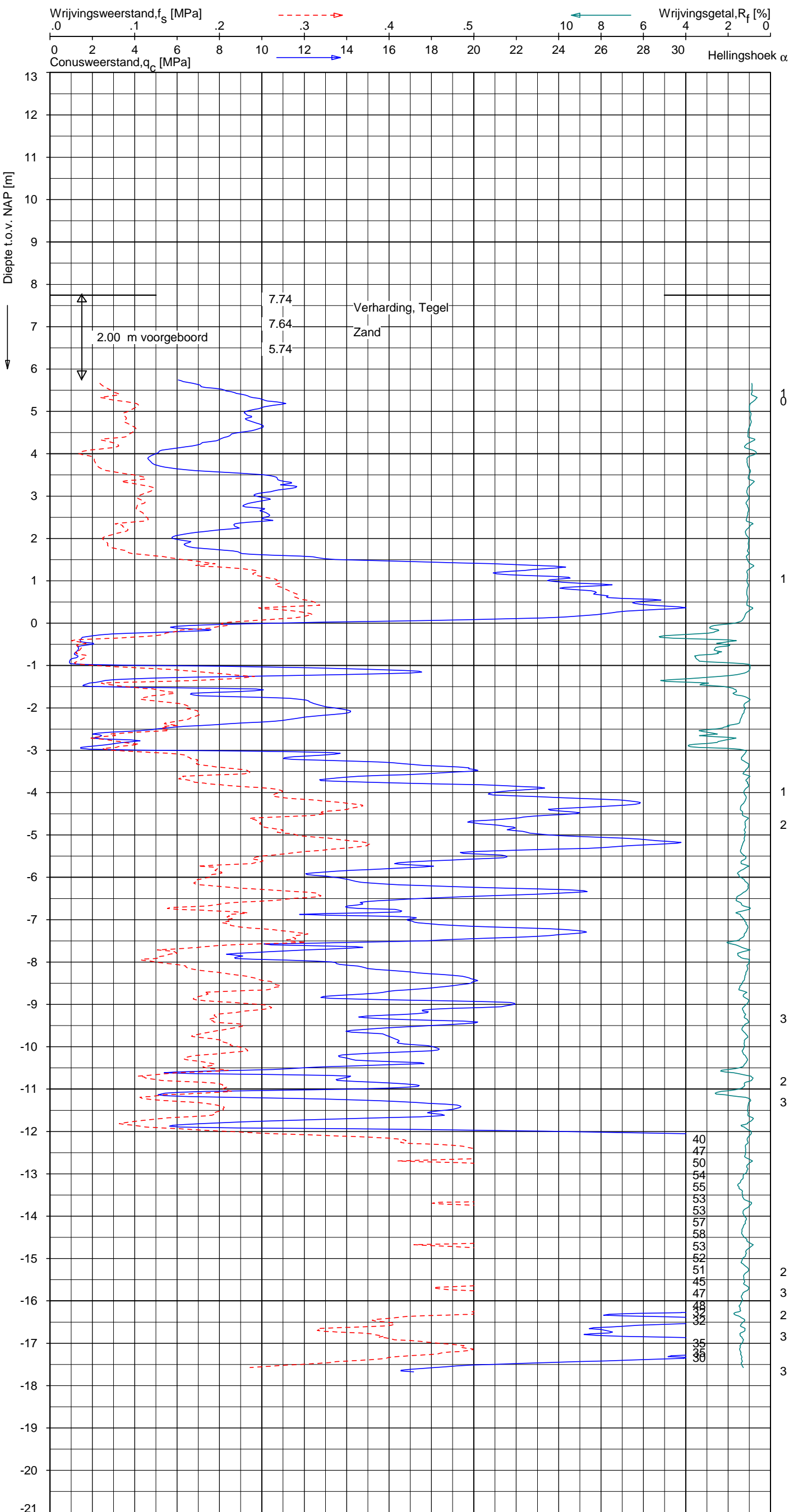


Opg.: VV d.d. 17-mrt-2015 Coord.: X= 89946.1 m Y= 473615.9 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: GOMMERP d.d. 19-mrt-2015 MV = NAP +6.42m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2782 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 BARRIÈREWERKING HOTELS VAN ORANJE TE NOORDWIJK

Opdr. 4015-0041-000
 Sond. DKM3



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



Opg.: VV d.d. 17-mrt-2015 Coord.: X= 89918.1 m Y= 473778.0 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: GOMMERP d.d. 19-mrt-2015 MV = NAP +7.74 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2782 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$



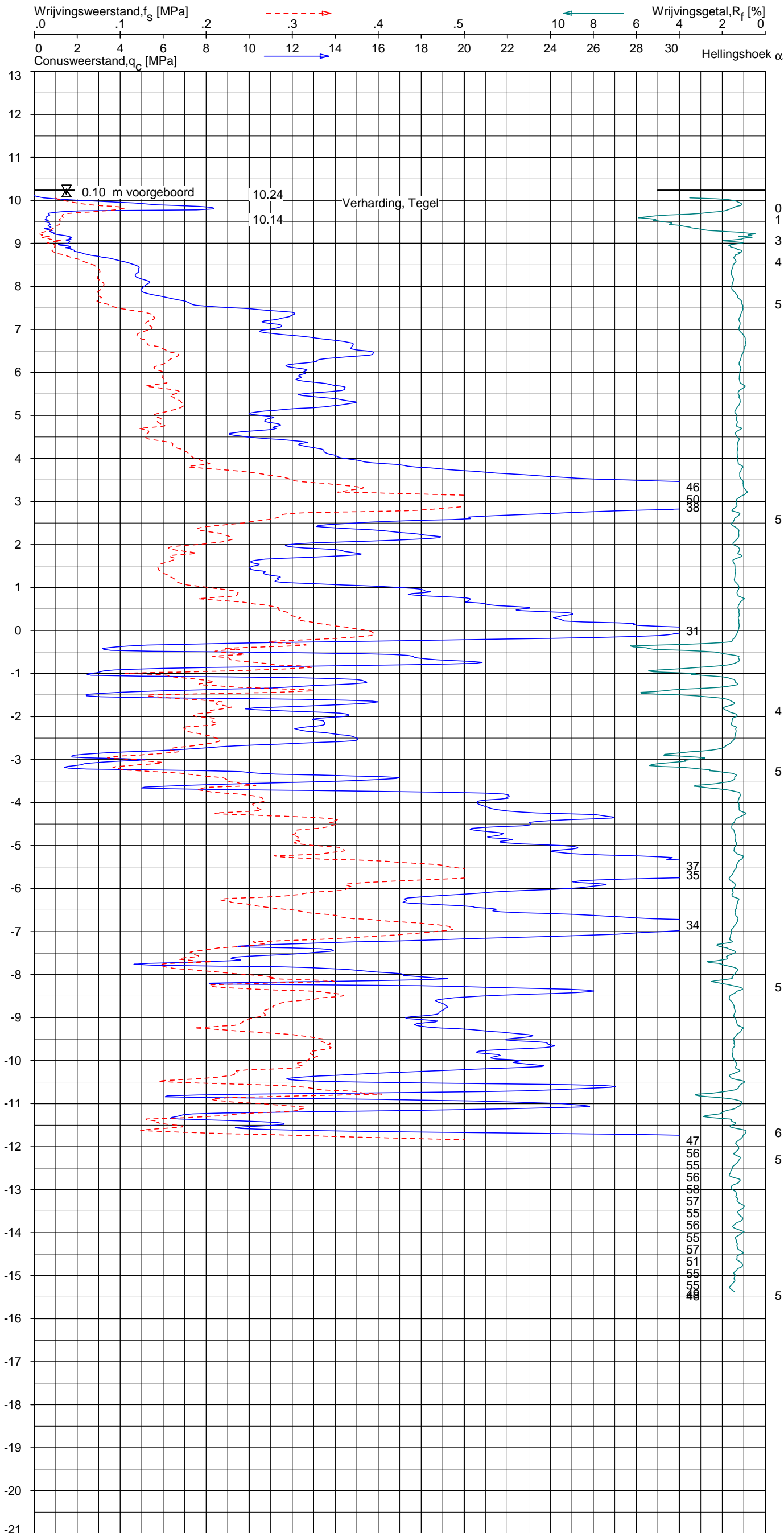
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 BARRIÈREWERKING HOTELS VAN ORANJE TE NOORDWIJK

Opdr. 4015-0041-000
 Sond. DKM4

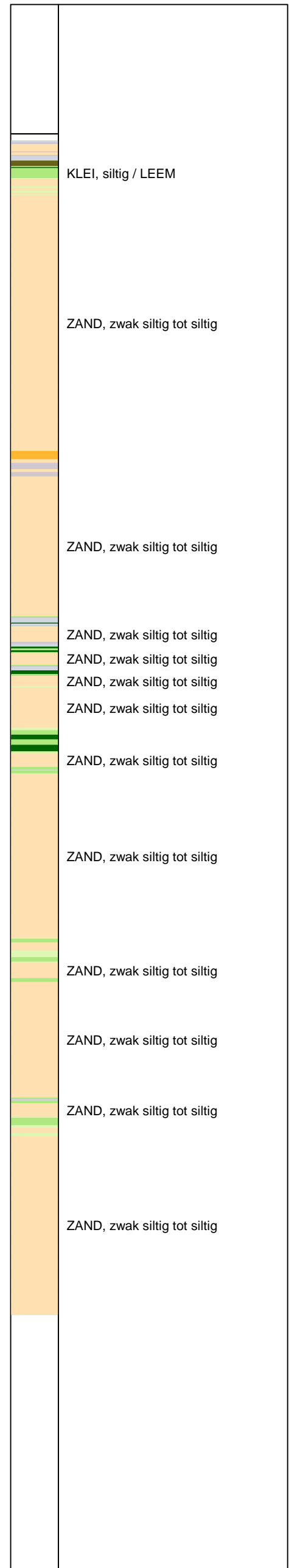
UNIPLOT 05.27.nl / QcfClass-R3.cmd / 2015-03-19 13:33:16

4015-0041-000

DKM5 - 1



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



Opg. : VV d.d. 17-mrt-2015 Coord.: X= 89882.8m Y= 473798.5m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : GOMMERP d.d. 19-mrt-2015 MV = NAP +10.24m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2782 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 BARRIÈREWERKING HOTELS VAN ORANJE TE NOORDWIJK

Opdr. 4015-0041-000
 Sond. DKM5

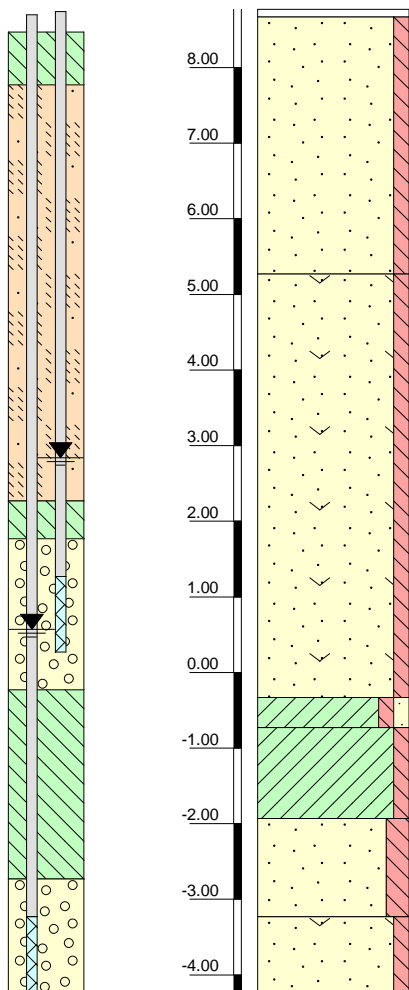
Boring: B1

Veldclassificatie

Peilbuis 1 2
Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



-8.77 tot 8.67	Verharding , Tegel
8.67 tot 5.27	Zand, matig fijn, zwak siltig bruin
5.27 tot -0.33	Zand, matig fijn, zwak siltig, resten schelpen bruin
-0.33 tot -0.73	Klei, zwak siltig, zwak zandig, matig stevig, laagjes zand grijs
-0.73 tot -1.93	Klei, zwak siltig, stevig grijs
-1.93 tot -3.23	Zand, matig fijn, matig siltig, laagjes klei grijs
-3.23 tot -4.23	Zand, matig fijn, zwak siltig, sporen schelpen grijs

Algemene opmerking:

X: 89805.3	GWS (m tov NAP):	MV (m tov NAP): 8.77	Boorloeistof: 500 l.	Datum uitvoering: 17-03-2015
Y: 473685.5	GHG (m tov NAP):	bk PB1 (m tov NAP): 8.71	WS PB1 (m tov NAP): 0.58	Boormeester: jvk
Coördinatenstelsel: RD	GLG (m tov NAP):	bk PB2 (m tov NAP): 8.74	WS PB2 (m tov NAP): 2.84	Geclassificeerd door: jvk
		bk PB3 (m tov NAP):	WS PB3 (m tov NAP):	

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Barrièrewerking Hotels van Oranje te Noordwijk

Fugro GeoServices B.V.

4015-0041-000

Boring: B2

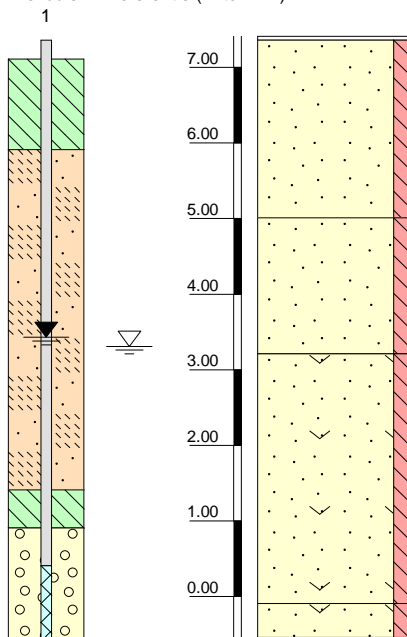
Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Peilbuis 1 Referentie (m tov MV)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



7.41 tot 7.36	Verharding, Tegel
7.36 tot 5.01	Zand, matig fijn, zwak siltig bruin
5.01 tot 3.21	Zand, matig fijn, zwak siltig bruin-geel
3.21 tot -0.09	Zand, matig fijn, zwak siltig, resten schelpen bruin
-0.09 tot -0.54	Zand, matig fijn, zwak siltig, resten schelpen grijs
-0.54 tot -0.59	Leem, matig stevig grijs

Algemene opmerking:

X: 89881.8

GWS (m tov MV): 3.31

MV (m tov MV): 7.41

bk PB1 (m tov MV): 7.36

Boorloeistof: 200 l.

WS PB1 (m tov MV): 3.43

Datum uitvoering: 17-03-2015

Y: 473653.5

GHG (m tov MV):

bk PB2 (m tov MV):

WS PB2 (m tov MV):

Boormeester: jvk

Coördinatenstelsel: RD

GLG (m tov MV):

bk PB3 (m tov MV):

WS PB3 (m tov MV):

Geclassificeerd door: jvk

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

Barriérewerking Hotels van Oranje te Noordwijk

4015-0041-000

Boring: B3

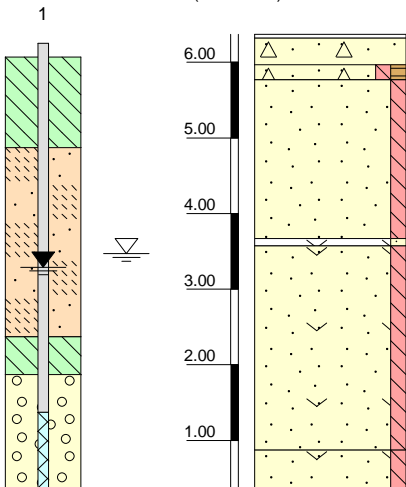
Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Peilbuis Referentie (m tov MV)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



6.37 tot 6.32	Verharding , Tegel
6.32 tot 5.97	Zand, matig fijn, sporen puin bruin
5.97 tot 5.77	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, resten puin bruin
5.77 tot 3.67	Zand, matig fijn, zwak siltig bruin-geel
3.67 tot 3.57	Niet benoemd, zwak zandig, volledig schelpen bruin
3.57 tot 0.87	Zand, matig fijn, zwak siltig, resten schelpen bruin
0.87 tot 0.37	Zand, matig fijn, zwak siltig, resten schelpen grijs

Algemene opmerking:

X: 89946.3	GWS (m tov MV): 3.47	MV (m tov MV): 6.37	Boorloeistof: 150 l.	Datum uitvoering: 17-03-2015
Y: 473618.0	GHG (m tov MV):	bk PB1 (m tov MV): 6.26	WS PB1 (m tov MV): 3.30	Boormeester: jvk
Coördinatenstelsel: RD	GLG (m tov MV):	bk PB2 (m tov MV):	WS PB2 (m tov MV):	Geclassificeerd door: jvk
		bk PB3 (m tov MV):	WS PB3 (m tov MV):	

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

Barriérewerking Hotels van Oranje te Noordwijk

4015-0041-000

Meettechniek

De standaard bij Fugro toegepaste conus is de “elektrische kleefmantelconus”, waarmee de conusweerstand, de plaatselijke wrijvingsweerstand en de helling gelijktijdig worden gemeten. Sinds februari 2013 is de nieuwe norm *NEN-EN-ISO 22476-1:2012/C1:2013 Geotechnisch onderzoek en beproeving - Veldproeven - Deel 1: Elektrische sondering met en zonder waterspanningsmeting* van toepassing als vervanging van NEN 5140, die is terug getrokken. In NEN 9997-1 wordt echter nog wel verwezen naar NEN 5140.

Bij het uitvoeren van een sondering conform *NEN-EN-ISO 22476-1:2012/C1:2013* 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 digitaal gemeten. Volgens *NEN-EN-ISO 22476-1* mag het basisoppervlak van de conus tussen 500 en 2000 mm^2 variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten moeten 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 conus met een korter cilindrisch deel boven de conuspunt dan in *NEN-EN-ISO 22476-1* vermelde 400 mm voor een standaard conus. Het cilindrische deel vanaf de conuspunt van de standaard door Fugro gebruikte conussen een lengte heeft van 230 mm in plaats van de genormeerde lengte. Onderzoek¹⁾ heeft aangetoond, dat de invloed van de lengte van deze conus op het sondeerresultaat verwaarloosbaar is, terwijl met een kortere conus met minder risico een grotere sondeerdiepte kan worden bereikt.

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

Afwijking van de conus met de verticaal worden continu geregistreerd, waarmee bij de uitwerking de diepte wordt gecorrigeerd en zo een onjuiste diepteaanduiding als gevolg van “scheef sonderen” wordt voorkomen.

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 in procenten. Hierbij wordt rekening gehouden met laagscheidingen ter hoogte van de mantel.

Het wrijvingsgetal R_f geeft samen met de conusweerstand q_c een goed beeld van de bodemopbouw *beneden* 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 in %	grondsoort	Wrijvingsgetal in %
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 en gelden deze waarden niet.

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

CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

Presentatie sondeergegevens

Sonderingen kunnen worden uitgewerkt met interpretatie van het wrijvingsgetal voor identificatie van de bodemlagen. De identificatie van de bodemlagen is dan 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 ingangspanparameters.

De genormaliseerde waarden van de conusweerstand nQ_c en wrijvingsgetal nR_f worden berekend, uit de gemeten wrijvingsweerstand f_s en conusweerstand q_c , indien mogelijk gecorrigeerd voor de waterspanning en de verticale effectieve - en totale grondspanning volgens de onderstaande formules.

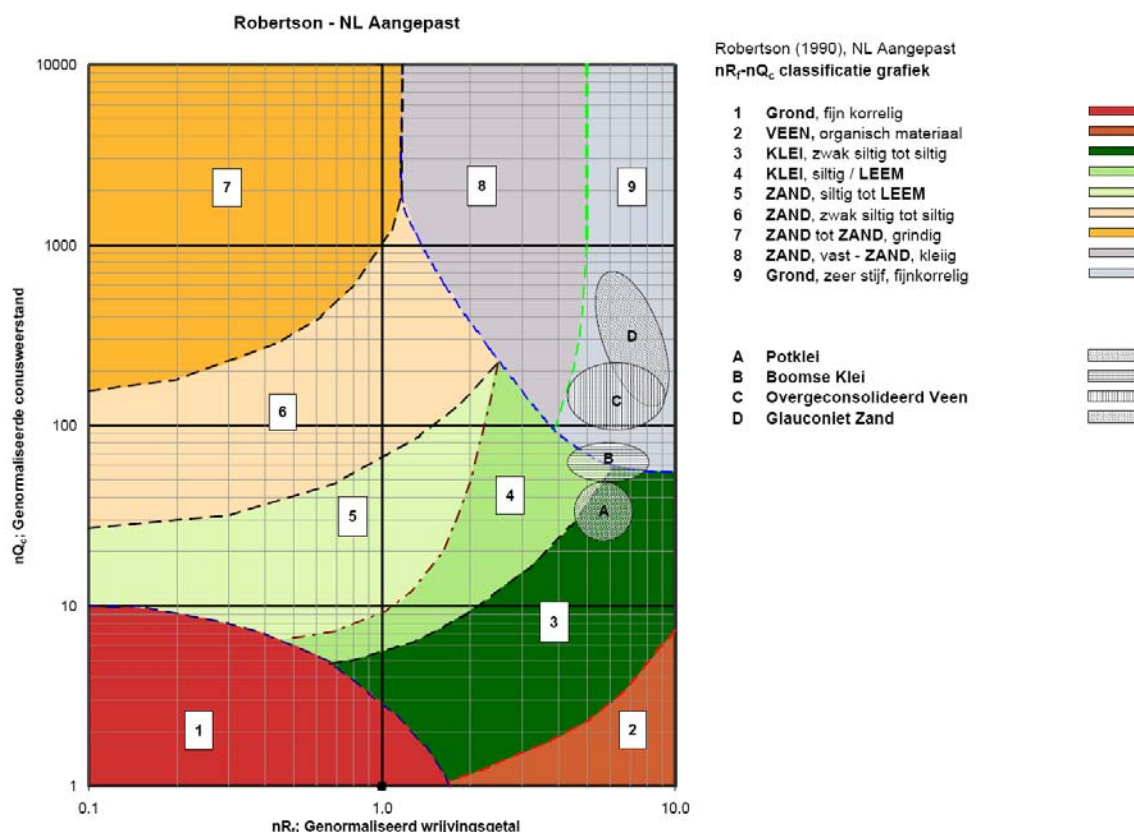
Genormaliseerde conusweerstand:
$$nQ_c = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$

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

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 onderstaande figuur 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 geïnterpreteerd.



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 1 tot en met 9.

² Robertson, P.K. [1990] "Soil Classification using the cone penetration test". Canadian Geotechnical Journal, 27(1), 151-8²

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 worden voor het wrijvingsgetal, waardoor bijvoorbeeld uitgedroogde kleilagen mogelijk onterecht worden geïnterpreteerd als veenlagen. Ook is de correlatie voor de toplagen minder betrouwbaar vanwege het lage effectieve spanningsniveau in deze lagen.

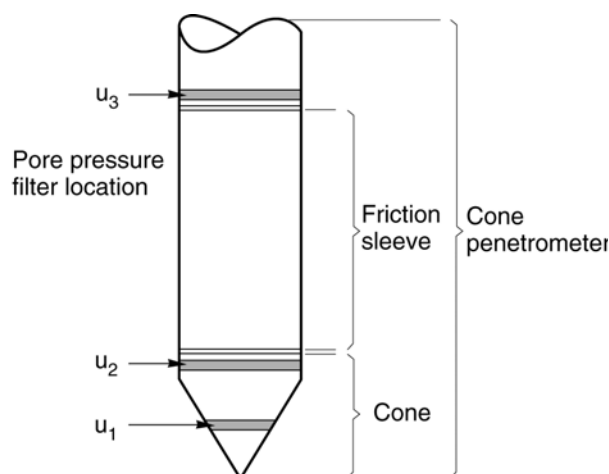
Andere conustypen

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.

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	heitrillingen / verkeerstrillingen
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

Waterspanningssonderingen

Naast registratie van conusweerstand en plaatselijke wrijvingsweerstand wordt bij een groot deel van de sonderingen waterspanning geregistreerd. Een waterspanningsconus (*piëzoconus*) is voorzien van een ingebouwde druksensor, waarmee de waterdruk tijdens het sonderen wordt gemeten. Een filter voorkomt het contact van grond met de druksensor. De waterdruk kan op drie locaties in de conus worden gemeten waarbij de posities u_1 en u_2 veelvuldig voorkomen (zie figuur 1). Positie u_3 wordt zelden toegepast. Slechts een kleine hoeveelheid water ($0,2 \text{ mm}^3$) is nodig om een nauwkeurige waterdruk te meten. Het meetbereik kan worden gekozen afhankelijk van de te verwachten wateroverspanning. In stijve kleien kan deze oplopen tot meer dan 3 MPa.



Figuur 1 Principe piëzo-conus

Uitvoeringswijze

Om een juiste meting van de waterspanning te verkrijgen, dient het gehele meetsysteem volledig ontluicht en gevuld te zijn met een weinig samendrukbare vloeistof. Om te voorkomen dat de vloeistof tijdens het sonderen in de onverzadigde lagen boven de grondwaterstand wegvloeit zijn een juiste keuze van vloeistof, het gebruik van een rubber membraam, een goede uitvoering en de poriëngrootte van het filter belangrijk.

CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

Indien het grondwater relatief ondiep aanwezig is, wordt bij voorkeur voorgeboord tot het niveau van de grondwaterspiegel teneinde luchttoetreding te voorkomen. Hiermee wordt ook de kans op beschadiging en in de grond achterblijven van het rubber membraan verkleind.

Interpretatie

De resultaten van de piëzo-sonderingen bestaan uit de gemeten conusweerstand (q_c), de plaatselijke wrijvingsweerstand (f_s), het wrijvingsgetal (R_f), de gemeten waterspanning (u_1 of u_2 respectievelijk in de punt en achter de punt) en de wateroverspanningindex B_q .

De resultaten van de waterspanningsmeting tijdens het sonderen vormen uit grondmechanisch en geohydrologisch oogpunt een belangrijke extra informatiebron voor de interpretatie van de bodemopbouw. Door combinatie van de meting van de conusweerstand en de waterspanning, bij voorkeur samen met de plaatselijke wrijvingsweerstand, wordt optimaal gebruik gemaakt van de sondeertechniek en kan het benodigde aanvullend grondonderzoek efficiënter worden gepland.

Bij de interpretatie speelt met name de wateroverspanning een rol, dat wil zeggen de verhoging van de waterspanning die door het indrukken van de conus ontstaan is. Dunne cohesieve laagjes in een zandpakket en dunne zandlaagjes in een kleipakket, die in de conusweerstand en de plaatselijke wrijvingsweerstand door uitmiddeling niet of slecht zichtbaar zijn, kunnen goed worden gedetecteerd aan de hand van de water(over)spanningen, die door het sonderen ontstaan. Deze laagjes kunnen van groot belang zijn voor het zettingsgedrag van funderingen en voor de verticale (on)doorlatendheid van de grond.

Verder kunnen met de piëzo-conus, met name via de u_1 -meting, sterk gelaagde structuren van zand en klei onderscheiden worden van homogene lagen hetgeen op basis van conusweerstand en plaatselijke wrijving in de meeste gevallen niet lukt. Aangetoond is dat het detectievermogen van de u_1 -meting veel hoger is dan van de u_2 -meting.

Wateroverspanningindex B_q

Met de wateroverspanningindex B_q kan een meer nauwkeurige classificatie van de grondsoort worden verkregen. Deze index is de verhouding van de wateroverspanning en de netto conusweerstand q_{net} , zijnde de gemeten conusweerstand q_c gecorrigeerd voor de waterspanning op het netto oppervlak van de sondeerconus, rekeninghoudend met de heersende effectieve verticale spanning op het betreffende niveau. De wateroverspanningindex B_q wordt als volgt berekend:

$$B_q = \beta \cdot (u_1 - u_0) / q_{net} \quad \text{of} \quad B_q = (u_2 - u_0) / q_{net}$$

waarin:

- β = factor voor de verschillende grondsoorten voor omrekening van u_1 naar u_2 ; standaard wordt hiervoor aangehouden 0,8, zijnde normaal geconsolideerde kleien (zie hierna volgende tabel);
- q_{net} = $q_t - \sigma_{v0}$ = netto conusweerstand;
- q_t = $q_c + (1-a) \cdot \{\beta \cdot (u_1 - u_0) + u_0\}$ voor een filter in de conuspunt;
- q_t = $q_c + (1-a) \cdot u_2$ voor een filter direct achter de conuspunt;
- σ_{v0} = de verticale grondspanning; standaard wordt hierbij uitgegaan van een gemiddeld volumiek gewicht van de bodemlagen van 14 kN/m^3 en een grondwaterstand op 1 m beneden maaiveld;
- a = netto oppervlakteverhoudingscoëfficiënt van de conus i.v.m. de 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; standaard wordt hiervoor in de berekening een niveau uitgegaan van 1 m beneden maaiveld.

Voor andere grondsoorten zijn de β -factoren in onderstaande tabel gegeven.

Grond gedrag	β -factor
Normaal geconsolideerde klei	0,6 - 0,8
Licht overgeconsolideerde klei	0,5 - 0,7
Sterk overgeconsolideerde klei	0 ¹⁾ - 0,3
Leem samendrukbaar	0,5 - 0,6
Leem, vast en dilatant gedrag	0 ¹⁾ - 0,2
Zand siltig, los gepakt	0,2 - 0,4

¹⁾ Bij meting van de waterspanning achter de conuspunt worden in bepaalde gevallen negatieve waterspanningen gemeten. Deze waarden geven nauwelijks een indicatie van de doorlatendheid, doch alleen over het materiaalgedrag.

Dissipatietest

Het is ook mogelijk het sondeerproces op een bepaalde diepte tijdelijk te stoppen en de afname van de wateroverspanning (dissipatie) als functie van de tijd te registreren. Daarna kan het sondeerproces worden voortgezet.

In doorlatende gronden geeft de dissipatietest een goed beeld van de heersende hydrostatische waterspanning en daarmee van de stijghoogte. Het betreft slechts een indicatie aangezien de meetnauwkeurigheid beperkt is. Door het uitvoeren van meerdere metingen in een grondlaag en de gemiddelde waarde van de stijghoogte te bepalen kan een beduidend hogere nauwkeurigheid worden behaald. Ervaring leert dat de onnauwkeurigheid circa 0,5 m bedraagt. Voor een meer nauwkeurige bepaling en de optredende fluctuaties zijn peilbuismetingen over een langere waarnemingsperiode nodig, afhankelijk van het doel.

In slecht doorlatende, cohesieve lagen kan met behulp van de dissipatietest een indicatie van de consolidatiecoëfficiënt en daarmee van de verticale (on)doorlatendheid worden verkregen. Hierbij dient de dissipatietest te worden voortgezet totdat de wateroverspanning tenminste met 50 % is afgenomen. In de praktijk komt dat in zand overeen met circa 1/2 uur à 3/4 uur. Uit berekeningen en kwalitatieve vergelijking van de metingen wordt inzicht verkregen in het consolidatiegedrag van de grond. Voor het vaststellen van de heersende hydrostatische waterspanning in kleilagen is de dissipatietest in de meeste gevallen weinig geschikt, vanwege de benodigde lange aanpassingstijd en de onnauwkeurigheid.

Klassenindeling EN-ISO 22476-1

Voorafgaand aan de uitvoering diende een keuze te worden gemaakt binnen welke kwaliteitsklasse met bijbehorende toelaatbare meetonzekerheid het werk minimaal uitgevoerd moet worden. De klassenindeling heeft voornamelijk betrekking op de nauwkeurigheid van de gemeten parameters.

Door invoering van de Eurocode is op Europees niveau de internationale sondeernorm EN-ISO 22476-1 "Electrical cone and piezocone testing" ontwikkeld, welke de oorspronkelijke NEN 5140 heeft vervangen. De nieuwe elektrische sondeernorm **EN-ISO 22476-1** is in opzet vergelijkbaar met de oude Nederlandse norm NEN 5140 voor elektrische sonderingen. Een verschil tussen norm **EN-ISO 22476-1** met NEN 5140 is dat in de nieuwe norm de nauwkeurigheid van de meetresultaten wordt gekoppeld aan het toepassingsgebied met bijbehorend bodemkenmerken / geschiktheid voor interpretatie en afleiding van bodemparameters. Verder is de meting van de waterspanning genormeerd.

In de Europese tabel van sondeerklassen worden de sondeerklassen ingedeeld naar de toepassing van de sondering, zie onderstaande tabel.

Toepassing Klasse	Test type	Gemeten parameter	Toegestane minimum nauwkeurigheid ^a	Maximum lengte tussen metingen	Gebruik	
					Grondsoort ^b	Interpretatie ^c
1	TE 2	Conus weerstand Mantel wrijving Waterspanning Helling Sondeerlengte	35 kPa of 5 % 5 kPa of 10 % 10kPa of 2 % 2° 0,1 m of 1%	20 mm	A	G, H
2	TE1 TE2	Conus weerstand Mantel wrijving Waterspanning Helling Sondeerlengte	100 kPa of 5 % 15 kPa of 15 % 25 kPa of 3 % 2° 0,1 m of 1 %	20 mm	A B C D	G, H* G, H G, H G, H
3	TE1 TE2	Conus weerstand Mantel wrijving Waterspanning ^d Helling Sondeerlengte	200 kPa of 5 % 25 kPa of 15 % 50 kPa of 5 % 5° 0,2 m of 2 %	50 mm	A B C D	G G, H* G, H G, H
4	TE1	Conus weerstand Mantel wrijving Sondeerlengte	500 kPa of 5 % 50 kPa of 20 % 0,2 m of 1 %	50 mm	A B C D	G* G* G* G*
NOOT 1 Richtlijnen voor gebruik van Tabel 2 zijn gegeven in bijlage F. NOOT 2 Voor uiterst slappe gronden maken soms nog hogere nauwkeurigheden noodzakelijk.						
^a De toegestane minimum nauwkeurigheid van de gemeten parameters is de grootste van de twee genoemde. De relatieve nauwkeurigheid geldt voor de gemeten waarde en niet voor het meetbereik. ^b Volgens ISO 14688-2: A Homogene gronden bestaande uit zeer slappe tot stijve kleien (en silt) ($q_c < 3$ MPa) B Gemengde bodemprofielen met slappe tot stijve kleien ($q_c \leq 3$ MPa) en matig vaste tot vaste zanden (conusweerstand $5 \text{ MPa} \leq q_c < 10 \text{ MPa}$) C Gemengde bodemprofielen met stijve kleien (conusweerstand $1,5 \text{ MPa} \leq q_c < 3 \text{ MPa}$) en zeer dichte zanden ($q_c > 20 \text{ MPa}$) D Zeer stijve tot harde kleien ($q_c \geq 3 \text{ MPa}$) en zeer vaste grove gronden ($q_c \geq 20 \text{ MPa}$) ^c G vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een laag niveau van onzekerheid G* indicatieve vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een hoog niveau van onzekerheid H interpretatie met betrekking tot ontwerp met een laag niveau van onzekerheid H* interpretatie met betrekking tot ontwerp met een hoog niveau van onzekerheid ^d Waterspanning kan alleen worden gemeten als TE2 wordt toegepast.						

Voor projecten, waarbij parameters op basis van Tabel 2.b NEN 9997-1 worden afgeleid, is een hoge nauwkeurigheidsklasse gewenst. Het is echter in een bodemgesteldheid met zowel zeer slappe grondlagen als zeer vaste zandlagen met hoge conusweerstand onmogelijk om aan de eisen van toepassing klasse 1 voldoen zoals ook blijkt uit de bovenstaande tabel. Het bij Fugro gehanteerde meetstelsel voor sonderen is bijzonder nauwkeurig door toepassing van digitale conussen, strikte kwaliteitscontroles en calibraties. In de praktijk is gebleken dat standaard Fugro sonderingen in de nieuwe norm voor het overgrote deel (>95%) in toepassingsklasse 2 vallen. Sonderingen volgens toepassingsklasse 3 in de nieuwe norm zijn vergelijkbaar met sonderingen volgens klasse 2 van de oude NEN 5140.

Toepassingklasse 1 sonderingen kunnen alleen met speciale gevoelige conussen met een beperkt meetbereik en een kleibodemprofiel met $q_c < 3$ MPa worden bereikt. In bodemprofielen waarin zowel zeer slappe lagen als zeer vaste lagen voorkomen kan de hoogste meetnauwkeurigheid van klasse 1 enigszins worden benaderd door aanvullende maatregelen en procedures. Toepassingklasse 2 sonderingen kunnen in bodemprofielen, waarin zowel zeer slappe lagen als zeer vaste lagen voorkomen, alleen worden verkregen door toepassing van digitale conussen met regelmatige calibraties, aanvullende uitvoeringsmaatregelen en kwaliteitscontroles. Toepassingklasse 1 is in deze bodem niet haalbaar. De enige praktische indicatie over de bereikte sondeerklasse is controle van calibraties en 0-puntsverlopen tussen het begin en eind van de sondering.

In de praktijk komt het af en toe voor dat sonderingen worden uitgevoerd, waarbij door de opdrachtgever is aangegeven dat de maaiveldhoogte niet ten opzichte van een vast referentiepeil (NAP) behoeft te worden vastgelegd. Deze sonderingen voldoen derhalve op dit punt niet aan **EN-ISO 22476-1**.

Klassenindeling NEN 5140

De norm NEN 5140 ging uit van vier kwaliteitsklassen. Voorafgaand aan de uitvoering diende een keuze te worden gemaakt binnen welke kwaliteitsklasse met bijbehorende toelaatbare meetonzekerheid 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.

Vergelijking van de gespecificeerde nauwkeurigheden van de NEN 5140 en NEN-EN-ISO 22476-1 laat zien dat de nauwkeurigheid van de meest in NL gehanteerde sondeerklasse 2 volgens NEN 5140 iets hoger ligt dan die van de toepassingklasse 3 volgens de ISO norm.

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

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

Overige symbolen

- Meetpunt
- Hoogtemaat

Type sonderingen

- D Diepsondering
- HS Handsondering
- S Slagsondering

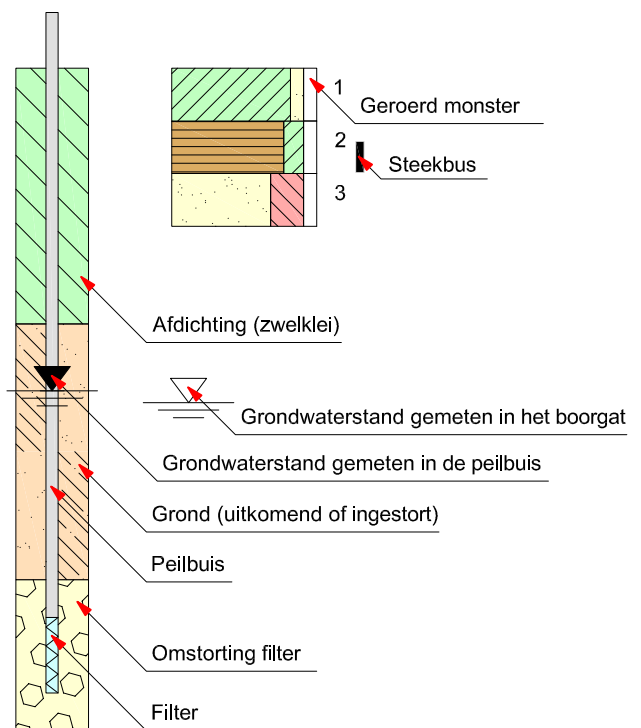
Toegevoegde metingen

- 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



RAPPORT
Betreffende

BARRIEREWERKING HOTELS VAN ORANJE

Opdrachtnummer: 4015-0041-000

Opdrachtgever : IDDS Ruimte & Ontwikkeling B.V.
Postbus 126
2200 AC Noordwijk

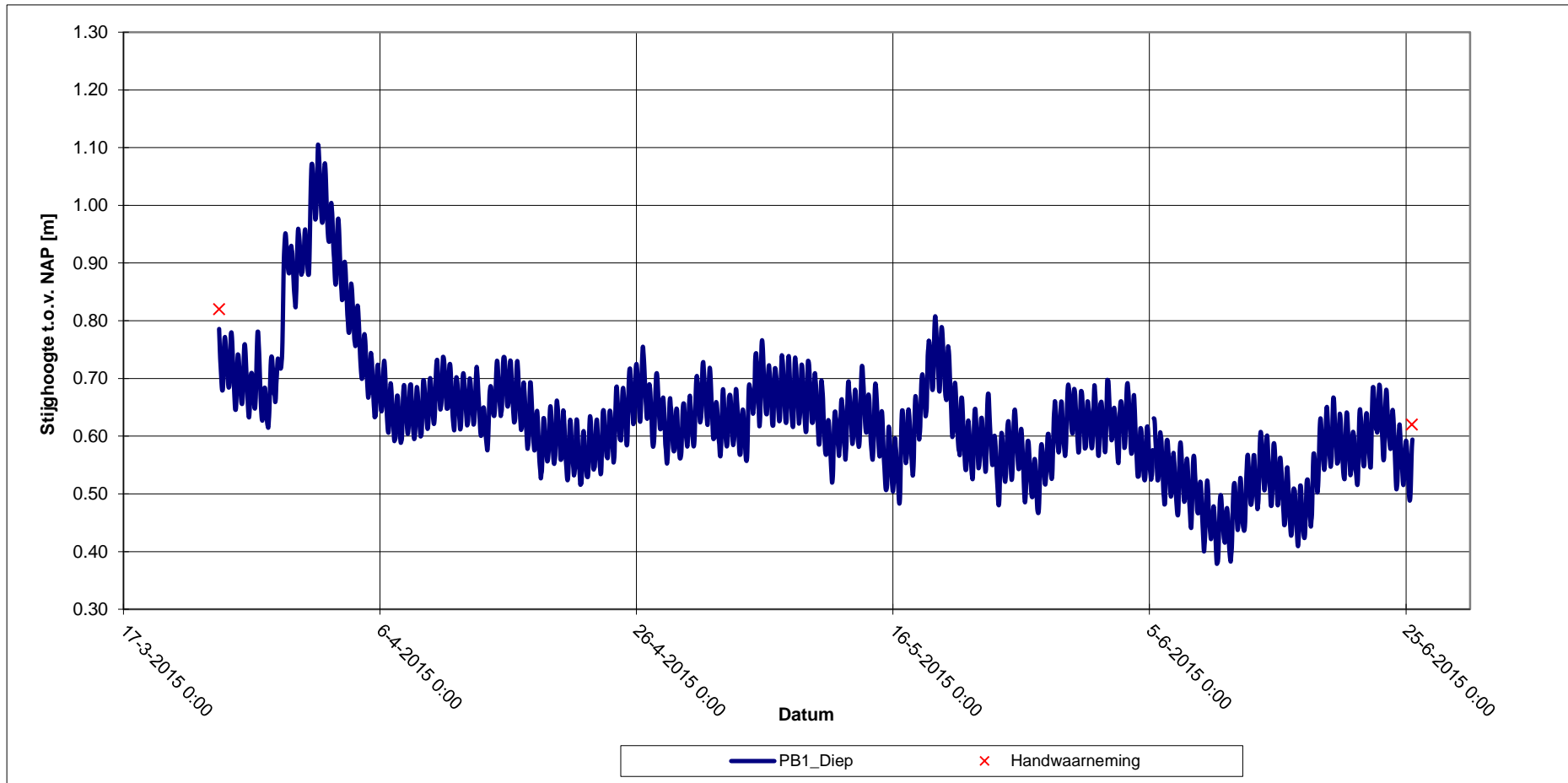
Datum metingen : Maart – Juni 2015

Projectleider : ir. M.J. Profittlich
Manager Geo-Consultancy

Opgesteld door : H. Meeboer
Projectmedewerker Geomonitoring

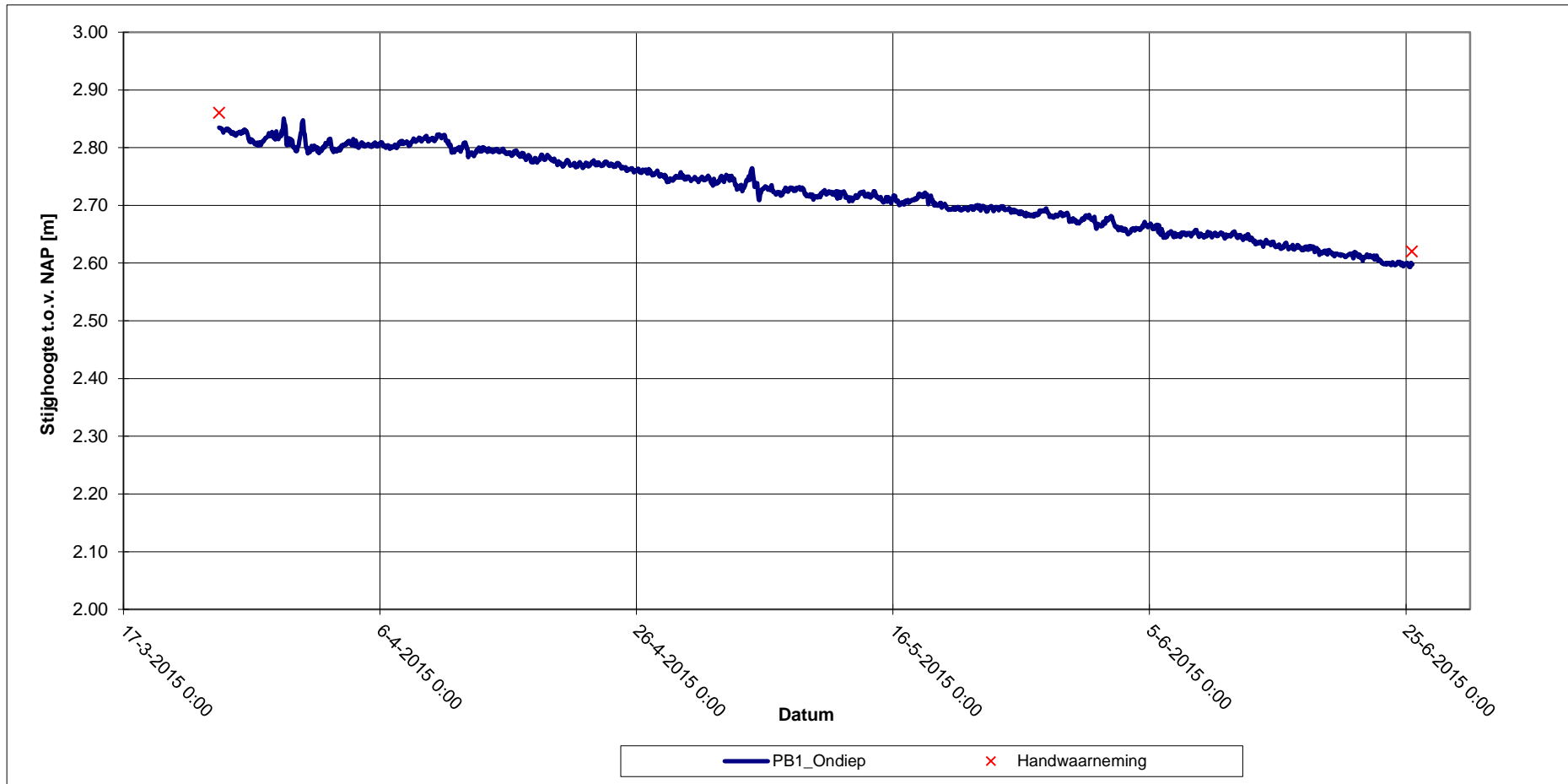
VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	7 juli 2015	eerste versie	
2	15 juli 2015	tweede versie	
3			

FILE: 4015-0041-000_24.R01.doc



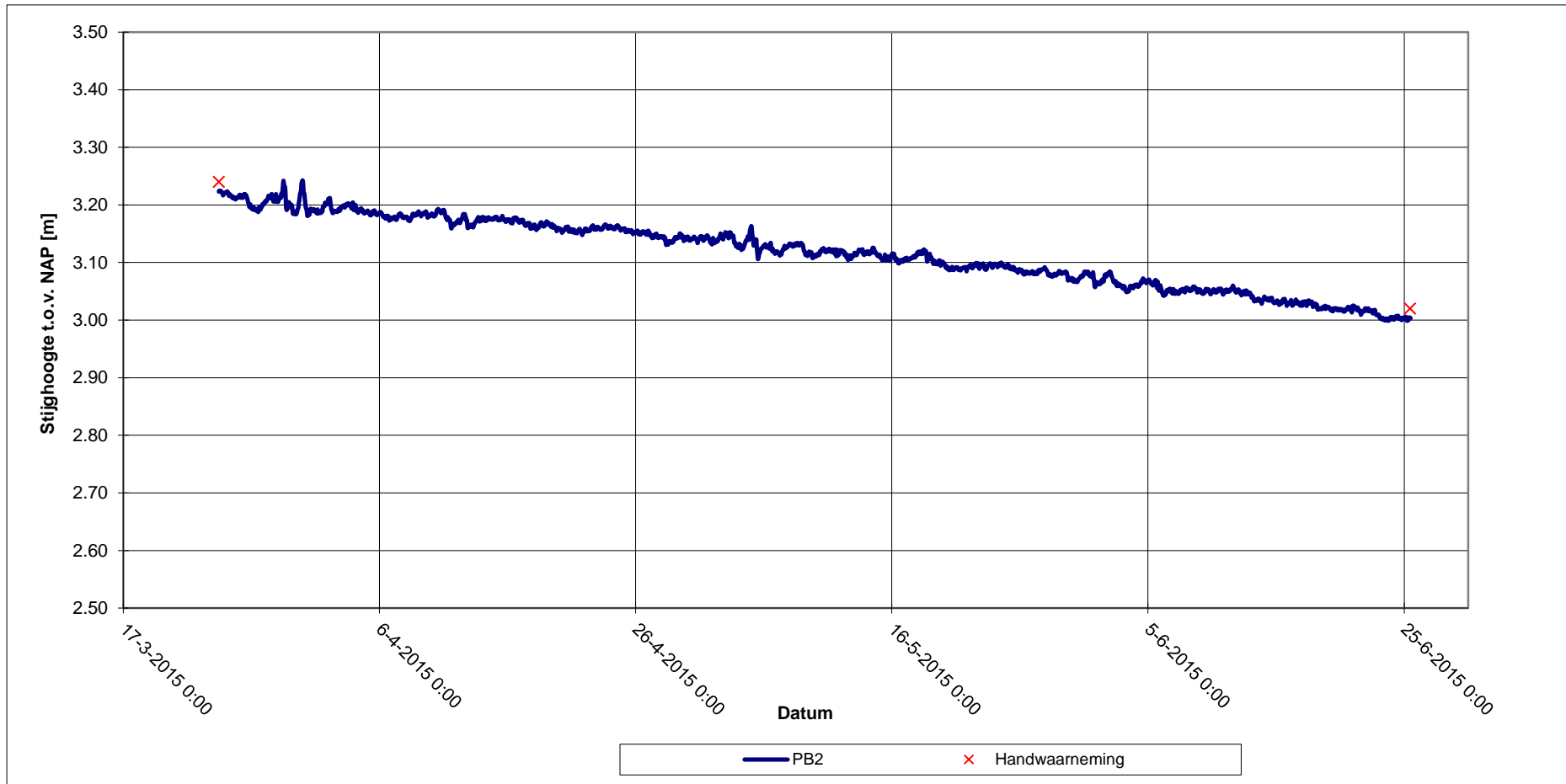
Meetpunt: PB1_Diep
Referentie: NAP
BKPB t.o.v. REF: 8.71 m

Opdracht : 4015-0041-000



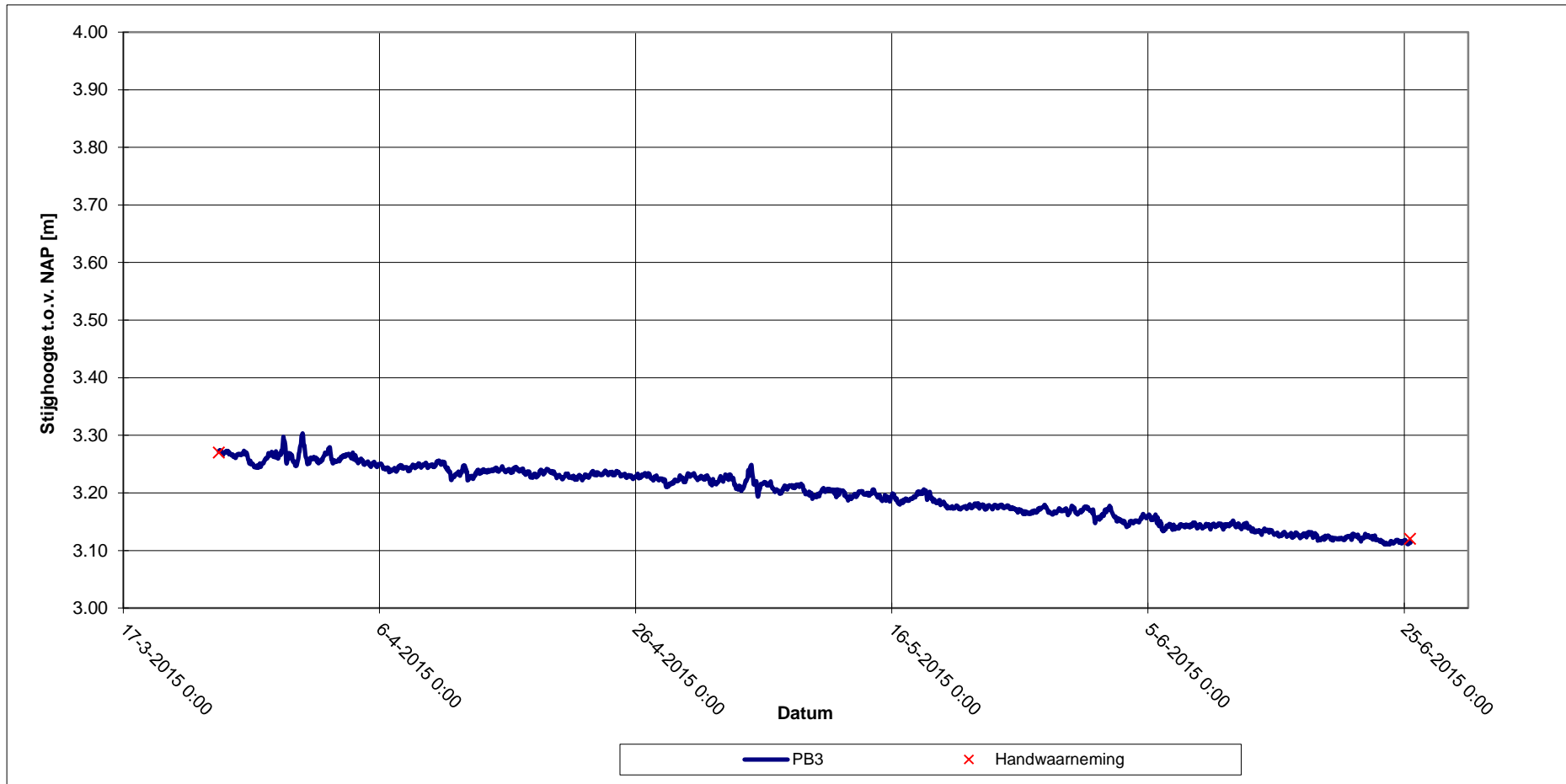
Meetpunt: PB1_Ondiep
Referentie: NAP
BKPB t.o.v. REF: 8.74 m

Opdracht : 4015-0041-000



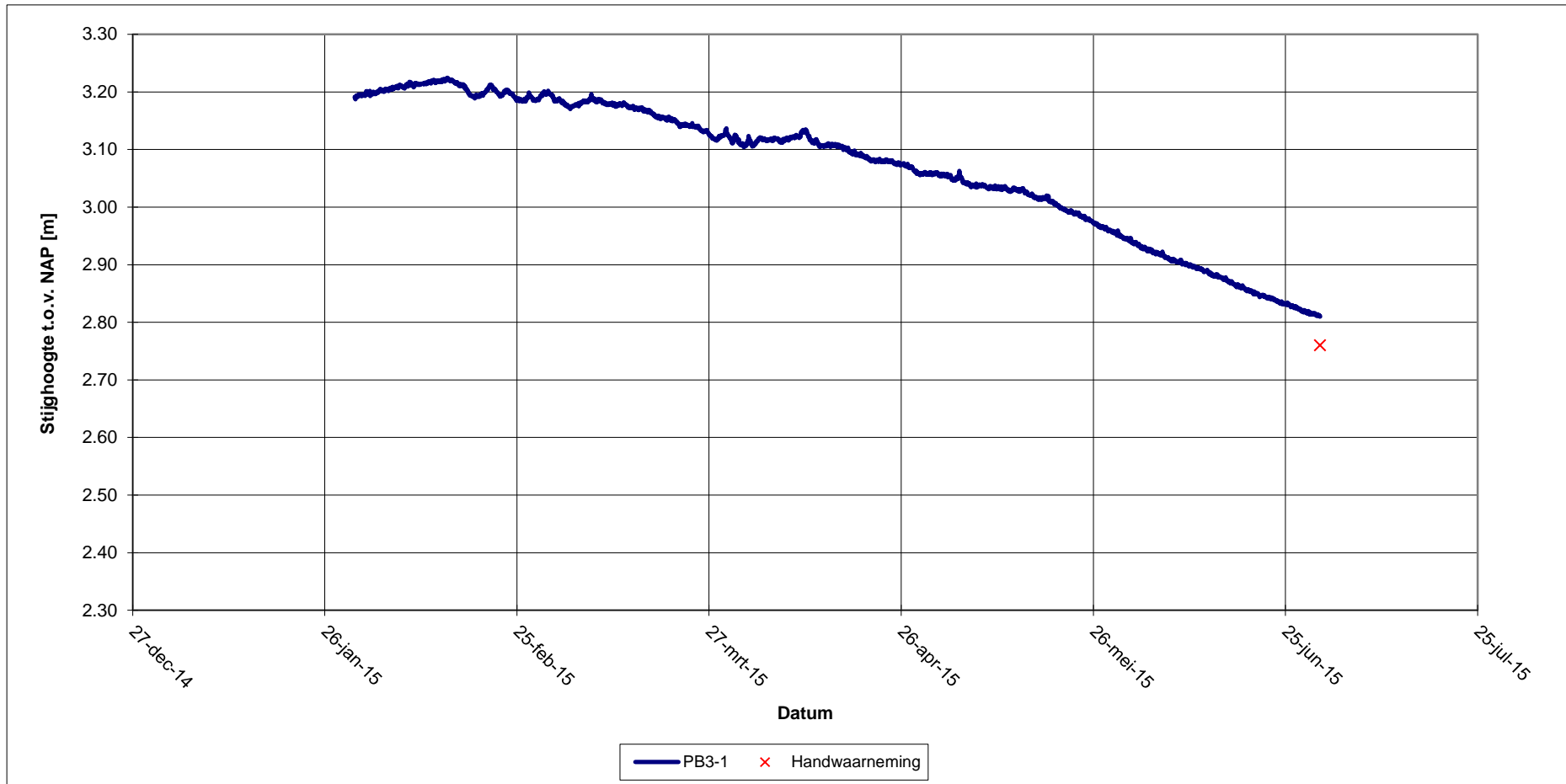
Meetpunt: PB2
Referentie: NAP
BKPB t.o.v. REF: 7.36 m

Opdracht : 4015-0041-000



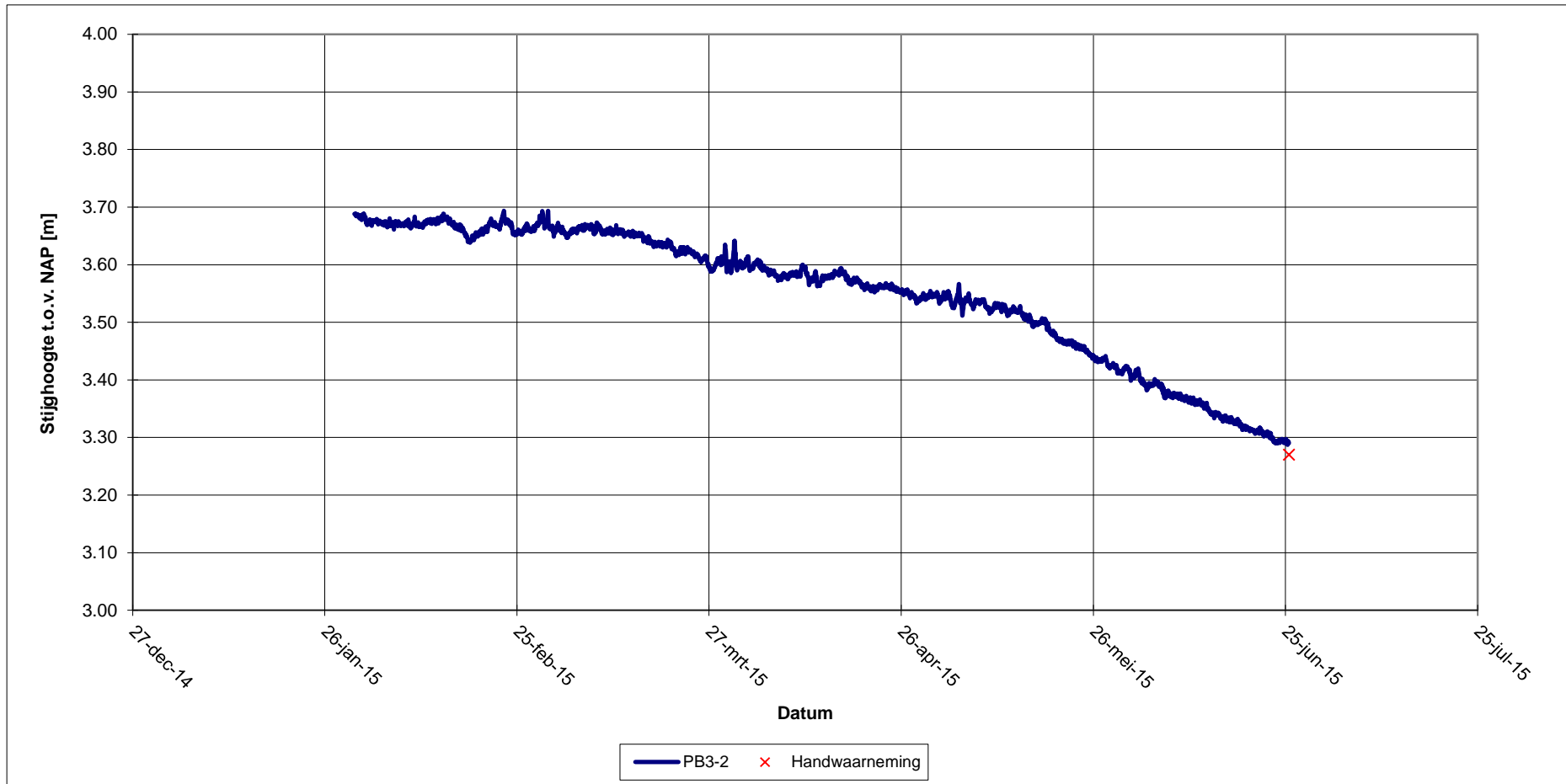
Meetpunt: PB3
Referentie: NAP
BKPB t.o.v. REF: 6.26 m

Opdracht : 4015-0041-000



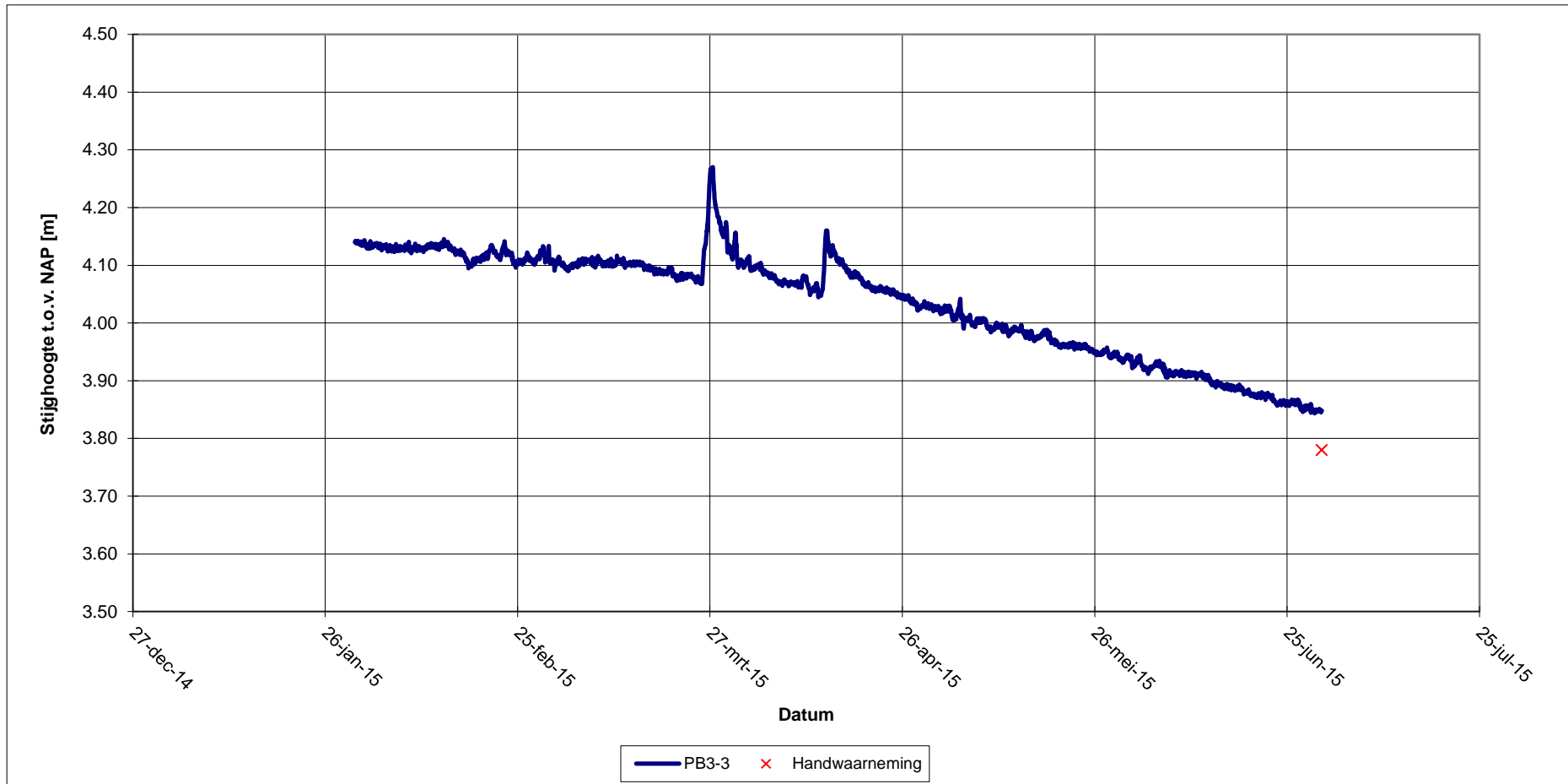
Meetpunt: PB3-1
Referentie: NAP
BKPB t.o.v. REF: 9.87 m

Opdracht : 4015-0041-000



Meetpunt: PB3-2
Referentie: NAP
BKPB t.o.v. REF: 6.54 m

Opdracht : 4015-0041-000



Meetpunt: PB3-3
Referentie: NAP
BKPB t.o.v. REF: 7.38 m

Opdracht : 4015-0041-000

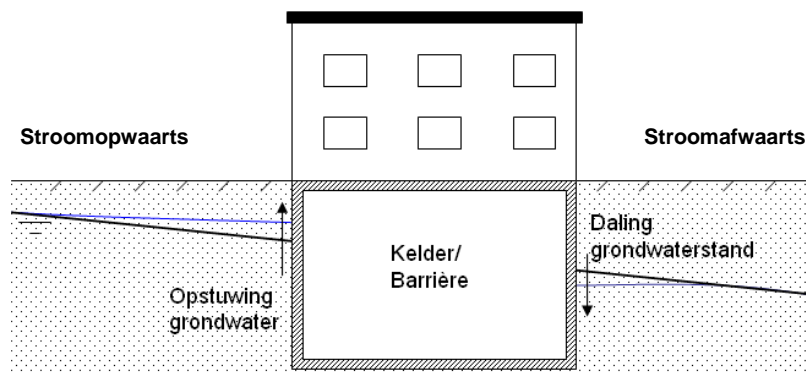
THEORETISCHE ONDERBOUWING BARRIÈREWERKING

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.

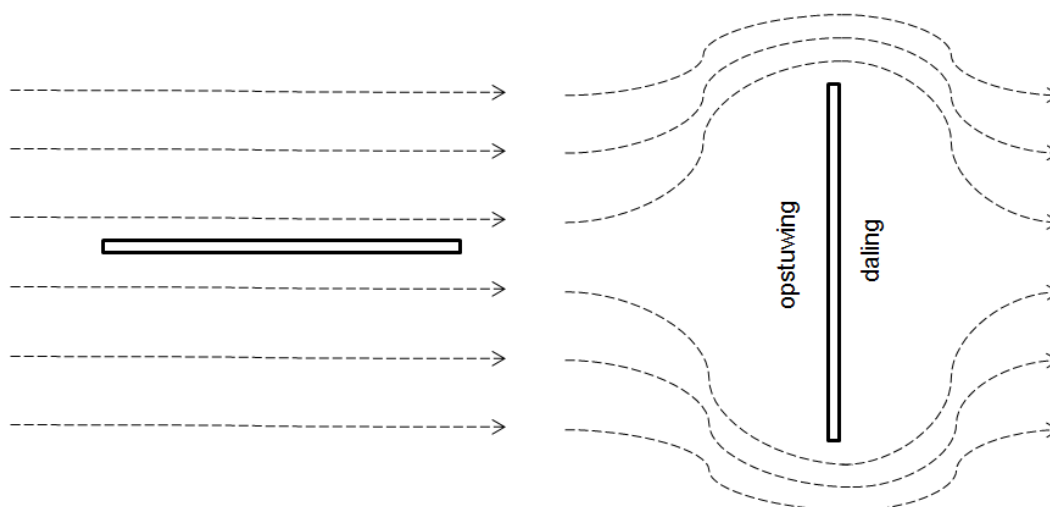
Pas wanneer alle vier de factoren ongunstig zijn, zal significante opstuwing en daling van de grondwaterstand optreden in de omgeving van de ondergrondse constructie. De vier factoren worden kort toegelicht.

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.

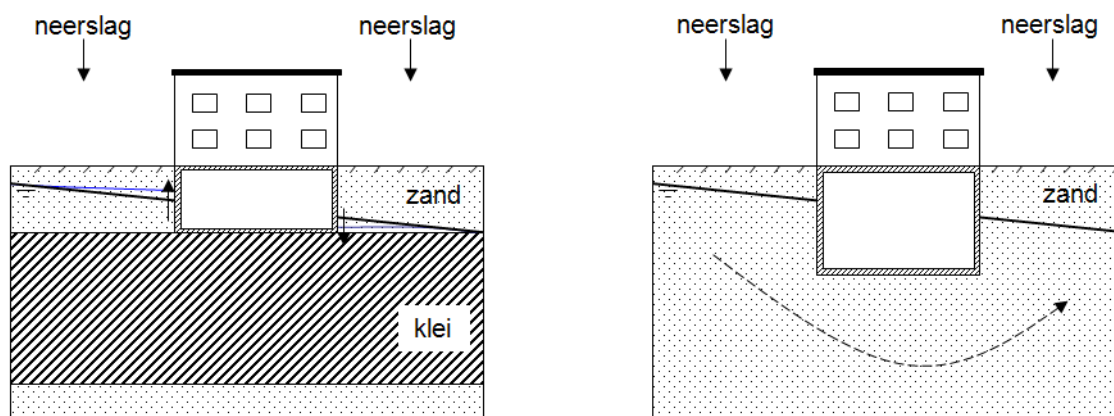


Figuur 2: Bovenaanzicht barrière; De oriëntatie van de barrière ten opzichte van de grondwaterstromingsrichting bepaalt de hinder, en daarmee de opstuwing, van het grondwater.

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.

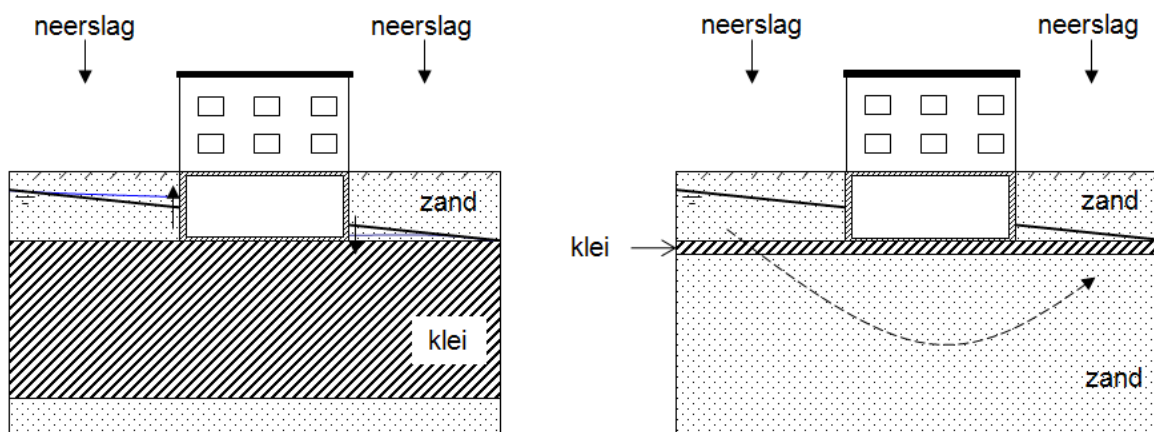


Figuur 3: Merkbare opstuwing kan pas optreden wanneer een kelder ongeveer 70% van een watervoerende zandlaag afsluit.

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).

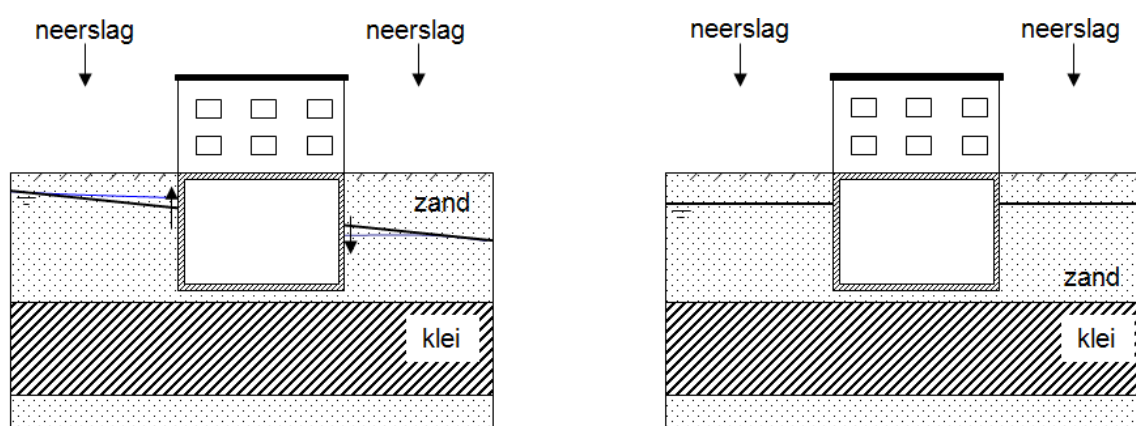


Figuur 4: De mate van barrière werking is afhankelijk van de dikte van onderliggende klei-/veenlagen

4. Grondwaterstroming

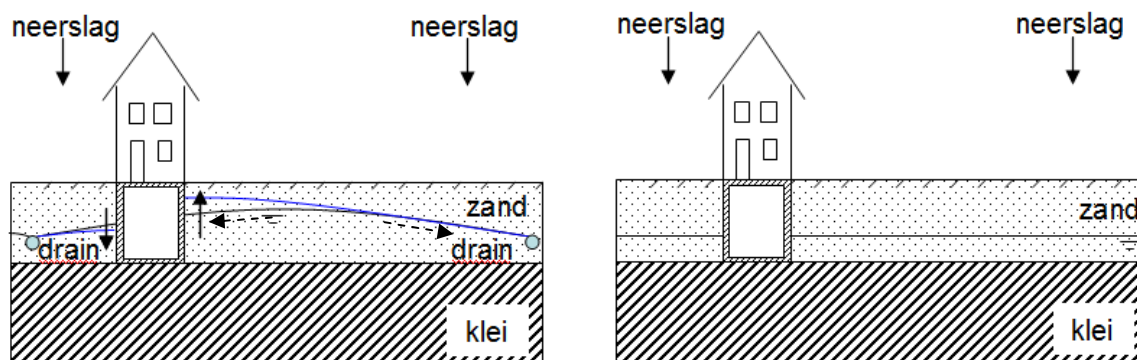
Barrièrewerking is het hinderen van de natuurlijke grondwaterstroming. Een sterkere horizontale grondwaterstroming zorgt zodoende voor meer opstuwing en daling van de grondwaterstand.

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.