

NOTITIE

Onderwerp	Dimensionering geluidscherm langs N408
Project	Ontsluiting bedrijventerrein De Liesbosch
Opdrachtgever	Laagraven Investment BV
Projectcode	101988
Status	Definitief 03
Datum	11 september 2017
Referentie	101988/17-012.883
Auteur(s)	ing. G. Bekkernens, ing. J.W. van den Berg

Gecontroleerd door	A. Nengerman
Goedgekeurd door	mw. ing. M.P. van de Graaff
Paraaf	

Bijlage(n)	I Grondonderzoek
	II Damwandeigenschappen en doorsnede toetsing
	III Berekening groutinjectieankers
	IV Damwandberekening D-Sheet Piling

Aan	Laagraven Investment	W. Toet
	Aveco de Bondt	M. Buiting, H. van Gelder
Kopie	Witteveen+Bos	M. Dikken

1 AANLEIDING

De plannen ter optimalisering van het veilingterrein hebben wat betreft verkeersgeneratie en verkeersafwikkeling invloed op de omliggende wegenstructuur, zowel lokaal als interlokaal. Om de plannen mogelijk te maken zijn daarom aanpassingen nodig aan zowel de Ravenswade als de provinciale weg N408 tussen het verkeersplein Laagraven en de brug over het Amsterdam-Rijnkanaal (Nieuwegeinsebrug).

Eén van de aanpassingen aan de N408 betreft de realisatie van een kruispunt met de nieuwe zuidelijke ontsluitingsweg, net ten zuiden van de aantakking van de N409. In het kader hiervan moet de oostelijke rijbaan worden uitgebreid met een extra opstelstrook ten zuiden van dit kruispunt. Gevolg hiervan is dat de busstrook aan de buitenbermzijde van de rijbaan naar buiten schuift, richting talud.

Om voldoende bermbreedte te houden naast de busstrook, moet het grondlichaam worden verbreed in de richting van de naastgelegen watergang, zónder dat dit ten koste gaat van de ca. 4 meter brede onderhoudstrook langs de watergang, onderaan het talud. Dit maakt het noodzakelijk dat over de gehele lengte van de busstrook een grondkerende constructie moet worden aangebracht.

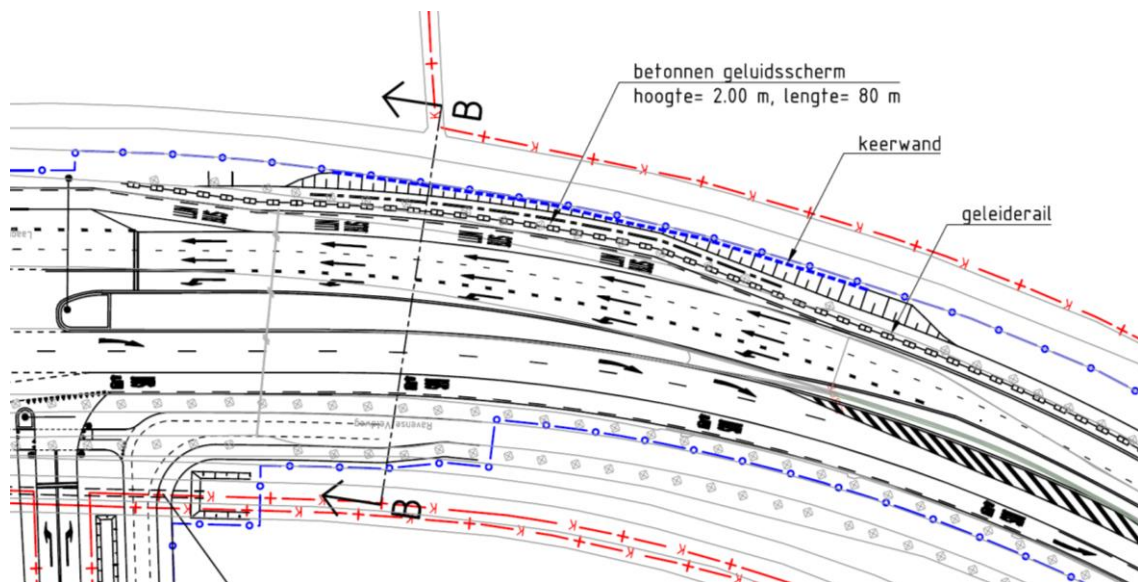
Los van de benodigde grondkering komt door de extra benodigde rijstrook, in de vorm van een tweede rijstrook voor het rechtdoorgaande verkeer, de rijloper van de rechter rijstrook dicht bij de woningen 2^e Veld 6/6A te liggen. Uit geluidberekeningen volgt dat ter afscherming van deze woningen een geluidsschermbaan moet worden geplaatst. Dit geluidsschermbaan moet in de berm, naast de busstrook worden geplaatst.

Omdat voor de bouw van zowel de grondkerende constructie als het geluidsschermbaan een Omgevingsvergunning nodig is, wordt in deze notitie ingegaan op de locatie van geluidsschermbaan en grondkering (hoofdstuk 2), het ontwerp van het geluidsschermbaan (hoofdstuk 3) en het ontwerp van de grondkering (hoofdstuk 4).

2 LOCATIE

Op de volgende afbeelding is de locatie van geluidsschermbaan en de grondkerende wand weergegeven.

Afbeelding 2.1 Locatie van geluidsschermbaan en grondkerende wand naast de oostelijke rijbaan van de N408

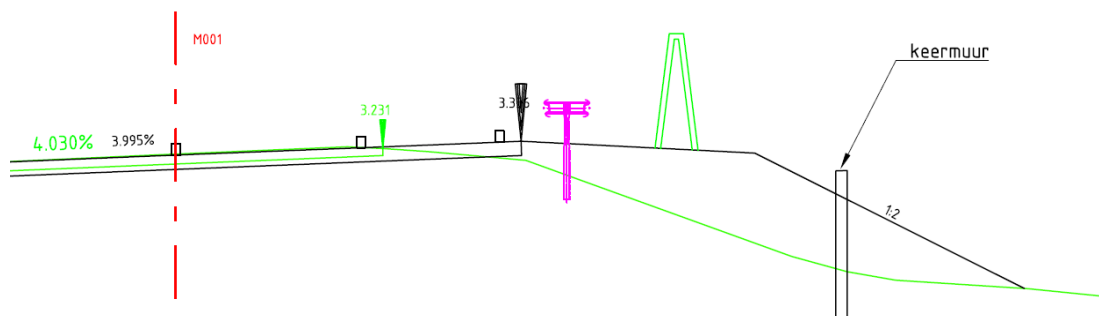


Uit de akoestische rapportage¹ blijkt dat op 3,00 meter afstand van de rand van de rijbaan een scherm nodig is van 80 meter lang en 2,00 meter hoog. Omdat het scherm een obstakel vormt naast deze 80 km/h weg, is het hierbij gehanteerde uitgangspunt dat deze moet worden afgeschermd met een geleiderailconstructie. Volgens de vigerende wegontwerpeisen² bedraagt de afstand vanaf binnenkant markering tot aan de geleiderail 1,50 meter. De breedte van de geleiderail zelf bedraagt 0,80 meter. De afstand tussen geleiderail en geluidsschermbaan bedraagt vanwege eisen aan uitbuigruimte minimaal 1,00 meter. Dit betekent dat de voorkant van het geluidsschermbaan op een afstand van minimaal 3,30 meter ($=1,50+0,80+1,00$) komt te liggen vanaf binnenkant markering. Vanaf rand rijbaan is dat dan de voornoemde 3,00 meter. Op de volgende afbeelding is dit weergegeven.

¹ Wegverkeerslawaaï ontsluiting Laagraven te Nieuwegein, Aveco de Bondt, kenmerk PvdH/082/16.0712.02; status: definitief 02 d.d. 11 september 2017.

² Handboek Wegontwerp Gebiedsontsluitingswegen.

Afbeelding 2.2 Principe dwarsdoorsnede van geluidscherm en grondkerende wand langs oostelijke rijbaan N408



Door de minimale afstand tot aan binnenkant markering komt het geluidscherm halverwege het buitentalud te staan. Aan de achterzijde van het geluidscherm wordt een talud aangebracht met een helling van 1 op 2. Dit is vanwege stabiliteit en onderhoud de minimaal aan te houden helling. Afbeelding 2.2 laat zien dat een grondkerende constructie nodig is om te voorkomen dat de nieuwe taludhelling midden in de onderhoudsstrook uitkomt. Aandachtspunt voor de keermuur of -muur is de aanwezigheid van bestaande kabels en leidingen ter plaats van de onderhoudsstrook en in het talud. Deze zullen deels moeten worden opzij gelegd.

3 ONTWERP GELUIDSCHERM

Het ontwerp van het geluidscherm is gebaseerd op een studie³ die Witteveen+Bos samen met RHDHV en Antea Group heeft uitgevoerd voor Rijkswaterstaat Programma's, Projecten en Onderhoud (PPO). In het kader van het Meerjarenprogramma Geluidsanering (MJPg) zijn voor RWS saneringsplannen opgesteld met daarin concrete maatregelen om de geluidsbelasting te beperken, inclusief uitgangspunten, randvoorwaarden en ontwerp van geluidbeperkende constructies onder bepaalde (geotechnische) omstandigheden. In deze studie is een geluidscherm opgenomen onder dezelfde randvoorwaarden:

- verticaal adsorberend betonnen geluidsscherm in de aardebaan;
- akoestische hoogte van 2,00 meter;
- verticale begroeiing van klimop;
- windgebied II onbebouwd;
- plaatsing van de schermen op een fundering in de aardebaan;
- beschouwing van het scherm met een overhoogte van 0,3 m, het standaard aangenomen niveauverschil tussen bovenkant weg en aardebaan;
- toepassing van het vervormingscriterium conform GCW 2012 (art. 4.1.11, tabel 13) bij de toetsing van het ontwerp van het geluidscherm.

Uit de voornoemde studie blijkt dat het geluidscherm, uitgaande van een geotechnische situatie die vergelijkbaar is met de grondslag ter plaatse van de buitenberm van de N408⁴ (matige draagkracht van de bovenlaag) de volgende specificaties heeft:

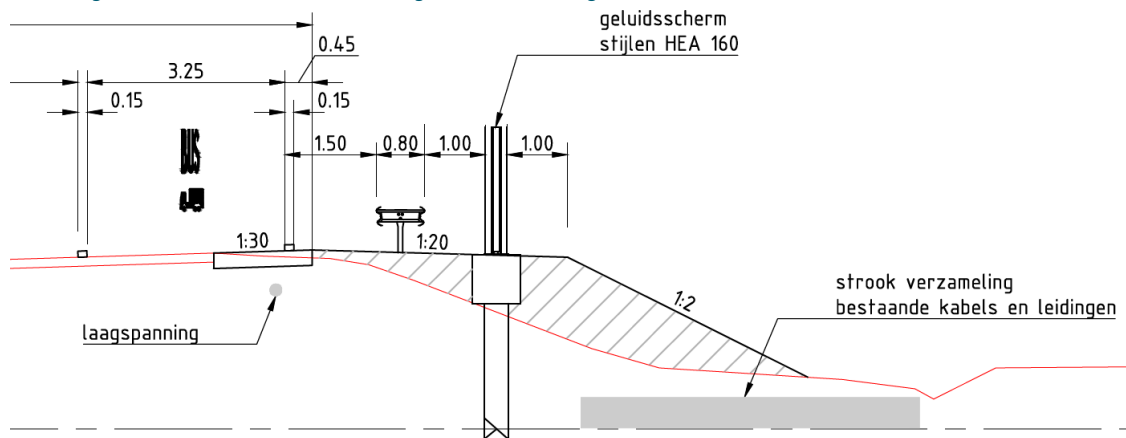
- fundering van prefab betonnen palen 400 x 400 mm met een lengte van 10 meter;
- h.o.h.-afstand van de palen 6,0 meter (1 paal per stijl);
- bovenop de palen een gewapend betonnen poer van 600 x 600 mm (LxB) en een hoogte van 800 mm;
- stijlen van HE160A staalprofielen;
- h.o.h.-afstand van de stijlen 6,0 meter (stijl ter plaatse van paal).

Op de volgende afbeelding is dit scherm weergegeven.

³ Geluidbeperkende constructie A6_DJG_km. 280.66 - 280.83_Li MJPg fase II projectnummer 0244211 d.d. 6 juli 2015, revisie 03.

⁴ Geotechnisch onderzoek ontsluiting bedrijventerrein Laagraven te Nieuwegein, 1317-0135-000, versie: 1.0 d.d. 21 juli 2017.

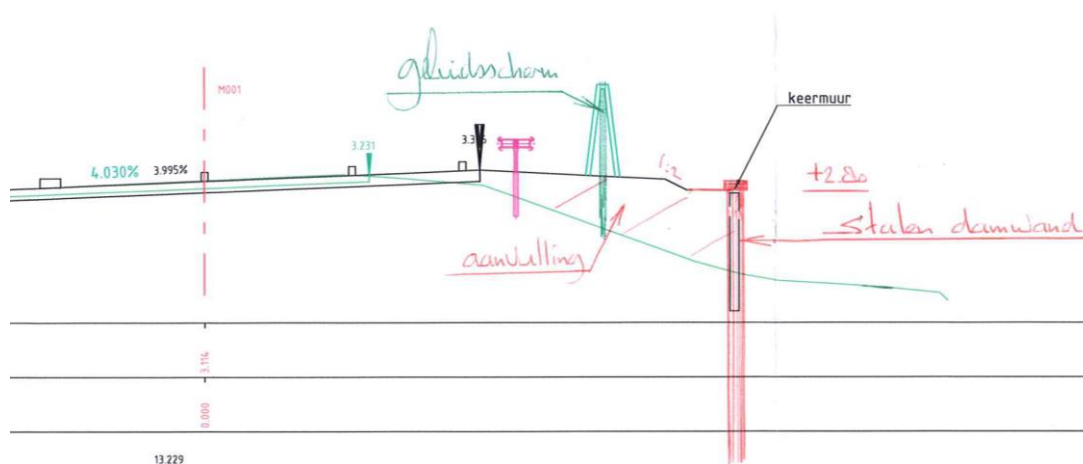
Afbeelding 3.1 Geluidsscherm van 2 meter hoog, inclusief funderingsconstructie



4 ONTWERP DAMWAND

De hiervoor genoemde grondkerende constructie (of aangeduid als 'keerwand' of 'keermuur') wordt gestalte gegeven door een stalen damwand. De maatgevende dwarsdoorsnede voor de berekening van de damwandconstructie is weergegeven in de volgende afbeelding.

Afbeelding 4.1 Maatgevende dwarsdoorsnede (metreering 280.000)



Beschikbaar grondonderzoek en grondopbouw

Het beschikbaar grondonderzoek⁵ bestaat uit 14 sonderingen en 8 handboringen, maar de onderzoekslocaties zijn enkele honderden meters verwijderd van de locatie waar de damwand voorzien is. Alle boringen en sonderingen zijn uitgevoerd ten westen van de Laaggravenseweg (N408). Er kunnen grofweg twee deellocaties onderscheiden worden in het grondonderzoek:

- DKM1 t/m DKM5 en HB1 t/m HB3 zijn uitgevoerd tussen de A12 en de Ravenswade en DKM6 t/m DKM9 en HB4 t/m HB5 zijn uitgevoerd rond de Ravenswade. De typische bodemopbouw bestaat hier uit zand vanaf de verkende diepte tot circa NAP -4m, met daarboven een veenlaag van ca 3 meter dik en daarboven klei of zand.

⁵ Fugro, Geotechnisch onderzoek, Ontsluiting bedrijventerrein Laagraven te Nieuwegein, documentnummer: 1317-0135-000, versie 1.0, d.d. 21 juli 2017

- DKM10 t/m DKM14 en HB6 t/m HB8 zijn uitgevoerd in het verlengde van de Biezenwade. De typische bodemopbouw bestaat hier uit zand, vanuit de gehele verkende diepte tot aan maaiveld. Alleen bij DKM13 wordt rond NAP-8 m een diepere veenlaag van ca 1 meter dik aangetroffen.

De dichtstbijzijnde boring en sondering zijn HB8 en DKM14, waar de bodemopbouw bijna volledig uit zand bestaat. Het vermoeden is echter dat de veenlaag welke aangetroffen is op DKM1 t/m DKM9 ook op de locatie van de damwand aanwezig zou kunnen zijn. Daarom is DKM9 gehanteerd als maatgevende sondering voor de berekeningen. Het grondonderzoek is opgenomen in bijlage I. Opgemerkt wordt dat de aanwezigheid van de veenlaag essentieel is voor de zwaarte van de damwand en de verankering. Voor de verdere planuitwerking dienen er aanvullende sonderingen uitgevoerd te worden ter plaatse van de damwand, waarna het ontwerp geverifieerd dient te worden.

Geotechnische parameters

De gehanteerde bodemopbouw en de geotechnische parameters zijn weergegeven in de volgende tabel. De geotechnische parameters zijn bepaald conform tabel 2.b van NEN-9997-1 en CUR166. Voor de wandwrijvingshoek δ is uitgegaan van een ruw wandoppervlak en rechte glijvlakken. Als aanvulmateriaal achter de nieuwe damwand zijn de parameters van zand, zwak siltig aangehouden.

Tabel 4.1 Representatieve grondparameters DKM9

Grondsoort [-]	B.k. laag [m NAP]	$\gamma/\gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	φ' [°]	c' [kPa]	δ [°]	$K_{h,1}$ [kN/m ³]	$K_{h,2}$ [kN/m ³]	$K_{h,3}$ [kN/m ³]
klei, organisch slap	-1,0	13/13	15,0	0	10	2.000	800	500
veen, slap	-1,0	11/11	15,0	1	0	1.000	500	250
zand, zwak siltig	-4,0	18/20	30,0	0	20	20.000	10.000	5.000

$\gamma/\gamma_{\text{sat}}$ = volumiek gewicht materiaal

φ' = effectieve hoek van inwendige wrijving

c' = effectieve cohesie

δ = wandwrijvingshoek

K_h = horizontale beddingsconstanten

Als gevolg van de verticale component van de ankerkracht zal de damwand vanaf het niveau van NAP -4 m aan de grond gaan hangen, waardoor de wandwrijving aan de actieve zijde tegengesteld van richting wordt. Om dit mee te nemen in de berekening is daarom voor deze lagen gerekend met een negatieve wandwrijvingshoek over het onderste gedeelte van de damwand.

Grondwaterstand

Het waterpeil in de omliggende watergangen wordt gecontroleerd op NAP +0,45 m gehouden. Dit niveau is aangehouden voor de grondwaterstand aan de passieve zijde. Als conservatieve insteek is de grondwaterstand aan de actieve zijde 0,50 m hoger aangehouden, NAP +0,95 m.

Berekeningsmethode en bouwfaserings

De damwandconstructie met verankering is berekend conform CUR166 [ref. 2]. De damwandberekening is uitgevoerd met D-Sheet Piling versie 17.1 (Build 1.3). De volgende bouwfaserings is in de berekening toegepast:

- 1 aanbrengen damwand;
- 2 aanvullen met grond, verankeren en aanbrengen voorspanning;
- 3 belasten in de bouwfase;
- 4 belasten gebruiksfase.

Belastingen en partiële factoren

De partiële factoren en geometrische toeslagen van RC2 zijn toegepast. Er is uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde terreinbelasting van 30 kPa op de oostelijke rijbaan van de N408. Daarnaast is er een gelijkmatig

verdeelde terreinbelasting van 5 kPa over een breedte van 2 m op 0,5 m afstand van de damwand in rekening gebracht. In de bouwfase is een terreinbelasting van 20 kPa over een breedte van 4 m op 0,5 m afstand van de damwand in rekening gebracht.

Corrosie

Door corrosie aan de stalen damwand neemt de sterkte en stijfheid in de loop de tijd af. De corrosiesnelheid is onder andere afhankelijk van de grondgesteldheid en de aanwezigheid van water. In verband met de verwachte aanwezige veenlaag ter plaatse is uitgegaan van een zure bodem en schoon zoet water. Op basis van de corrosietabel 9.2 uit NEN9997-1 is de corrosiesnelheid over een levensduur van 50 jaar 1,75 mm per zijde. De totale corrosie komt hiermee op 3,5 mm.

Constructieve eigenschappen damwand en verankering

Vanwege de (mogelijke) aanwezigheid van de veenlaag is uitgegaan van de toepassing van een verankerde stalen damwand. Opgemerkt wordt dat de werkelijke bodemopbouw ter plaatse nog onderzocht dient te worden. Indien hieruit blijkt dat de veenlaag hier niet aanwezig is, zou ook een onverankerde damwand toegepast kunnen worden. Waarschijnlijk veranderen dan ook het damwandtype en/of de benodigde inbedding. In de berekening is uitgegaan van de volgende damwandeigenschappen (zie ook bijlage II):

- damwandtype: AZ 13-700
- plankpuntniveau: NAP -8,7 m (planklengte 11,5 m)
- staalkwaliteit: S355GP
- momentcapaciteit initieel / gecorrodeerd: 463 / 245 kNm/m¹
- buigstijfheid EI initieel / gecorrodeerd: $4,31 \cdot 10^4$ / $3,01 \cdot 10^4$ kN/m²/m¹

In de berekening is uitgegaan van de volgende eigenschappen van het groutinjectieanker (zie ook bijlage III):

- type verankering: Leeuwanker Ø 60,3 mm * 12,5 mm
- schroefblad diameter: Ø 180 mm + 20 mm overpersing
- staalkwaliteit: E470
- inbrenghoek: 45 °
- ankerlengte: 18,8 m
- aangrijppunt anker: NAP +2,0m
- h.o.h. afstand: 2,8 m
- bovenkant groutlichaam: NAP -6,0 m
- lengte groutlichaam: 7,0 m
- uitvoeren controleproef: op alle ankers
- voorspanning: 140 kN/anker

Berekeningsresultaten en toetsing

De berekende resultaten, moment en verplaatsing voor de damwanden, zijn weergegeven in de volgende tabel. De doorsnede toets van de damwand is opgenomen in bijlage II, het rekenblad van de groutinjectie-ankers is opgenomen in bijlage III en de D-sheet Piling berekening is weergegeven in bijlage IV.

Tabel 4.2 Toetsing damwanden en verankering

Omschrijving	Eenheid	Maximaal toelaatbaar	Optredend	Toetsing $\leq 1,0$
maximaal moment	[kNm]	245	181	0,74
verplaatsing	[mm]	-	43	acceptabel
mobilisatie grondweerstand	[%]	100	69.6	0,70
houdkracht groutlichaam	[kN]	385	378	0,98
kracht ankerstaaf	[kN]	800	429	0,54
houdkracht bij ankeruitval	[kN]	462	362	0,78

I

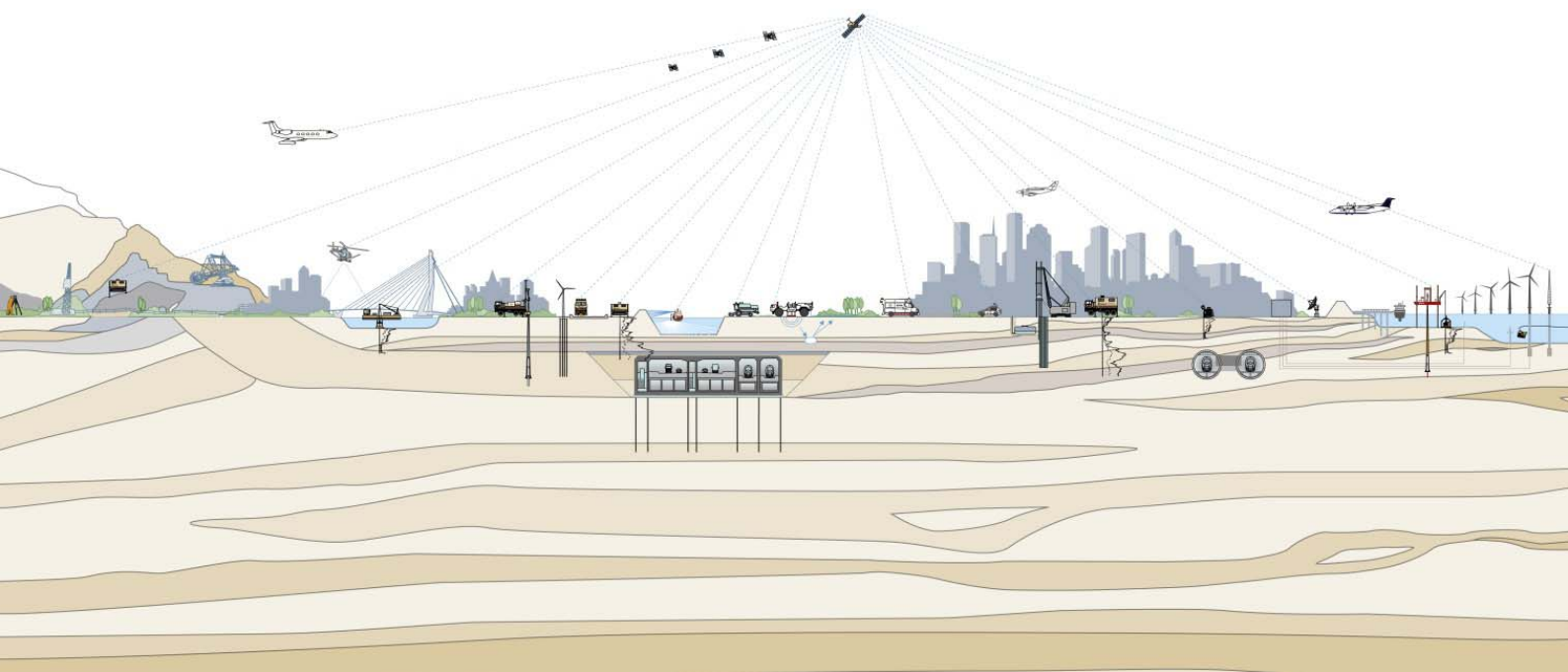
BIJLAGE: GRONDONDERZOEK

Geotechnisch onderzoek
Ontsluiting bedrijventerrein Laagraven te Nieuwegein

Document Nr.: 1317-0135-000

Versie: 1.0

Datum: 21 juli 2017



Opdrachtgever Aveco de Bondt B.V.
Postbus 2674
3800 GE AMERSFOORT

Opdrachtnemer Fugro NL Land B.V.
Prismastraat 2
2631 RT Nootdorp
T.: 070 31 11333

Projectleider ing. M. van Woerden

Versiebeheer

1.0	Initiële versie	BVI	KWN	MVW	21-07-2017
Rev	Omschrijving	Opgesteld	Gecontroleerd	Goedgekeurd	Datum

INHOUDSOPGAVE

- 1. RAPPORTAGE OVERZICHT**
- 2. SITUATIETEKENINGEN**
- 3. ONDERZOEKSDATA**
- 4. TOELICHTING GEOTECHNISCH ONDERZOEK**
- 5. CONTINUE ELEKTRISCH SONDEREN**
- 6. LEGENDA TERREINPROEVEN EN GRONDSOORTEN**

RAPPORTAGE OVERZICHT

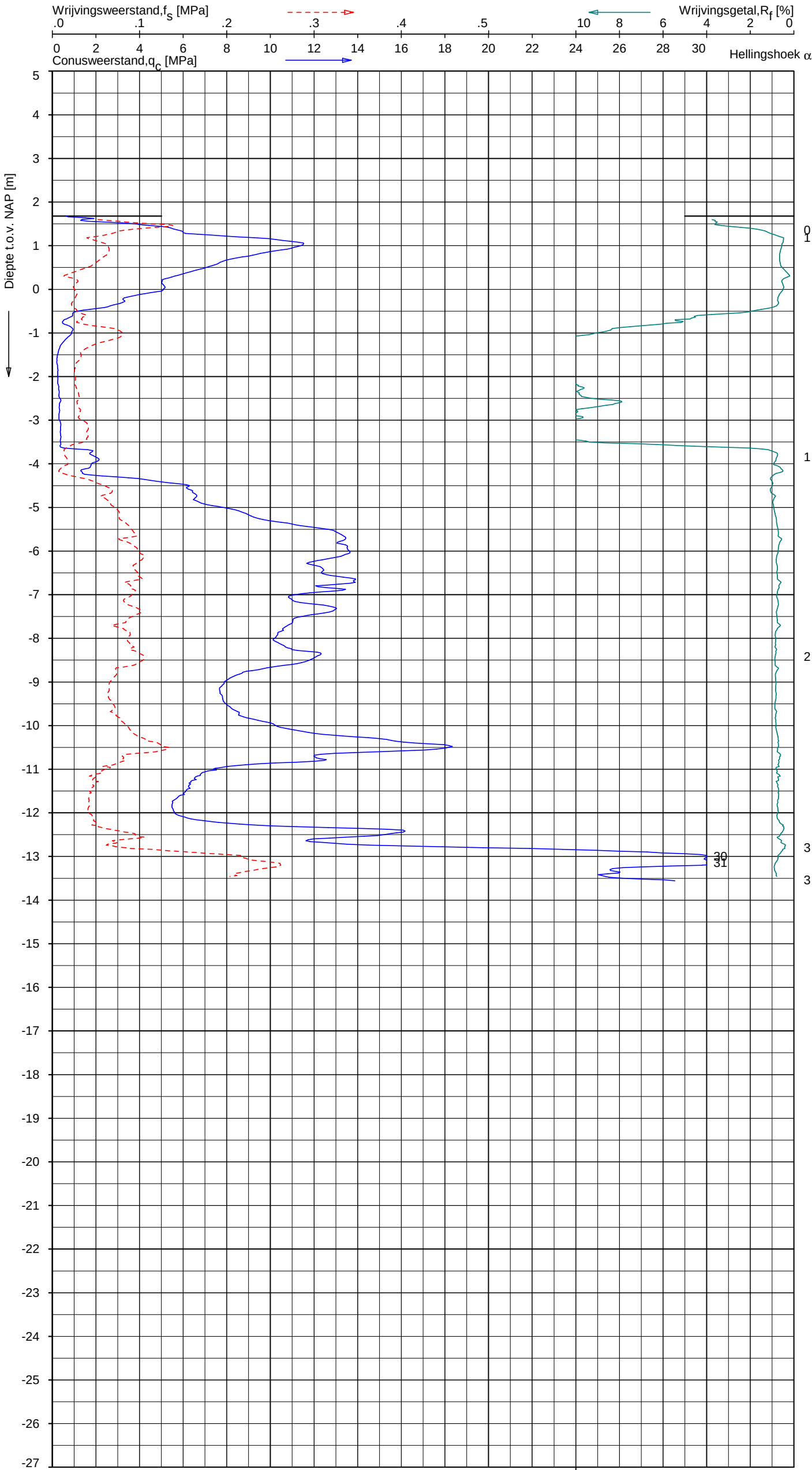
Projectomschrijving: Ontsluiting bedrijventerrein Laagraven te Nieuwegein
Projectnummer: 1317-0135-000

Naam	RD Coördinaten (m)		Hoogte m tov	Grondwater- stand m tov NAP	Opmerking
	X	Y	NAP	NAP	
DKM1	136706.3	451738.8	+1.68	+1.08	
DKM2	136686.0	451675.7	+1.67	+1.17	
DKM3	136671.2	451623.9	+1.85	+1.15	
DKM4	136657.6	451581.4	+1.97		
DKM5	136580.5	451614.8	+1.88		
DKM6	136584.6	451369.5	+2.01		
DKM7	136506.0	451385.1	+1.96		
DKM8	136513.6	451352.3	+1.59	+0.69	
DKM9	136495.9	451338.8	+1.54	+0.64	
DKM10	136325.2	450975.9	+1.11		
DKM11	136376.2	450962.7	+1.20		
DKM12	136425.8	450951.0	+1.07	-0.43	
DKM13	136467.2	450941.0	+1.05	-0.25	
DKM14	136491.4	450935.0	+2.12		
HB1	136706.0	451738.4	+1.63	+0.73	
HB2	136670.7	451623.4	+1.82	+0.52	
HB3	136579.6	451615.1	+1.87	+0.77	
HB4	136505.5	451385.1	+1.96	+0.96	
HB5	136584.3	451369.5	+2.02	+1.02	
HB6	136375.0	450962.2	+1.20	+0.20	
HB7	136466.7	450939.9	+1.12	+0.12	
HB8	136490.9	450934.5	+2.00	+0.30	
Waterpeil 1 d.d.11-07-2017	136318.5	450985.9	+0.52		
Waterpeil 2 d.d.11-07-2017	136489.1	450968.7	+0.52		



Fugro GeoServices B.V. Kantoor Nootdorp Prismastraat 2 2631 RT Nootdorp		Tel: 070 - 3 111 333 e-mail: info@fugro.nl www.fugro.nl				Revisie
						Schaal
						1 : 500
SITUATIE						Formaat
						A1
ONTSLUITING BEDRIJVENTERREIN LAAGRAVEN TE NIEUWEGEIN						841x594
Getekend	Datum	Status	Projectnummer	Bijlage		
BVI	19-07-2017	DEFINITIEF	1317-0135-000	1.2		

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



Opg.: CHM d.d. 12-jul-2017 Coord.: X=136706.3m Y=451738.8m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: J.NIKKELS d.d. 21-jul-2017 MV = NAP +1.68 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2659 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

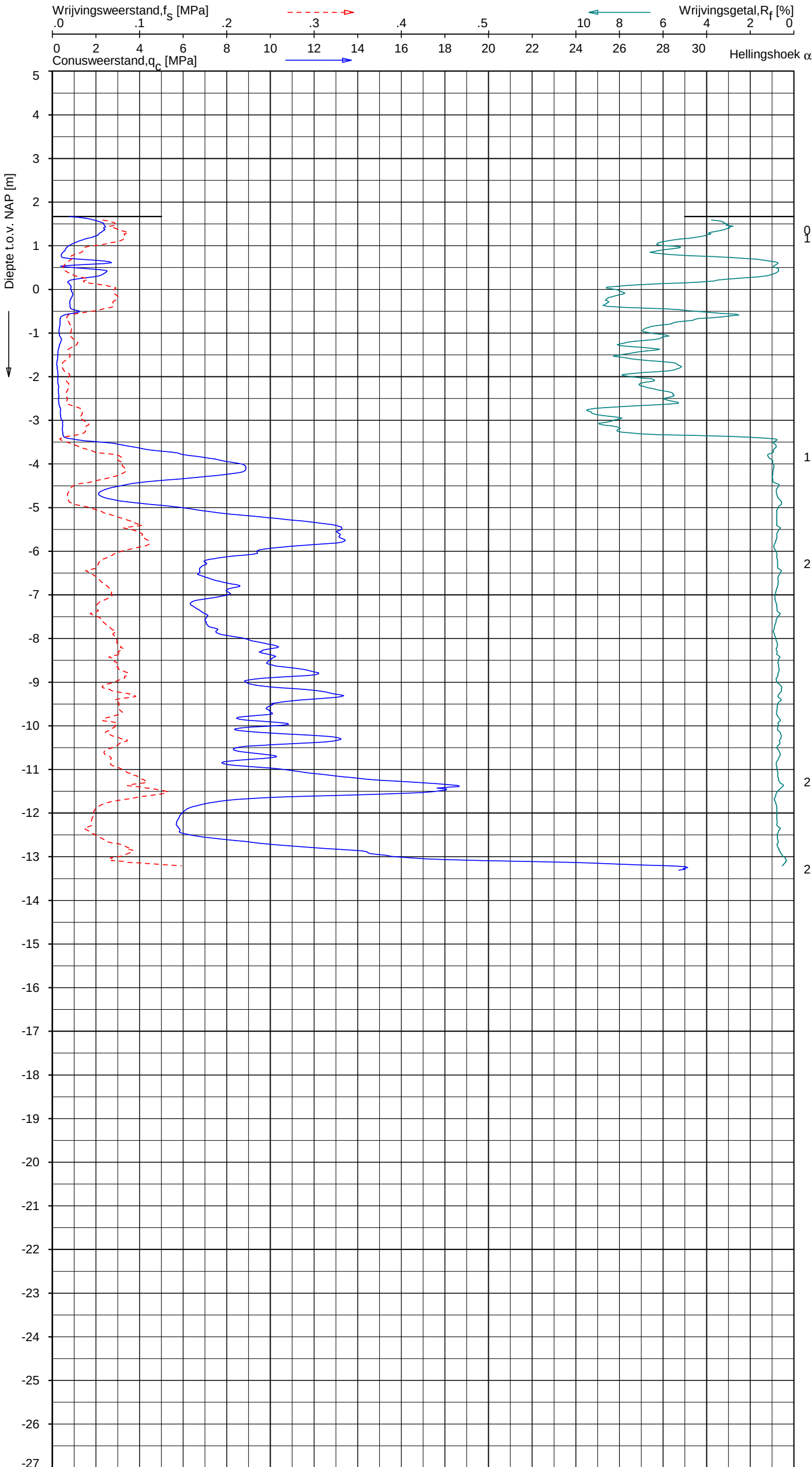
ONTSLUITING BEDRIJVENTERREIN LAAGRAVEN TE NIEUWEGEIN

Opdr. 1317-0135-000
Sond. DKM1

UNIPLOT 05.33.nl / QcFClass-R3.cmd / 2017-07-21 10:05:48

1317-0135-000

DKM2 - 1



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

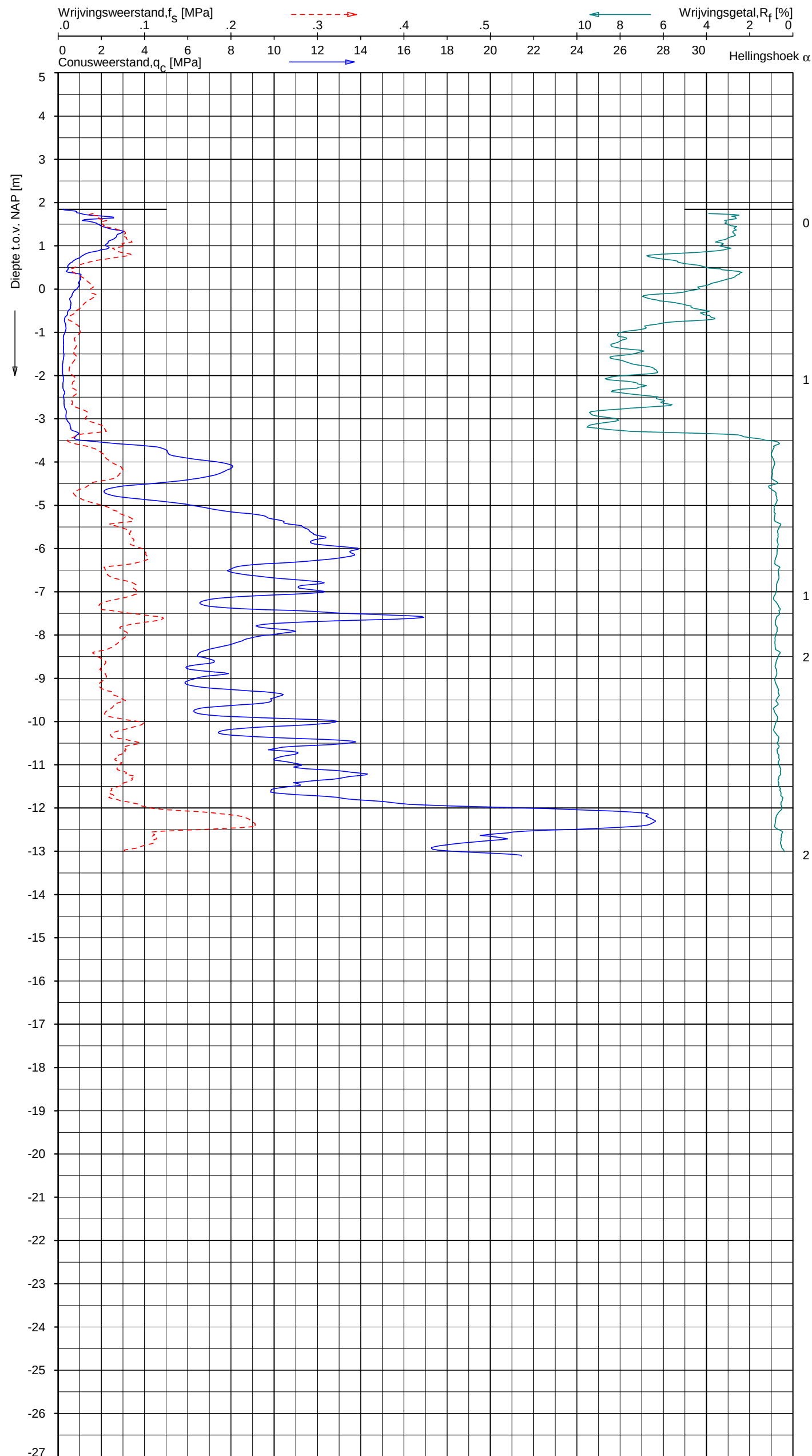


Opg.: CHM d.d. 12-jul-2017 Coord.: X=136686.0 m Y= 451675.7 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: B.VILKAITYTE d.d. 19-jul-2017 MV = NAP +1.67 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2659 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONTSLUITING BEDRIJVENTERREIN LAAGRAVEN TE NIEUWEGEIN

Opdr. 1317-0135-000
Sond. DKM2



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

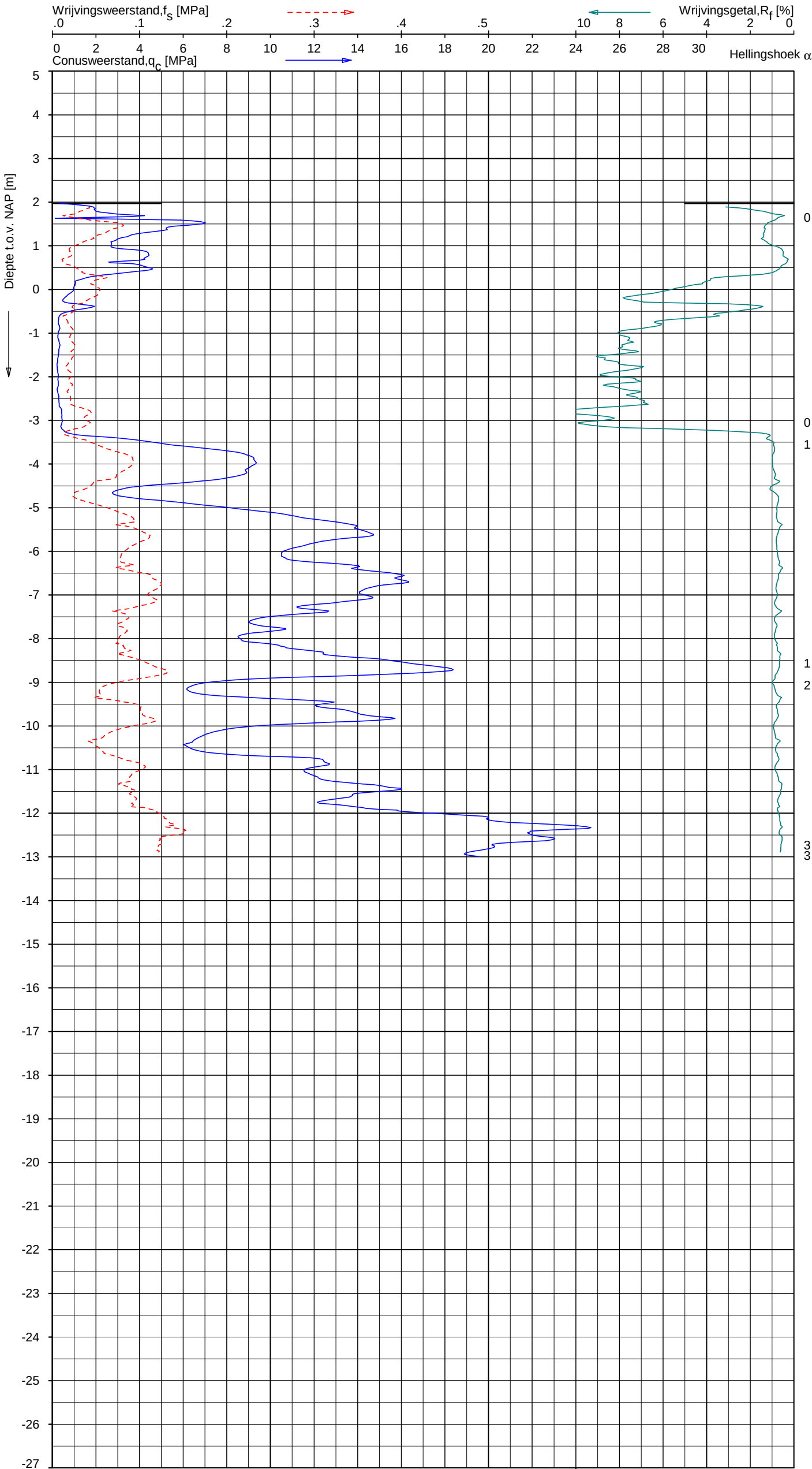


Opg.: CHM d.d. 12-jul-2017 Coord.: X=136671.2m Y=451623.9m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: B.VILKAITYTE d.d. 19-jul-2017 MV = NAP +1.85 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2659 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONTSLUITING BEDRIJVENTERREIN LAAGRAVEN TE NIEUWEGEIN

Opdr. 1317-0135-000
Sond. DKM3



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

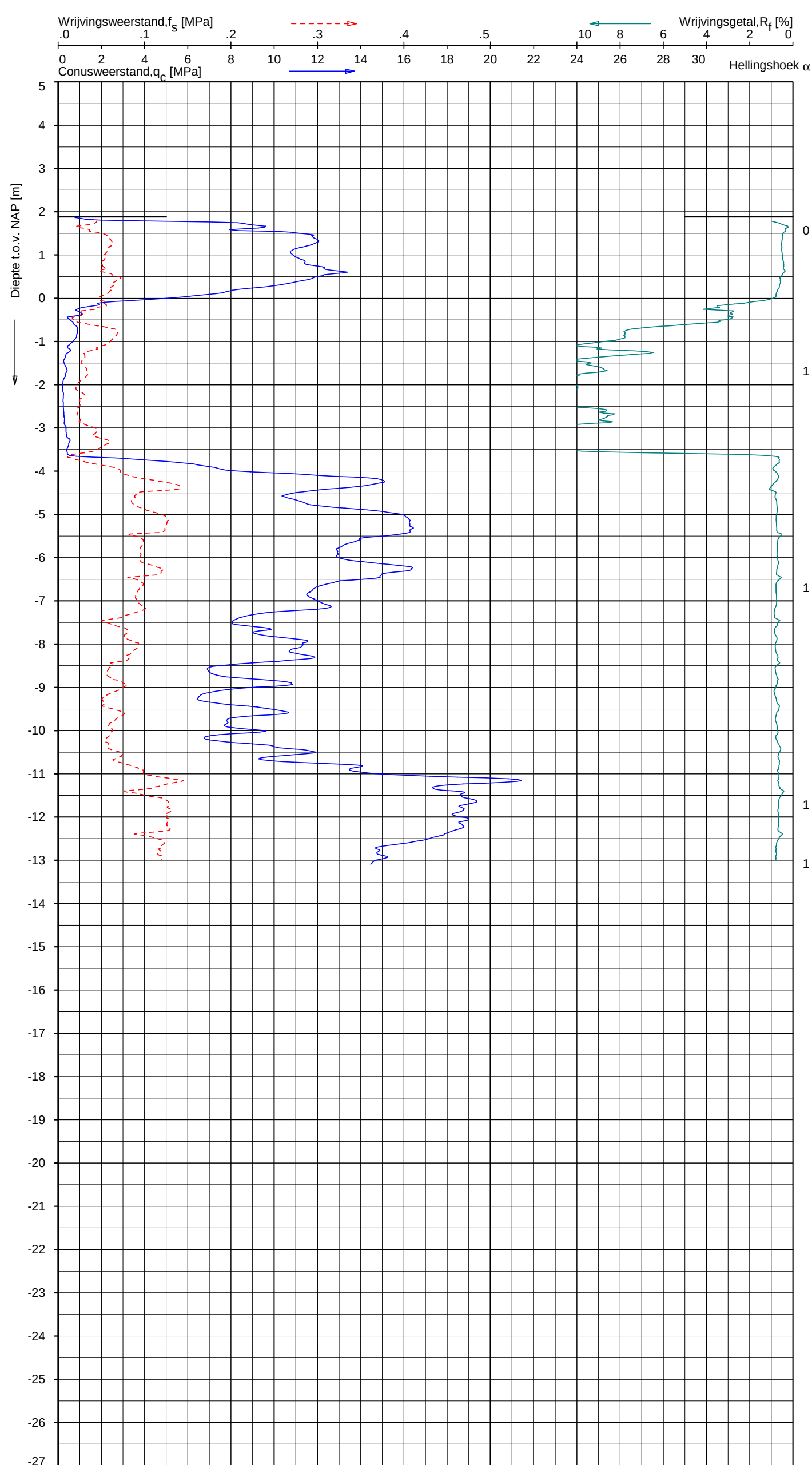


Opg.: CHM	d.d. 13-jul-2017	Coord.: X=136657.6 m	Y= 451581.4 m	Systeem: RD	Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: B.VILKAITYTE	d.d. 19-jul-2017	MV = NAP +1.97 m	Conus: CP15-CF75SN2	1701-2659	Toepassingsklasse 2. Test type TE1
					Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONTSLUITING BEDRIJVENTERREIN LAAGRAVEN TE NIEUWEGEIN

Opdr. 1317-0135-000
Sond. DKM4



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

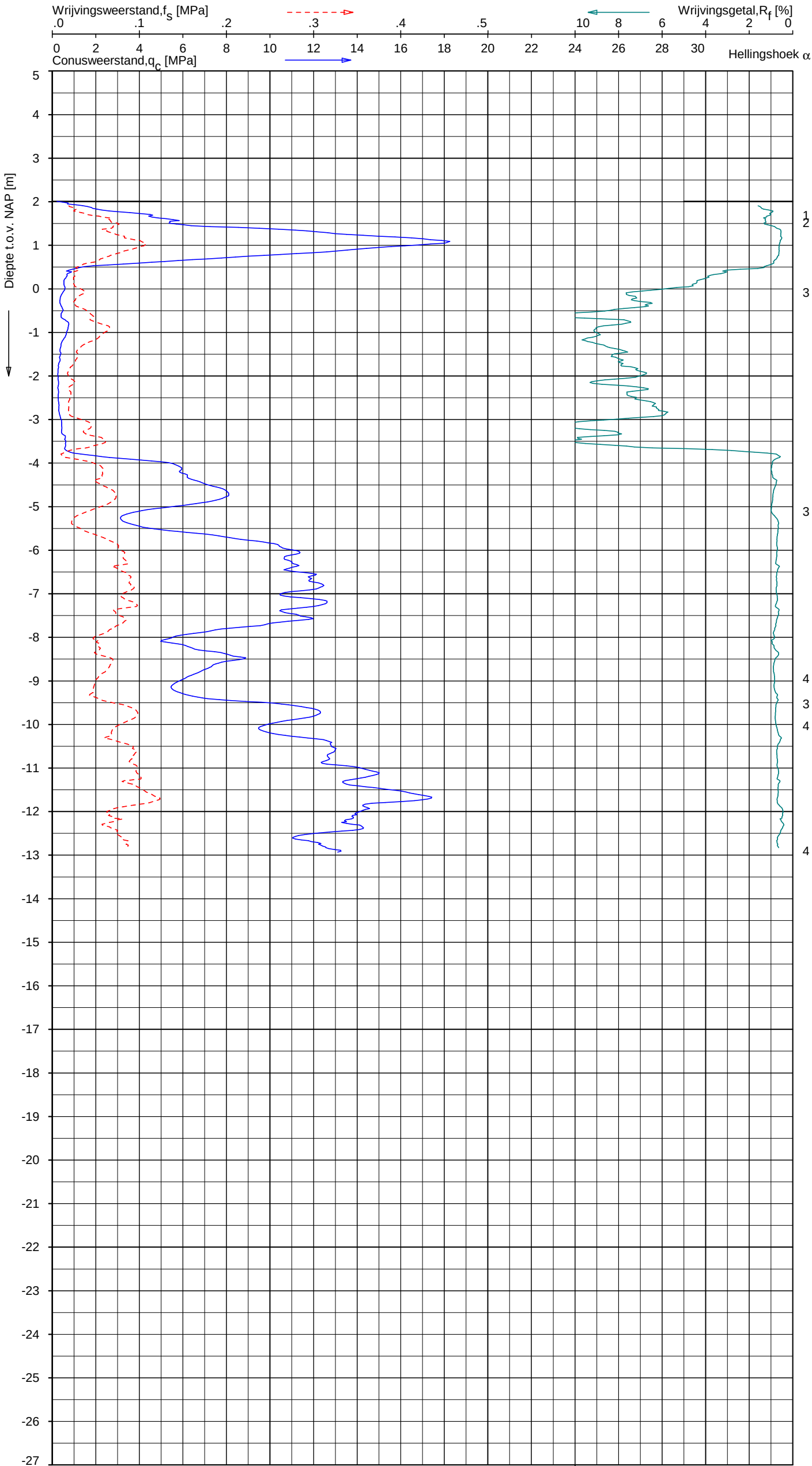


Opg.: CHM d.d. 13-jul-2017 Coord.: X=136580.5m Y=451614.8m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: B.VILKAITYTE d.d. 19-jul-2017 MV = NAP +1.88 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2659 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONTSLUITING BEDRIJVENTERREIN LAAGRAVEN TE NIEUWEGEIN

Opdr. 1317-0135-000
Sond. DKM5



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



Opg.: CHM	d.d. 13-jul-2017	Coord.: X=136584.6 m	Y= 451369.5 m	Systeem: RD	Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: B.VILKAITYTE	d.d. 20-jul-2017	MV = NAP +2.01 m	Conus: CP15-CF75SN2	1701-2659	Toepassingsklasse 2. Test type TE1
					Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
ONTSLUITING BEDRIJVENTERREIN LAAGRAVEN TE NIEUWEGEIN

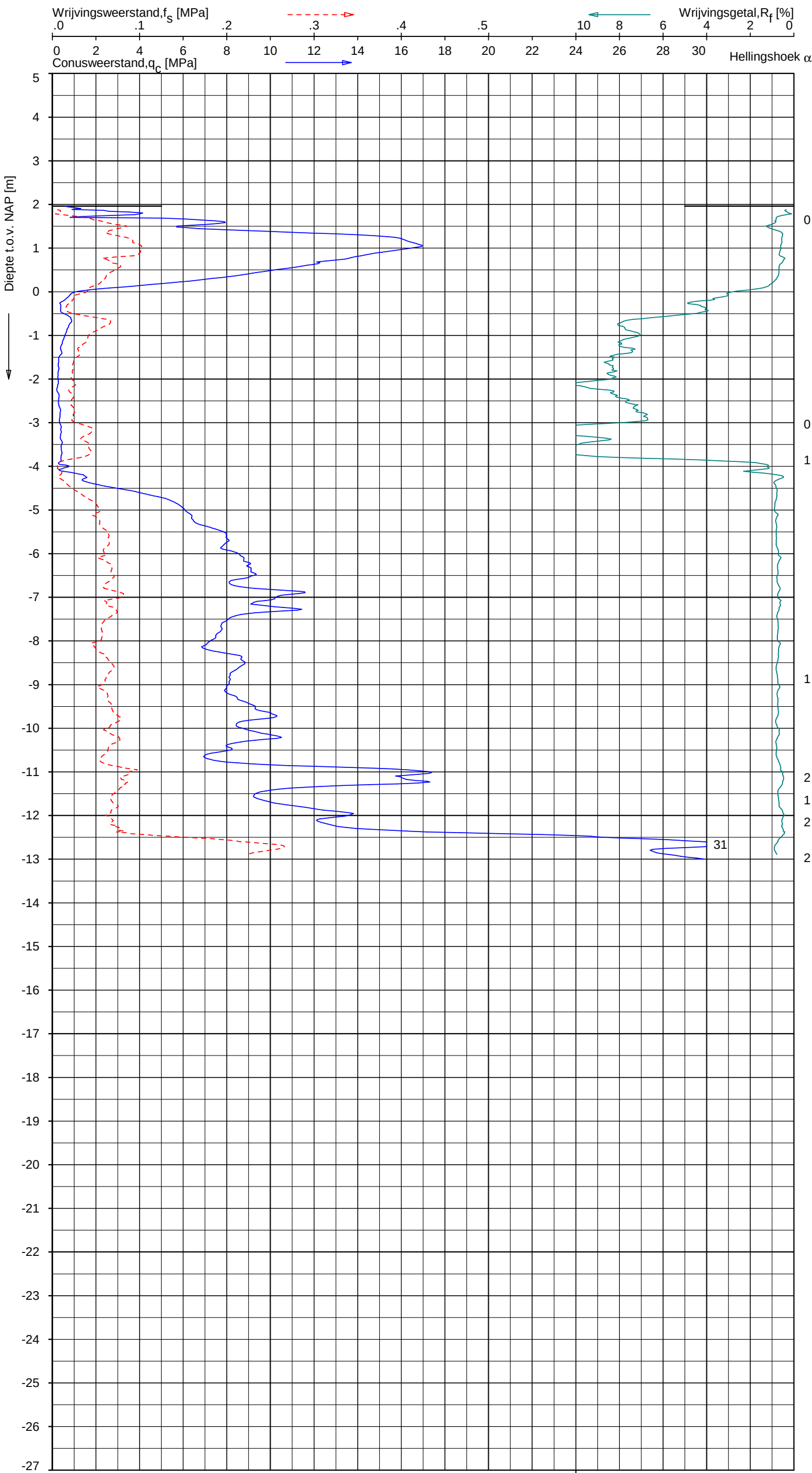
Opdr. 1317-0135-000
Sond. DKM6

UNIPLOT 05.33.nl / QcFClass-R3.cmd / 2017-07-21 10:05:58

1317-0135-000

DKM7 -1

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

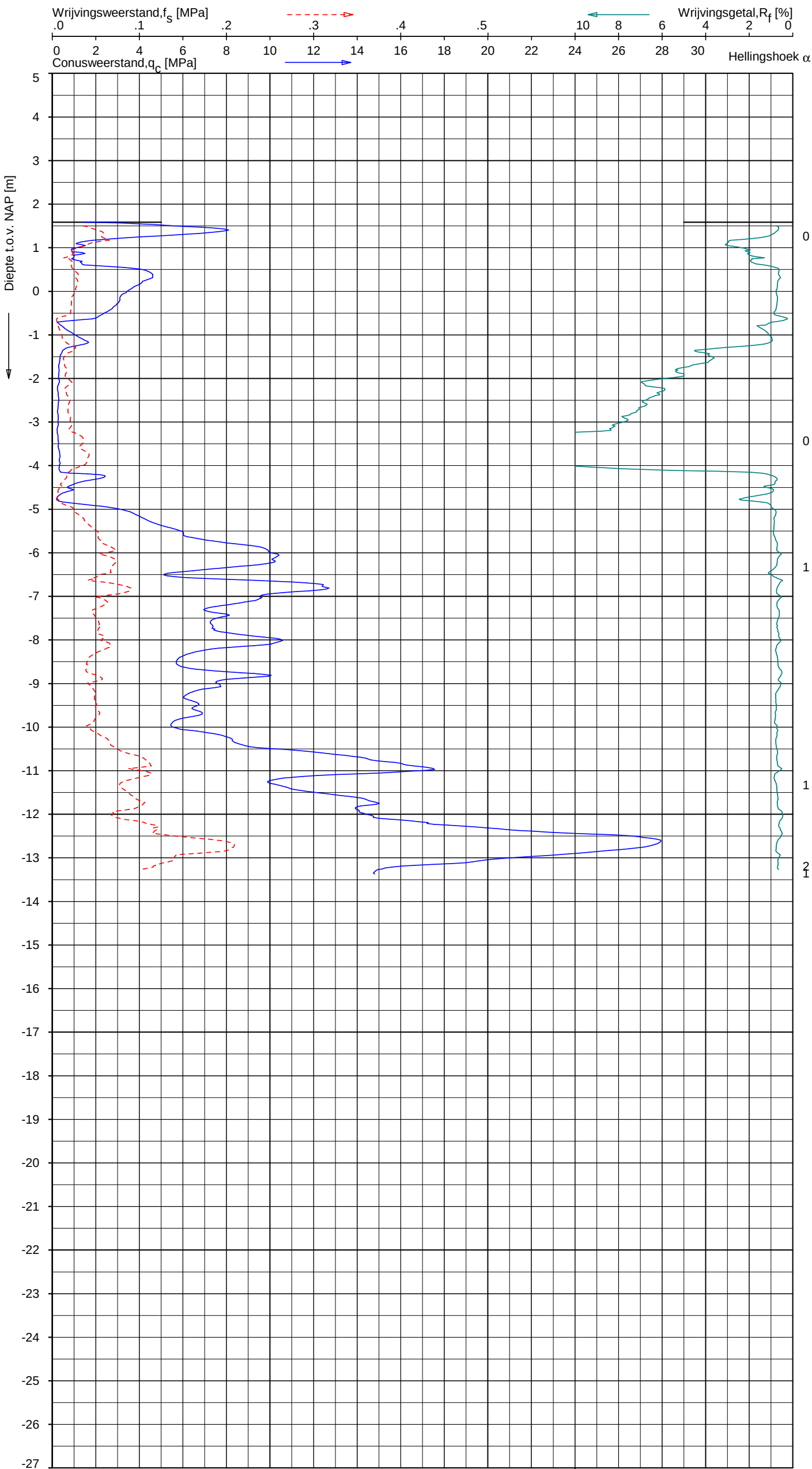


Opg.: CHM d.d. 13-jul-2017 Coord.: X=136506.0m Y=451385.1m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: B.VILKAITYTE d.d. 19-jul-2017 MV = NAP +1.96 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2659 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONTSLUITING BEDRIJVENTERREIN LAAGRAVEN TE NIEUWEGEIN

Opdr. 1317-0135-000
Sond. DKM7



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



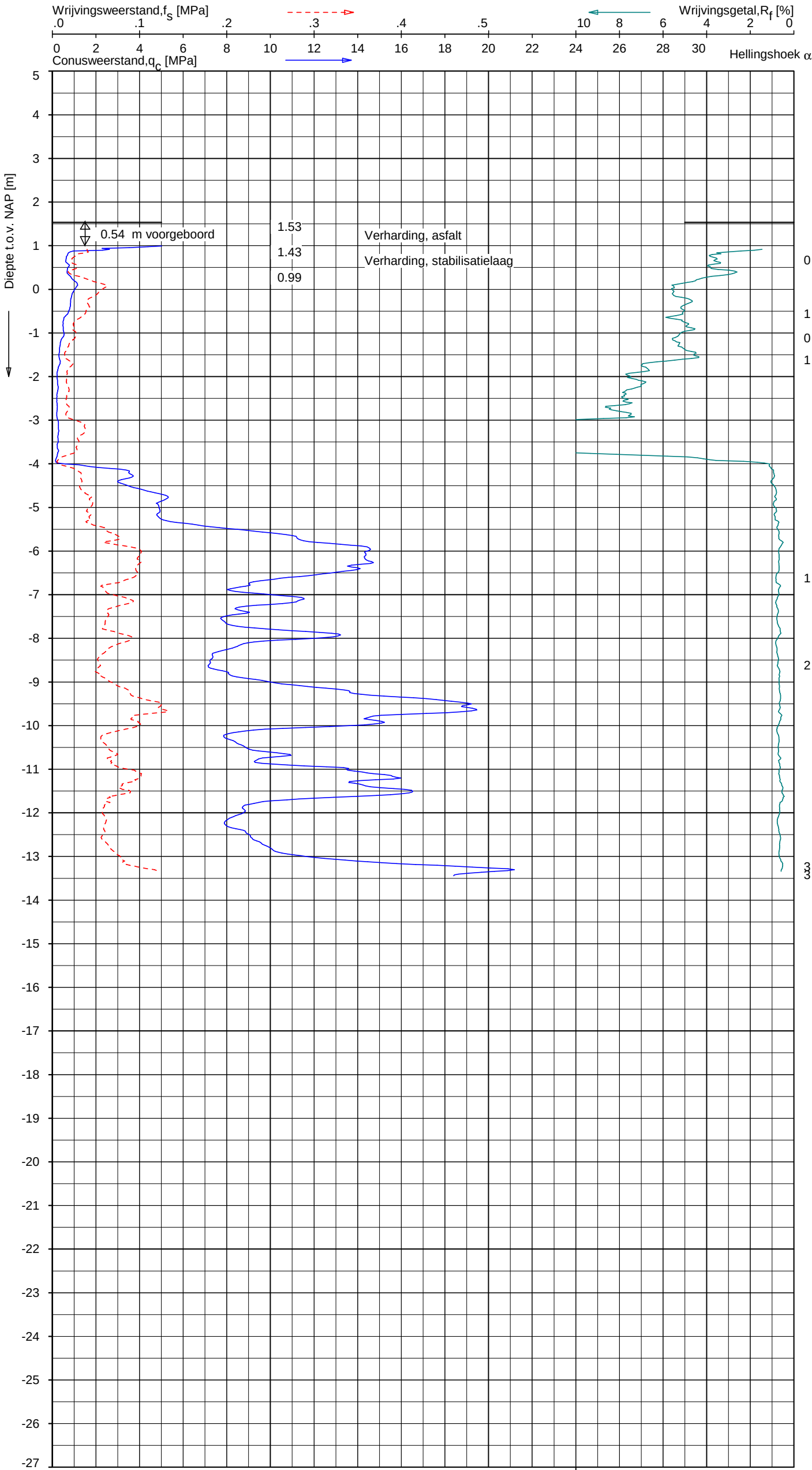
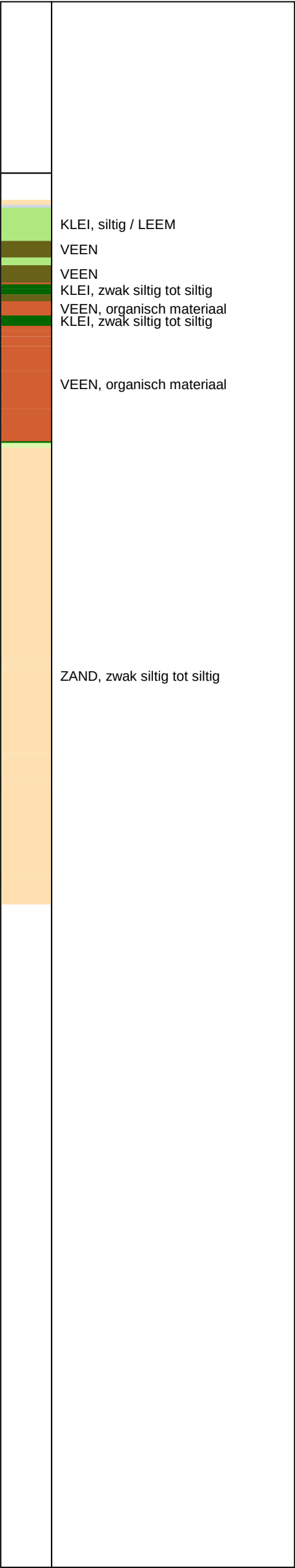
Opg.: CHM d.d. 13-jul-2017 Coord.: X=136513.6 m Y= 451352.3 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: J.NIKKELS d.d. 21-jul-2017 MV = NAP +1.59 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2659 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONTSLUITING BEDRIJVENTERREIN LAAGRAVEN TE NIEUWEGEIN

Opdr. 1317-0135-000
Sond. DKM8

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



Opg.: CHM d.d. 13-jul-2017 Coord.: X=136495.9m Y=451338.8m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: J.NIKKELS d.d. 21-jul-2017 MV = NAP +1.54 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2659 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

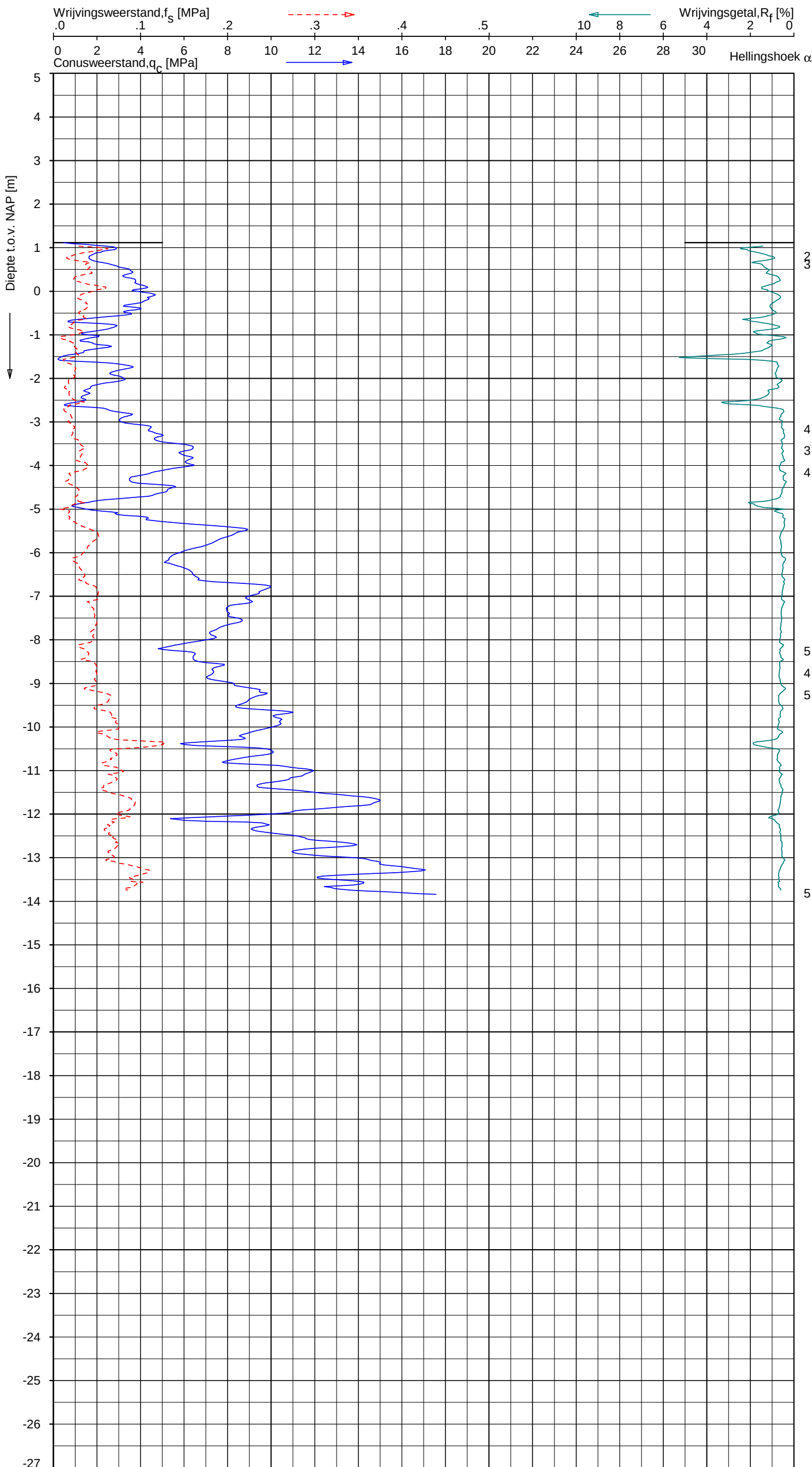
ONTSLUITING BEDRIJVENTERREIN LAAGRAVEN TE NIEUWEGEIN

Opdr. 1317-0135-000
Sond. DKM9

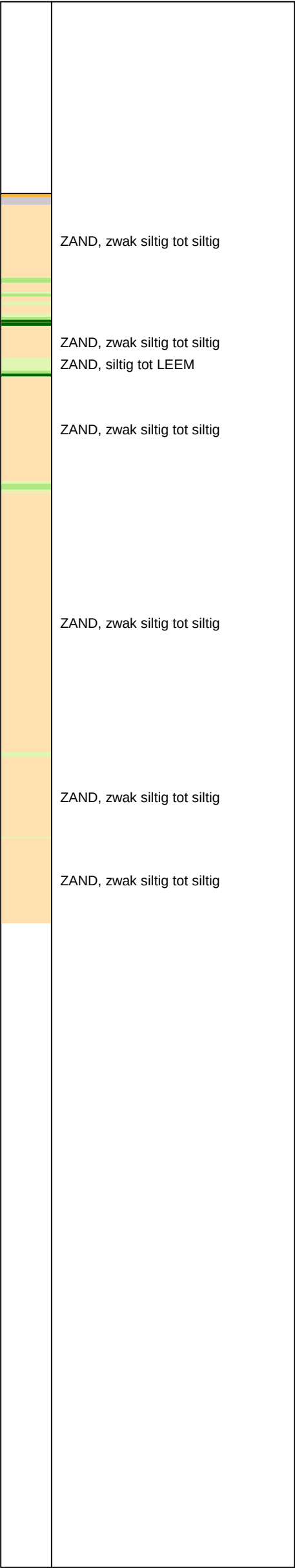
UNIPLOT 05.33.nl / QcFClass-R3.cmd / 2017-07-21 10:06:04

1317-0135-000

DKM10 - 1



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

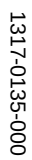


Opg.: CHM d.d. 12-jul-2017 Coord.: X=136325.2m Y=450975.9m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: B.VILKAITYTE d.d. 20-jul-2017 MV = NAP +1.11 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2659 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

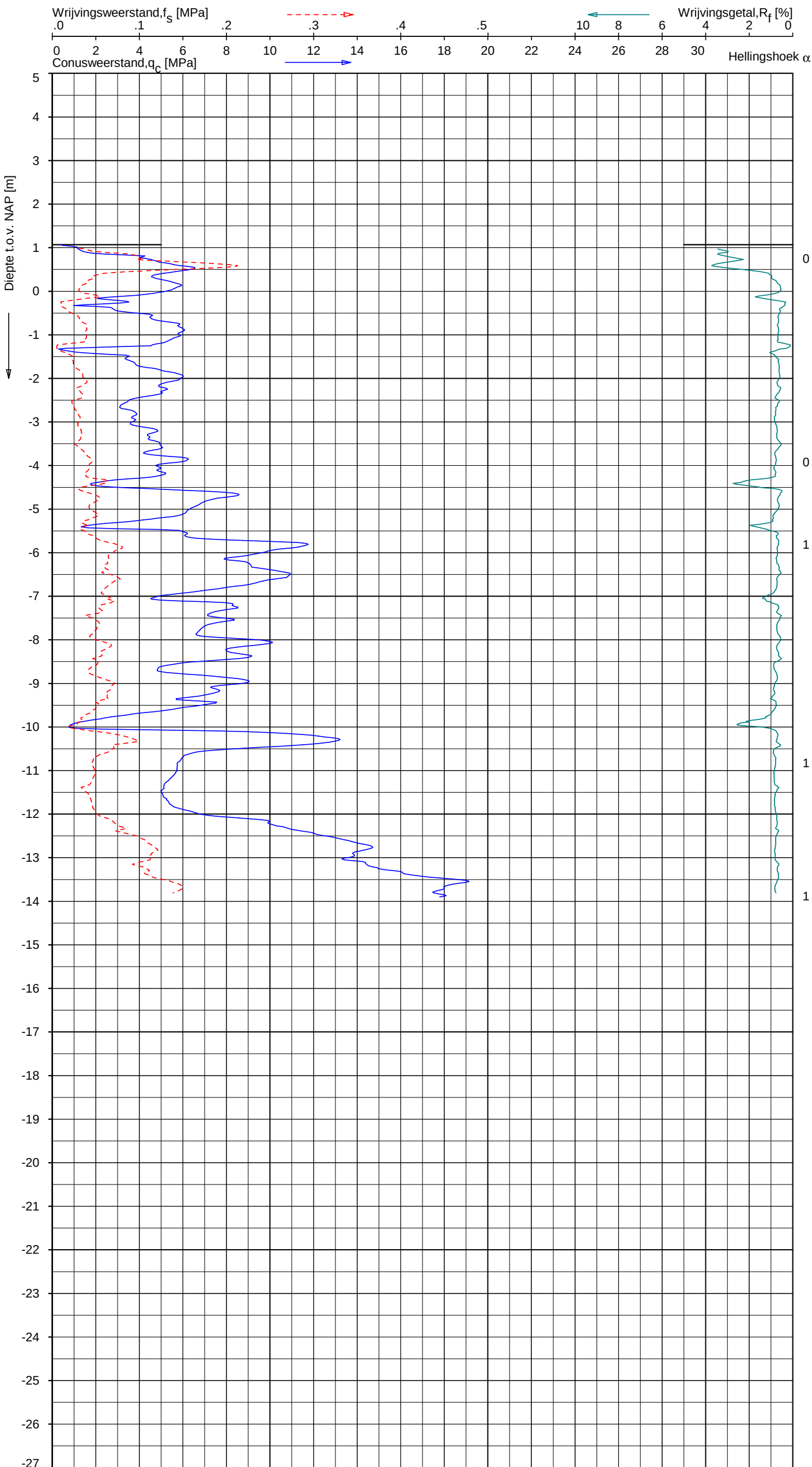
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONTSLUITING BEDRIJVENTERREIN LAAGRAVEN TE NIEUWEGEIN

Opdr. 1317-0135-000
Sond. DKM10



ZAND, vast / ZAND, kleiig	
ZAND tot ZAND, grindig	
ZAND, zwak siltig tot siltig	
ZAND, zwak siltig tot siltig	
ZAND, zwak siltig tot siltig	
ZAND, zwak siltig tot siltig	
ZAND, zwak siltig tot siltig	
ZAND, zwak siltig tot siltig	
ZAND, siltig tot LEEM	
ZAND, zwak siltig tot siltig	
ZAND, zwak siltig tot siltig	



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



Opg.: CHM	d.d. 13-jul-2017	Coord.: X=136425.8m	Y= 450951.0m	Systeem: RD	Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: B.VILKAITYTE	d.d. 19-jul-2017	MV = NAP +1.07 m	Conus: CP15-CF75SN2	1701-2659	Toepassingsklasse 2. Test type TE1
					Conustype: A _C = 1510 mm ² ; A _S = 19895 mm ²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

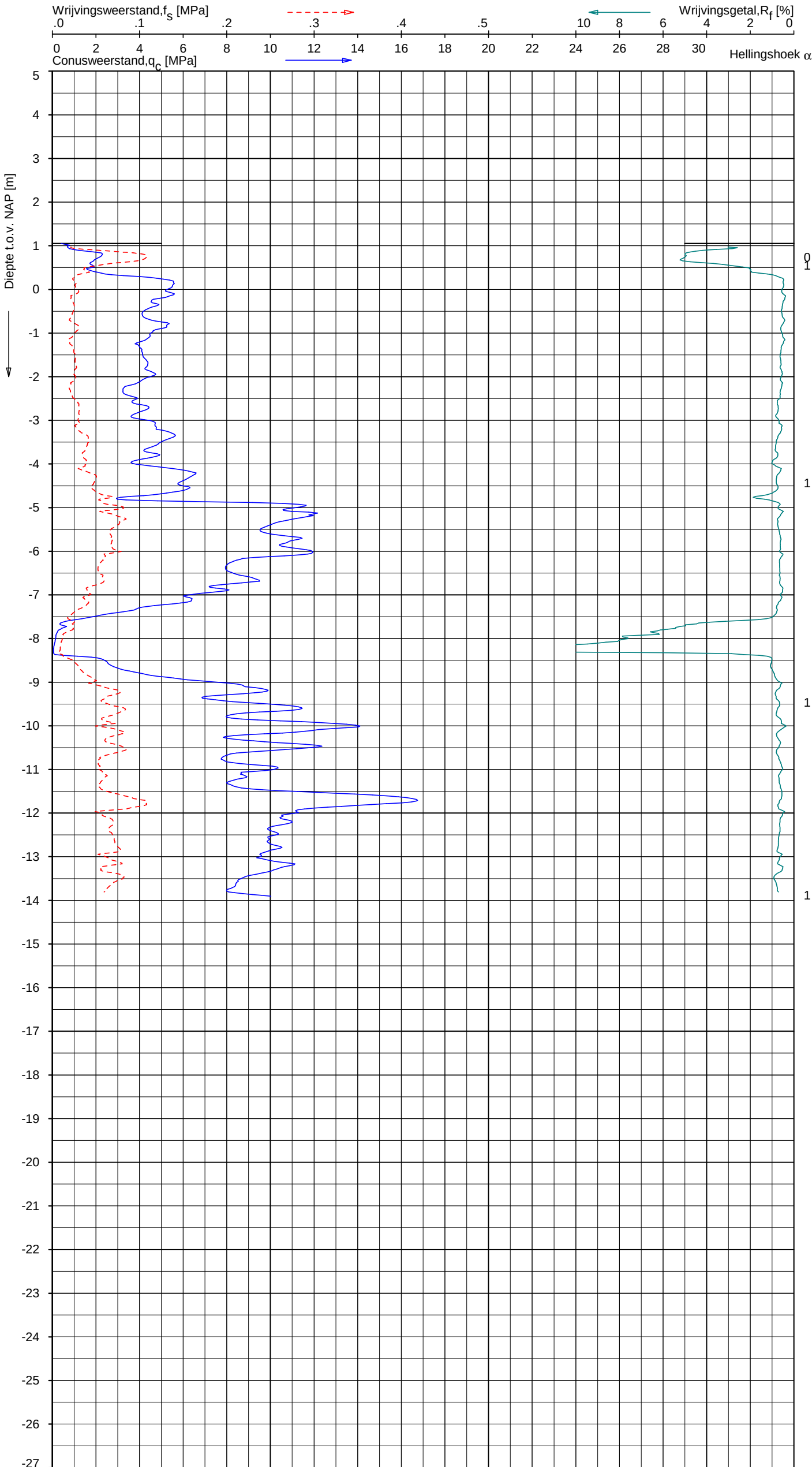
ONTSLUITING BEDRIJVENTERREIN LAAGRAVEN TE NIEUWEGEIN

Opdr. 1317-0135-000
Sond. DKM12

UNIPLOT 05.33.nl / QcFClass-R3.cmd / 2017-07-21 10:06:09

1317-0135-000

DKM13 - 1



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

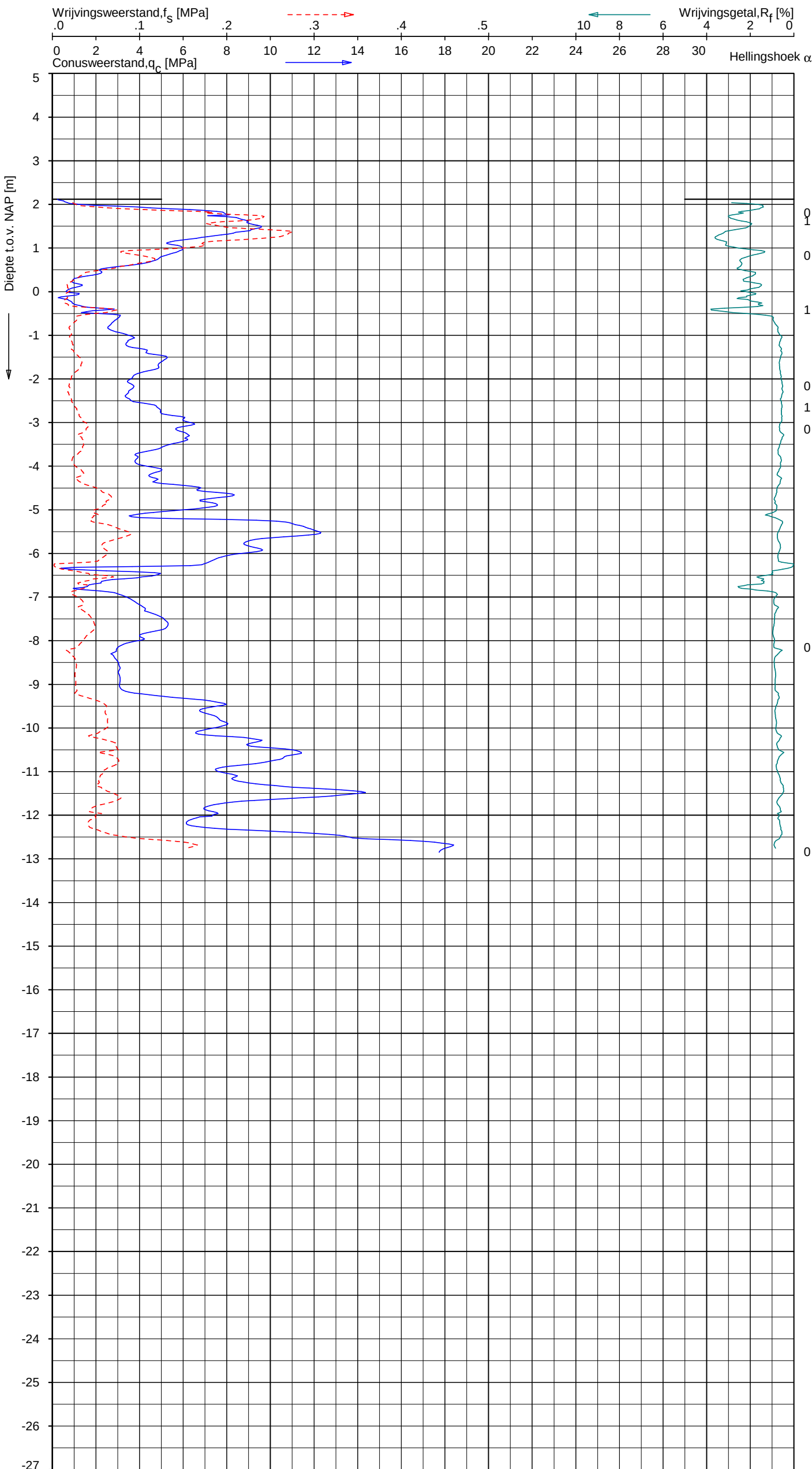


Opg.: CHM d.d. 12-jul-2017 Coord.: X=136467.2m Y=450941.0m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: B.VILKAITYTE d.d. 19-jul-2017 MV = NAP +1.05 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2659 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONTSLUITING BEDRIJVENTERREIN LAAGRAVEN TE NIEUWEGEIN

Opdr. 1317-0135-000
Sond. DKM13



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



Opg.: CHM d.d. 12-jul-2017 Coord.: X=136491.4 m Y= 450935.0 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: P.GOMMER d.d. 20-jul-2017 MV = NAP +2.12 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2659 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

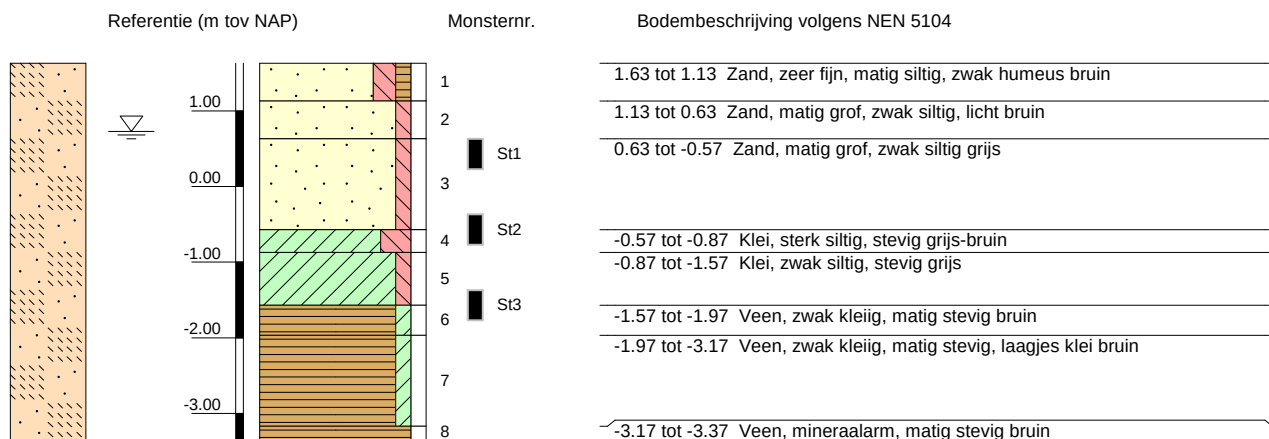
ONTSLUITING BEDRIJVENTERREIN LAAGRAVEN TE NIEUWEGEIN

Opdr. 1317-0135-000
Sond. DKM14

Boring: HB1

Veldclassificatie

Pagina 1 van 1



Algemene opmerking:

X: 136706.0

Y: 451738.4

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): 0.73

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 1.63

bk PB1 (m tov NAP):

bk PB2 (m tov NAP):

bk PB3 (m tov NAP):

bk PB4 (m tov NAP):

Boorvloeistof:

WS PB1 (m tov NAP):

WS PB2 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

WS PB4 (m tov NAP):

Datum uitvoering: 13-07-2017

Boormeester: chm

Geclassificeerd door: chm

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

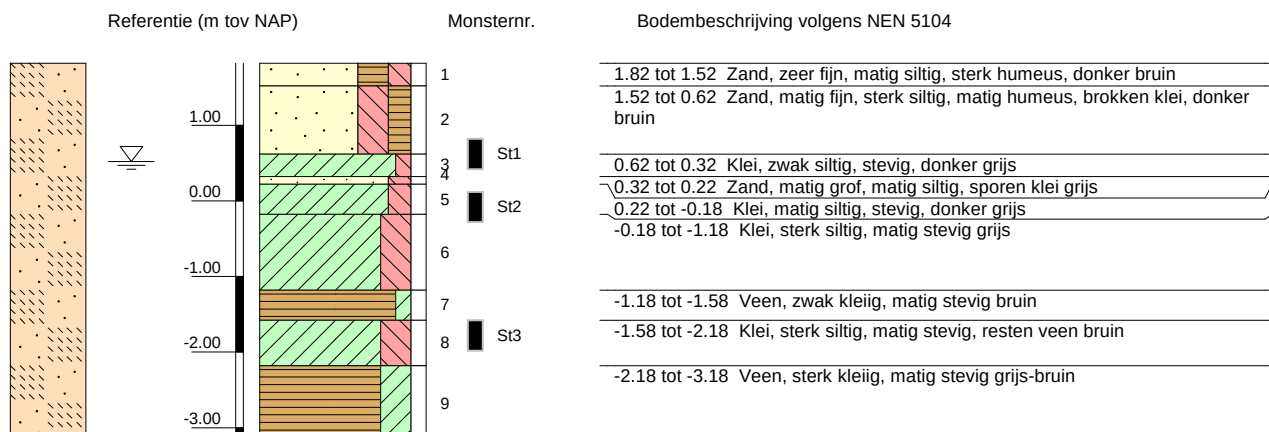
Ontsluiting bedrijventerrein Laagraven te Nieuwegein

1317-0135-000

Boring: HB2

Veldclassificatie

Pagina 1 van 1



Algemene opmerking:

X: 136670.7

Y: 451623.4

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): 0.52

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 1.82

bk PB1 (m tov NAP):

bk PB2 (m tov NAP):

bk PB3 (m tov NAP):

bk PB4 (m tov NAP):

Boorvloeistof:

WS PB1 (m tov NAP):

WS PB2 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

WS PB4 (m tov NAP):

Datum uitvoering: 13-07-2017

Boormeester: chm

Geclassificeerd door: chm

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

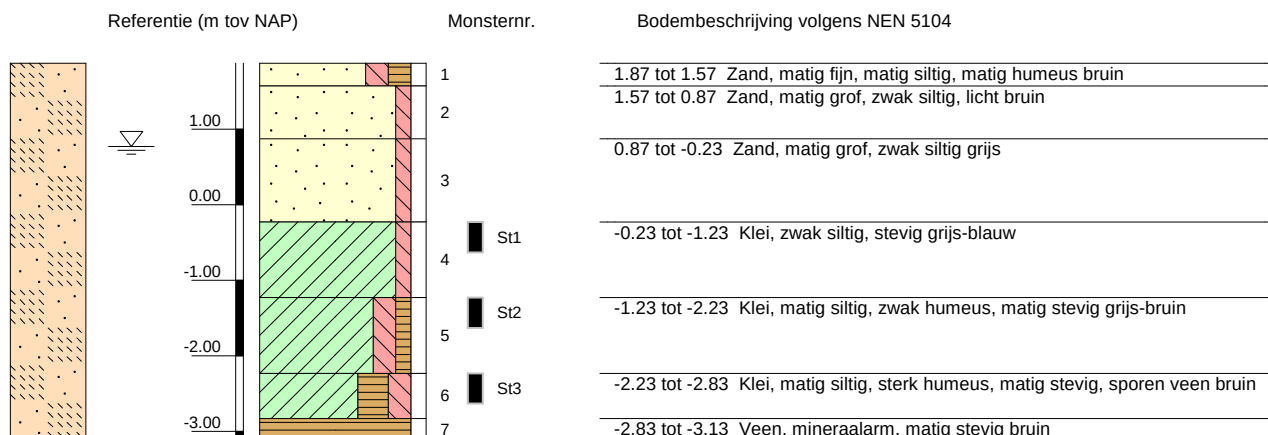
Ontsluiting bedrijventerrein Laagraven te Nieuwegein

1317-0135-000

Boring: HB3

Veldclassificatie

Pagina 1 van 1



Algemene opmerking:

X: 136579.6

Y: 451615.1

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): 0.77

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 1.87

bk PB1 (m tov NAP):

bk PB2 (m tov NAP):

bk PB3 (m tov NAP):

bk PB4 (m tov NAP):

Boorvloeistof:

WS PB1 (m tov NAP):

WS PB2 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

WS PB4 (m tov NAP):

Datum uitvoering: 14-07-2017

Boormeester: chm

Geclassificeerd door: chm

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

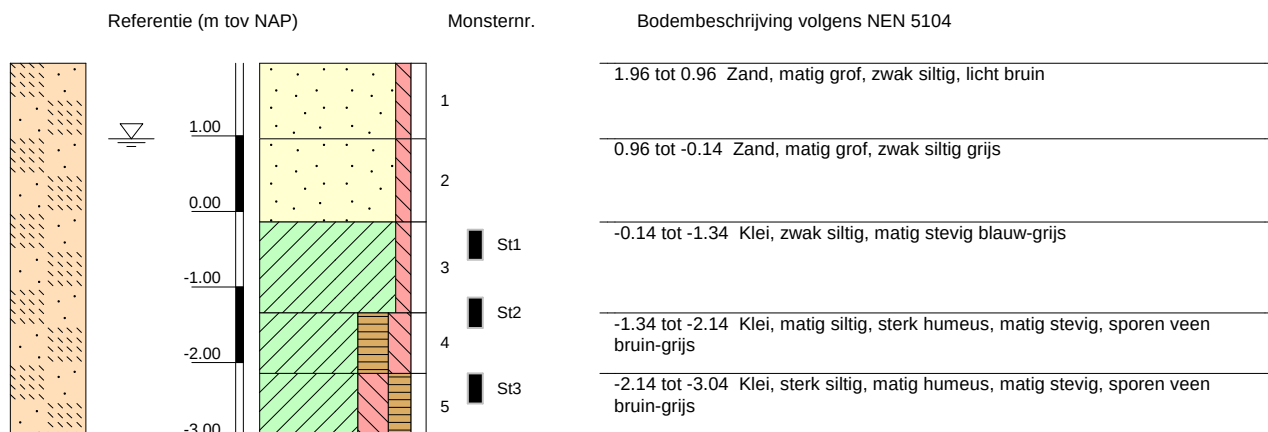
Ontsluiting bedrijventerrein Laagraven te Nieuwegein

1317-0135-000

Boring: HB4

Veldclassificatie

Pagina 1 van 1



Algemene opmerking:

X: 136505.5

Y: 451385.1

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): 0.96

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 1.96

bk PB1 (m tov NAP):

bk PB2 (m tov NAP):

bk PB3 (m tov NAP):

bk PB4 (m tov NAP):

Boorvloeistof:

WS PB1 (m tov NAP):

WS PB2 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

WS PB4 (m tov NAP):

Datum uitvoering: 14-07-2017

Boormeester: chm

Geclassificeerd door: chm

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

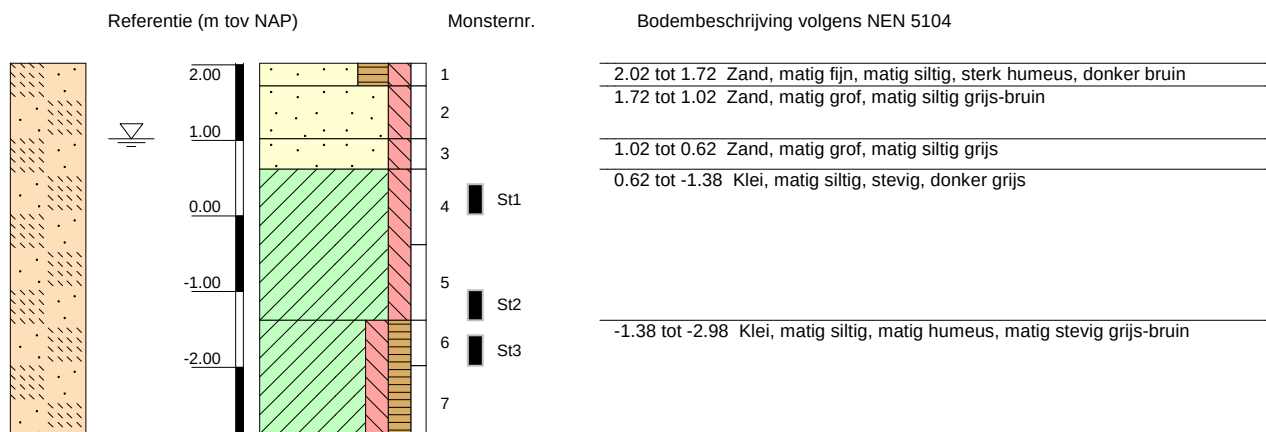
Ontsluiting bedrijventerrein Laagraven te Nieuwegein

1317-0135-000

Boring: HB5

Veldclassificatie

Pagina 1 van 1



Algemene opmerking:

X: 136584.3

Y: 451369.5

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): 1.02

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 2.02

bk PB1 (m tov NAP):

bk PB2 (m tov NAP):

bk PB3 (m tov NAP):

bk PB4 (m tov NAP):

Boorvloeistof:

WS PB1 (m tov NAP):

WS PB2 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

WS PB4 (m tov NAP):

Datum uitvoering: 14-07-2017

Boormeester: chm

Geclassificeerd door: chm

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

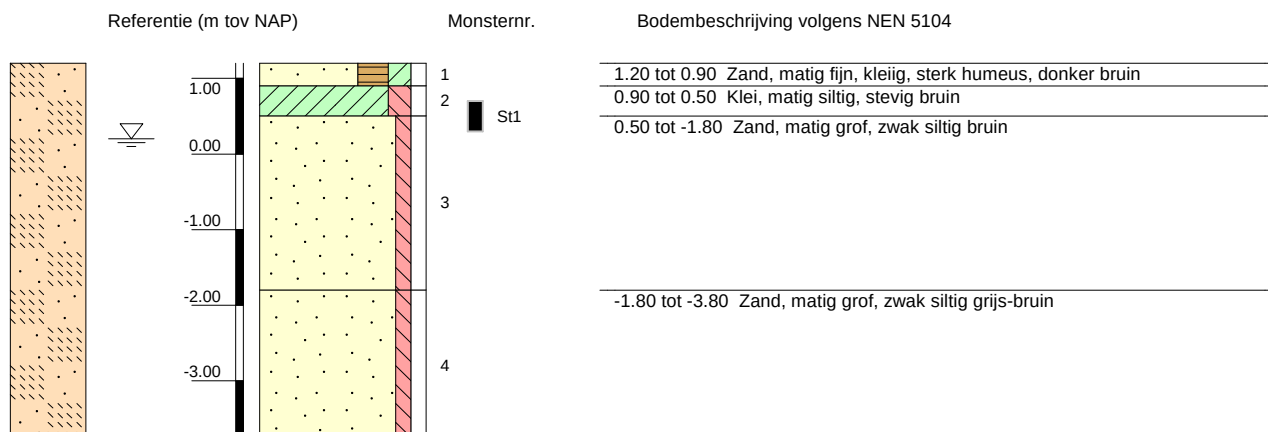
Ontsluiting bedrijventerrein Laagraven te Nieuwegein

1317-0135-000

Boring: HB6

Veldclassificatie

Pagina 1 van 1



Algemene opmerking:

X: 136375.0

Y: 450962.2

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): 0.20

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 1.20

bk PB1 (m tov NAP):

bk PB2 (m tov NAP):

bk PB3 (m tov NAP):

bk PB4 (m tov NAP):

Boorvloeistof:

WS PB1 (m tov NAP):

WS PB2 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

WS PB4 (m tov NAP):

Datum uitvoering: 14-07-2017

Boormeester: chm

Geclassificeerd door: chm

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

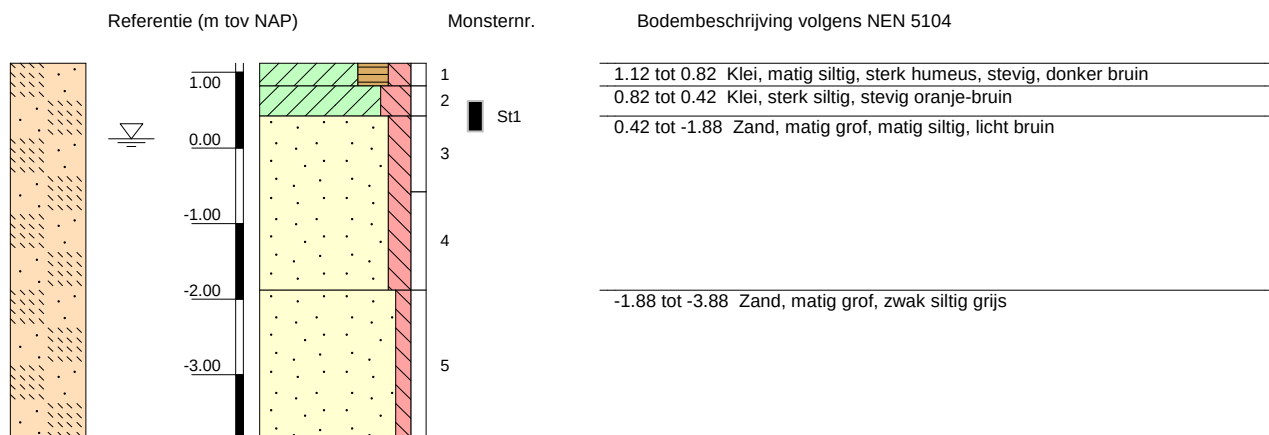
Ontsluiting bedrijventerrein Laagraven te Nieuwegein

1317-0135-000

Boring: HB7

Veldclassificatie

Pagina 1 van 1



Algemene opmerking:

X: 136466.7

Y: 450939.9

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): 0.12

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 1.12

bk PB1 (m tov NAP):

bk PB2 (m tov NAP):

bk PB3 (m tov NAP):

bk PB4 (m tov NAP):

Boorvloestof:

WS PB1 (m tov NAP):

WS PB2 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

WS PB4 (m tov NAP):

Datum uitvoering: 14-07-2017

Boormeester: chm

Geclassificeerd door: chm

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

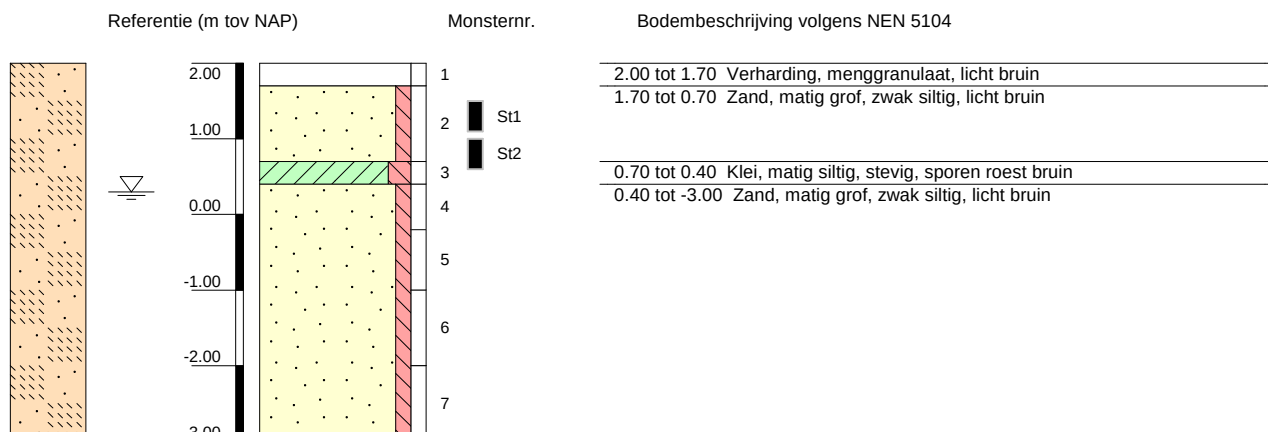
Ontsluiting bedrijventerrein Laagraven te Nieuwegein

1317-0135-000

Boring: HB8

Veldclassificatie

Pagina 1 van 1



Algemene opmerking:

X: 136490.9

Y: 450934.5

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): 0.30

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 2.00

bk PB1 (m tov NAP):

bk PB2 (m tov NAP):

bk PB3 (m tov NAP):

bk PB4 (m tov NAP):

Boorvloeistof:

WS PB1 (m tov NAP):

WS PB2 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

WS PB4 (m tov NAP):

Datum uitvoering: 12-07-2017

Boormeester: chm

Geclassificeerd door: chm

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Ontsluiting bedrijventerrein Laagraven te Nieuwegein

1317-0135-000

Coördinaten en hoogte van de onderzoekspunten

Indien de hoogte en coördinaten van de onderzoekslocaties zijn bepaald in NAP en RD bedragen de maximale afwijking van de meting van de coördinaten ca. 10 cm en de maximale afwijking van de meting van de hoogte ca. 5 cm. Bij projecten waarbij de sonderingen zijn gerefereerd aan een lokaal vast punt bedraagt de maximale afwijking in de hoogte ca 5 cm. De maximale afwijking in de maatvoering doormiddel van traditioneel uitzetten met een meetband bedraagt ca. 25 cm.

Indien de onderzoekslocaties niet zijn gerefereerd aan een vaste referentiehoogte wijkt het onderzoek af van de gestelde eisen in de NEN-EN-ISO 22476-1.

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.

Sonderen

Een beschrijving van de gevolgde meet- en registratiemethode is gegeven in de bijlage "Continu Elektrisch Sonderen".

Boren

Mechanisch boorwerk wordt verbuisd uitgevoerd, waarbij de grond uit de buis wordt verwijderd met behulp van een puls (niet-cohesieve gronden) en/of een avegaarboor (cohesieve gronden).

Bij handboren wordt gebruik gemaakt van een edelmanboor (cohesieve gronden) en een handpuls (niet-cohesieve gronden).

De werkzaamheden worden uitgevoerd conform de NEN-EN-ISO 22475-1.

Peilbuizen worden gepresenteerd op de betreffende boorstaten. De boringen met peilbuis zijn met bijbehorend symbool aangegeven op de situatietekening.

Ongeroerde monsternamen bij het mechanisch boren kan plaatsvinden door:

- een Ackermann steekbus te slaan of te drukken
- een Pistonbus te drukken
- een Gelpush monster te drukken

Bij handboren worden ongeroerde monsters genomen met een Van der Horst steekapparaat.

De tijdens het boren genomen geroerde monsters worden in het veld globaal geclassificeerd. Als er laboratoriumonderzoek volgt na het veldwerk, worden in het laboratorium de monsters gedetailleerd geclassificeerd. Bij eventuele verschillen tussen de veld- en laboratorium-classificatie, is de laboratoriumclassificatie bepalend.

Op de classificatie van grond is de NEN 5104 van toepassing.

(Grond)waterstand

De gemeten (grond)waterstand(en) betreffen een eenmalige opname en zijn bedoeld als een oriënterend gegeven. De grondwaterstand kan in de tijd fluctueren onder invloed van de weersgesteldheid en de seizoenen.

Kwaliteitsborging

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.

De kalibratiesheet(s) van de gebruikte conus(sen) kunnen op verzoek worden toegestuurd.

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 heeft een lengte 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 diepte-aanduiding 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.

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 ingangsparameters.

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.

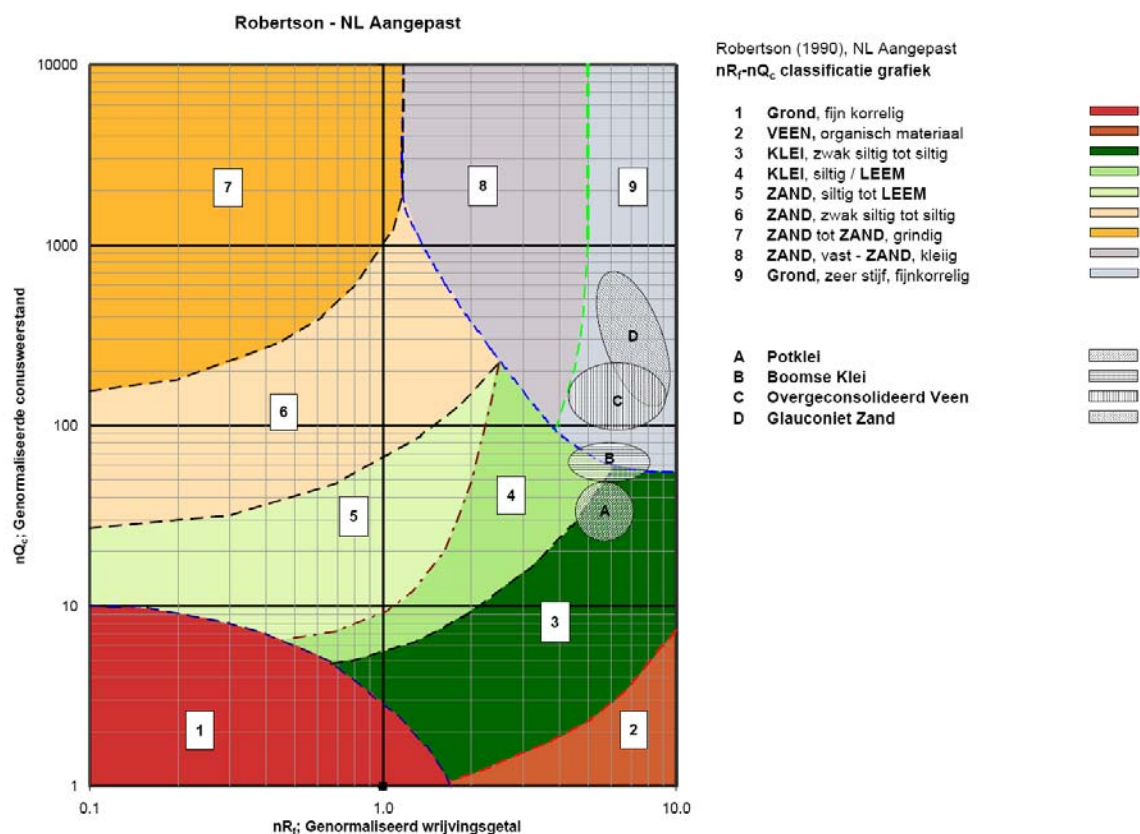
Genormaliseerde conusweerstand:
$$nQ_c = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$

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 geclassificeerd.



Voor een aantal specifieke grondtypen, zoals bijvoorbeeld Potklei, Boomse klei, overgeconsolideerd veen en glauconiethoudend 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 top lagen 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 top lagen minder betrouwbaar vanwege het lage effectieve spanningsniveau in deze lagen.

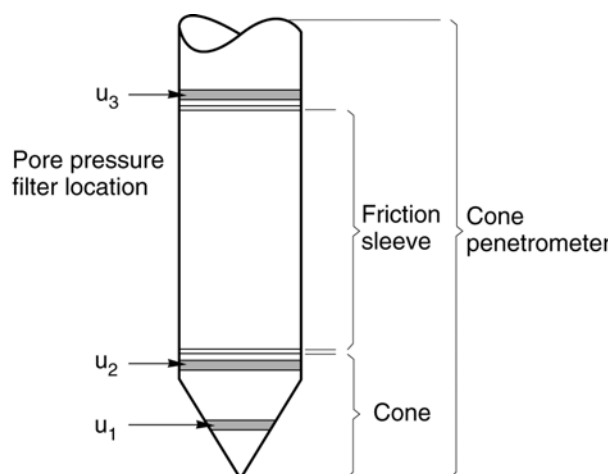
Andere conustypen

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/drijflagen en/of verontreinigingen met vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen
ROST (rapid optical screening tool)	verticale verspreiding van (aromatische) koolwaterstoffen	bestudering zak/drijflagen 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 (*piëzo-conus*) 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.

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 sondeerclassen worden de sondeerclassen 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 meetsysteem 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) hoeft 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

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

	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

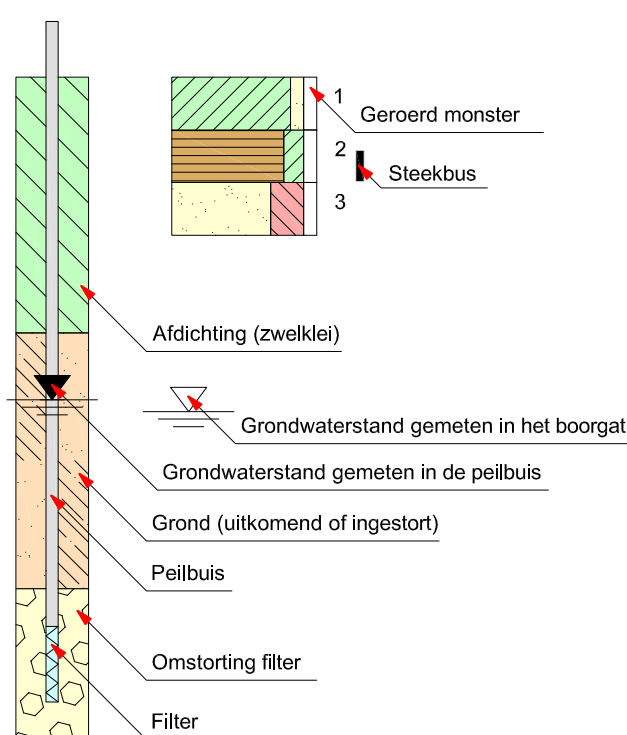
Leem

	Leem, zwak zandig
	Leem, sterk zandig

Overige toevoegingen

	Zwak humeus
	Matig humeus
	Sterk humeus
	Zwak grindig
	Matig grindig
	Sterk grindig
	Puin

Peilbuis



II

BIJLAGE: DAMWANDEIGENSCHAPPEN EN DOORSNEDE TOETSING

project: DO De Liesbosch

projectcode: 101988

onderdeel: Geotechnisch ontwerp verankerde damwand langs geluidsscherm

opgesteld door: ing. J.W. van den Berg

datum opgesteld: 11-09-2017

TITEL

Berekening van (on)gecorrodeerde eigenschappen van een damwand en volledige doorsnede toetsing conform NEN-EN 1993-5.

UITGANGSPUNTEN

algemeen

taal = NL

sheet pile properties

type damwand AZ 13-700

profiel type [Z / U] = Z

profiel breedte b = 700 mm

profiel hoogte h = 315 mm

flensdikte t_f = 9.5 mm

lijfdikte t_w = 9.5 mm

hoek lijf α = 42.8 °

weerstandsmoment W = 1305 cm³/m¹

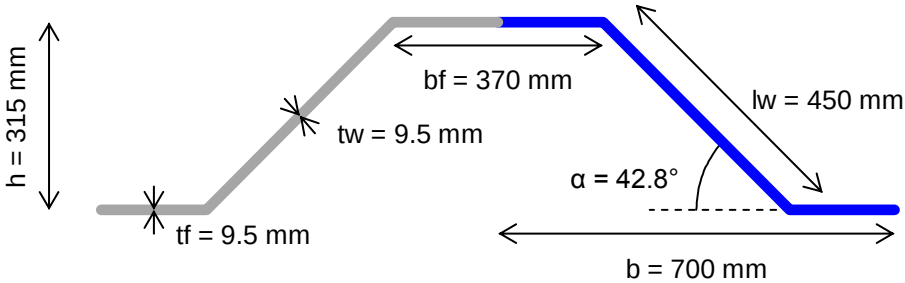
traagheidsmoment I = 20540 cm⁴/m¹

doorsnede oppervlakte A = 134.7 cm²/m¹

verfoppervlak (eenzijdig) A_c = 1.22 m²/m

flensbreedte b_f = 370 mm

lijflengte l_w = 450 mm



corrosie eigenschappen

berekening corrosie = per jaar

levensduur T = 50 jaar

corrosie voorzijde u_{c;1} = 0.035 mm/jaar

corrosie achterzijde u_{c;2} = 0.035 mm/jaar

corrosie totaal u_{c;tot} = 3.5 mm/50 jaar

staal eigenschappen

E-modulus E = 2.10E+08 kN/m²

volumiek gewicht γ = 7850 kg/m³

staalkwaliteit = S355 GP -

vloeigrens f_y = 355 N/mm²

belastingen

buigend moment M_{Ed} = 181.08 kNm/m¹

dwarskracht V_{Ed} = 116.49 kN/m¹

normaalkracht N_{Ed} = 200 kN/m¹

kniklengte l = 7.49 m

waterdrukverschil w = 0.5 m

factoren

partiële factor weerstand dwarsdoorsnede γ_{M0} = 1.00 -

partiële factor voor instabiliteit γ_{M1} = 1.10 -

-- --

-- --

BEREKENINGEN

eigenschappen

		intieel	gecorrodeerd
doorsnede oppervlakte	A	134.7	92.0 cm ² /m ¹
elastisch weerstandsmoment	W _{el}	1305	911 cm ³ /m ¹
plastisch weerstandsmoment	W _{pl}	1543	1066 cm ³ /m ¹
traagheidsmoment	I	20540	14336 cm ⁴ /m ¹
buigstijfheid	EI	43134	30106 kN/m ² /m ¹
axiale stijfheid	EA	2828700	1932000 kN/m ¹
doorsnedeklasse	klasse	3	4 -

reductie factor corrosie = 0.70 -

SAMENVATTING DOORSNEDE TOETSING

toetsing	belasting		weerstand			unity check	
<i>belasting(combinatie)</i>	<i>symbol</i>	<i>waarde</i>	<i>symbol</i>	<i>intieel</i>	<i>gecorrodeerd</i>	<i>intieel</i>	<i>gecorrodeerd</i>
buigend moment	M _{Ed}	181	M _{c;Rd}	463	245	0.39	0.74
dwarskracht	V _{Ed}	116	V _{pl;Rd}	850	407	0.14	0.29
buigend moment + dwarskracht	M _{Ed} ; V _{Ed}	181; 116	M _{V;Rd}	463	245	0.39	0.74
dwarskracht plooï	V _{Ed}	116	V _{b;Rd}	n.v.t.	364	n.v.t.	0.32
normaalkracht	N _{Ed}	200	N _{pl;Rd}	4782	2475	0.04	0.08
knik	N _{Ed} ; 1.15·M _{Ed}	200; 208	$\chi \cdot N_{pl;Rd}$; M _{c;Rd}	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
buigend moment + normaalkracht	M _{Ed} ; N _{Ed}	181; 200	M _{N;Rd}	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
buigend moment + normaalkracht + dwarskracht	M _{Ed} ; N _{Ed} ; V _{Ed}	181; 116; 200	M _{N;V;Rd}	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
maatgevende unity check =						0.39	0.74

project:

projectcode:

onderdeel:

opgesteld door:

datum opgesteld:

DO De Liesbosch

101988

Geotechnisch ontwerp verankerde damwand langs geluidsscherm

ing. J.W. van den Berg

11-09-2017

VOLLEDIGE DOORSNEDE TOETSING

doorsnedeklasse			<u>intieel</u>	<u>gecorrodeerd</u>
factor afhankelijk van vloeigrens	ε	=	0.814	0.814 -
slankheid flens	$(b_f/t_f)/\varepsilon$	=	47.9	75.8 -
doorsnedeklasse	klasse	=	3	4 -
gereduceerde vloeigrens om klasse 3 te krijgen*	$f_{y,red}$	=	n.v.t.	269 N/mm ²
* alleen voor klasse 4 damwanden				

lokale effecten door waterdruk			<u>intieel</u>	<u>gecorrodeerd</u>
dimensieloze factor slankheid profiel	$(b/t_{min})\varepsilon$	=	31.7	50.2 -
reductiefactor voor verschil waterdruk	ρ_p	=	1.000	1.000 -
gereduceerde vloeigrens voor waterdruk	$f_{y,red}$	=	355	269 N/mm ²

toetsing buigend moment			<u>intieel</u>	<u>gecorrodeerd</u>
rekenwaarde momentcapaciteit	$M_{c,Rd}$	=	463	245 kNm/m ¹
unity check (≤ 1)		=	0.39	0.74 -

toetsing dwarskracht			<u>intieel</u>	<u>gecorrodeerd</u>
afschuifoppervlakte lijf	A_v	=	4146	2619 mm ² /m
rekenwaarde dwarskrachtcapaciteit	$V_{pl,Rd}$	=	850	407 kN/m ¹
unity check (≤ 1)		=	0.14	0.29 -

toetsing buigend moment + dwarskracht			<u>intieel</u>	<u>gecorrodeerd</u>
reductie door dwarskracht nodig?	$V_{Ed} > 50\% V_{pl,Rd}$	=	nee	nee -
reductiefactor door dwarskracht	ρ	=	0.000	0.000 -
gereduceerde momentcapaciteit	$M_{V,Rd}$	=	463	245 kNm/m ¹
unity check (≤ 1)		=	0.39	0.74 -

toetsing plooï dwarskracht			<u>intieel</u>	<u>gecorrodeerd</u>
schuine lengte van lijf	c	=	450	450 mm
slankheid lijf	$(c/t_w)/\varepsilon$	=	58.2	92.1 -
controle dwarskracht plooïweerstand?	$(c/t_w)/\varepsilon > 72$	=	nee	ja -
relatieve slankheid lijf	λ_w	=	n.v.t.	0.93 -
dwarskracht plooï sterkte	f_{bv}	=	n.v.t.	139 N/mm ²
dwarskracht plooï capaciteit	$V_{b,Rd}$	=	n.v.t.	364 kN/m ¹
unity check (≤ 1)		=	n.v.t.	0.32 -

toetsing normaalkracht			<u>intieel</u>	<u>gecorrodeerd</u>
rekenwaarde normaalkracht capaciteit	$N_{pl,Rd}$	=	4782	2475 kN/m ¹
unity check (≤ 1)		=	0.04	0.08 -

toetsing knik			<u>intieel</u>	<u>gecorrodeerd</u>
kritische normaalkracht	N_{cr}	=	7588	5296 kN/m ¹
unity check kritische normaalkracht	N_{Ed}/N_{cr}	=	0.026	0.038 -
controle knik?	$N_{Ed}/N_{cr} > 0.04$	=	nee	nee -
slankheid dwarsdoorsnede	λ	=	n.v.t.	n.v.t. -
imperfectiefactor (knikkromme d)	α	=	n.v.t.	n.v.t. -
factor $\Phi = 0.5[1+\alpha(\lambda - 0.2)+\lambda^2]$	Φ	=	n.v.t.	n.v.t. -
reductiefactor voor knikvorm	χ	=	n.v.t.	n.v.t. -
buckling check (≤ 1)		=	n.v.t.	n.v.t. -

toetsing buigend moment + normaalkracht			<u>intieel</u>	<u>gecorrodeerd</u>
normaalkracht verwaarlozen?		=	ja	ja -
(gereduceerde) momentcapaciteit	$M_{N,Rd}$	=	n.v.t.	n.v.t. kNm/m ¹
unity check (≤ 1)		=	n.v.t.	n.v.t. -

toetsing buigend moment + normaalkracht + shear force			<u>intieel</u>	<u>gecorrodeerd</u>
reductie door dwarskracht nodig?	$V_{Ed} > 50\% V_{pl,Rd}$	=	n.v.t.	n.v.t. -
(gereduceerde) vloeigrens (door V)	$f_{y,V}$	=	n.v.t.	n.v.t. N/mm ²
(gereduceerde) momentcapaciteit (door V)	$M_{c,V,Rd}$	=	n.v.t.	n.v.t. kNm/m ¹
(gereduceerde) normaalkracht capaciteit (door V)	$N_{pl,V,Rd}$	=	n.v.t.	n.v.t. kN/m ¹
(gereduceerde) momentcapaciteit (door V+N)	$M_{N,V,Rd}$	=	n.v.t.	n.v.t. kNm/m ¹
unity check (≤ 1)		=	n.v.t.	n.v.t. -

III

BIJLAGE: BEREKENING GROUTINJECTIEANKERS

project: DO De Liesbosch

projectcode: 101988

onderdeel: Geotechnisch ontwerp verankerde damwand langs geluidsscherm

adviseur: ing. J.W. van den Berg

datum opgesteld: 11-09-2017

TITEL

Berekening van groutinjectieankers conform CUR 166, 6e druk, deel 1+2, 2012

Berekening van de gording conform EN 1993-1-1+C2:2011

Veiligheidsfactoren conform NEN 9997-1+C1:2012

UITGANGSPUNTEN

belasting per strekkende meter

richting ingevoerde belasting		=	onder hoek -
CUR stap 6.1-6.4	$P_{\max (6.1-6.4)}$	=	123 kN/m ¹
CUR stap 6.5	P_{rep}	=	86 kN/m ¹
CUR stap 6.5 x 1,2	$P_{\text{rep}} \times 1,2$	=	103 kN/m ¹
MAX($P_{\max (6.1-6.4)}$; $P_{\text{rep}} \times 1,2$)	$P_{\max}$	=	123 kN/m ¹

belasting per anker

horizontaal (BGT)	$P_{\text{rep,hor}}$	=	170 kN/anker
horizontaal (UGT)	$P_{\max,hor}$	=	243 kN/anker
onder hoek (BGT)	P_{rep}	=	241 kN/anker
onder hoek (UGT)	$P_{\max}$	=	344 kN/anker

rekenwaarde belasting constructieve onderdelen

ankerstang (= 1,25 x $P_{\max}$)	P_d	=	429 kN/anker
groutlichaam (= 1,10 x $P_{\max}$)	$P_{\text{gr,d}}$	=	378 kN/anker
gording (= 1,10 x $P_{\max,hor}$)	$P_{\text{g,d}}$	=	267 kN/anker
(= $P_{\text{g,d}} / a$)	$q_{\text{hor,Ed}}$	=	95 kN/m ¹

veiligheidsfactoren en benodigde controles

veiligheidsklasse		=	RC2
tijdelijke of permanente constructie?		=	permanent
controle op ankeruitval benodigd?		=	ja
controleproef op ieder anker benodigd?		=	ja
reductiefactor	ξ_a	=	1.00 -
partiële materiaalfactor	γ_a	=	1.20 -

partiële factoren stalen gording

partiële materiaalfactor	γ_{M0}	=	1.00 -
partiële materiaalfactor CAL	$\gamma_{M0,CAL}$	=	1.00 -
partiële factor permanente belasting	γ_G	=	1.20 -
partiële factor variabele belasting	γ_Q	=	1.50 -
partiële factor belasting calamiteit	γ_{CAL}	=	1.00 -

corrosie

berekening corrosie		=	per jaar
---------------------	--	---	----------

		<u>ankerstaaf</u>	<u>gording</u>
corrosie per jaar	=	0.035	0.012 mm/jaar rondom
levensduur	=	50	50 jaar
corrosie tijdens levensduur	=	1.75	0.60 mm rondom

algemeen

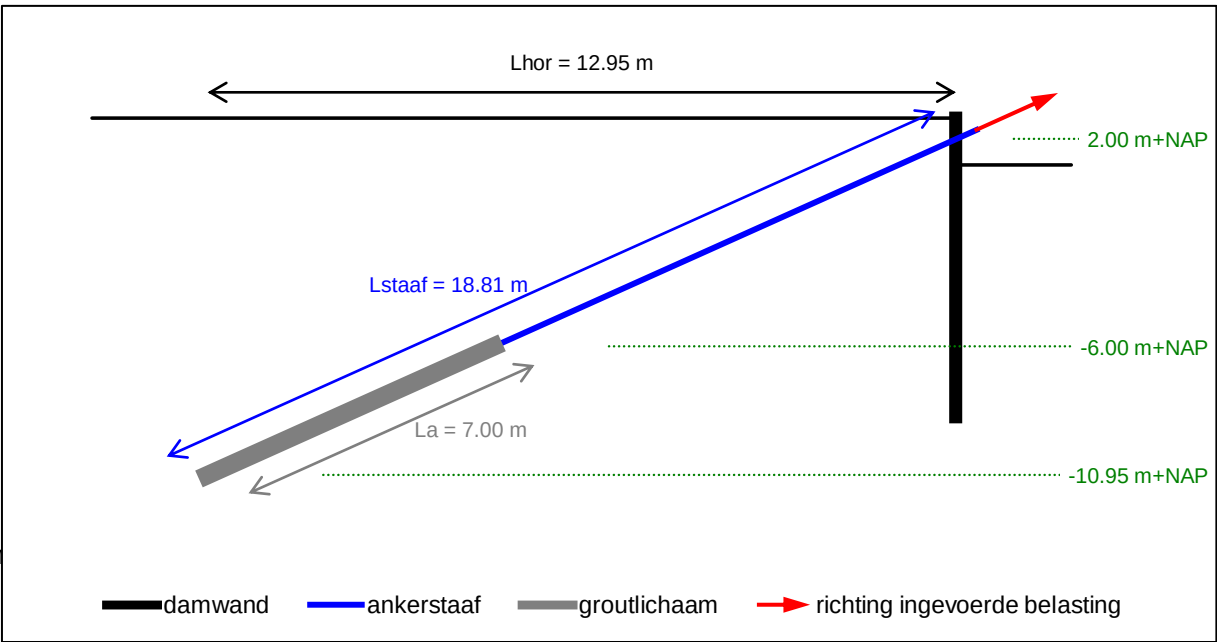
taal	=	NL
refentieniveau	=	NAP
maatgevende sondering	=	DKM8

geometrie algemeen

maaiveldniveau actieve zijde	=	2.80 m+NAP
maaiveldniveau passieve zijde	=	1.00 m+NAP
bovenkant damwand	=	2.80 m+NAP
onderkant damwand	=	-8.70 m+NAP

geometrie verankering

anker zijde		=	links -
hoek ankers met horizontaal	α	=	45 °
hart-op-hart afstand	a	=	2.80 m
overlengte ankerstang	L_{over}	=	0.50 m
verankeringsniveau		=	2.00 m+NAP
bovenkant groutlichaam		=	-6.00 m+NAP
onderkant groutlichaam		=	-10.95 m+NAP
lengte groutlichaam	L_A	=	7.00 m
lengte ankerstang	L_{staaf}	=	18.81 m
horizontale lengte achter damwand	L_{hor}	=	12.95 m



BEREKENING VAN ANKERSTAAF, GROUTLICHAAM EN GORDING

ankerstaaf

type ankerstaaf

Leeuwanker 60,3x12,5

buitendiameter	D_o	=	60.3 mm
binnendiameter	D_i	=	35.3 mm
wanddikte	t	=	12.5 mm
--		=	--
--		=	--
oppervlakte doorsnede	A_{mitg}	=	1877 mm ²
oppervlakte doorsnede met corrosie	$A_{\text{mitg,corr}}$	=	1555 mm ²
staalkwaliteit		=	E470
vloeispanning	$f_{y,d}$	=	550 N/mm ²
breukspanning	$f_{t,d}$	=	720 N/mm ²
MIN($f_{y,d}$; $f_{t,d} / 1,4$)	$f_{\max,d}$	=	514 N/mm ²

groutlichaam

standaard diameter schroefblad	$D_{\text{stand.}}$	=	180 mm
toegepaste diameter schroefblad	D_{keuze}	=	180 mm
overpersing diameter	D_{extra}	=	20 mm
diameter groutlichaam	D_{totaal}	=	200 mm
omtrek groutlichaam	O	=	628 mm

bovenkant groutlichaam		=	-6.00 m+NAP
onderkant groutlichaam		=	-10.95 m+NAP
lengte groutlichaam	L_A	=	7.00 m

schachtwrijvingsfactor	α_t	=	0.015 -
gemiddelde conusweerstand	$q_{c,gem}$	=	7.0 MPa
representatieve houdkracht per meter	$f_{K,rep}$	=	66.0 kN/m

controle ankerstaaf

rekenwaarde sterkte ankerstaaf	$R_{t,d}$	=	800 kN
ontwerpbelasting ankerstaaf	P_d	=	429 kN

controle sterkte ankerstaaf (unity check ≤ 1)

0.54 -

controle groutlichaam

minimale houdkracht groutlichaam	$R_{a,min}$	=	462 kN
karakterisitieke houdkracht groutlichaam	$R_{a,k}$	=	462 kN
rekenwaarde houdkracht groutlichaam	$R_{a,d}$	=	385 kN
ontwerpbelasting groutlichaam	$P_{\text{gr,d}}$	=	378 kN

controle houdkracht groutlichaam (unity check ≤ 1)

0.98 -

project: DO De Liesbosch

projectcode: 101988

onderdeel: Geotechnisch ontwerp verankerde damwand langs geluidsscherm

adviseur: ing. J.W. van den Berg

datum opgesteld: 11-09-2017

CONTROLE CAPACITEIT BIJ ANKERUITVAL

veiligheidsklasse: RC2

voor veiligheidsklasse RC2 dient de uitval van een anker voor alle damwandconstructies gecontroleerd worden.
de resultaten hieronder dienen gebruikt te worden voor zowel tijdelijke als permanente damwandconstructies.

ankerstaaf bij ankeruitval

belasting ankerstang (BGT x 1,5)	$P_{rep} \times 1,5$	=	362 kN		
rekenwaarde sterkte ankerstang	$R_{t,d}$	=	800 kN	controle ankerstaaf bij ankeruitval (unity check ≤ 1)	0.45 -

groutlichaam bij ankeruitval

belasting groutlichaam (BGT x 1,5)	$P_{rep} \times 1,5$	=	362 kN		
representatieve houdkracht groutlichaam	$R_{a,rep}$	=	462 kN	controle groutlichaam bij ankeruitval (unity check ≤ 1)	0.78 -

gording bij ankeruitval

hart-op-hart afstand (x 2,0)	$a \times 2,0$	=	5.60 m		
doorsnede klasse (incl. corrosie)		=	1 -		
$\rightarrow$ Voor profielklasse 1 en 2 is de gording getoetst met plastische eigenschappen bij ankeruitval. Dit betekent dat het plastisch weerstandmoment gebruikt is ($W_{y,pl}$ en $W_{z,pl}$), plastische scharnieren kunnen ontstaan (factor ligger = 1/16) en het (gereduceerde) vloeimoment van de sterke as is berekend conform EN 1993-1-1 art. 6.2.8(5) i.p.v. 6.2.8(3).					

plastische eigenschappen HEA240 (gecorrodeerd)

plastisch weerstandsmoment sterke as	$W_{y,pl,corr}$	=	669 cm ³		
plastisch weerstandsmoment zwakke as	$W_{z,pl,corr}$	=	313 cm ³		
oppervlakte lijf ($\rightarrow M_{y,V,CAL,Rd}$)	$A_{w,corr}$	=	1033 mm ²		
lijfdikte ($\rightarrow M_{y,V,CAL,Rd}$)	$t_{w,corr}$	=	6.3 mm ²		

factor ligger (plastisch)	$f = 1 /$	=	16 -		
---------------------------	-----------	---	------	--	--

horizontale belasting op gording

horizontale belasting vanuit de ankers	$q_{hor,CAL}$	=	61 kN/m ¹		
--	---------------	---	----------------------	--	--

verticale belasting op gording

eigen gewicht profiel	$q_{eg,CAL}$	=	0.60 kN/m ¹		
profiel gevuld met grond OF	$q_{grond,CAL}$	=	0.76 kN/m ¹		
oneigenlijk gebruik v.d. gording	$F_{puntiast,CAL}$	=	10 kN		

controle gording

controle dwarskracht

rekenwaarde dwarskrachtcapaciteit	$V_{pl,CAL,Rd}$	=	309 kN		
ontwerpbelasting dwarskracht	$V_{z,CAL,Ed}$	=	170 kN		

controle sterkte gording (unity check ≤ 1)					0.55 -
--	--	--	--	--	--------

reductie van vloeigrens

reductie door dwarskracht nodig?	$V_{Ed} > 0.5 V_{pl,Rd}$	=	ja		
reductiefactor door dwarskracht	ρ	=	0.01 -		
gereduceerde vloeigrens	$f_{y,V}$	=	237 N/mm ²		

controle buigend moment

rekenwaarde momentcapaciteit sterke as	$M_{y,V,CAL,Rd}$	=	161 kNm		
rekenwaarde momentcapaciteit zwakke as	$M_{z,V,CAL,Rd}$	=	74 kNm		
ontwerpbelasting buigend moment sterke as	$M_{y,CAL,Ed}$	=	119 kNm		
ontwerpbelasting buigend moment zwakke as	$M_{z,CAL,Ed}$	=	8 kNm		

controle sterkte gording (unity check ≤ 1)					0.66 -
--	--	--	--	--	--------

SAMENVATTING

verificatie	type	situatie	belasting	weerstand	eenheid	unity check	check
verificatie ankerstaaf	Leeuwanker 60,3x12,5; L = 18.81 m	standaard	429	800	kN	0.54	OK
	hart-op-hart afstand = 2.80 m	ankeruitval	362	800	kN	0.45	OK
verificatie groutlichaam	D = 200 mm; L = 7.00 m;	standaard	378	385	kN	0.98	OK
	van -6.00 tot -10.95 m+NAP	ankeruitval	362	462	kN	0.78	OK

IV

BIJLAGE: DAMWANDBEREKENING D-SHEET PILING

Report for D-Sheet Piling 17.1

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Date of report: 9/11/2017
Time of report: 4:10:38 PM

Date of calculation: 9/11/2017
Time of calculation: 4:00:37 PM

Filename: D:\..\101988 DO De Liesbosch\03. berekeningen\damwand_km 280

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Summary	3
2.1 Overview per Stage and Test	3
2.2 Anchors and Struts	3
2.3 Overall Stability per Stage	4
3 Input Data for all Stages	5
3.1 General Input Data	5
3.2 Sheet Piling Properties	5
3.2.1 General properties	5
3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)	5
3.2.3 Maximum allowable moments	5
3.2.4 Properties for vertical balance	5
3.3 Calculation Options	5
4 Overall Stability Stage 1: damwand	7
4.1 Overall Stability	7
5 Overall Stability Stage 2: aanvulling, verankering en voorspanning	8
5.1 Overall Stability	8
6 Overall Stability Stage 3: Bouwfase belasting	9
6.1 Overall Stability	9
7 Overall Stability Stage 4: Gebruiksfase	10
7.1 Overall Stability	10

2 Summary

2.1 Overview per Stage and Test

Stage nr.	Verification type	Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Vertical balance
1	EC7(NL)-Step 6.1		-107,84	50,50	0,0	37,5	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.2		-100,87	50,51	0,0	37,4	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.3		-92,84	-45,53	0,0	38,4	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.4		-77,38	-40,56	0,0	38,1	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.5	34,0	-46,41	-32,17	0,0	24,1	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20		-55,69	-38,60			
2	EC7(NL)-Step 6.1		-169,09	91,57	41,1	47,7	Sufficient
2	EC7(NL)-Step 6.2		-168,37	91,48	40,4	47,3	Sufficient
2	EC7(NL)-Step 6.3		-153,91	79,57	40,1	47,6	Sufficient
2	EC7(NL)-Step 6.4		-150,01	77,64	38,7	46,6	Sufficient
2	EC7(NL)-Step 6.5	33,2	-70,34	-56,92	22,5	27,8	Sufficient
2	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20		-84,41	-68,30			
3	EC7(NL)-Step 6.1		-167,04	104,87	46,6	53,3	Sufficient
3	EC7(NL)-Step 6.2		-181,08	116,49	48,5	55,2	Upwards
3	EC7(NL)-Step 6.3		-159,23	-96,72	45,7	53,2	Sufficient
3	EC7(NL)-Step 6.4		-170,27	103,68	46,6	54,3	Upwards
3	EC7(NL)-Step 6.5	40,2	-95,23	-79,13	25,6	31,7	Sufficient
3	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20		-114,28	-94,96			
4	EC7(NL)-Step 6.1		154,02	-83,42	60,1	65,0	Sufficient
4	EC7(NL)-Step 6.2		141,30	100,58	64,9	69,6	Sufficient
4	EC7(NL)-Step 6.3		149,88	-85,72	59,4	65,2	Sufficient
4	EC7(NL)-Step 6.4		136,82	97,32	63,6	69,2	Upwards
4	EC7(NL)-Step 6.5	43,3	98,72	-76,43	32,7	39,0	Sufficient
4	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20		118,46	-91,72			
Max		43,3	-181,08	116,49	64,9	69,6	Sufficient

2.2 Anchors and Struts

Stage nr.	Verification type	Anchor/strut Leeuwanker 60.3*12.5 (g.)	
		Force [kN]	State
2	EC7(NL)-Step 6.1	50,00	Elastic
2	EC7(NL)-Step 6.2	50,00	Elastic
2	EC7(NL)-Step 6.3	50,00	Elastic
2	EC7(NL)-Step 6.4	50,00	Elastic
2	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20	60,00	Elastic
3	EC7(NL)-Step 6.1	109,17	Elastic
3	EC7(NL)-Step 6.2	106,67	Elastic
3	EC7(NL)-Step 6.3	106,74	Elastic
3	EC7(NL)-Step 6.4	104,51	Elastic
3	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20	101,39	Elastic
4	EC7(NL)-Step 6.1	122,70	Elastic
4	EC7(NL)-Step 6.2	120,72	Elastic
4	EC7(NL)-Step 6.3	118,63	Elastic
4	EC7(NL)-Step 6.4	116,20	Elastic
4	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20	103,32	Elastic
Max		122,70	

Due to multiplication of the representative value a force bigger than yield or buckling force may be present.

2.3 Overall Stability per Stage

Stage name	Stability factor [-]
damwand	2,48
aanvulling, vera...	2,38
Bouwfase belas...	2,35
Gebruiksfase	1,63

3 Input Data for all Stages

3.1 General Input Data

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

Model	Sheet piling
Check vertical balance	Yes
Number of construction stages	4
Unit weight of water	10,00 kN/m³
Number of curves for spring characteristics	3
Unloading curve on spring characteristic	No
Elastic calculation	Yes

3.2 Sheet Piling Properties

Length	11,50 m
Level top side	2,80 m
Number of sections	1
P _{r,max;point}	6,00 MPa
Xi factor	1,39

3.2.1 General properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Acting width [m]
AZ 13-700 corr	-8,70	2,80	Steel	1,00

3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

Section name	Elastic stiffness EI [kNm²/m']	Red. factor on EI [-]	Corrected elas. stiffness EI [kNm²]	Note to reduction factor
AZ 13-700 corr	3,0106E+04	1,00	3,0106E+04	

3.2.3 Maximum allowable moments

Section name	Mr;char;el [kNm/m']	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Mr;d;el [kNm]
AZ 13-700 corr	245,07	1,00	1,00	1,00	245,07

3.2.4 Properties for vertical balance

Section name	From [m]	To [m]	Height [mm]	Coating area [m²/m² wall]	Section area [cm²/m']
AZ 13-700 corr	-8,70	2,80	315,00	1,22	92,00

3.3 Calculation Options

First stage represents initial situation	No
Calculation refinement	Fine
Reduce delta(s) according to CUR	Yes
Verification	EC7 NA NL - method A: Partial factors (design values) in all sta Eurocode 7 using the factors as described in the National Annex of the Netherlands. It is basically design approach III.

Multiplication factor for anchor stiffness 1,000

Used partial factor set RC 2

Factors on loads	
- Permanent load, unfavourable	1,00
- Permanent load, favourable	1,00
- Variable load, unfavourable	1,10
- Variable load, favourable	0,00

Material factors	
- Cohesion	1,25
- Tangent phi	1,18
- Delta (wall friction angle)	1,18
- Modulus of low representative subgrade reaction	1,30

Geometry modification	
- Increase retaining height	10,00 %
- Maximum increase retaining height	0,50 m
- Reduction in phreatic line on passive side	0,25 m
- Raise in phreatic line on passive side	0,25 m
- Raise in phreatic line on active side	0,05 m

Overall stability factors	
- Cohesion	1,45
- Tangent phi	1,25
- Factor on unit weight soil	1,00

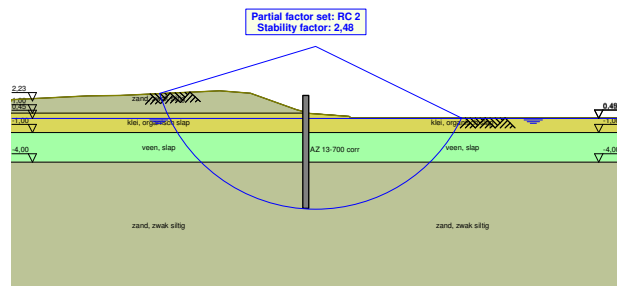
Vertical balance factors	
- Partial factor base resistance (gamma_b)	1,20

4 Overall Stability Stage 1: damwand

Stability factor : 2,48

4.1 Overall Stability

Overall Stability - Stage 1: damwand

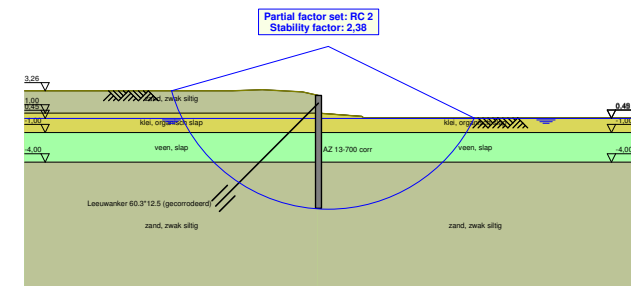


5 Overall Stability Stage 2: aanvulling, verankering en voorspanning

Stability factor : 2,38

5.1 Overall Stability

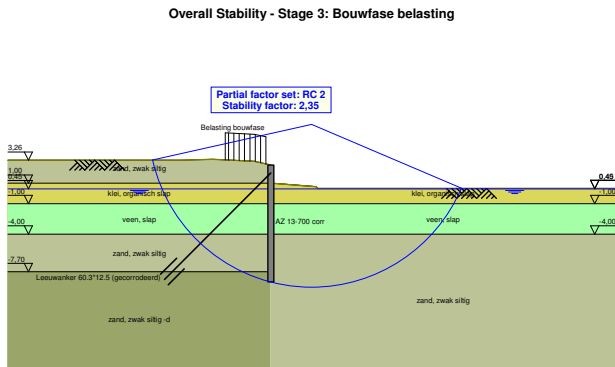
Overall Stability - Stage 2: aanvulling, verankering en voorspanning



6 Overall Stability Stage 3: Bouwfase belasting

Stability factor : 2,35

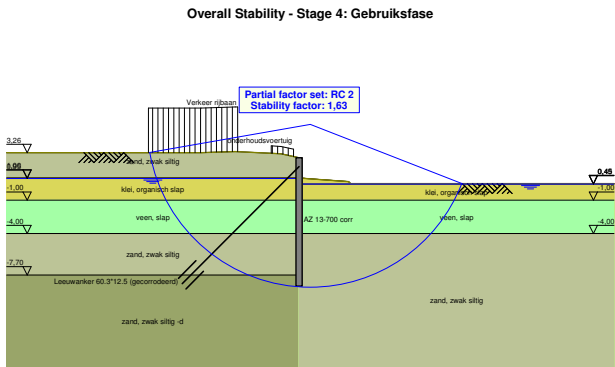
6.1 Overall Stability



7 Overall Stability Stage 4: Gebruiksphase

Stability factor : 1,63

7.1 Overall Stability



End of Report