

GEOTECHNISCH ONDERZOEK EN
FUNDERINGSADVIES
betreffende

**NIEUWBOUW WONINGEN PLAN
TICHELLANDE TE DRUTEN**

Opdrachtnummer: 6012-0076-003

Opdrachtgever : Van Wanrooij Projectontwikkeling BV
Postbus 4
5386 ZG GEFFEN

Datum grondonderzoek : 12 t/m 18 november 2014

Projectleider : ir. W.H.J. van der Velden
Groepshoofd Geo-Advies Oost

Opgesteld door : F.M van Melzen
Adviseur Geotechniek

Gecontroleerd door : Ir. J.H.M. Vloemans
Adviseur Geotechniek

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	27 november 2014	Eerste versie	WHV

FILE: 6012-0076-003_31.R01.docx

<u>INHOUDSOPGAVE</u>	<u>Blz.</u>
1. ALGEMENE TOELICHTING	1
1.1. Inleiding	1
1.2. Projectomschrijving	1
2. GEOTECHNISCH ONDERZOEK EN BODEMGESTELDHEID	2
2.1. Algemeen	2
2.2. Globale bodemgesteldheid	2
2.3. Grondwaterstanden en stijghoogten	2
3. FUNDERINGSADVIES	3
3.1. Algemeen	3
3.2. Uitgangspunten	3
3.3. Op druk belaste palen	4
4. UITVOERING	8
<u>BIJLAGEN</u>	<u>Nr.</u>
<u>Geotechnisch onderzoek</u>	
- Rapportage Geotechnisch Veldwerk	
<u>Funderingsadvies</u>	
- Berekening negatieve kleef	A1
- Berekening en toetsing rekenwaarde netto draagkracht	A2
<u>Uitvoering</u>	
- "Uitvoering Heiwerk"	

1. ALGEMENE TOELICHTING

1.1. Inleiding

Op 3 november 2014 ontving Fugro GeoServices B.V. te Arnhem van Van Wanrooij Projectontwikkeling B.V. te Geffen de opdracht voor het uitvoeren van een geotechnisch onderzoek alsmede het uitbrengen van een funderingsadvies voor het project "Nieuwbouw woningen plan Tichellande te Druten".

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

Dit rapport bevat:

- een korte projectomschrijving;
- een beschrijving van het uitgevoerde geotechnisch onderzoek en de bodemgesteldheid (hoofdstuk 2);
- een funderingsadvies en berekening van de draagkracht (hoofdstuk 3);
- aanbevelingen met betrekking tot de uitvoering (hoofdstuk 4).

1.2. Projectomschrijving

De projectlocatie is gelegen in nieuwbouwplan Tichellande te Druten, ten zuiden van de Waalbandijk in het oosten van Druten. Het plan betreft de nieuwbouw van woningen voor fase 2014 (fase 3B en 5).

Het plan is opgedeeld in drie delen: fase 2012, fase 2013 en fase 2014. Onbekend is of de woningen van fase 2012 en fase 2013 reeds (deels) gebouwd zijn.

Bovenstaande gegevens zijn door de constructeur verstrekt.

Voor nadere gegevens omtrent de constructie verwijzen wij u naar de berekeningen en tekeningen van de constructeur.

2. GEOTECHNISCH ONDERZOEK EN BODEMGESTELDHEID

2.1. Algemeen

Het geotechnisch onderzoek voor dit project heeft bestaan uit een veldwerkonderzoek.

De resultaten hiervan, eventuele afwijkingen van de opdracht en opmerkingen zijn gepresenteerd in de bijlagen "Rapportage Geotechnisch Veldwerk".

2.2. Globale bodemgesteldheid

De maaiveldniveaus ter plaatse van de sondeerlocaties varieerden ten tijde van het onderzoek van NAP +7,86 m tot NAP +6,44 m.

Op basis van het geotechnisch onderzoek kan de bodemgesteldheid globaal worden geschematiseerd zoals in tabel 2-1 is weergegeven.

tabel 2-1: Globale bodemgesteldheid

Diepte in m t.o.v. NAP			Bodembeschrijving	
+7,5 à 6,5	tot	+2,0 à +0,5	Klei	Plaatselijk doorsneden met zand laagjes
+2,0 à +0,5	tot	-12,0 à -13,5	Zand	los tot vast gepakt, bij DKM77, DKM81, DKM88 en DKM91 doorsneden met een klei-/veenlaagje op een diepte van circa NAP -5,5 m à -6,5 m
-12,0 à -13,5			Maximaal verkende diepte	

2.3. Grondwaterstanden en stijghoogten

Tijdens de uitvoering van het grondonderzoek is de grondwaterstand in de sondeergaten aangetroffen op 0,5 m tot 1,5 m beneden maaiveld, hetgeen overeenkomt met circa NAP +6,5 m tot NAP +5,1 m. Deze grondwaterstand is een éénmalige opname en bedoeld als een oriënterend gegeven. De grondwaterstand kan in de tijd fluctueren onder invloed van weersgesteldheid en de seizoenen.

3. FUNDERINGSADVIES

3.1. Algemeen

Gezien de aangetroffen bodemgesteldheid en de aard van de bebouwing komt voor dit project uitsluitend een fundering op palen in aanmerking.

In overleg met de constructeur is uitgegaan van de toepassing van prefab betonpalen. Deze funderingsoplossing is in paragraaf 3.2 nader uitgewerkt.

Op de projectlocatie is nieuwbouw aanwezig. Volgens opgave van de opdrachtgever bevinden zich belendingen op een afstand van circa 15 m ter plaatse van fase 3B en circa 23 m ter plaatse van fase 5. Gezien de beperkte inheidiepte van de palen en de aard van de bestaande bebouwing wordt een geheel paalsysteem voor fase 3B en 5 niet als onhaalbaar beschouwd. Tijdens de uitvoering dient echter ruim aandacht te worden besteed aan trillingsrisico's, zie ook hoofdstuk 4. Overwogen kan worden een trillingsvrij paalsysteem toe te passen teneinde gevolgschade tijdens het heien te voorkomen.

Het funderingsadvies voor dit project is opgesteld conform de norm geotechniek NEN 9997-1. Het mede op basis van dit advies gemaakte funderingsontwerp dient achteraf te worden getoetst aan de geldende geotechnische normen.

In het ontwerpstadium zijn in het algemeen geen gedetailleerde gegevens beschikbaar met betrekking tot het palenplan, de exacte paalbelastingen, de gebouwstijfheid en de vervormingseisen. Derhalve wordt in dit stadium van het project volstaan met de toetsing van de uiterste grenstoestand (UGT) type B op sterkte. Voor de meeste paaltypen, zoals grondverdringende palen en avegaarpalen met relatief kleine diameter, is deze grenstoestand veelal maatgevend, zodat hiermee ook de andere grenstoestanden worden ondervangen.

Voor de paalfundering is uitgegaan van verticaal, centrisc en op druk belaste palen. Momenten, trekbelastingen en horizontale belastingen zijn niet beschouwd.

3.2. Uitgangspunten

Voor de uitwerking van het funderingsadvies voor dit project zijn de volgende door de constructeur verstrekte uitgangspunten gehanteerd:

- Het PEIL van de nieuwbouw bedraagt:
 - ca. NAP +8,4 m voor kavel 61 t/m 63 van blok 1 in fase 3B
 - ca. NAP +8,15 m voor kavel 64 t/m 66 van blok 1 in fase 3B
 - ca. NAP +7,95 m voor kavel 67 t/m 69 van blok 2 in fase 3B
 - ca. NAP +7,7 m voor kavel 70 t/m 72 van blok 2 in fase 3B
 - ca. NAP +7,4 m voor fase 5
- Het voornemen is prefab betonpalen toe te passen. De afstand tot de bestaande bebouwing bedraagt minimaal circa 15 m ter plaatse van fase 3B en minimaal circa 23 m ter plaatse van fase 5.
- De nieuwbouw wordt niet voorzien van een kelder.
- De rekenwaarde voor de paalbelasting bedraagt 400 à 450 kN.
- Aangenomen wordt dat het terrein zal worden opgehoogd tot circa PEIL -0,1 m.

3.3. Op druk belaste palen

Voor het funderingsadvies voor op druk belaste palen is voor diverse schachtafmetingen prefab betonpalen op gekozen paalpuntniveaus de rekenwaarde van de draagkracht van de palen bepaald. De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in tabel 3-1.

tabel 3-1: Paalpuntniveaus en rekenwaarden van de paal draagkracht

Sondering nr.	Maaiveldhoogte in m t.o.v. NAP	Paalpuntniveau in m t.o.v. NAP	$R_{net;d}$ in kN Prefab beton - geheid		
			□ 250 mm	□ 290 mm	□ 320 mm
DKM69	+7,86	0,0	300	370	430
		-0,5	310	390	460
		-1,0	320	420	490
		-1,5	340	430	510
		-2,0	380	490	580
DKM70	+7,66	+ 0,5	360	460	540
		0,0	390	490	570
		-0,5 od	520	650	760
DKM71	+7,00	+ 1,0	390	500	590
		+ 0,5	470	590	680
		0,0	530	670	780
		-0,5 od	570	740	880
DKM72	+7,51	+ 0,5	370	390	420
		0,0	290	370	430
		-0,5	300	390	460
		-1,0	350	480	580
		-1,5 #, od	420	540	650
DKM73	+7,19	+ 1,0	410	520	610
		+ 0,5	470	600	690
		0,0 od	510	670	770
DKM74	+7,23	+0,5	330	430	490
		0,0	370	460	540
		-0,5	410	520	610
DKM75	+7,04	+ 0,5	300	400	470
		0,0	370	470	550
		-0,5	390	510	590
DKM76	+7,05	+ 0,5	340	430	500
		0,0 od	410	510	600
DKM77	+6,83	0,0	270	340	400
		-0,5	320	400	460
		-1,0	370	490	570
		-1,5	400	530	620
DKM78	+6,68	-0,5	285	360	420
		-1,0	380	490	580
		-1,5	520	690	810

Sondering nr.	Maaiveldhoogte in m t.o.v. NAP	Paalpuntniveau in m t.o.v. NAP	$R_{net,d}$ in kN Prefab beton - geheid		
			□ 250 mm	□ 290 mm	□ 320 mm
DKM79	+6,76	0,0	285	370	440
		-0,5	350	450	530
		-1,0 od	440	560	660
DKM80	+6,65	+ 0,5	320	410	490
		0,0	400	510	600
		-0,5 od	440	560	660
DKM81	+6,61	+ 0,5	240	300	360
		0,0	350	450	530
		-0,5 od	400	520	620
DKM82	+6,68	+ 0,5	330	390	450
		0,0	340	430	500
		-0,5	350	440	530
		-1,0 od	450	590	710
DKM83	+6,80	+ 0,5	340	430	510
		0,0	410	530	620
		-0,5 od	470	620	740
DKM84	+6,54	-0,5	240	310	360
		-1,0	245	320	390
		-1,5 #	480	630	750
DKM85	+6,72	+ 0,5	270	330	390
		0,0	370	480	550
		-0,5	410	530	640
		-1,0 od	500	650	770
DKM86	+6,67	+ 0,5	350	450	520
		0,0	430	540	630
		-0,5	440	570	680
		-1,0 od	470	600	710
DKM87	+6,72	+ 0,5	360	420	490
		0,0	380	460	500
		-0,5	350	450	540
		-1,0	370	470	560
		-1,5	410	520	620
DKM88	+6,76	+ 1,5	330	420	510
		+ 1,0	400	510	600
		+ 0,5	470	560	600
		0,0	450	580	680
		-0,5	480	620	730
DKM89	+6,74	+ 0,5	520	610	710
		0,0	520	680	790
		-0,5 od	540	700	830

Sondering nr.	Maaiveldhoogte in m t.o.v. NAP	Paalpuntniveau in m t.o.v. NAP	$R_{net,d}$ in kN Prefab beton - geheid		
			□ 250 mm	□ 290 mm	□ 320 mm
DKM90	+6,90	+ 0,5	320	410	480
		0,0	400	500	580
		-0,5 od	460	590	690
DKM91	+6,98	0,0	300	390	460
		-0,5	380	470	550
		-1,0	420	540	620
DKM92	+6,89	-0,5	290	360	420
		-1,0	360	460	540
		-1,5	400	520	620
DKM93	+6,64	-0,50	270	350	410
		-1,00	390	500	590
		-1,50	430	520	610
DKM94	+6,84	+ 0,5	285	360	420
		0,0	330	420	480
		-0,5 od	400	530	630
DKM95	+6,62	0,0	260	330	390
		-0,5	330	420	500
		-1,0	380	500	590
		-1,5	450	590	690
DKM96	+6,72	-0,5	225	310	380
		-1,0	330	400	480
		-1,5	380	470	560
		-2,0 od	430	540	630
DKM97	+6,44	-1,5	320	420	500
		-2,0	440	570	680
		-2,5 nd	500	590	610
DKM98	+6,48	0,5	310	400	470
		0,0	400	510	600
		-0,5	470	610	720
		-1,0	520	670	790
		-1,5 od	550	700	840
DKM99	+6,53	+ 0,5	280	360	430
		0,0	350	450	530
		-0,5 od	450	570	670
DKM100	+6,50	+ 0,5	290	370	440
		0,0	340	440	500
		-0,5	390	500	580
		-1,0 od	420	540	640

Sondering nr.	Maaiveldhoogte in m t.o.v. NAP	Paalpuntniveau in m t.o.v. NAP	$R_{net;d}$ in kN Prefab beton - geheid		
			□ 250 mm	□ 290 mm	□ 320 mm
DKM101	+6,74	+ 0,5	310	400	470
		0,0	370	460	540
		-0,5 od	480	600	710
DKM102	+6,71	-0,5	260	330	390
		-1,0	320	420	510
		-1,5 #	430	550	660

Opmerkingen bij de tabel:

$R_{c;net;d}$ = rekenwaarde van de netto draagkracht van de paal, rekening houdend met negatieve kleef
(= $R_{c;d} - F_{nk;d}$).

nd = niet dieper heien/installeren. Op een dieper paalpuntniveau is de theoretische draagkracht minder dan de in de tabel vermelde waarde.

od = of dieper

= dit inheinniveau alleen toepassen bij sterk oplopende kalenders, anders ca. 0,25 à 0,5 m dieper niveau kiezen

Bij het indelen van het palenplan, dient het verschil in paalpuntniveau van naast elkaar gelegen vakken bij voorkeur niet groter dan ca. 2,0 m te worden gekozen.

De in de tabel gepresenteerde waarden voor de paal draagkracht zijn grondmechanische waarden. Door de constructeur dient te worden gecontroleerd of de bijbehorende paalschachtspanningen toelaatbaar zijn. Hierbij kan als bijdrage voor de rekenwaarde van de negatieve kleef ($F_{nk;d}$) 70 kN per m¹ paalomtrek worden gehanteerd. Bij heiafwijkingen kunnen de schachtspanningen in de paal maatgevend worden.

Voorbeeldberekeningen van de rekenwaarde van de negatieve kleef, netto draagkracht van een paal en de toetsing van UGT type B zijn gegeven in de bijlagen A1 en A2.

Voor de berekening van de rekenwaarde van de maximale draagkracht en de toetsing van de UGT type B volgens 7.6.2.3 van NEN 9997-1 zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Het project is geplaatst in geotechnische categorie 2.
- Omdat in dit stadium van het ontwerp de stijfheid van de constructie nog niet exact bekend is, is de stijfheid van de constructie niet in rekening gebracht. Volgens tabel A.10a van NEN 9997-1 is voor de factoren ξ_3 en ξ_4 een waarde van 1,39 gehanteerd.
- Bij de draagkrachtberekeningen is rekening gehouden met het optreden van negatieve kleef langs de paalschacht. Deze kan ontstaan door het optreden van zettingen in de samendrukbare lagen tot een diepte van NAP +2,0 à +0,5 m.
- Bij de draagkrachtberekeningen zijn de volgende paalfactoren aangehouden;
 - $\alpha_p = 1,0$
 - $\alpha_s = 0,010$
 - $\beta = 1,0$
 - $s = 1,0$
- Toetsing volgens de UGT type B houdt in dat voldaan moet worden aan:
 $F_{c;d} \leq (R_{c;d} - F_{nk;d})$. De vervormingsgrenstoestanden zijn, gezien de zeer geringe zakking van de palen onder invloed van de belasting, niet maatgevend.

4. UITVOERING

Het heiwerk van de prefab betonpalen dient te worden uitgevoerd door een gerenommeerd en op dit terrein gespecialiseerd bedrijf, bij voorkeur conform de KIWA beoordelingsrichtlijn BRL 2357 2002-03-14 ("*Heien van geprefabriceerde betonpalen*"). Toezicht dient plaats te vinden op basis van CUR Aanbeveling 114 "Toezicht op de realisatie van paalfunderingen".

Voor verdere informatie en aanbevelingen met betrekking tot de wijze van uitvoering van de heiwerkzaamheden wordt verwezen naar de bijlage "Uitvoering Heiwerk"

Door het heien van prefab betonpalen zullen trillingen worden opgewekt. De invloed van deze trillingen op de belendingen is afhankelijk van onder meer de staat en funderingswijze van deze belendingen. Gezien de afstanden van tenminste 15 m à 23 m tot de belendingen wordt geadviseerd tijdens het heien de trillingen te meten en op basis van de richtlijnen van de Stichting Bouw Research (SBR) te interpreteren. Eventueel kan het risico op trillingschade/-hinder nader worden beschouwd middels een trillingsrisicoanalyse. In gewenst kan Fugro dit verzorgen.

Teneinde de kans op schade aan nabijgelegen belendingen tijdens het heien te beperken, wordt geadviseerd navolgende maatregelen en uitgangspunten te hanteren:

- Een dagmaat tussen de nieuw te heien palen en de palen onder de belendingen aan te houden van ten minste 4 maal de grootste paaldiameter.
- Het heiwerk te beginnen met de palen op zo groot mogelijke afstand van de bestaande belendingen waarbij trillingsmetingen worden uitgevoerd. Op basis van de resultaten van de trillingsmeting kan het heiwerk gecontroleerd worden uitgevoerd en indien noodzakelijk worden bijgestuurd.
- Het paalpuntniveau van de direct naastliggende nieuwe palen niet dieper te kiezen dan het paalpuntniveau van de palen onder de belending.

RAPPORTAGE GEOTECHNISCH VELDWERK

Project	Nieuwbouw woningen plan Tichellande te Druten	Opdrachtnummer	6012-0076-003
Opdrachtgever	Van Wanrooij Projectontwikkeling BV Postbus 4 5386 ZG GEFFEN	Datum rapportage	21 november 2014
		Uitvoeringsperiode	12, 13 en 18 november 2014
Opgesteld door	F. de Valk		
Gecontroleerd door	R. Hoegge		
Projectleider	ir. W.H.J. van der Velden		
Documentnaam	6012-0076-003_21.KR01.doc		

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

Tot deze rapportage behoren de volgende bijlagen:

- Situatietekening
- Sonderingen
- Continu Elektrisch Sonderen
- Legenda Terreinproeven en Grondsoorten

1. GEOTECHNISCH VELDWERK

Het geotechnisch veldwerk voor deze fase van het project heeft bestaan uit 34 sonderingen met meting van de plaatselijke wrijvingsweerstand. In verband met het niet toegankelijk zijn van een deel van de project locatie op de dag van uitvoering is dit projectdeel in 2 fases uitgevoerd.

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

2. COORDINATEN EN HOOGTE VAN ONDERZOEKSPUNTEN

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

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

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

3. SONDEREN

Het sonderen is uitgevoerd conform de vigerende richtlijnen en de NEN-EN-ISO 22476-1. Een beschrijving van de gevolgde meet- en registratiemethode is gegeven in de bijlage "Continu Elektrisch Sonderen".

Wanneer de sonderingen gebruikt worden voor de toetsing van geotechnische constructies dient de aard en omvang van het grondonderzoek te voldoen aan 3.2.3 van NEN 9997-1.

In verband met de mogelijke aanwezigheid van kabels en leidingen is ter plaatse van de sondeerlocaties DKM69 en DKM70 voorgeboord. Na het sonderen zijn deze locaties vanaf maaiveld 3 meter afgedicht met zwelklei.

In verband met de aanwezigheid van een gronddepot op de dag van uitvoering is sondering DKM69 enige meters verplaatst.

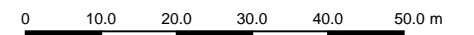
Sondering DKM83 kon niet dieper gemaakt worden dan 11,5 m – MV, omdat op deze diepte de maximale capaciteit van het equipment werd bereikt.

4. GRONDWATERSTAND

Tijdens de uitvoering van het grondonderzoek is de grondwaterstand in de sondeergaten aangetroffen op 0,5 m tot 1,5 m beneden maaiveld, hetgeen overeenkomt met circa NAP +6,5 m tot NAP +5,1 m. Deze grondwaterstand is een eenmalige opname en bedoeld als een oriënterend gegeven. De grondwaterstand kan in de tijd fluctueren onder invloed van de weersgesteldheid en de seizoenen.

5. 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.



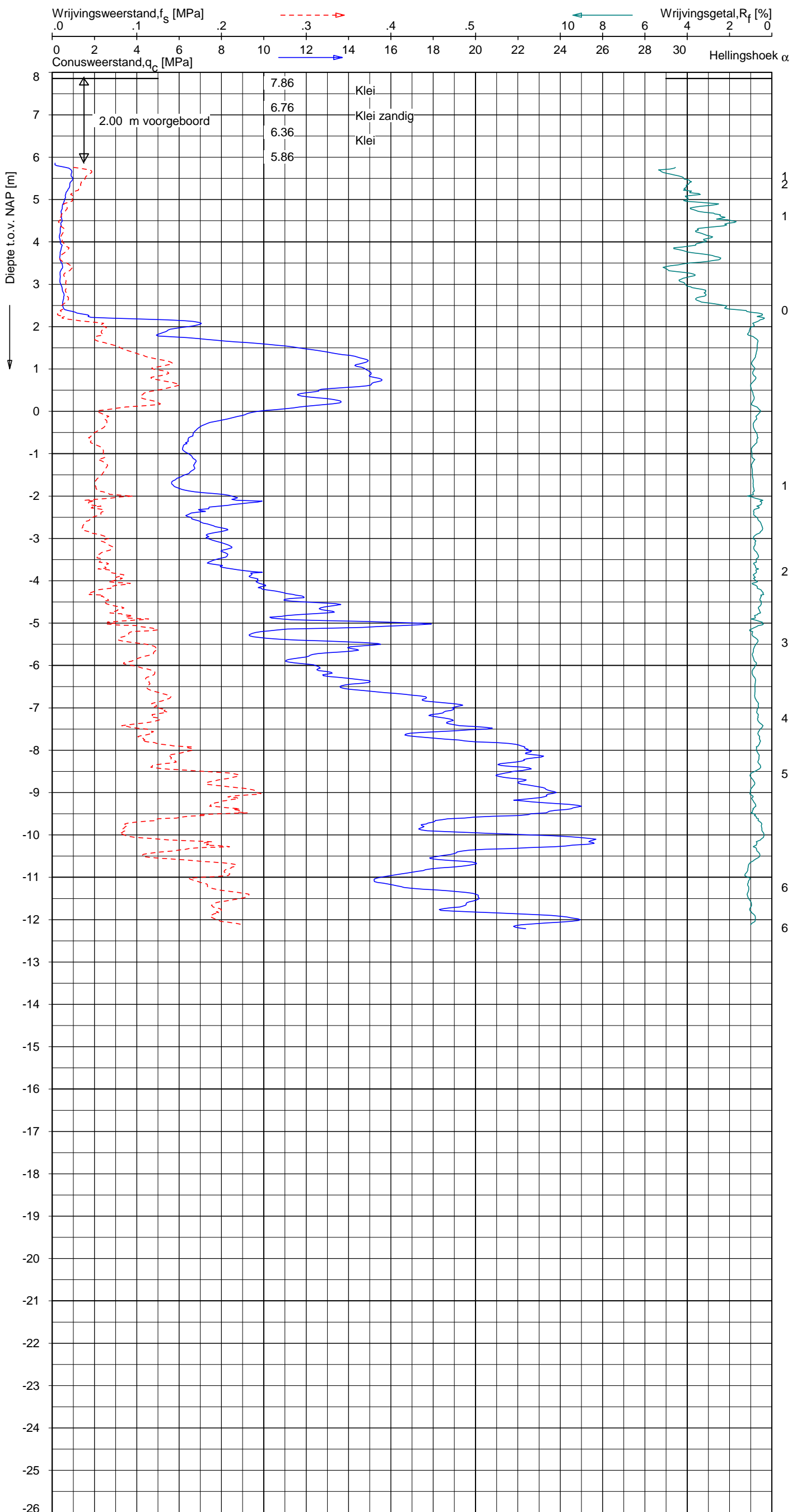
Schaal 1 : 1000

SITUATIE

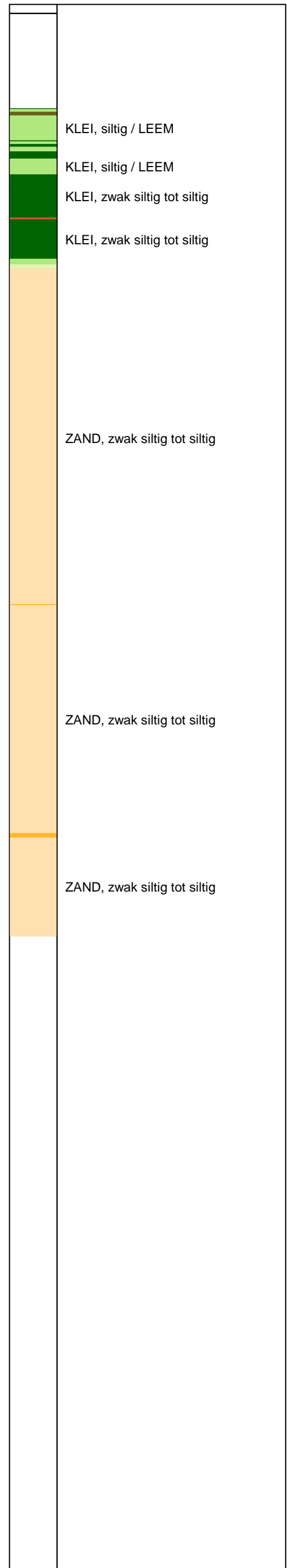
NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. : 6012-0076-003

Bijl. : 1



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



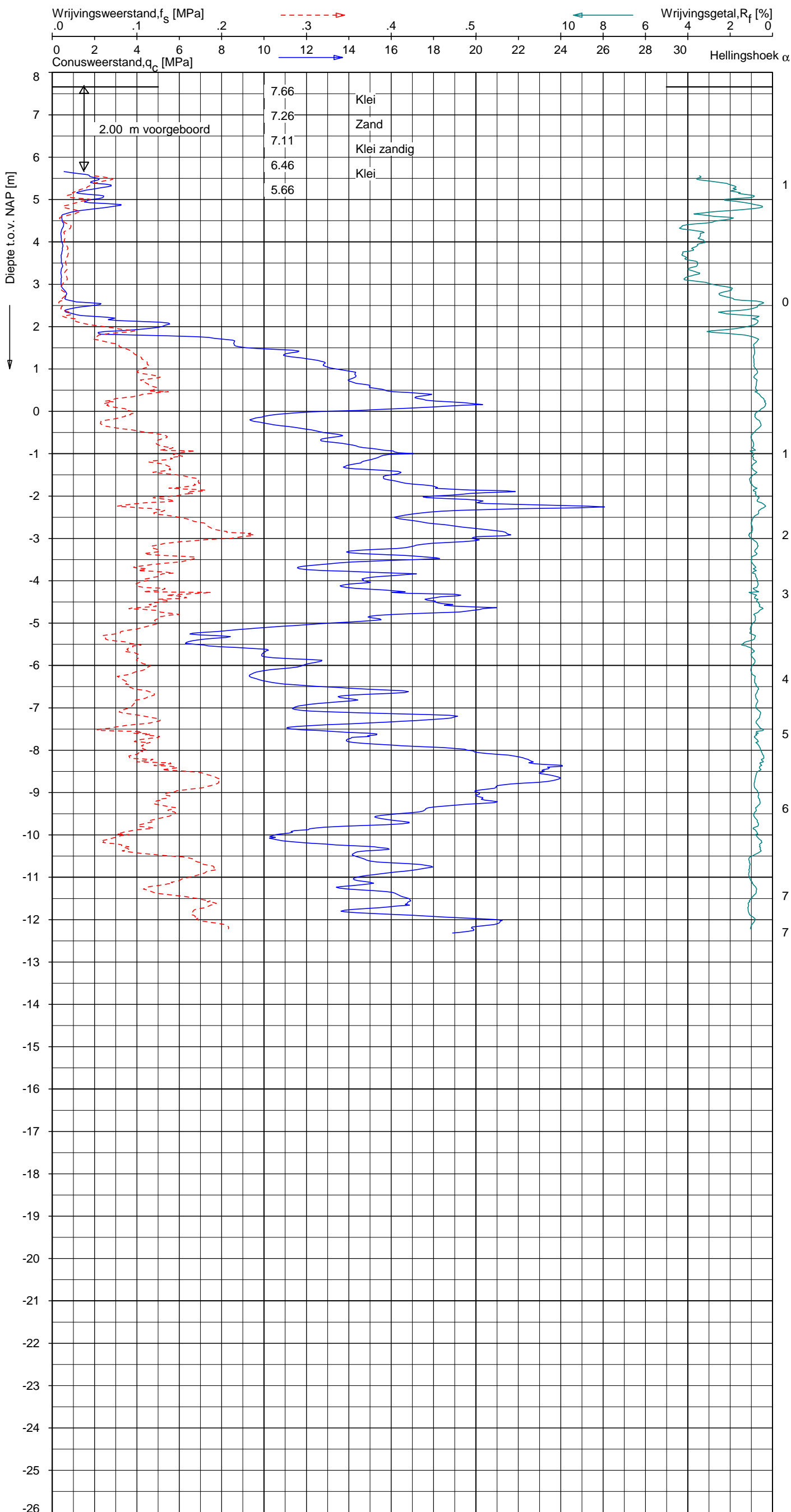
Opg. : RNB d.d. 17-nov-2014 Coord.: X=171255.6 m Y= 433496.4 m Systeem: RD
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +7.86 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2352
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$



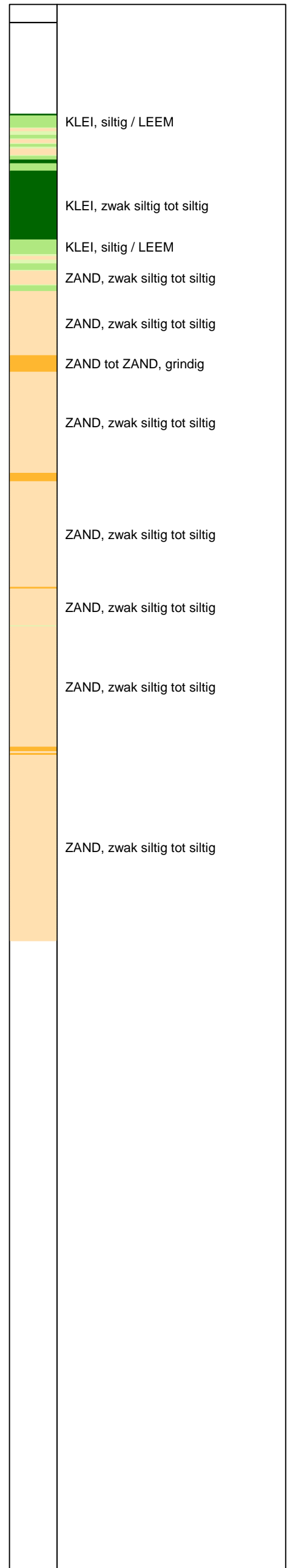
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM69





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



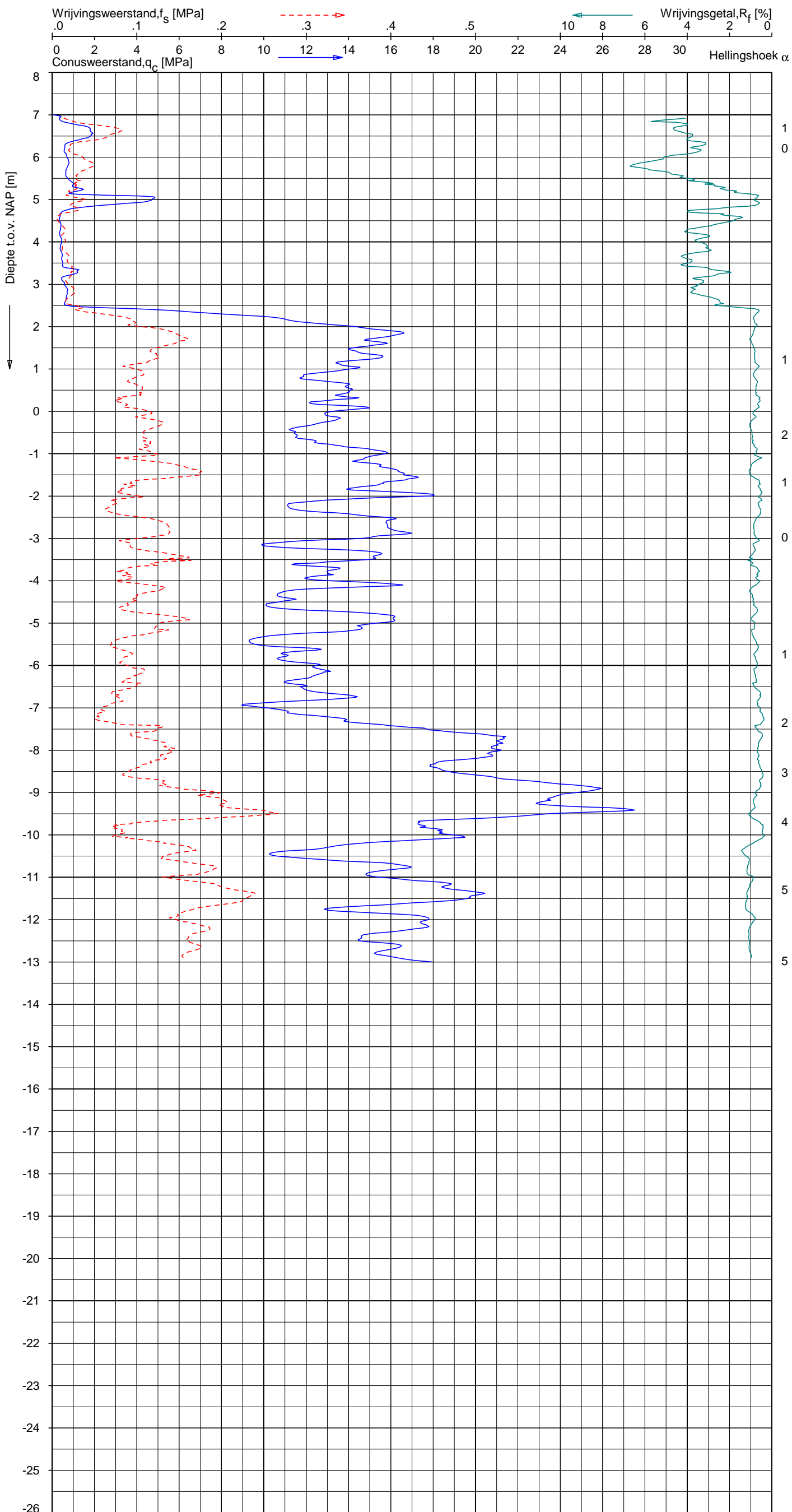
Opg. : RNB d.d. 17-nov-2014 Coord.: X=171251.4m Y= 433485.7m System: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +7.66m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2352 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



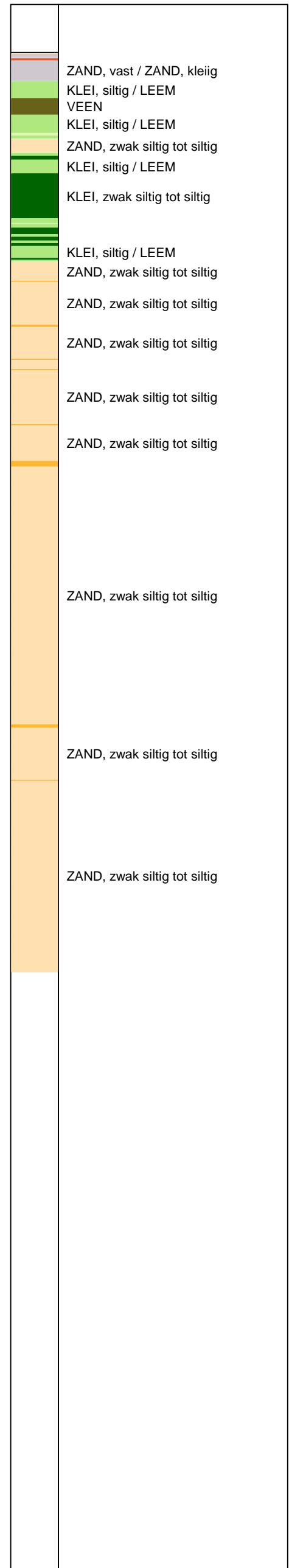
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM70





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



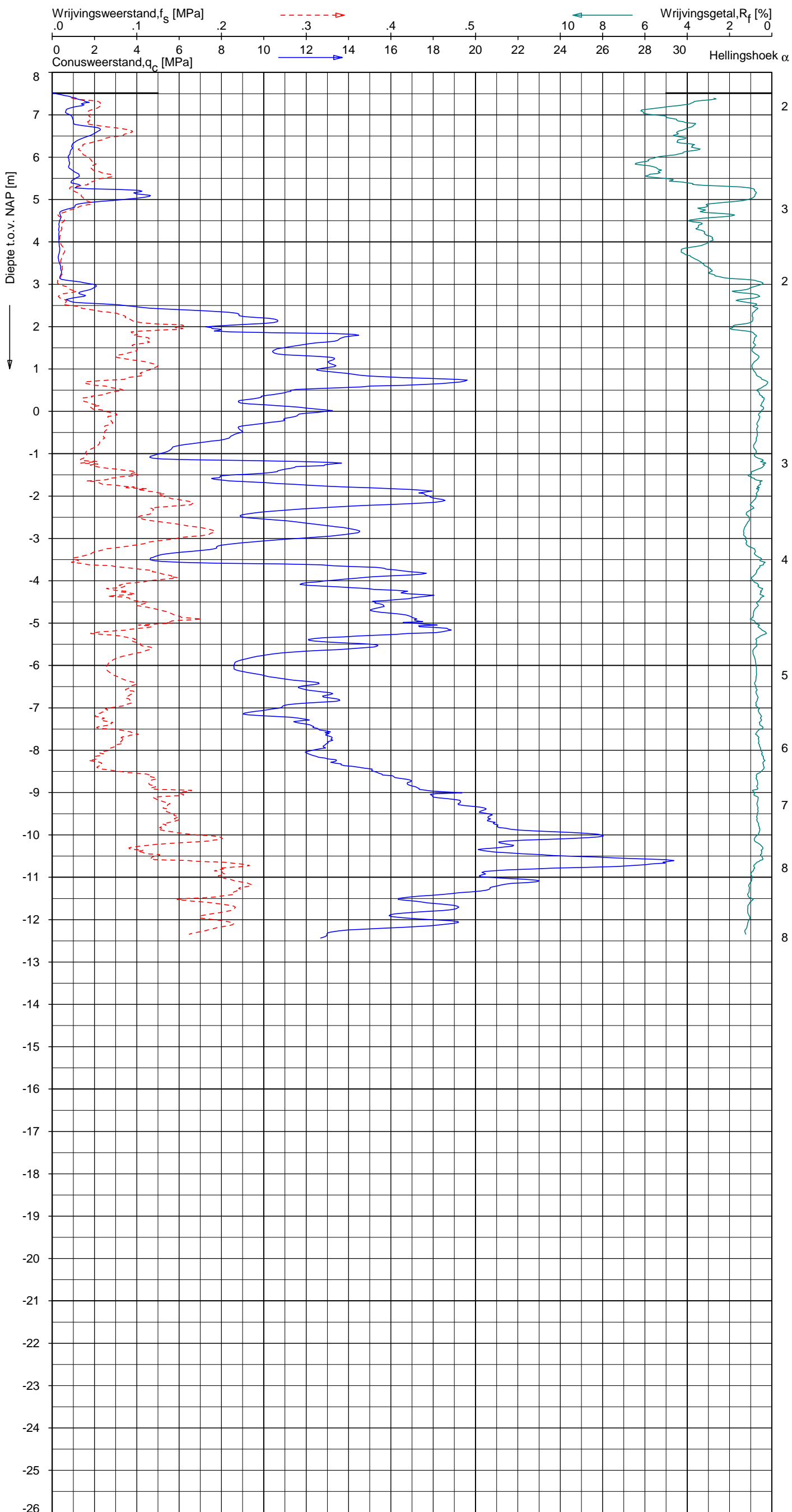
Opg. : RNB d.d. 17-nov-2014 Coord.: X=171260.4 m Y= 433476.3 m System: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +7.00 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2352 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



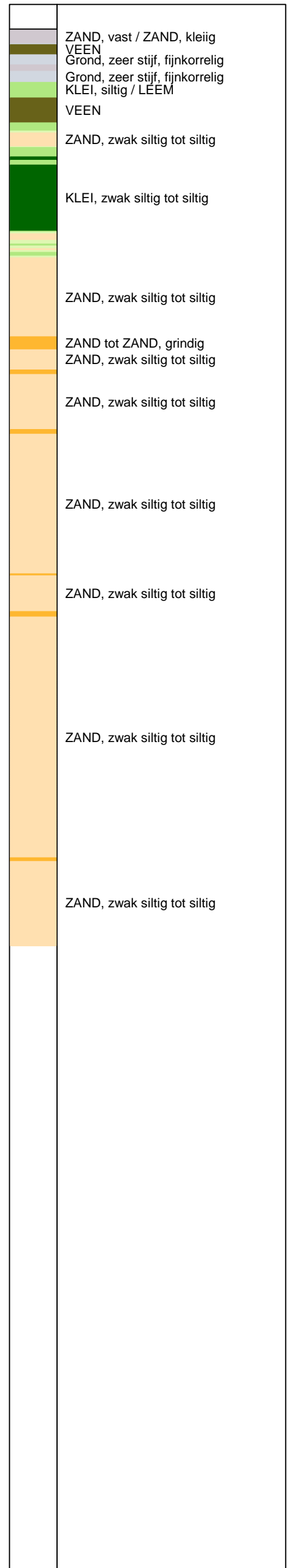
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM71





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



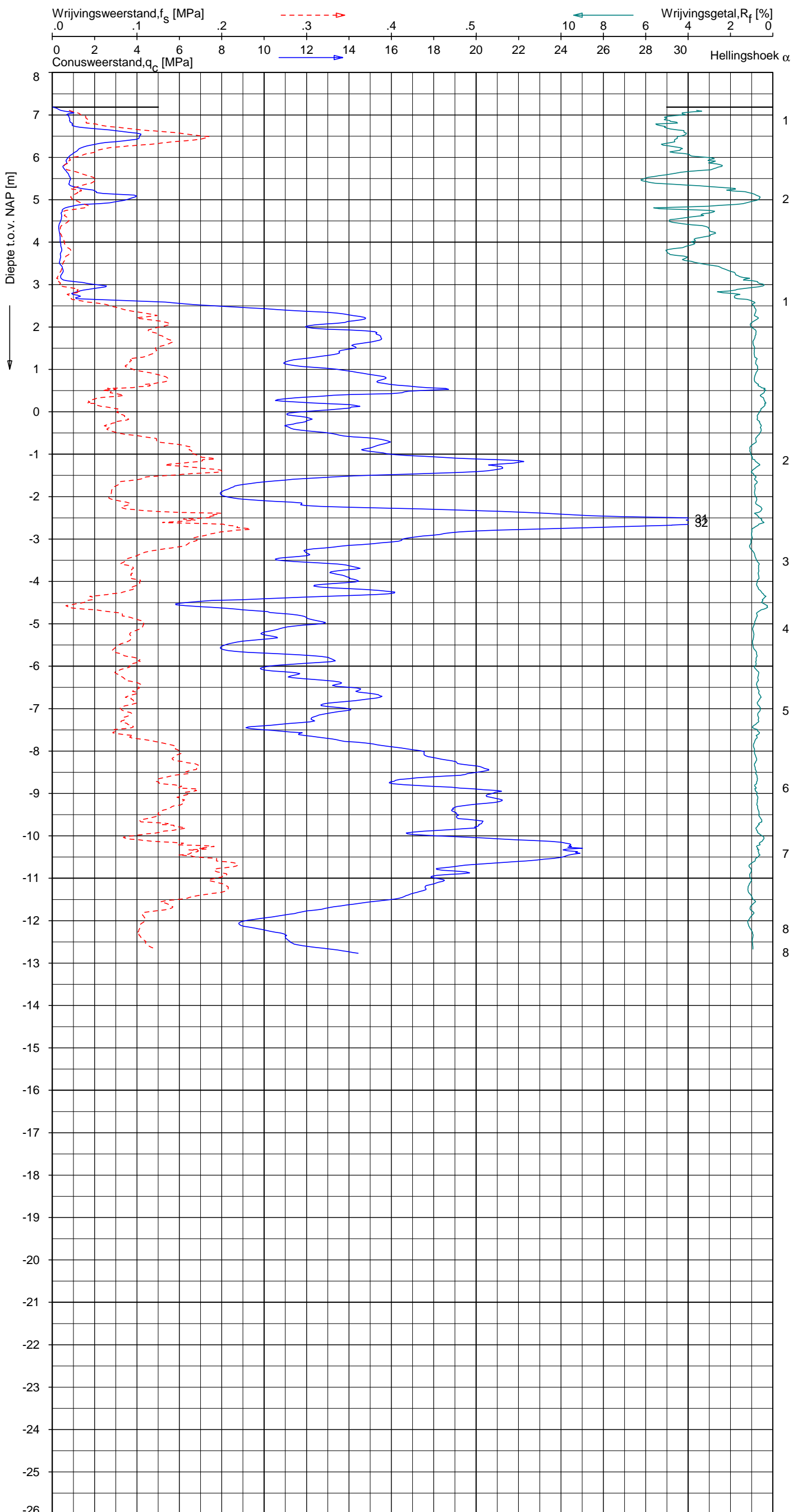
Opg. : RNB d.d. 17-nov-2014 Coord.: X=171248.4 m Y= 433464.3 m System: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +7.51 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2352 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM72





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



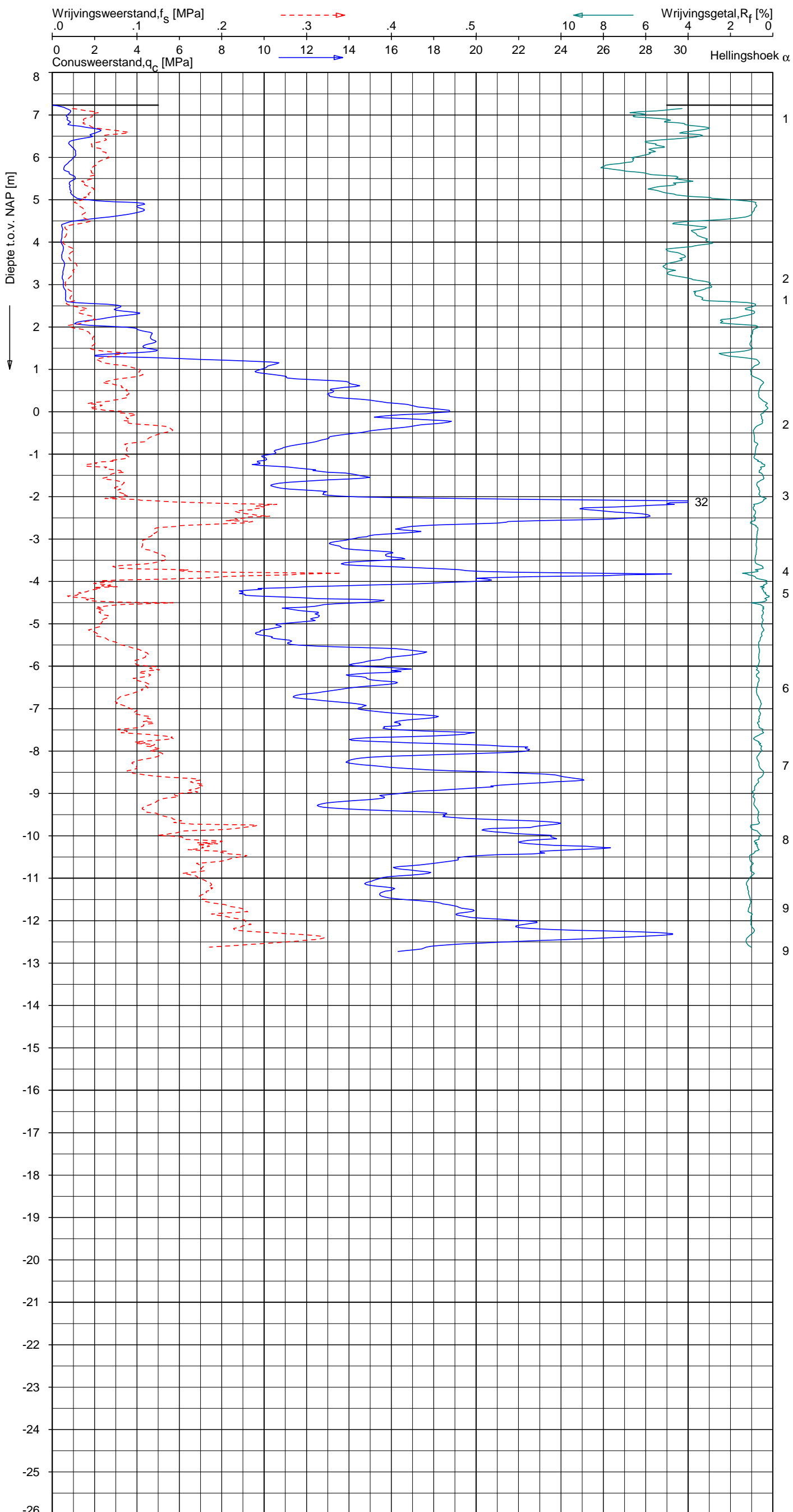
Opg. : RNB d.d. 17-nov-2014 Coord.: X=171256.8m Y= 433454.8m System: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +7.19m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2352 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM73





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



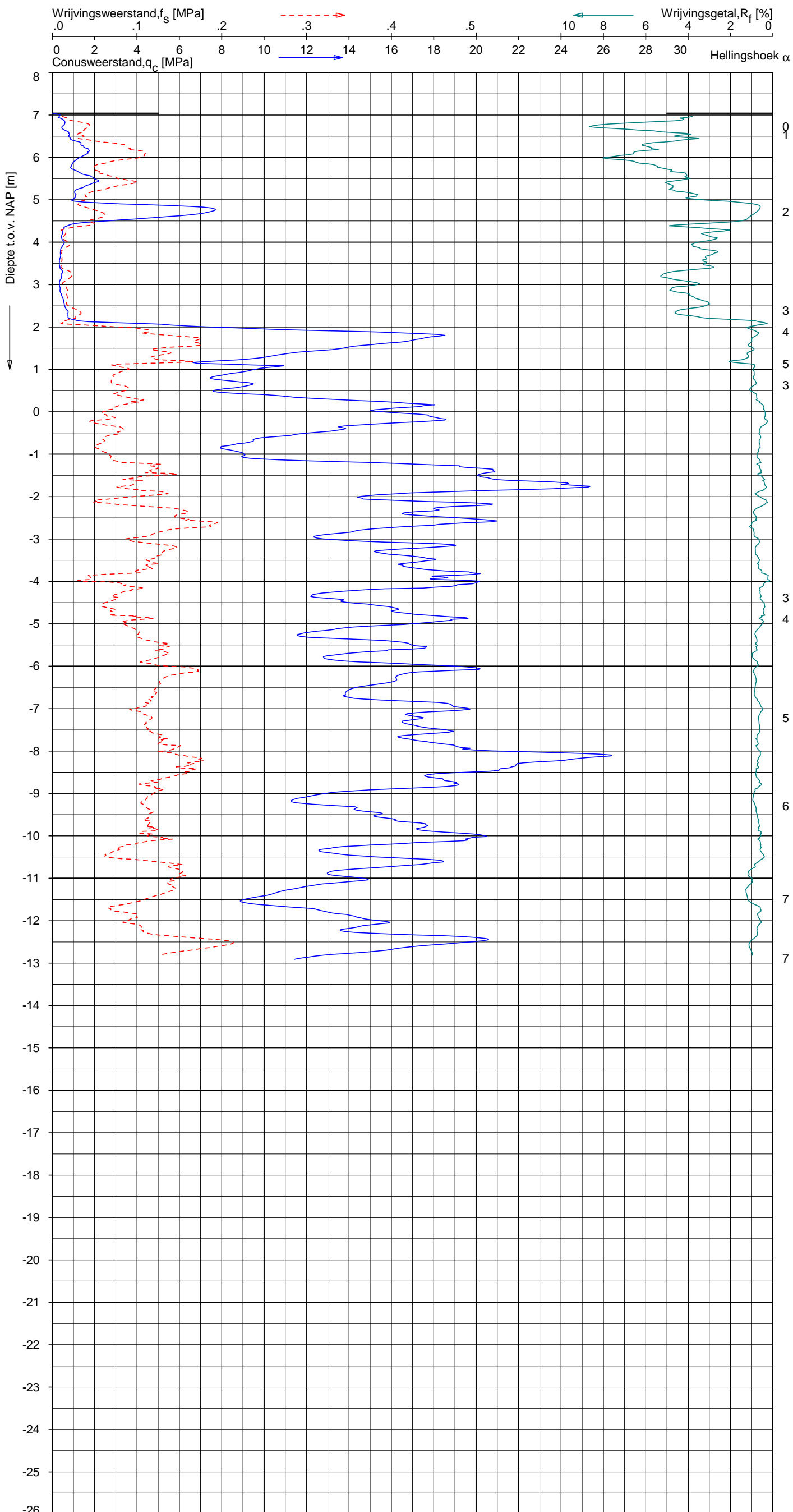
Opg. : RNB d.d. 17-nov-2014 Coord.: X=171245.8 m Y= 433444.5 m System: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +7.23 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2352 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM74





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



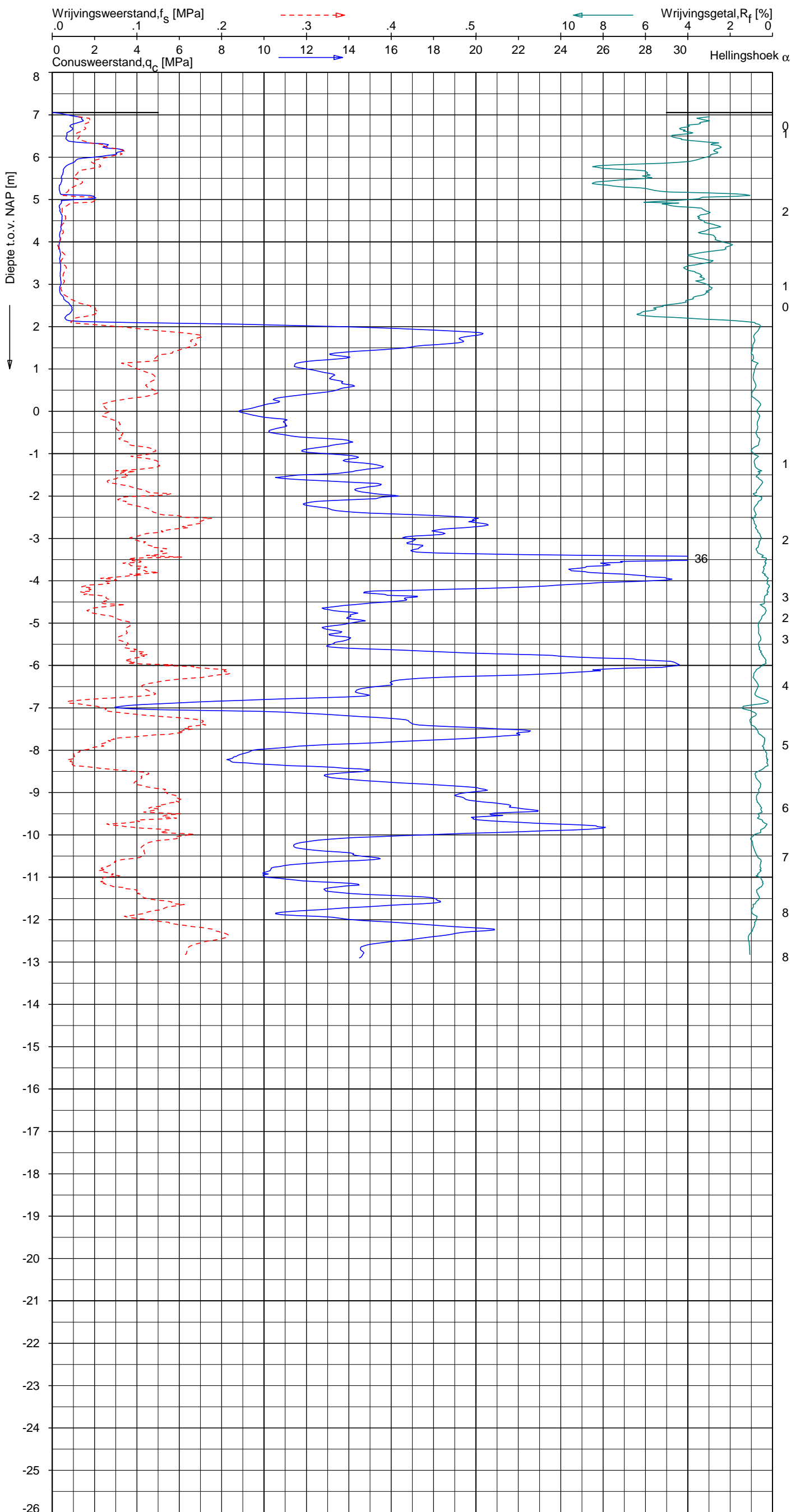
Opg. : RNB d.d. 17-nov-2014 Coord.: X=171253.6m Y= 433432.3m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +7.04m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2352 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM75





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



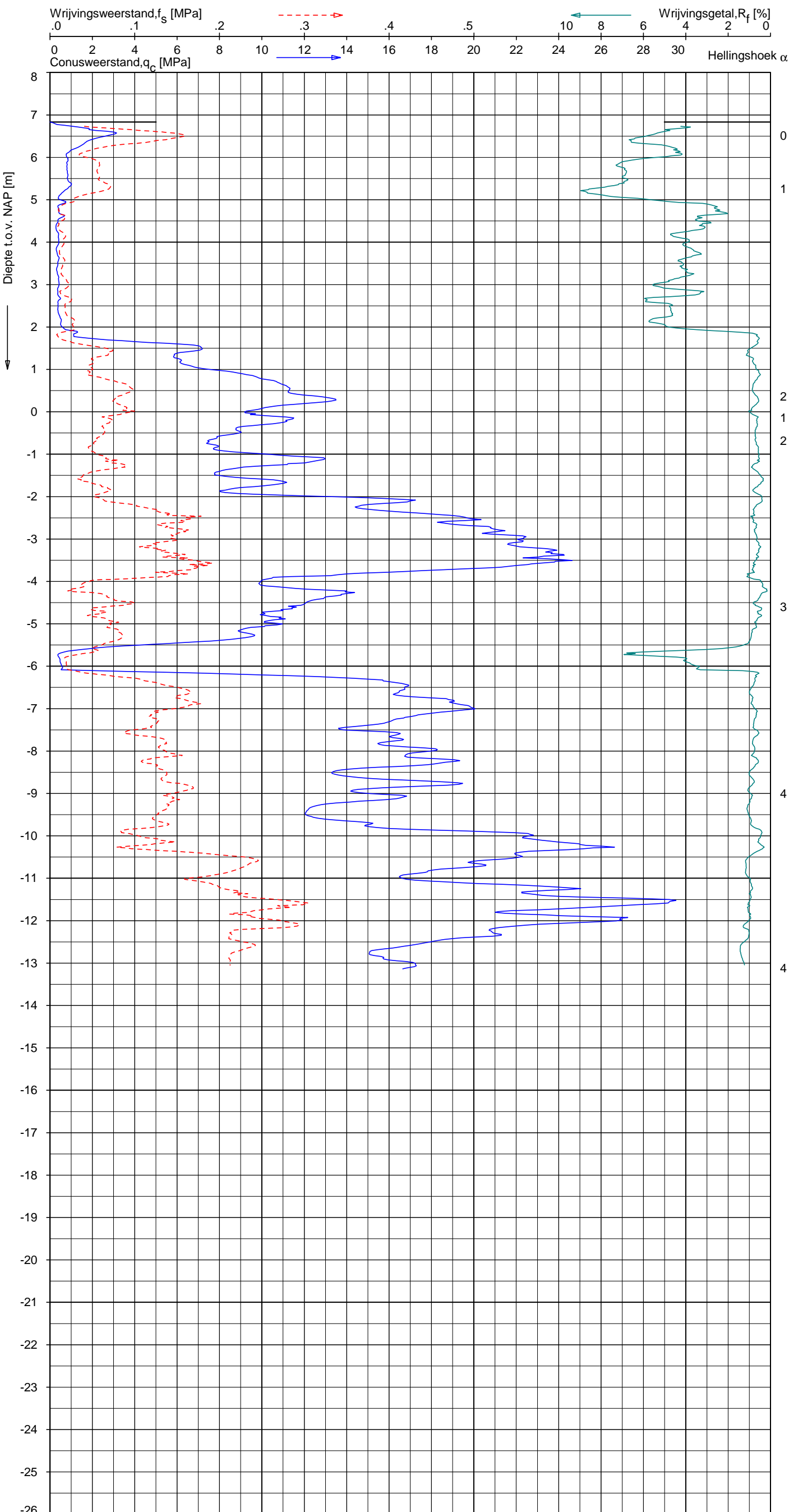
Opg. : RNB d.d. 17-nov-2014 Coord.: X=171242.1 m Y= 433422.4 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +7.05 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2352 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM76





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



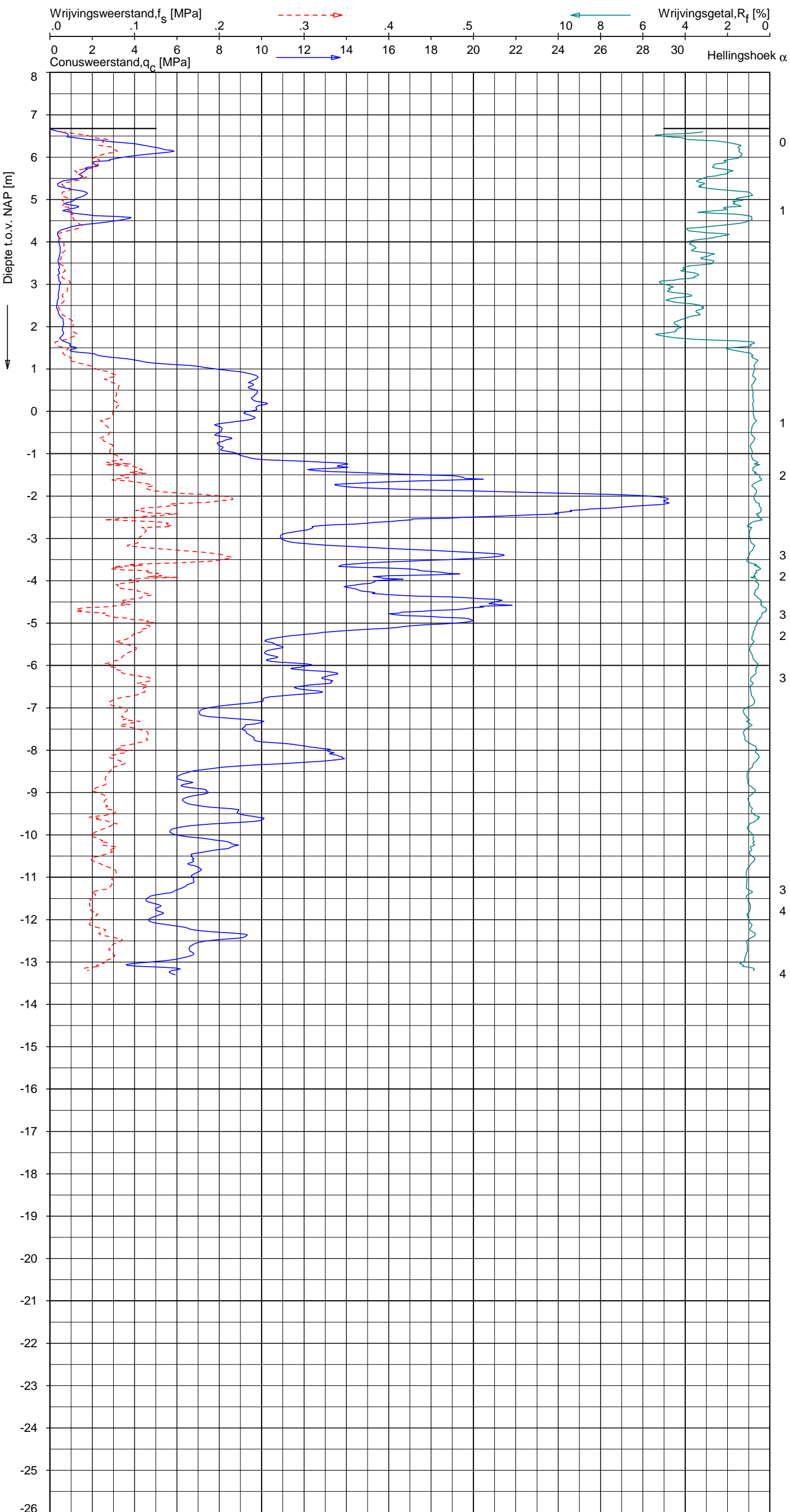
Opg. : PJH d.d. 13-nov-2014 Coord.: X=171184.4 m Y= 433321.7 m System: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.83 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



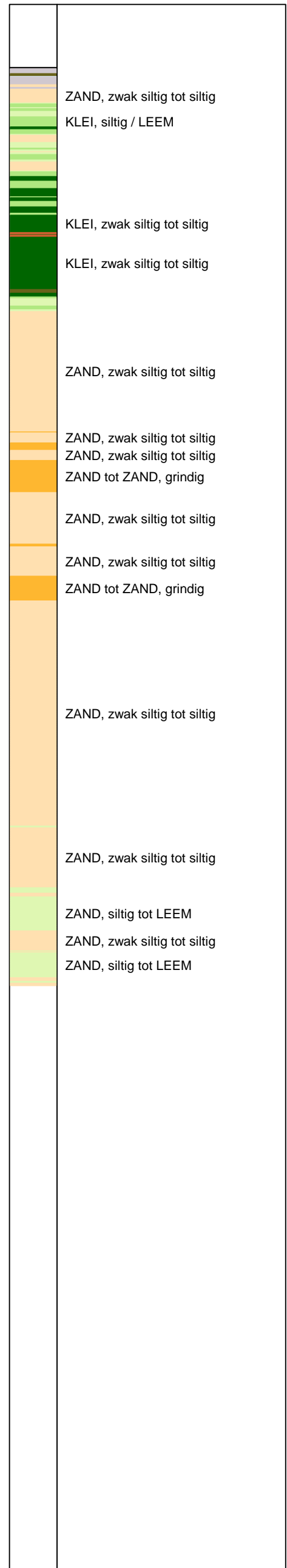
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM77





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



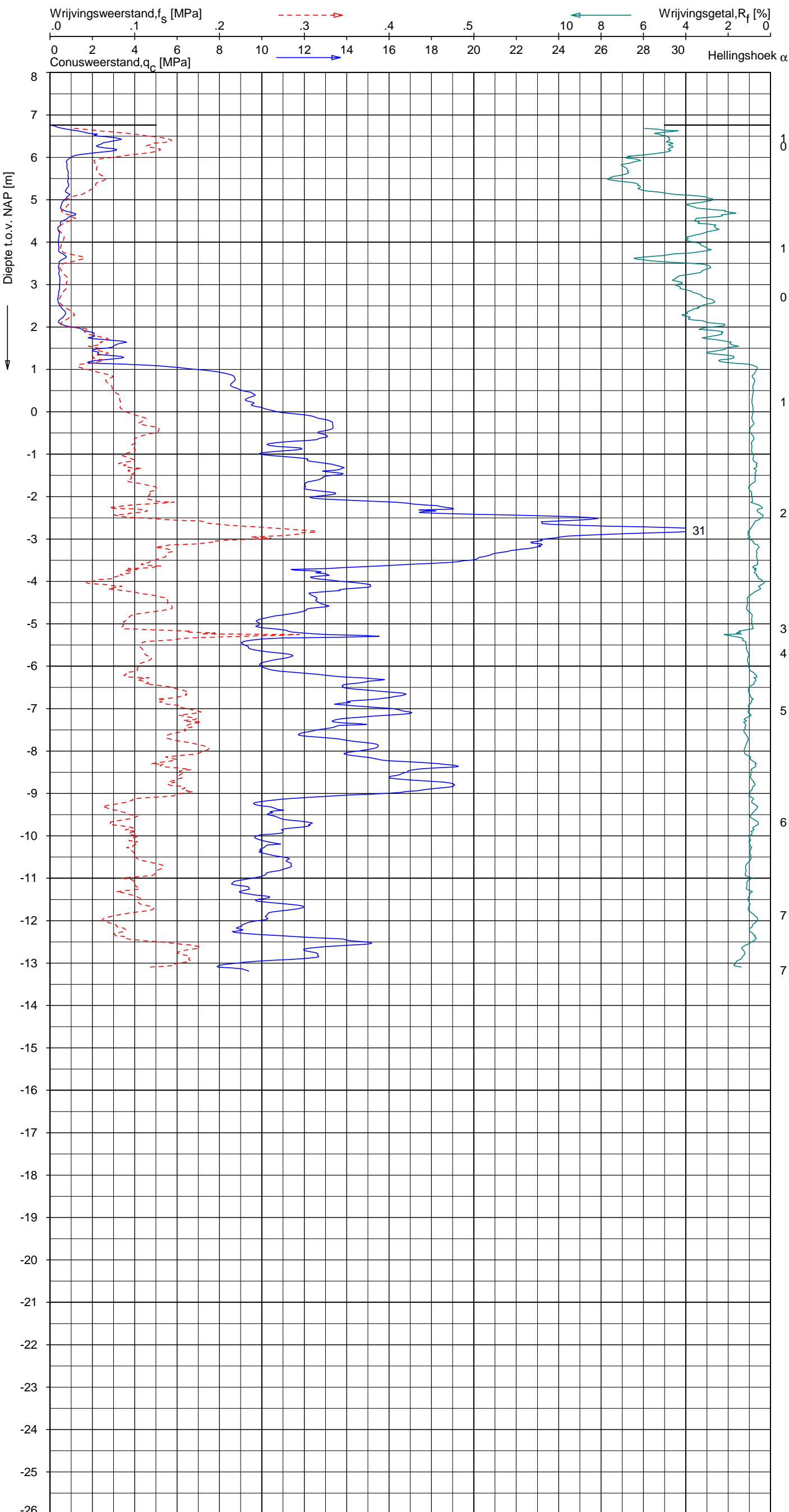
Opg. : PJH d.d. 13-nov-2014 Coord.: X=171192.2m Y= 433330.5m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.68m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM78





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



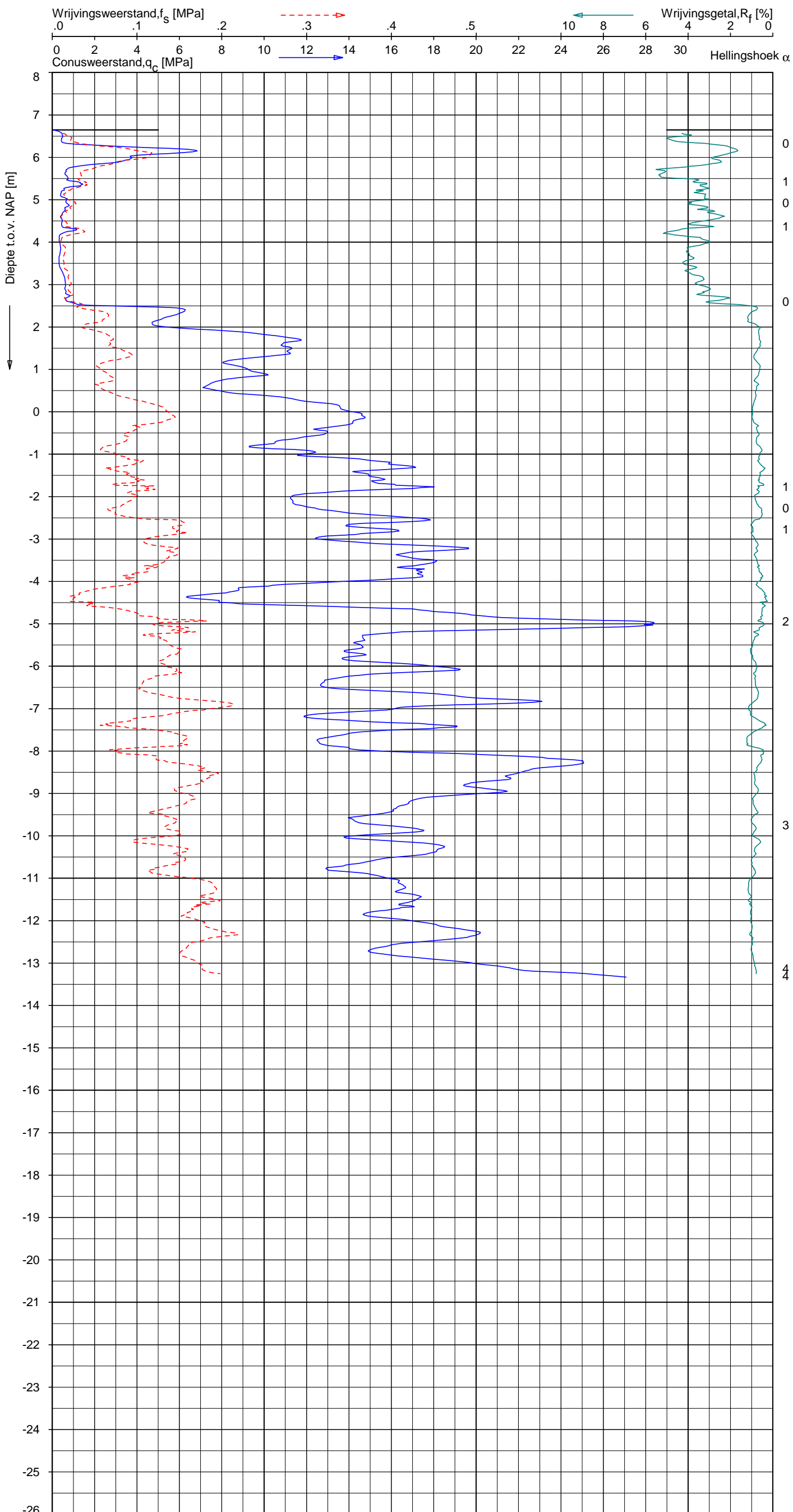
Opg. : PJH d.d. 13-nov-2014 Coord.: X=171185.4 m Y= 433341.0 m System: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.76 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



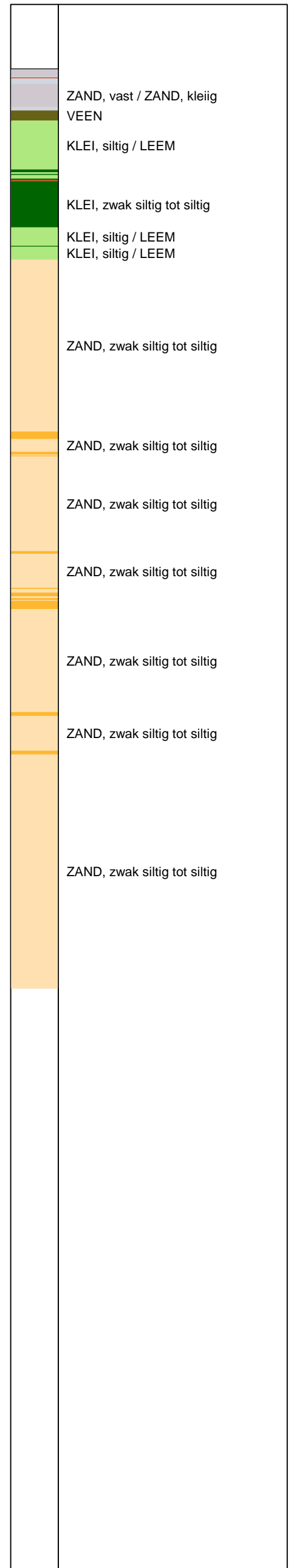
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM79





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



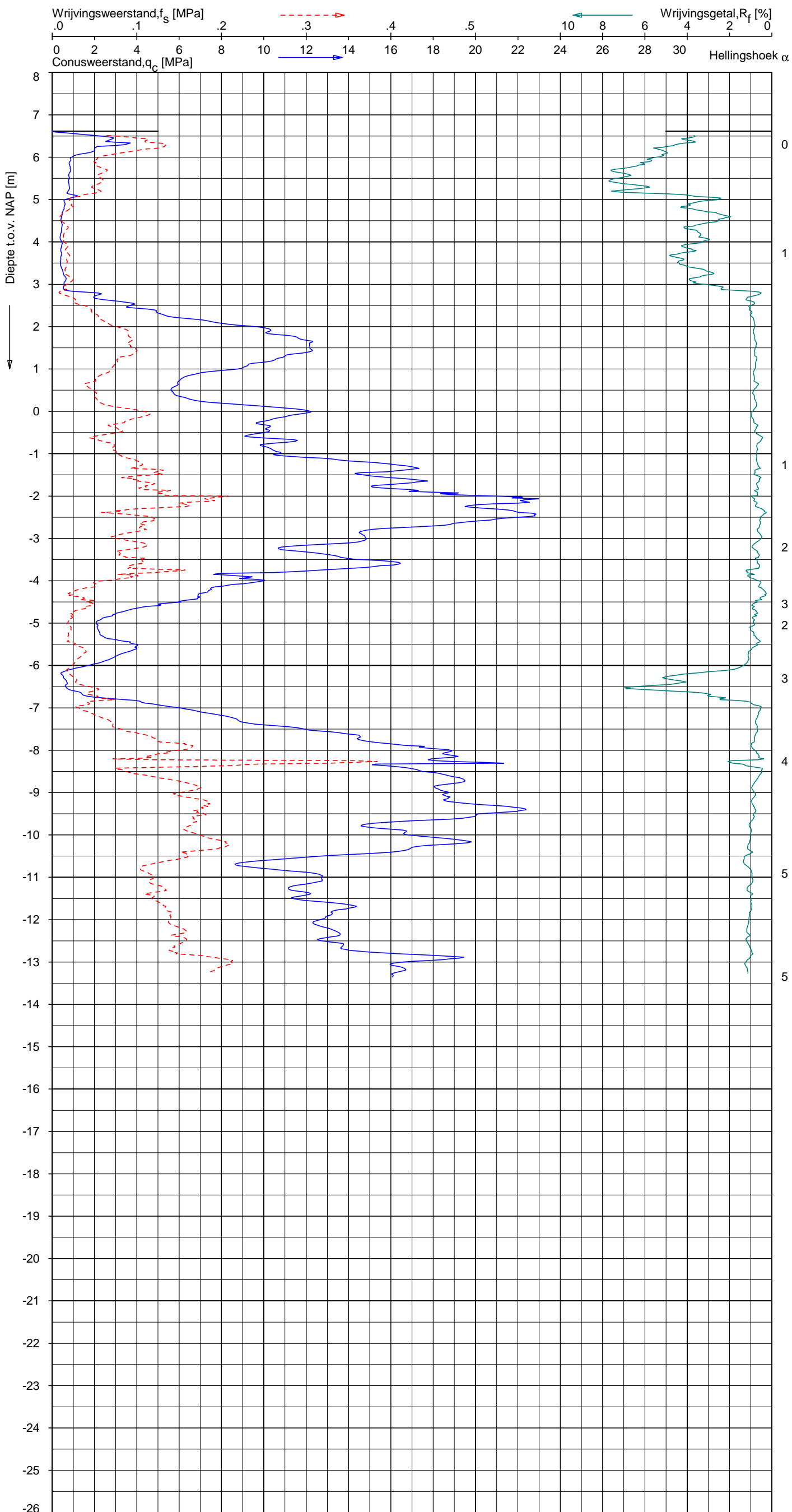
Opg. : PJH d.d. 13-nov-2014 Coord.: X=171193.7m Y= 433350.4m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.65m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



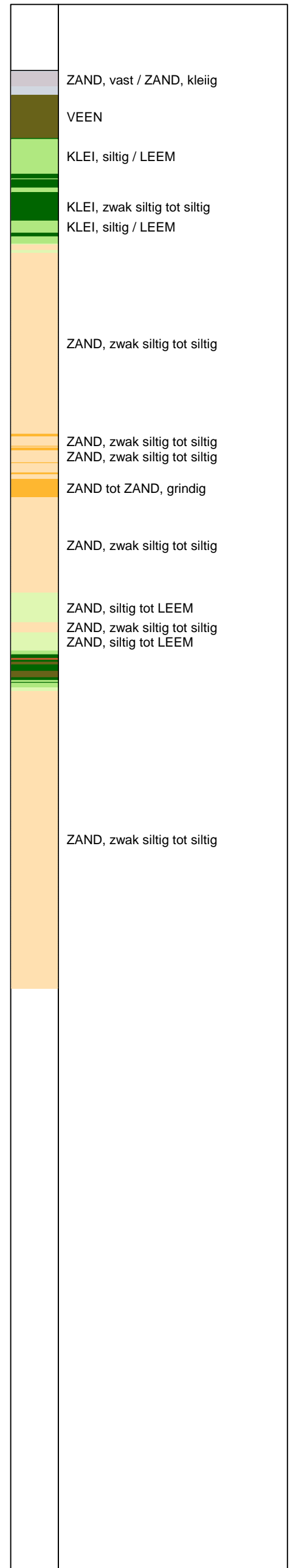
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM80





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



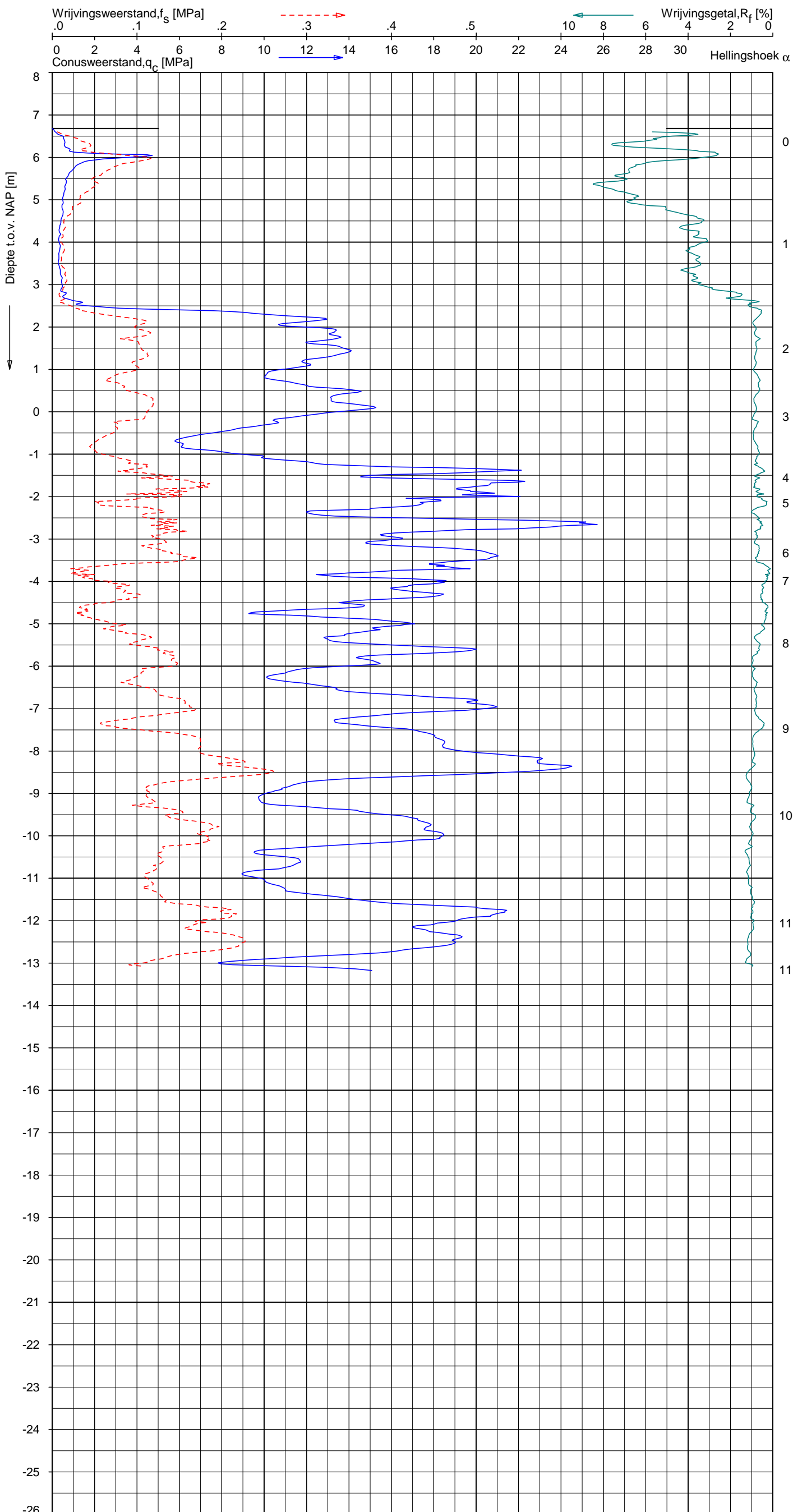
Opg. : PJH d.d. 13-nov-2014 Coord.: X=171186.6m Y= 433358.8m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.61m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM81





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



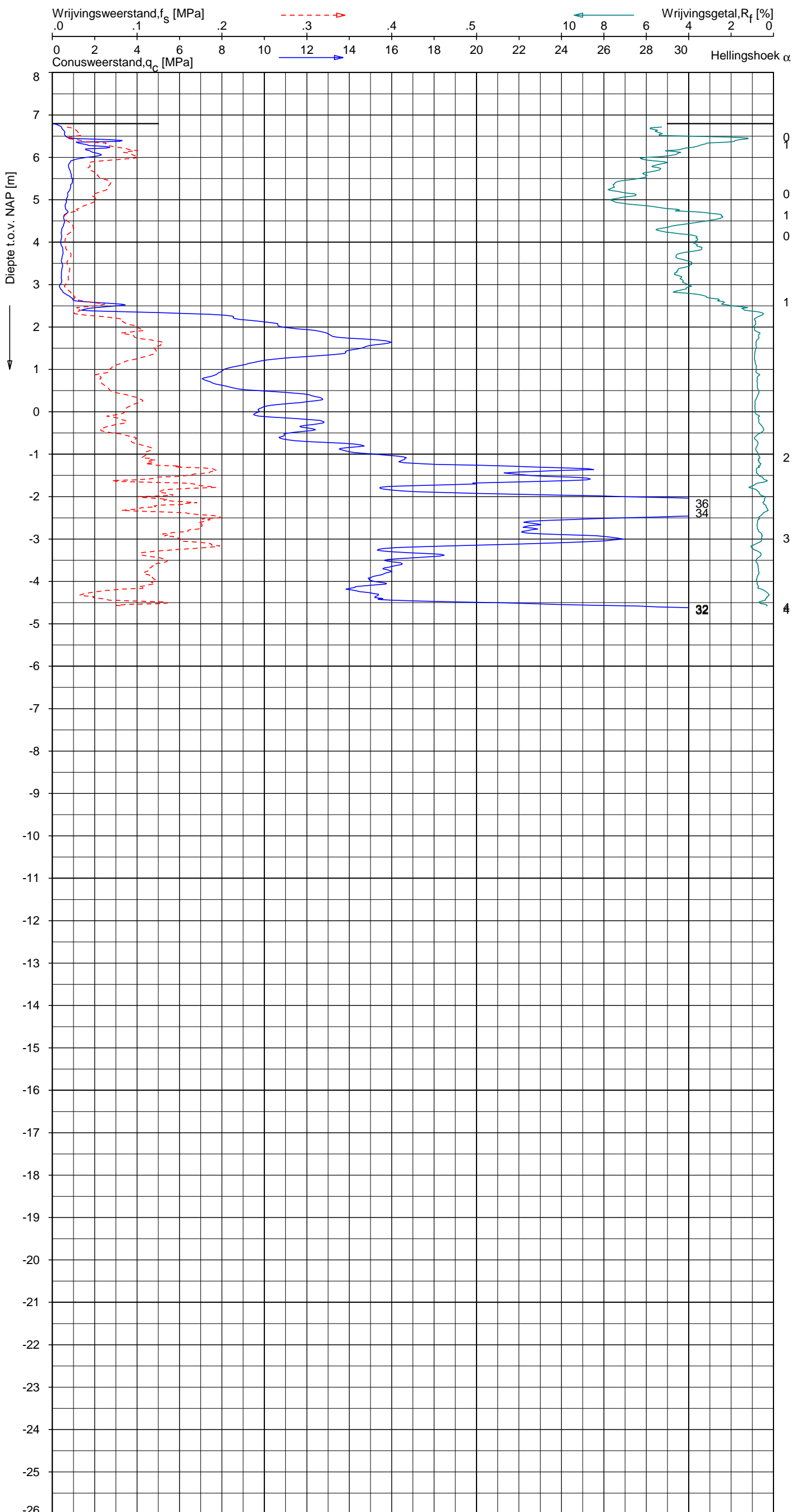
Opg. : PJH d.d. 12-nov-2014 Coord.: X=171195.5m Y= 433371.4m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.68m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



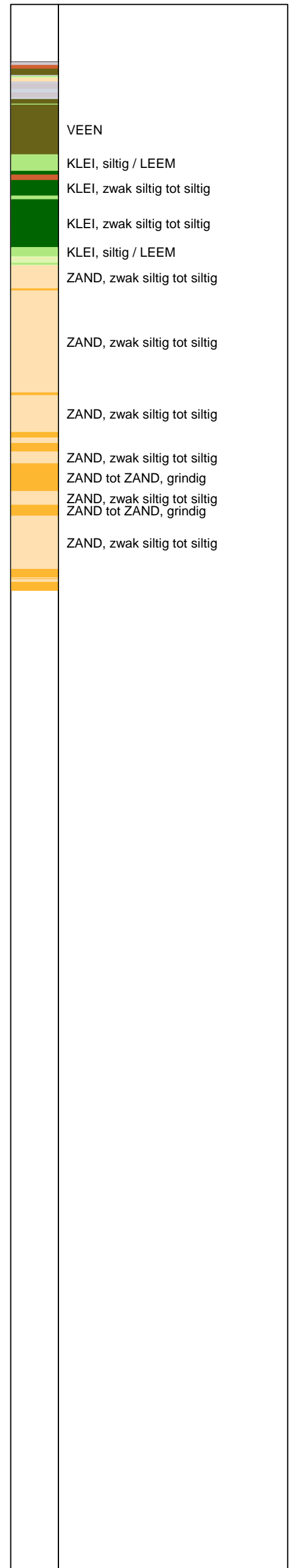
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM82





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



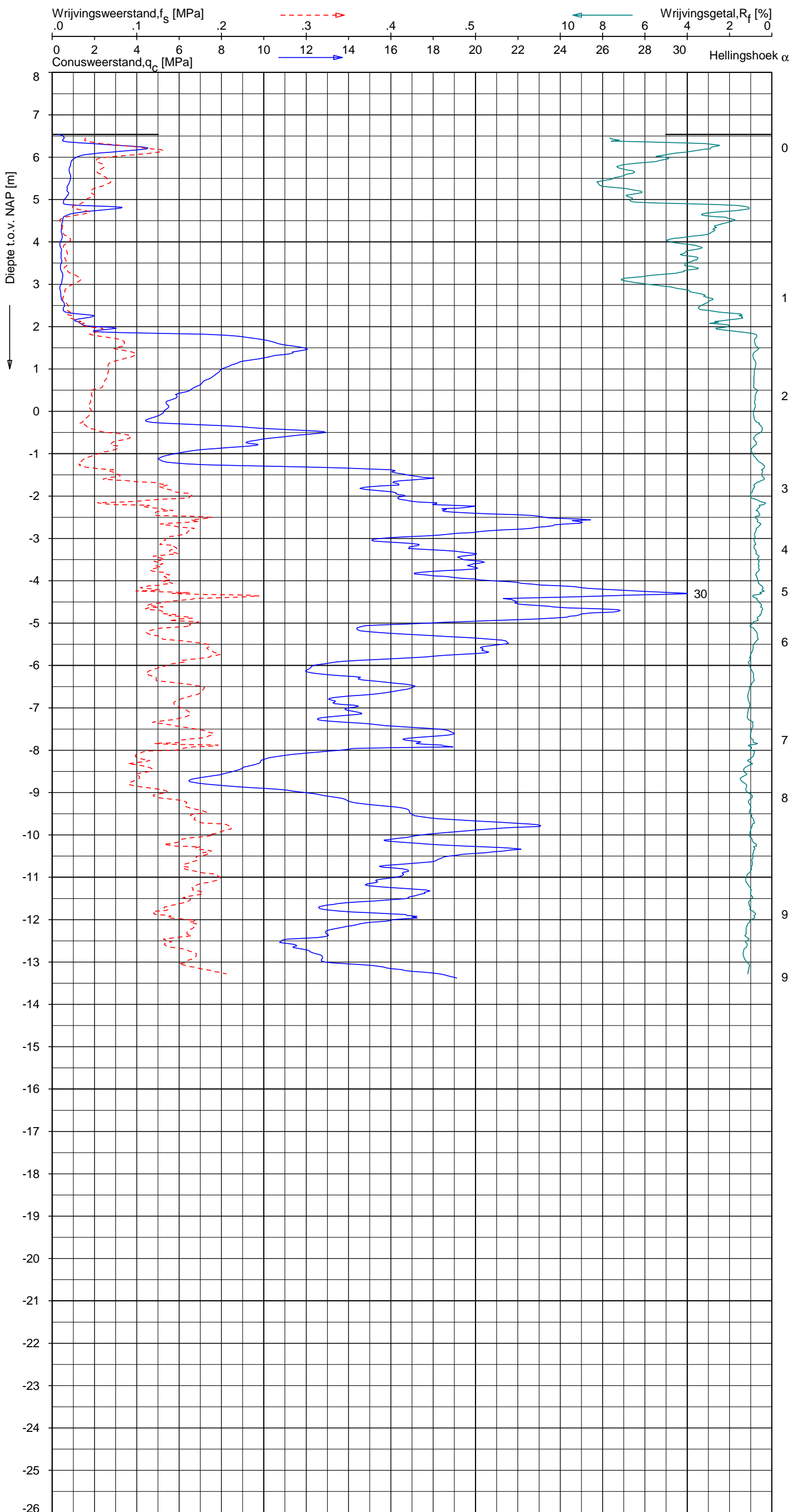
Opg. : PJH d.d. 12-nov-2014 Coord.: X=171175.1 m Y= 433374.7 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.80 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



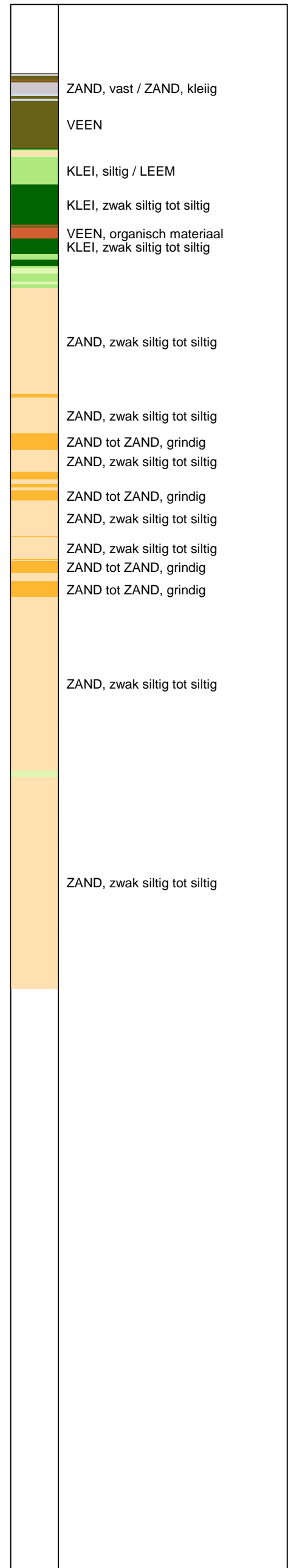
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM83





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



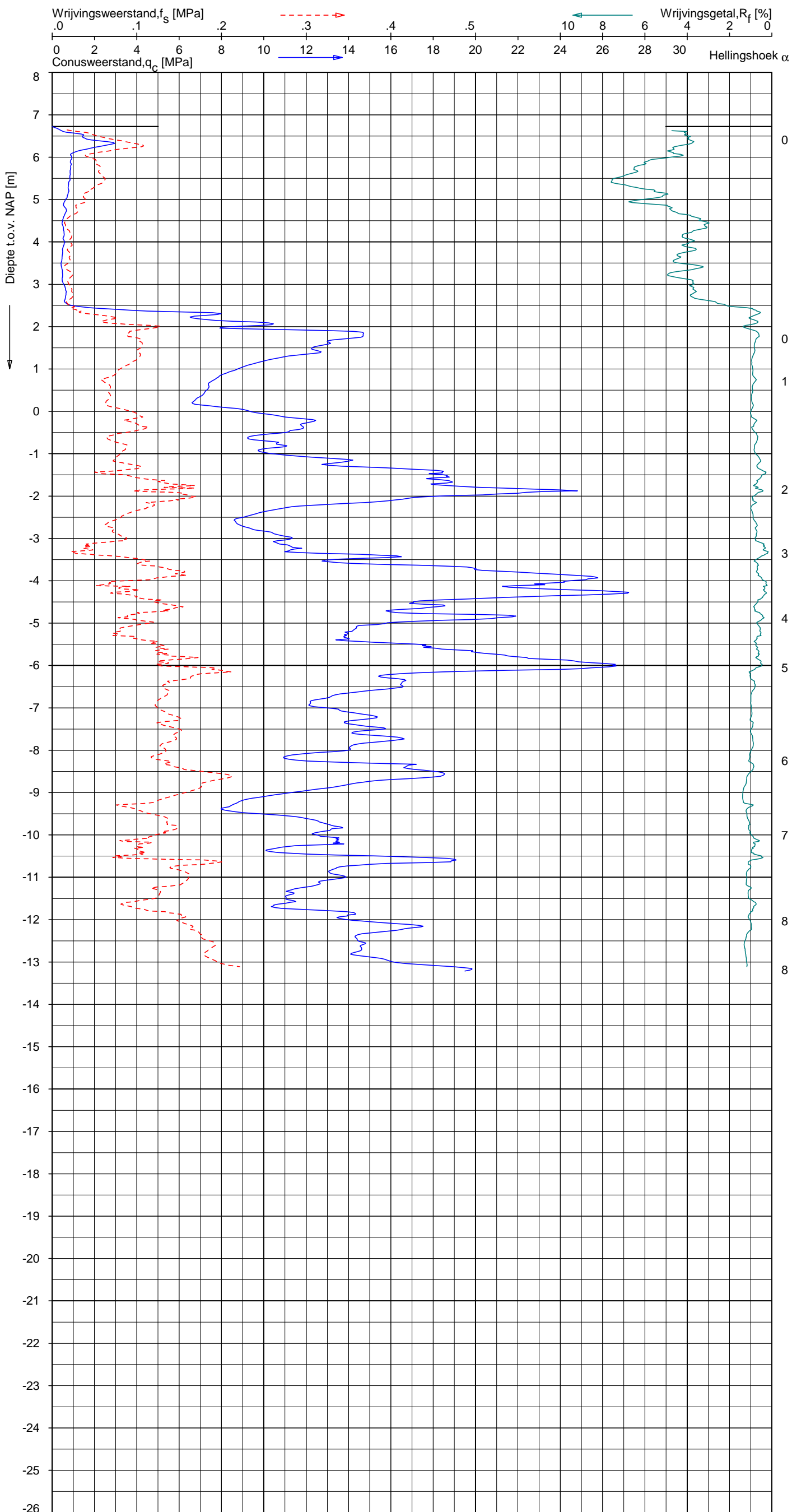
Opg. : PJH d.d. 12-nov-2014 Coord.: X=171162.6m Y= 433366.0m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.54m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM84





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



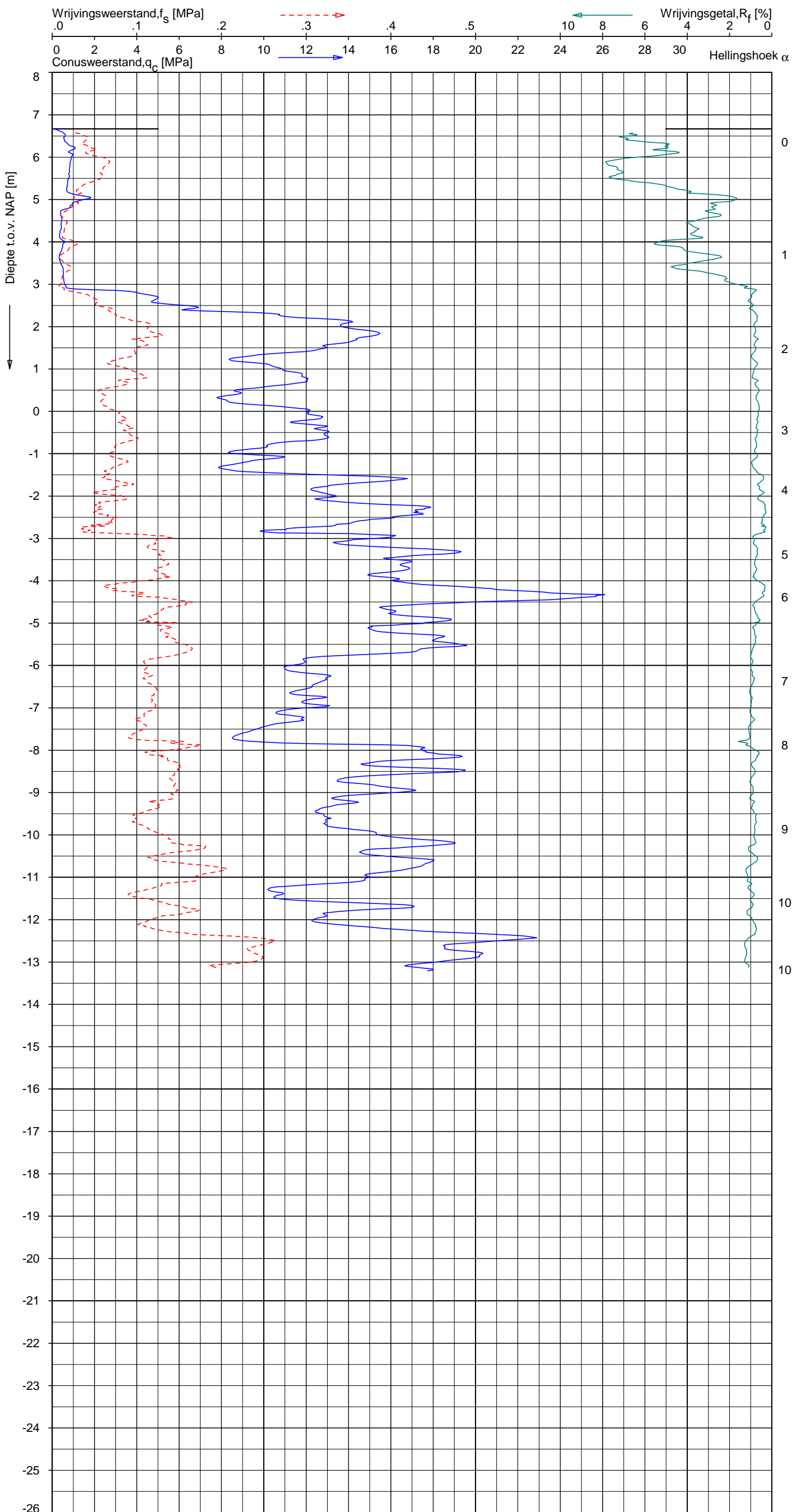
Opg. : PJH d.d. 12-nov-2014 Coord.: X=171151.8m Y= 433376.1m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.72m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM85





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



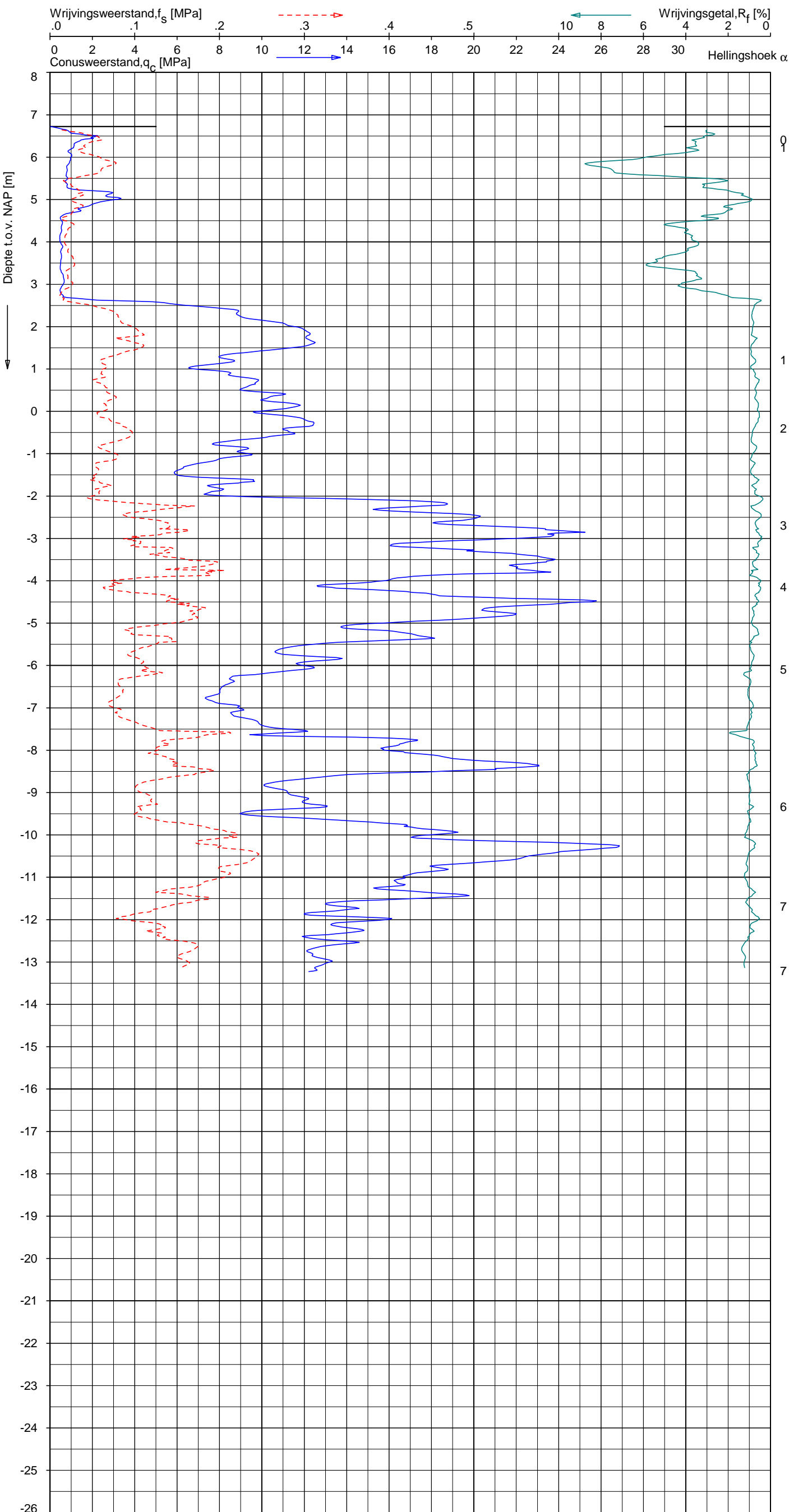
Opg. : PJH d.d. 12-nov-2014 Coord.: X=171139.3m Y= 433367.7m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.67m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



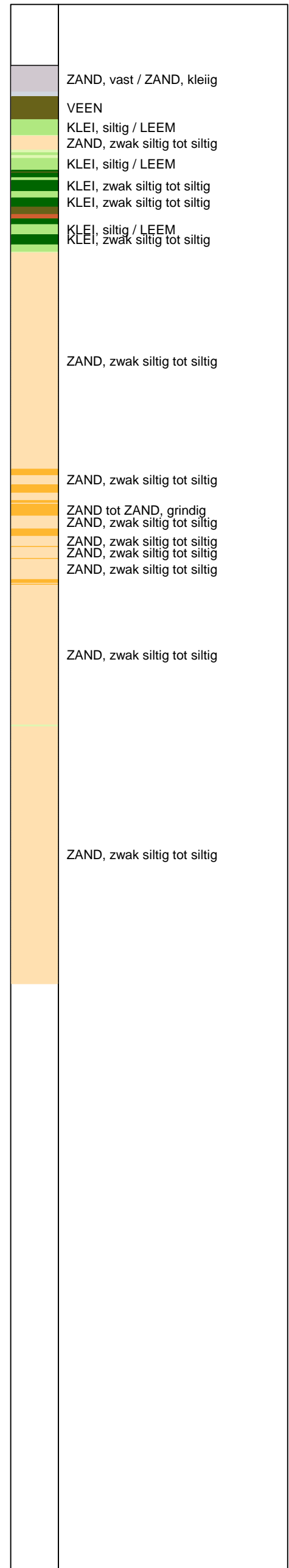
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM86





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



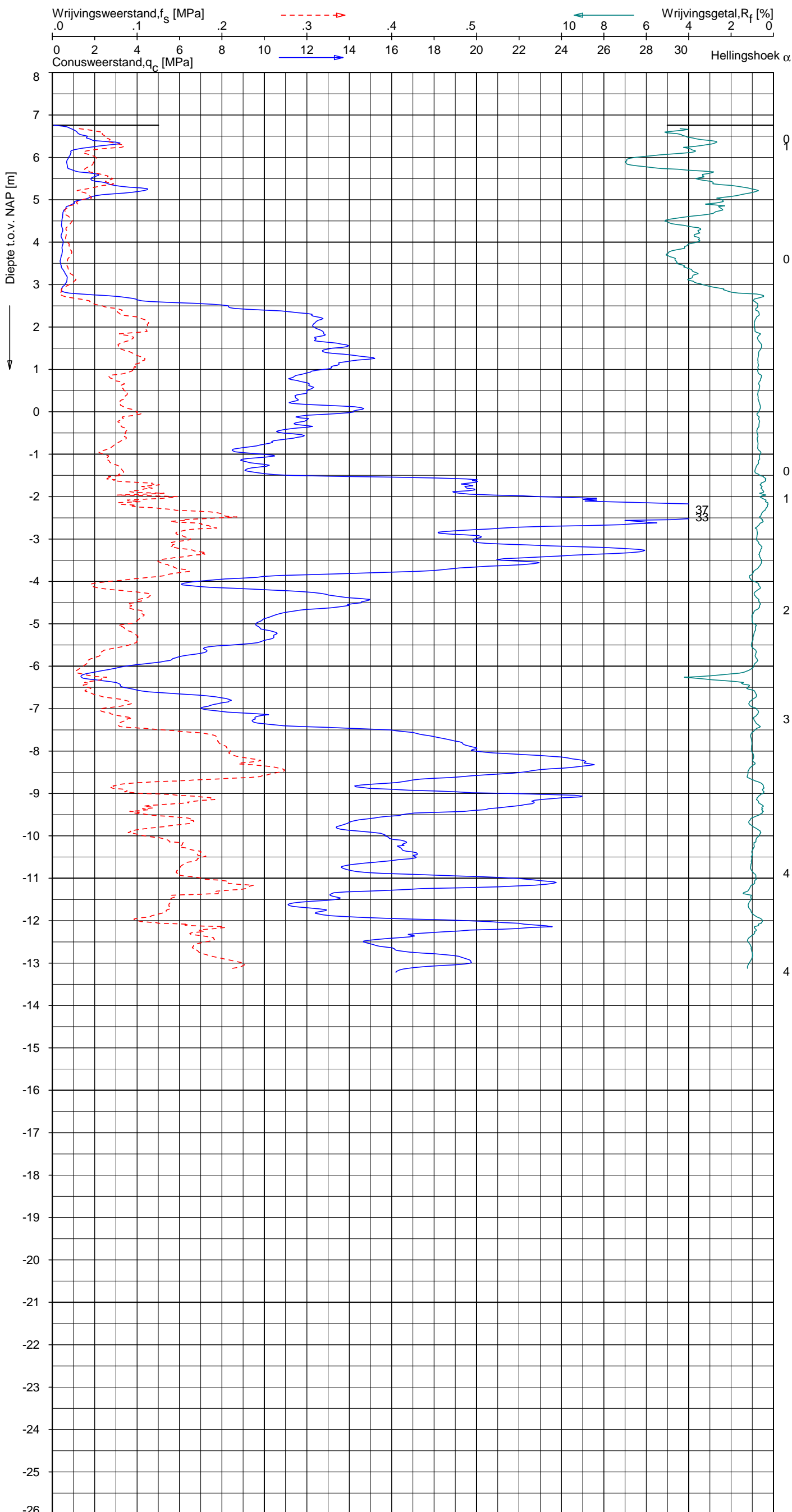
Opg. : PJH d.d. 12-nov-2014 Coord.: X=171128.4 m Y= 433378.6 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.72 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



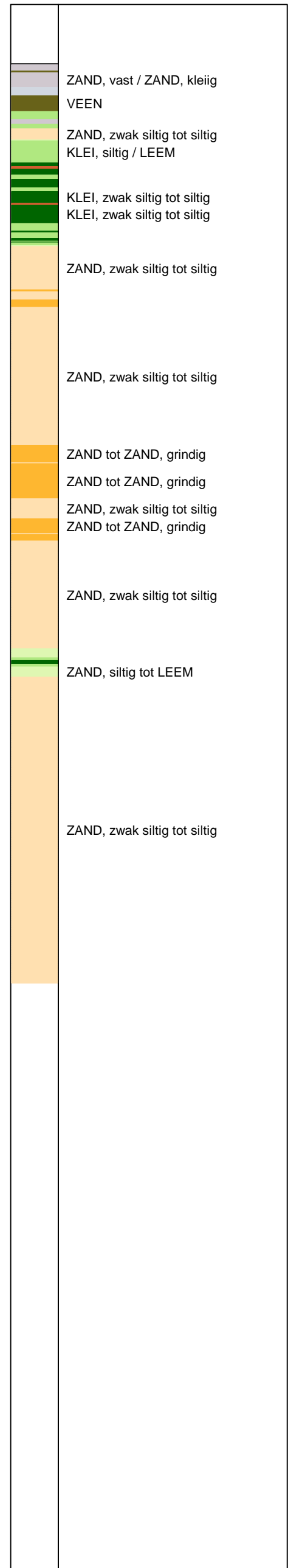
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

NIUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM87



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



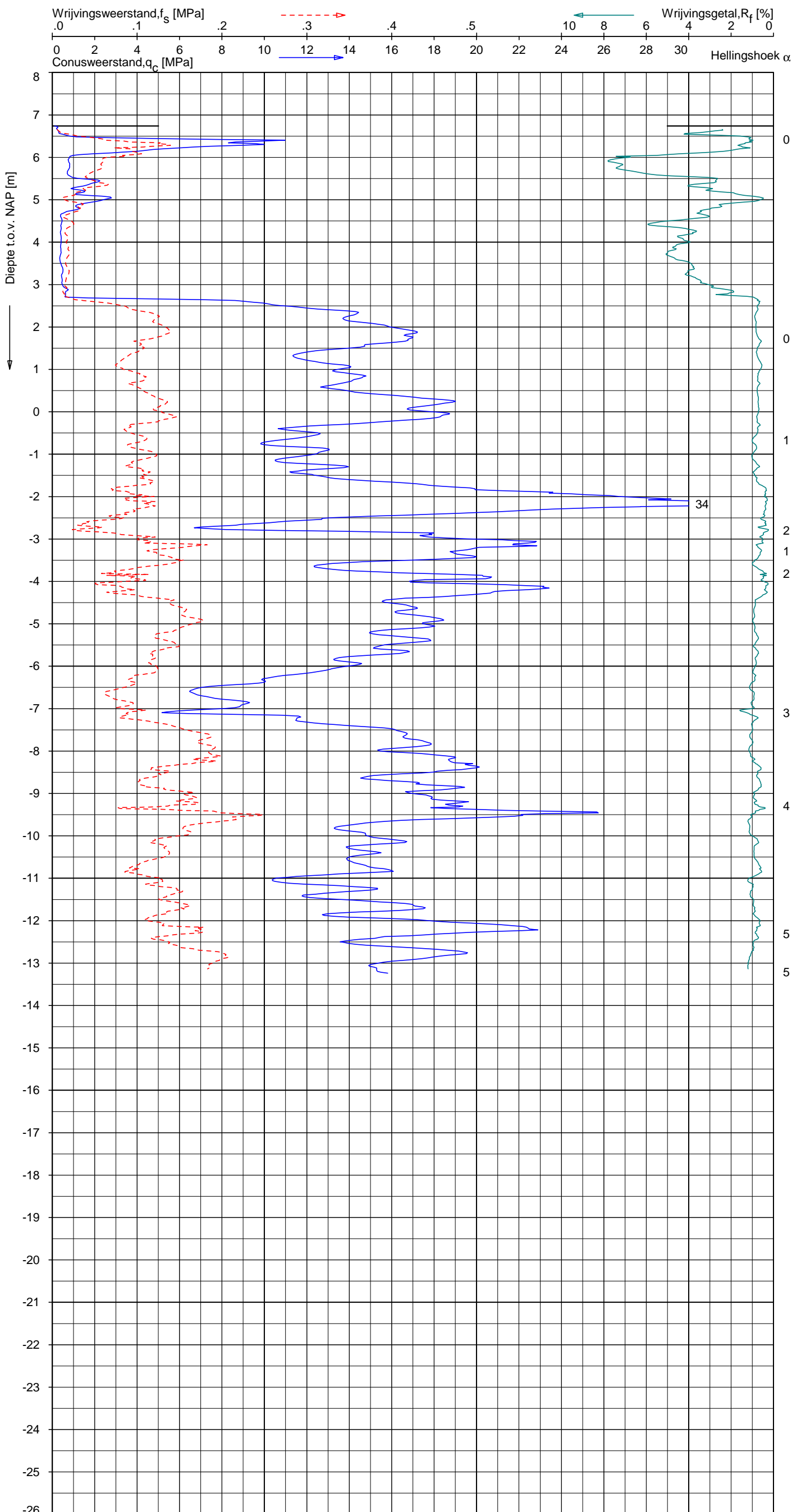
Opg. : PJH d.d. 12-nov-2014 Coord.: X=171108.8m Y= 433378.2m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.76m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



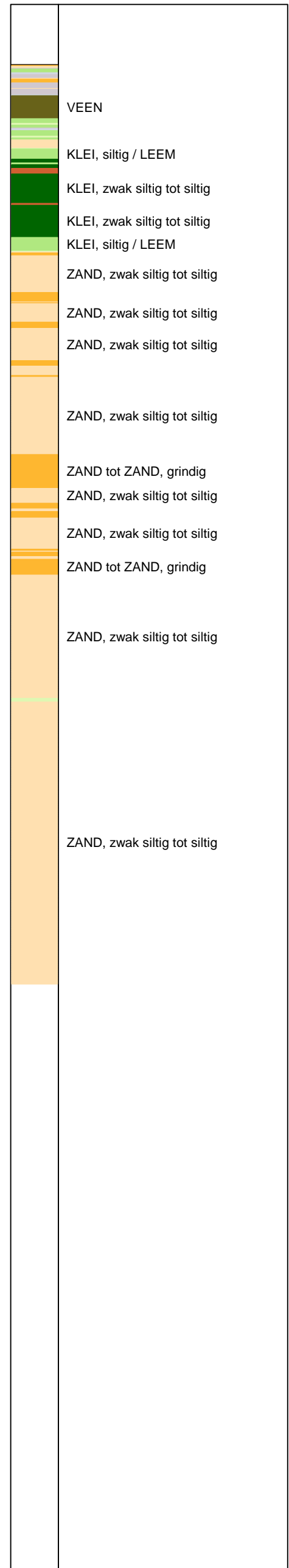
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM88





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



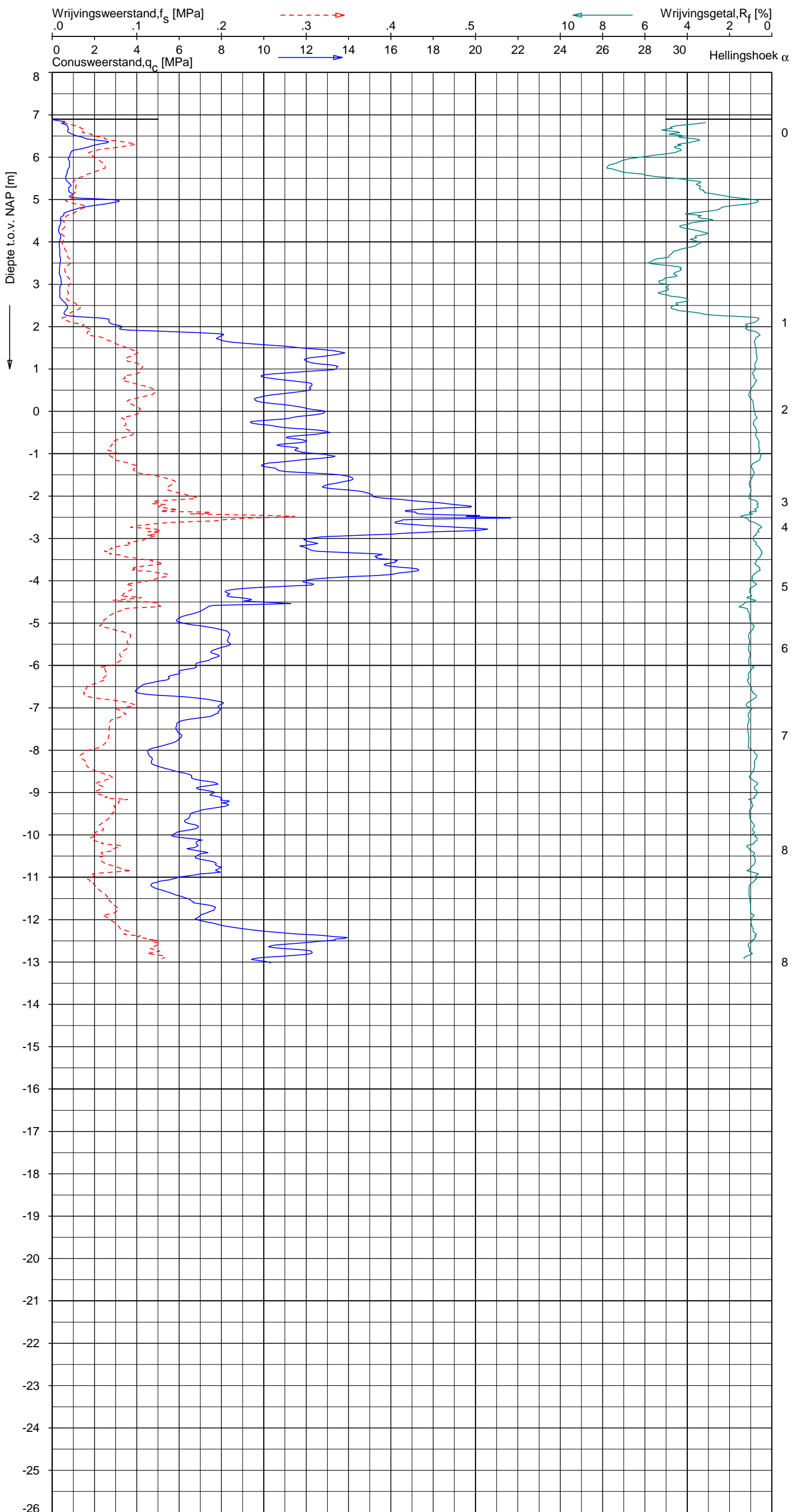
Opg. : PJH d.d. 12-nov-2014 Coord.: X=171116.7 m Y= 433365.7 m System: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.74 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



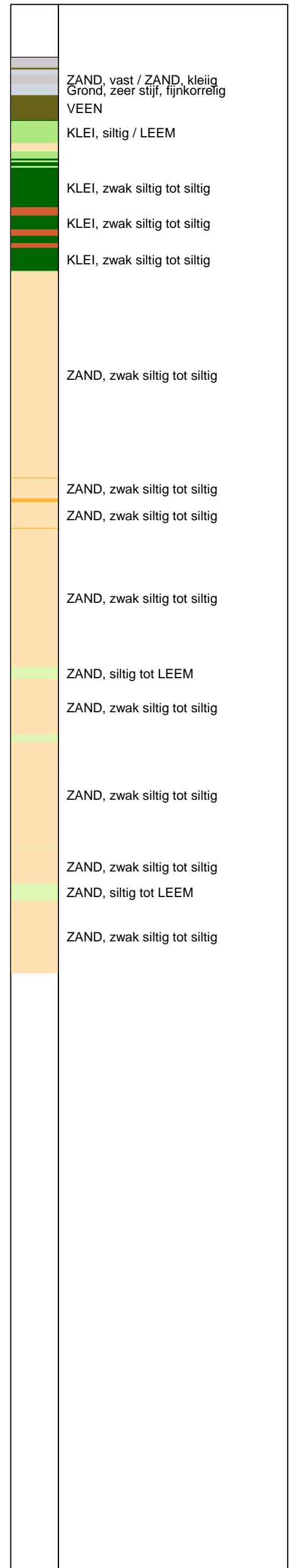
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM89





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



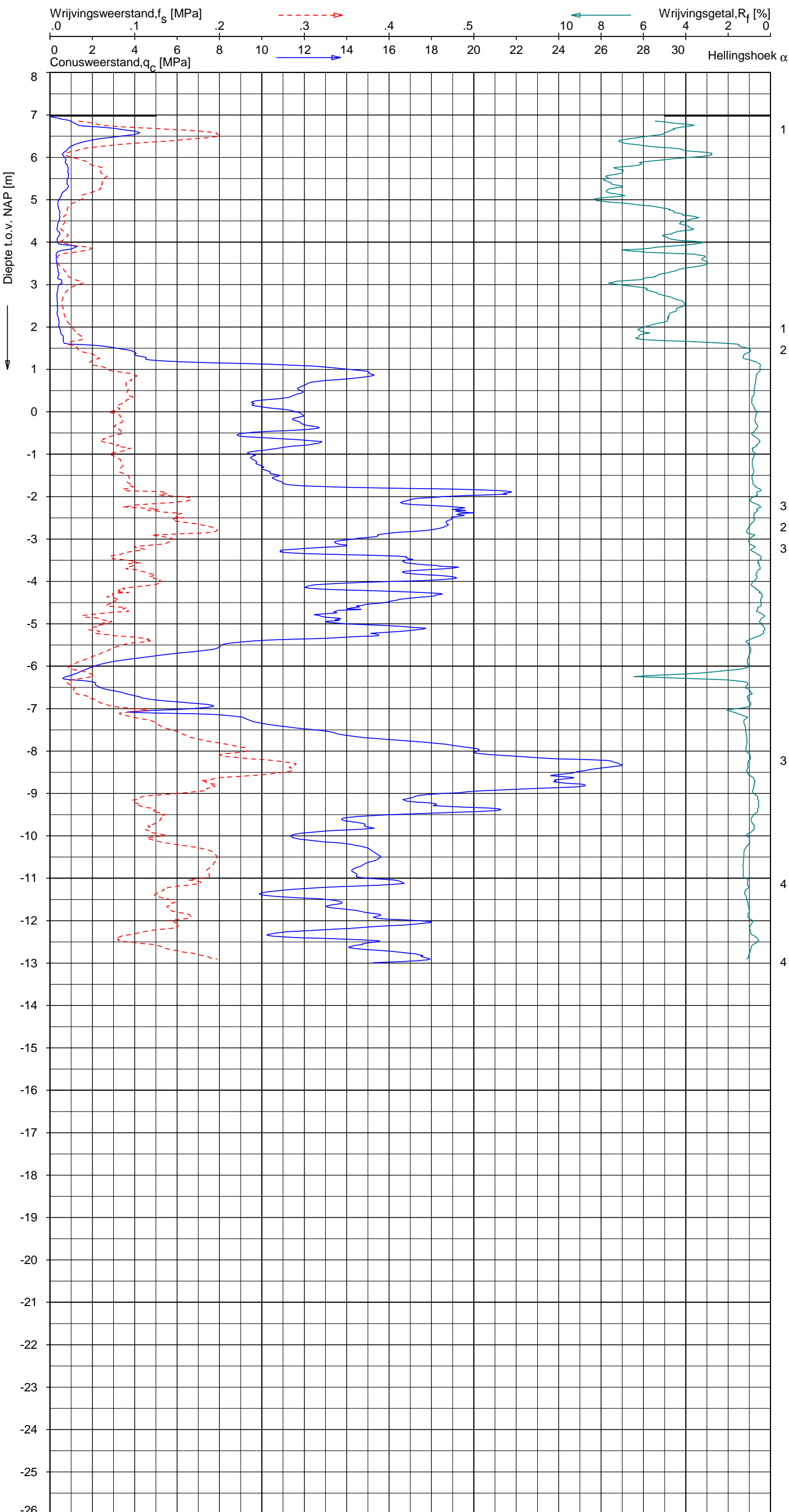
Opg. : PJH d.d. 12-nov-2014 Coord.: X=171107.8m Y= 433353.3m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.90m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



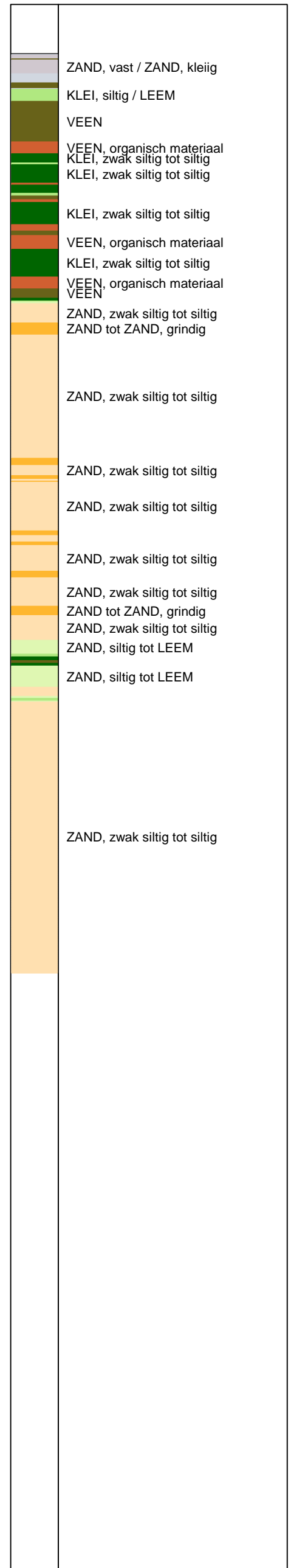
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM90





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



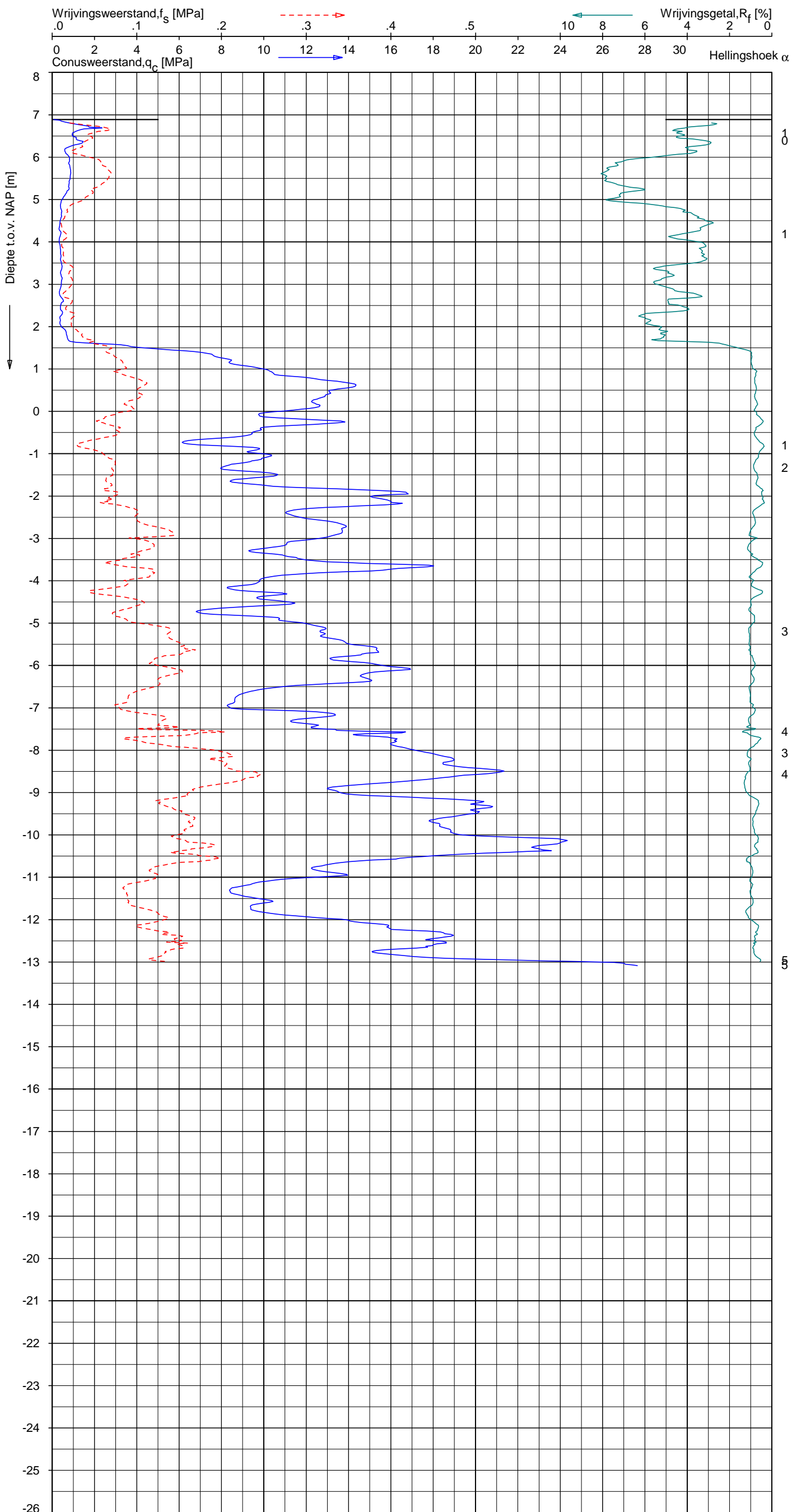
Opg. : PJH d.d. 12-nov-2014 Coord.: X=171116.3m Y= 433343.7m System: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.98m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM91





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



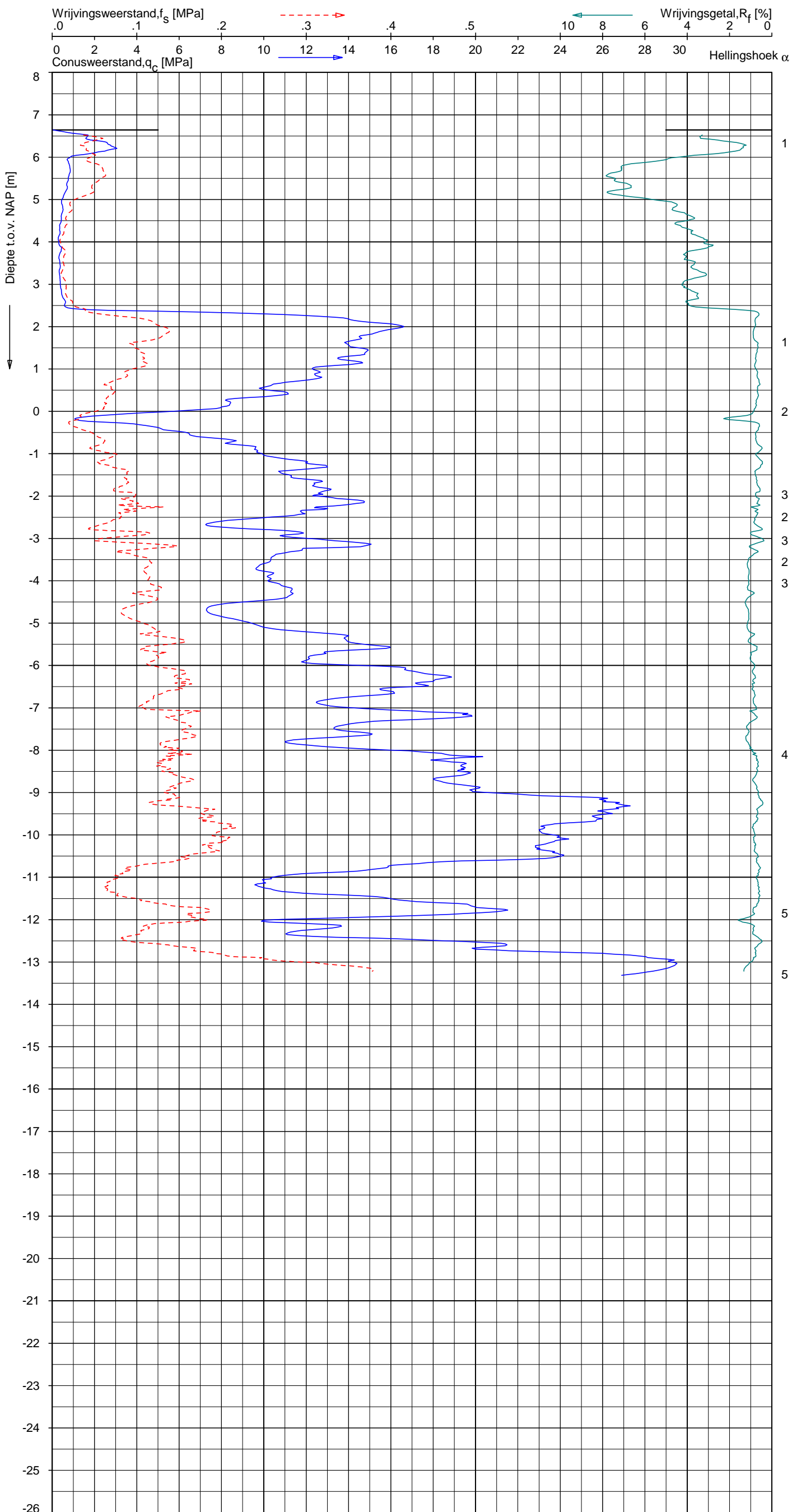
Opg. : PJH d.d. 12-nov-2014 Coord.: X=171107.6m Y= 433336.9m System: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.89m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$



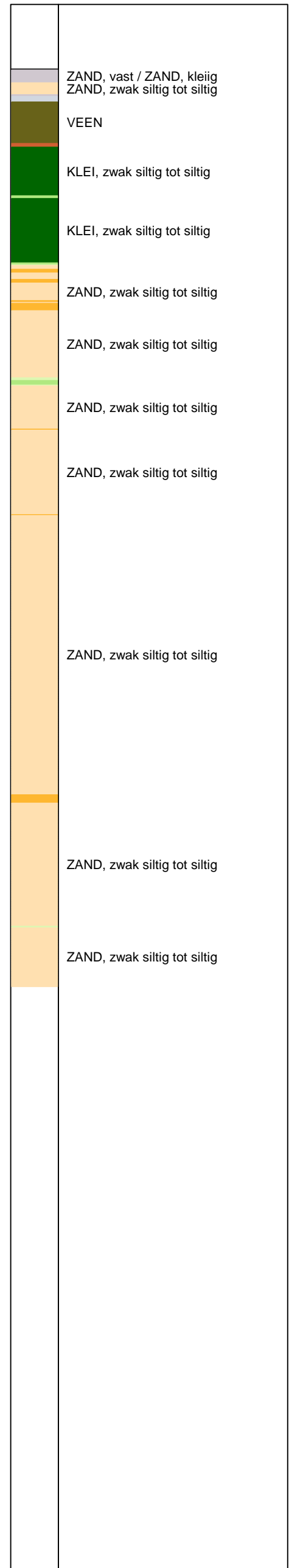
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM92





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



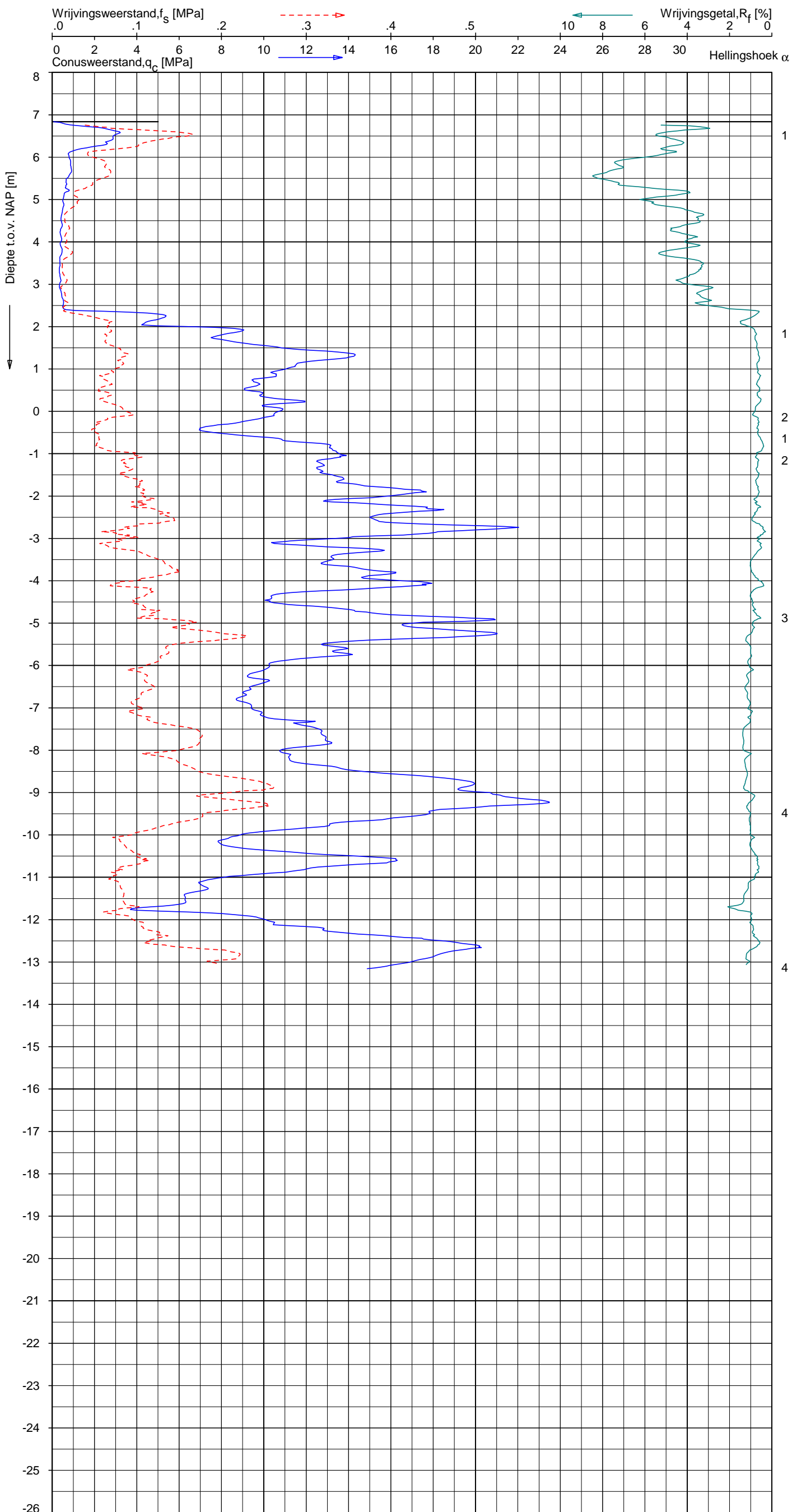
Opg. : PJH d.d. 12-nov-2014 Coord.: X=171114.2m Y= 433325.2m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.64m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM93





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



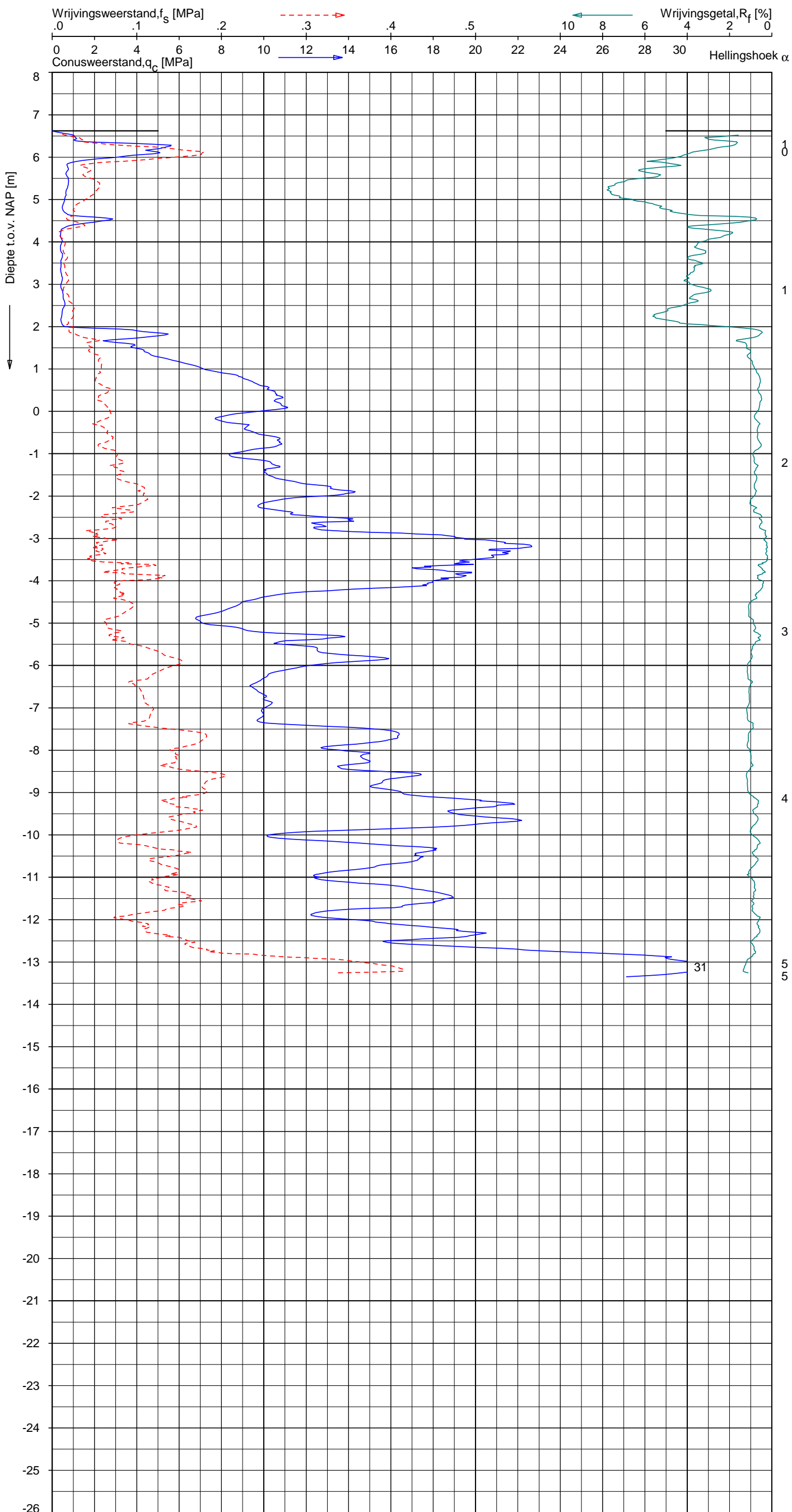
Opg. : PJH d.d. 12-nov-2014 Coord.: X=171103.6m Y= 433316.8m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.84m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM94





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



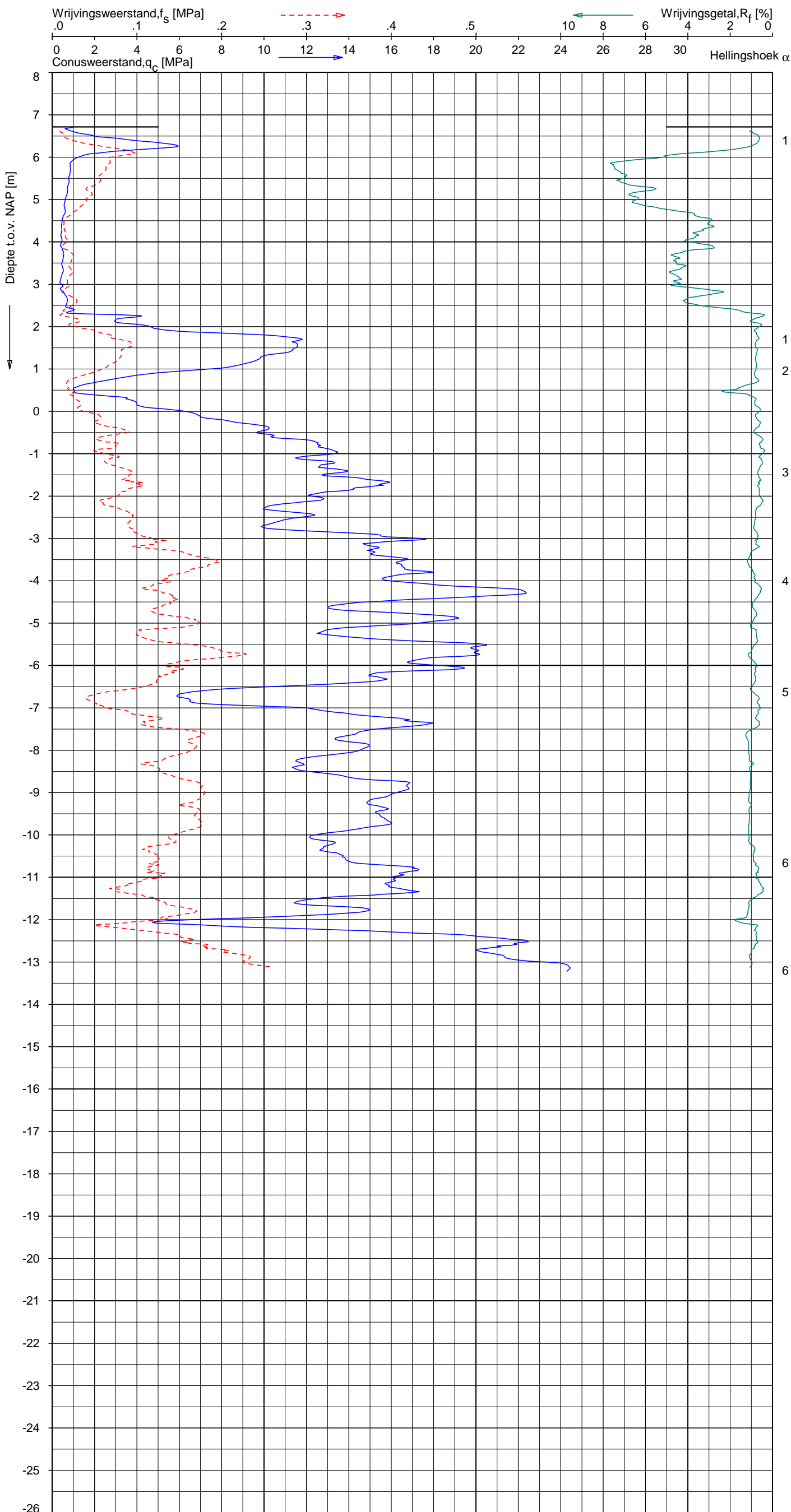
Opg. : PJH d.d. 12-nov-2014 Coord.: X=171106.7 m Y= 433301.4 m System: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.62 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



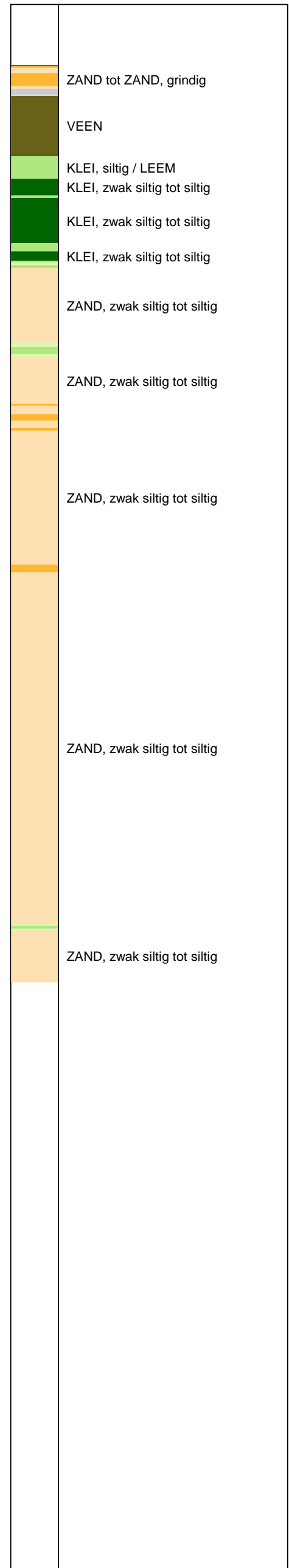
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM95





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



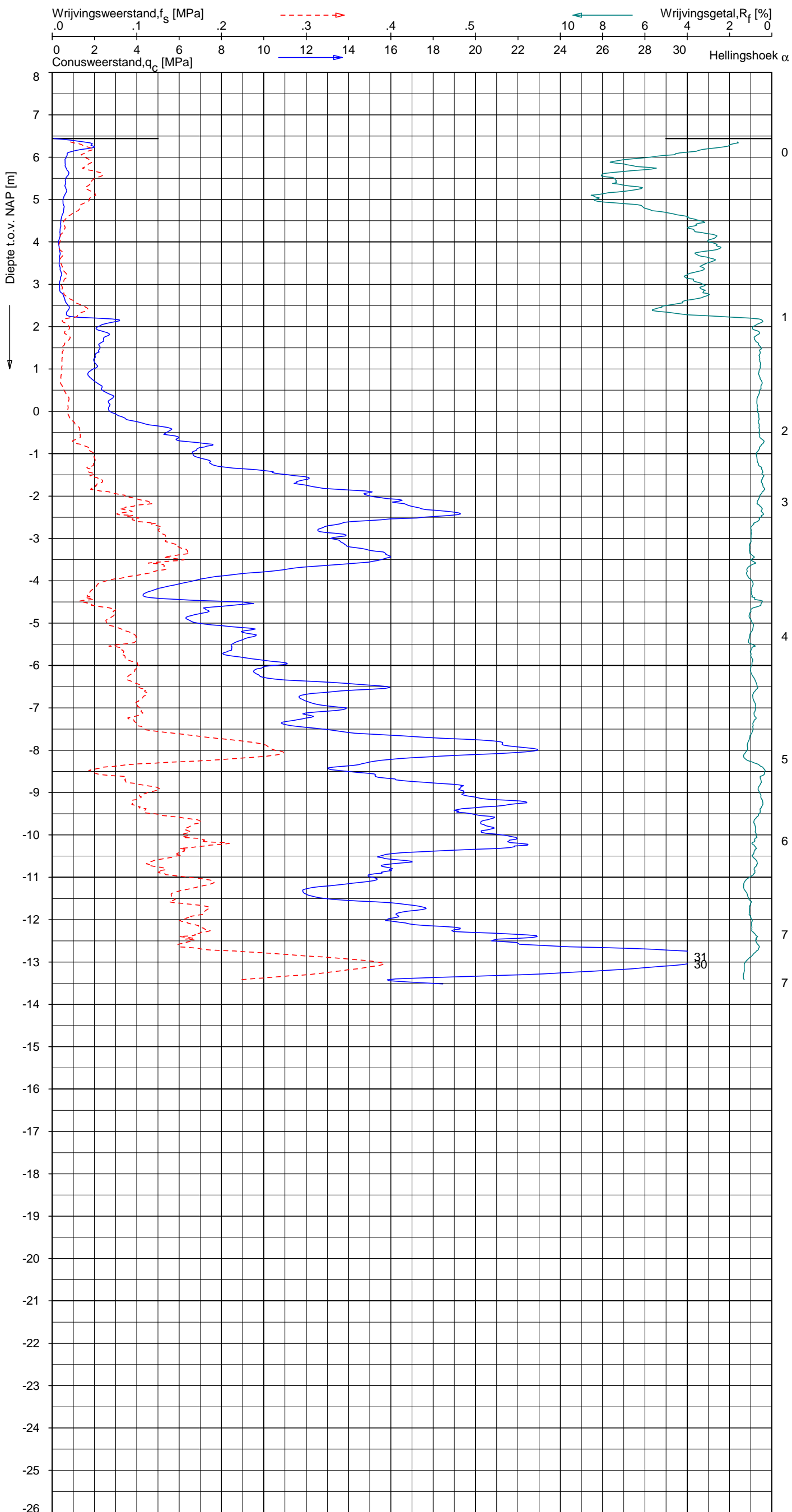
Opg. : PJH d.d. 13-nov-2014 Coord.: X=171122.0 m Y= 433300.9 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.72 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM96





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



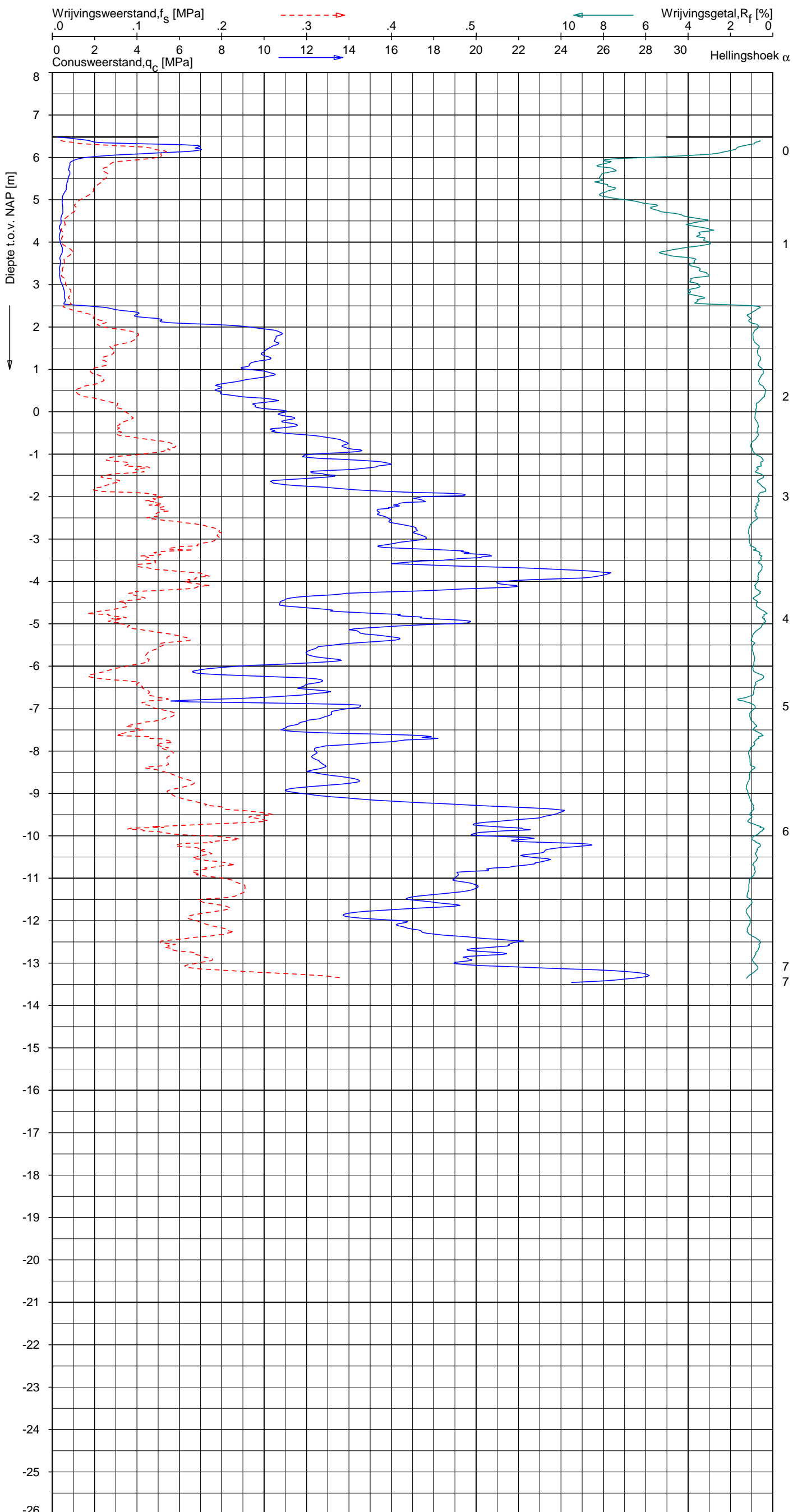
Opg. : PJH d.d. 13-nov-2014 Coord.: X=171135.0 m Y= 433308.4 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.44 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



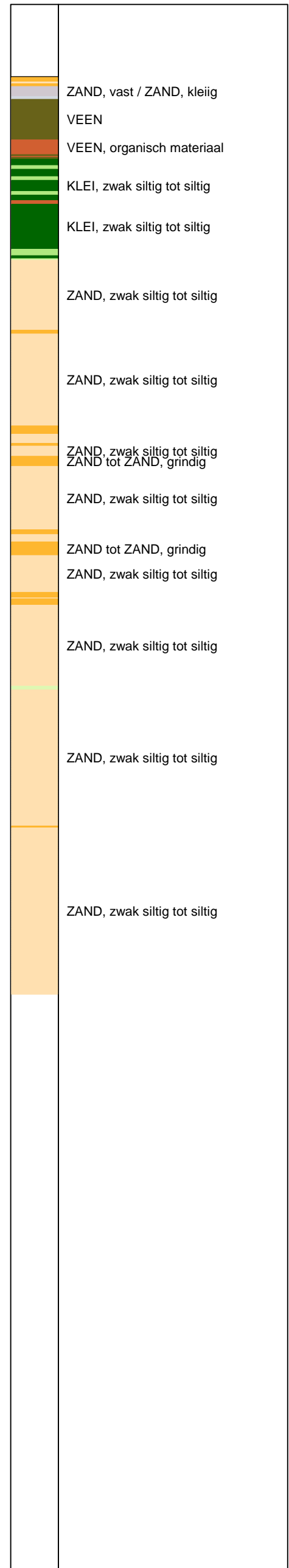
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM97





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



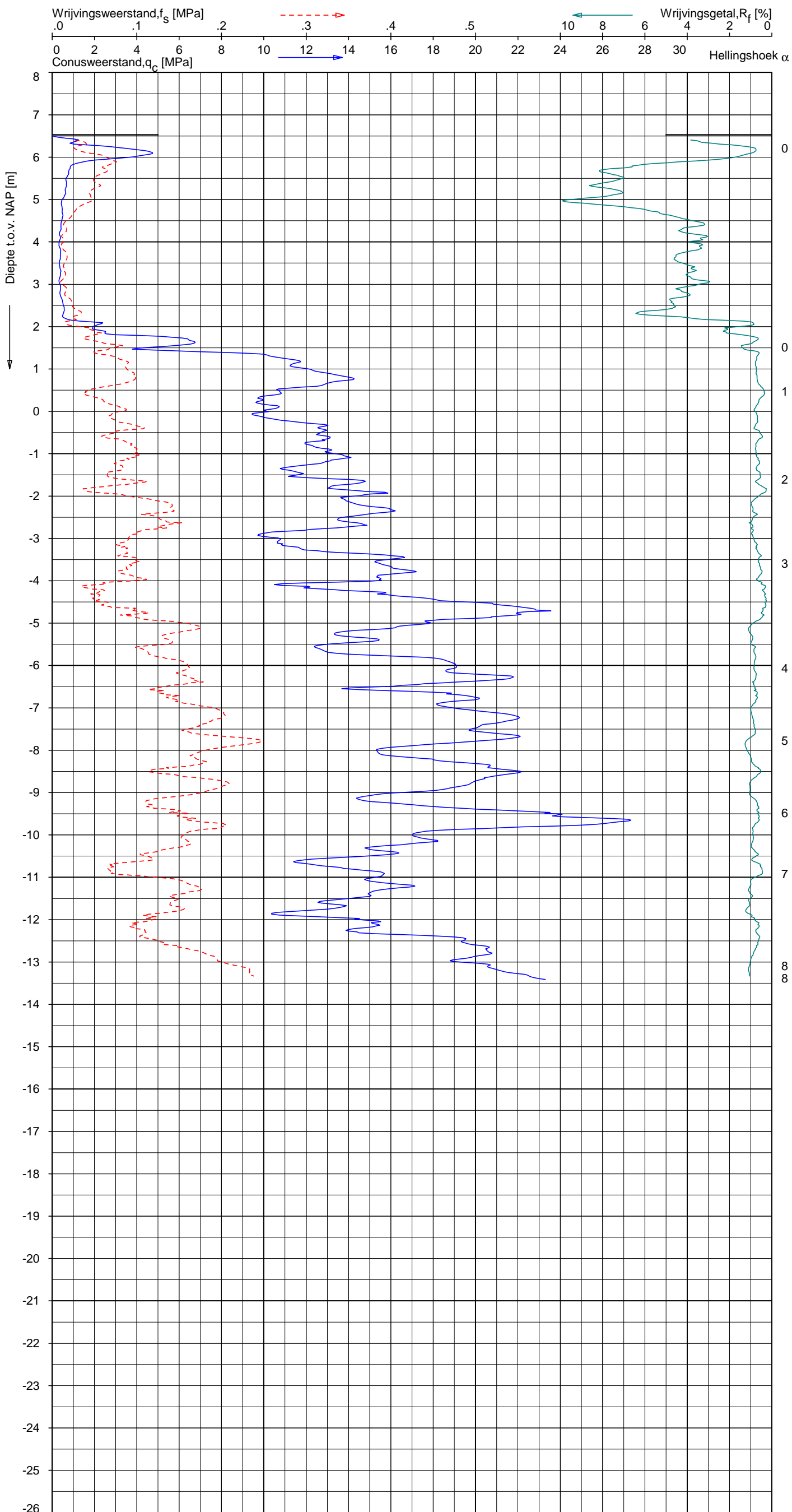
Opg. : PJH d.d. 13-nov-2014 Coord.: X=171145.2m Y= 433298.4m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.48m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM98





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



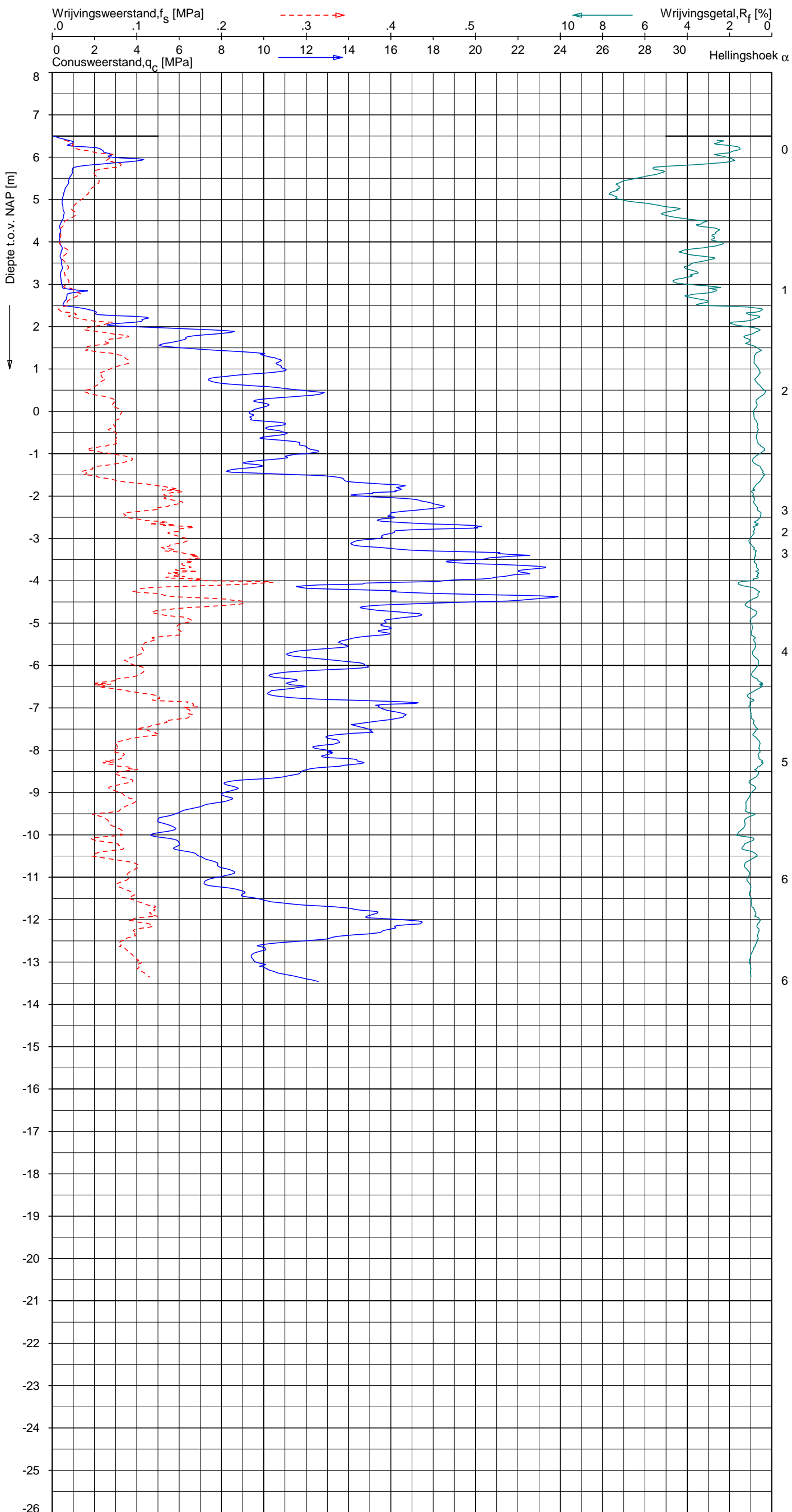
Opg. : PJH d.d. 13-nov-2014 Coord.: X=171157.8m Y= 433306.9m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.53m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM99





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



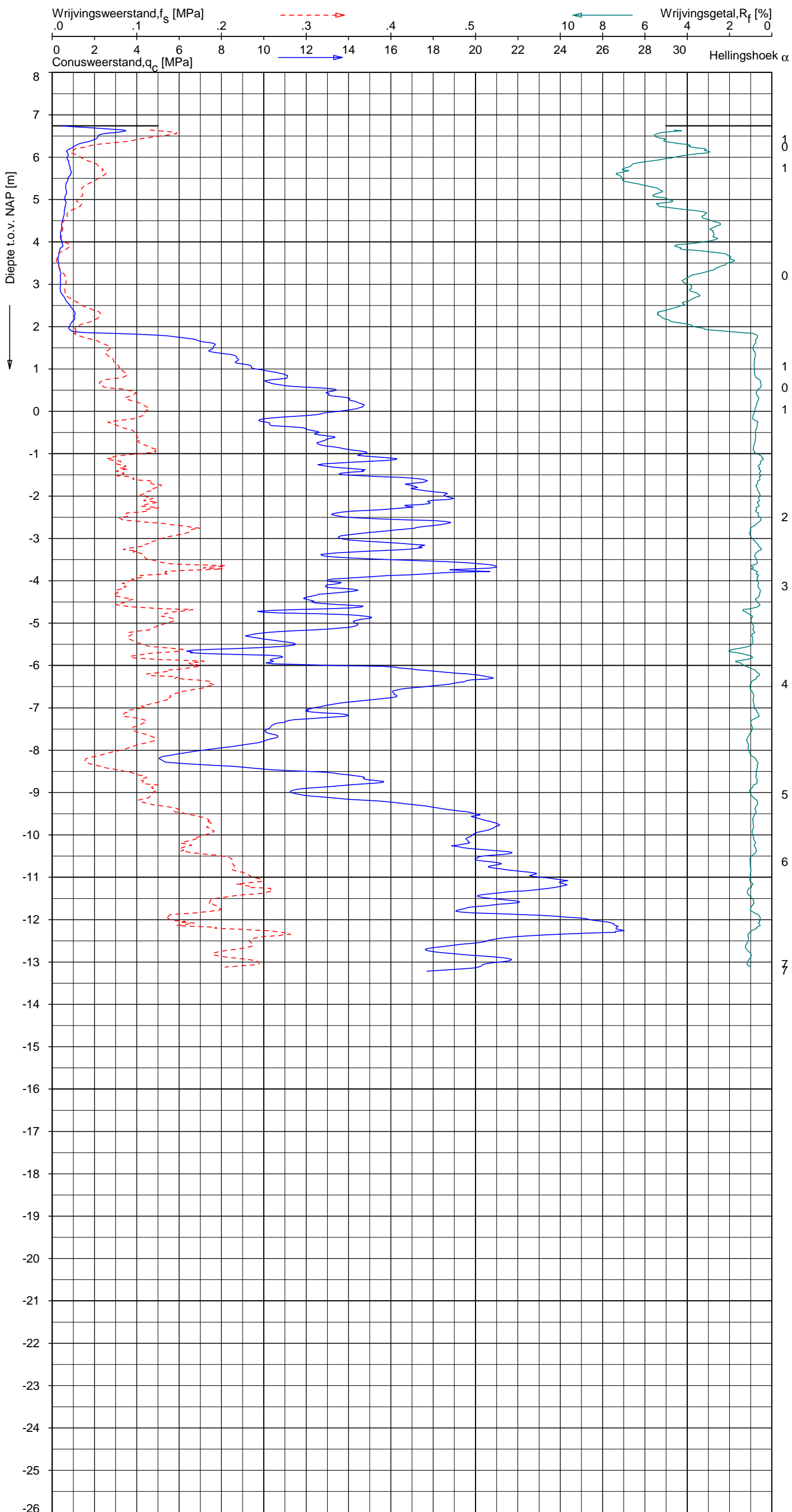
Opg. : PJH d.d. 13-nov-2014 Coord.: X=171168.5m Y= 433296.8m System: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.50m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM100





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



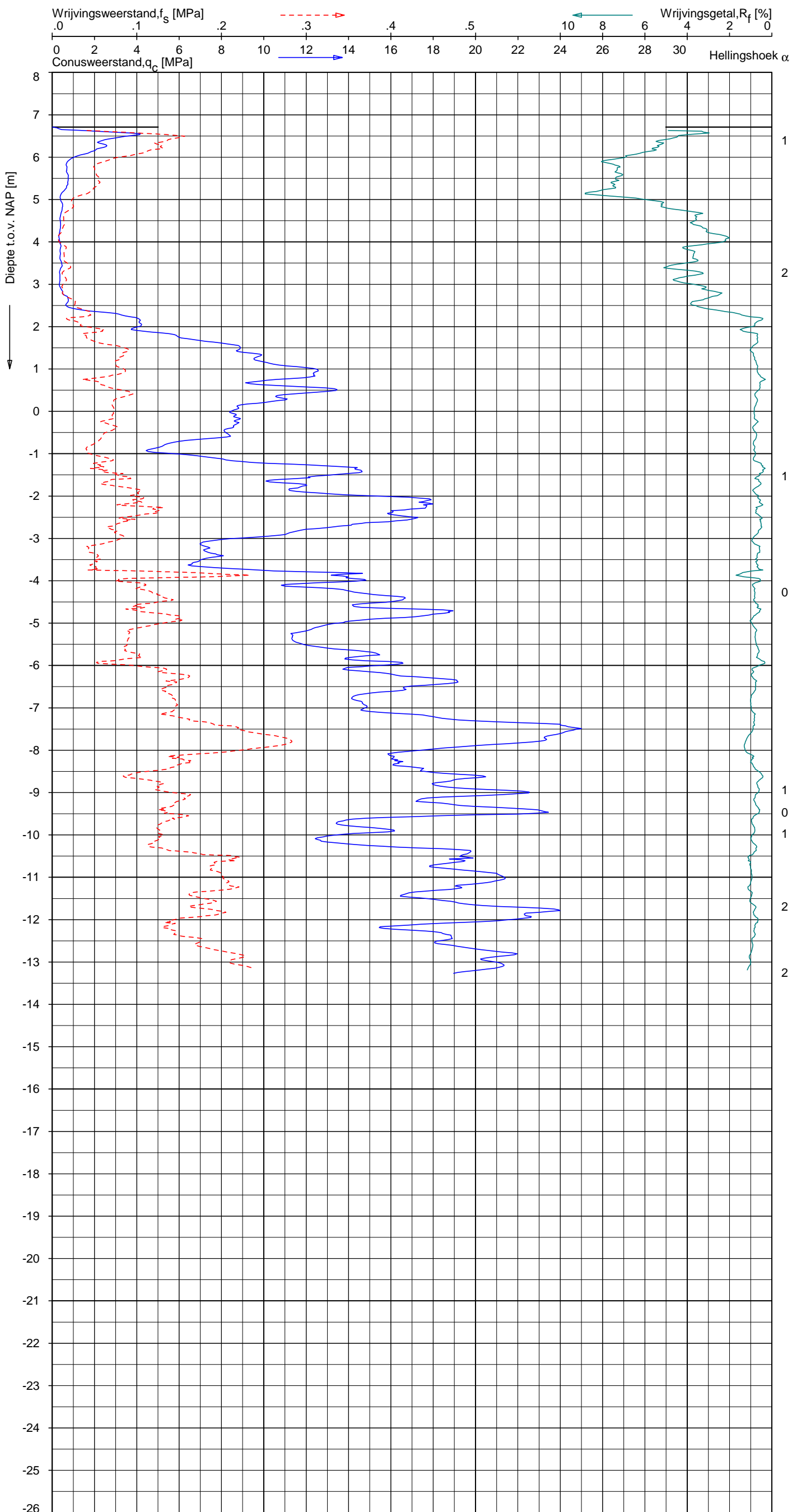
Opg. : PJH d.d. 13-nov-2014 Coord.: X=171180.5m Y= 433304.4m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.74m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



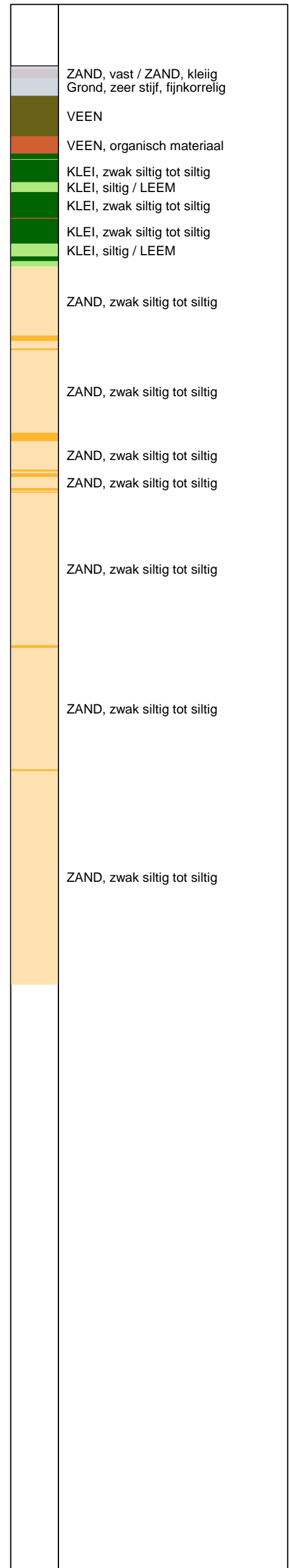
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM101





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



Opg. : PJH d.d. 13-nov-2014 Coord.: X=171184.6m Y= 433294.7m System: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : VALKF d.d. 20-nov-2014 MV = NAP +6.71m Conus: CP15-CF75SN2 1701-1981 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895mm²



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW WONINGEN PLAN TICHELLANDE TE DRUTEN

Opdr. 6012-0076-003
 Sond. DKM102



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 mm² 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 mm² 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 mm² variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten moeten worden toegepast. Fugro sonderingen worden standaard uitgevoerd met een sondeerconus met een basisoppervlak van 1500 mm² en een manteloppervlak van 20000 mm².

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.

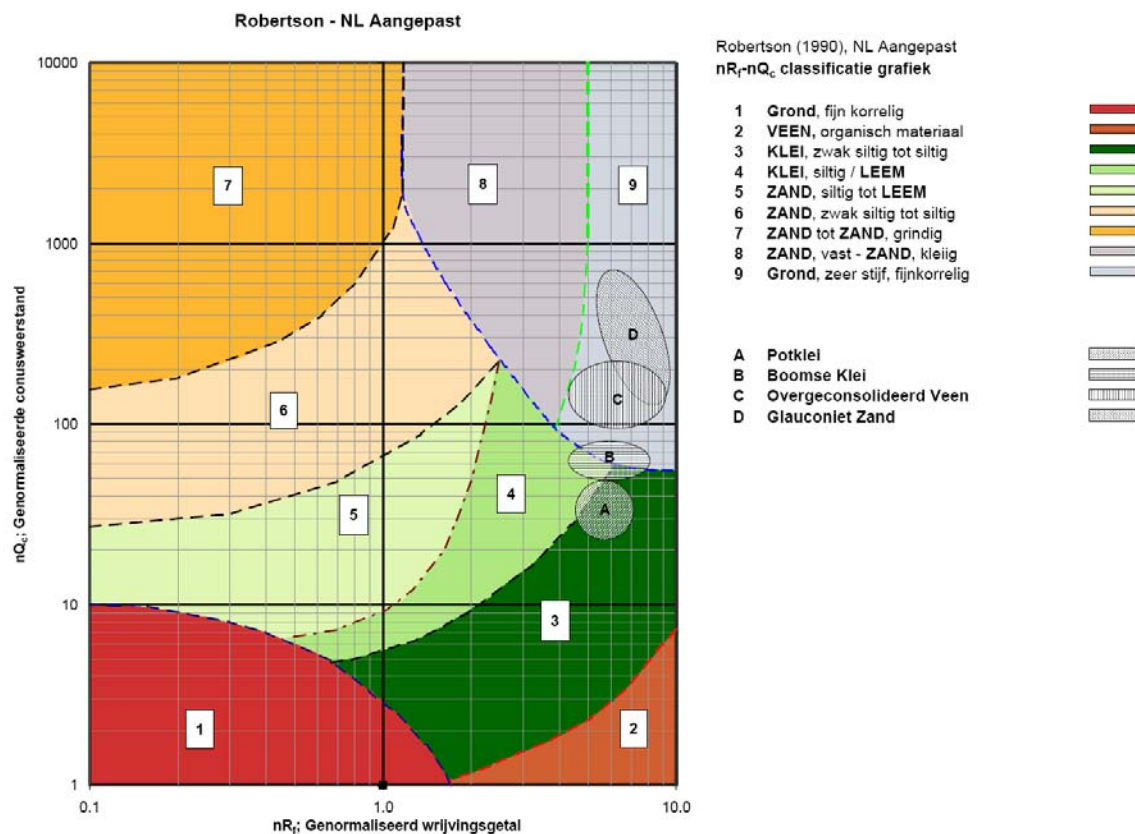
Genormaliseerde conusweerstand:
$$nQ_c = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$

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.



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

CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

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.

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

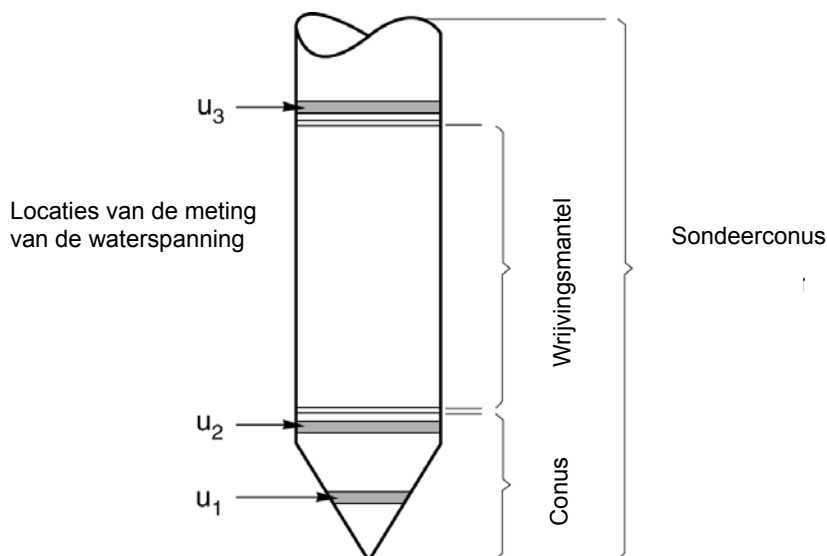
Naast de meting van conusweerstand en plaatselijke wrijving is het mogelijk extra (combinaties van) metingen uit te voeren. In onderstaand schema zijn enkele mogelijkheden aangegeven. Indien gewenst

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

kan nadere informatie over metingen en toepassingsmogelijkheden worden verschaft.

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 ontlucht 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 membraam 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:

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

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;
- = $q_c + (1-a) \cdot u_2$ 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 dillatant 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

CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

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 klassen volgens NEN-EN-ISO 22476-1:2012

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 $5 \text{ MPa} \leq q_c < 10$ MPa) C Gemengde bodemprofielen met stijve kleien (conusweerstand $1,5 \text{ MPa} \leq q_c < 3$ MPa) en zeer dichte zanden ($q_c > 20$ MPa) D Zeer stijve tot harde kleien ($q_c \geq 3$ MPa) en zeer vaste grove gronden ($q_c \geq 20$ 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

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

- 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

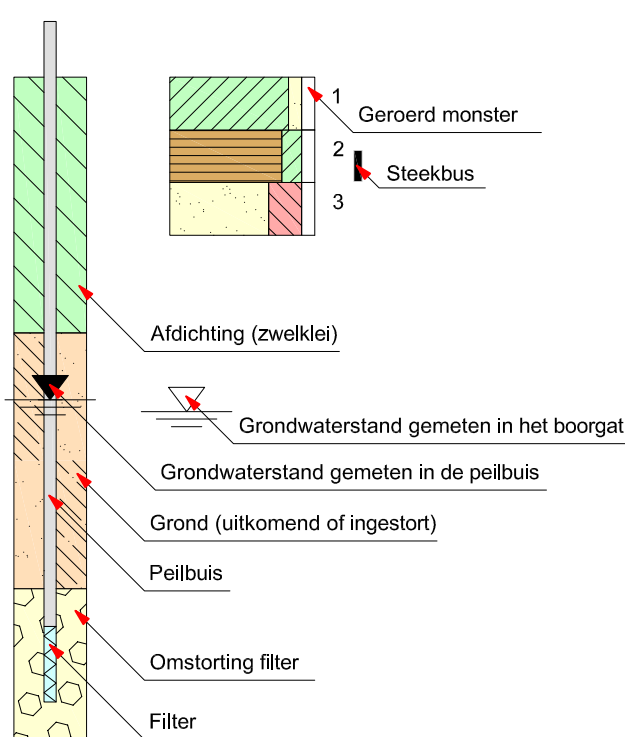
Leem

- Leem, zwak zandig
- Leem, sterk zandig

Overige toevoegingen

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

Peilbuis



Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : DKM71
- paaltype : Prefab beton - geheid
- schachtdiameter : □ 320 mm

Berekening negatieve kleef

De *representatieve waarde* van de maximale negatieve kleefbelasting op een alleenstaande paal volgens 7.3.2.2 NEN 9997-1 bedraagt:

$$F_{nk;rep} = \sum (d_i \cdot K_{o;1} \cdot \tan \delta_i \cdot \sigma'_{v;gem;i}) \cdot O_s$$

$$= 90 \text{ kN}$$

waarin:		in dit geval:
d_i	= dikte van de betreffende laag	zie tabel
$K_{o;i} \cdot \tan \delta_i$	= product van de karakteristieke waarde van de neutrale gronddruk factor en de tangens van de wrijvingshoek tussen paal en grond voor de betreffende laag	0,25
$\sigma'_{v;gem;i}$	= karakteristieke waarde van de gemiddelde effectieve verticale spanning in de betreffende laag i	zie tabel
O_s	= omtrek van de paalschacht	zie tabel

laag	van / tot [m t.o.v. NAP]	dikte d [m]	$\gamma_{i;rep}$ [kN/m ³]	$\sigma'_{v;i;gem}$ [kN/m ²]	$K_{o;i} \cdot \tan \delta_i$ [-]	O_s [m]	$F_{nk;rep,i}$ [kN]
ZAND	+8,3/+7,0	1,3	18	11,7	0,25	1,28	4,9
KLEI	+7,0/+4,5	2,5	17	44,7	0,25	1,28	35,7
KLEI	+4,5/+2,4	2,1	6	72,2	0,25	1,28	48,5
						Totaal	89,1

De *rekenwaarde* van de maximale negatieve kleefbelasting op een alleenstaande paal bedraagt:

$$F_{nk;d} = F_{nk;rep} \cdot \gamma_{f;nk}$$

$$= 90 \text{ kN}$$

waarin:		in dit geval:
$\gamma_{f;nk}$	= partiële factor voor de negatieve kleef (7.3.2.2(b) van NEN9997-1)	1,0

BEREKENING NEGATIEVE KLEEF

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : DKM69
- paaltype : Prefab beton - geheid
- paalpuntniveau : NAP -0,5 m
- schachtdiameter : □ 320 mm

Maximale draagkracht van de paalpunt

De *maximale puntweerstand* volgens 7.6.2.3(e) van NEN 9997-1 bedraagt:

$q_{b,max}$	=	$\frac{1}{2} \cdot \alpha_p \cdot \beta \cdot s \cdot ((q_{c,I,gem} + q_{c,II,gem})/2 + q_{c,III,gem})$	
	=	5,6 MPa. (≤ 15 MPa, limietwaarde conform NEN 9997-1)	
waarin:			in dit geval:
$q_{c,I,gem}$	=	de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I (0,7 à 4 x D_{eq} onder de punt)	6,4 MPa
$q_{c,II,gem}$	=	de minimale waarde van de conusweerstand over traject II (0,7 à 4 x D_{eq} onder de punt)	5,6 MPa
$q_{c,III,gem}$	=	de gemiddelde minimale waarde van de conusweerstand over traject III (8 x D_{eq} boven de punt)	5,2 MPa
α_p	=	paalklassefactor (tabel 7.c, NEN 9997-1)	1,0 -
β	=	factor voor de paalvoetvorm	1,0 -
s	=	factor voor de vorm van de dwarsdoorsnede van de paalvoet	1,0 -

De *maximale draagkracht* van de paalpunt volgens 7.6.2.3(c) van NEN 9997-1 bedraagt:

$R_{b,cal,max,i}$	=	$A_{punt} \cdot q_{b,max,i} \cdot 1000$	
	=	575 kN	
waarin:			in dit geval:
A_{punt}	=	oppervlak van de paalvoet	0,1024 m ²

Maximale paalschachtwrijving

De *maximale paalschachtwrijving* volgens 7.6.2.3(c) van NEN 9997-1 bedraagt:

$$q_{s;\max} = \alpha_s \cdot q_{c;z;a} = 0,101 \text{ MPa}$$

waarin: in dit geval:

α_s	= factor voor de invloed van de uitvoering en het paaltype (tabel 7.c, NEN 9997-1)	0,010 -
$q_{c;z;a}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over het traject waarover schachtwrijving wordt berekend	10,1 MPa

De *maximale schachtwrijvingskracht* volgens 7.6.2.3(c) van NEN 9997-1 bedraagt:

$$R_{s;\text{cal};\max;i} = O_{s;\Delta L;\text{gem}} \cdot \Delta L \cdot q_{s;\max} = 345 \text{ kN}$$

waarin: in dit geval:

$O_{s;\Delta L;\text{gem}}$	= gemiddelde omtrek van de paalschacht	1,28 m
ΔL	= traject voor berekening schachtwrijving	2,68 m

Maximale draagkracht

De *maximale draagkracht* van de paal volgens 7.6.2.3(c) van NEN 9997-1 bedraagt:

$$R_{c;\text{cal}} = R_{b;\text{cal};\max;i} + R_{s;\text{cal};\max;i} = 920 \text{ kN}$$

De *karakteristieke waarde* van de maximale draagkracht van de paal volgens 7.6.2.3(5) van NEN 9997-1 bedraagt:

$$R_{c;k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c;\text{cal}})_{\text{gem}}}{\xi_3} ; \frac{(R_{c;\text{cal}})_{\text{min}}}{\xi_4} \right\} = 662 \text{ kN}$$

waarin: in dit geval:

ξ_3 en ξ_4	= correlatiefactor volgens tabel A.10a van NEN 9997-1	1,39 -
--------------------	---	--------

Voor de *rekenwaarde* van de maximale draagkracht van de paal kan volgens 7.6.2.3(3) en (4) van NEN 9997-1 worden aangehouden:

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R = 552 \text{ kN}$$

waarin: in dit geval:

γ_R	= $\gamma_b = \gamma_s$ partieële factor volgens tabel A.6 t/m A.8 van NEN 9997-1	1,2 -
------------	--	-------

Voor de UGT geldt volgens 7.6.2.1(1) van NEN 9997-1:

$$F_{c;d} < R_{c;d}$$

Voor de UGT type B kan het zakkingscriterium dat in 2.4.9(b) van NEN 9997-1 is gegeven, worden vervangen door:

$$F_{c;d} + F_{nk;d} < R_{c;d}$$

waarin:

$F_{c;d}$	=	rekenwaarde van de belasting in kN		
$F_{nk;d}$	=	rekenwaarde van de negatieve kleeftbelasting	90	kN
$R_{c;d}$	=	rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal	552	kN

in dit geval:

Voor de meeste paaltypen, zoals grondverdringende palen met relatief kleine diameter, is de UGT type B maatgevend, zodat hiermee ook de andere grenstoestanden worden ondervangen.

Bovenstaande formule kan worden bewerkt tot de volgende voorwaarde:

$$F_{c;d} < R_{c;net;d}$$

waarin:

$R_{c;net;d}$	=	$R_{c;d} - F_{nk;d}$		
	=	de rekenwaarde van de netto draagkracht van de paal, rekening houdend met de negatieve kleeftbelasting	462	kN

in dit geval:

Indien aan de bovenstaande voorwaarde wordt voldaan, dan bezwijkt de grond rondom de paal niet. De vervormingen van de paalkop zullen hierbij ook beperkt zijn.

In tabel 3-1 zijn de waarden gepresenteerd van $R_{c;net;d}$.

Algemene richtlijnen

Voor algemene richtlijnen betreffende het heien van prefab betonpalen wordt verwezen naar de beoordelingsrichtlijn BRL 2357 d.d. 14-03-2002 van KIWA. In het bijzonder dient op de volgende aspecten te worden gelet.

Heivolgorde

De eerste paal van het project dient te worden geheid ter plaatse van een sondering aangezien de draagkracht van de palen berekend is met behulp van sonderingen.

De relatie van het hegedrag met het sondeerbeeld kan worden vastgesteld door het aantal slagen per 0,25 m paalzakking te registreren (kalenderen). Het bij de eerste sondering gevonden kalenderbeeld wordt als maatstaf voor de overige palen genomen. Van iedere paal dient derhalve, over het traject in de draagkrachtige zandlaag, de kalender te worden opgenomen. Voor iedere volgende sondering is het noodzakelijk om het kalenderbeeld te controleren en zondig de maatstaf bij te stellen.

Bij een verschil in inheiveau tussen de sonderingen, verdient het aanbeveling het heiwerk aan te vangen bij het diepste niveau. Aangezien dan van "laag naar hoog" wordt geheid is een betere controle mogelijk op het benodigde inheiveau voor de overige palen.

Bij het heien van grote groepen palen dient "van binnen naar buiten" te worden gewerkt. Door het verdichten van zandlagen, kan een andere volgorde onnodig zwaar heiwerk tot gevolg hebben.

Heiblok-paal-draagkracht verhouding

Doorgaans wordt gezocht naar een verhouding heiblok-paal-draagkracht die een eindkalender oplevert van 15 à 25 slagen per 0,25 m. Het in het advies aangegeven heiblok is bepaald met behulp van de heiformule van Sprenger-Potma, die over het algemeen een redelijk goede voorspelling geeft van de eindkalender van palen die hun draagkracht hoofdzakelijk aan puntweerstand ontleen. Mede omdat de positieve kleef veelal een geringe invloed op de kalender heeft, maar wel een grote bijdrage in de draagkracht kan hebben, dient de maatgevende kalender te worden bepaald aan de hand van het hegedrag ter plaatse van de sonderingen.

Afwijkende kalenderwaarden

Een afwijkende kalender kan worden veroorzaakt door de bodemopbouw of door paalbreuk. Ook andere factoren kunnen van invloed zijn op de kalenderwaarde, waarbij niet altijd sprake hoeft te zijn van een afwijkende draagkracht, zoals hieronder is aangegeven:

Factor	Kalender	
	Hoger	Lager
- natte of oude mutsvulling		x
- wisselende energieafgifte van het blok	x	x
- andere pompzetting	x	x
- wijziging in de weersomstandigheden waardoor de koeling verandert;		
warmer weer:	x	
kouder weer:		x
- verdichting zandpakket	x	
- tijdelijke wateroverspanning tijdens het heien		x

Een in vastheid wisselende tussen- of bovenzandlaag kan eveneens tot afwijkende kalenderwaarden leiden. Bij houten palen met betonopzetter kan een vaste bovenzandlaag leiden tot een hoge kalender zonder dat sprake is van een hogere draagkracht.

Bij een lage kalenderwaarde kan sprake zijn van een te lage draagkracht. Bij twijfel is het noodzakelijk contact op te nemen met de constructeur en de grondmechanisch adviseur. In onderling overleg kan dan tot één of meer van de volgende maatregelen worden besloten:

- het na-heien van palen, waarbij over een traject van 0,25 m het aantal slagen per 0,05 m paalzakking wordt geregistreerd; op deze wijze kan worden onderzocht in hoeverre wateroverspanning de oorzaak is
- het uitvoeren van controlesonderingen, om te onderzoeken in hoeverre een afwijkende bodemopbouw de oorzaak is
- het akoestisch doormeten van de paal om eventuele paalbreuk op te sporen
- het uitvoeren van een dynamische en/of statische proefbelasting om de werkelijke draagkracht van de paal vast te stellen.

Uitgebreide informatie over de uitvoering van paalfunderingen, het dynamisch proefbelasten en het akoestisch doormeten van palen is gegeven in onze brochures, welke op aanvraag beschikbaar zijn.

Gezien de vele factoren die een heiwerk kunnen beïnvloeden, is deskundig toezicht een vereiste. Van iedere paal dienen alle van belang zijnde gegevens te worden geregistreerd. Dit betreft niet alleen de kalender en het uiteindelijke inheinniveau, doch ook zaken als het type heiblok, de afstelling van het heiblok, de heivolgorde, het tijdstip, het gebruik van een nieuwe mutsvulling, de paallengte, het eventueel doorheien met een stalen oplanger, het maaiveld- resp. werkniveau, een eventuele bemaling tijdens het heiwerk en andere relevante gegevens.