



Gemeente Rotterdam

Ingenieursbureau

Park Zestienhoven

Bruggen B5, B6, M2, M5, S3, S4 en S7

Geotechnisch onderzoek en funderingsadvies

Projectcode

R120201-P16H (2003-153, P16H-V192 BGE)

Datum

29 juni 2012

definitief

Opdrachtgever

OntwikkelingsBedrijf Rotterdam

Opsteller

Ing. S. Bardak-Hristov

Begeleider

Ir. D. Wilschut

Paraaf Opsteller:

Paraaf Begeleider:

Inhoudsopgave

1.	Inleiding en projectomschrijving	3
2.	Veldonderzoek	4
3.	Bodemopbouw	6
3.1	Grondwater	7
4.	Paalberekeningen	8
4.1	Drukpalen	8
4.1.1	Toetsing grenstoestanden	8
4.2	Uitgangspunten voor de berekeningen	9
4.3	Paalbelastingen	10
5.	Berekeningsresultaten	11
5.1	Autobrug B5	11
5.2	Langzaamverkeersbrug B6	13
5.3	Autobrug M2	14
5.4	Autobrug M5	15
5.5	Autobrug S3	16
5.6	Langzaamverkeersbrug S4	17
5.7	Langzaamverkeersbrug S7	18
6.	Funderingsadvies	19
7.	Uitvoeringsaspecten	20
7.1	Inbrengen paalfunderingen	20
7.2	Bruggen bij HSL	20
	Bijlage 1 : Situatietekening grondonderzoek	22
	Bijlage 2 : Sondeergrafieken	23
	Bijlage 3 : Berekening van de negatieve kleeft	24
	Bijlage 4 : MFoundation uitdraai	25

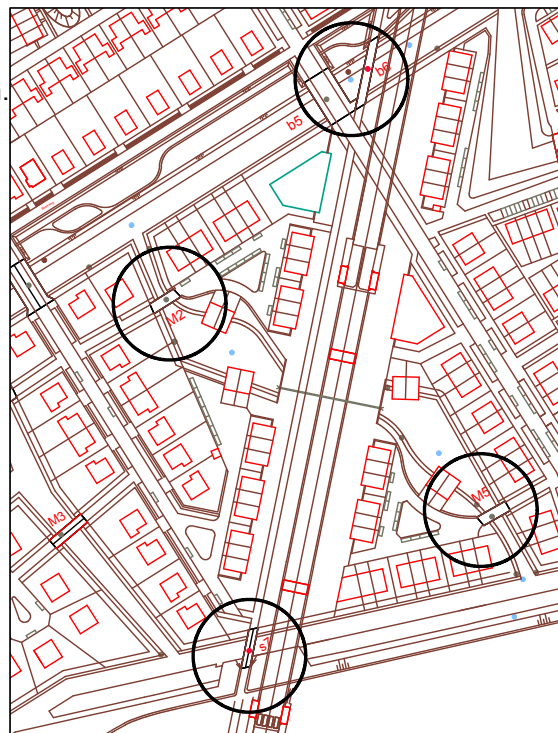
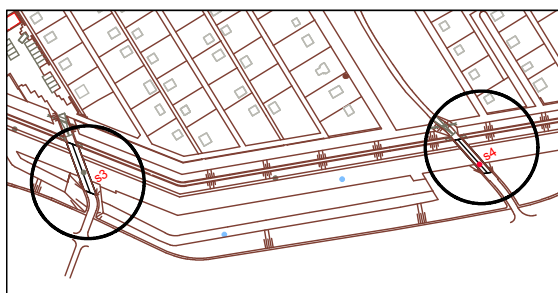
1. Inleiding en projectomschrijving

In opdracht van het Ontwikkelingsbedrijf Rotterdam is door het Ingenieursbureau van Gemeentewerken Rotterdam grondonderzoek verricht ten behoeve van het funderingsadvies voor zevental betonnen bruggen in Park Zestienhoven.

Voor deze bruggen geldt dat ze ondervaarbaar moeten zijn. Zij bestaan uit 2 landhoofden en een dek. De dekken zijn momentvast aan de landhoofden verbonden. Bruggen hebben in het midden nog 2, 4 of 6 extra bijzondere steunpunten.

Figuur 1.1: Locatie bruggen in Park Zestienhoven.

B5	autobrug
B6	langzaamverkeersbrug
M2	autobrug
M5	autobrug
S3	autobrug
S4	langzaamverkeersbrug
S7	langzaamverkeersbrug



Onderliggend rapport bevat de resultaten van het grondonderzoek en het funderingsadvies voor de bruggen B5, B6, M2, M5, S3, S4 en S7.



2. Veldonderzoek




Een deel van het grondonderzoek dat nodig is voor de paalberekningen voor de Bruggen 2012 in Park Zestienhoven is al eerder uitgevoerd. Recent zijn nog 10 sonderingen gemaakt.

Alle sonderingen zijn met een verkende diepte van ca. NAP -30,0 m.

De nieuwe sonderingen zijn gecodeerd als: EG 364 t/m EG 373.

Voor het berekenen van de negatieve kleeft is gebruik gemaakt van de in het kader van het project Bouwrijpmaken Park Zestienhoven uitgevoerde boringen: B/EG 22, B/EG 33, B/EG 38 en B/FG 54.

Tabel 2.1: Veldonderzoek

Brug	Sondering	Situatie met locatie grondonderzoek
B5	EG 364 EG 365	
B6	EG 366 EG 367	
M2	EG 368 EG 369	
M5	EG 370 EG 371	



Brug	Sondering	Situatie met locatie grondonderzoek
S3	FF 981 FF 982 FF 983	
S4	FG 506 FG 509 FG 510	
S7	EG 372 EG 373	

Situatietekening met grondonderzoek is als bijlage 1 gepresenteerd. Sondeergrafieken van alle in de berekeningen gebruikte sonderingen zijn in bijlage 2 verzameld.

De sonderingen zijn uitgevoerd met een elektrische kleefmantelconus, waarbij de plaatselijke kleef en de afwijking van de verticaal tijdens het sonderen is gemeten. Bij de sondering is het wrijvingsgetal (verhouding plaatselijke wrijving/conusweerstand in %) berekend en gepresenteerd. Gesondeerd is volgens NEN 5140, klasse 2. Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand over het algemeen een goed beeld van de bodemopbouw onder de grondwaterstand. In de onderstaande tabel 2.2 zijn voor de gladde elektrische kleefmantelconus enige indicatieve waarden van het wrijvingsgetal aangegeven.

Tabel 2.2.

grondsoort	Grind, Grof zand	zand	Silt, leem, loss	klei	potklei	veen
Wrijvingsgetal in %	0,2-0,6	0,6-1,2	1,2-4,0	3,0-5,0	5,0-7,0	5,0-10,0

3. Bodemopbouw

Ter plaatse van de meeste sonderingen wordt vanaf het maaiveld een zandige ophooglaag met variërende dikte aangetroffen. Daaronder bevinden zich afwisselend klei- en veenlagen. Voor de berekening van de negatieve kleef is er rekening gehouden met een zandige toplaag tot minimaal NAP -6,0 m ter plaatse van de landhoofden. Bij de bijzondere middensteunpunten is rekening gehouden met een zandige bodemverzwaring met een minimale dikte van 1,0 m.

Diepte van het draagkrachtige zand ter plaatse van de bruggen varieert zeer sterk, zie tabel 3.1. Toekomstige maaiveld naast de bruggen ligt op NAP -4,8 m en het bodemniveau wordt op NAP -7,0 m afgewerkt.

Tabel 3.1: Sonderingen Park Zestienhoven Bruggen 2012:

<i>brug</i>	<i>Sondering</i>	<i>x [m]</i>	<i>y [m]</i>	<i>z [m NAP]</i>	<i>Niveau bovenkant draagkrachtige zandlaag [m NAP]</i>
B5	EG364	90756	440094	-5,39	-13,5
	EG365	90775	440073	-5,46	-12,8
B6	EG366	90797	440118	-5,29	-13,2
	EG367	90790	440094	-5,26	-13,0
M2	EG368	90677	439975	-4,85	-20,2
	EG369	90689	439983	-4,81	-19,4
M5	EG370	90851	439862	-4,64	-12,7
	EG371	90865	439870	-4,70	-13,3
S3	FF982	89897	439425	-5,89	-15,4
	FF983	89907	439410	-5,90	-15,5
S4	FG506	90127	439406	-5,67	-15,8
	FG509	90101	439422	-5,50	-15,2
	FG510	90111	439413	-5,57	-15,4
S7	EG372	90729	439804	-5,35	-13,5
	EG373	90726	439784	-5,03	-12,9

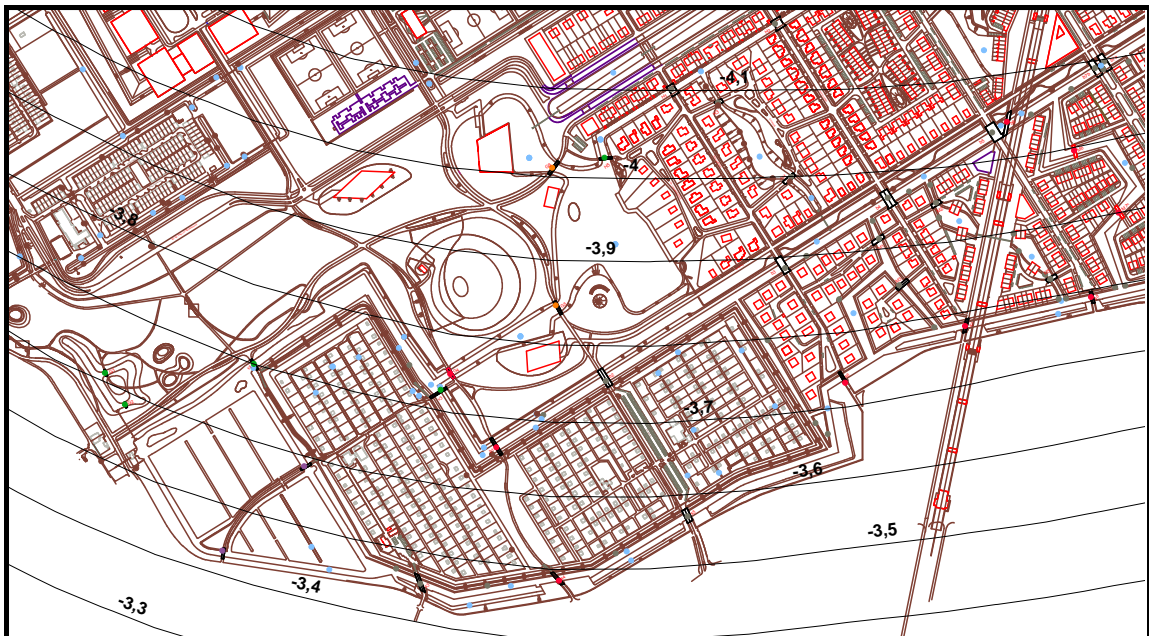
3.1 Grondwater

De grondwaterstand in Park Zestienhoven bevindt zich over het algemeen tussen de NAP -5,80 m en NAP -6,00 m.

De gehanteerde gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) is aangehouden op NAP -6,20 m (singelpeil).

Voor de berekening van de negatieve kleeft is rekening gehouden met een grondwaterstand op NAP -6,20 m.

De gemiddelde stijghoogte in het eerste watervoerende pakket varieert tussen NAP -4,10 (bij de bruggen B5 en B6) en NAP -3,40 m (bij de bruggen S3 en S4), zie figuur 3.1.



Figuur 3.1 Gemiddelde stijghoogte in m tov NAP

4. Paalberekningen

4.1 Drukpalen

De berekeningen zijn gemaakt met het programma MFoundation conform NEN 6740:2006 en NEN 6743-1:2006.

4.1.1 Toetsing grenstoestanden

Voor een geotechnische constructie (fundering op palen) dienen de uiterste grenstoestanden 1A en 1B te worden getoetst, evenals de bruikbaarheidsgrenstoestand 2.

Uiterste grenstoestand 1A: bezwijkmechanisme in de grond. Hiervoor moet worden getoetst of de rekenwaarde voor de belasting kleiner is dan de rekenwaarde van het paal draagvermogen.

$$F_{s;d} \leq F_{r;d}$$

Uiterste grenstoestand 1B: Maximale relatieve rotatie $\beta < 1:100$ en een maximum zakkingseis van 0,15 m. Dit zakkingcriterium kan worden vervangen door toetsing van het belastingcriterium:

$$F_{r;net;d} = \frac{(F_{r,max;schacht} + F_{r,max;punt}) \cdot \xi_{M;N}}{\gamma_{m;b4}} - F_{s;nk;d}$$

waarin:	$F_{s;d}$	=	de rekenwaarde van de belasting op de paalkop;
	$F_{s;nk;d}$	=	de rekenwaarde van de wrijvingskracht ten gevolge van negatieve kleeft;
	$F_{r;d}$	=	de rekenwaarde van de draagkracht van de paal;
	$F_{r,max;schacht}$	=	de maximale paalschachtwrijvingskracht;
	$F_{r,max;punt}$	=	de maximale puntweerstandskracht van de paalpunt;
	$\xi_{M;N}$	=	een factor volgens tabel 1 van NEN 6743-1:2006;
	$\gamma_{m;b4}$	=	de materiaalfactor volgens tabel 3 van NEN 6740:2006.

Bruikbaarheidsgrenstoestand 2: vervormingen zodanig dat verlies aan bruikbaarheid van de constructie ontstaat evenals schade en hoge onderhoudskosten.

$$w_d < 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Maximale rotatie } \theta < 1:300.$$

$$\text{Maximale relatieve rotatie } \beta < 1:300.$$

Veelal kan bij paalfunderingen dus worden volstaan met toetsing van het belastingcriterium behorende bij grenstoestand 1B. Voldoen zij hieraan, dan voldoen zij tevens aan de vervormingseis van grenstoestand 1B en 2. (N.B.: grenstoestand 1A is bij aanwezigheid van negatieve kleeft nooit maatgevend).

4.2 Uitgangspunten voor de berekeningen

- Vanwege de aanwezigheid van minder draagkrachtige en zettingsgevoelige lagen komt voor dit project alleen een fundering op palen in aanmerking.
- De landhoofden worden als stijf beschouwd en de bijzondere tussensteunpunten en de bruggen zelf als slap.
- Voor het project geldt Geotechnische Categorie 2 (NEN 6740:2006 art. 6.3).
- Voor de paalfundering is uitgegaan van centrisch op druk belaste palen. Momenten en horizontale belastingen zijn in dit rapport niet beschouwd. Horizontale krachten uit aanvaringen op de palen van de bijzondere tussensteunpunten van brug zijn eveneens door ons niet beschouwd.
- Voor de berekening van de negatieve kleeft is er van uitgegaan dat de maaiveldzetting groter is dan 0,1 m, zodat de maximale negatieve kleeft in rekening is gebracht. Daarbij is er van uitgegaan dat de zettingen zich voordoen tot aan het niveau van de draagkrachtige zandlaag.
- De constructeur heeft de paalbelasting vanuit de constructie voor de grenstoestanden 1 (**UitersteGrensToestand**) en 2 (**BruikbaarheidsGrensToestand**) opgegeven, zie Tabel 4.1. op de volgende pagina.
- Het singelpeil fluctueert in de toekomst tussen NAP -6,00 en NAP -6,20 m.
- De hoogte van het toekomstige maaiveld rond de bruggen bedraagt NAP -4,80.
- Alle palen staan te lood.
- Voor de locaties van de bruggen is de Overzichtstekening van dS+V gebruikt, d.d. 23-05-2011.
- De volgende tekeningen van het Ingenieursbureau Gemeentewerken Rotterdam zijn beschikbaar gesteld: Overschie, Park Zestienhoven,
 - Brug B5, Bestektekening, voorlopig d.d. 03-04-2012;
 - Brug B6, Bestektekening, tekeningnummer: P16H-V192-B-BT-130;
 - Brug M2, Bestektekening, voorlopig d.d. 27-04-2012;
 - Brug M5, Bestektekening, voorlopig d.d. 24-04-2012;
 - Brug S3, concepttekening d.d. 02-01-2012;
 - Brug S4, concepttekening d.d. 02-01-2012;
 - Brug S7, Bestektekening, tekeningnummer: P16H-V192-B-BT-160.

Een voorbeeldberekening van de negatieve kleeft volgens NEN 6743-1:2006 is weergegeven in bijlage 3.

De M-Foundation uitdraaien van de paalberekeningen per brug zijn als bijlage 4 aan dit rapport toegevoegd.

4.3 Paalbelastingen

In tabel 4.1 zijn de maatgevende paalreacties aangegeven, die door de constructeur aan ons ter beschikking zijn gesteld.

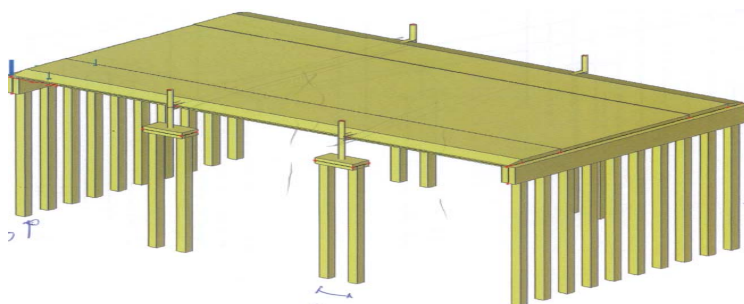
Tabel 4.1: Axiale drukpaalbelastingen voor de Bruggen 2012 in Park Zestienhoven:

tabel 11-1: Palen draagpalenbelastingen voor de bruggen 2012 met een losse motor					
Brug	Brugonderdeel	UGT [kN]	BGT [kN]	aantal palen per brugonderdeel	aantal palen per brug
B5	B5 landhoofd	522	506	10	28
	B5 tussensteunpunt	1113	974	2	
B6	B6 landhoofd	225	202	4	14
	B6 tussensteunpunt	537	476	1	
M2	M2 landhoofd oost	527	418	4	12
	M2 tussensteunpunt	681	541	2	
	M2 landhoofd west	491	390	4	
M5	M5 landhoofd oost	558	478	4	12
	M5 tussensteunpunt	685	593	2	
	M5 landhoofd west	462	398	4	
S3	S3 landhoofd noord	709	595	5	14
	S3 tussensteunpunt	895	777	1	
	S3 landhoofd zuid	709	615	5	
S4	S4 landhoofd	275	243	3	10
	S4 tussensteunpunt	426	375	1	
S7	S7 landhoofd	231	206	3	10
	S7 tussensteunpunt	354	313	1	

5. Berekeningsresultaten

5.1 Autobrug B5

De brug B5 steunt op twee landhoofden en de vier bijzondere tussensteunpunten. Onder elk landhoofd zullen 10 betonnen palen geïnstalleerd worden en onder de tussensteunpunten twee palen.



Conform normen is gerekend met $\gamma_{m;b4}=1,2$; $\gamma_{f,nk}=1,0$;

$\xi_{M;N} = 0,72$ (voor $N=1$ en M is 1 of 2) geldt voor bijzondere tussensteunpunten;

$\xi_{M;N} = 0,79$ (voor $N=1$ en $M \geq 10$) geldt voor de landhoofden.

In de onderstaande tabellen zijn de berekeningsresultaten aangegeven voor gladde geprefabriceerde voorgespannen gewapend betonnen palen met een schachtdoorsnede van $450 \times 450 \text{ mm}^2$ bij aangegeven drukbelasting en inheinvieus.

Tabel 5.1.1: Rekenwaarde van de draagkracht op druk van een prefab beton paal $450 \times 450 \text{ mm}^2$

BRUG	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{r,max;punt}$ [kN]	$F_{r,max;schacht}$ [kN]	$F_{r,max}$ [kN]	$F_{r,max,d}$ [kN]	$F_{s,nk;d}$ [kN]
B5 Landhoofd	EG364	-18,5	1641	553	2194	1444	144
	EG365	-18,5	1627	611	2238	1473	114
	EG367	-18,5	1202	472	1674	1102	134

Tabel 5.1.2: Rekenwaarde van de draagkracht op druk van een prefab beton paal $450 \times 450 \text{ mm}^2$

BRUG	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{r,max;punt}$ [kN]	$F_{r,max;schacht}$ [kN]	$F_{r,max}$ [kN]	$F_{r,max,d}$ [kN]	$F_{s,nk;d}$ [kN]
B5 Tussensteunpunt	EG364	-19,5	2187	727	2914	1748	67
	EG365	-19,5	2134	737	2871	1723	65
	EG367	-19,5	1483	625	2108	1265	49



Voor grenstoestand 1B kan het zakkingscriterium worden vervangen door:

$$F_{s;d} + F_{s;nk;d} \leq F_{r,max;d}$$

Tabel 5.1.3: Toetsing inheinveld op druk belaste prefab betonnen palen onder de landhoofden.

BRUG B5 Landhoofd	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{s;d}$ [kN]	$F_{s;d} + F_{s;nk;d}$ [kN]		$F_{r,max;d}$ [kN]
	EG364	-18,5	522	666	<	1444
	EG365	-18,5	522	636	<	1473
	EG367	-18,5	522	656	<	1102

Tabel 5.1.4: Toetsing inheinveld betonnen palen onder de tussensteunpunten.

BRUG B5 Tussensteunpunt	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{s;d}$ [kN]	$F_{s;d} + F_{s;nk;d}$ [kN]		$F_{r,max;d}$ [kN]
	EG364	-19,5	1113	1180	<	1748
	EG365	-19,5	1113	1178	<	1723
	EG367	-19,5	1113	1162	<	1265

Voor het geval dat het aantal tussensteunpunten wordt verhoogt en de paalbelastingen minder worden is de netto draagkracht voor de prefab betonnen palen 450 x 450 mm² uitgerekend voor paalpuntniveau's (PPN) tussen NAP -18,0 m en NAP -19,0 m. De berekeningsresultaten zijn gepresenteerd in de tabel 5.1.5.

Tabel 5.1.5: Brug B5-overzicht max. paalbelasting (rekenwaarde) voor prefab 450x450 mm²:

Sondering	PPN [m NAP]	$F_{r,max;punt}$ [kN]	$F_{r,max;schaft}$ [kN]	$F_{r,max}$ [kN]	$F_{r,max;d}$ [kN]		$F_{s;nk;rep}$ [kN]		$F_{r,netto;d}$ [kN]	
					LH*	TSP**	LH*	TSP**	LH*	TSP**
EG364	-18,0	1525	428	1953	1286	1172	144	67	1142	1105
EG365	-18,0	1436	442	1878	1236	1127	114	65	1122	1062
EG367	-18,0	1078	391	1469	967	881	134	49	833	832
EG364	-18,5	1641	523	2164		1298		67		1231
EG365	-18,5	1627	539	2166		1300		65		1235
EG367	-18,5	1202	459	1661		997		49		948
EG364	-19,0	2080	619	2699		1619		67		1552
EG365	-19,0	1695	641	2336		1402		65		1337
EG367	-19,0	1362	539	1901		1141		49		1092

*) landhoofd

**) tussensteunpunt

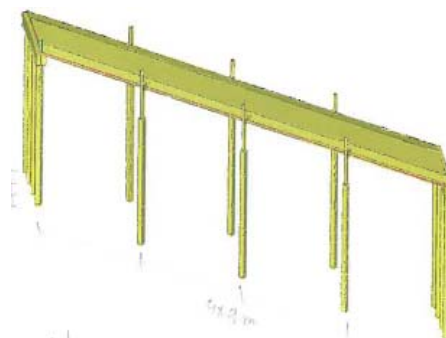
5.2 Langzaamverkeersbrug B6

De fietsbrug B6 is 36,86 m lang en steunt op twee landhoofden en zes bijzondere tussensteunpunten. In de onderstaande tabellen zijn de berekeningsresultaten aangegeven voor gladde geprefabriceerde voorgespannen gewapend betonnen palen met een schachtdoorsnede van $320 \times 320 \text{ mm}^2$ bij aangegeven drukbelasting en inheinniveaus.

Conform normen is gerekend met $\gamma_{m;b4}=1,2$; $\gamma_{f,nk}=1,0$;

$\xi_{M;N} = 0,72$ (voor $N=1$ en M is 1 of 2) geldt voor bijzondere tussensteunpunten;

$\xi_{M;N} = 0,76$ (voor $N=1$ en $3 \leq M \leq 6$) geldt voor de landhoofden.



Tabel 5.2.1: Rekenwaarde van de draagkracht op druk van een prefab beton paal $320 \times 320 \text{ mm}^2$

BRUG B6 Landhoofden	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{r,max;punt}$ [kN]	$F_{r,max;schacht}$ [kN]	$F_{r,max}$ [kN]	$F_{r,max,d}$ [kN]	$F_{s,nk;d}$ [kN]
	EG366	-18,5	630	302	932	590	64
	EG367	-18,5	903	434	1337	847	61

Tabel 5.2.2: Rekenwaarde van de draagkracht op druk van een prefab beton paal $320 \times 320 \text{ mm}^2$

BRUG B6 Tussensteunpunten	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{r,max;punt}$ [kN]	$F_{r,max;schacht}$ [kN]	$F_{r,max}$ [kN]	$F_{r,max,d}$ [kN]	$F_{s,nk;d}$ [kN]
	EG366	-19,0	698	356	1054	632	37
	EG367	-19,0	709	383	1092	655	35

Voor grenstoestand 1B kan het zakkingscriterium worden vervangen door:

$$F_{s;d} + F_{s,nk;d} \leq F_{r,max;d}$$

Tabel 5.2.3: Toetsing inheinniveau op druk belaste prefab betonnen palen $320 \times 320 \text{ mm}^2$.

BRUG B6 Landhoofden	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{s;d}$ [kN]	$F_{s;d} + F_{s,nk;d}$ [kN]		$F_{r,max;d}$ [kN]
	EG366	-18,5	225	289	<	590
	EG367	-18,5	225	286	<	847

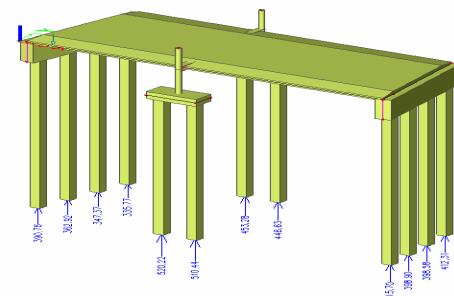
Tabel 5.2.4: Toetsing inheinniveau betonnen palen onder de tussensteunpunten.

BRUG B6 Tussensteunpunten	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{s;d}$ [kN]	$F_{s;d} + F_{s,nk;d}$ [kN]		$F_{r,max;d}$ [kN]
	EG366	-19,0	537	574	<	632
	EG367	-19,0	537	572	<	655

5.3 Autobrug M2

De autobrug M2 steunt op twee landhoofden en twee bijzondere tussensteunpunten.

In de onderstaande tabellen zijn de berekeningsresultaten aangegeven voor gladde geprefabriceerde voorgespannen gewapend betonnen palen 450 x 450 mm² bij aangegeven drukbelasting en inheinniveaus.



Conform normen is gerekend met $\gamma_{m;b4}=1,2$; $\gamma_{f,nk}=1,0$;

$\xi_{M;N} = 0,72$ (voor N=1 en M is 1 of 2) geldt voor tussensteunpunten;

$\xi_{M;N} = 0,76$ (voor N=1 en $3 \leq M \leq 6$) geldt voor de landhoofden.

Tabel 5.3.1: Rekenwaarde van de draagkracht op druk van een prefab beton paal 450 x 450 mm²

BRUG M2 Landhoofden	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{r,max;punt}$ [kN]	$F_{r,max;schacht}$ [kN]	$F_{r,max}$ [kN]	$F_{r,max,d}$ [kN]	$F_{s,nk;d}$ [kN]
	EG368 (west)	-25,50	2099	417	2516	1593	393
	EG369 (oost)	-25,50	2284	438	2722	1724	367

Tabel 5.3.2: Rekenwaarde van de draagkracht op druk van een prefab beton paal 450 x 450 mm²

BRUG M2 Tussensteunpunten	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{r,max;punt}$ [kN]	$F_{r,max;schacht}$ [kN]	$F_{r,max}$ [kN]	$F_{r,max,d}$ [kN]	$F_{s,nk;d}$ [kN]
	EG368 (west)	-25,50	2099	417	2516	1510	260
	EG369 (oost)	-25,50	2284	438	2722	1633	228

Voor grenstoestand 1B kan het zakkingscriterium worden vervangen door:

$$F_{s;d} + F_{s,nk;d} \leq F_{r,max;d}$$

Tabel 5.3.3: Toetsing inheinniveau op druk belaste prefab betonnen palen.

BRUG M2 Landhoofden	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{s;d}$ [kN]	$F_{s;d} + F_{s,nk;d}$ [kN]		$F_{r,max;d}$ [kN]
	EG368 (west)	-25,50	491	884	<	1593
	EG369 (oost)	-25,50	527	894	<	1724

Tabel 5.3.4: Toetsing inheinniveau betonnen palen onder de tussensteunpunten.

BRUG M2 Tussensteunpunten	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{s;d}$ [kN]	$F_{s;d} + F_{s,nk;d}$ [kN]		$F_{r,max;d}$ [kN]
	EG368	-25,50	681	941	<	1510
	EG369	-25,50	681	909	<	1633

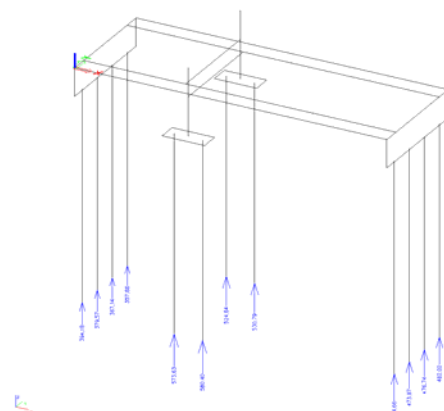
5.4 Autobrug M5

De autobrug M5 is 17,18 m lang en steunt op twee landhoofden en twee bijzondere tussensteunpunten. In de onderstaande tabellen zijn de berekeningsresultaten aangegeven voor gladde geprefabriceerde voorgespannen gewapend betonnen palen met een schachtdoorsnede van 450 x 450 mm² bij aangegeven drukbelasting en inheinniveaus.

Conform normen is gerekend met $\gamma_{m;b4}=1,2$; $\gamma_{f;nk}=1,0$;

$\xi_{M;N} = 0,72$ (voor N=1 en M is 1 of 2) geldt voor tussensteunpunten;

$\xi_{M;N} = 0,76$ (voor N=1 en $3 \leq M \leq 6$) geldt voor de landhoofden.



Tabel 5.4.1: Rekenwaarde van de draagkracht op druk van een prefab beton paal 450 x 450 mm²

BRUG M5 Landhoofden	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{r,max;punt}$ [kN]	$F_{r,max;schacht}$ [kN]	$F_{r,max}$ [kN]	$F_{r,max;d}$ [kN]	$F_{s,nk;d}$ [kN]
	EG370 west	-16,0	1823	499	2322	1471	127
	EG371 oost	-16,0	1882	491	2373	1503	153

Tabel 5.4.2: Rekenwaarde van de draagkracht op druk van een prefab beton paal 450 x 450 mm²

BRUG M5 Tussensteunpunten	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{r,max;punt}$ [kN]	$F_{r,max;schacht}$ [kN]	$F_{r,max}$ [kN]	$F_{r,max;d}$ [kN]	$F_{s,nk;d}$ [kN]
	EG370	-16,0	1849	505	2354	1412	45
	EG371	-16,0	1900	496	2396	1438	54

Voor grenstoestand 1B kan het zakingscriterium worden vervangen door:

$$F_{s;d} + F_{s,nk;d} \leq F_{r,max;d}$$

Tabel 5.4.3: Toetsing inheinniveau op druk belaste prefab betonnen palen 450 x 450 mm².

BRUG M5 Landhoofden	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{s;d}$ [kN]	$F_{s;d} + F_{s,nk;d}$ [kN]		$F_{r,max;d}$ [kN]
	EG370 west	-16,0	462	589	<	1471
	EG371 oost	-16,0	558	711	<	1503

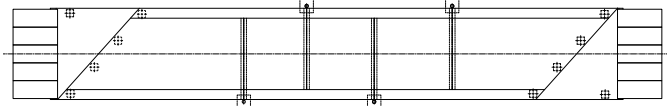
Tabel 5.4.4: Toetsing inheinniveau betonnen palen onder de tussensteunpunten.

BRUG M5 Tussensteunpunten	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{s;d}$ [kN]	$F_{s;d} + F_{s,nk;d}$ [kN]		$F_{r,max;d}$ [kN]
	EG370	-16,0	685	730	<	1412
	EG371	-16,0	685	739	<	1438

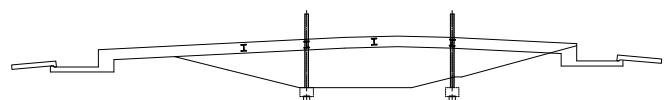
5.5 Autobrug S3

Deze autobrug steunt op de twee landhoofden en de vier bijzondere tussensteunpunten.

Onder de landhoofden zijn er vijf palen. Onder elke tussensteunpunt is er een paal. Voor bovenaanzicht en langs doorsnede van de brug zie figuur rechts.



In de onderstaande tabellen zijn de berekeningsresultaten aangegeven voor gladde geprefabriceerde voorgespannen gewapend betonnen palen met een schachtdoorsnede van 400 x 400 mm² bij aangegeven drukbelasting en inheinvieus.



Conform normen is gerekend met $\gamma_{m;b4}=1,2$; $\gamma_{f,nk}=1,0$;

$\xi_{M;N} = 0,72$ (voor N=1 en M is 1 of 2) geldt voor tussensteunpunten;

$\xi_{M;N} = 0,76$ (voor N=1 en $3 \leq M \leq 6$) geldt voor de landhoofden.

Tabel 5.5.1: Rekenwaarde van de draagkracht op druk

BRUG S3 Landhoofden	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{r,max;punt}$ [kN]	$F_{r,max;schacht}$ [kN]	$F_{r,max}$ [kN]	$F_{r,max,d}$ [kN]	$F_{s,nk;d}$ [kN]
	FF981	-21,5	1442	619	2061	1305	204
	FF982	-21,5	1205	752	1957	1239	142
	FF983	-21,5	1218	766	1984	1257	165

Tabel 5.5.2: Rekenwaarde van de draagkracht op druk van een prefab beton paal 400 x 400 mm²

BRUG S3 Tussensteunpunten	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{r,max;punt}$ [kN]	$F_{r,max;schacht}$ [kN]	$F_{r,max}$ [kN]	$F_{r,max,d}$ [kN]	$F_{s,nk;d}$ [kN]
	FF981	-21,5	1442	619	2061	1237	76
	FF982	-21,5	1205	752	1957	1174	43
	FF983	-21,5	1218	766	1984	1190	53

Voor grenstoestand 1B kan het zakkingscriterium worden vervangen door: $F_{s;d} + F_{s,nk;d} \leq F_{r,max;d}$.

Tabel 5.5.3: Toetsing inheinvieus op druk belaste prefab betonnen palen (landhoofd).

BRUG S3 Landhoofden	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{s;d}$ [kN]	$F_{s;d} + F_{s,nk;d}$ [kN]		$F_{r,max;d}$ [kN]
	FF981	-21,5	709	913	<	1305
	FF982	-21,5	709	851	<	1239
	FF983	-21,5	709	874	<	1257

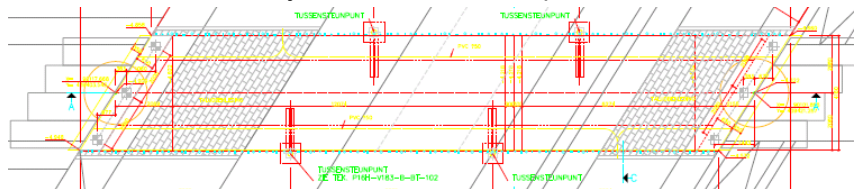
Tabel 5.3.4: Toetsing inheinvieus op druk belaste prefab betonnen palen (tussensteunpunt).

BRUG S3 Tussensteunpunten	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{s;d}$ [kN]	$F_{s;d} + F_{s,nk;d}$ [kN]		$F_{r,max;d}$ [kN]
	FF981	-21,5	895	971	<	1237
	FF982	-21,5	895	938	<	1174
	FF983	-21,5	895	948	<	1190

5.6 Langzaamverkeersbrug S4

Deze fietsbrug steunt op de twee landhoofden en de vier bijzondere tussensteunpunten.

Onder de landhoofden zijn er drie palen. Onder elke tussensteunpunt is er een paal.



In de onderstaande tabellen zijn de berekeningsresultaten

aangegeven voor gladde geprefabriceerde voorgespannen gewapend betonnen palen met een schachtdoorsnede van 320 x 320 mm² bij aangegeven drukbelasting en inheinniveaus.

Conform normen is gerekend met $\gamma_{m;b4}=1,2$; $\gamma_{f;nk}=1,0$;

$\xi_{M;N} = 0,72$ (voor N=1 en M is 1 of 2) geldt voor tussensteunpunten;

$\xi_{M;N} = 0,76$ (voor N=1 en $3 \leq M \leq 6$) geldt voor de landhoofden.

Tabel 5.6.1: Rekenwaarde van de draagkracht op druk van een prefab beton paal 320x320 mm²

BRUG	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{r,max;punt}$ [kN]	$F_{r,max;schacht}$ [kN]	$F_{r,max}$ [kN]	$F_{r,max,d}$ [kN]	$F_{s,nk;d}$ [kN]
S4 Landhoofd	FG506	-19,0	690	390	1080	684	149
	FG509	-19,0	580	299	879	557	118
	FG510	-19,0	676	336	1012	641	118

Tabel 5.6.2: Rekenwaarde van de draagkracht op druk van een prefab beton paal 320x320 mm²

BRUG	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{r,max;punt}$ [kN]	$F_{r,max;schacht}$ [kN]	$F_{r,max}$ [kN]	$F_{r,max,d}$ [kN]	$F_{s,nk;d}$ [kN]
S4 Tussensteunpunt	FG506	-19,0	690	390	1080	648	56
	FG509	-19,0	580	299	879	527	30
	FG510	-19,0	676	336	1012	607	26

Voor grenstoestand 1B kan het zakkingscriterium worden vervangen door:

$$F_{s;d} + F_{s,nk;d} \leq F_{r,max;d}$$

Tabel 5.6.3: Toetsing inheinniveau op druk belaste prefab betonnen palen.

BRUG	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{s;d}$ [kN]	$F_{s;d} + F_{s,nk;d}$ [kN]		$F_{r,max;d}$ [kN]
S4 Landhoofd	FG506	-19,0	275	424	<	684
	FG509	-19,0	275	393	<	557
	FG510	-19,0	275	393	<	641

Tabel 5.6.4: Toetsing inheinniveau op druk belaste prefab betonnen palen.

BRUG	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{s;d}$ [kN]	$F_{s;d} + F_{s,nk;d}$ [kN]		$F_{r,max;d}$ [kN]
S4 Tussensteunpunt	FG506	-19,0	426	482	<	648
	FG509	-19,0	426	456	<	527
	FG510	-19,0	426	452	<	607

5.7 Langzaamverkeersbrug S7

Deze fietsbrug is gesitueerd aan de zuidelijke rand van het Park Zestienhoven.

De brug is gesteund door twee landhoofden en de vier bijzondere tussensteunpunten.

In de onderstaande tabellen zijn de berekeningsresultaten aangegeven voor gladde geprefabriceerde voorgespannen gewapend betonnen palen met een schachtdoorsnede van $320 \times 320 \text{ mm}^2$ bij aangegeven drukbelasting en inheinviaus.



Conform normen is gerekend met $\gamma_{m;b4}=1,2$; $\gamma_{f,nk}=1,0$;

$\xi_{M;N} = 0,72$ (voor $N=1$ en M is 1 of 2) geldt voor tussensteunpunten;

$\xi_{M;N} = 0,76$ (voor $N=1$ en $3 \leq M \leq 6$) geldt voor de landhoofden.

Tabel 5.7.1: Rekenwaarde van de draagkracht op druk van een prefab beton paal $320 \times 320 \text{ mm}^2$

BRUG S7 Landhoofd	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{r,max;punt}$ [kN]	$F_{r,max;schacht}$ [kN]	$F_{r,max}$ [kN]	$F_{r,max,d}$ [kN]	$F_{s,nk;d}$ [kN]
	EG372	-18,5	505	395	900	570	70
	EG373	-18,5	783	503	1286	814	90

Tabel 5.7.2: Rekenwaarde van de draagkracht op druk van een prefab beton paal $320 \times 320 \text{ mm}^2$

BRUG S7 Tussensteunpunt	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{r,max;punt}$ [kN]	$F_{r,max;schacht}$ [kN]	$F_{r,max}$ [kN]	$F_{r,max,d}$ [kN]	$F_{s,nk;d}$ [kN]
	EG372	-18,5	505	395	900	540	34
	EG373	-18,5	783	503	1286	772	29

Voor grenstoestand 1B kan het zakkingscriterium worden vervangen door:

$$F_{s,d} + F_{s,nk;d} \leq F_{r,max;d}$$

Tabel 5.7.3: Toetsing inheinviaus op druk belaste prefab betonnen palen onder landhoofden.

BRUG S7 Landhoofd	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{s,d}$ [kN]	$F_{s,d} + F_{s,nk;d}$ [kN]		$F_{r,max,d}$ [kN]
	EG372	-18,5	231	301	<	570
	EG373	-18,5	231	321	<	814

Tabel 5.7.4: Toetsing inheinviaus op druk belaste prefab betonnen palen onder tussensteunen

BRUG S7 Tussensteunpunt	Sondering	PPNiveau [m NAP]	$F_{s,d}$ [kN]	$F_{s,d} + F_{s,nk;d}$ [kN]		$F_{r,max,d}$ [kN]
	EG372	-18,5	354	388	<	540
	EG373	-18,5	354	383	<	772

6. Funderingsadvies

Voor de paalbelastingen vanuit de constructie, volgens opgave van de constructeur, kunnen gladde geprefabriceerde voorgespannen gewapend betonnen palen met een schachtdoorsnede van 450 x 450 mm², 400 x 400 mm² of 320 x 320 mm² worden toegepast.

Een paalpuntniveau dat vermeld is in tabel 6.1 dient te worden aangehouden.

Er wordt opgemerkt dat de inheidieptes van de palen onder de autobrug B5 evt. aangepast zullen worden indien het palenplan verandert (meer tussensteunpunten).

Tabel 6.1: Aan te houden paalpuntniveaus per brug:

Brug	Inheidiepte [m NAP]	Aantal palen per brug(deel)	Paaltype	Paalafmeting [mm ²]
Autobrug B5 landhoofden	-18,50	20	Prefab betonnen paal	450 x 450
Autobrug B5 tussensteunpunten	-19,50	8		
Langzaamverkeersbrug B6 landhoofden	-18,50	8	Prefab betonnen paal	320 x 320
Langzaamverkeersbrug B6 tussensteunpunten	-19,00	6		
Autobrug M2	-25,50	12	Prefab betonnen paal	450 x 450
Autobrug M5	-16,00	12	Prefab betonnen paal	450 x 450
Autobrug S3	-21,50	14	Prefab betonnen paal	400 x 400
Langzaamverkeersbrug S4	-19,00	10	Prefab betonnen paal	320 x 320
Langzaamverkeersbrug S7	-18,50	10	Prefab betonnen paal	320 x 320

7. Uitvoeringsaspecten

7.1 Inbrengen paalfunderingen

In het algemeen adviseren wij voor het installeren van de palen voor alle bruggen de volgende aandachtspunten:

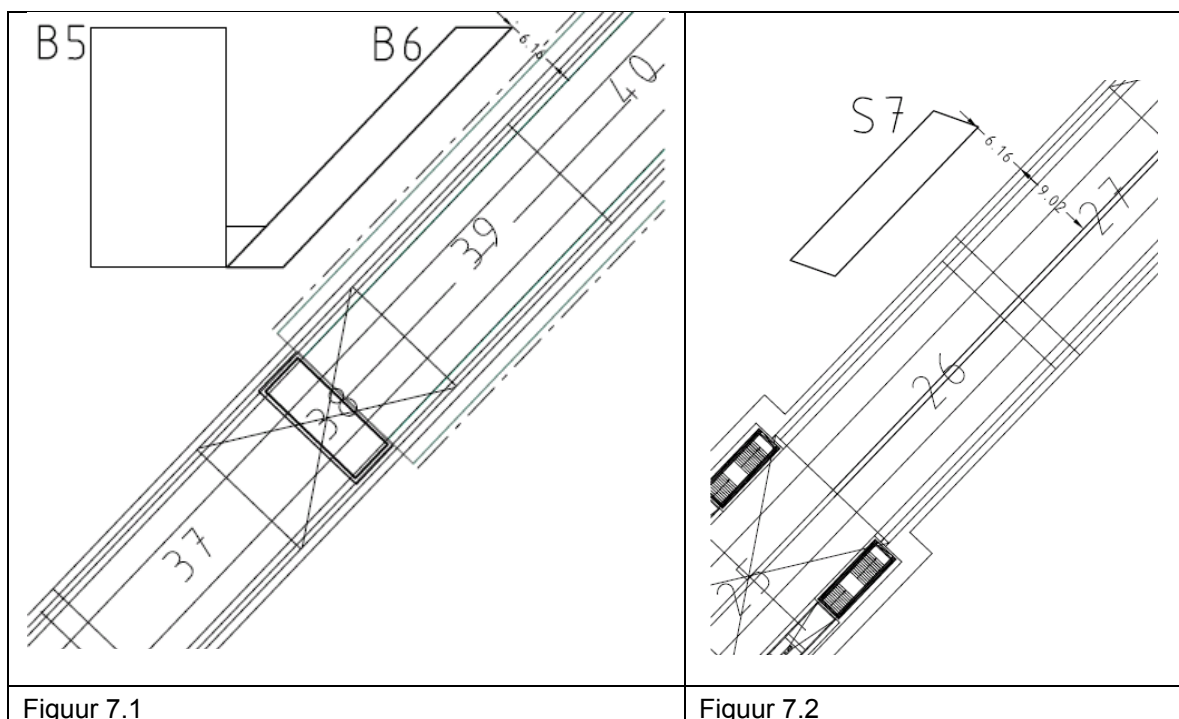
- Voor het heien van de palen is een heienergie benodigd van ca. 40 kNm voor paalafmeting 320x320 mm² en circa 110 kNm voor paalafmeting 450x450 mm². De slagenergie van het heiblok moet vanuit de cabine regelbaar instelbaar en variabel zijn.
- Het heiwerk voor de bruggen dient bij voorkeur te worden begonnen ter plaatse van een sondering. Alle palen moeten worden gekalenderd vanaf 3,0 m boven het beoogde inheiniveau. De op het voorgeschreven inheiniveau gevonden kalender kan in combinatie met de overige sonderingen worden gebruikt voor de controle van het inheiniveau van de tussen de sonderingen te heien palen;
- De heivolgorde moet van eventuele belendingen af zijn.
- De palen voorboren tot de onderkant ophoogzand.
- Voor alle bruggen geldt dat de palen tot de geadviseerde diepte dienen ingeheid te worden. Indien het gestelde inheiniveau niet wordt bereikt, dient contact op te worden genomen met de opsteller van het funderingsadvies.

7.2 Bruggen bij HSL

De bruggen B5, B6 en S7 liggen op minder dan 15 m van het HSL spoor, zodat het werk vergunningplichtig is. Voor de werkzaamheden bij het bouwen van de bruggen B5, B6 en S7 in de omgeving van de HSL-lijn dient daarom vooraf te worden gezorgd voor de nodige vergunningen.

De tekening: HSL3-Deel Tunnel Rotterdam Noord, Overzicht lengteprofiel TRN, tekeningnummer: 11830C-T-20001, revisie B, d.d. 15-11-2004 is gebruikt voor de gegevens over de fundering onder de HSL-tunnel. De onderkant van de tunnel ligt op ca. NAP -18,0 m en de paalpuntniveau ligt op NAP -31,0 en NAP -33,5 m.

De palen onder de nieuwe bruggen, met een paalpuntniveau op NAP 18,5 m, NAP -19,0 m en NAP -19,50 m bevinden zich op een minimale afstand van 6,16 m uit de fundering onder de tunnel, zie figuren 7.1 en 7.2.



Check invloed op HSL constructie:

Zettingen:

De paalbelastingen van de bruggen is beperkt zodat geen extra zettingen van de HSL te verwachten zijn.

Trillingen:

De HSL treinen veroorzaken een significant trillingsniveau; Het is onwaarschijnlijk dat als gevolg van het heiwerk de toelaatbare trillingen worden overschreden, mede gezien de beperkte inheidiepte van de palen, de afstand en de massa van de HSL tunnel ter plaatse.

Grondverdringing

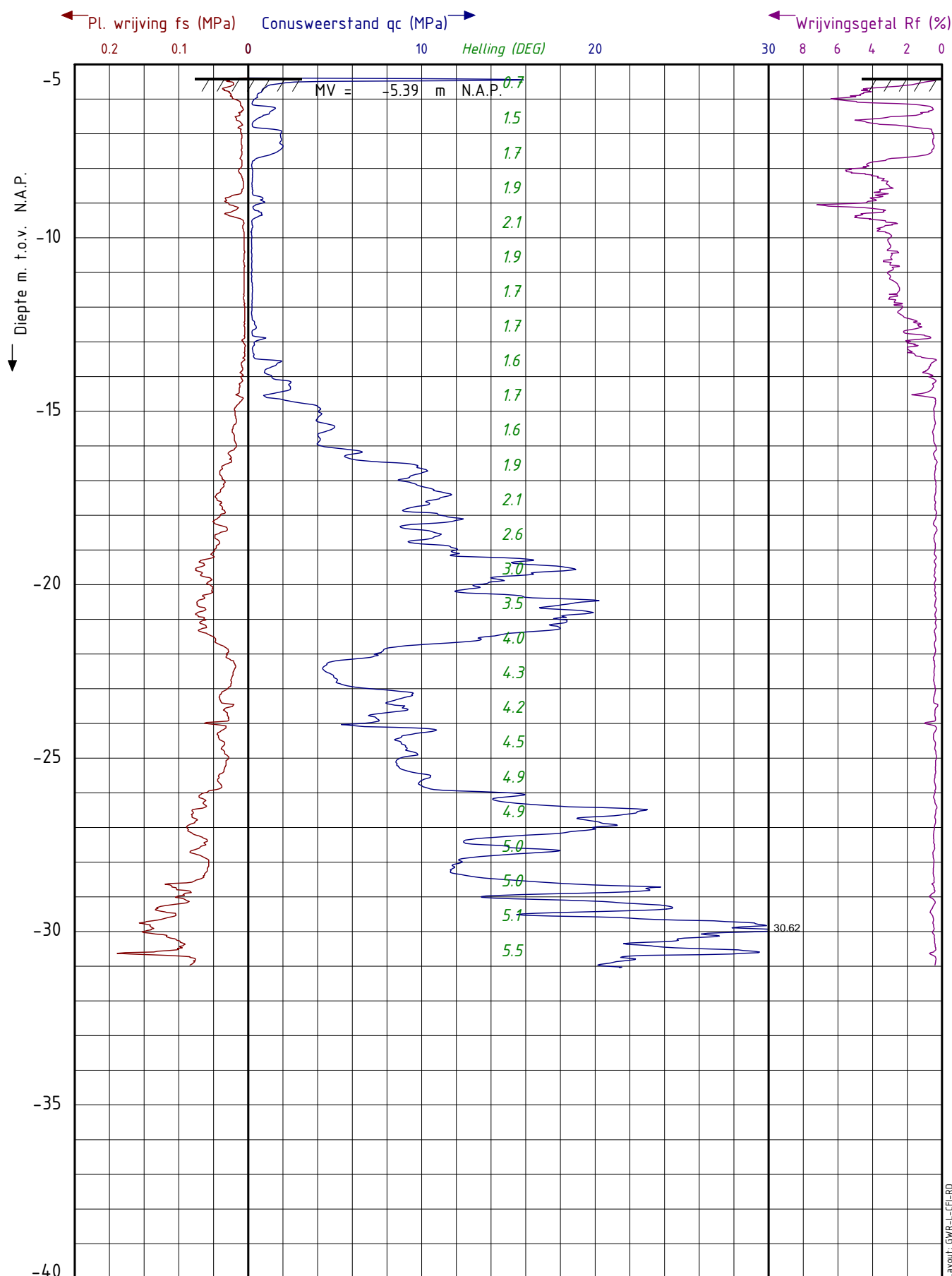
De grondverdringing als gevolg van de nieuwe fundering is verwaarloosbaar op 6 m afstand en het beperkte aantal palen.

Negatieve consequenties voor de HSL-tunnel niet in de lijn der verwachting. Zonodig kan in overleg met de contactpersoon van ProRail extra aandacht wordt besteed aan de werkzaamheden naast de HSL-tunnel.

Bijlage 1 : Situatietekening grondonderzoek



Bijlage 2 : Sondeergrafieken



Project : Polder Zestienhoven Bruggen

Dossier : 2003-153

Locatie : Rotterdam

Paraaf 1:

Datum test : 10-2-2012

MV. hoogte : -5.39 m. t.o.v. N.A.P.

coördinaten in RD-stelsel

X : 90756.14 Y : 440094.06

Opmerking 1:

SONDERING:

EG364

Pagina 1/1

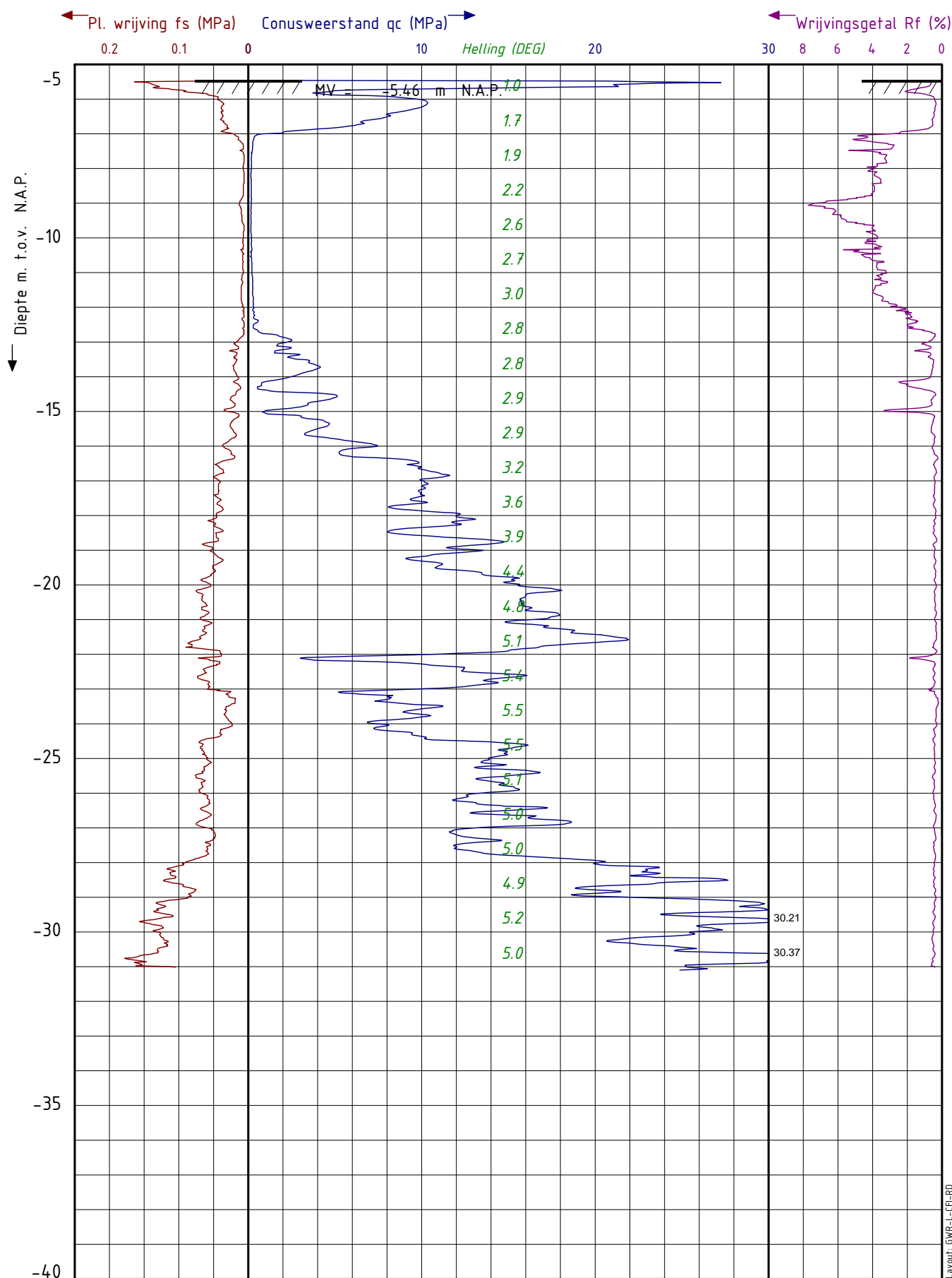
Conus type: CFP10-10

Nummer: 100306

Sondering volgens NEN 5140 Klasse 2



Gemeente Rotterdam
Gemeentewerken
Ingenieursbureau



Project : Polder Zestienhoven Bruggen

Dossier : 2003-153

Locatie : Rotterdam

Paraaf 1:

Datum test : 9-2-2012

MV. hoogte : -5.46 m. t.o.v. N.A.P.

coördinaten in RD-stelsel

X : 90775.28 Y : 440073.23

Opmerking 1:

SONDERING:

EG365

Pagina 1/1

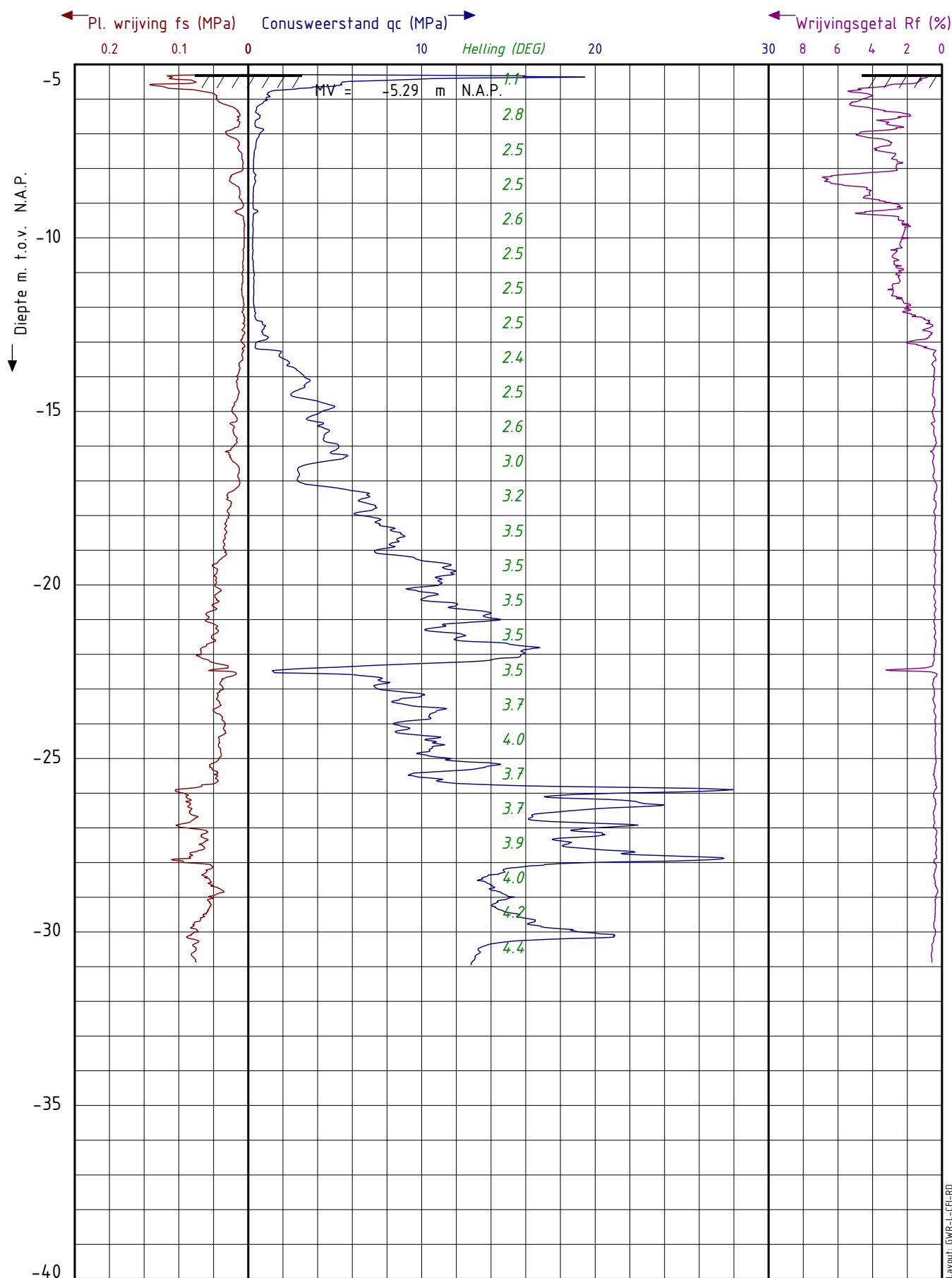
Conus type: CFP10-10

Nummer: 100306

Sondering volgens NEN 5140 Klasse 2



Gemeente Rotterdam
Gemeentewerken
Ingenieursbureau



Project : Polder Zestienhoven Bruggen

Dossier : 2003-153

Locatie : Rotterdam

Paraaf 1:

Datum test : 10-2-2012

MV. hoogte : -5.29 m. t.o.v. N.A.P.

coördinaten in RD-stelsel

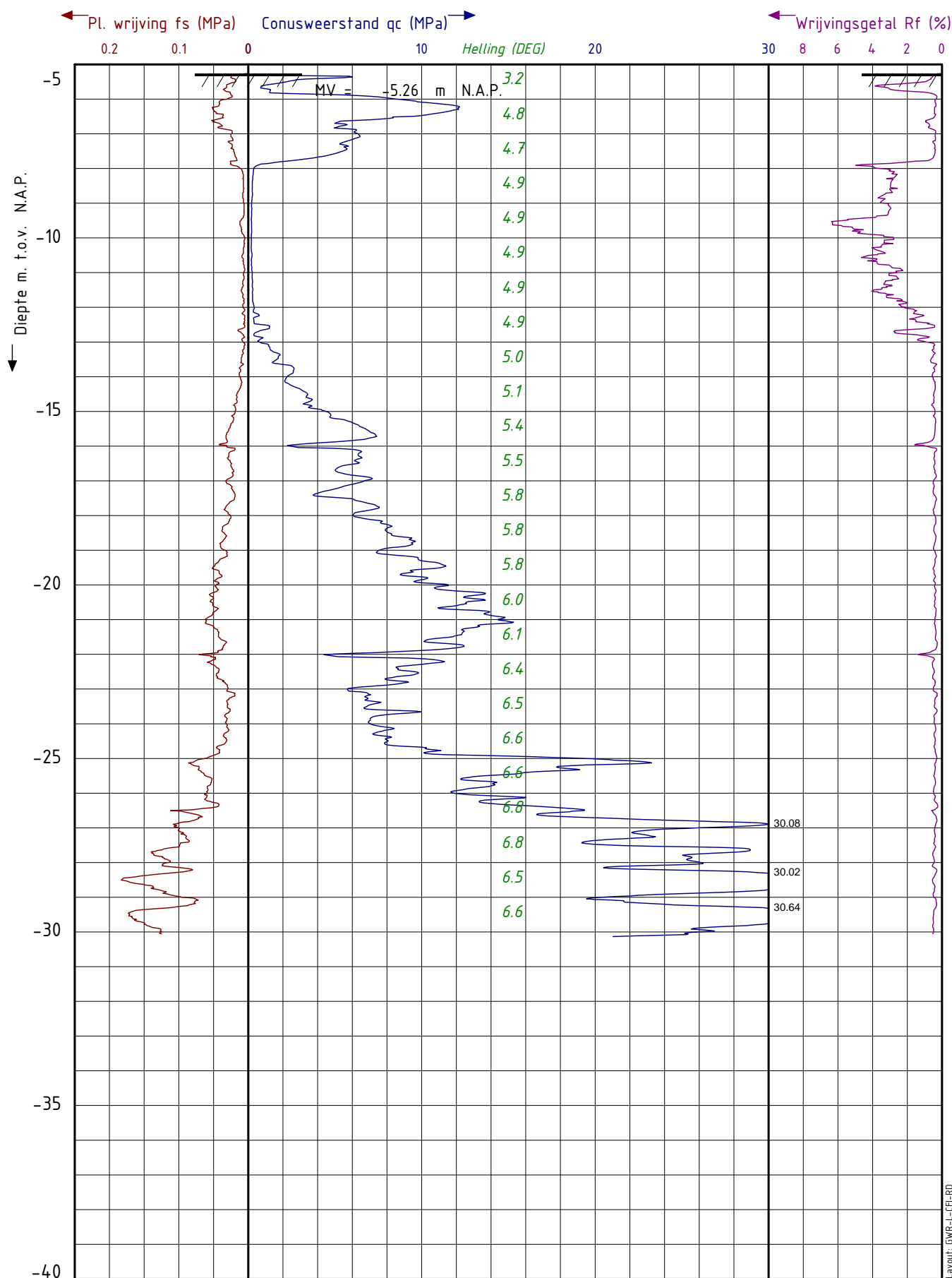
X : 90797.30 Y : 440117.81

Opmerking 1:

SONDERING:

EG366

Pagina 1/1



Project : Polder Zestienhoven Bruggen
 Dossier : 2003-153
 Locatie : Rotterdam

Datum test : 9-2-2012
 MV. hoogte : -5.26 m. t.o.v. N.A.P.

SONDERING:

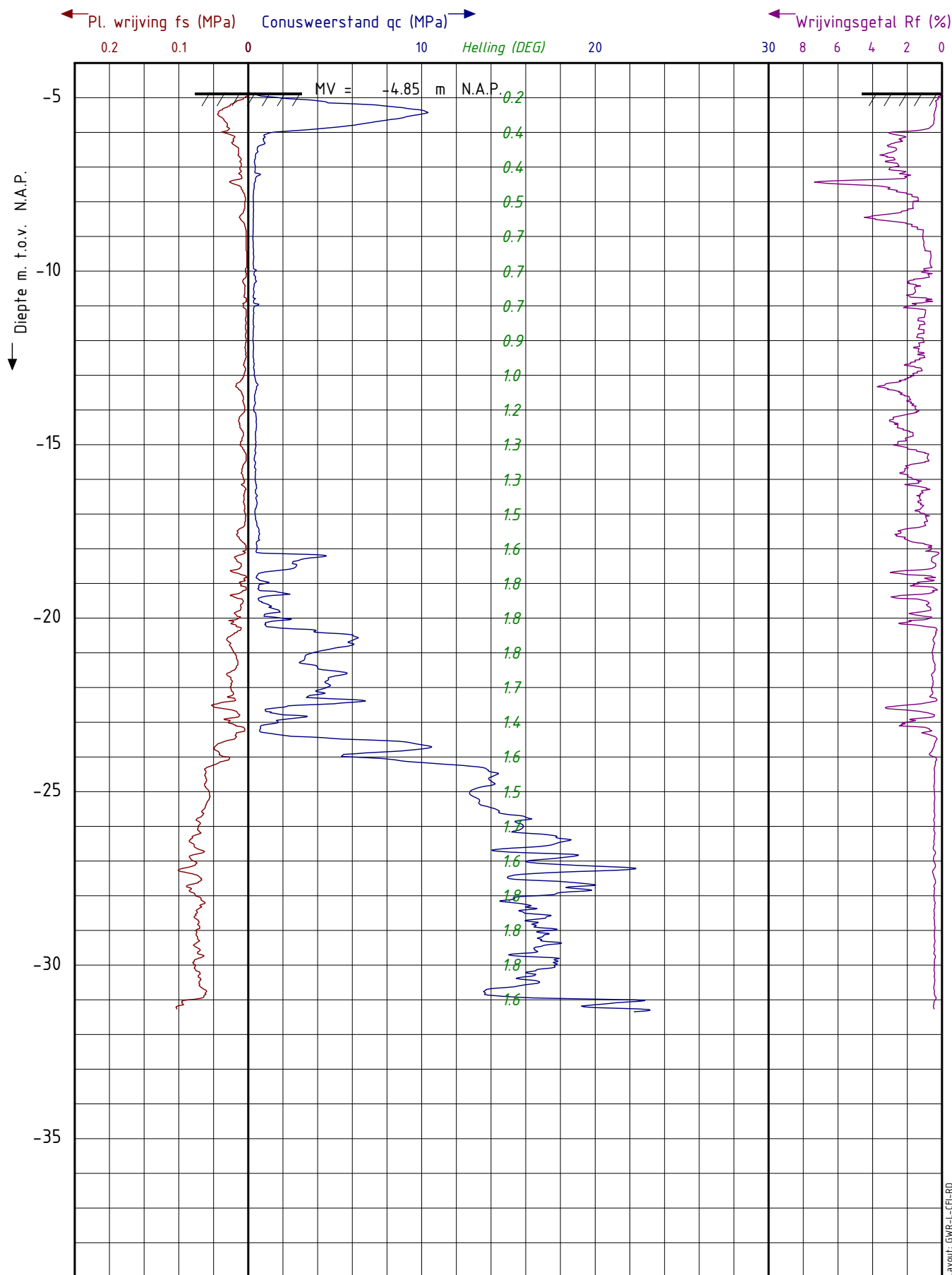
coördinaten in RD-stelsel
 X : 90789.97 Y : 440083.81

EG367

Paraaf 1:

Opmerking 1:

Pagina 1/1



Project : Polder Zestienhoven Bruggen
 Dossier : 2003-153
 Locatie : Rotterdam

Datum test : 21-2-2012
 MV. hoogte : -4.85 m. t.o.v. N.A.P.

SONDERING:

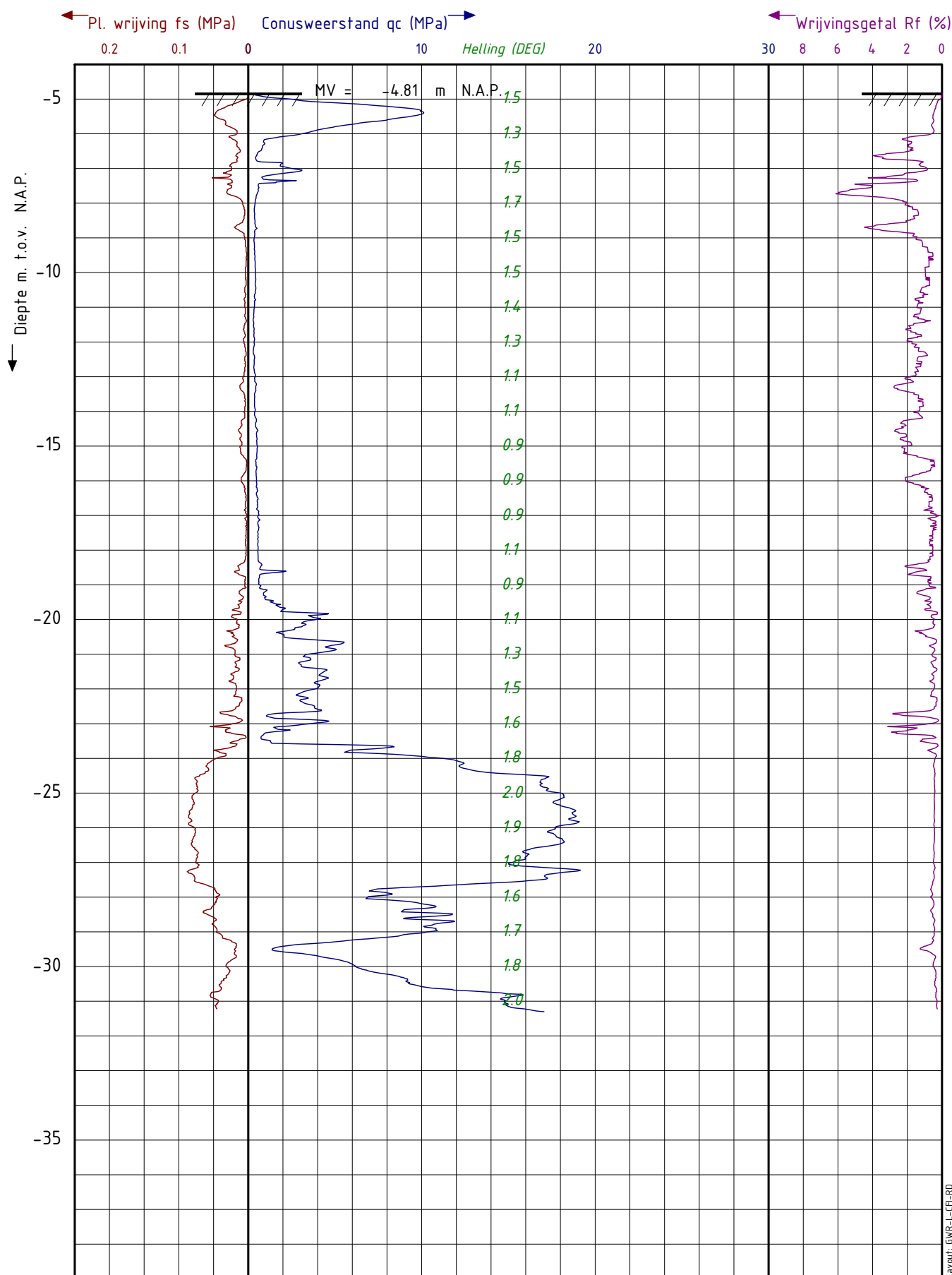
EG368

Paraaf 1:

coördinaten in RD-stelsel
 X : 90676.93 Y : 439974.93
 Opmerking 1:

Pagina 1/1





Project : Polder Zestienhoven Bruggen

Dossier : 2003-153

Locatie : Rotterdam

Paraaf 1:

Datum test : 21-2-2012

MV. hoogte : -4.81 m. t.o.v. N.A.P.

coördinaten in RD-stelsel

X : 90688.98 Y : 439983.00

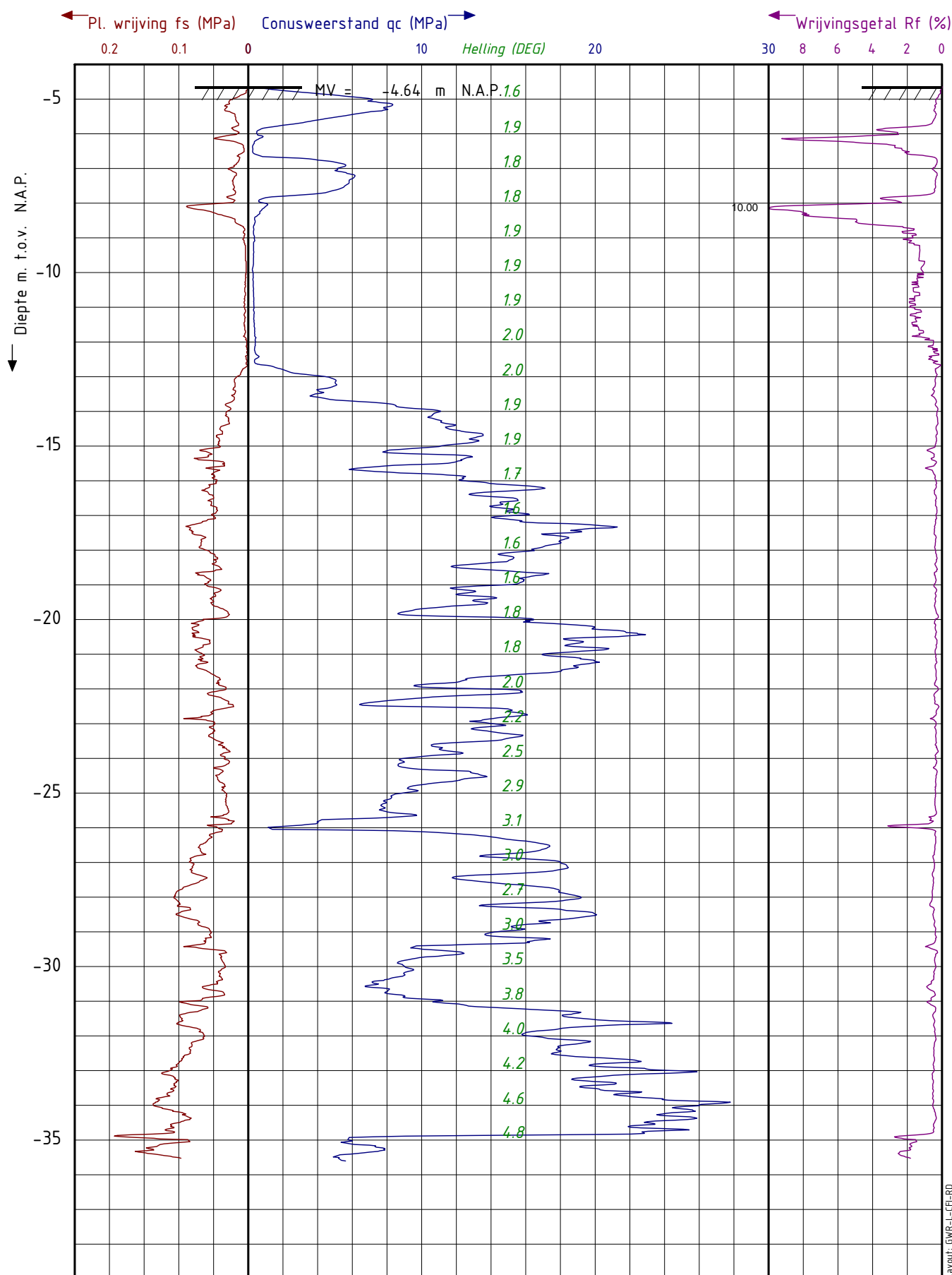
Opmerking 1:

SONDERING:

EG369

Pagina 1/1





Project : Polder Zestienhoven Bruggen

Dossier : 2003-153

Locatie : Rotterdam

Paraaf 1:

Datum test : 21-2-2012

MV. hoogte : -4.64 m. t.o.v. N.A.P.

coördinaten in RD-stelsel

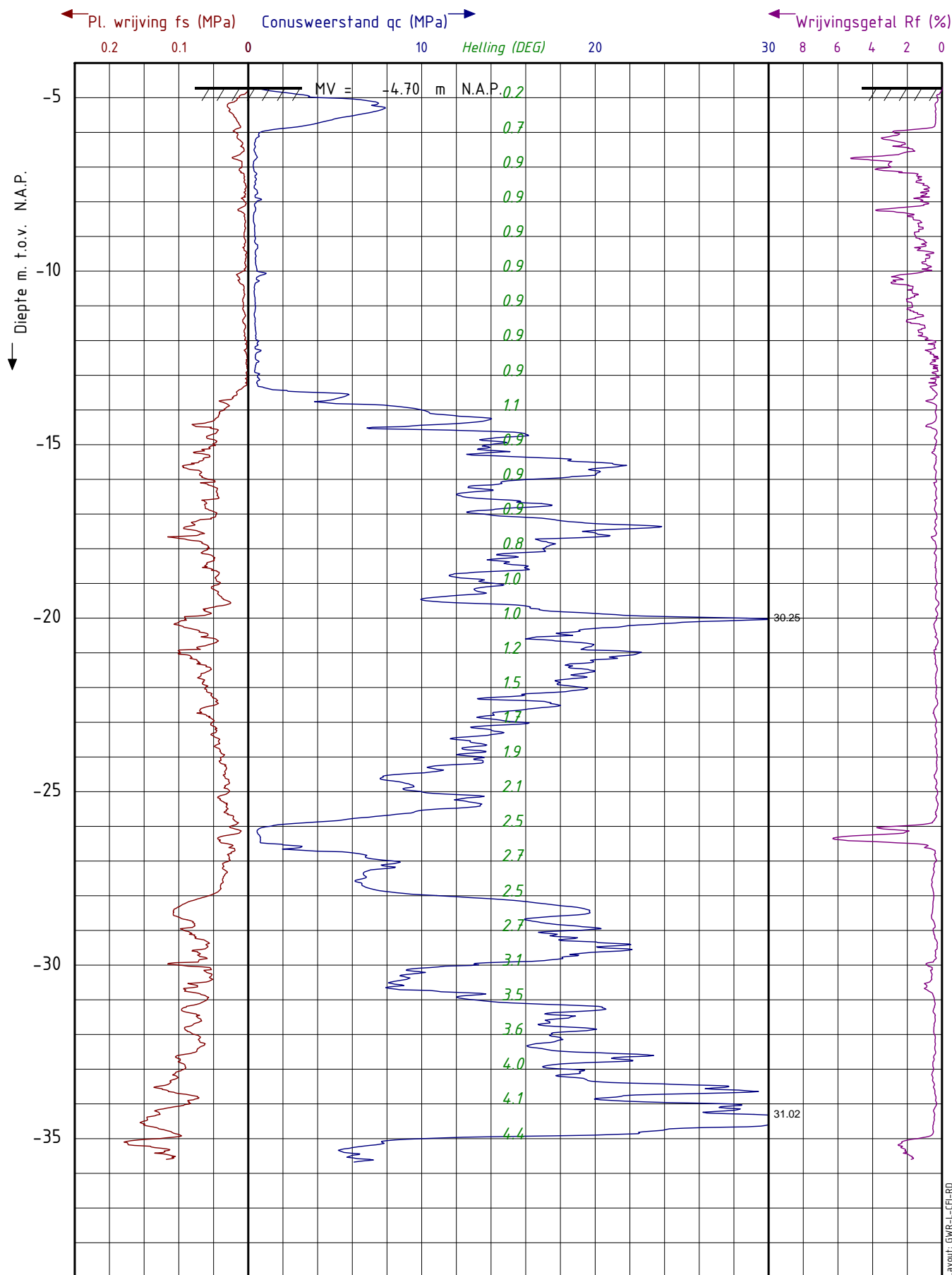
X : 90851.04 Y : 439861.95

Opmerking 1:

SONDERING:

EG370

Pagina 1/1



Project : Polder Zestienhoven Bruggen

Dossier : 2003-153

Locatie : Rotterdam

Paraaf 1:

Datum test : 21-2-2012

MV. hoogte : -4.7 m. t.o.v. N.A.P.

coördinaten in RD-stelsel

X : 90864.96 Y : 439869.93

Opmerking 1:

SONDERING:

EG371

Pagina 1/1

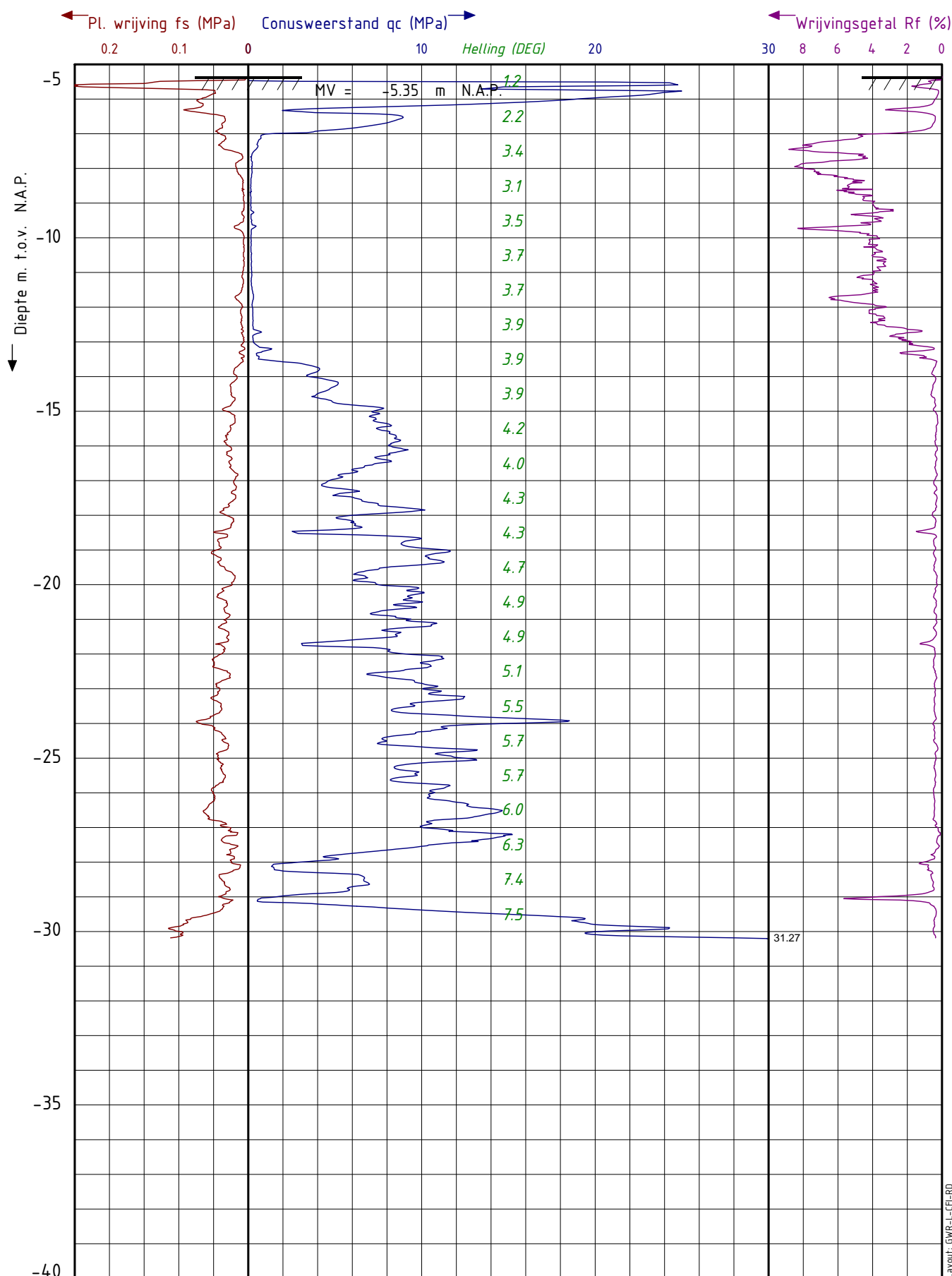
Conus type: CFP10-10

Nummer: 100306

Sondering volgens NEN 5140 Klasse 2



Gemeente Rotterdam
Gemeentewerken
Ingenieursbureau



Project : Polder Zestienhoven Bruggen

Dossier : 2003-153

Locatie : Rotterdam

Paraaf 1:

Datum test : 9-2-2012

MV. hoogte : -5.35 m. t.o.v. N.A.P.

coördinaten in RD-stelsel

X : 90728.80 Y : 439803.98

Opmerking 1:

SONDERING:

EG372

Pagina 1/1

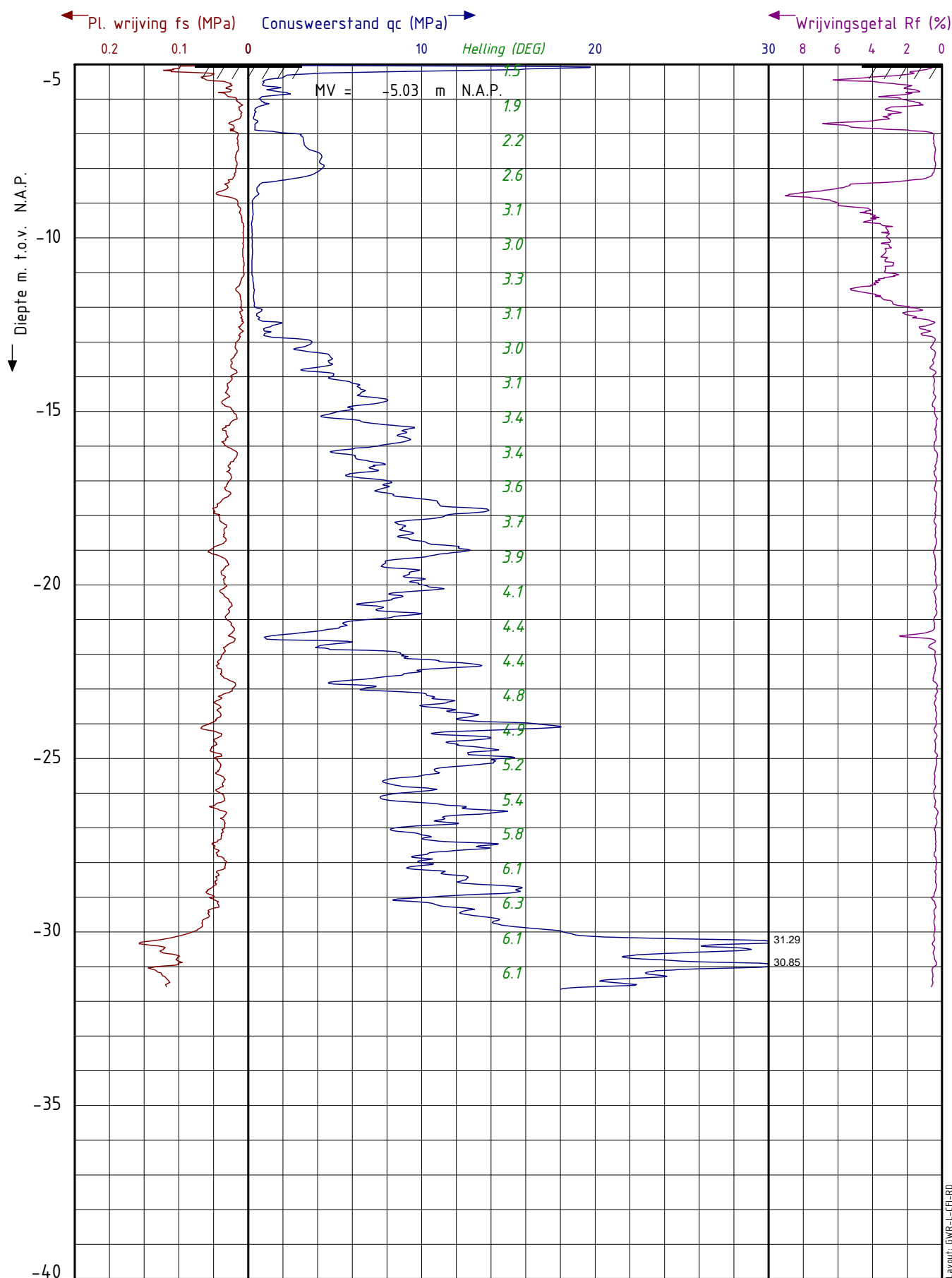
Conus type: CFP10-10

Nummer: 100306

Sondering volgens NEN 5140 Klasse 2



Gemeente Rotterdam
Gemeentewerken
Ingenieursbureau



Project : Polder Zestienhoven Bruggen

Dossier : 2003-153

Locatie : Rotterdam

Paraaf 1:

Datum test : 10-2-2012

MV. hoogte : -5.03 m. t.o.v. N.A.P.

coördinaten in RD-stelsel

X : 90725.94 Y : 439784.08

Opmerking 1:

SONDERING:

EG373

Pagina 1/1

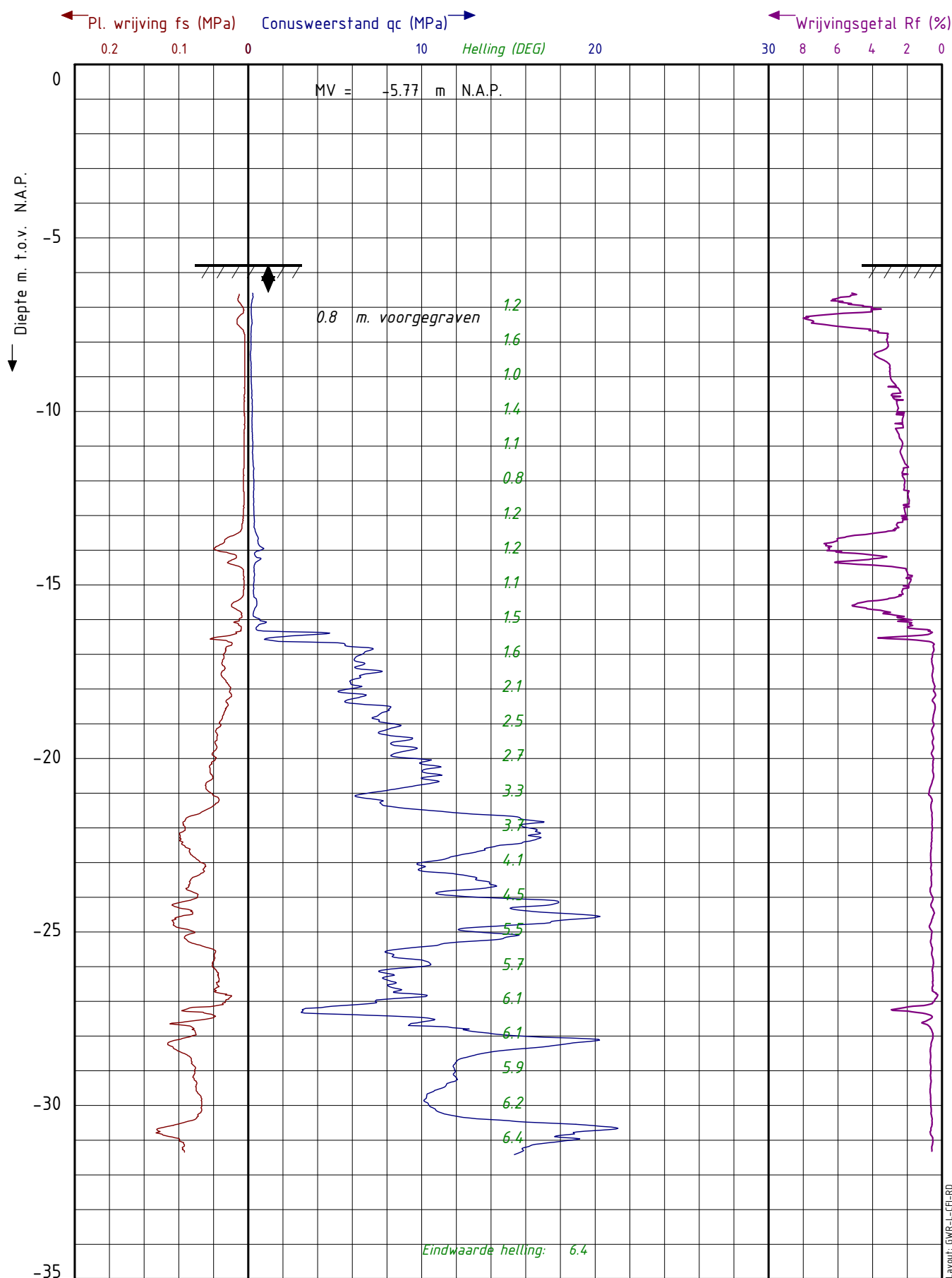
Conus type: CFP10-10

Nummer: 100306

Sondering volgens NEN 5140 Klasse 2



Gemeente Rotterdam
Gemeentewerken
Ingenieursbureau



Project : Park 16hoven
 Dossier : 2003-153
 Locatie : Rotterdam

Datum test : 31-3-2009
 MV. hoogte : -5.77 m. t.o.v. N.A.P.

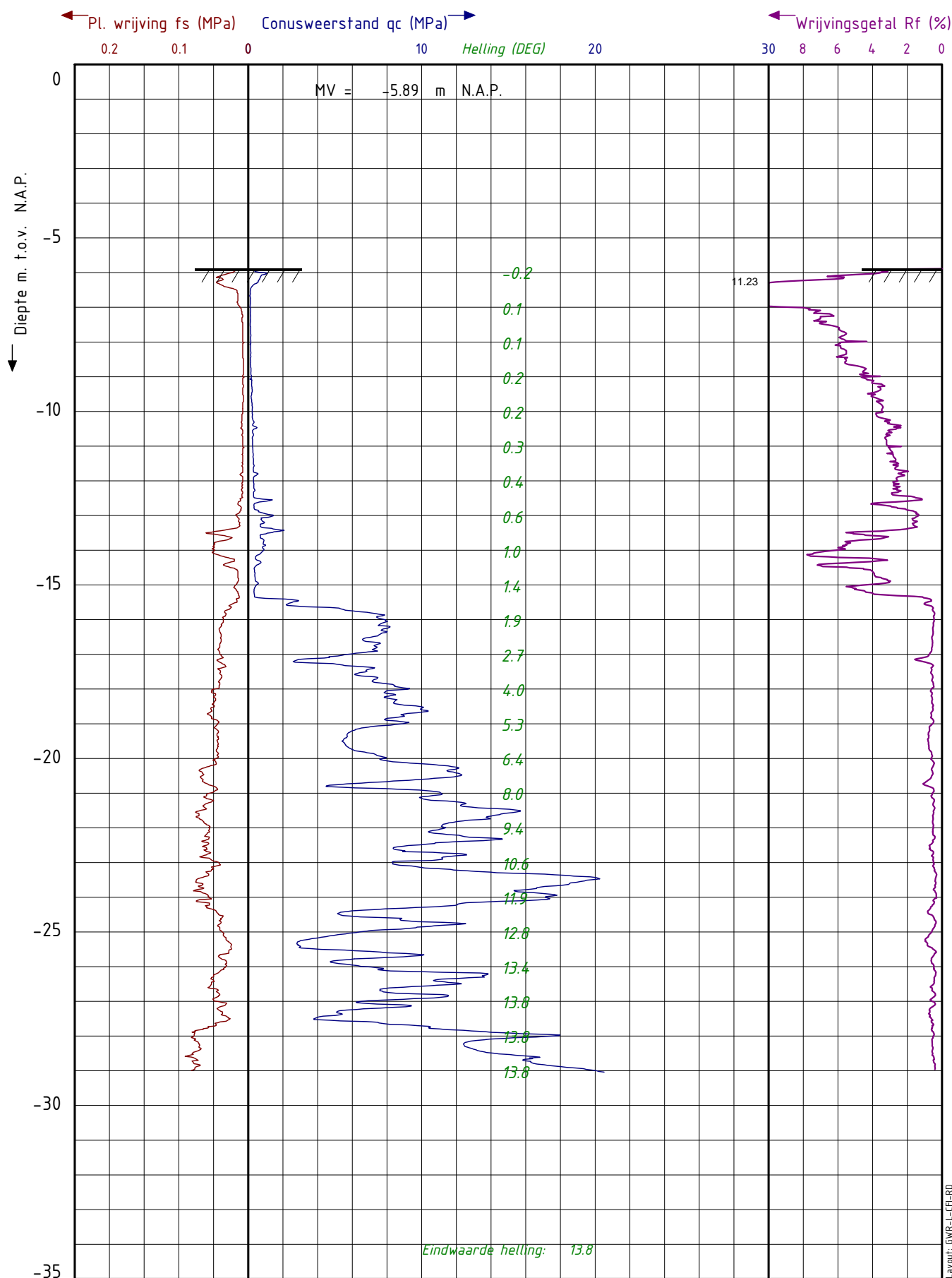
SONDERING:

FF981

Paraaf 1: 2:

coördinaten in RD-stelsel
 X : 89912 Y : 439390
 Opmerking 1:

Pagina 1/1



Project : Park Zestienhoven

Dossier : 2003-153

Locatie : Rotterdam

Paraaf 1: 2:

Datum test : 23-4-2009

MV. hoogte : -5.888 m. t.o.v. N.A.P.

coördinaten in RD-stelsel

X : 89897.052 Y : 439425.060

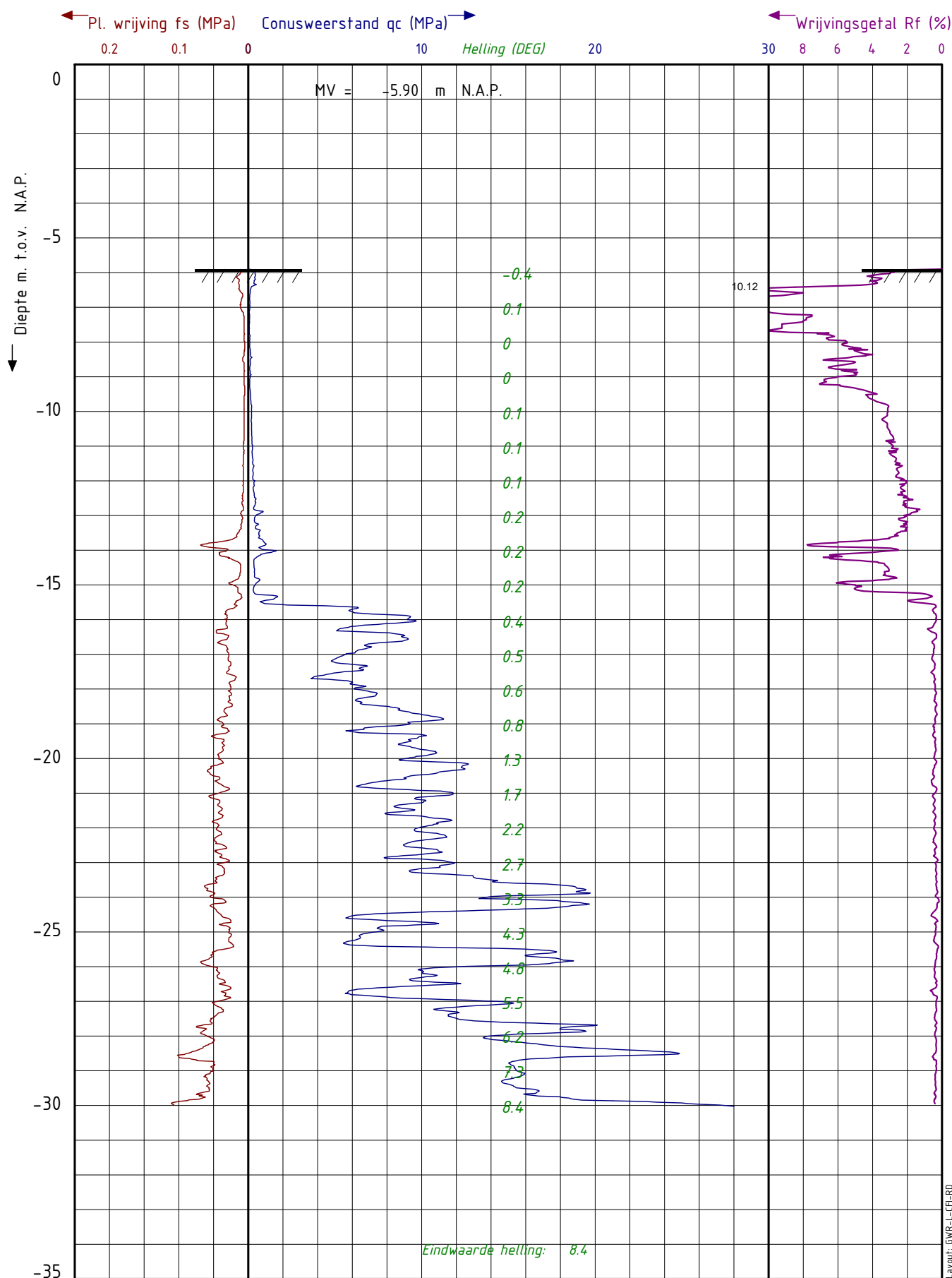
Opmerking 1:

SONDERING:

FF982

Pagina 1/1





Project : Park Zestienhoven
 Dossier : 2003-153
 Locatie : Rotterdam

Datum test : 23-4-2009
 MV. hoogte : -5.9 m. t.o.v. N.A.P.

SONDERING:

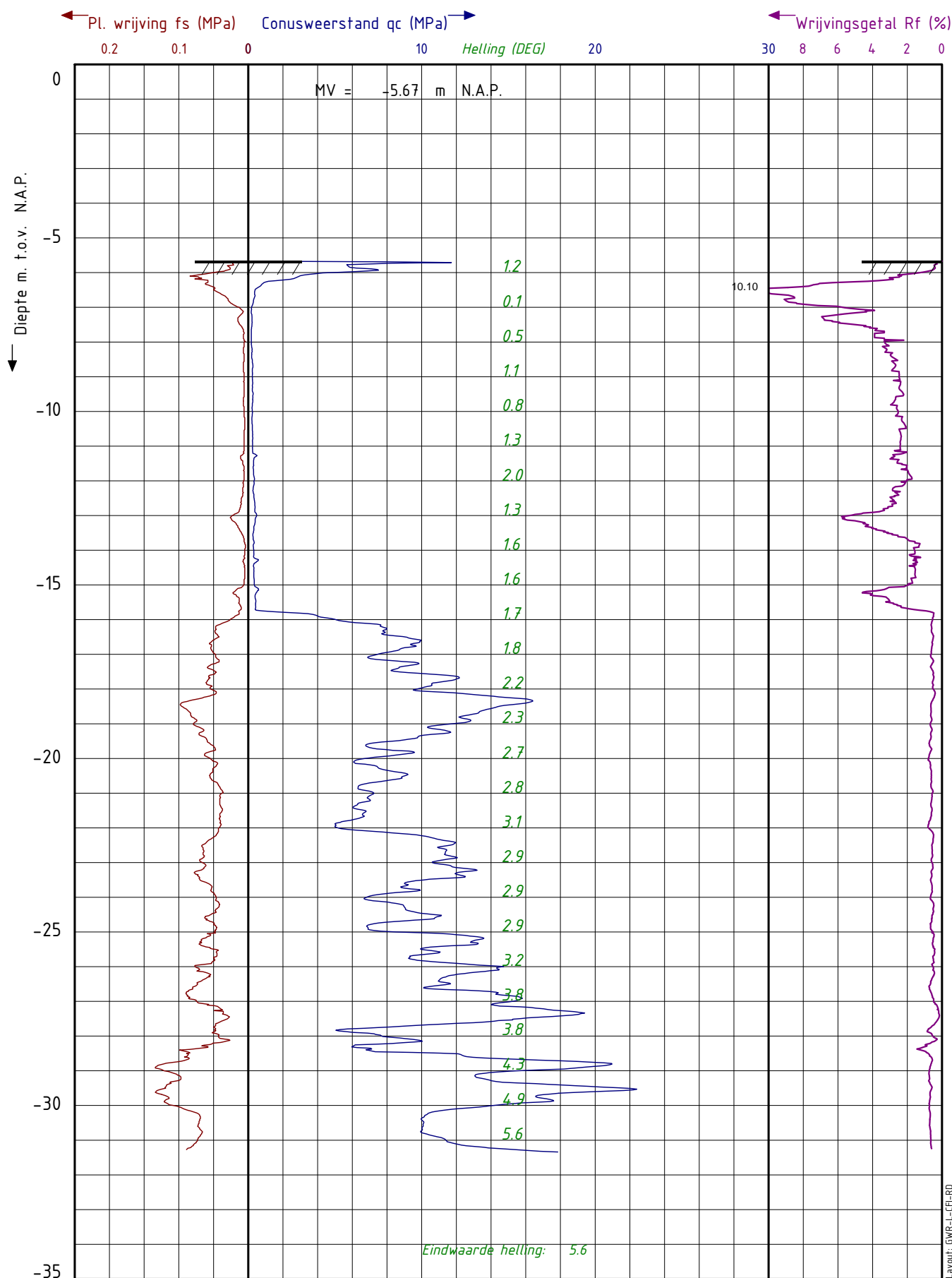
FF983

Paraaf 1: 2:

coördinaten in RD-stelsel
 X : 89907 Y : 439410
 Opmerking 1:

Pagina 1/1





Project : Park 16hoven
 Dossier : 2003-153
 Locatie : Rotterdam

Datum test : 31-3-2009
 MV. hoogte : -5.67 m. t.o.v. N.A.P.

SONDERING:

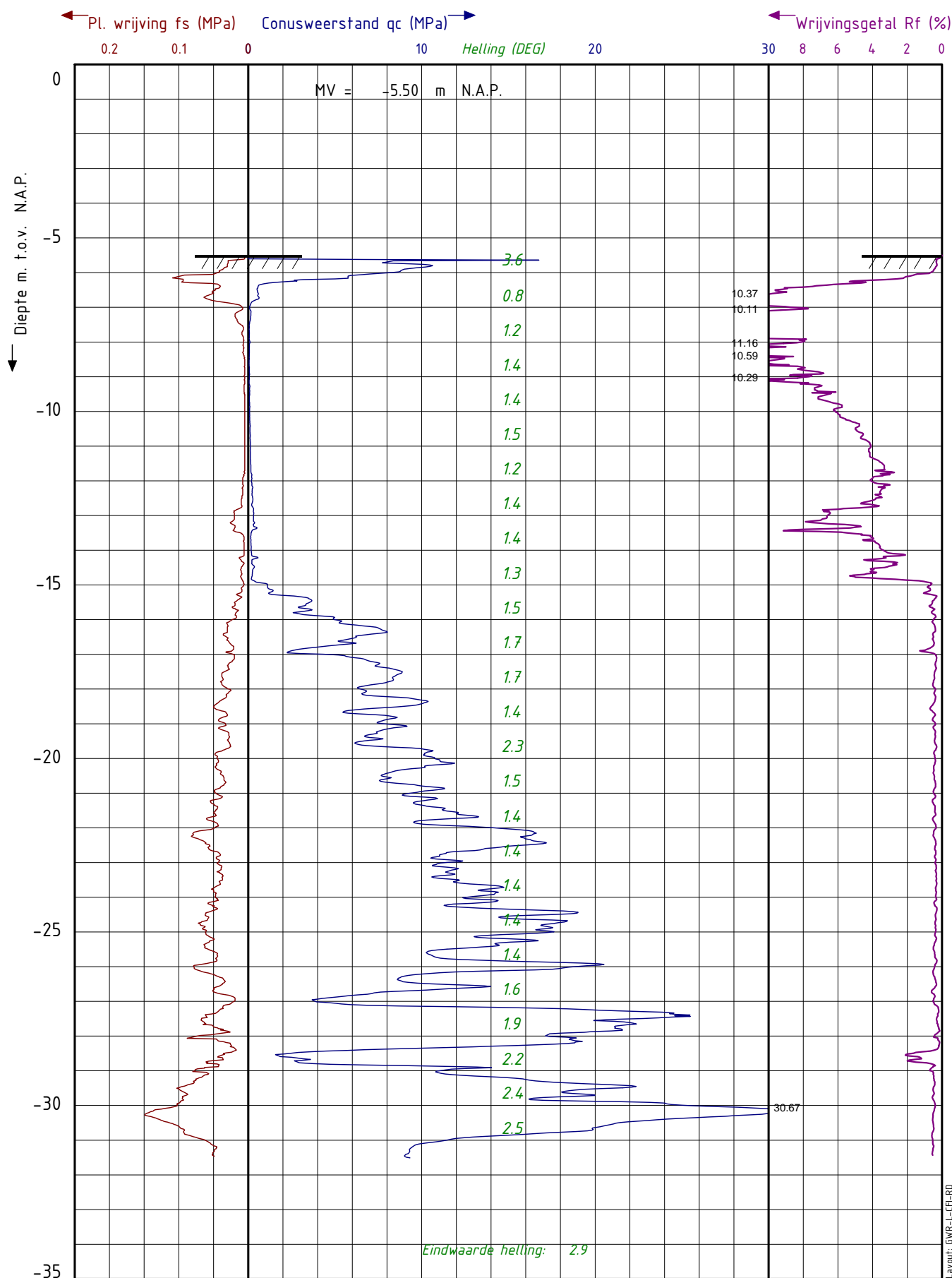
FG506

Paraaf 1: 2:

coördinaten in RD-stelsel
 X : 90127 Y : 439406
 Opmerking 1:

Pagina 1/1





Project : Park Zestienhoven

Dossier : 2003-153

Locatie : Rotterdam

Paraaf 1: 2:

Datum test : 1-4-2009

MV. hoogte : -5.5 m. t.o.v. N.A.P.

coördinaten in RD-stelsel

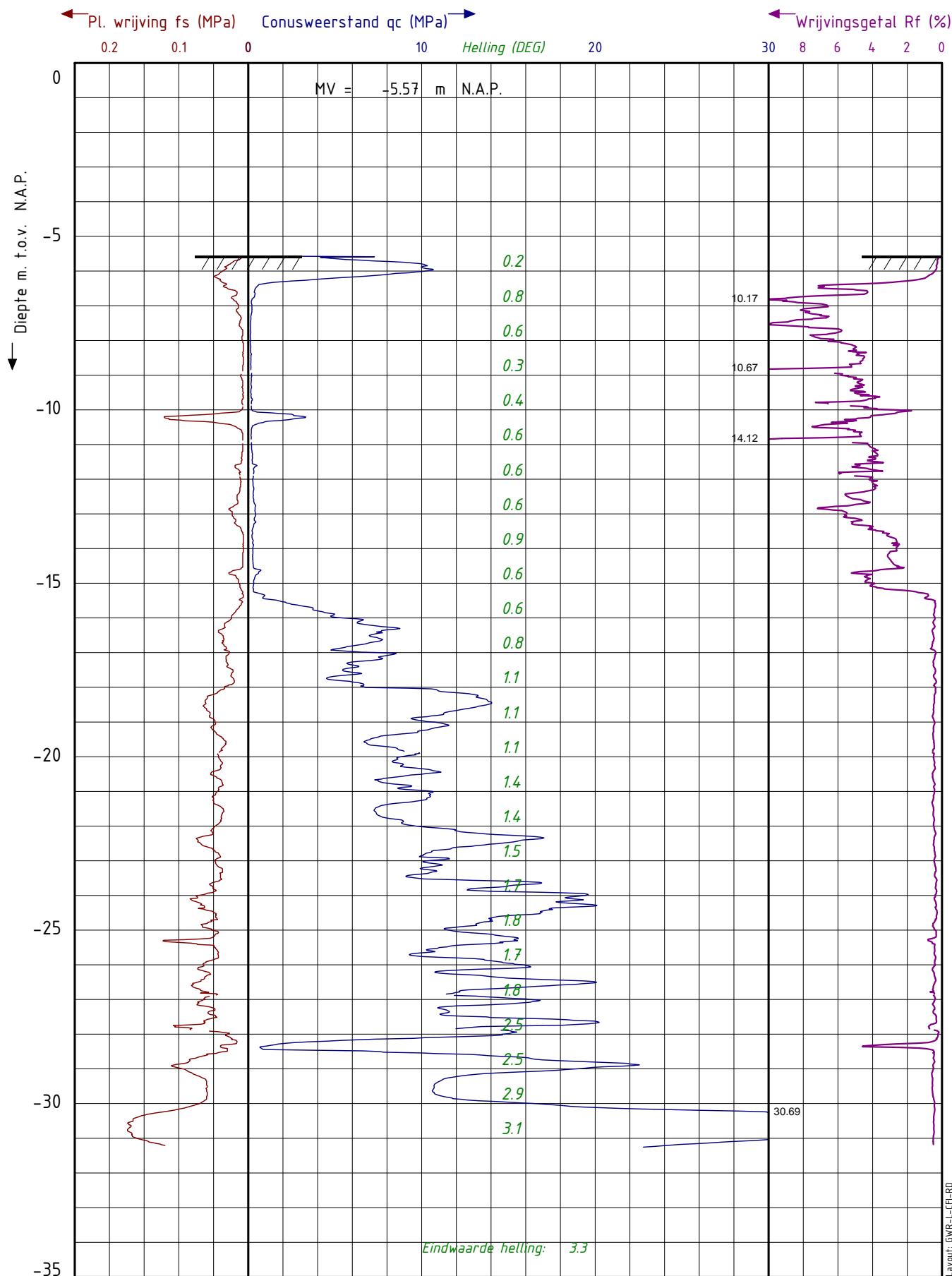
X : 90101 Y : 439422

Opmerking 1:

SONDERING:

FG509

Pagina 1/1



Project : Park Zestienhoven
 Dossier : 2003-153
 Locatie : Rotterdam

Datum test : 1-4-2009
 MV. hoogte : -5.566 m. t.o.v. N.A.P.

SONDERING:

FG510

Paraaf 1: 2:

coördinaten in RD-stelsel
 X : 90111.383 Y : 439412.912
 Opmerking 1:

Pagina 1/1





Bijlage 3 : Berekening van de negatieve kleef

Voor de berekening van de negatieve kleef is ervan uitgegaan dat negatieve kleef optreedt in de samendrukbare lagen tot maximaal NAP -13,30 m, (Brug M5, sondering EG371, prefab betonnen paal 450 x 450 mm²). De dieper gelegen lagen zijn dermate zanderig dat hierin geen zetting en derhalve geen negatieve kleef te verwachten is.

Er is rekening gehouden met een maaiveldniveau op NAP -4,80 m en een grondwaterstand op NAP -6,20.

Paalkopniveau is op NAP -6,0 m.

Voor de berekeningen is de bodemopbouw geschematiseerd tot 3 lagen: een zanderige toplaag tot NAP -6,0 m, een samendrukbare laag tot NAP -13,3 m, gevolgd door een onsamendrukbare zandlaag.

De representatieve waarde van de maximale negatieve kleefbelasting voor een alleenstaande paal volgens art. 7.2 van NEN 6743-1:2006 bedraagt:

$$F_{s,nk;rep} = O_s \cdot [h_1 \cdot K_{0;1} \cdot \tan \delta_1 \cdot (\sigma'_{v;1} + \sigma'_{v;2})/2 + h_2 \cdot K_{0;2} \cdot \tan \delta_2 \cdot (\sigma'_{v;2} + \sigma'_{v;3})/2]$$

$$F_{s,nk;rep} = 153 \text{ kN}$$

waarin:

In dit geval:

h_1	dikte van de samendrukbare lagen boven het grondwater in contact met paal	0,20	m
h_2	dikte van de samendrukbare lagen onder het grondwater in contact met paal	7,10	m
$K_{0;i} \cdot \tan \delta_i$	= product van de representatieve waarde van de neutrale gronddruk factor met de tangens van de wrijvingshoek tussen paal en grond in laag i	0,25	m
$\sigma'_{v;1}$	= representatieve waarde van de effectieve verticale korrelspanning op het niveau van de paalkop	21,6	kN/m ²
$\sigma'_{v;2}$	= representatieve waarde van de effectieve verticale korrelspanning op het grondwaterniveau	24,4	kN/m ²
$\sigma'_{v;3}$	= representatieve waarde van de effectieve verticale korrelspanning op het niveau van de onderkant van de samendrukbare laag	71,2	kN/m ²
O_s	= Omtrek van de paalschacht	1,80	m

De rekenwaarde van de maximale negatieve kleefbelasting van een alleenstaande paal is 153 kN.

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

Waarin:

$$\gamma_{f,nk} = \text{Belastinfactor voor de negatieve kleef volgens art. 11.5.1 van NEN 6740:2006} = 1$$

Bijlage 4 : MFoundation uitdraai