



CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

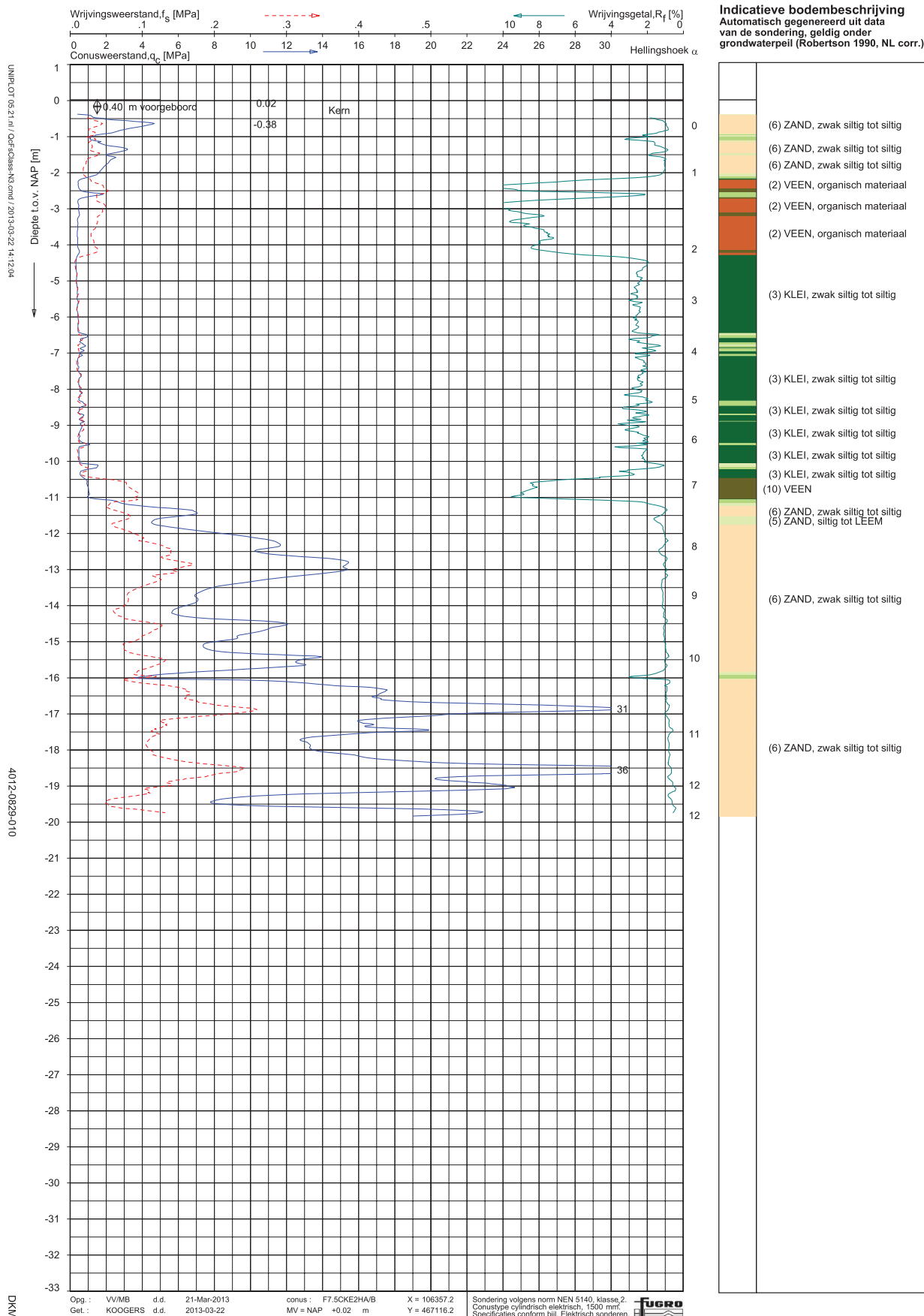
type meting	Meetresultaten	toepassingsmogelijkheden
waterspanning	waterspanning ter plaatse van de punt	registreren waterremmende lagen indicatie stijghoogte grondwater classificatie / gelaagdheid bodem
magnetometer	Magnetische veldsterkte in 3 orthogonale richtingen (X,Y,Z)	Blindganger onderzoek, onderzoek ligging obstakels (stalen leidingen), grondankers), onderzoek paalpunt niveau / schoorstand funderingspalen, onderzoek ligging onderz. d. 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
CPM (conuspressiometer)	spannings-rek-gedrag en sterkte in situ	bepaling grondstijfheid, horizontale korrelspanning, ongedraineerde schuifweerstand en relatieve dichtheid
MIP (membrane interface probe)	verticale verspreiding van vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen	bestudering zak/dr. jflagen en/of verontreinigingen met vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen
ROST (rapid optical screening tool)	verticale verspreiding van (aromatische) koolwaterstoffen	bestudering zak/dr. jflagen en/of verontreinigingen met (aromatische) koolwaterstoffen
video	videobeeld van de grond bij het passeren van de conus	nadere geotechnische classificatie / structuur informatie over bodemverontreiniging (verkleuring)

Klassenindeling NEN 5140

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

klasse	meetgrootheid	toelaatbare meetonzekerheid	meetinterval
1	Conusweerstand	0,05 MPa of 3%	20 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,01 MPa of 10%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 1 %	
2	Conusweerstand	0,25 MPa of 5%	50 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 15%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
3	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Helling	5°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
4	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Sondeerlengte	0,1 m of 1%	
Opmerking: De toelaatbare meetonzekerheid is de grotere waarde van de absolute meetonzekerheid en de relatieve meetonzekerheid. De relatieve meetonzekerheid geldt voor de meetwaarde en niet voor het meetbereik.			

Voor projecten, waarbij parameters op basis van Tabel 2.b NEN 9997-1 worden afgeleid, is een hoge nauwkeurigheidsklasse gewenst. Het is in slappe grondlagen met lage conusweerstand extra moeilijk om aan de eisen van klassen 1 en 2 te voldoen. Dit in tegenstelling tot grondsoorten met hoge conusweerstand. Het bij Fugro gehanteerde meetsysteem voor sonderen is bijzonder nauwkeurig door strikte kwaliteitscontroles en calibraties. Fugro sonderingen vallen dan ook standaard in klasse 2. Klasse 1 sonderingen dienen alleen voor calibratiedoeleinden en wetenschappelijk onderzoek. Bij routinematige sonderingen kunnen de specificaties van klasse 1 sonderingen alleen door aanvullende maatregelen worden benaderd.



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

PROVINCIAAL OPSLAGTERREIN TE RIJNSATERWOUDE

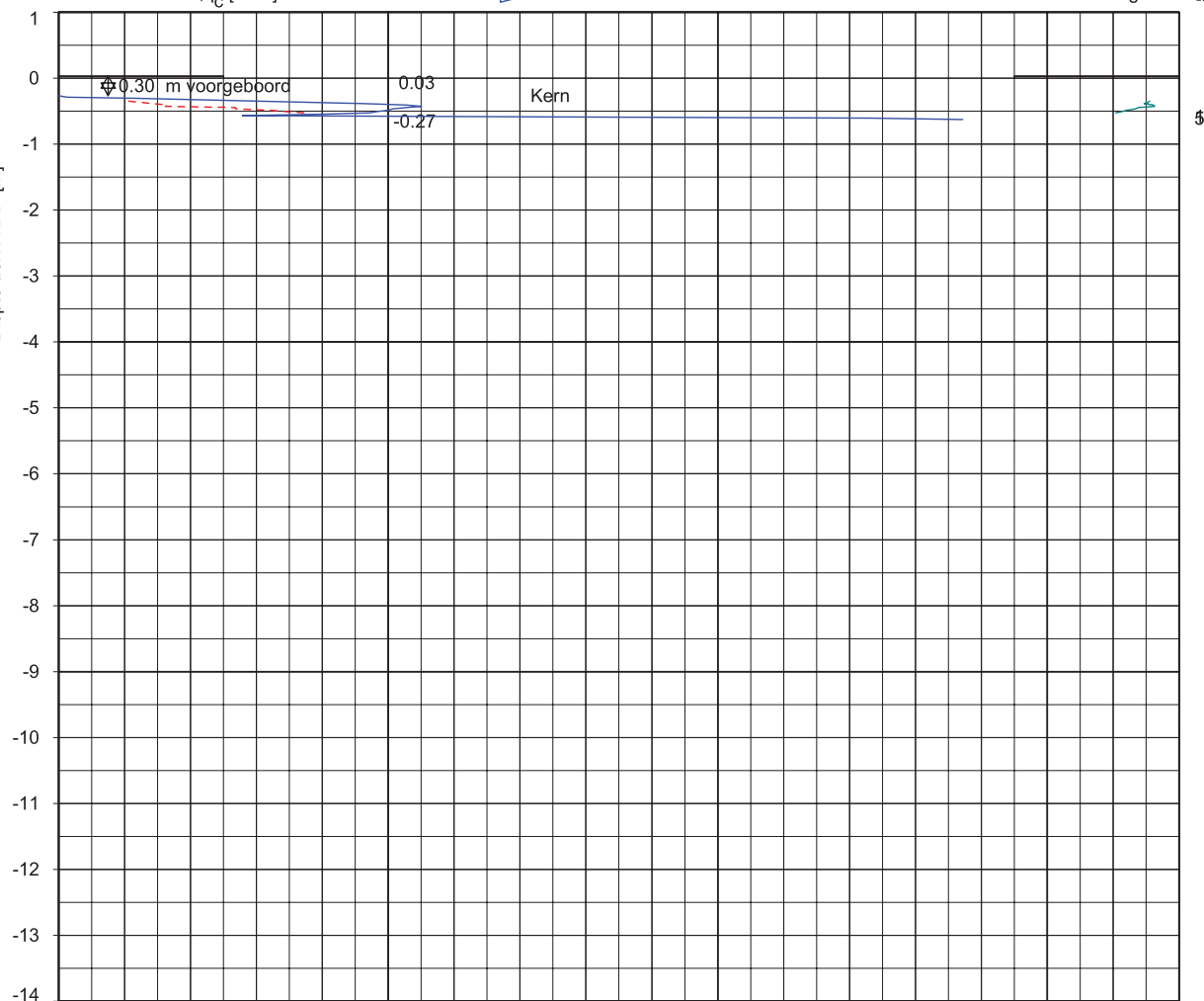
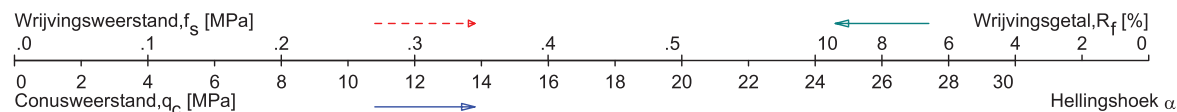
Opdr. 4012-0829-010
Sond. DKM1

4012-0829-010

Diepte t.o.v. NAP [m]



DKM2 - 1



Opg.: VV/MB d.d. 21-Mar-2013
 Get.: KOOGERS d.d. 2013-03-22

conus: F7.5CKE2HA/B
 MV = NAP +0.03 m

X = 106358.7
 Y = 467126.6

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



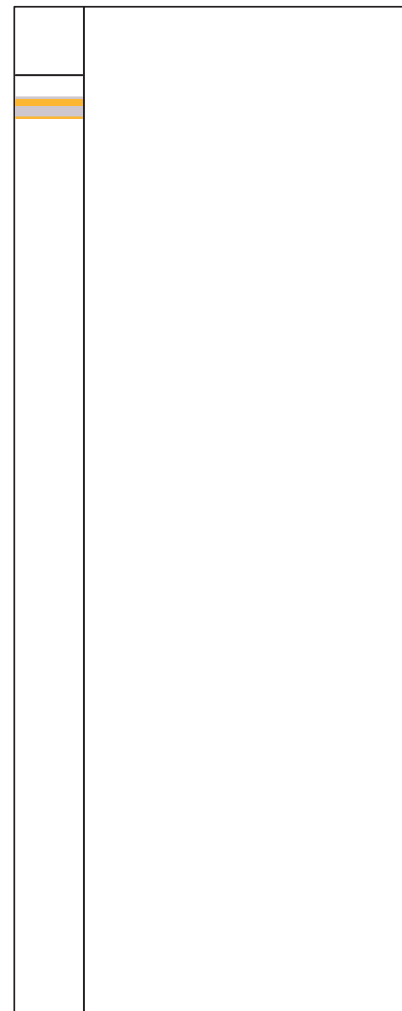
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

PROVINCIAAL OPSLAGTERREIN TE RIJNSATERWOUDE

Opdr. 4012-0829-010
 Sond. DKM2

Indicatieve bodembeschrijving

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



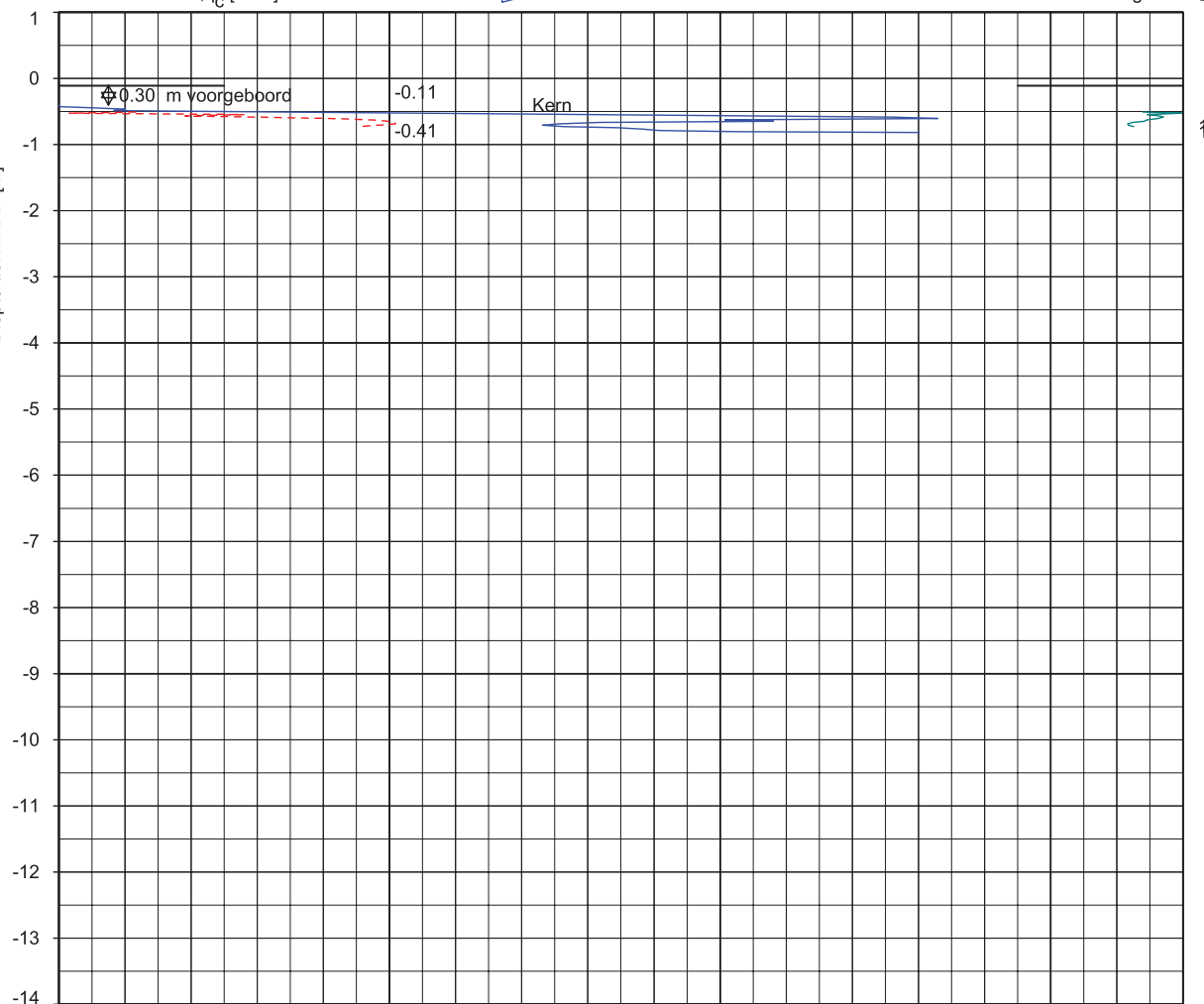
4012-0829-010

Diepte t.o.v. NAP [m]



DKM3 - 1

Wrijvingsweerstand, f_s [MPa] Wrijvingsgetal, R_f [%]
 .0 .1 .2 .3 .4 .5 10 8 6 4 2 0
 Conusweerstand, q_c [MPa] Hellingshoek α



Opg.: VV/MB d.d. 21-Mar-2013
 Get.: KOOGERS d.d. 2013-03-22

conus: F7.5CKE2HA/B
 MV = NAP -0.11 m

X = 106369.4
 Y = 467141.7

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



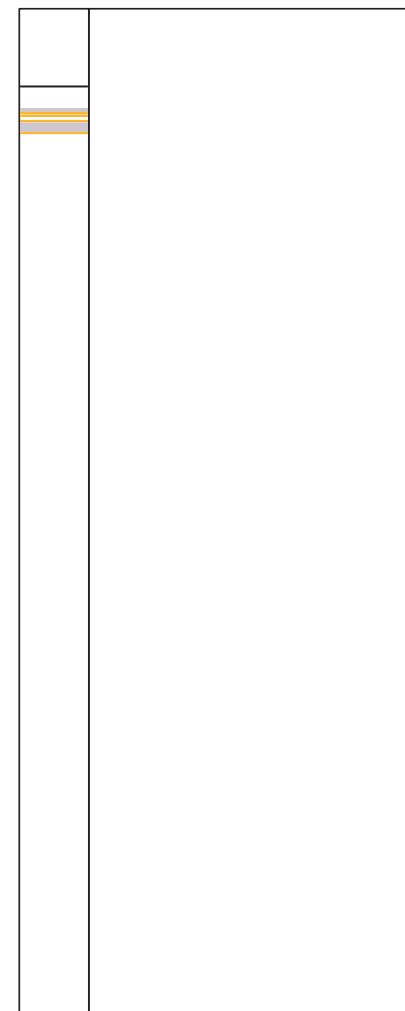
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

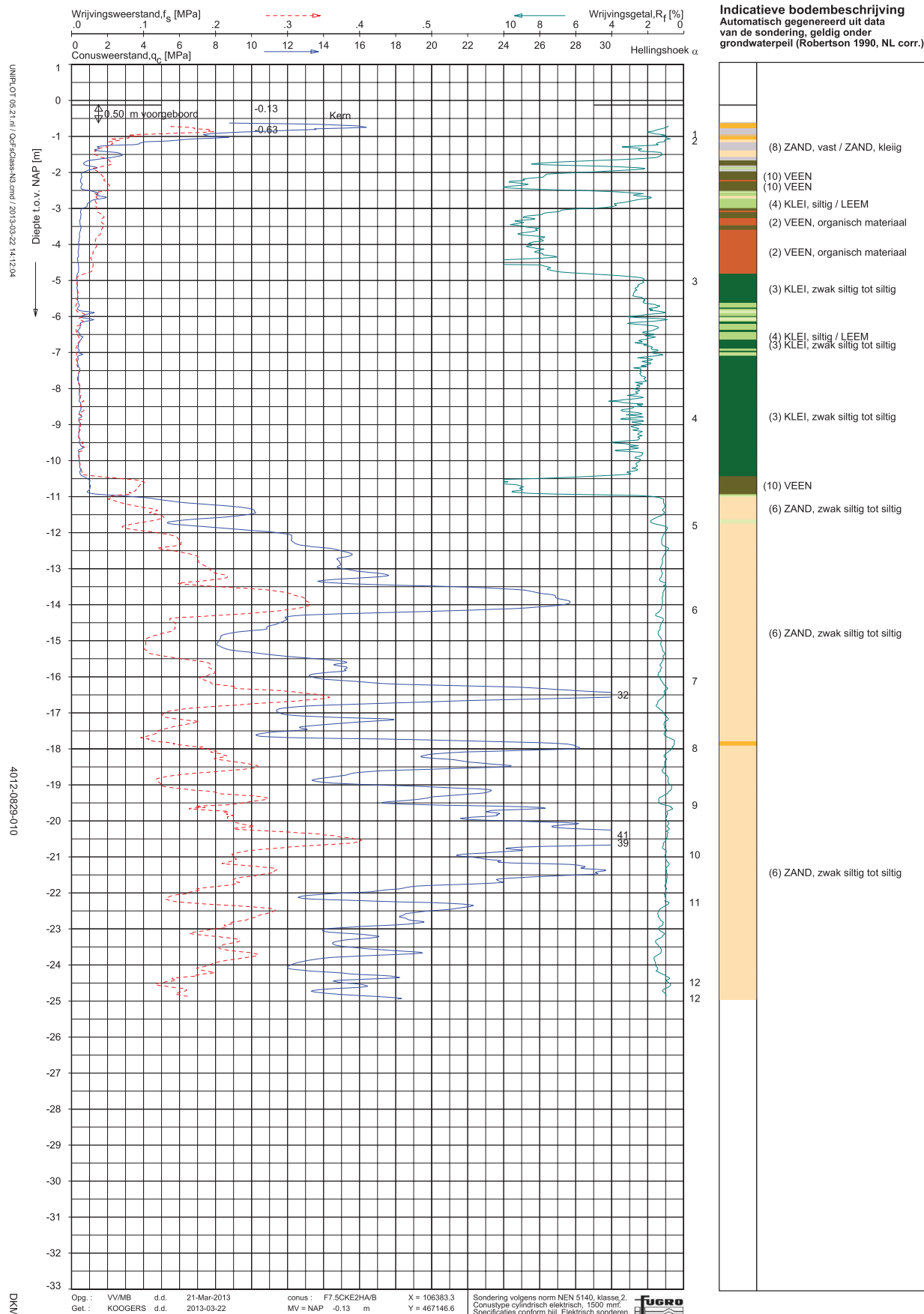
PROVINCIAAL OPSLAGTERREIN TE RIJNSATERWOUDE

Opdr. 4012-0829-010
 Sond. DKM3

Indicatieve bodembeschrijving

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

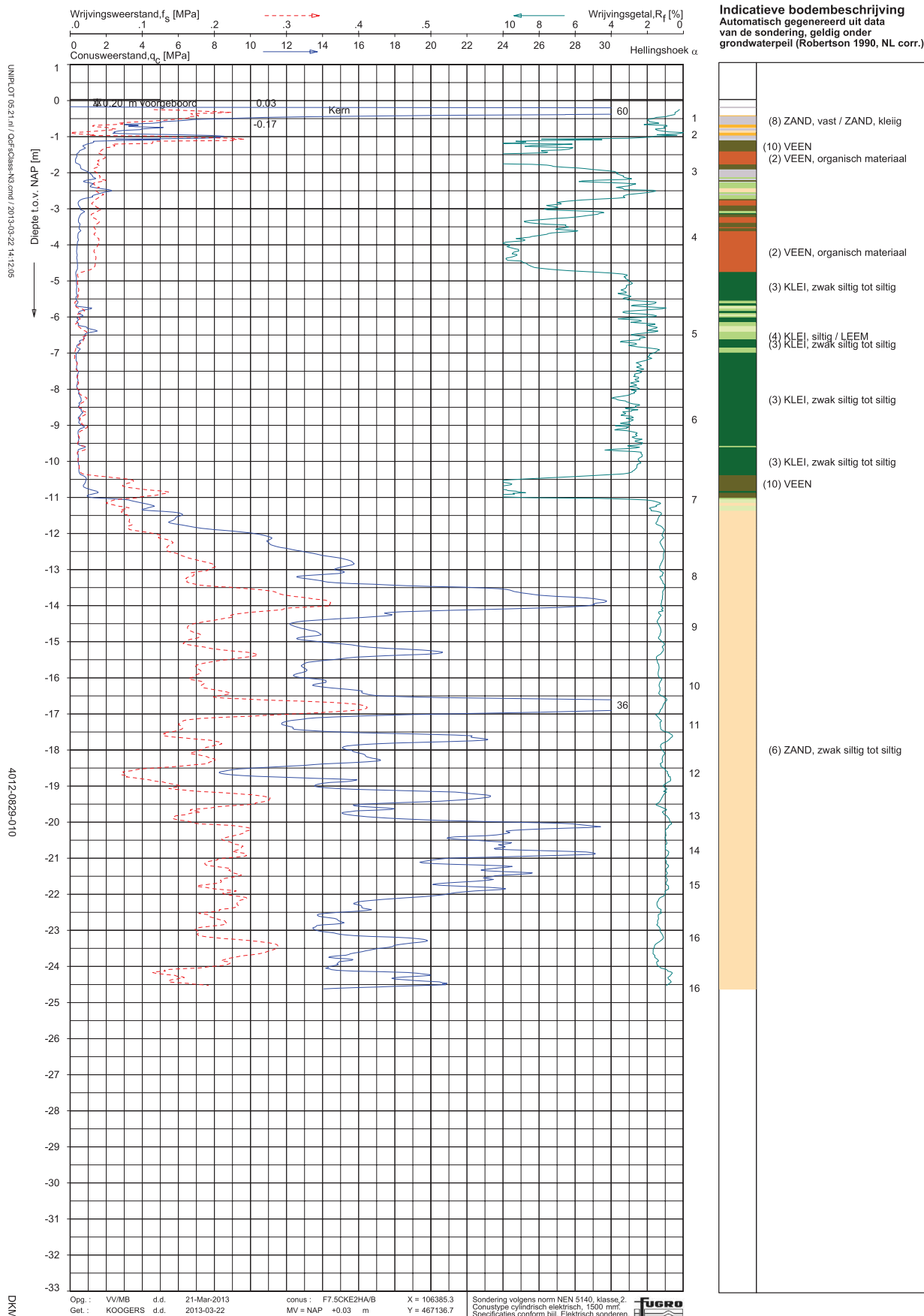




UNIPLOT 06.21.11 / Oefschied-NL.cmf / 2013-03-22 14:12:04

4012-0829-010

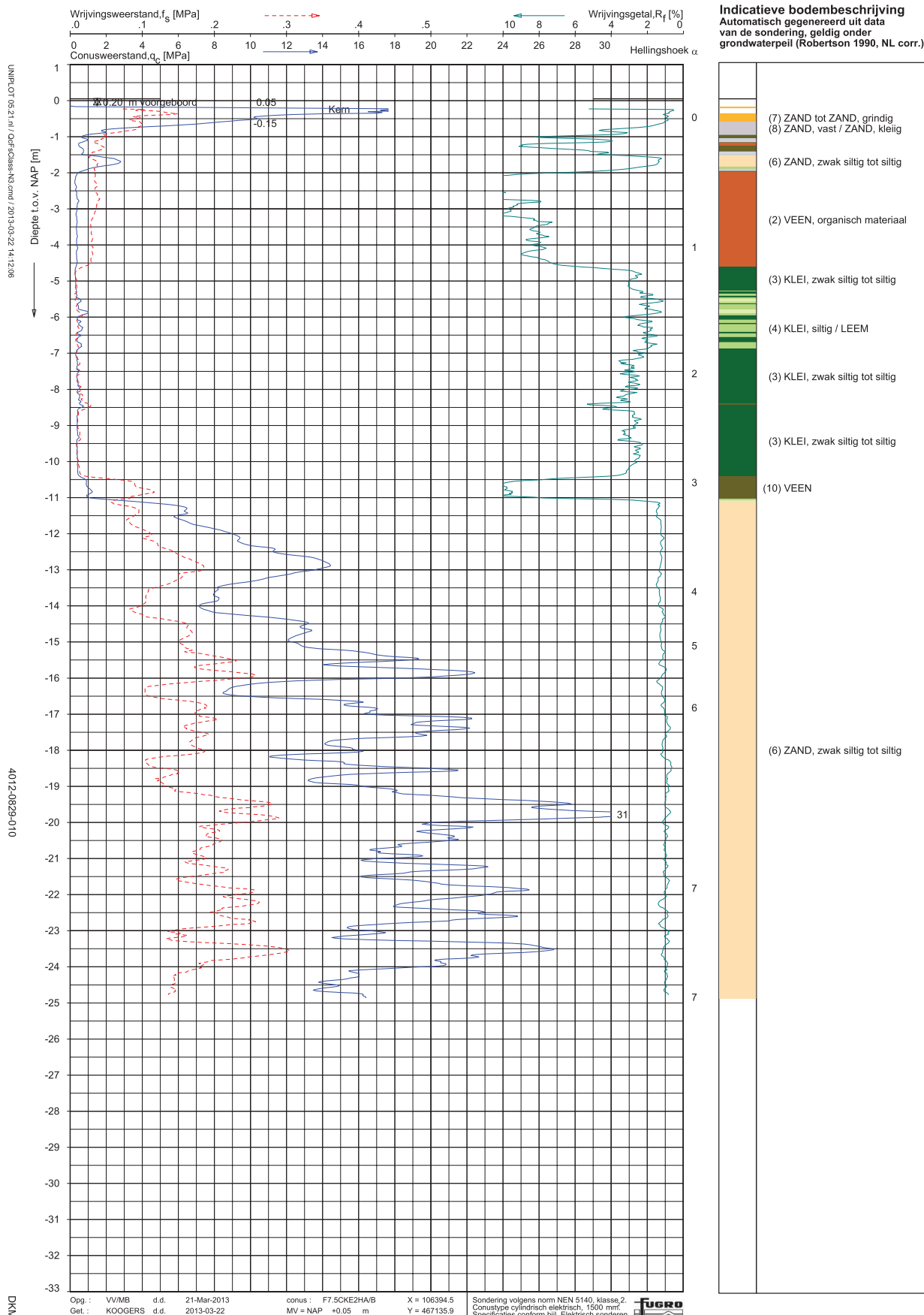
DKM4 - 1



UNIPLOT 06.21.11 / Oefschied-N3.cmf / 2013-03-22 14:12:05

4012-0829-010

DKM5 - 1



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

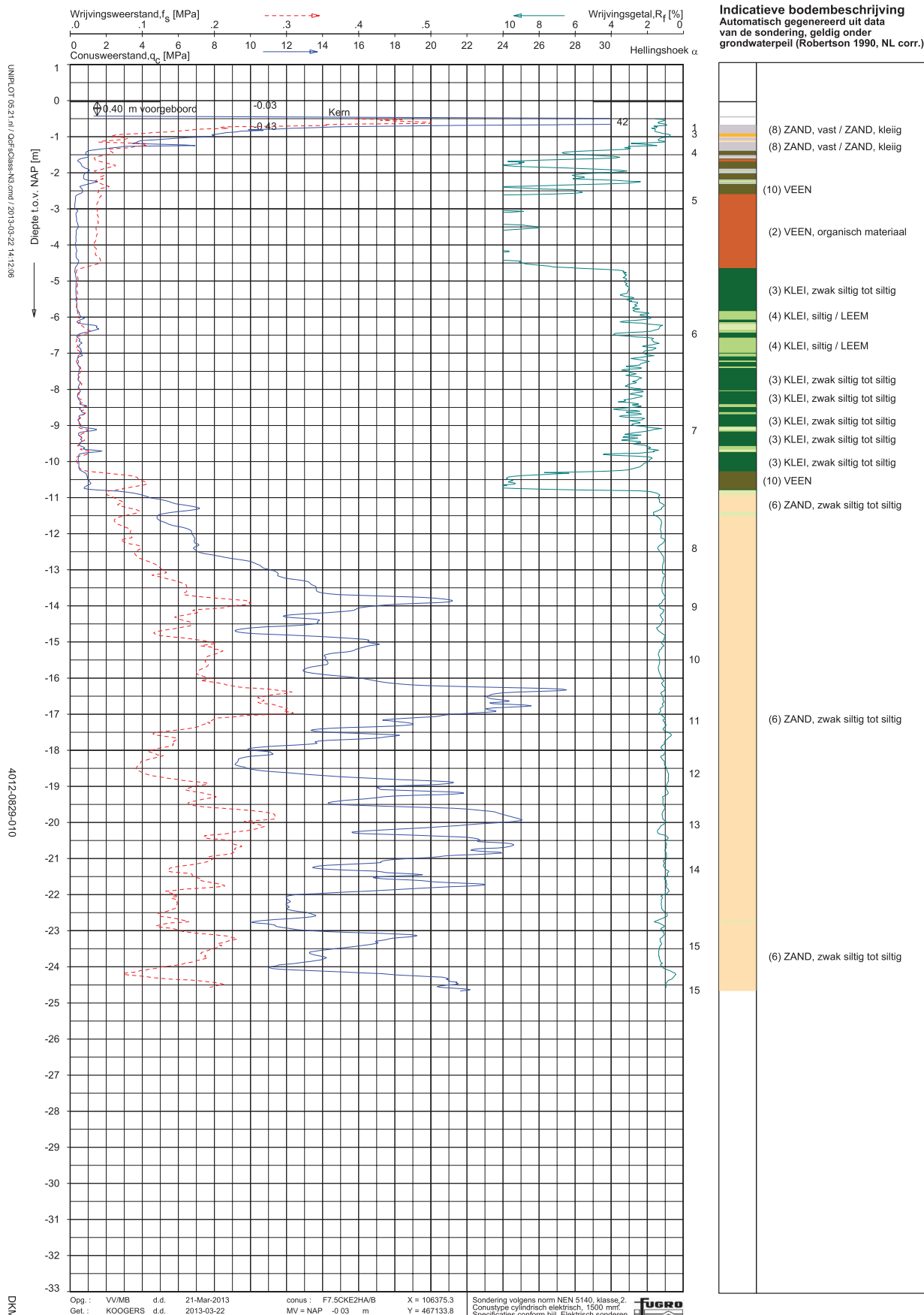
PROVINCIAAL OPSLAGTERREIN TE RIJNSATERWOUDE

Opdr. 4012-0829-010
Sond. DKM6

UNIPLOT 06.21.m / Oefschakel-NL.cmf / 2013-03-22 14:12:06

4012-0829-010

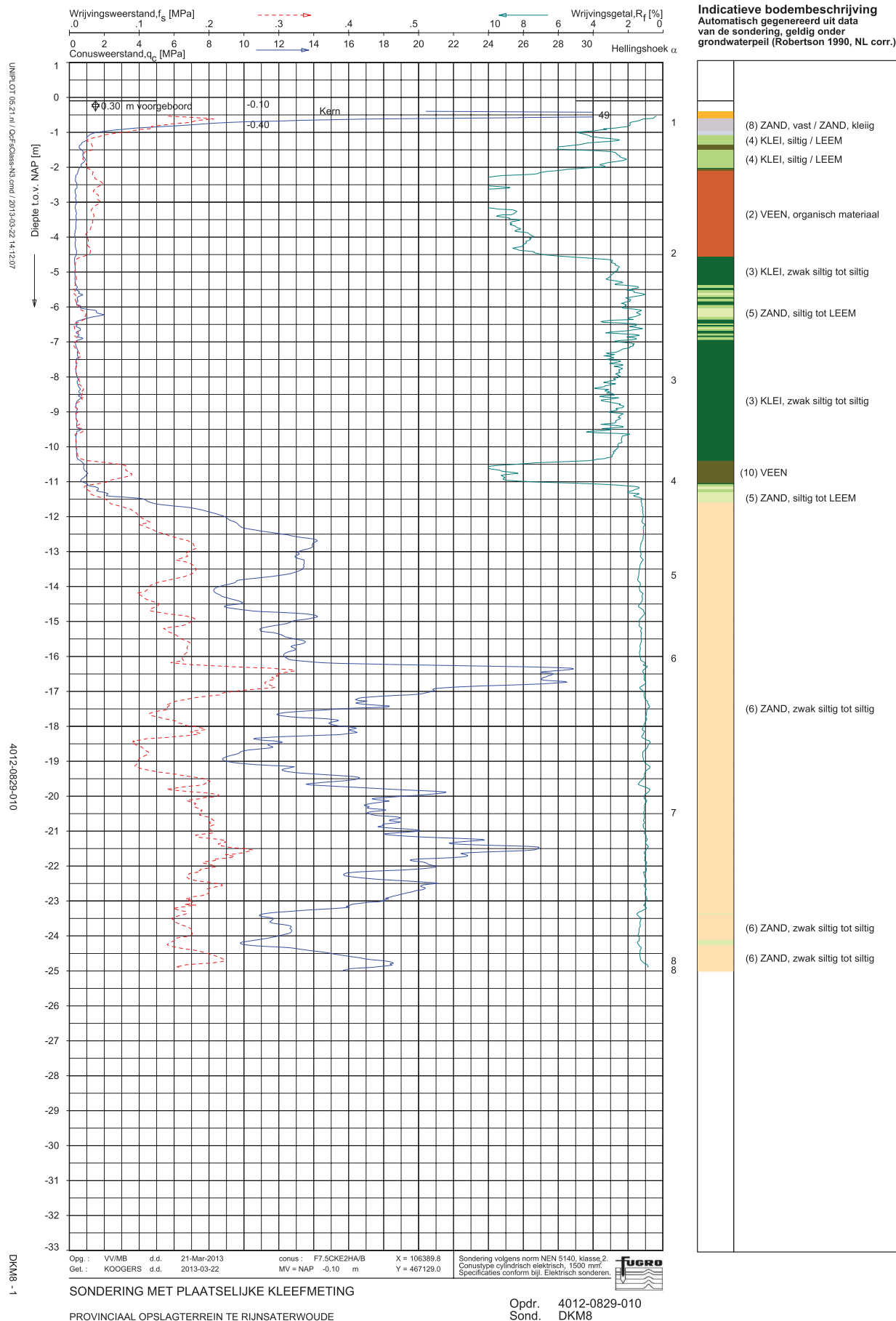
DKM6 - 1



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

PROVINCIAAL OPSLAGTERREIN TE RIJNSATERWOUDE

Opdr. 4012-0829-010
Sond. DKM7



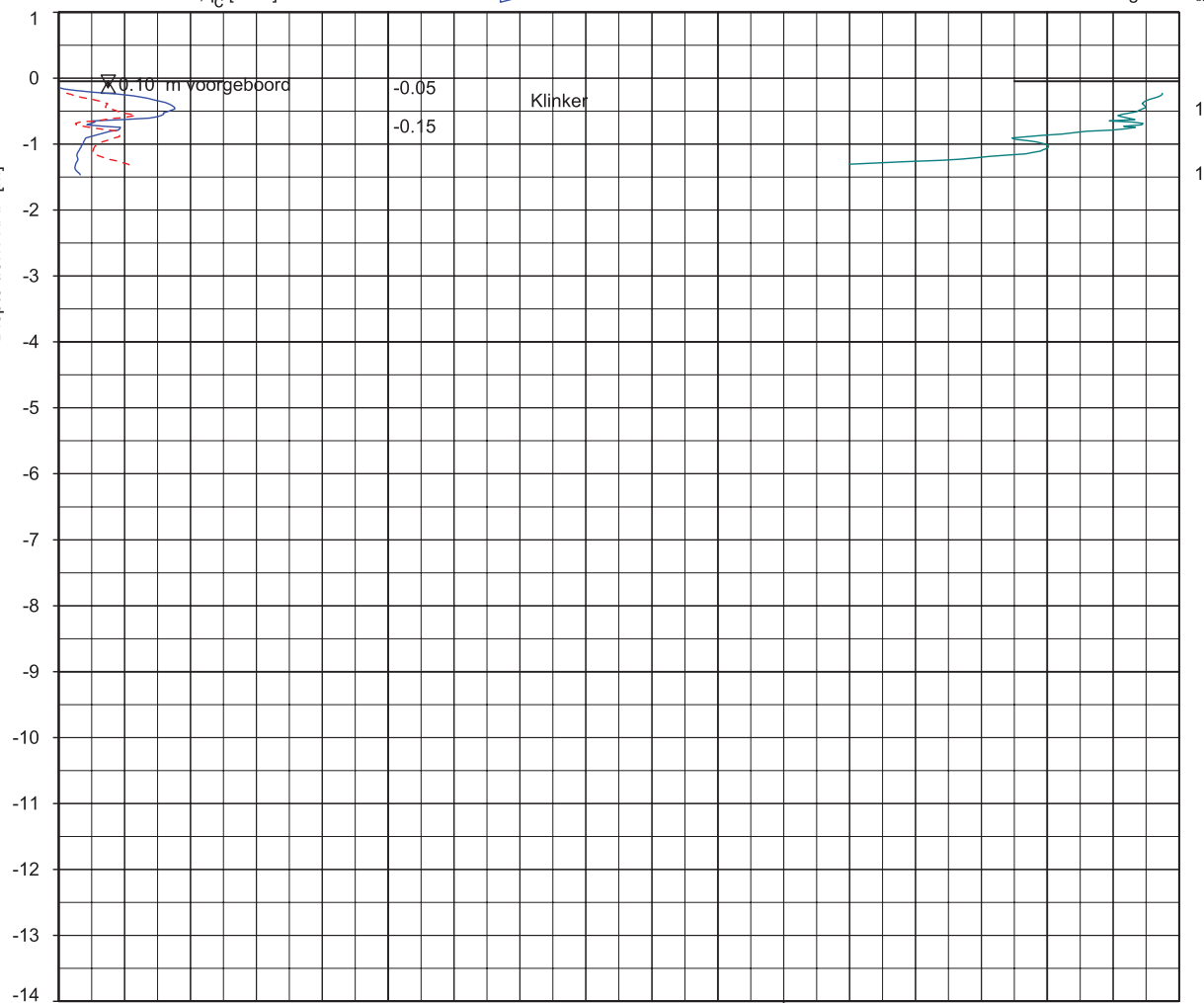
4012-0829-010

Diepte t.o.v. NAP [m]

DKM9 - 1

Wrijvingsweerstand, f_s [MPa] → → Wrijvingsgetal, R_f [%]

Conusweerstand, q_c [MPa] → → Hellingshoek α



Opg.: VV/MB d.d. 21-Mar-2013
Get.: KOOGERS d.d. 2013-03-22

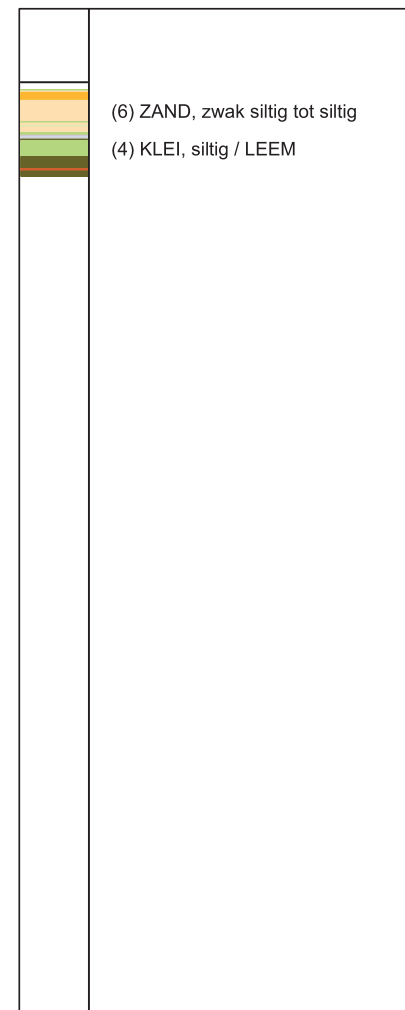
conus: F7.5CKE2HA/B
MV = NAP -0.05 m

X = 106391.0
Y = 467121.7

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

**Indicatieve bodembeschrijving**

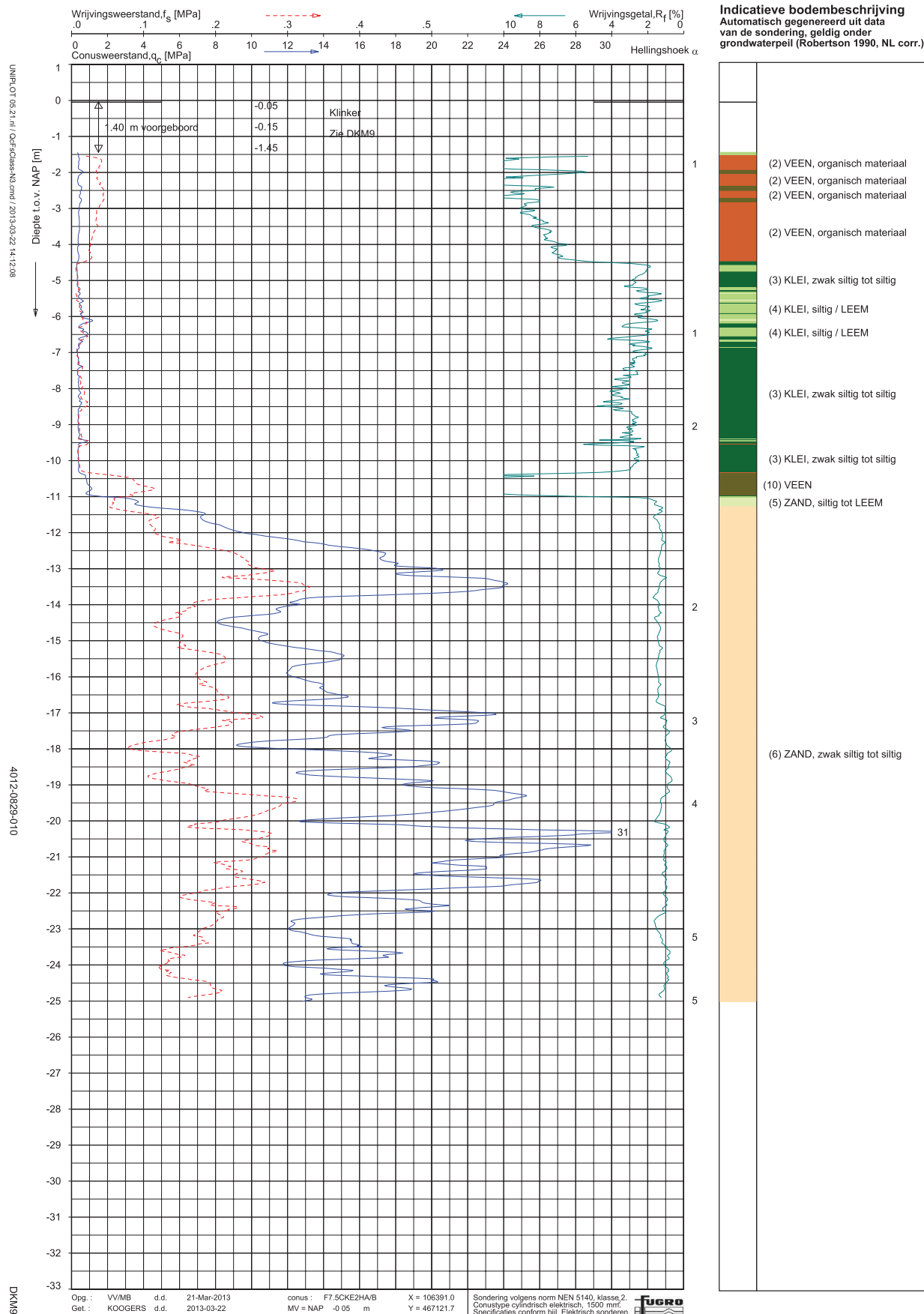
Automatisch gegenereerd uit data
van de sondering, geldig onder
grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

PROVINCIAAL OPSLAGTERREIN TE RIJNSATERWOUDE

Opdr. 4012-0829-010
Sond. DKM9





UNIPLOT 06.21.11 / Oefschied-NL.cmf / 2013-03-22 14:12:08

4012-0829-010

DKM9A - 1



Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : DKM4
- paaltype : Schroefinjectiepaal
- schachtdiameter : Ø 220 mm

Berekening negatieve kleef

De *representatieve waarde* van de maximale negatieve kleefbelasting op een alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 bedraagt:

$$F_{nk;rep} = \sum (d_i K_{o;j;k} \tan \delta_{j;k} \sigma'_{v,gem;j;rep}) \cdot O_s$$

$$= 56 \text{ kN}$$

waarin:

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

laag	van / tot [m t.o.v. NAP]	dikte d_i [m]	$\gamma'_{j;k}$ [kN/m ³]	$\sigma'_{v,gem;j;rep}$ [kN/m ²]	$K_{o;j;k} \tan \delta_{j;k}$ [-]	O_s [m]	$F_{nk;rep,j}$ [kN]
1	-0,13 / -0,67	0,54	18,0	4,86	0,25	0,69	0,5
2	-0,67 / -1,5	0,83	10,0	13,87	0,25	0,69	2,0
4	-1,5 / -4,75	3,25	1,0	19,65	0,25	0,69	11,0
5	-4,75 / -8,0	3,25	6,0	31,02	0,25	0,69	17,4
6	-8,0 / -10,5	2,50	5,0	47,02	0,25	0,69	20,3
7	-10,5 / -11,0	0,50	1,0	53,52	0,25	0,69	4,6
						Totaal	55,8

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

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

$$= 56 \text{ kN.}$$

waarin:

- $\gamma_{f,nk}$ = partiële belastingsfactor voor de negatieve kleef (art. 7.3.2.2 (b)) in dit geval: 1,0

BEREKENING NEGATIEVE KLEEF

Provinciaal opslagterrein te Rijnsaterwoude

Opdr. : 4012-0829-010
Bijl. : 2



Uitgangspunten

- gehanteerde sondering	: DKM4
- paaltype	: Schroefinjectiepaal
- paalpuntniveau	: NAP -18,0 m
- schachtdiameter	: Ø 350 mm
- puntafmeting	: Ø 350 mm

Maximale draagkracht van de paalpunt

De *maximale puntweerstand* volgens art. 7.6.2.3(e) bedraagt:

$q_{b,max}$	=	$\frac{1}{2} \cdot \alpha_p \cdot \beta \cdot s \cdot ((q_{c,I,gem} + q_{c,II,gem})/2 + q_{c,III,gem})$	
	=	12,1 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)	19,1 MPa
$q_{c,II,gem}$	=	de minimale waarde van de conusweerstand over traject II (0,7 à 4 x D_{eq} onder de punt)	13,5 MPa
$q_{c,III,gem}$	=	de gemiddelde minimale waarde van de conusweerstand over traject III (8 x D_{eq} boven de punt)	10,5 MPa
α_p	=	paalklassefactor (tabel 7.c, NEN 9997-1)	0,9 -
β	=	factor voor de paalvoetvorm (art. 7.6.2.3(g))	1,0 -
s	=	factor voor de vorm van de dwarsdoorsnede van de paalvoet (art. 7.6.2.3(h))	1,0 -

De *maximale draagkracht* van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3(c) bedraagt:

$R_{p,cal,max}$	=	$A_{punt} \cdot q_{b,max} \cdot 1000$	
	=	1160 kN.	
waarin:			in dit geval:
A_{punt}	=	oppervlak van de paalvoet	0,0962 m ²



Maximale paalschachtwrijving

De *maximale paalschachtwrijving* volgens art. 7.6.2.3(i) bedraagt:

$$q_{s;\max} = \alpha_s \cdot q_{c;z;a}$$

$$= 0,105 \text{ MPa.}$$

waarin:

α_s = factor voor de invloed van de uitvoering en het paaltype (tabel 7.c, NEN 9997-1) in dit geval: 0,009 -

$q_{c;z;a}$ = de gemiddelde waarde van de conusweerstand over het traject waarover schachtwrijving wordt berekend 11,7 MPa

De *maximale schachtwrijvingskracht* volgens art. 7.6.2.3(c) bedraagt:

$$R_{s;\text{cal};\max} = O_s \cdot \Delta L \cdot q_{s;\max} \cdot 1000$$

$$= 811 \text{ kN.}$$

waarin:

O_s = omtrek van de paalschacht in dit geval: 1,1 m

ΔL = traject voor berekening schachtwrijving 7,0 m

Maximale draagkracht

De *maximale draagkracht* van de paal volgens art. 7.6.2.3(c) bedraagt:

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

$$= 1971 \text{ kN.}$$

De *karakteristieke waarde* van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3(5) bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c;\text{cal}} / \xi$$

$$= 1418 \text{ kN.}$$

waarin:

ξ_3 of ξ_4 = factor volgens tabel A.10 van NEN 9997-1 in dit geval: 1,39 -

Voor de *rekenwaarde* van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 7.6.2.3(3) en (4) worden aangehouden:

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

$$= 1182 \text{ kN.}$$

waarin:

γ_R = partiële materiaalfactor volgens tabellen A.6, A.7 en A.8 van NEN 9997-1 in dit geval: 1,2 -

BEREKENING EN TOETSING REKENWAARDE NETTO DRAAGKRACHT



Voor de uiterste grenstoestand (UGT) geldt volgens art. 2.4.7.3.1(1) van NEN 9997-1 dat de rekenwaarde van de belasting E_d kleiner/gelijk moet zijn aan de rekenwaarde van de weerstand R_d :

$$E_d \leq R_d.$$

Uitgegaan wordt van een verticale belasting, d.w.z. $E_d = V_d$.

Voor de uiterste grenstoestand type B kan het zakkingscriterium dat in art. 2.4.9(a) is gegeven, worden vervangen door:

$$V_d + F_{nk;d} \leq R_{c;d}$$

waarin:

in dit geval:

V_d	=	rekenwaarde van de belasting in kN		
$F_{nk;d}$	=	rekenwaarde van de negatieve kleefbelasting	56	kN
$R_{c;d}$	=	rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal	1182	kN

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

Bovenstaande formule kan worden bewerkt tot de volgende voorwaarde:

$$V_d \leq R_{net;d}$$

waarin:

in dit geval:

$R_{net;d}$	=	$R_{c;d} - F_{nk;d}$		
	=	de rekenwaarde van de netto draagkracht van de paal, rekening houdend met de negatieve kleefbelasting	1126	kN

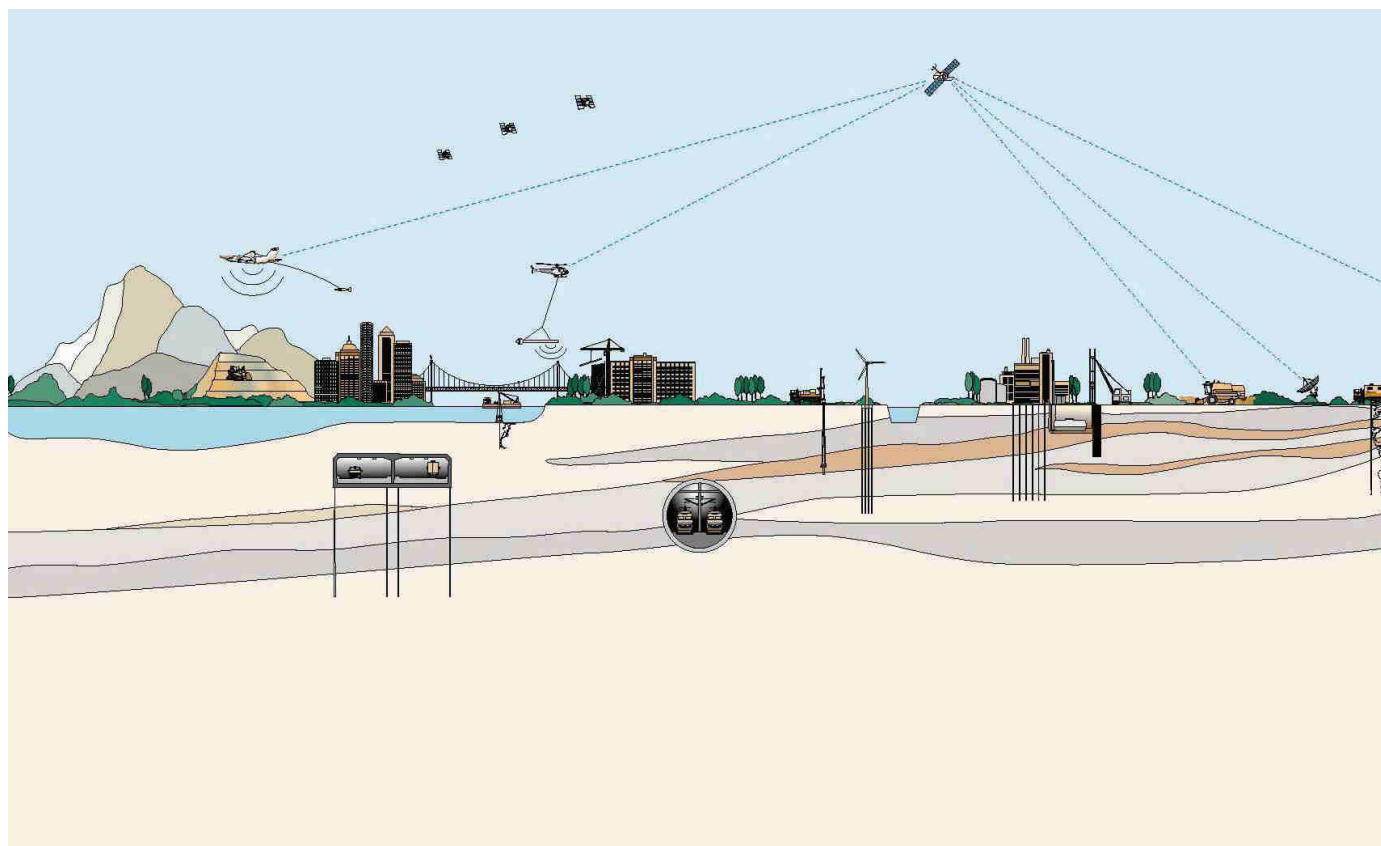
Indien aan de bovenstaande voorwaarde wordt voldaan, dan bezwijkt de grond rondom de paal niet. De vervormingen van de paalkop zullen hierbij ook beperkt zijn.



Briefrapport
betreffende

**DAMWANDADVIES
PROVINCIAAL OPSLAGTERREIN
TE RIJNSATERWOUDE**

Opdrachtnummer: 4012-0829-011





Briefrapport
betreffende

**DAMWANDADVIES
PROVINCIAAL OPSLAGTERREIN
TE RIJNSATERWOUDE**

Opdrachtnummer: 4012-0829-011

FUGRO GEOSERVICES B.V.
Geo-Advies West-Nederland



Zekeringstraat 41a
Postbus 20655
1001 NR Amsterdam
tel.: 020-6510800
fax: 020-6916769

Provincie Zuid-Holland
Dienst beheer infrastructuur
Postbus 90602
2509 LP Den Haag
t.a.v. art 5 1-2e

Onze ref: 4012-0829-011.R01/MJP

Amsterdam, 26 juni 2013

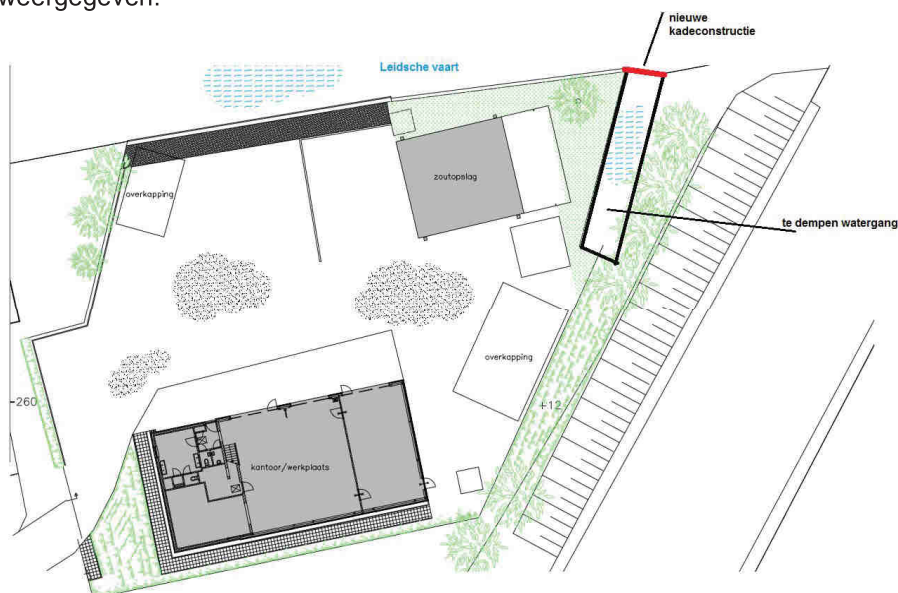
Betreft: Damwandadvies Provinciaal opslagterrein te Rijsaterwoude

Geachte art 5 1-2e

Op 23 april 2013 ontving Fugro GeoServices B.V. te Amsterdam van de Provincie Zuid-Holland, de opdracht voor het uitvoeren van een controleberekening voor een nieuw aan te brengen damwandconstructie langs het provinciaal opslagterrein te Rijsaterwoude.

Op het opslagterrein van de Provincie Zuid-Holland zal de bestaande kadeconstructie aan de noordzijde van de projectlocatie worden verlengd. Tevens zal de achterliggende insteek watergang met zand worden gedempt. Ten behoeve van de dimensionering van de nieuwe kadebescherming is een damwandberekening gemaakt.

In onderstaande schets is de locatie van de nieuwe damwand en de te dempen watergang weergegeven.



Figuur 1: locatie nieuwe damwand en te dempen watergang.



Damwandanalyse

Ten behoeve van de damwandberekeningen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

Berekeningsmethode

De damwandberekeningen zijn uitgevoerd conform de norm geotechniek NEN 9997-1, waarbij onderscheid is gemaakt in de uiterste grenstoestanden (UGT en UGT type B, berekeningen 1 t/m 4 volgens tabel 9.d van NEN 9997-1) en de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT, berekening 5 volgens tabel 9.d van NEN 9997-1). Daarnaast is gebruik gemaakt van CUR-publicatie 166.

Voor de dimensionering van de damwand zijn berekeningen uitgevoerd met het computerprogramma DSHEETPILING. Dit is een ééndimensionaal eindig elementenprogramma voor de berekening van momenten, dwarskrachten en verplaatsingen van een verticale grondkerende wand, al dan niet (meervoudig) verankerd. De druk van de grond op de constructie wordt in de berekening afhankelijk gesteld van de horizontale verplaatsing van de wand. Met het programma kan het effect van opeenvolgende bouwstadia worden onderzocht.

Veiligheidsklasse

De rekenwaarden voor de geotechnische parameters worden gevonden door deling van de karakteristieke waarden (X_k) door de partiële factoren uit tabel A.4b van NEN 9997-1. Bij de geometrische parameters wordt de rekenwaarde gevonden door toepassing van een additionele veiligheidsmarge, waarvoor een minimum geldt van Δ volgens tabel 9.a van NEN 9997-1.

Conform tabel B1 van NEN-EN 1990 is de constructie, gezien de aanzienlijke schade bij falen en het geringe persoonlijke veiligheidsrisico, ingedeeld in veiligheidsklasse RC1.

Bodemopbouw

Voor de damwandberekeningen zijn representatieve waarden voor de relevante grondparameters bepaald aan de hand van interpretatie van het beschikbare grond- en laboratoriumonderzoek, tabel 2.b uit NEN 9997-1, CUR-publicatie 166 en de in onze archieven beschikbare informatie. In tabel 1 zijn de in de berekeningen gehanteerde geotechnische parameters gegeven. Als maatgevende sondering is sondering 4012-0829-010-DKM4 gehanteerd.

Tabel 1: Bodemopbouw en –parameters

bovenkant laag [m NAP]	grondlaag	$\gamma/\gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	δ [°]	horizontale beddingconstante [kN/m ³]		
						$k_{h,1}$	$k_{h,2}$	$k_{h,3}$
0,0	Zand, toplaag	18/20	0	30	20	12.000	6.000	3.000
-1,75*	Veen	11/11	3	15	-	1.000	500	250
-2,5	Klei, humeus	13/13	2	17,5	11,7	1.300	650	375
-3,0	Veen	11/11	3	15	-	1.000	500	250
-5,0	Klei, siltig	16/16	2	22,5	15	1.600	800	400
-8,0	Klei, sterk siltig	15/15	2	22,5	15	2.000	1.000	500
-10,5	Veen	11/11	3	15	-	2.400	1.200	600
-11,0	Zand, vast gepakt	19/21	0	32,5	21,7	20.000	10.000	5.000

* inclusief ca. 0,5 m zakking



Onze ref.:4012-0829-011.R01/MJP

Amsterdam, 26 juni 2013

Blz. 3

Opmerkingen bij tabel 1:

- γ en γ_{sat} = volumiek gewicht; sat = verzadigd
- c' = effectieve cohesie
- φ' = effectieve hoek van inwendige wrijving
- δ = wandwrijvingshoek
- voor een berekening conform CUR Publicatie 166 kan een multi-lineaire veer karakteristiek worden gehanteerd, bestaande uit 3 tussentakken aangeduid met $k_{h,1}$ t/m $k_{h,3}$, waarin:
 $k_{h,1}$ t/m $k_{h,3}$ = lage waarde voor de horizontale beddingconstante van tak 1, 2 en 3

In de damwandberekeningen is uitgegaan van een freatische grondwaterstand van NAP -0,65 m.

Geometrie en bouwfasering

In de berekeningen is uitgegaan van 2 situaties:

- situatie 1: dempen watergang in combinatie met het toepassen van verticale drainage, minimaal ca. 6 maanden wachten, vervolgens aanbrengen damwanden.
- situatie 2: aanbrengen damwanden, dempen watergang zonder het toepassen van verticale drainage.

Voor beide situaties zijn we ervan uitgegaan dat door het dempen van de watergang enige zakking zal optreden. Bij slecht doorlatende grond als klei- en veen resulteert het aanbrengen van een ophoging tevens in het optreden van wateroverspanningen. Hiermee is in situatie 2 rekening gehouden. In de berekeningen is hiervoor een aanpassingspercentage in de klei- en veenlagen van 75 % aangehouden. Voor situatie 1 is in de berekeningen, door het aanbrengen van verticale drainage, geen rekening gehouden met wateroverspanningen.

Uit oriënterende berekeningen blijkt dat voor situatie 1 een vrijstaande damwand kan worden toegepast. Voor situatie 2 worden (bij het toepassen van lange en zware damwanden) de vervormingen dermate groot dat niet kan worden volstaan met een vrijstaande damwand. Zodoende is voor deze situatie uitgegaan van een verankerde damwand.

Voor de damwandberekeningen is de onderstaande geometrie aangehouden:

Maaiveld actieve zijde	: NAP 0,0 m;
Bodemniveau ¹⁾	: NAP -1,15 m op 0,0 m en NAP -2,65 m op 3,75 m uit de damwand.
Grondwaterstand actieve zijde	: NAP -0,65 m;
Open waterpeil	: NAP -0,65 m;
Bovenkant damwand	: NAP 0,0 m;
Hoogte verankering ²⁾	: NAP -0,25 m; (situatie 2)
Bovenbelasting	: 5 kN/m ² (tot 5,0 m uit de damwand)

¹⁾ : Voor de vaststelling hiervan is gebruik gemaakt van de leggerkaart oppervlaktewater blad 141 leggenummer 435-35, d.d. 13-6-2012. welke beschikbaar is gesteld door het Hoogheemraadschap van Rijnland. De gegevens zijn in de bijlagen van dit rapport opgenomen.

²⁾ : Het aanwezige anker is geschematiseerd als een verend steunpunt. In de berekening is voor het anker een veerstijfheid van 10.000 kN/m aangehouden.

In onderstaande figuren is de in D-Sheet piling ingevoerde geometrie voor beide situatie weergegeven.

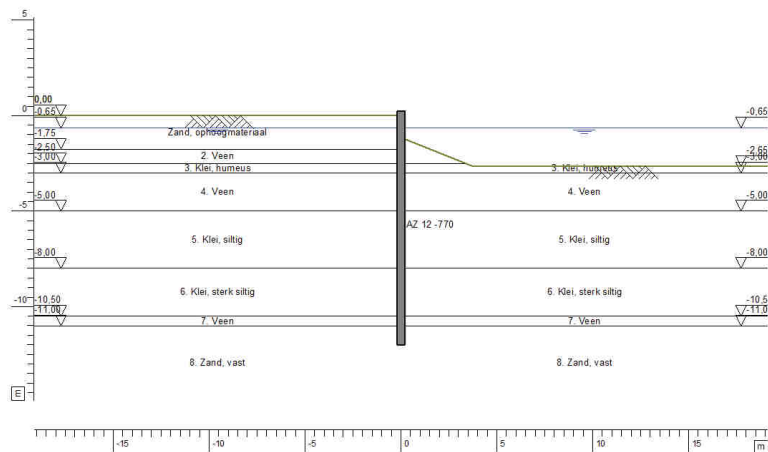


Onze ref.:4012-0829-011.R01/MJP

Amsterdam, 26 juni 2013

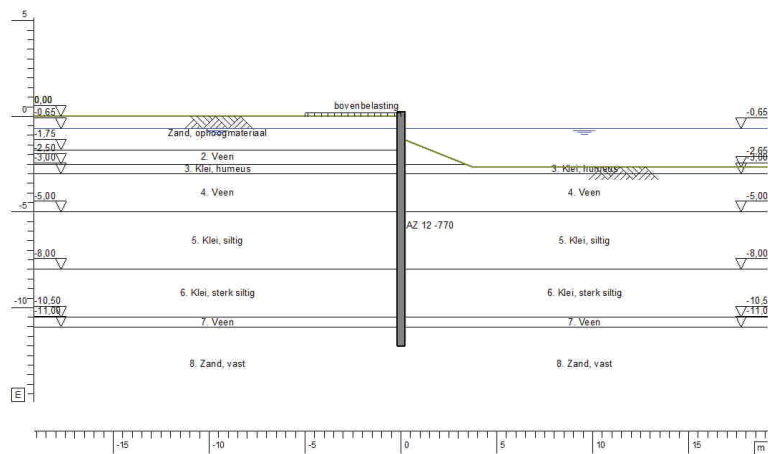
Blz. 4

Overzicht - Fase 1: dempen watergang + drainage, aanbrengen damwand



Figuur 2: Geometrie bouwphase 1, situatie 1; vrijstaande damwand

Overzicht - Fase 2: eindfase met bovenbelasting



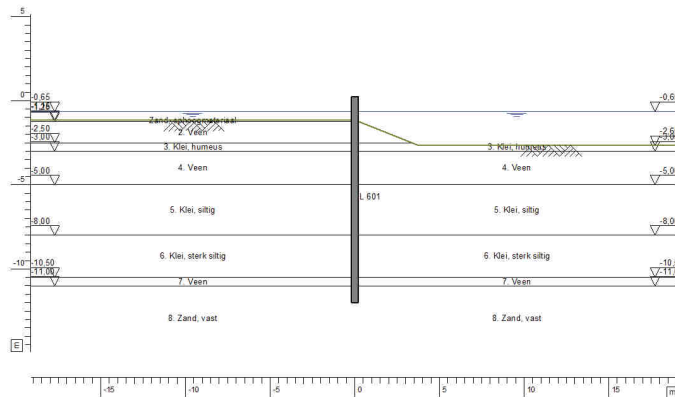
Figuur 3: Geometrie bouwphase 2, situatie 1; vrijstaande damwand



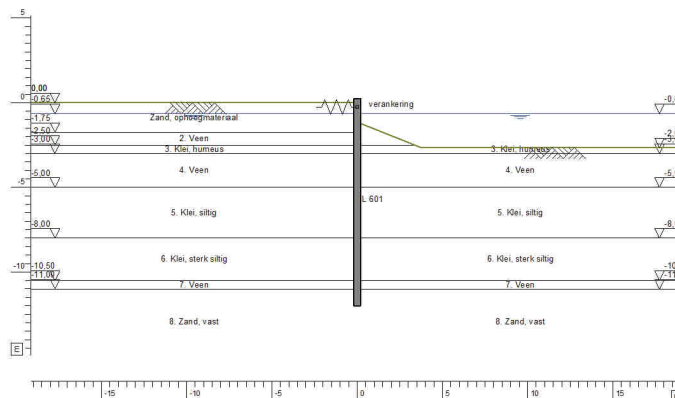
Onze ref.:4012-0829-011.R01/MJP

Amsterdam, 26 juni 2013

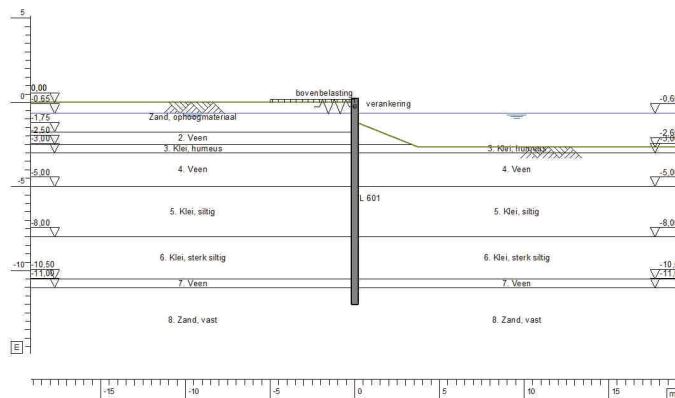
Blz. 5

Overzicht - Fase 1: bestaande situatie, aanbrengen ankers

Figuur 4: Geometrie bouwphase 1, situatie 2; verankerde damwand

Overzicht - Fase 2: dempen watgang

Figuur 5: Geometrie bouwphase 1, situatie 2; verankerde damwand

Overzicht - Fase 3: eindfase met bovenbelasting

Figuur 6: Geometrie bouwphase 1, situatie 2; verankerde damwand



Onze ref.:4012-0829-011.R01/MJP

Amsterdam, 26 juni 2013

Blz. 6

Resultaten

In tabel 2 zijn de berekeningresultaten voor de uiterste grenstoestand 1A en de bruikbaarheidstoestand 2 samengevat. In de tabel is voor de beschouwde doorsnede een damwandprofiel en geadviseerde inbeddingsdiepte opgenomen. Het profiel is bepaald op basis van het maximaal uitgeoefende buigend moment. De berekeningsresultaten van de uiterste grenstoestand (UGT) zijn maatgevend voor de sterkte van de damwand en de belastingen op de stempelconstructie. De resultaten van bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) zijn maatgevend voor de vervormingen van de damwandconstructie.

Tabel 2: Maatgevende rekenwaarden en uitgangspunten voor toetsing UGT en BGT

situatie	Profiel / onderzijde damw. [m – NAP]	Grens- toestand	Boven- belasting [kN/m ²]	Bouwfase	$M_{s,d}$ [kNm/m ¹]	u_{max} [mm]	$P_{h,d}$ [kN/m ¹]
1 Vrijstaande damwand	AZ12-770* NAP -12,0 m	UGT	-	1	114	n.v.t.	-
		BGT			39	43	
		UGT	5	2	171	n.v.t.	
		BGT			67	80	
1 Verankerde damwand	L601* NAP -12,0 m	UGT	-	2	87	n.v.t.	38
		BGT			59	22	25
		UGT	5	3	96	n.v.t.	45
		BGT			64	25	30

* geen rekening is gehouden met corrosie

Toelichting:

$M_{s,d}$: Maximaal veldmoment.

$P_{h,d}$: Maximale ankerkracht.

u_{max} : Maximaal berekende uitbuiging; de in de BGT berekende uitbuiging geeft een indicatie omtrent de werkelijk te verwachten vervorming

Een grafische weergave van bovenstaande tabellen is in de bijlagen gepresenteerd.

Voor de damwanden geldt, rekening houdend met "scheve buiging": $M_{s,d} \leq M_{r,d}$

Damwandtype AZ12-770 $M_{r,d} = \beta_B \times W_{el} \times f_{y,d} = 1,0 \times 1.245 \times 240 = 299 \text{ kNm/m}^1$
(standaard staalkwaliteit S240).

Damwandtype L601 $M_{r,d} = \beta_B \times W_{el} \times f_{y,d} = 0,85 \times 745 \times 240 = 152 \text{ kNm/m}^1$
(standaard staalkwaliteit S240).

De voorgestelde damwandprofielen voldoen gezien de rekenwaarden van de buigende momenten op sterkte.

Voor de dimensionering van de ankers is een additionele belastingfactor op de geotechnische rekenwaarde van de ankerkracht van toepassing. Deze factor bedraagt $\gamma_{var} = 1,25$ voor ankers. Het ontwerp hiervan zal door de bouwputaannemer nader worden uitgewerkt.



Onze ref.:4012-0829-011.R01/MJP

Amsterdam, 26 juni 2013

Blz. 7

Deformatie

De grootte van de uitbuigingen hangt af van wel of geen bovenbelasting en wel of geen anker. Uitgaande van een vrijstaande stalen damwand AZ12-770 zonder bovenbelasting bedraagt de maximale uitbuiging ca. 43 mm en ca. 22 mm voor een verankerde damwand.

Er zijn geen eisen aan de vervorming geformuleerd. Rekening moet worden gehouden met maaiveldzakkingen. Aangezien het geen zichtlocatie betreft, lijkt deze horizontale vervorming acceptabel.

Indien een bovenbelasting van ca. 5 kN/m² tot 5 m uit de damwand aanwezig is zal bij het toepassen van een vrijstaande damwand de uitbuiging tot ca. 80 mm toenemen. Door de Provincie is aangegeven dat er in de praktijk geen sprake zal zijn van een bovenbelasting.

Opgemerkt wordt dat ook de kwaliteit van de steunberm aan de waterzijde van de damwand de vervorming hiervan beïnvloedt. Op basis van de resultaten van de sonderingen is uitgegaan van een steunberm die voornamelijk uit veen bestaat en daardoor weinig aan de stabiliteit van de damwand bijdraagt. Indien de steunberm uit bijvoorbeeld zand bestaat zal de doorbuiging van de damwand eveneens verminderen.

Indien de steunberm in zijn geheel ontbreekt, zullen de verplaatsingen verder toenemen. Ter verificatie van de berekeningen wordt aanbevolen om een dwarsprofiel ter plaatse van de watergang en de toekomstige damwand vanuit een boot te laten inmeten (inclusief uitzetten en waterpassen van de onderzoekslocatie ten opzichte van NAP). Deze werkzaamheden kunnen desgewenst door Fugro GeoServices worden uitgevoerd.

Uitvoeringsaspecten

De wijze waarop de damwandplanken kunnen worden aangebracht en eventueel verwijderd is sterk afhankelijk van de bodemopbouw, de kwaliteit van de belendende objecten en de wijze waarop deze zijn gefundeerd, de aanwezigheid van kabels en leidingen en de bereikbaarheid van de locatie voor bouw materieel. De mogelijkheid om planken schadevrij in de grond te brengen is globaal getoetst aan de richtlijnen van NVAf (*Schadevrij installeren van stalen damwand in Nederland*) opgenomen in bijlage B van CUR-publicatie 166 Deel 1. Verder wordt verwezen naar NEN-EN 12063, de Europese norm voor de uitvoering van damwanden.

De damwandplanken kunnen trillend worden ingebracht, bij voorkeur met een hoog frequent trilblok voorzien van een variabel instelbaar moment. Toepassing van een variabel moment op het trilblok reduceert in aanzienlijke mate de laag frequente trillingen die opgewekt worden door het opstarten en afslaan van het trilblok. Genoemde trillingen zijn in de regel veruit maatgevend, indien geen variabel moment wordt toegepast. Dit systeem mag daarom als relatief trillingsarm worden omschreven.

Dempen watergang

De watergang dient bij voorkeur zodanig te worden gedempt dat de homogene situatie van vóór het graven van de sloot zoveel mogelijk wordt hersteld. Afhankelijk van de bodemgesteldheid ter plaatse kan het dempen worden uitgevoerd met zand of droge grond.

Door de sloot met droge grond te dempen wordt bereikt dat de bodemgesteldheid ter plaatse van de sloot zo min mogelijk afwijkt van de rest van het terrein. Bij een uitvoering met kleihoudende grond dient de sloot drooggezet te worden. vervolgens dienen brokken droge kleihoudende grond aangebracht te worden. tussen de brokken droge grond dient het slib te



Onze ref.:4012-0829-011.R01/MJP

Amsterdam, 26 juni 2013

Blz. 8

worden opgesloten. Deze grond dient met de bak of rupsen van een grondverzetmachine te worden verdicht. Overwogen kan worden vrijkomende grond hiervoor te gebruiken.

Wordt de sloot gedempt met zand dan dient dit sproeiend te worden aangebracht. Slib op de slootbodem wordt hierbij opgesloten, zodat het risico voor zijdelings wegpersen zoveel mogelijk wordt beperkt. Indien verticale drainage wordt toegepast, dan dient ter voorkoming van kortsluiting minimaal 1 m boven het pleistocene zandpakket te worden geïnstalleerd.

Verder dient opgemerkt te worden, dat voor een aanvulling met kleigrond geen afwijkende zettingen zijn te verwachten. Bij een aanvulling met zand kunnen geringe zettingsverschillen met de omgeving optreden.



Onze ref.:4012-0829-011.R01/MJP

Amsterdam, 26 juni 2013

Blz. 9

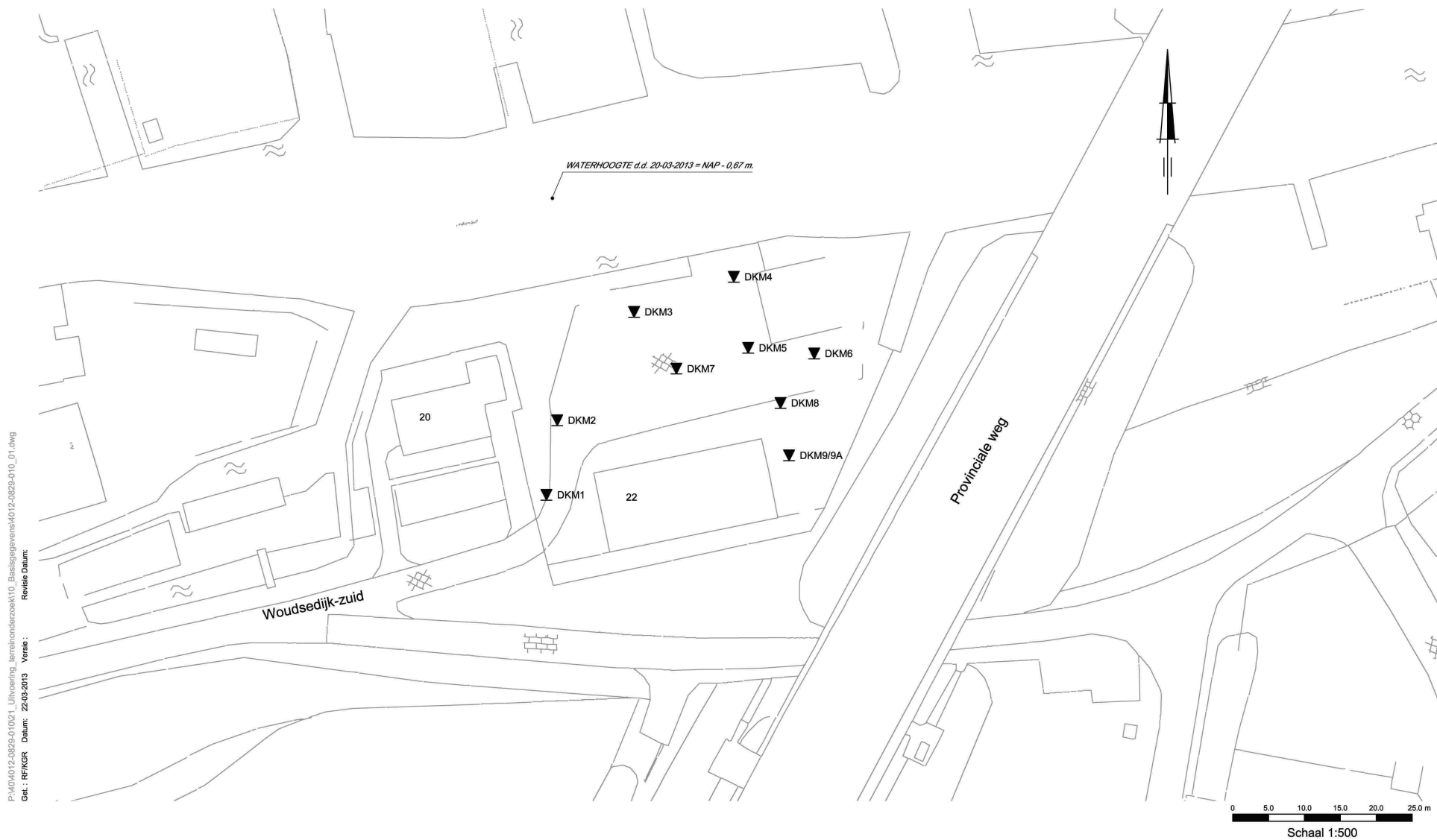
Wij vertrouwen erop u hierbij voldoende te hebben geïnformeerd.

Met vriendelijke groet,
Fugro GeoServices B.V.

art 5 1-2e

Hoofd Geo-Advies Noord-West Nederland

Bijlagen :	-	Situatietekening	1
	-	"Legenda Terreinproeven en Grondsoorten"	
	-	"Continu Elektrisch Sonderen"	
	-	Sondeergrafiek	DKM4
	-	leggerkaart oppervlaktewater Hoogheemraadschap van Rijnland	2
	-	Resultaten damwandberekeningen	3.1 en 3.2



SITUATIE

PROVINCIAAL OPSLAGTERREIN TE RIJNSATERWOUDE

Opdr. : 4012-0829-010

Bijl. : 1



LEGENDA TERREINPROEVEN EN GRONDSOORTEN

BORINGEN / PEILBUIZEN

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

SONDERINGEN

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

Type sonderingen

M	middelzware sondering
D	diepsondering
DZ	diepzware sondering
S	slagsondering

Toegevoegde metingen

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

LEGENDA / TERMINOLOGIE

grind

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

zand

	Zand, kleiig
	Zand, zwak siltig
	Zand, matig siltig
	Zand, sterk siltig
	Zand, uiterst siltig

veen

	Veen, mineraalarm
	Veen, zwak kleiig
	Veen, sterk kleiig
	Veen, zwak zandig
	Veen, sterk zandig

klei

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

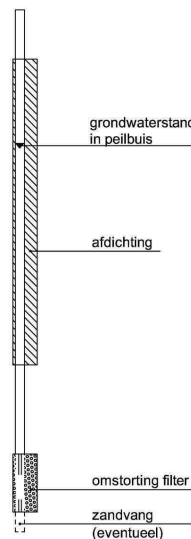
leem

	Leem, zwak zandig
	Leem, sterk zandig

Overige toevoegingen

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

Peilbuis



Monsters

	geroerd monster
	ongeroerd monster

Overig

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



CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

Meettechniek

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

Bij het uitvoeren van een sondering conform *NEN-EN-ISO 22476-1:2012/C1:2013* wordt de puntweerstand gemeten, die moet worden overwonnen om een conus met een tophoek van 60° en een basisoppervlak van 1000 mm^2 met een constante snelheid van ca 20 mm/s in de bodem te drukken. Voor de meting van de wrijvingsweerstand is een mantel met een oppervlak van 15000 mm^2 boven de punt aangebracht. De druk op de conuspunt (conusweerstand in MPa) en de wrijving langs de kleefmantel (plaatselijke wrijvingsweerstand in MPa) worden door rekstroken in de conus continu digitaal gemeten. Volgens *NEN-EN-ISO 22476-1* mag het basisoppervlak van de conus tussen 500 en 2000 mm^2 variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten moeten worden toegepast. Fugro sonderingen worden standaard uitgevoerd met een sondeerconus met een basisoppervlak van 1500 mm^2 en een manteloppervlak van 20000 mm^2 .

Veelal wordt gebruik gemaakt van een conus met een korter cilindrisch deel boven de conuspunt dan in *NEN-EN-ISO 22476-1* vermelde 400 mm voor een standaard conus. Het cilindrische deel vanaf de conuspunt van de standaard door Fugro gebruikte conussen een lengte heeft van 230 mm in plaats van de genormeerde lengte. Onderzoek¹⁾ heeft aangetoond, dat de invloed van de lengte van deze conus op het sondeerresultaat verwaarloosbaar is, terwijl met een kortere conus met minder risico een grotere sondeerdiepte kan worden bereikt.

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

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

Interpretatie van de sonderingen met plaatselijke wrijvingsweerstand

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

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

grondsoort	wrijvingsgetal 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 ingangsparameters.

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

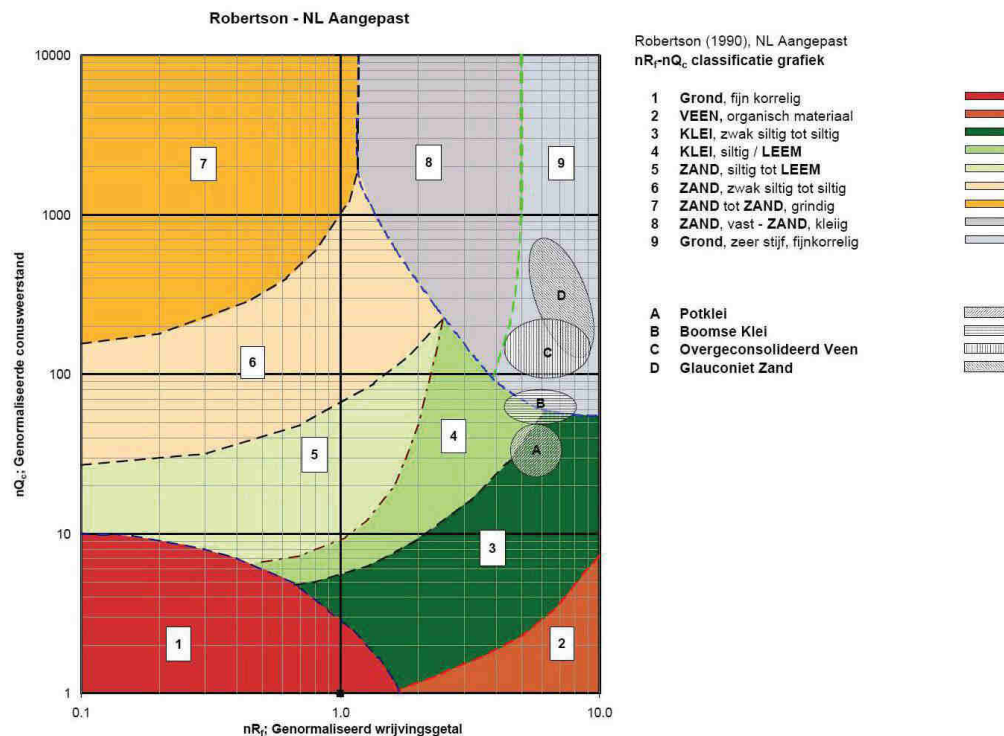
Genormaliseerde conusweerstand:
$$nQ_c = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$

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

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

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

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

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

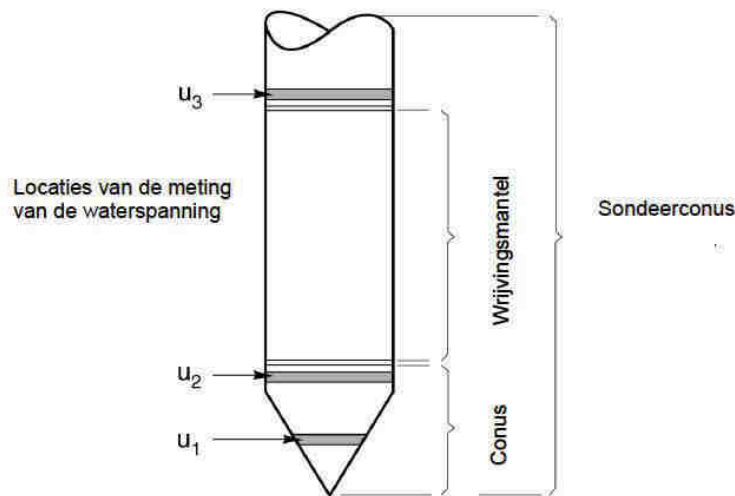
metingen uit te voeren. In onderstaand schema zijn enkele mogelijkheden aangegeven. Indien gewenst kan nadere informatie over metingen en toepassingsmogelijkheden worden verschaft.

Waterspanningssonderingen

Naast registratie van conusweerstand en plaatselijke wrijvingsweerstand wordt bij een groot deel van de sonderingen waterspanning geregistreerd. Een waterspanningsconus 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. 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.



CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN



Figuur 1 Principe piëzo-conus

Uitvoeringswijze

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

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

Interpretatie

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

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

Bij de interpretatie speelt met name de wateroverspanning een rol, dat wil zeggen de verhoging van de waterspanning die door het indrukken van de conus ontstaan is.

Dunne cohesieve laagjes in een zandpakket en dunne zandlaagjes in een kleipakket, die in de conusweerstand en de plaatselijke wrijvingsweerstand door uitmiddeling niet of slecht zichtbaar zijn, kunnen goed worden gedetecteerd aan de hand van de water(over)spanningen, die door het sonderen ontstaan. Deze laagjes kunnen van groot belang zijn voor het zettingsgedrag van funderingen en voor de verticale (on)doorlatendheid van de grond.

Verder kunnen met de piëzo-conus, met name via de u_1 -meting, sterk gelaagde structuren van zand en klei onderscheiden worden van homogene lagen hetgeen op basis van conusweerstand en plaatselijke



CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

wrijving in de meeste gevallen niet lukt. Aangetoond is dat het detectievermogen van de u_1 -meting veel hoger is dan van de u_2 -meting.

Wateroverspanningindex B_q

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

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

waarin:

- β = factor voor de verschillende grondsoorten voor omrekening van u_1 naar u_2 ; standaard wordt hiervoor aangehouden 0,8, zijnde normaal geconsolideerde kleien (zie hierna volgende tabel);
- q_{net} = $q_t - \sigma_{v0}$ = netto conusweerstand;
- q_t = $q_c + (1-a) \cdot \{\beta \cdot (u_1 - u_0) + u_0\}$ voor een filter in de conuspunt;
- = $q_c + (1-a) \cdot u_2$ 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 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.



CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

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	35 kPa of 5 %	20 mm	A	G, H
		Mantel wr jving	5 kPa of 10 %			
		Waterspanning	10kPa of 2 %			
		Helling	2°			
		Sondeerlengte	0,1 m of 1 %			
2	TE1 TE2	Conus weerstand	100 kPa of 5 %	20 mm	A B C D	G, H* G, H G, H G, H
		Mantel wr jving	15 kPa of 15 %			
		Waterspanning	25 kPa of 3 %			
		Helling	2°			
		Sondeerlengte	0,1 m of 1 %			
3	TE1 TE2	Conus weerstand	200 kPa of 5 %	50 mm	A B C D	G G, H* G, H G, H
		Mantel wr jving	25 kPa of 15 %			
		Waterspanning ^d	50 kPa of 5 %			
		Helling	5°			
		Sondeerlengte	0,2 m of 2 %			
4	TE1	Conus weerstand	500 kPa of 5 %	50 mm	A B C D	G* G* G* G*
		Mantel wr jving	50 kPa of 20 %			
		Sondeerlengte	0,2 m of 1 %			

NOOT 1 Richtlijnen voor gebruik van Tabel 2 zijn gegeven in bijlage F.

NOOT 2 Voor uiterst slappe gronden maken soms nog hogere nauwkeurigheden noodzakelijk.

^a De toegestane minimum nauwkeurigheid van de gemeten parameters is de grootste van de twee genoemde. De relatieve nauwkeurigheid geldt voor de gemeten waarde en niet voor het meetbereik.

^b Volgens ISO 14688-2:

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

- ^c
- G vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een laag niveau van onzekerheid
 - G* indicatieve vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een hoog niveau van onzekerheid
 - H interpretatie met betrekking tot ontwerp met een laag niveau van onzekerheid
 - H* interpretatie met betrekking tot ontwerp met een hoog niveau van onzekerheid

^d Waterspanning kan alleen worden gemeten als TE2 wordt toegepast.

Voor projecten, waarbij parameters op basis van Tabel 2.b NEN 9997-1 worden afgeleid, is een hoge nauwkeurigheidsklasse gewenst. Het is echter in een bodemgesteldheid met zowel zeer slappe grondlagen als zeer vaste zandlagen met hoge conusweerstand onmogelijk om aan de eisen van toepassing klasse 1 voldoen zoals ook blijkt uit de bovenstaande tabel. Het bij Fugro gehanteerde



CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

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 tenminste in toepassingsklasse 3 vallen en voor een groot deel binnen klasse 2. 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. Toepassingsklasse 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.

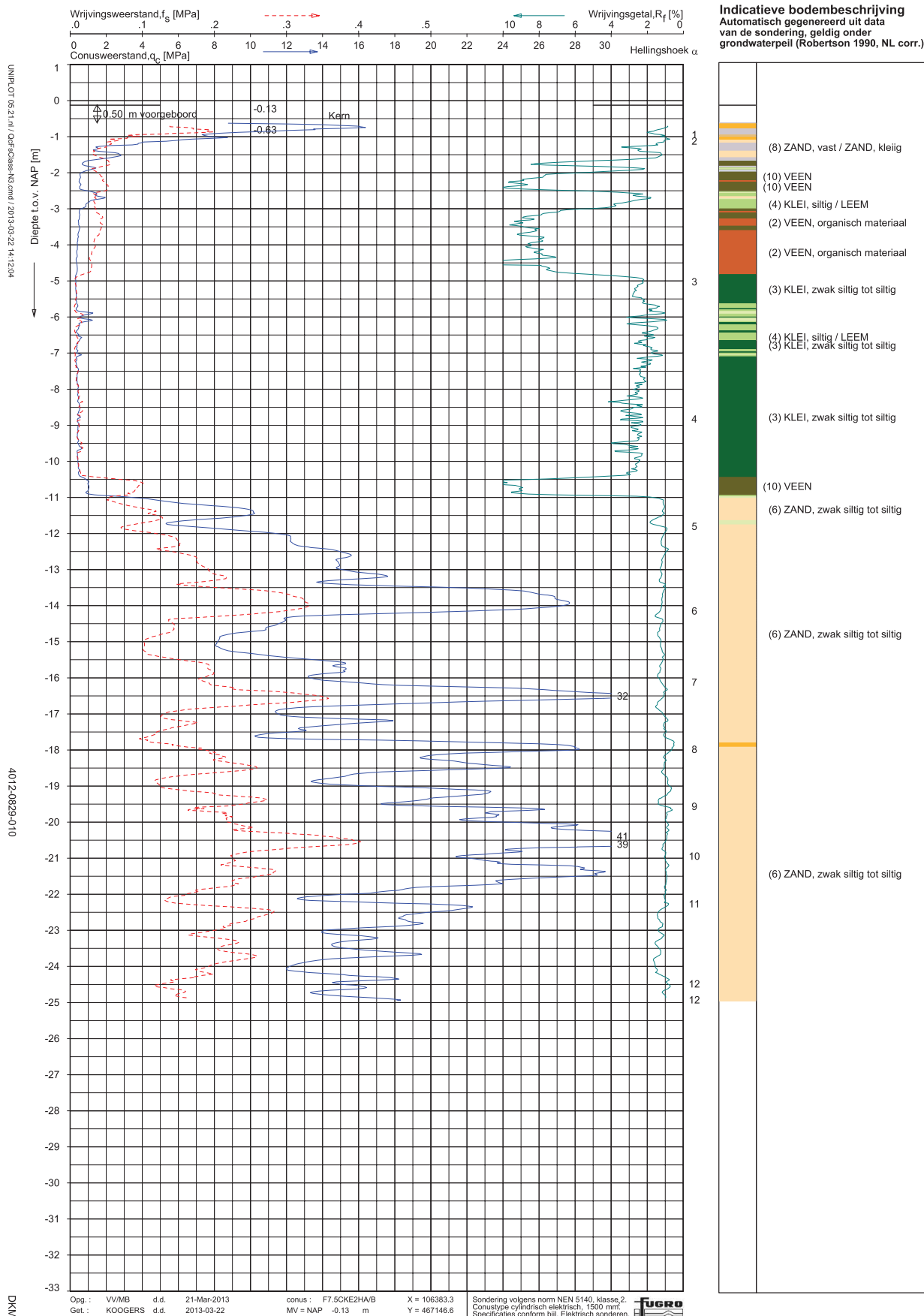
In de praktijk komt het af en toe voor dat sonderingen worden uitgevoerd, waarbij door de opdrachtgever is aangegeven dat de maaiveldhoogte niet ten opzichte van een vast referentiepeil (NAP) hoeft te worden vastgelegd. Deze sonderingen voldoen derhalve op dit punt niet aan **EN-ISO 22476-1**.

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
	Plaatsel jke wrijvingsweerstand	0,01 MPa of 10%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 1 %	
2	Conusweerstand	0,25 MPa of 5%	50 mm
	Plaatsel jke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 15%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
3	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatsel jke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Helling	5°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
4	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatsel jke 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.			

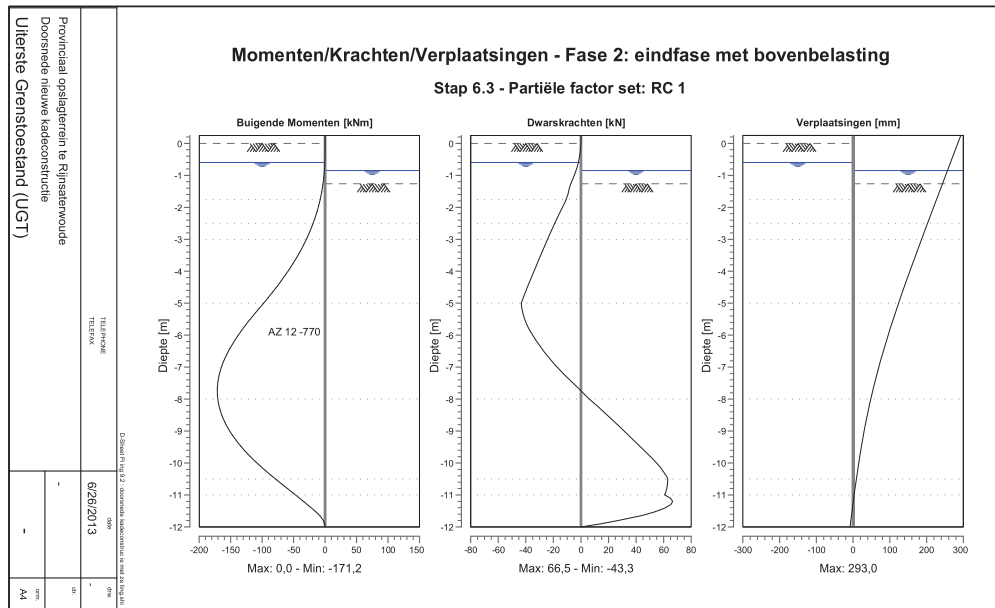
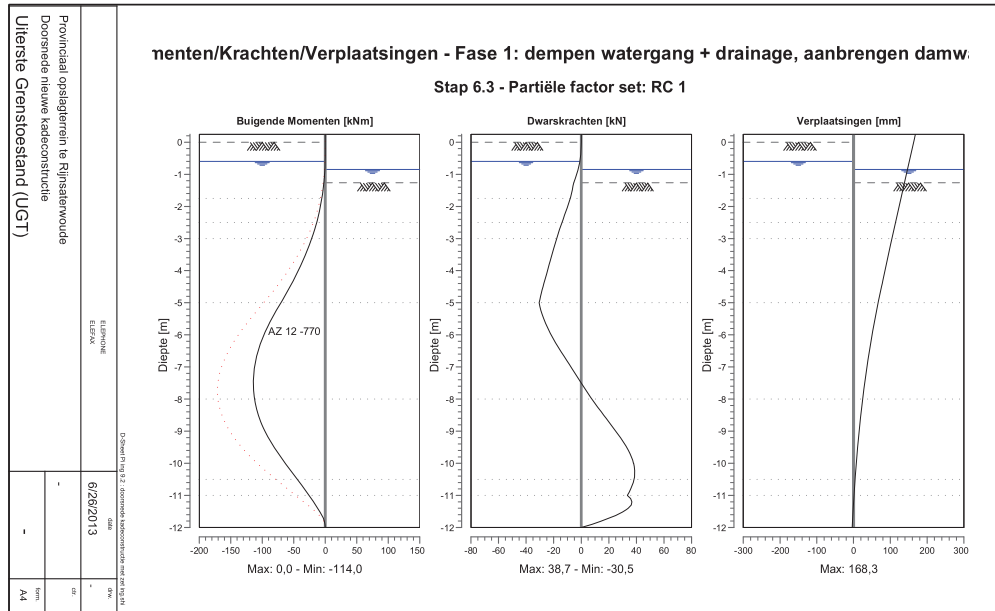
Vergelijking van de gespecificeerde nauwkeurigheden van de NEN 5140 en NEN-EN-ISO 22476-1 laat zien dat de nauwkeurigheid van de meest in NL gehanteerde sondeerklasse 2 volgens NEN 5140 iets hoger ligt dan die van de toepassingklasse 3 volgens de ISO norm.



UNIPLOT 06.21.11 / Oefschied-NL.cmf / 2013-03-22 14:12:04

4012-0829-010

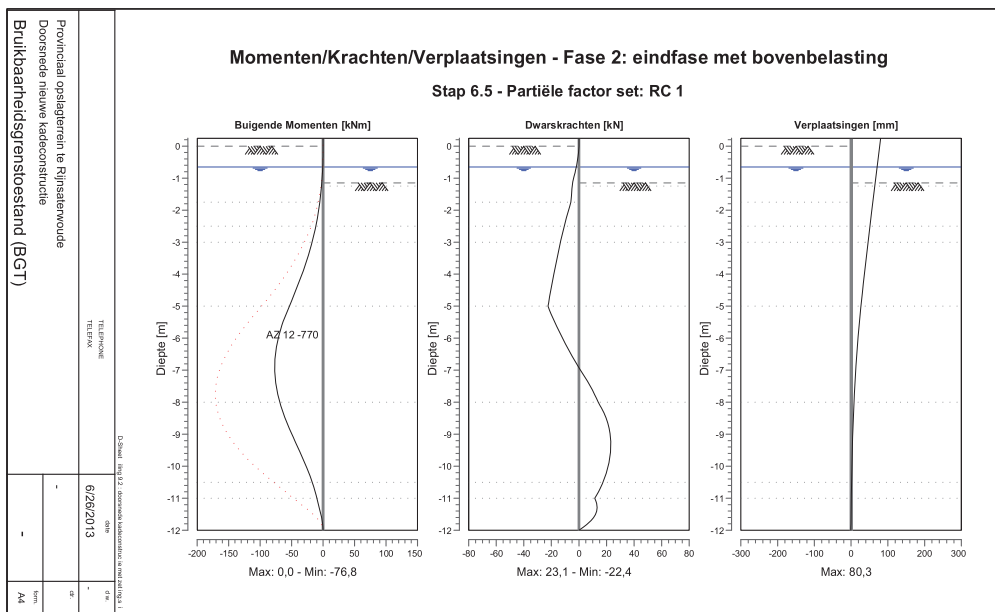
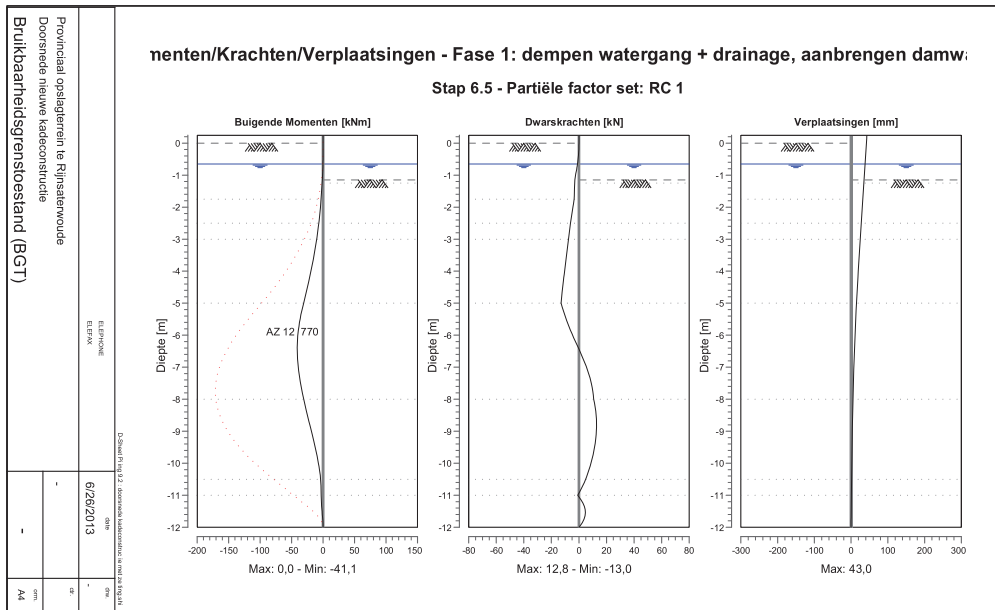
DKM4 - 1



INVOER EN RESULTATEN DSHEETPILING SITUATIE 1

DAMWANDANALYSE PROVENCIAAL OPSLAGTERREIN TE RIJNSATERWOUE

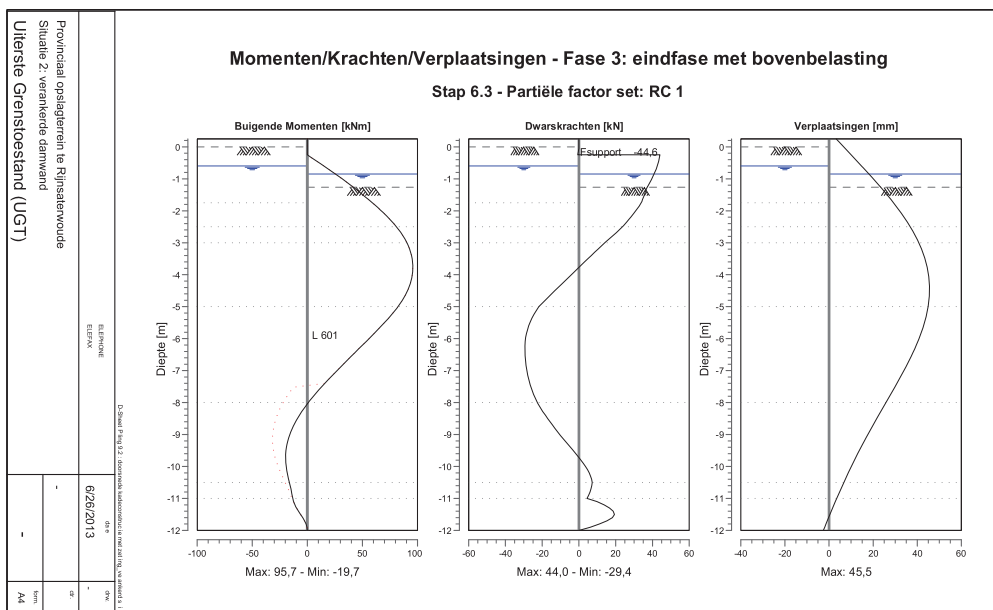
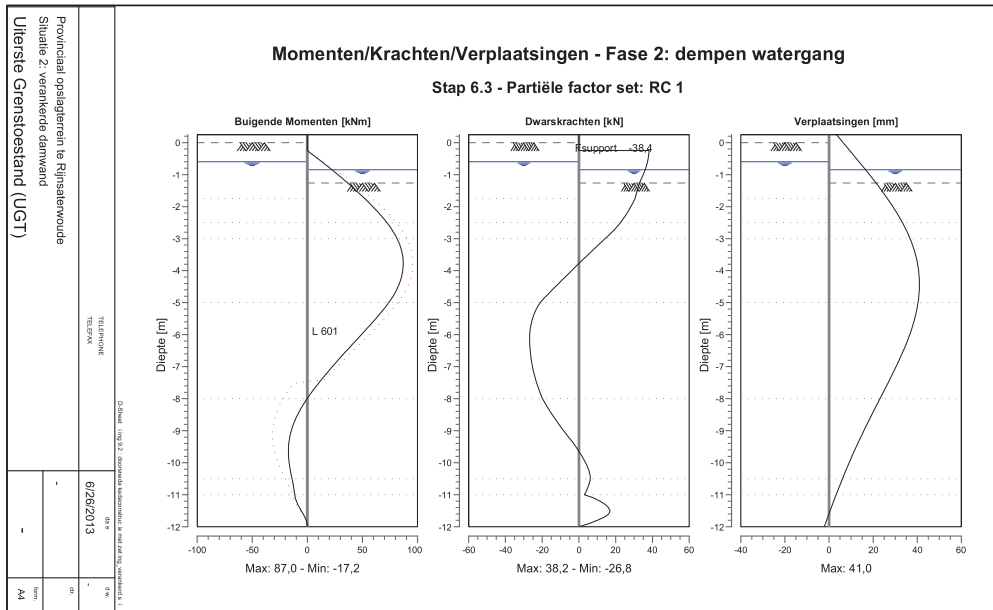
Opdr. : 4012-0829-011
Bijl. : 3.1



INVOER EN RESULTATEN DSHEETPILING SITUATIE 1

DAMWANDANALYSE PROVENCIAAL OPSLAGTERREIN
TE RIJSATERWOUDE

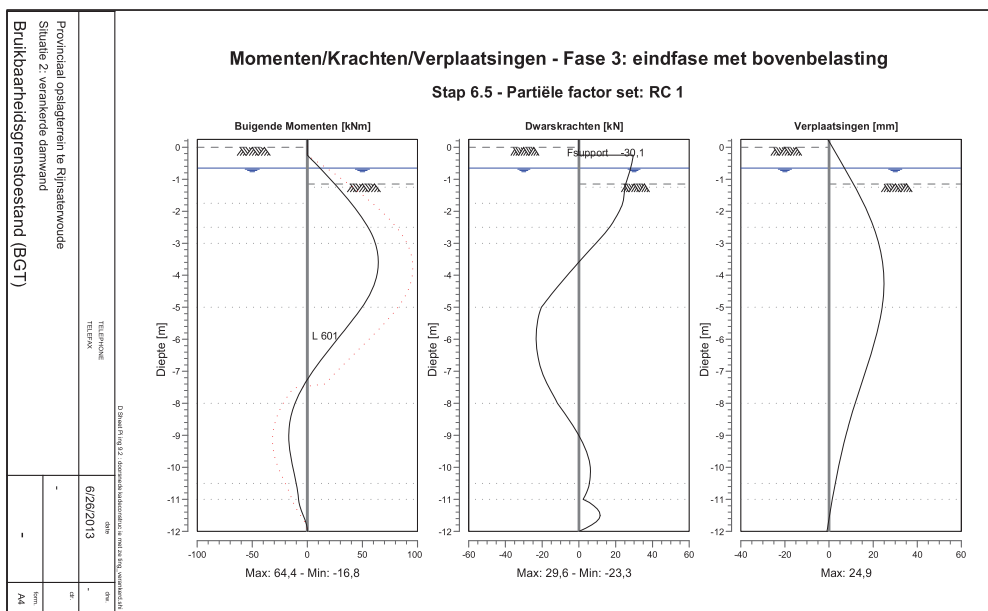
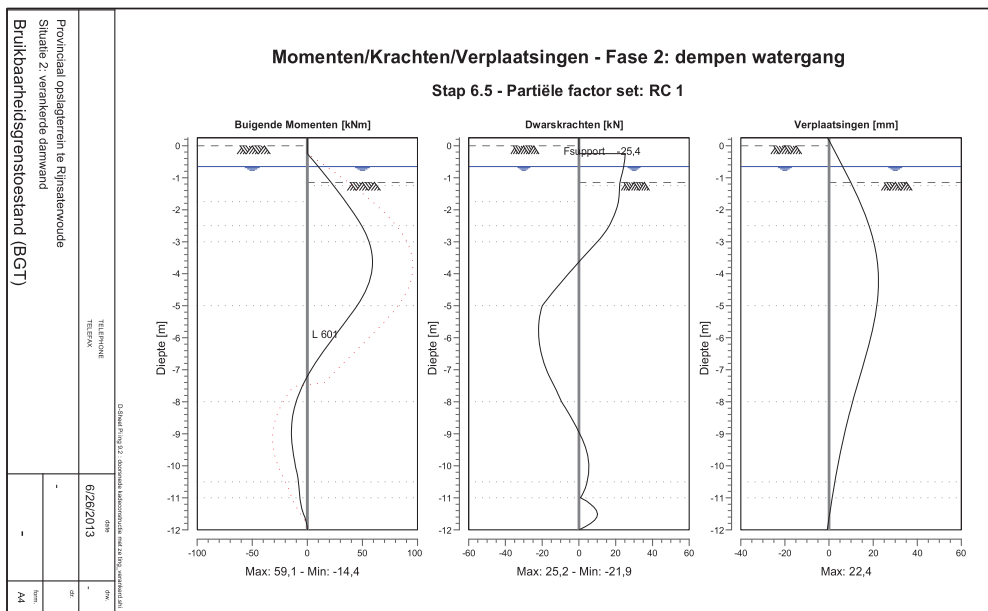
Opdr. : 4012-0829-011
Bijl. : 3.1



INVOER EN RESULTATEN DSHEETPILING SITUATIE 2

DAMWANDANALYSE PROVENCIAAL OPSLAGTERREIN
TE RIJNSATERWOUDE

Opdr. : 4012-0829-011
Bijl. : 3.2



INVOER EN RESULTATEN DSHEETPILING SITUATIE 2

DAMWANDANALYSE PROVENCIAAL OPSLAGTERREIN
TE RIJSATERWOUE

Opdr. : 4012-0829-011
Bijl. : 3.2

 VERHOEF funderingstechnieken	Reconstructie Steunpunt Rijnsaterwoude				
	code	bestek	datum	versie	status
	3384	-	29-03-14	2	definitief
Paalberekening Olivierpalen					

Rapportage

Paalberekening Olivierpalen

Project: Reconstructie Steunpunt Rijnsaterwoude

Projectcode: 3384

Hoofdaannemer: Nobel Bouwbedrijf BV
Italieweg 27
2411 NR BODEGRAVEN

Onderaannemer: Verhoef Funderingstechnieken BV
Burgemeester Sloblaan 47
4231 AA MEERKERK

Datum :	
Gec. door :	art 5 1-2e
Paraaf :	
Akkoord :	☒  ☐ Nee, Zie opmerkingen.
Faas & van Iterson INGENIEURSBUREAU Staal, beton en houtconstructies Wattsstraat 34 · Sassenheim T 0252 234 950 info@faasenvaniterson.nl www.faaenvaniterson.nl	

	Naam	Functie	Datum	Paraaf
Opgesteld	art 5 1-2e	art 5 1-2e	29-03-14	
Gecontroleerd			29-03-14	
Geautoriseerd				
Geaccepteerd				

 VERHOEF funderingstechnieken	Reconstructie Steunpunt Rijnsaterwoude				
	code	bestek	datum	versie	status
	3384	-	29-03-14	2	definitief
Paalberekening Olivierpalen					

1 ALGEMEEN

1.1 INLEIDING

Verhoef BV heeft opdracht gekregen voor het uitvoeren van de paalfundering tbv bovengenoemd project.

Er is door de opdrachtgever gekozen om grondverdringende boorpalen Olivier toe te passen.

In onderhavig rapport is de paalberekening voor deze palen terug te vinden.

1.3 COMPUTERPROGRAMMA'S

Voor de berekening van de draagkracht wordt gebruik gemaakt van Technosoft palen Verticaal versie 5.33a.

Voor de berekening van de paalwapening wordt gebruik gemaakt Technosoft Kolomwapening versie 5.25c.

1.4 MATERIALEN

In deze berekening worden de volgende materialen toegepast:

Onderdeel	Materiaal	Kwaliteit	Soortelijk gewicht kN/m3
Paal	Beton	C28/35	24,0
Wapening	Staal	500B	78,0

 VERHOEF funderingstechnieken	Reconstructie Steunpunt Rijsaterwoude				
	code	bestek	datum	versie	status
	3384	-	29-03-14	2	definitief
Paalberekening Olivierpalen					

2 DOCUMENTEN, TEKENINGEN, NORMEN EN UITGANGSPUNTEN

2.1 DOCUMENTEN

De volgende documenten zijn gebruikt bij het tot stand brengen van deze berekening:

- 4012-0829-010-R01+R02; Funderingsadvies, Sonderingen en bemalingsadvies; Fugro dd 02-05-13.

2.2 TEKENINGEN

De volgende tekeningen zijn gebruikt bij het tot stand brengen van deze berekening:

- W-01; Palenplan; Pieters; dd 07-03-14.

2.3 NORMEN

De volgende normen zijn gebruikt bij het tot stand brengen van deze berekening:

- NEN-EN 1992-1-1+C2; Eurocode 2: Ontwerp en berekening van Betonconstructies - Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen; november 2011;
- NEN-EN 1992-1-1+C2/NB; Nationale bijlage bij NEN-EN 1992-1-1+C2; november 2011;
- NEN-EN 1997-1; Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp - Deel 1: Algemene regels; november 2012;
- NEN 9997-1+C1; Geotechnisch Ontwerp van constructies - Deel 1: Algemene regels;
- NEN-EN 1536; Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk - Boorpalen;
- NEN-EN 12699; Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk - Verdringspalen.

2.4 UITGANGSPUNTEN

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- Peil= 0,25m- NAP;
- Werkniveau= MV= ca. 0,00 NAP;
- GWS minimaal 0,5m onder bouwputbodem;
- Paalafwijkingen groter dan 5cm worden door bovenliggende constructie opgenomen.

 VERHOEF funderingstechnieken	Reconstructie Steunpunt Rijnsaterwoude				
	code	bestek	datum	versie	status
	3384	-	29-03-14	2	definitief
Paalberekening Olivierpalen					

3 BEREKENING GEOTECHNISCH DRAAGVERMOGEN

3.1 PAALBEREKENING

In bijlage A is de draagkrachtberekening bijgevoegd. Deze is uitgevoerd met Technosoft
Een overzicht van de rekenwaarden van het netto draagvermogen op druk is hierin terug te vinden.
Hierbij is per sondering in stappen van 0,5m het draagvermogen bepaald.

3.2 PAALKEUZE

Op basis van de draagkrachtberekening is door de hoofdconstructeur voor de palen het paalpuntniveau vastgesteld.
Er worden Olivierpalen $\varnothing 360/560$ toegepast met een paalpuntniveau -14,50 NAP;

 VERHOEF funderingstechnieken	Reconstructie Steunpunt Rijnsaterwoude				
	code	bestek	datum	versie	status
	3384	-	29-03-14	2	definitief
Paalberekening Olivierpalen					

3 BEREKENING WAPENING

3.1 BELASTINGGEVAL A Olivier $\phi 360/560$ Druk= 550kN;

Belastingen

Drukbelasting	N'_{ed}	=	550,0 kN	maximale belasting
Trekbelasting	N_{ed}	=	0,0 kN	
Horizontaalbelasting	V_{ed}	=	0,0 kN	
Moment tgv horizontaalkracht	M_{hor}	=	0,0 kNm	$V_{ed} * 1,6 * d_{nom}$
Moment tgv paalafwijking	M_{ed}	=	27,5 kNm	$N'_{ed} * 0,05m$

Rekengrootheden

Betondruksterkte C28/35	f_{cd}	=	18,7 N/mm ²	
Nominale diameter paalkern	d_{nom}	=	360 mm	
Rekenwaarde diameter	d	=	340 mm	NEN-EN 1992-1-1+C2 art. 2.3.4.2
Oppervlakte beton	A_c	=	90.792 mm ²	
Staalkwaliteit	f_{yk}	=	435 N/mm ²	

Toegepaste wapening

Schachtwapening 4 $\phi 14$	$A_{s,prov}$	=	615 mm ²	over volledige lengte
Kopwapening	$A_{s,prov}$	=	0 mm ²	geen kopwapening

Controle betondrukspanning

Optredende betondrukspanning	σ'_b	=	6,1 N/mm ²	
Unity Check	σ'_b/f_{cd}	=	0,324	< 1,0 akkoord

Berekening schachtwapening

Staaloppervlak berekend	$A_{s,req}$	=	201 mm ²	zie voor berekening bijlage A: blad 1 t/m 3
Staaloppervlak toegepast	$A_{s,prov}$	=	615 mm ²	

Wapeningschets

In bijlage C is de wapeningsschets terug te vinden

 VERHOEF funderingstechnieken	Reconstructie Steunpunt Rijnsaterwoude				
	code	bestek	datum	versie	status
	3384	-	29-03-14	2	definitief
Paalberekening Olivierpalen					

3.2 BELASTINGGEVAL B Olivier ø360/560 Druk= 900kN; horizontaal= 35kN;

Belastingen

Drukbelasting	N'_{ed}	=	900,0 kN	maximale belasting
Trekbelasting	N_{ed}	=	0,0 kN	
Horizontaalbelasting	V_{ed}	=	35,0 kN	
Moment tgv horizontaalkracht	M_{hor}	=	20,2 kNm	
Moment tgv paalafwijking	M_{ed}	=	45,0 kNm	$N'_{ed} * 0,05m$ MAATGEVEND

Rekengrootheden

Betondruksterkte C28/35	f_{cd}	=	18,7 N/mm ²	
Nominale diameter paalkern	d_{nom}	=	360 mm	
Rekenwaarde diameter	d	=	340 mm	NEN-EN 1992-1-1+C2 art. 2.3.4.2
Oppervlakte beton	A_c	=	90.792 mm ²	
Staalkwaliteit	f_{yk}	=	435 N/mm ²	

Toegepaste wapening

Schachtwapening	4 ø14	$A_{s,prov}$	=	615 mm ²	over volledige lengte
Kopwapening		$A_{s,prov}$	=	0 mm ²	geen kopwapening

Controle betondrukspanning

Optredende betondrukspanning	σ'_b	=	9,9 N/mm ²	
Unity Check	σ'_b / f_{cd}	=	0,530	< 1,0 akkoord

Berekening trekwapening

Staaloppervlak benodigd	$A_{s,req}$	=	0 mm ²	N_{ed} / f_{yk}
Staaloppervlak toegepast	$A_{s,prov}$	=	615 mm ²	over volledige lengte

Berekening schachtwapening

Staaloppervlak berekend	$A_{s,req}$	=	207 mm ²	zie voor berekening bijlage A: blad 4 t/m 6
Staaloppervlak toegepast	$A_{s,prov}$	=	615 mm ²	

Wapeningschets

In bijlage C is de wapeningschets terug te vinden

Verhoef Funderingstechnieken BV

blad :1

TS/Palen Verticaal

Rel: 5.33a 25 mrt 2014

Project : Reconstructie Steunpunt Rijnaterwoude
 Onderdeel : Olivierpalen

ALGEMENE GEGEVENS

Project : Reconstructie Steunpunt Rijnaterwoude
 Onderdeel : Olivierpalen
 Datum : 25-03-2014
 Bestand : \\Server01\data\Project\ALG\3384 Reconstructie
 Steunpunt Rijnaterwoude\130
 Constructieberekeningen\Olivier.pvw

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Geotechniek	EN 1997-1:2004	AC:2009	
	NEN-EN 1997-1:2005	C1:2009	NB:2012
	NEN 9997-1:2011	C1:2012	

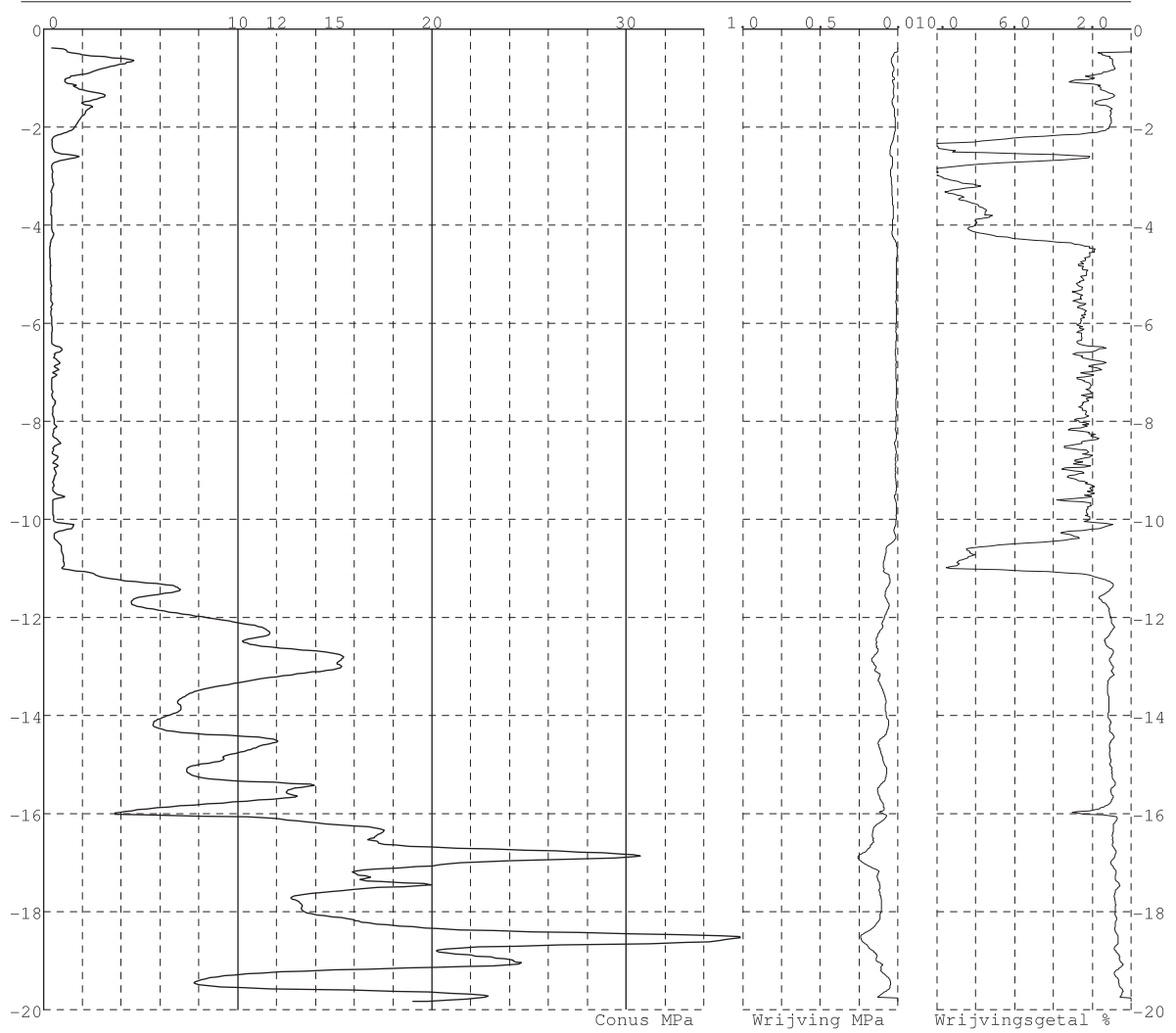
SONDERINGSGEGEVENS ALGEMEEN: DKM1

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Hoogte maaiveld [m] : 0.02 Bodemprofiel: DKM1
 Traject negatieve kleef : 0.02 tot -11.00 [m]
 Traject positieve kleef : -11.00 tot -19.43 [m]

Datum :	
Gec. door :	art 5 1-2e
Paraaf :	
Akkoord :	☒ Ja ☐ Nee, Zie opmerkingen.
Faas & van Iterson INGENIEURSBUREAU Staal, beton en houtconstructies Wattisstraat 34 Sassenheim T 0252 234 950 info@faasenvaniterson.nl www.faaasenvaniterson.nl	

Project : Reconstructie Steunpunt Rijnaterwoude
Onderdeel : Olivierpalen

SONDERINGSGEGEVENS GRAFIEK: DKM1

Project : Reconstructie Steunpunt Rijnaterwoude
 Onderdeel : Olivierpalen

SONDERINGSGEGEVENEN ALGEMEEN: DKM4

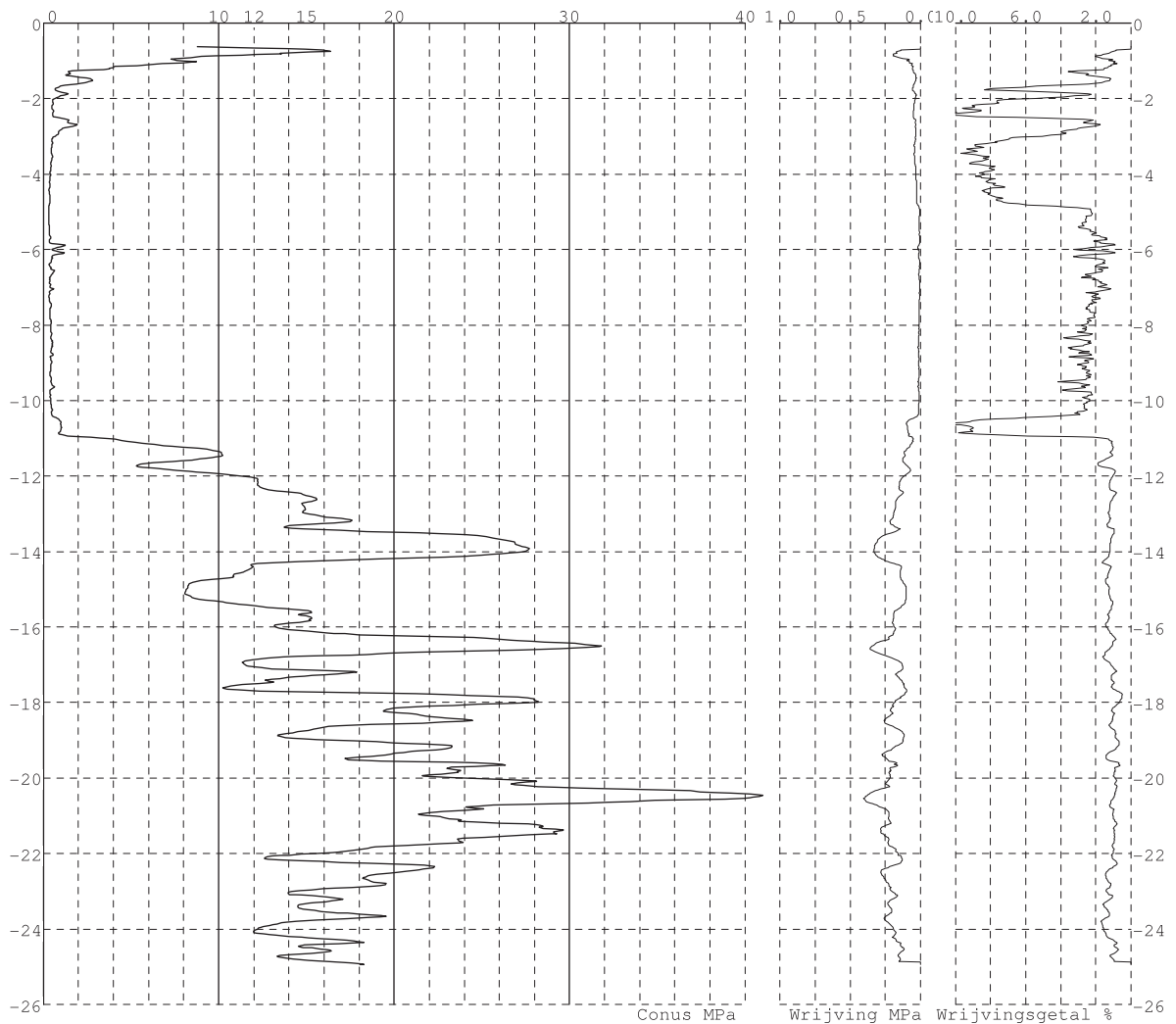
Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Hoogte maaiveld [m] : -0.13 Bodemprofiel: DKM4

Traject negatieve kleeft : -0.13 tot -11.00 [m]

Traject positieve kleeft : -11.00 tot -24.45 [m]

SONDERINGSGEGEVENEN GRAFIEK: DKM4



Project : Reconstructie Steunpunt Rijnaterwoude
 Onderdeel : Olivierpalen

SONDERINGSGEGEVENEN ALGEMEEN: DKM5

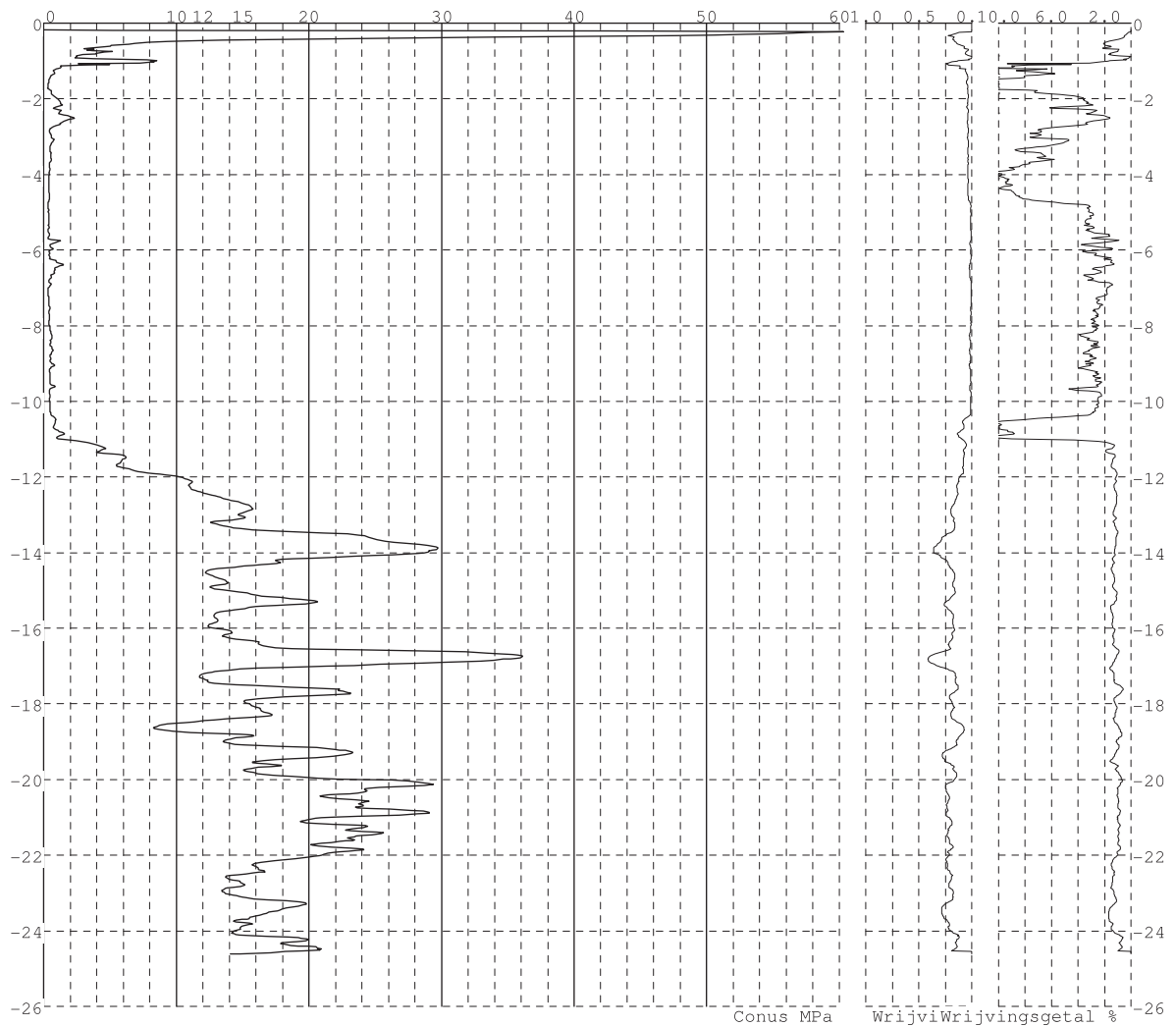
Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Hoogte maaiveld [m] : 0.03 Bodemprofiel: DKM5

Traject negatieve kleef : 0.03 tot -11.00 [m]

Traject positieve kleef : -11.00 tot -24.42 [m]

SONDERINGSGEGEVENEN GRAFIEK: DKM5



Project : Reconstructie Steunpunt Rijnaterwoude
 Onderdeel : Olivierpalen

SONDERINGSGEGEVENEN ALGEMEEN: DKM6

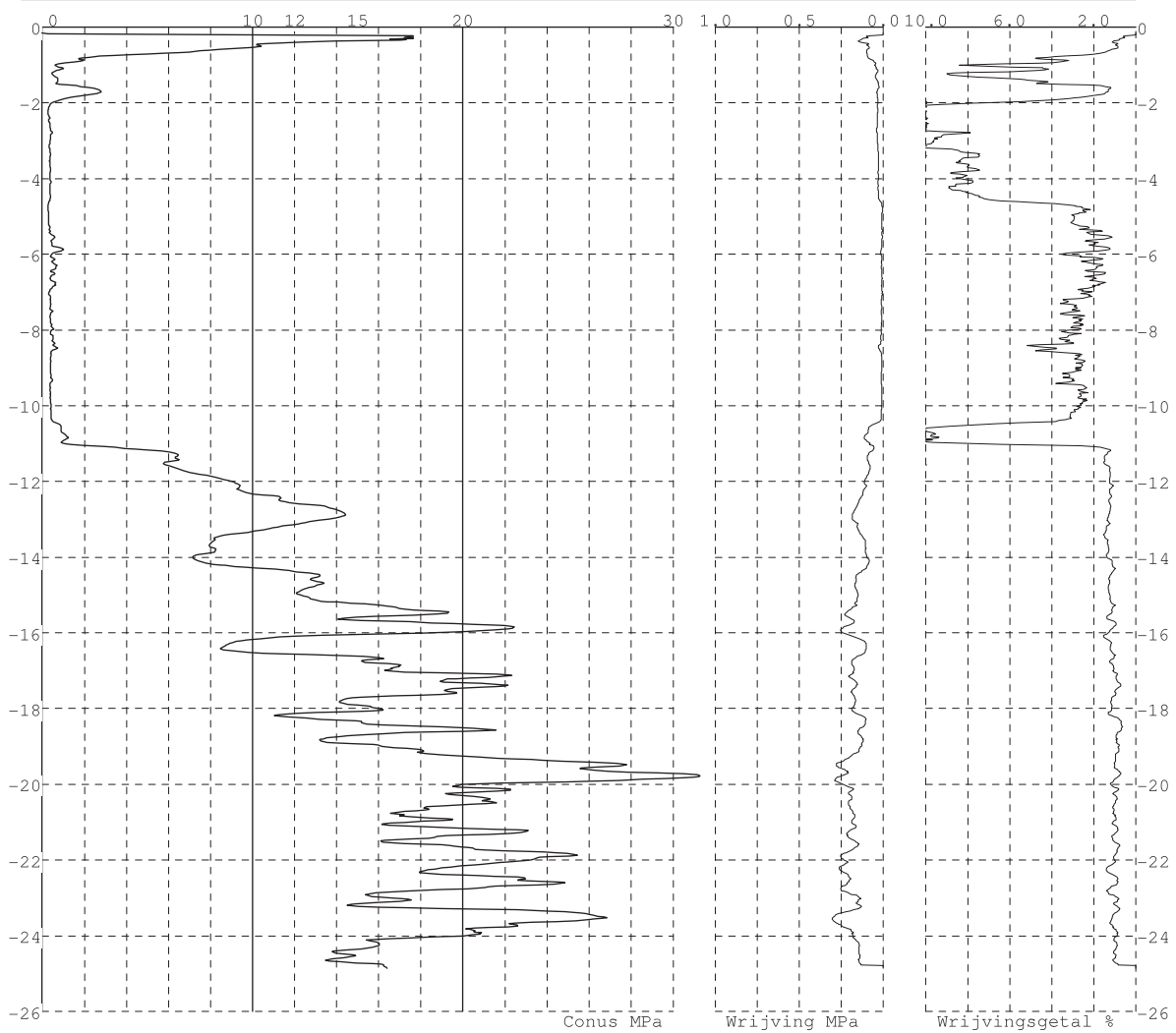
Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Hoogte maaiveld [m] : 0.05 Bodemprofiel: DKM6

Traject negatieve kleeft : 0.05 tot -11.00 [m]

Traject positieve kleeft : -11.00 tot -24.66 [m]

SONDERINGSGEGEVENEN GRAFIEK: DKM6



Project : Reconstructie Steunpunt Rijnaterwoude
 Onderdeel : Olivierpalen

SONDERINGSGEGEVENEN ALGEMEEN: DKM7

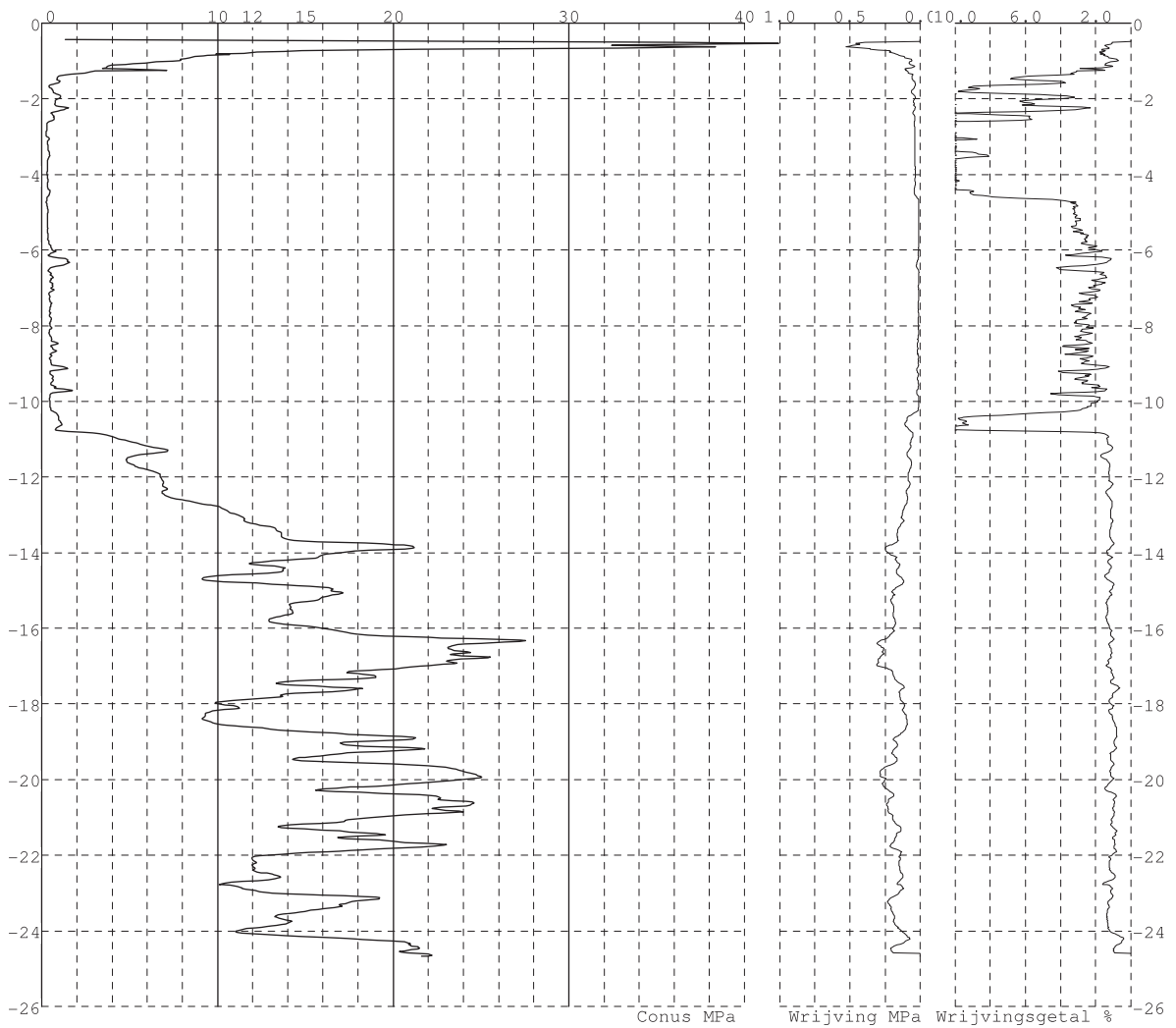
Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Hoogte maaiveld [m] : -0.03 Bodemprofiel: DKM7

Traject negatieve kleeft : -0.03 tot -11.00 [m]

Traject positieve kleeft : -11.00 tot -24.27 [m]

SONDERINGSGEGEVENEN GRAFIEK: DKM7



Project : Reconstructie Steunpunt Rijnaterwoude
 Onderdeel : Olivierpalen

SONDERINGSGEGEVENEN ALGEMEEN: DKM8

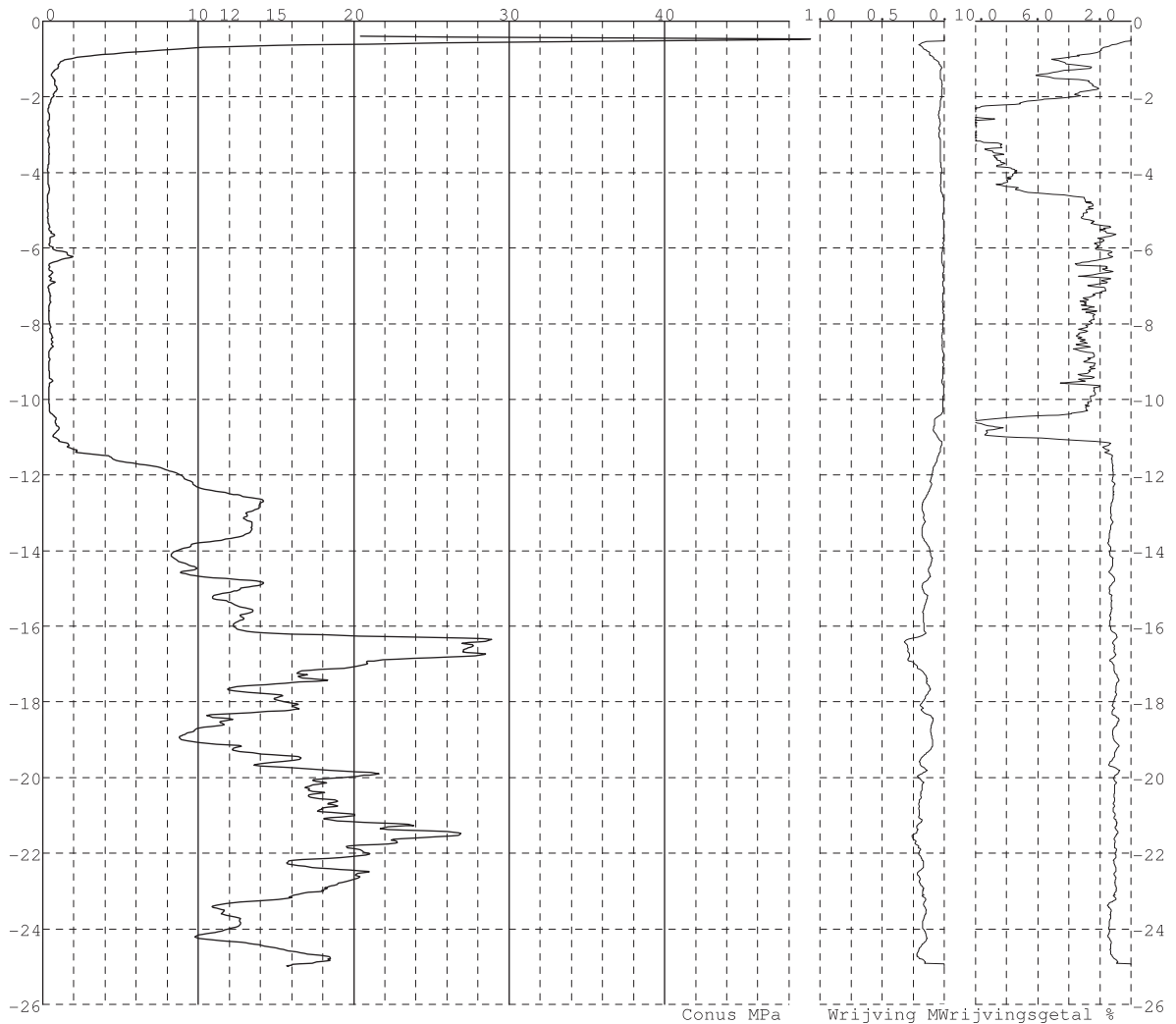
Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Hoogte maaiveld [m] : -0.10 Bodemprofiel: DKM8

Traject negatieve kleef : -0.10 tot -11.00 [m]

Traject positieve kleef : -11.00 tot -24.70 [m]

SONDERINGSGEGEVENEN GRAFIEK: DKM8



Project : Reconstructie Steunpunt Rijnaterwoude
 Onderdeel : Olivierpalen

SONDERINGSGEGEVENEN ALGEMEEN: DKM9A

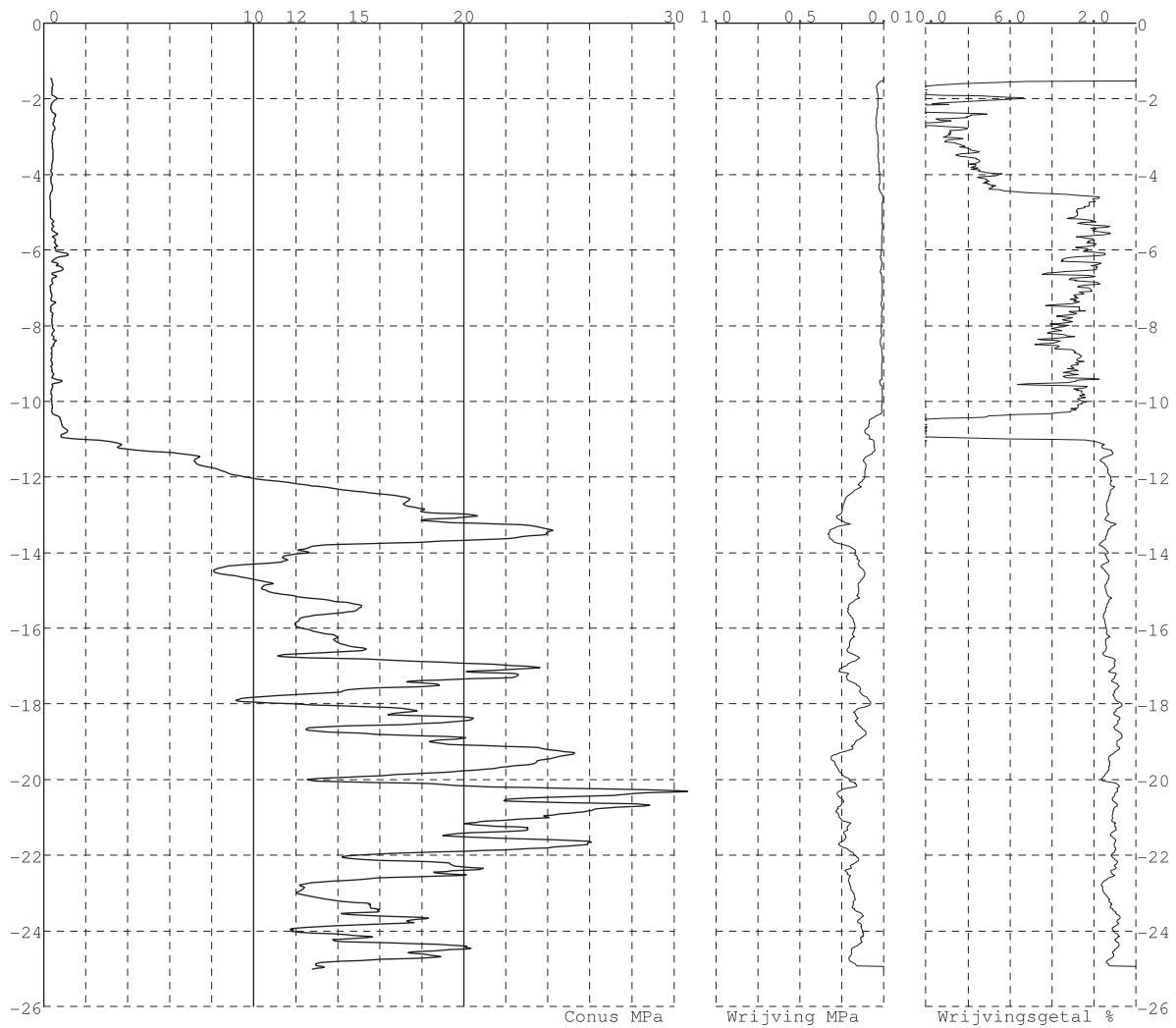
Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Hoogte maaiveld [m] : -0.05 Bodemprofiel: DKM9A

Traject negatieve kleef : -0.05 tot -11.00 [m]

Traject positieve kleef : -11.00 tot -23.61 [m]

SONDERINGSGEGEVENEN GRAFIEK: DKM9A



Project : Reconstructie Steunpunt Rijnwaterwoude
 Onderdeel : Olivierpalen

SONDERINGSGEGEVENS ALGEMEEN: DKM6 - Ontgraven tot -0.85

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Hoogte maaiveld [m] : -0.85 Bodemprofiel: DKM6 - Ontgraven tot -0.85

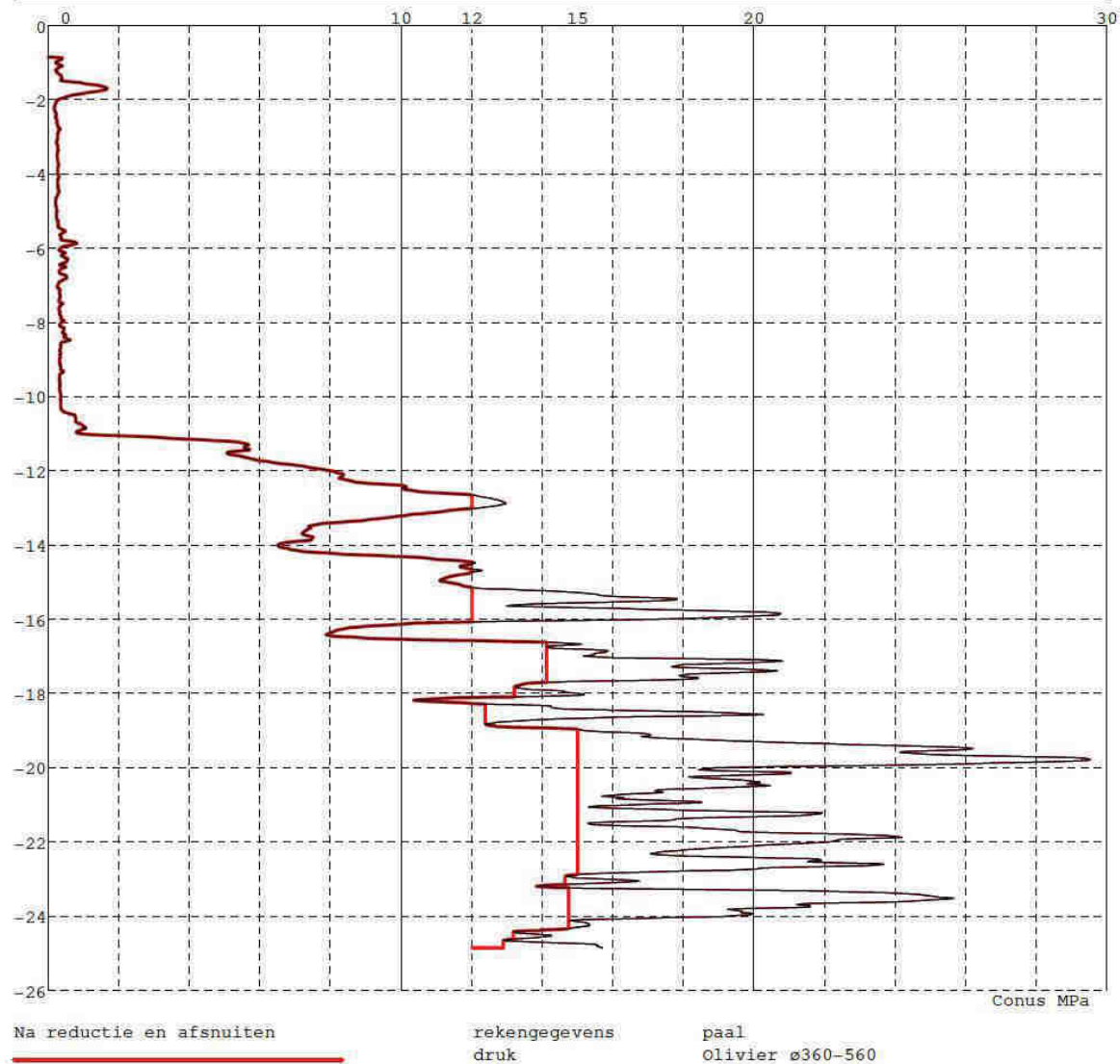
Traject negatieve kleef : -0.85 tot -11.00 [m]

Traject positieve kleef : -11.00 tot -24.66 [m]

Reductie conusweerstand door ontgraven conform art. 7.6.2.3 (k).

De palen zijn geïnstalleerd voorafgaand aan het ontgraven, of zijn aantoonbaar trillingsarm ingebracht.

SONDERINGSGEGEVENS GRAFIEK: DKM6 - Ontgraven tot -0.85



Project : Reconstructie Steunpunt Rijnwaterwoude
 Onderdeel : Olivierpalen

SONDERINGSGEGEVENS ALGEMEEN: DKM8 - Ontgraven tot -0.85

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Hoogte maaiveld [m] : -0.85 Bodemprofiel: DKM8 - Ontgraven tot -0.85

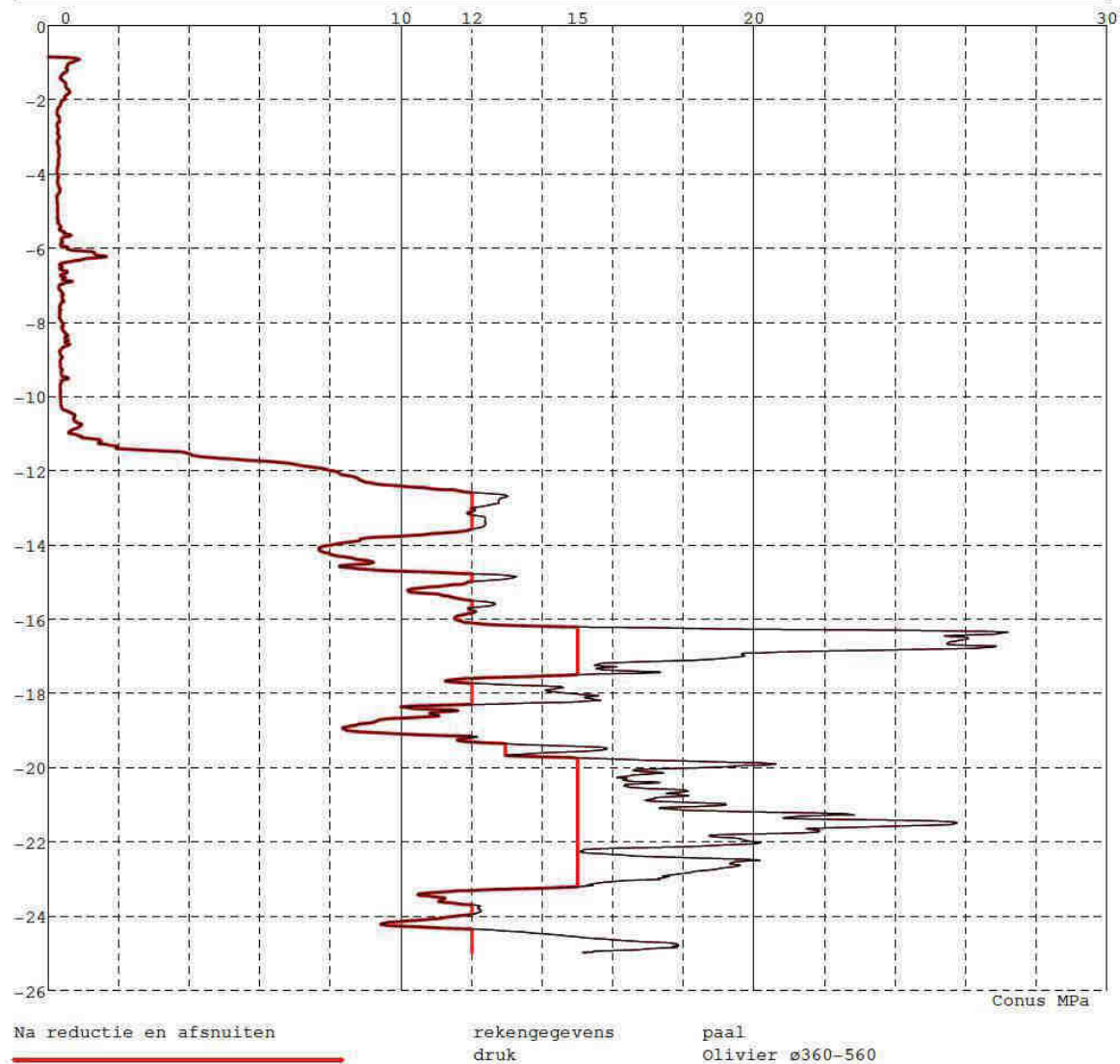
Traject negatieve kleeft : -0.85 tot -11.00 [m]

Traject positieve kleeft : -11.00 tot -24.70 [m]

Reductie conusweerstand door ontgraven conform art. 7.6.2.3 (k).

De palen zijn geïnstalleerd voorafgaand aan het ontgraven, of zijn aantoonbaar trillingsarm ingebracht.

SONDERINGSGEGEVENS GRAFIEK: DKM8 - Ontgraven tot -0.85



Project : Reconstructie Steunpunt Rijnwaterwoude
 Onderdeel : Olivierpalen

SONDERINGSGEGEVENS ALGEMEEN: DKM9A - Ontgraven tot -0.85

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Hoogte maaiveld [m] : -0.85 Bodemprofiel: DKM9A - Ontgraven tot -0.85

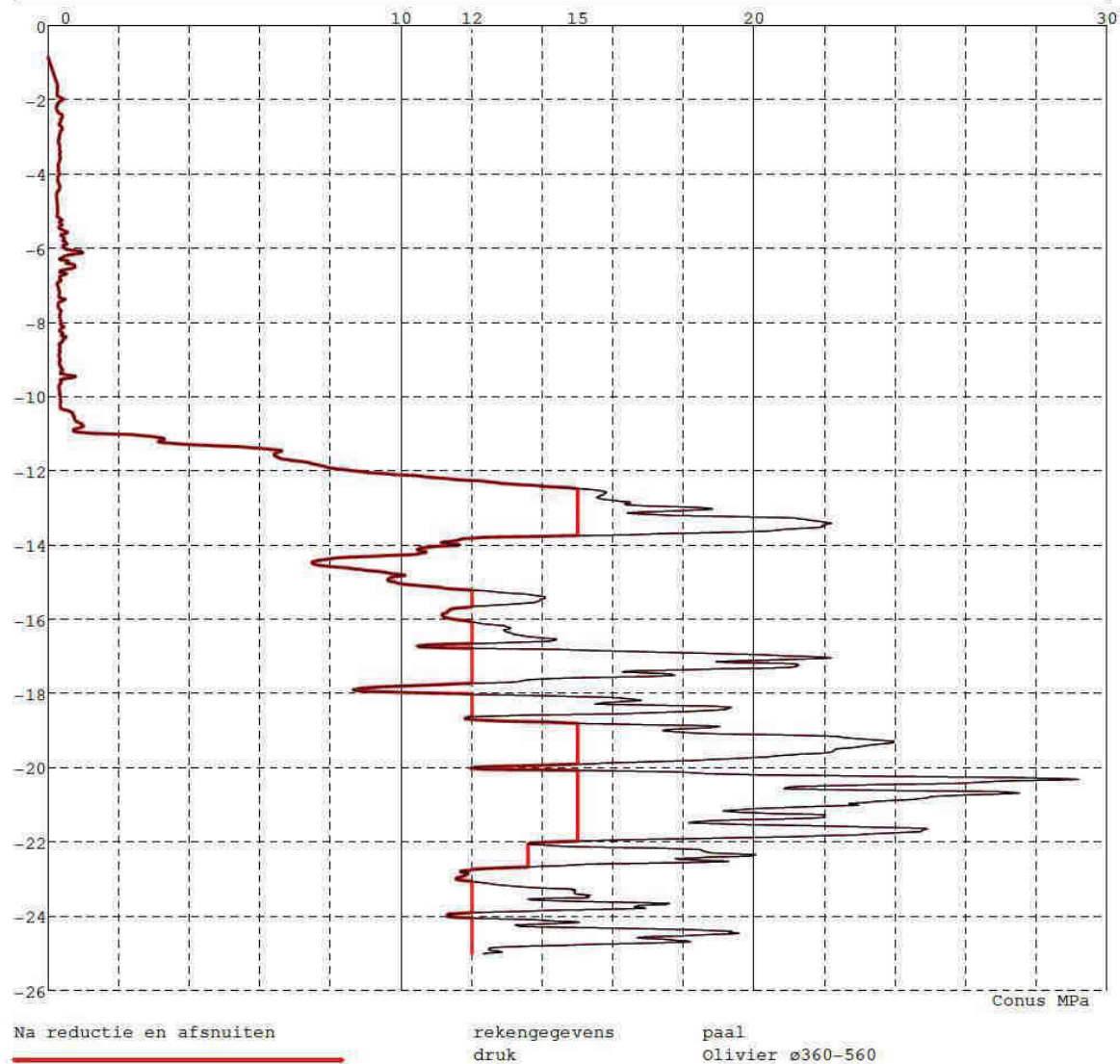
Traject negatieve kleeft : -0.85 tot -11.00 [m]

Traject positieve kleeft : -11.00 tot -23.61 [m]

Reductie conusweerstand door ontgraven conform art. 7.6.2.3 (k).

De palen zijn geïnstalleerd voorafgaand aan het ontgraven, of zijn aantoonbaar trillingsarm ingebracht.

SONDERINGSGEGEVENS GRAFIEK: DKM9A - Ontgraven tot -0.85



Verhoef Funderingstechnieken BV

blad :12

TS/Palen Verticaal

Rel: 5.33a 25 mrt 2014

Project : Reconstructie Steunpunt Rijnaterwoude
 Onderdeel : Olivierpalen

PAALGEGEVENS Olivier ø360-560

Type : Eigen paal
 Wijze van installeren : Boren
 Wijze van terugwinnen : n.v.t.
 Diameter [m] : 0.560
 Elasticiteitsmodulus [N/mm²] : 31000
 Factor α_s (tabel 7.c EC 7.1) : 0.009 (zandlagen; voor kleilagen zie tabel 7.d)
 Factor α_t (tabel 7.c EC 7.1) : 0.0090 (zandlagen; voor kleilagen zie tabel 7.d)
 Paalklassefactor α_p : 0.90
 Paalvoetvormfactor β : 1.00
 Type lastzakingsdiagram : Grondverdringende paal
 Verm.factor * $\phi'_{j;k}$: 1.00
 Groutomhulling : NEE

REKENGEGEVENS druk

Berekening : Ontwerpend
 Rekenmethode : Drukpalen volgens NEN-EN 1997-1, art. 7.6.2
 Sondering(en) : DKM6 - Ontgraven tot -0.85, DKM8 - Ontgraven tot -0.85
 : DKM9A - Ontgraven tot -0.85

Stijf bouwwerk : NEE
 Paalgroep : NEE
 Aantal palen : 1 Aantal sonderingen : 3
 Factor ξ_3 (gem) : 1.30
 Factor ξ_4 (min) : 1.30
 Weerstandsfactor γ_R : 1.20
 $\gamma_{f;nk}$: 1.0
 $q_{b,max}$ begrenzen op 12 MN/m² : NEE
 $R_{s;cal,max;i}$ begrenzen op $0.5 * R_{b;cal,max;i}$: NEE
 Paal : Olivier ø360-560
 Niveau paalkop [m] : N.A.P. -0.83
 Bovenbel. [kN/m²] : 0.00

PAALPUNTNIVEAUS Olivier ø360-560

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v. : N.A.P.

Nr	Beginniveau [m]	Eindniveau [m]	Stapgrootte [m]
1	-12.00	-15.00	0.50

RESULTATEN druk

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Sondering DKM6 - Ont DKM8 - Ont DKM9A - On

Niveau [m]	$F_{netto;d}$ [kN]	$F_{netto;d}$ [kN]	$F_{netto;d}$ [kN]
-12.00	551	568	788
-12.50	643	708	901
-13.00	711	808	1010
-13.50	770	895	1078
-14.00	949	967	1105
-14.50	1229	1237	1248
-15.00	1370	1386	1539

Verhoef Funderingstechnieken BV

blad :13

TS/Palen Verticaal

Rel: 5.33a 25 mrt 2014

Project : Reconstructie Steunpunt Rijnaterwoude
 Onderdeel : Olivierpalen

SAMENVATTINGSTABEL druk**Uitgangspunten**

- paal : Olivier ø360-560
 - paaltype : Eigen paal
 - schachtafmeting : 560 mm
 Paalklassefactor α_p : 0.90
 Factor α_s (tabel 7.c EC 7.1) : 0.009 (zandlagen; voor kleilagen zie tabel 7.d)
 Factor ξ_{gem} : 1.30
 Factor ξ_{min} : 1.30

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

sondering	maaiveld paalpunt		Bezwijkdraagvermogen			Rekenwaarden		
	niveau	niveau	R_b [kN]	R_s [kN]	R_{ccg} [kN]	$R_{c;d}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$R_{c;netto;d}$ [kN]
DKM6 - Ontgraven	-0.85	-12.00	1045.6	94.3	1140.0	730.7	-179.5	551.3
		-12.50	1119.2	164.6	1283.7	822.9	-179.5	643.5
		-13.00	1132.9	256.9	1389.8	890.9	-179.5	711.4
		-13.50	1147.8	333.4	1481.2	949.5	-179.5	770.0
		-14.00	1370.5	390.6	1761.1	1128.9	-179.5	949.4
		-14.50	1736.0	461.3	2197.3	1408.5	-179.5	1229.1
		-15.00	1863.0	553.4	2416.4	1549.0	-179.5	1369.5
DKM8 - Ontgraven	-0.85	-12.00	1093.8	87.9	1181.7	757.5	-189.4	568.0
		-12.50	1240.6	159.7	1400.4	897.7	-189.4	708.3
		-13.00	1302.4	254.2	1556.7	997.9	-189.4	808.4
		-13.50	1343.1	349.1	1692.2	1084.7	-189.4	895.3
		-14.00	1374.9	429.5	1804.4	1156.7	-189.4	967.2
		-14.50	1731.2	494.7	2225.9	1426.9	-189.4	1237.5
		-15.00	1880.1	578.1	2458.2	1575.8	-189.4	1386.3
DKM9A - Ontgrave	-0.85	-12.00	1402.3	113.1	1515.3	971.4	-183.8	787.5
		-12.50	1486.4	206.7	1693.1	1085.3	-183.8	901.5
		-13.00	1536.9	325.5	1862.3	1193.8	-183.8	1010.0
		-13.50	1525.0	444.2	1969.2	1262.3	-183.8	1078.5
		-14.00	1460.3	550.7	2011.0	1289.1	-183.8	1105.2
		-14.50	1607.4	626.1	2233.5	1431.7	-183.8	1247.9
		-15.00	1988.5	698.5	2687.0	1722.4	-183.8	1538.6

Verhoef Funderingstechnieken BV

blad :14

TS/Palen Verticaal

Rel: 5.33a 25 mrt 2014

Project : Reconstructie Steunpunt Rijnaterwoude
 Onderdeel : Olivierpalen

OVERZICHT NETTO DRAAGVERMOGEN

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

sondering	maaiveld niveau	paalpunt niveau	$R_{c, netto; d}$ [kN] druk
DKM6 - Ontg	-0.85	-12.00	551
		-12.50	643
		-13.00	711
		-13.50	770
		-14.00	949
		-14.50	1229
		-15.00	1370
DKM8 - Ontg	-0.85	-12.00	568
		-12.50	708
		-13.00	808
		-13.50	895
		-14.00	967
		-14.50	1237
		-15.00	1386
DKM9A - Ont	-0.85	-12.00	788
		-12.50	901
		-13.00	1010
		-13.50	1078
		-14.00	1105
		-14.50	1248
		-15.00	1539

Verhoef Funderingstechnieken BV

blad :1

TS/Kolomwapening

Rel: 5.25d 25 mrt 2014

Project : Reconstructie Steunpunt Rijsaterwoude
 Onderdeel : Olivierpalen
 Dimensies : kN;m;rad (tenzij anders aangegeven)
 Datum : 25-03-14
 Bestand : G:\Project\ALG\3384 Reconstructie Steunpunt
 Rijsaterwoude\130 Constructieberekeningen\
 Belastingsgeval A - 550kN druk.klw
 Referentieperiode: 50

Datum:	14-04-2014
Gec. door:	art 5.1-2e
Paraaf:	
Akkoord:	☒ Ja ☐ Nee, Zie opmerkingen.
Faas & van Iterson INGENIEURSBUREAU Staal, Beton en Bouwconstructies Huisman 24, Grootegast 11020 234 RD info@faasvaniterson.nl www.faaasvaniterson.nl	

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Beton NEN-EN 1992-1-1:2005 C2:2010 NB:2011(nl)

Geometrie

Type constructie : Kolom Rond Enkel excentrisch belast
 Kolomdiameter [mm] : 340
 Kolomhoogte (L) [mm] : 1000
 Belastingsschema : Geschoord
 Kniklengtefactor X : 1.00
 Pendelkolom : Nee

Belasting

	BG1	BG2	BG3	Maatgevend BC
Omschrijving belastinggeval	Drukbelasting Paalafwijking			
Normaalkracht N Ed [kN]	550.00	0.00	0.00	550.00
MEd, X boven [kNm]	0.00	27.50	0.00	27.50
MEd, X onder [kNm]	0.00	27.50	0.00	27.50
Belastingfactoren				
BC1 Fundamenteel	1.00	1.00	0.00	Maatgevend X

Beton en Wapening

Betonkwaliteit : C28/35 Prefab : Nee
 Soort spanningsrekdiagram : Parabolisch - rechthoekig diagram
 Staalsoort : B500B Wapening : rondom
 Soort spanningsrekdiagram : Bi-lineair diagram met klimmende tak
 Basiswapening [mm] : 4 ø14 Bijlegw. [mm] : ø12, 16
 Beugels [mm] : ø 8

Betondekking

Milieu : XC2

Gestort tegen bestaand beton : Nee
 Element met plaatgeometrie : Nee
 Specifieke kwaliteitsbeheersing : Nee
 Oneffen beton oppervlak : Nee
 Ondergrond : Glad / N.v.t.
 Constructieklasse : S4
 Grootste korrel : 16.0

Hoofdwapening : 2de laag
 Nominale dekking : 30
 Toegepaste dekking : 103
 Gelijkwaardige diameter : 16
 $C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur} : 16 25 0
 C_{min} ΔC_{dev} C_{nom} : 25 5 30

Verhoef Funderingstechnieken BV

blad :2

TS/Kolomwapening

Rel: 5.25d 25 mrt 2014

Project : Reconstructie Steunpunt Rijnsaterwoude

Onderdeel : Olivierpalen

Betondekking

Beugel / Verdeelwapening	:	1ste laag
Nominale dekking	:	30
Toegepaste dekking	:	95
Gelijkwaardige diameter	:	8
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	8 25 0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	25 5 30

Tussenresultaten

X-as

Traagheidsmoment I	[mm ⁴]	:	65597e4
Kniklengte l_0	[mm]	:	1000

Art. 5.8.4 (2)

kruipfactor ($\phi_{ef}(on, t_0)$)	:	3.04
--------------------------------------	---	------

Art. 5.8.3.1 (1)

Lambda (λ)	:	11.76
Wapeningsoppervlak (A_s)	[mm ²]	616
Betonoppervlak (A_c)	[mm ²]	90792
Betondruksterkte (f_{cd})	[N/mm ²]	18.67
Moment (M_{01})	[kNm]	27.50
Moment (M_{02})	[kNm]	27.50
Moment ratio (r_m)	:	1.000
Factor A	:	0.622
Factor B	:	1.147
Factor C	:	0.700
Grensslankheid (λ_{lim})	:	17.52
Volstaat 1e orde toetsing?	:	Ja

Art. 5.2 (7)

Basis imperfectie (θ_0)	:	0.003333
Factor (α_h)	:	1.000
Aantal elementen (m)	[st] :	1
Factor (α_m)	:	1.000
Imperfectie (θ_i)	:	0.003333
Excentriciteit e_i	[mm] :	1.666667

Art. 5.8.8.2

M_{0e}	[kNm]	:	27.50
M_{0Ed}	[kNm]	:	28.42
M_{Ed}	[kNm]	:	28.42
N_{Ed}	[kN]	:	550.00

Art. 6.1 (4)

Minimale excentriciteit e_0	[mm]	:	20.00
$M_{Ed,min}$	[kNm]	:	11.00

Berekende gegevens

X-as

Beginexcentriciteit e_{02}	[mm]	:	50.0
Totale excentriciteit e_t	[mm]	:	51.7
Min. wapening brosse breuk	[mm ²]	:	181.6
Min. wapening detaillering	[mm ²]	:	201.1 = 4 $\varnothing$ 8.0
Totaal berekende wapening	[mm ²]	:	181.6
Maatgevende wapening	[mm ²]	:	201.1

Project : Reconstructie Steunpunt Rijnsaterwoude
Onderdeel : Olivierpalen

Tussenresultaten doorsnede X-as

Voorwaarde Eps;c=Eps;cu2 op de vezel y=-170.0 mm

y [mm]	Wapening	Perc. [o/o]	A_s/A_p [mm ²]	$\Delta\varepsilon$ [o/oo]	σ_b [N/mm ²]	$\Delta\sigma_s$ [N/mm ²]
-170.0				-3.500	-18.67	-
-59.1	0.444Ø14	100	68.4	-1.054	-	-210.76
-52.0	0.444Ø14	100	68.4	-0.897	-	-179.32
-38.6	0.444Ø14	100	68.4	-0.601	-	-120.24
-20.5	0.444Ø14	100	68.4	-0.203	-	-40.64
0.0	0.444Ø14	100	68.4	0.249	-	49.88
20.5	0.444Ø14	100	68.4	0.702	-	140.40
38.6	0.444Ø14	100	68.4	1.100	-	220.01
52.0	0.444Ø14	100	68.4	1.395	-	279.09
59.1	0.444Ø14	100	68.4	1.553	-	310.53

615.8

Inwendige krachten

y [mm]	N_b [kN]	$N_s/\Delta N_p$ [kN]	Δy [mm]	N [kN]	$N*\Delta y$ [kNm]
-92.1	-580.716		-92.1	-580.716	53.476
-59.1		-14.420	-59.1	-14.420	0.852
-52.0		-12.269	-52.0	-12.269	0.638
-38.6		-8.226	-38.6	-8.226	0.317
-20.5		-2.780	-20.5	-2.780	0.057
0.0		3.413	-0.0	3.413	-0.000
20.5		9.606	20.5	9.606	0.197
38.6		15.052	38.6	15.052	0.581
52.0		19.094	52.0	19.094	0.992
59.1		21.245	59.1	21.245	1.255

totaal inwendig -550.000 58.365

Gevonden wapening

basiswapening bijlegwapening

Bijlegcombinatie 1 616 [mm²] : 4 ø14.0
Bijlegcombinatie 2 616 [mm²] : 4 ø14.0

Opmerkingen

[10] * = Minimum wapening X-ri.

[101] De berekende wapening is de totale wapening in de doorsnede.

[110] Wapening langs de omtrek van de kolom verdelen

Verhoef Funderingstechnieken BV

blad :4

TS/Kolomwapening

Rel: 5.25d 25 mrt 2014

Project : Reconstructie Steunpunt Rijsaterwoude
 Onderdeel : Olivierpalen
 Dimensies : kN;m;rad (tenzij anders aangegeven)
 Datum : 25-03-14
 Bestand : G:\Project\ALG\3384 Reconstructie Steunpunt
 Rijsaterwoude\130 Constructieberekeningen\
 Belastingsgeval B - 900kN druk + 35kN horizontaal.klw
 Referentieperiode: 50

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Beton NEN-EN 1992-1-1:2005 C2:2010 NB:2011(nl)

Geometrie

Type constructie : Kolom Rond Enkel excentrisch belast
 Kolomdiameter [mm] : 340
 Kolomhoogte (L) [mm] : 1000
 Belastingsschema : Geschoord
 Kniklengtefactor X : 1.00
 Pendelkolom : Nee

Belasting

	BG1	BG2	BG3	Maatgevend BC
Omschrijving belastinggeval	:Drukbelasting Paalafwijking			
Normaalkracht N Ed [kN]	900.00	0.00	0.00	900.00
MEd, X boven [kNm]	0.00	45.00	0.00	45.00
MEd, X onder [kNm]	0.00	45.00	0.00	45.00
Belastingfactoren				
BC1 Fundamenteel	1.00	1.00	1.00	Maatgevend X

Beton en Wapening

Betonkwaliteit : C28/35 Prefab : Nee
 Soort spanningsrekdiagram : Parabolisch - rechthoekig diagram
 Staalsoort : B500B Wapening : rondom
 Soort spanningsrekdiagram : Bi-lineair diagram met klimmende tak
 Basiswapening [mm] : 4 ø14 Bijlegw.[mm] : ø20, 16
 Beugels [mm] : ø 8

Betondekking

Milieu : XC2
 Gestort tegen bestaand beton : Nee
 Element met plaatgeometrie : Nee
 Specifieke kwaliteitsbeheersing : Nee
 Oneffen beton oppervlak : Nee
 Ondergrond : Glad / N.v.t.
 Constructieklasse : S4
 Grootste korrel : 16.0
 Hoofdwapening : 2de laag
 Nominale dekking : 30
 Toegepaste dekking : 103
 Gelijkwaardige diameter : 20
 C_{min,b} C_{min,dur} ΔC_{dur} : 20 25 0
 C_{min} ΔC_{dev} C_{nom} : 25 5 30

Verhoef Funderingstechnieken BV

blad :5

TS/Kolomwapening

Rel: 5.25d 25 mrt 2014

Project : Reconstructie Steunpunt Rijnsaterwoude

Onderdeel : Olivierpalen

Betondekking

Beugel / Verdeelwapening	:	1ste laag
Nominale dekking	:	30
Toegepaste dekking	:	95
Gelijkwaardige diameter	:	8
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	8 25 0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	25 5 30

Tussenresultaten

X-as

Traagheidsmoment I	[mm ⁴]	: 65597e4
Kniklengte l_0	[mm]	: 1000

Art. 5.8.4 (2)

kruipfactor ($\phi_{ef}(on, t_0)$)	:	3.04
--------------------------------------	---	------

Art. 5.8.3.1 (1)

Lambda (λ)	:	11.76
Wapeningsoppervlak (A_s)	[mm ²]	: 616
Betonoppervlak (A_c)	[mm ²]	: 90792
Betondruksterkte (f_{cd})	[N/mm ²]	: 18.67
Moment (M_{01})	[kNm]	: 45.00
Moment (M_{02})	[kNm]	: 45.00
Moment ratio (r_m)	:	1.000
Factor A	:	0.622
Factor B	:	1.147
Factor C	:	0.700
Grensslankheid (λ_{lim})	:	13.70
Volstaat le orde toetsing?	:	Ja

Art. 5.2 (7)

Basis imperfectie (θ_0)	:	0.003333
Factor (α_h)	:	1.000
Aantal elementen (m)	[st]	: 1
Factor (α_m)	:	1.000
Imperfectie (θ_i)	:	0.003333
Excentriciteit e_i	[mm]	: 1.666667

Art. 5.8.8.2

M_{0e}	[kNm]	: 45.00
M_{0Ed}	[kNm]	: 46.50
M_{Ed}	[kNm]	: 46.50
N_{Ed}	[kN]	: 900.00

Art. 6.1 (4)

Minimale excentriciteit e_0	[mm]	: 20.00
$M_{Ed,min}$	[kNm]	: 18.00

Berekende gegevens

X-as

Beginexcentriciteit e_{02}	[mm]	: 50.0
Totale excentriciteit e_t	[mm]	: 51.7
Min. wapening brosse breuk	[mm ²]	: 207.0
Min. wapening detaillering	[mm ²]	: 201.1 = 4 $\varnothing$ 8.0
Totaal berekende wapening	[mm ²]	: 207.0
Maatgevende wapening	[mm ²]	: 207.0

Project : Reconstructie Steunpunt Rijnsaterwoude
Onderdeel : Olivierpalen

Tussenresultaten doorsnede X-as

Voorwaarde Eps;c=Eps;cu2 op de vezel y=-170.0 mm

y [mm]	Wapening	Perc. [o/o]	A _s /A _p [mm ²]	Δε [o/oo]	σ _b [N/mm ²]	Δσ _s [N/mm ²]
-170.0				-3.500	-18.67	-
-59.1	0.444Ø14	100	68.4	-1.625	-	-324.90
-52.0	0.444Ø14	100	68.4	-1.504	-	-300.80
-38.6	0.444Ø14	100	68.4	-1.278	-	-255.50
-20.5	0.444Ø14	100	68.4	-0.972	-	-194.47
0.0	0.444Ø14	100	68.4	-0.625	-	-125.07
20.5	0.444Ø14	100	68.4	-0.278	-	-55.67
38.6	0.444Ø14	100	68.4	0.027	-	5.36
52.0	0.444Ø14	100	68.4	0.253	-	50.66
59.1	0.444Ø14	100	68.4	0.374	-	74.77

615.8

Inwendige krachten

y [mm]	N _b [kN]	N _s /ΔN _p [kN]	Δy [mm]	N [kN]	N*Δy [kNm]
-70.1	-822.989		-70.1	-822.989	57.674
-59.1		-22.229	-59.1	-22.229	1.313
-52.0		-20.580	-52.0	-20.580	1.069
-38.6		-17.481	-38.6	-17.481	0.674
-20.5		-13.305	-20.5	-13.305	0.273
0.0		-8.557	-0.0	-8.557	0.000
20.5		-3.809	20.5	-3.809	-0.078
38.6		0.367	38.6	0.367	0.014
52.0		3.466	52.0	3.466	0.180
59.1		5.115	59.1	5.115	0.302

totaal inwendig -900.000 61.422

Gevonden wapening

basiswapening bijlegwapening

Bijlegcombinatie 1 616 [mm²] : 4 Ø14.0
Bijlegcombinatie 2 616 [mm²] : 4 Ø14.0

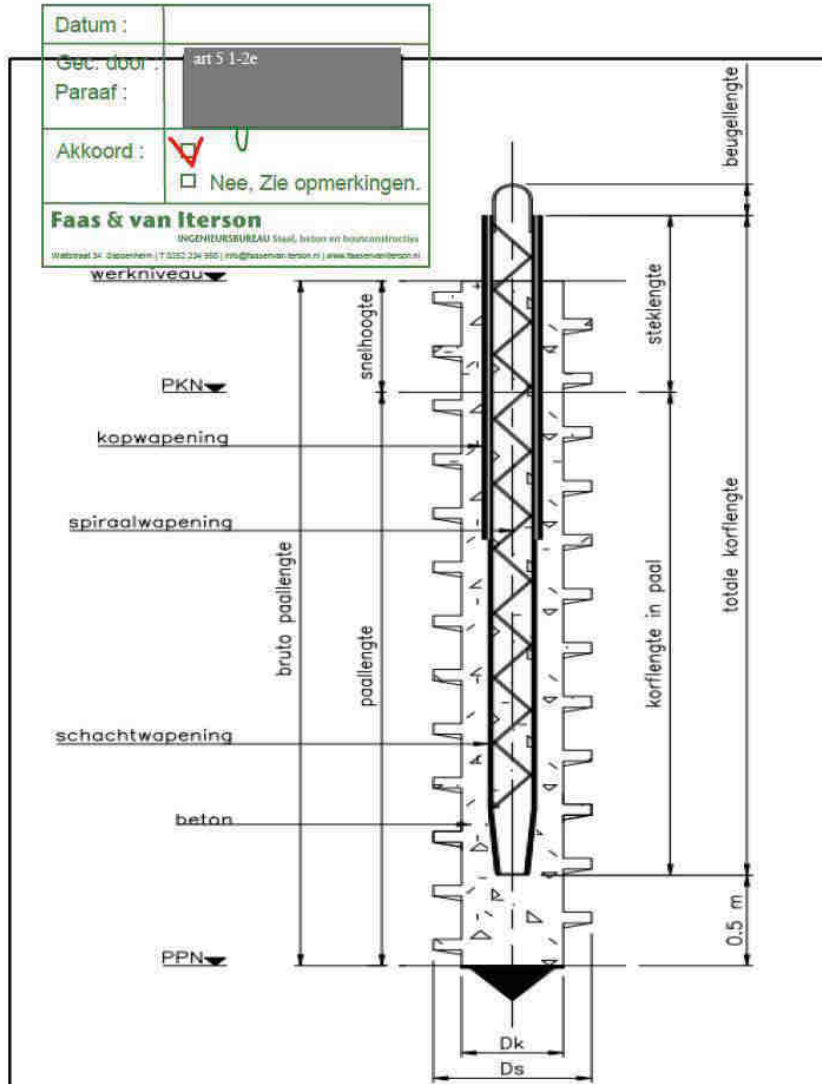
Opmerkingen

[10] * = Minimum wapening X-ri.

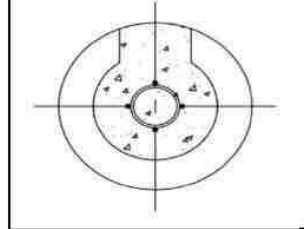
[101] De berekende wapening is de totale wapening in de doorsnede.

[110] Wapening langs de omtrek van de kolom verdelen

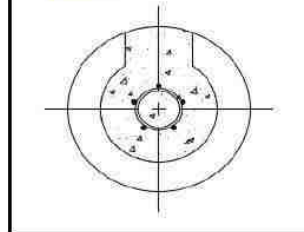
 VERHOEF funderingstechnieken	Reconstructie Steunpunt Rijsaterwoude				
	code	bestek	datum	versie	status
	3384	-	29-3-2014	2	definitief
Paalberekening Olivierpalen					



4-staven



5-staven



spiraal	ø8 300
Dk	Diameter kern
Ds	Diameter schacht
PPN	Paalpunt niveau
PKN	Paalkop niveau
WN	Werk niveau

Beton	
Kwaliteit	C28/35
Milieuklasse	XC2
Consistentiegebied	F5
Spramex	100%

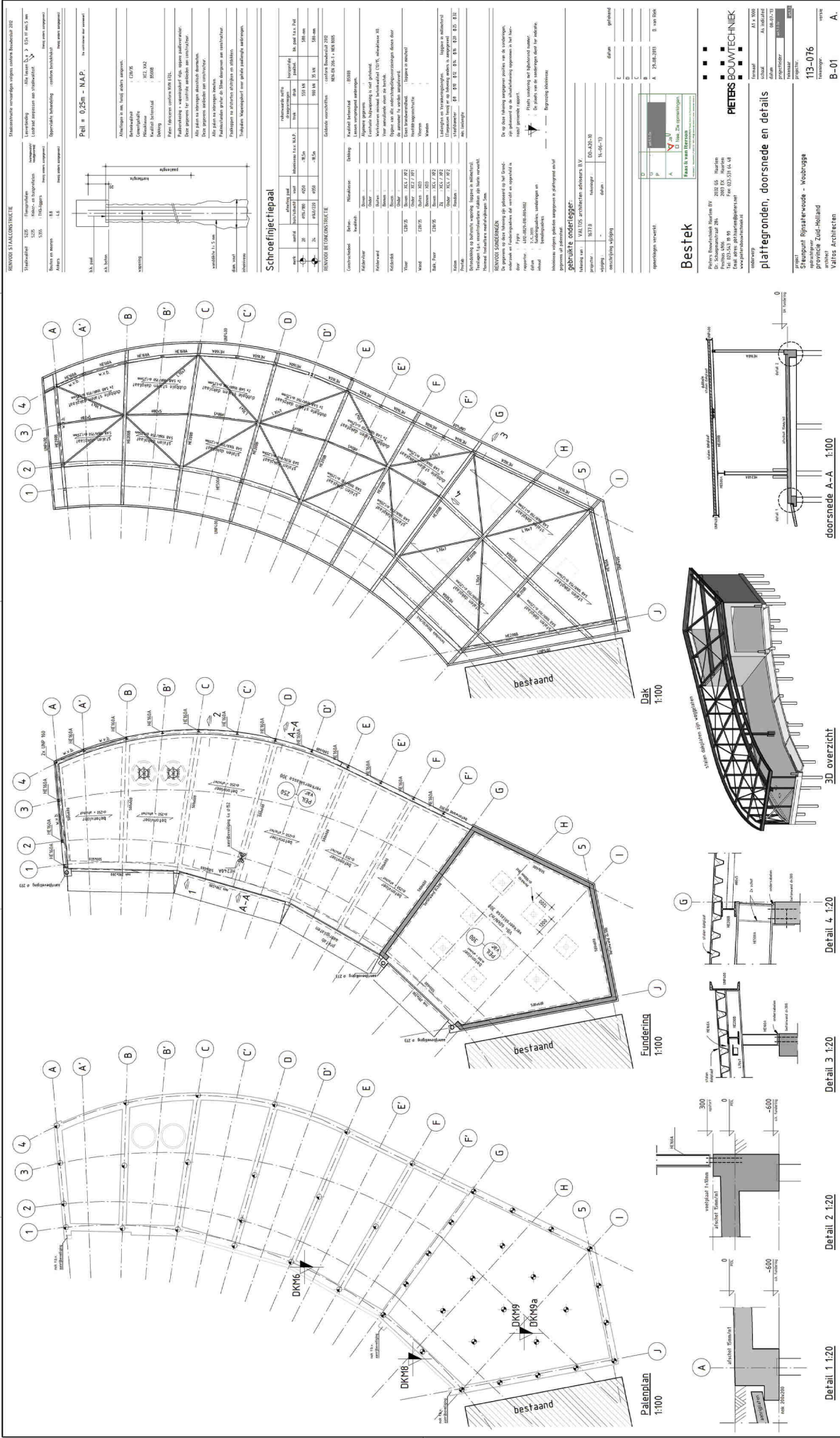
Paalspecificatie						Schachtwapening			Kopwapening			stek	beugel	zicht tov	wap.
aantal	diameter	lengte	PPN	PKN	WN	n	ø _{sw}	l _{sw}	n	ø _{kw}	l _{kw}	lengte	lengte	WN	code
[st]	[mm ²]	[m]	m/NAP	m/NAP	m/NAP	[st]	[mm]	[m]	[st]	[mm]	[m]	[cm]	[cm]	[cm]	
20	360x560	14,50	14,50	0,83	0,00	4	14	14,00				40	5	0	A1
24	360x560	14,50	14,50	0,83	0,00	4	14	14,00				40	5	0	A1

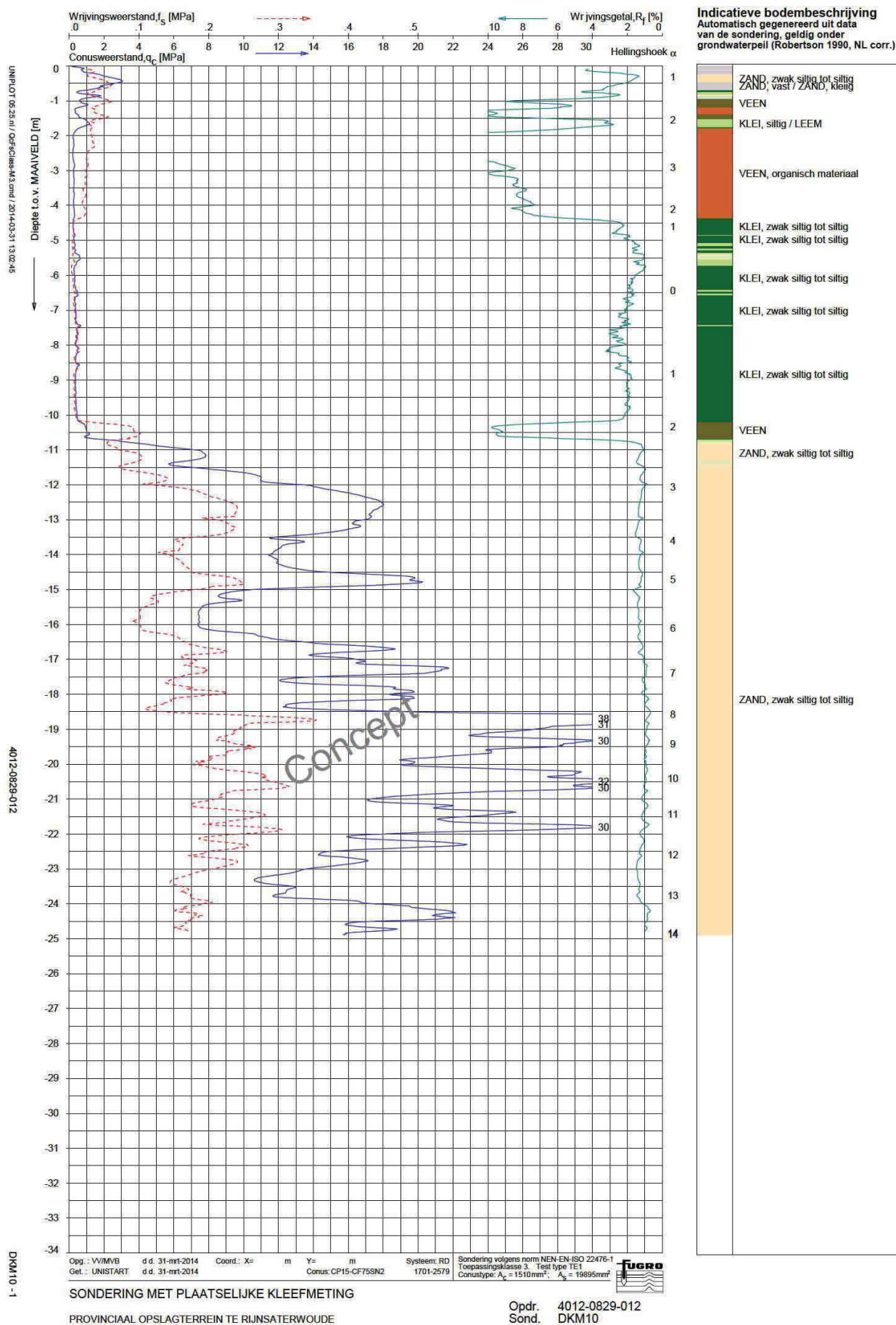
SITUATIE
 Aanvullende sonderingen
 PROVINCIAAL OPSLAGTERREIN TE RIJNSATERWOUDE

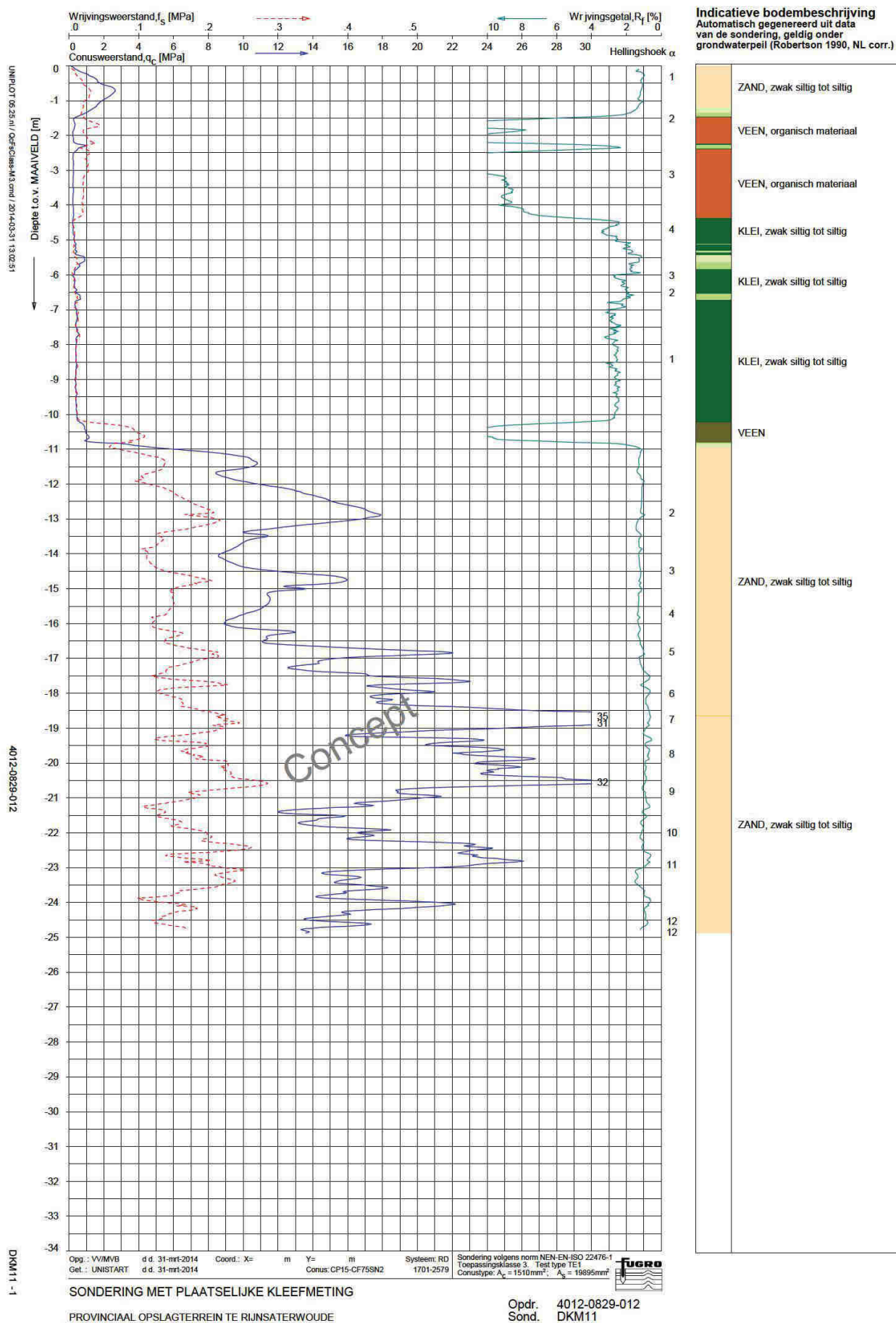
Opdr.: 4012-0829-012
 Bijl.: 1

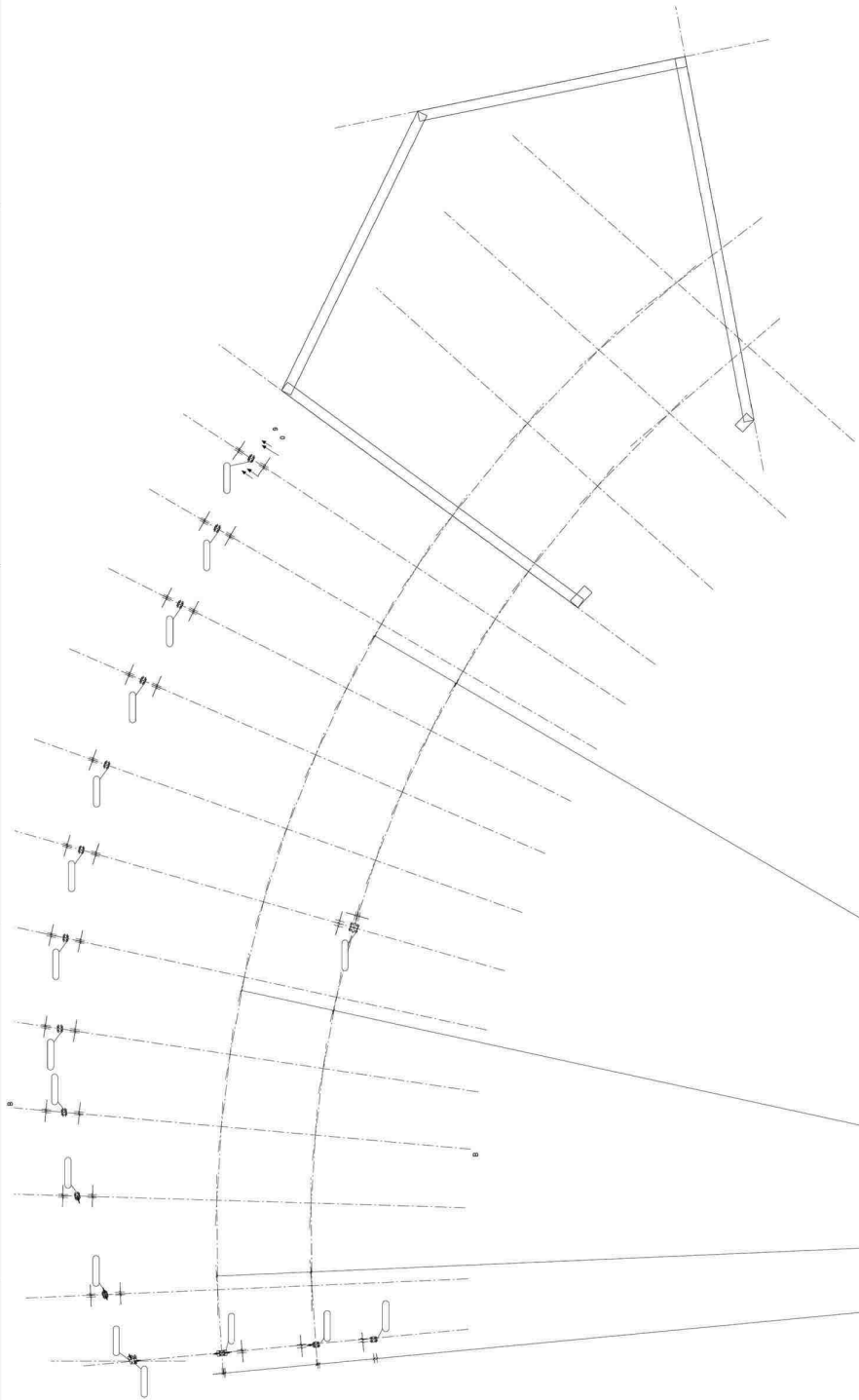
Schaal 1:500



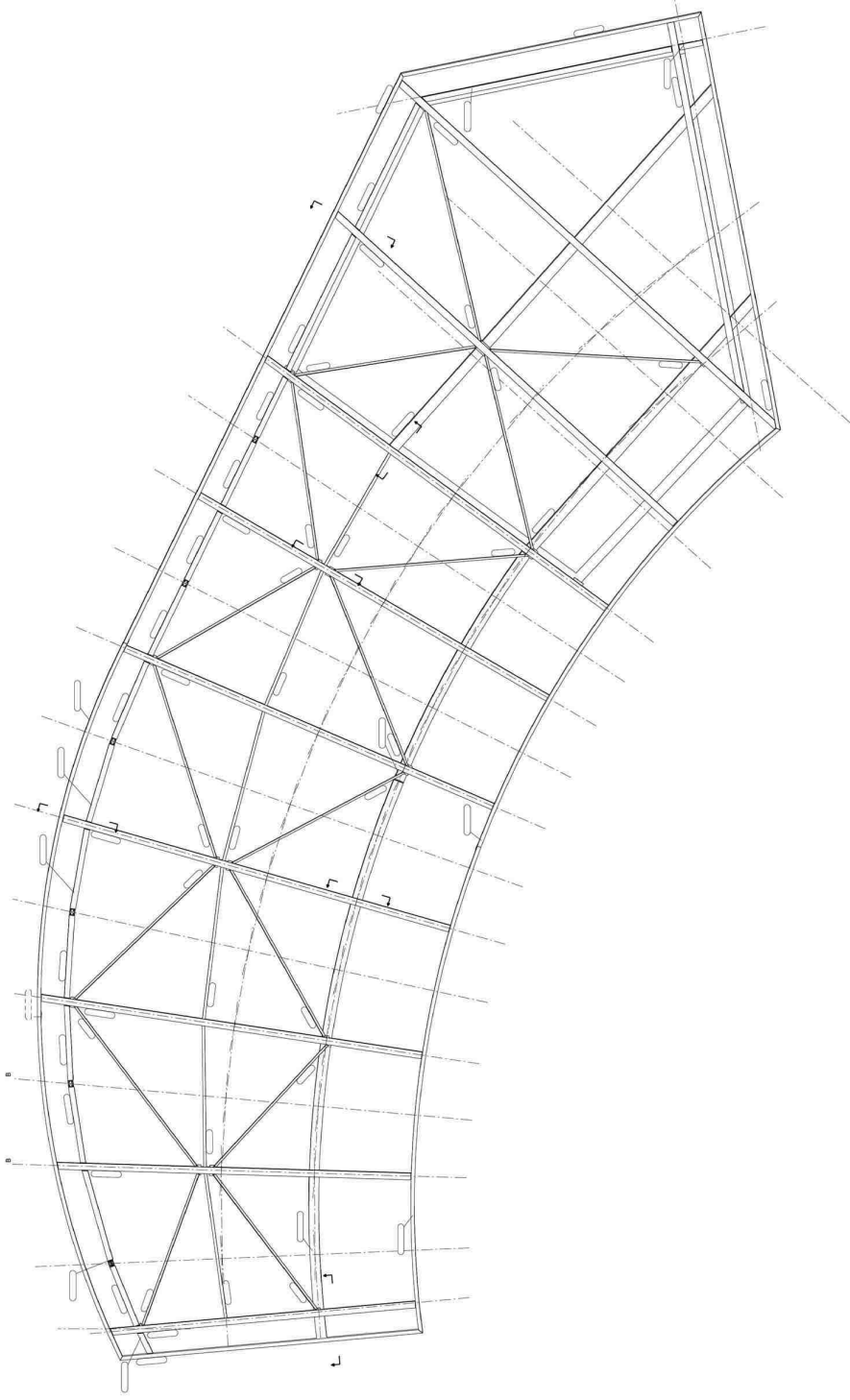








S B S
S B S



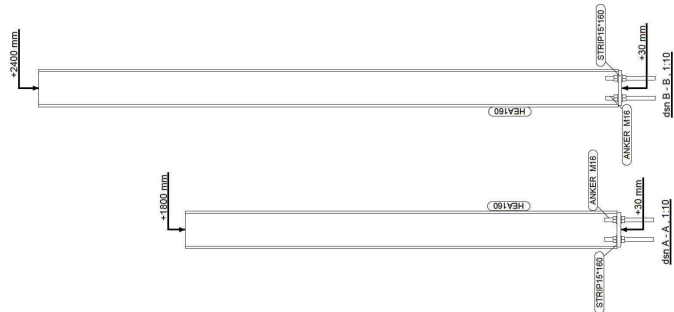
S
B
B

Francken Metaal BV
Reparatie en constructiewerkzaamheden

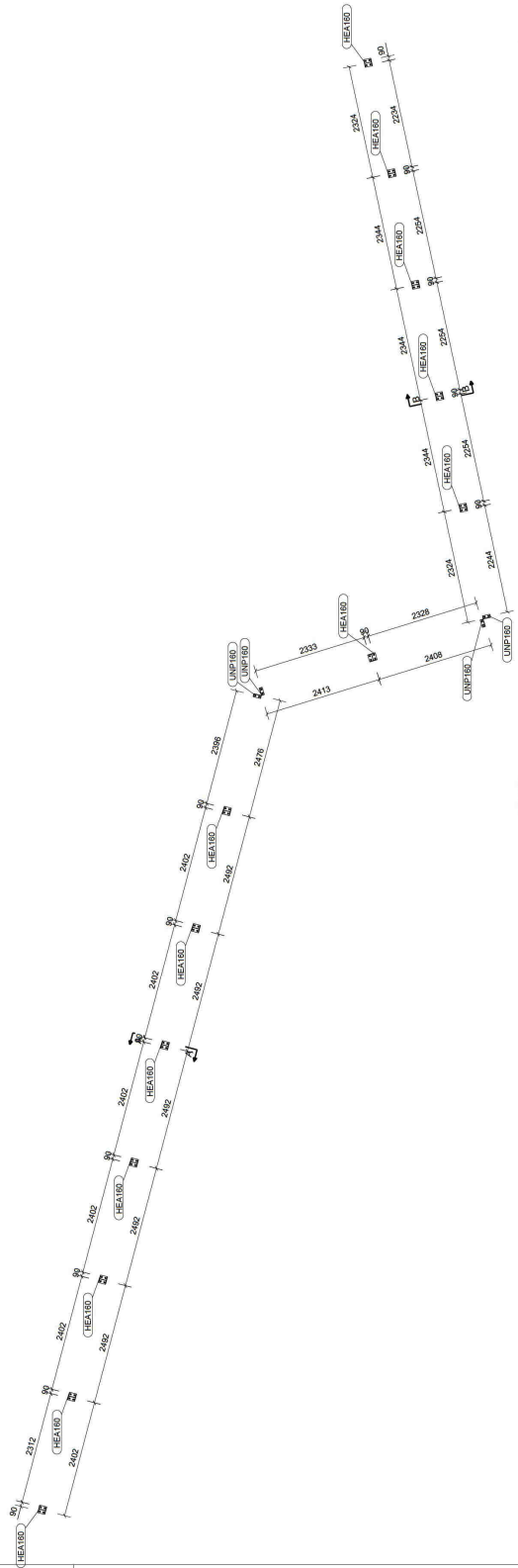
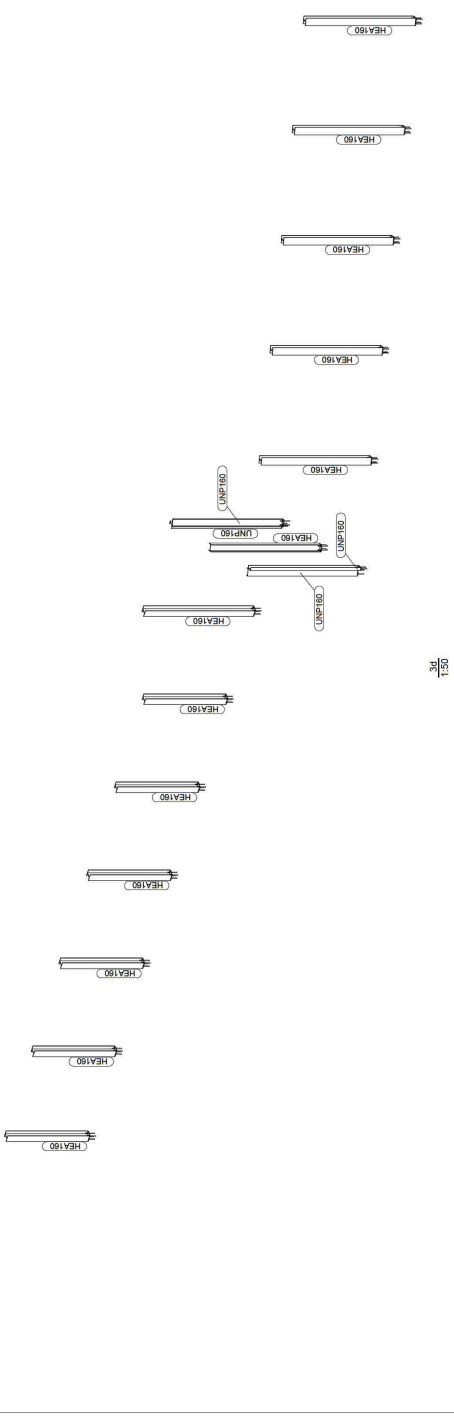
V

O O O

B



Staalkwaliteit: S235, tenzij anders vermeld
Boutkwaliteit: 8.8
Ankerkwaliteit: 4.6
Assen min 24 of 1/2 verzinkt +
Breedte min 40 mm
poedercoating RAL?



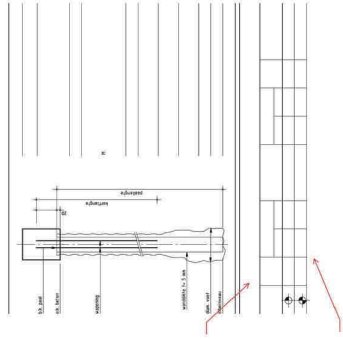


Francken Metaal BV
Reparatie en konstruktiewerkplaats

Francken Metaal BV
Hoge Rijpelle 7
5216 JH 't Hart
NL 0348-488327
fax: 0348-488755
E: info@franckemetaal.nl

Project : Steunpunt Rijsaterwoude
Aannemer : bouwbedrijf Nobel
Onderdeel : OVERZICHT

Status: concept	
Schaal : zie tekeninglabel	wijz :
Datum : 10.04.2014	werknnummer : K-235
Formaat : 594 x 841	tekeningnummer :
Tekenaar: DB	G [4]



Coordinaten tov A (0,0) punt



neodymium whisking	date	published
	A	
	D	
	C	
	B	
Sintering temperature as function of sintering gas used		
	A: 800-850	1. Longstanding

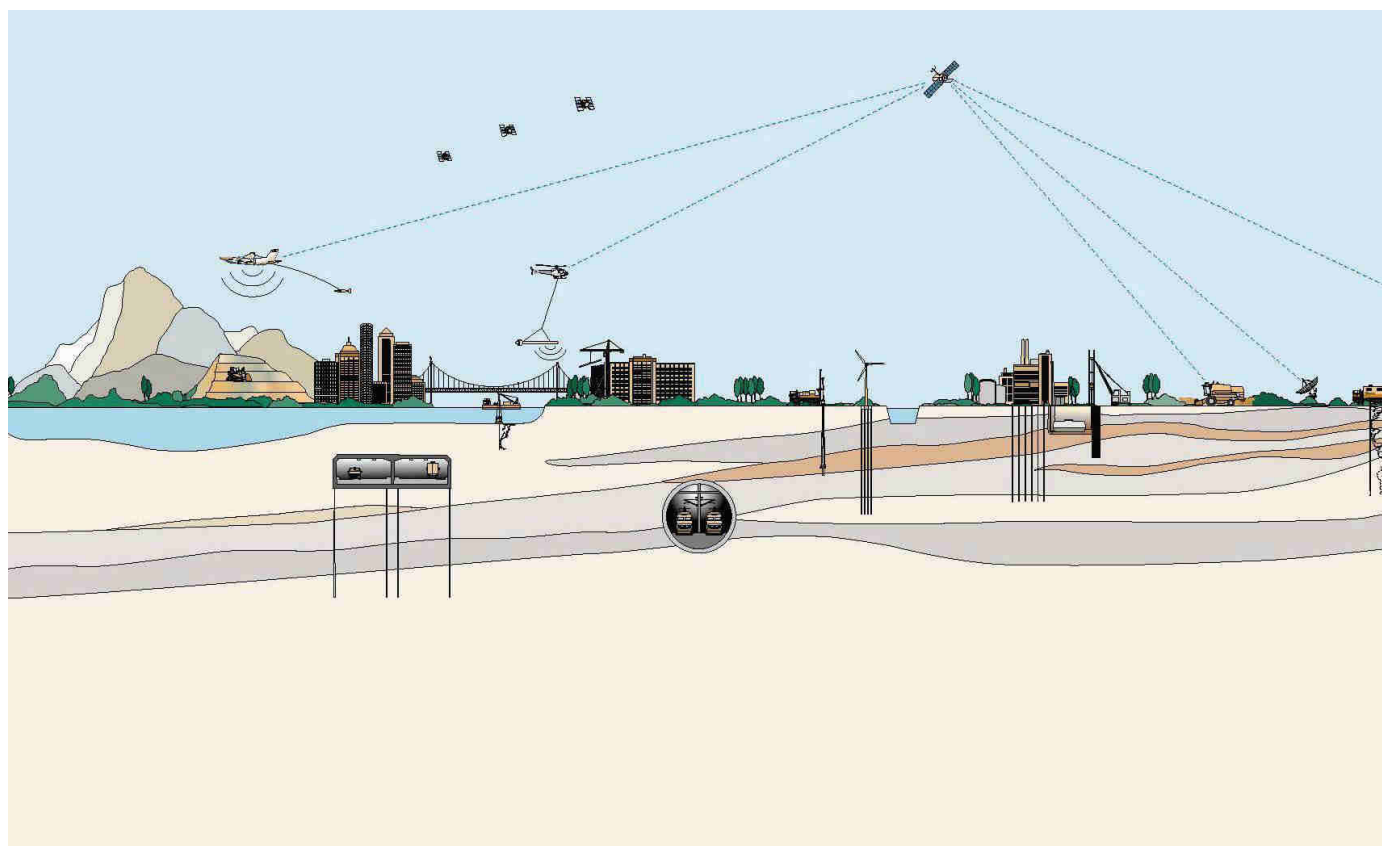
Fishers Biochemicals Nutrition BV
Dr. Schoutenstraat 29a
Postbus 1900
161-021-543 39 99
Email adres: phd.barnard@fishers.nl
www.phd.barnard@fishers.nl

project	Streeppunt Rijnwater-wedde - Weerwagge	projectnr	113076
locatie	Provincie Zuid-Holland	bestuur	W-01
ontwerper	Valios Architecten - Amsterdam		

GEOTECHNISCH ONDERZOEK EN
FUNDERINGSADVIES
betreffende

**PROVINCIAAL OPSLAGTERREIN
TE RIJNSATERWOUDE**

Opdrachtnummer: 4012-0829-012





GEOTECHNISCH ONDERZOEK EN
FUNDERINGSADVIES
betreffende

**PROVINCIAAL OPSLAGTERREIN
TE RIJNSATERWOUDE**

Opdrachtnummer: 4012-0829-012

Opdrachtgever : Provincie Zuid-Holland
Dienst beheer infrastructuur
Postbus 90602
2509 LP Den Haag

Constructeur : Pieters Bouwtechniek Haarlem B.V.
Dr. Schaepmanstraat 284
2032 GS Haarlem

Datum grondonderzoek : 21 maart 2013 en 31 maart 2014

Projectleider : art 5 1-2e
Hoofd Geo-Advies West-Nederland

Opgesteld door : art 5 1-2e
Adviseur Geotechniek
art 5 1-2e
Adviseur Geotechniek

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	2 mei 2013	eerste versie	
2	8 april 2014	aanvulling funderingsadvies met DKM 10 en DKM11	

FILE: 4012-0829-012.R02 Op deze rapportage zjn de algemene leveringsvoorwaarden ALV 2012 van toepassing die een aansprakelijkheidsbeperking bevatten.



<u>INHOUDSOPGAVE</u>	<u>Blz.</u>
1. ALGEMENE TOELICHTING	1
1.1. Inleiding	1
1.2. Projectomschrijving	1
2. GRONDONDERZOEK	2
2.1. Uitzetten en waterpassen	2
2.2. Sonderen	2
3. TERREIN- EN BODEMGESTELDHEID	3
4. FUNDERINGSADVIES	4
4.1. Algemeen	4
4.2. Fundering op palen	4
4.3. Geluidscherm	7
4.4. Controleberekening horizontaal belaste paal	8
5. UITVOERING	11
 <u>BIJLAGEN</u>	 <u>Nr.</u>
<u>Grondonderzoek</u>	
- Situatietekening	1
- "Legenda Terreinproeven en Grondsoorten"	
- "Continu Elektrisch Sonderen"	
- Sondeergrafieken	DKM1 t/m DKM11
 <u>Funderingsadvies</u>	
- Berekening negatieve kleef	2
- Berekening en toetsing rekenwaarde netto draagkracht	3



1. ALGEMENE TOELICHTING

1.1. Inleiding

Op 29 januari 2013 ontving Fugro GeoServices B.V. te Amsterdam van Provincie Zuid-Holland te Den Haag, de opdracht voor het uitvoeren van een grondonderzoek, alsmede het uitbrengen van een bouwput- en funderingsadvies. Het grondonderzoek en de adviezen hebben betrekking op de nieuwbouw van een zoutloods en pekelpotten te Rijsaterwoude.

Het bouwputadvies is op 29 april 2013 separaat, onder hetzelfde opdrachtnummer uitgebracht.

Op 25 maart 2014 ontving Fugro GeoServices B.V. de opdracht voor het uitvoeren van twee aanvullende sonderingen voor dit project.

Dit rapport bevat:

- een korte projectomschrijving;
- een beschrijving van het uitgevoerde grondonderzoek en de bodemgesteldheid (hoofdstuk 2 en 3);
- een funderingsadvies en berekening van de draagkracht (hoofdstuk 4);
- aanbevelingen met betrekking tot de uitvoering (hoofdstuk 5).

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

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

1.2. Projectomschrijving

Het project betreft de aanleg van een zoutloods en twee prefab putten voor opslag van pekewater aan de Woudsedijk-Zuid te Rijsaterwoude.

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. GRONDONDERZOEK

Het grondonderzoek voor dit project heeft bestaan uit 11 diepsonderingen met meting van de plaatselijke wrijvingsweerstand (code DKM) tot circa 25,0 m diepte. In verband met een obstakel in de ondergrond zijn de sonderingen DKM2 en DKM3 niet op diepte gekomen.

Sonderingen DKM10 en DKM11 zijn op 31 maart 2014 uitgevoerd. Voorliggend funderingsadvies is met deze twee sonderingen aangevuld.

2.1. Uitzetten en waterpassen

De onderzoekslocatie is door Fugro GeoServices B.V. uitgezet en gewaterpast ten opzichte van NAP en is weergegeven op de situatietekening in bijlage 1.

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

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

2.2. Sonderen

Het aantal en de locaties van de sonderingen zijn in overleg met de constructeur vastgesteld.

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

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

De resultaten van de sonderingen zijn getekend op de grafieken DKM1 t/m DKM11, waarop de diepte is uitgezet in meters ten opzichte van NAP.

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

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

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



3. TERREIN- EN BODEMGESTELDHEID

De maaiveldniveaus ter plaatse van de sondeerlocaties varieerden ten tijde van het onderzoek van NAP +0,05 m tot NAP -0,15 m.

Op basis van het grondonderzoek kan de bodemgesteldheid globaal worden geschematiseerd zoals in tabel 3-1 is weergegeven.

tabel 3-1: Globale bodemgesteldheid

Diepte in m t.o.v. NAP (ca.)	Bodembeschrijving
+0,05 à -0,15	Maaiveld
+0,05 à -0,15 tot -11,0 à -11,5	KLEI, VEEN en een zandige toplaag en tussenzandlaagjes
-11,0 à -11,5 tot -25,0	ZAND, 1e watervoerend pakket
ca. -25,0	Maximaal verkende diepte

Het peil van een nabijgelegen open water is gedurende het grondonderzoek van 21 maart 2013 op NAP -0,67 m. Deze waterstand is een éénmalige opname en bedoeld als een oriënterend gegeven.

Door na het trekken van de sondeerstangen te peilen in de sondeergaten, is de grondwaterstand vastgesteld op 0,6 m. tot 0,8 m beneden maaiveld, hetgeen overeenkomt met circa NAP -0,7 m tot NAP -0,9 m. Deze grondwaterstand is een éénmalige opname en slechts bedoeld als een oriënterend gegeven. De (grond)waterstand kan in de tijd fluctueren onder invloed van de weersgesteldheid en de seizoenen.



4. FUNDERINGSADVIES

4.1. Algemeen

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

In overleg met de constructeur is uitgegaan van de toepassing van trillingsvrije schroefinjectiepalen en houten palen. Deze funderingsoplossing is in paragraaf 4.2 nader uitgewerkt.

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 gebouwtijfheid 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 avegapalen 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.

4.2. Fundering op palen

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

- Het project bestaat uit de nieuwbouw van een zoutloods en pekelputten langs de bestaande kade. Voor de pekelputten zal het terrein worden ontgraven tot MV -4,0 m overeenkomend met ca. NAP -4,0 m.
- De rekenwaarden (UGT) voor de paalbelastingen vanuit de constructie ($F_{c,d}$) bedraagt respectievelijk 900 à 1000 kN voor de zoutloods en ca. 120 kN voor de pekelputten. Er is geen sprake van een trekbelasting.
- In de berekeningen is uitgegaan van 2 verschillende situaties. Ter plaatse van de zoutloods is gerekend met negatieve kleeftbelasting en ter plaatse van de pekelputten is ontspanning van de zandlaag in rekening gebracht.

In voorliggend advies is uitgegaan van 2 verschillende paalsystemen, trillingsvrije schroefinjectiepalen en houten palen. Hierbij is rekening gehouden dat de palen met licht materieel geïnstalleerd worden in verband met de aanwezige kadeconstructie.

Voor het funderingsadvies is op gekozen paalpuntniveaus de rekenwaarde van de draagkracht van de palen bepaald. De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in tabel 4-1 en 4-2.



Tabel 4-1: Paalpuntniveaus en rekenwaarden van de paal draagkracht, zoutloods

Sondering nr.	Maaiveldhoogte in m t.o.v. NAP	Paalpuntniveau in m t.o.v. NAP	$R_{net;d}$ in kN Schroefinjectiepaal	
			Ø 114/180/250 mm*)	Ø 140/220/350 mm*)
DKM4	-0,13	-17,5	565	995
		-18,0	665	1120
DKM5	+0,03	-17,5 à -18,5	555	925
		-19,0	695	1170
DKM6	+0,05	-17,5	535	925
		-18,0	565	945
		-18,5	635	1070
DKM7	-0,03	-17,5 à -18,0	525	885
		-18,5	585	995
		-19,0	685	1145
DKM8	-0,10	-17,5 à -18,0	525	875
		-18,5	545	905
		-19,0	585	970
DKM9A	-0,05	-17,5	535	905
		-18,0	605	1020
		-18,5	625	1045
DKM10	-0,12	-18,0	630	1060
		-18,5	730	1325
		-19,0	790	1370
DKM11	-0,13	-18,0	690	1175
		-18,5	760	1325
		-19,0	790	1350

Tabel 4-2: Paalpuntniveaus en rekenwaarden van de paal draagkracht, pekelpotten

Sondering nr.	Maaiveldhoogte in m t.o.v. NAP	Paalpuntniveau in m t.o.v. NAP	$R_{net;d}$ in kN houten palen
			Ø 130 mm
DKM4	-0,13	-12,5	100
		-13,0	130

Opmerkingen bij de tabel:

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

*) = respectievelijk diameter stalen buis, diameter schacht in slappe lagen, diameter schacht en voetplaat in draagkrachtige zandlagen



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 voor de palen onder zoutloods 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 ca. NAP -11,0 m.
- In verband met de uitvoering van ontgravingen tot een niveau van ca. NAP -4,0 m zijn de gemeten conusweerstand ter plaatse van de pekelpotten gereduceerd conform 7.6.2.3(k) van NEN 9997-1 en is geen negatieve kleefbelasting verdisconteerd.
- De houten palen hebben een tapsheid van ca. 7,5 mm/m¹.
- Toetsing volgens de UGT type B houdt in dat voldaan moet worden aan:
 $F_{c;d} < (R_{c;d} - F_{nk;d})$. De vervormingsgrenstoestanden zijn, gezien de zeer geringe zakking van de palen onder invloed van de belasting, niet maatgevend.

Overige opmerkingen

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. Bij heiafwijkingen kunnen de schachtspanningen in de paal maatgevend worden. Als bijdrage voor de rekenwaarde van de negatieve kleef ($F_{nk;d}$) kan voor de palen onder de zoutloods 81 kN/m¹ paalomtrek worden gehanteerd.

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 2 en 3.



4.3. Geluidsscherm

Op de projectlocatie wordt een nieuw geluidsscherm geplaatst, bestaande uit een houten frame en stalen kolommen. Het geluidsscherm heeft een maximale hoogte van 2,4 m boven het maaiveld en zal worden gefundeerd op een strokenfundering met een funderingsbreedte van 1,0 m. Op het scherm werken horizontale belastingen als gevolg van wind. Deze horizontale belasting bedraagt maximaal 2,5 kN/m (representatieve waarde). Tevens treedt een verticale belasting op van 10 kN/m (representatieve waarde).

In onderstaande tabel zijn de verwachte rekenwaarden van de opneembare horizontale en verticale draagkracht weergegeven. Tevens is een toetsing tegen kantelen uitgevoerd. De funderingsberekeningen zijn verricht conform de norm geotechniek NEN 9997-1 met het programma DFoundations 8.2, module "Shallow Foundations".

tabel 4-3: rekenwaarde van de verwachte draagkracht nabij DKM1

Breedte stroken fundering [m]	Gronddekking [m]	Verticale draagkracht		Horizontale draagkracht		Stabiliteit	
		V_d [kN]	R_d [kN]	H_d [kN]	R_d [kN]	Kantel stabiliteit	Totale stabiliteit
1,0	0,4	15	44	3,75	4,5	voldoet	

V_d = rekenwaarde verticale belasting

H_d = rekenwaarde horizontale belasting

R_d = rekenwaarde maximale opneembare horizontale en/of verticale belasting

Ter plaatse van de meeste sonderingen is op het constructief aanlegniveau van de fundering vrijwel direct een draagkrachtige zandlaag aanwezig. In de draagkrachtberekeningen is uitgegaan van kwalitatief goed, redelijk verdicht zand onder het aanlegniveau tot een niveau van ca. NAP-2,0 m.

Eventueel op het aanlegniveau van de fundering aanwezige stoorlagen dienen door dieper te ontgraven te worden verwijderd, waarna een grondverbetering wordt aangebracht. Het ontgravingsniveau of aanlegniveau dient, ook indien geen grondverbetering hoeft te worden aangebracht, met een lichte trilplaat in meerdere gangen te worden afgetrild en verdicht. Na ontgraven dient ervoor zorg gedragen te worden dat het materiaal niet verweekt of wordt verkneed.

De draagkracht is afhankelijk van de gronddekking naast strook. Indien er ontgravingen rondom de strook plaatsvinden zal de gronddekking verminderen. Dit zal tot een vermindering van de draagkracht leiden.

Zakkingen van de fundering

Voor de berekening van de zakking is de formule van Terzaghi-Buisman toegepast. De in de berekeningen te hanteren samendrukkingsconstanten zijn geschat aan de hand van de gemeten conusweerstand en de waarden gegeven in tabel 2.b van NEN 9997-1. Uit de berekeningen blijkt dat zakkingen (over een periode van ca. 30 jaar) kunnen optreden van circa 2 à 3 cm.

Rekening dient gehouden te worden met stijfheidsverschillen, onder meer veroorzaakt door de heterogeniteit van de bodem.



4.4. Controleberekening horizontaal belaste paal

Ter plaatse van de zoutloods kunnen horizontale belastingen optreden op de schroefinjectiepalen. Hiervoor is een controleberekening uitgevoerd.

Uitgegaan is van de onderstaande door u opgegeven uitgangspunten:

- rekenwaarde horizontale belasting $F_{s,h;d} = 35 \text{ kN}$ en (geschat $F_{s,h;rep} = 25 \text{ kN}$);
- verticale belasting $F_{s;d}$ van 1000 kN (geschat $F_{s;rep} = 750 \text{ kN}$);
- de horizontale belasting grijpt aan op ca. NAP 0,0 m (b.k. paal);
- in de berekeningen is uitgegaan van een ingeklemde paalkop.

De eigenschappen van de toegepaste buis zijn in onderstaande tabel vermeld.

tabel 4-4: Eigenschappen stalen buis

SI-paal met buis [mm]	Diepte [NAP]	Diameter [mm] **	EI-waarde [kNm ²]
140 x 10	0,0 / -18,5 m	Ø 140/220/350	1825

** Voor de buigstijfheid van de paal is alleen de staaldoorsnede in rekening gebracht.

De horizontale verplaatsing van de paalkop is berekend met het computerprogramma DSheetpiling 9.2, waarbij onderscheid is gemaakt in de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) en de uiterste grenstoestand (GEO).

Voor de berekeningen zijn karakteristieke waarden voor de relevante grondparameters bepaald aan de hand van het gronderzoek en tabel 2.b uit NEN 9997-1. De beddingsconstanten zijn berekend met behulp van de methode van Menard voor horizontaal belaste palen. In tabel 4 zijn de in de berekeningen gehanteerde geotechnische parameters gegeven.

De rekenwaarden van de sterkteparameters van de bodem zijn bepaald met behulp van tabel A.4a uit NEN 9997-1, waarbij :

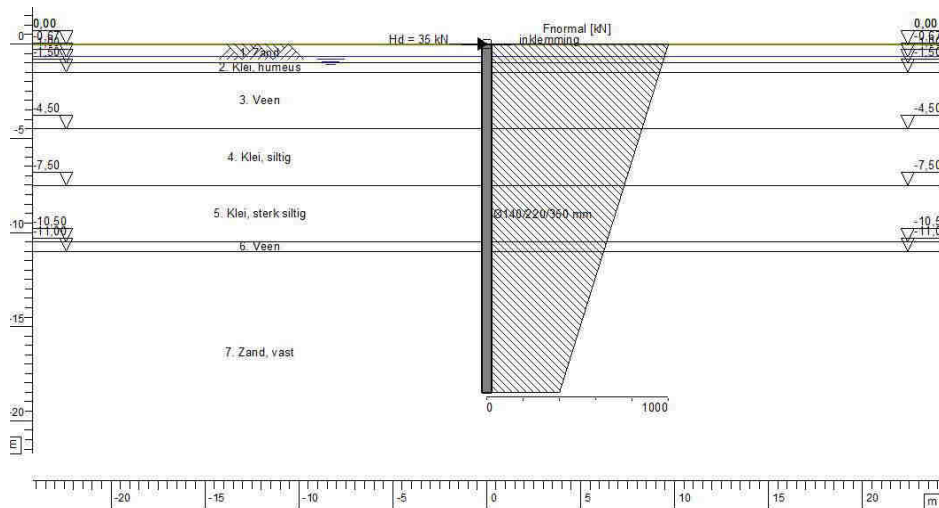
- $\gamma_{\phi} = 1,2$
- $\gamma_{c'} = 1,5$
- $\gamma_E = 1,3$

Tabel 4-5: Representatieve waarden sterkteparameters, maategevende sondering DKM1

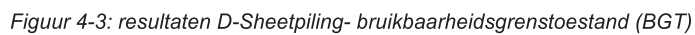
bovenkant laag [m NAP]	grondlaag	$\gamma/\gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	c' [kN/m ²]	ϕ' [°]	k_h [kN/m ³]
0,0	Zand, toplaag	17/19	0,0	27,5	17.600
-1,0	Klei, humeus	13/13	2,0	17,5	11.800
-1,5	Veen	11/11	3,0	15,0	9.000
-4,5	Klei, siltig	16/16	2,0	22,5	10.100
-7,5	Klei, sterk siltig	15/15	2,0	22,5	8.400
-10,5	Veen	11/11	3,0	15,0	16.200
-11,0	Zand, vast gepakt	10/10	0,0	32,5	77.500

Waarin:

- $\gamma/\gamma_{\text{sat}}$ = droog/nat volumegewicht
- c' = karakteristieke waarde effectieve cohesie
- ϕ' = representatieve waarde hoek van inwendige wrijving
- k_h = karakteristieke waarde voor de horizontale beddingsconstante voor palen volgens Menard



paaltype	Diepte [m NAP]	GEO		BGT	
		δ_d [mm]	$M_{s,d}$ [kNm]	δ_{rep} [mm]	$M_{s,rep}$ [kNm]
schroefinjectiepaal Ø 140 mm – 10 mm	0,0	n.v.t.	+67	14	+25
	-3,0		-25	1	-6





5. UITVOERING

Schroefinjectiepalen

Van schroefinjectiepalen zijn momenteel nog geen KIWA beoordelingsrichtlijnen voorhanden. Aanbevolen wordt te werken met een aannemer die over interne gecertificeerde ISO / NEN - richtlijnen beschikt.

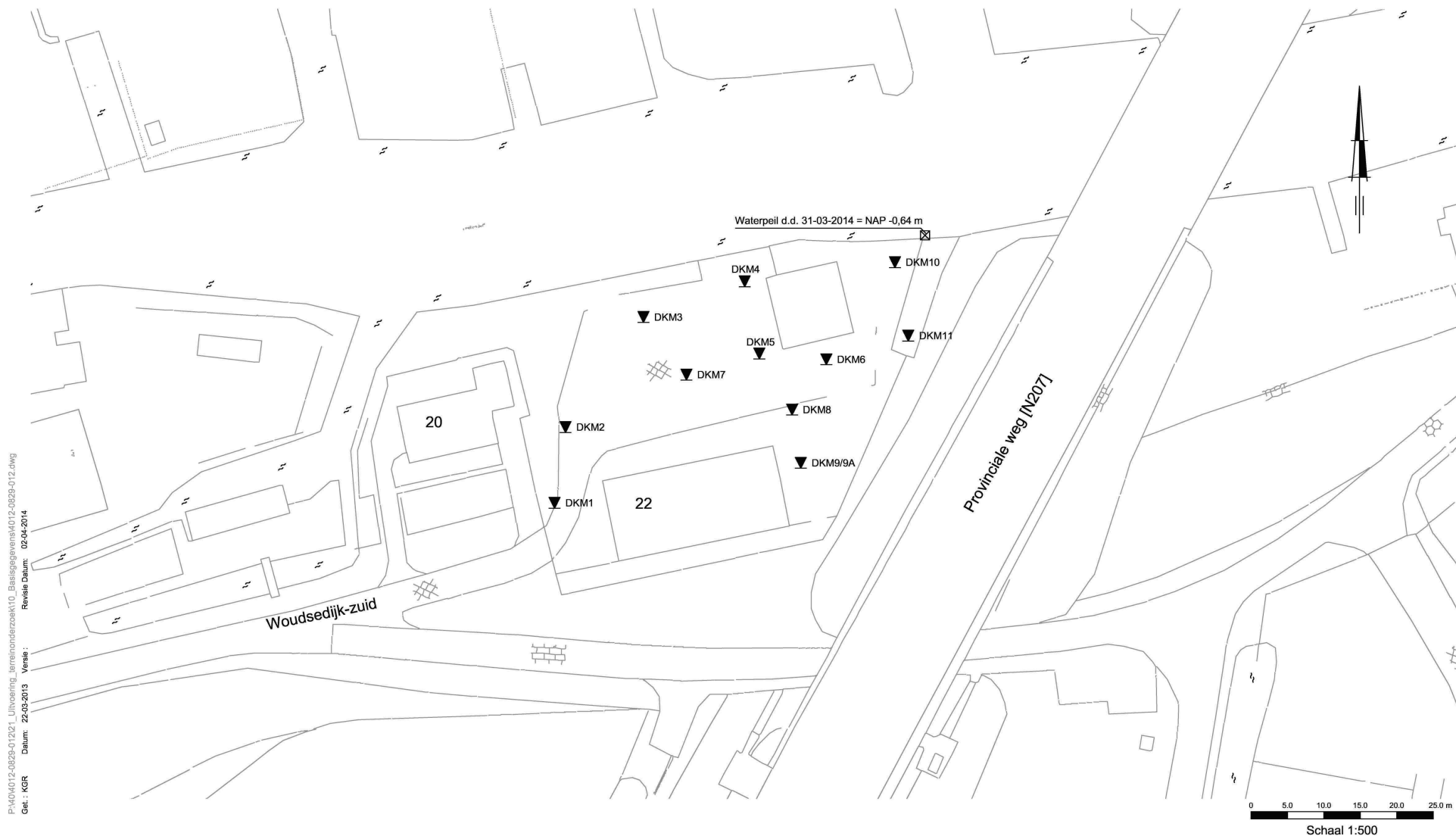
Om beïnvloeding van de draagkracht van de bestaande paalfundering te voorkomen adviseren wij, bij toepassing van schroefinjectiepalen met een dieper installatieniveau een minimale h.o.h. afstand van ca. 2,0 m te hanteren.

Houten palen

Het heiwerk van de houten palen dient te worden uitgevoerd door een gerenommeerd en op dit terrein gespecialiseerd bedrijf.

Het heiwerk kan worden uitgevoerd met een vrije valblok of een licht hydraulische valblok. Tijdens het heiwerk dient, afhankelijk van de ondervonden bodemweerstand en de werking van het blok, bij voorkeur ter plaatse van een sondering, de juiste instelling te worden bepaald.

Bij houten palen dient de lengte van de betonnen oplangers dusdanig te worden gekozen dat de houten paalkop zich te allen tijde minimaal 0,5 m beneden de laagste te verwachten grondwaterstand bevindt.



P:\04\012-0829-012\01_Uitvoering_terreinonderzoek\10_Basisgegevens\4012-0829-012.dwg
 Get.: KGR Datum: 22-03-2013 Versie: 02-04-2014

Wijziging	012	04-02-2014	Sonderingen DKM10 en DKM11 uitgevoerd d.d. 31-03-2014	JNI
-----------	-----	------------	---	-----

SITUATIE

PROVINCIAAL OPSLAGTERREIN TE RIJNSATERWOUDE

Opdr. : 4012-0829-012
 Bijl. : 1



LEGENDA TERREINPROEVEN EN GRONDSOORTEN

BORINGEN / PEILBUIZEN

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

SONDERINGEN

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

Type sonderingen

M	middelzware sondering
D	diepsondering
DZ	diepzware sondering
S	slagsondering

Toegevoegde metingen

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

LEGENDA / TERMINOLOGIE

grind

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

zand

	Zand, kleiig
	Zand, zwak siltig
	Zand, matig siltig
	Zand, sterk siltig
	Zand, uiterst siltig

veen

	Veen, mineraalarm
	Veen, zwak kleiig
	Veen, sterk kleiig
	Veen, zwak zandig
	Veen, sterk zandig

klei

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

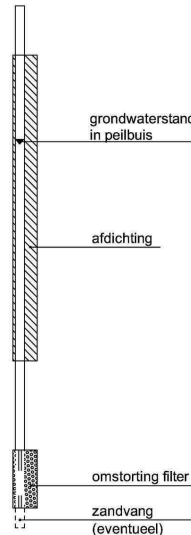
leem

	Leem, zwak zandig
	Leem, sterk zandig

Overige toevoegingen

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

Peilbuis



Monsters

	geroerd monster
	ongeroerd monster

Overig

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



CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

Meettechniek

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

Bij het uitvoeren van een sondering conform *NEN-EN-ISO 22476-1:2012/C1:2013* wordt de puntweerstand gemeten, die moet worden overwonnen om een conus met een tophoek van 60° en een basisoppervlak van 1000 mm^2 met een constante snelheid van ca 20 mm/s in de bodem te drukken. Voor de meting van de wrijvingsweerstand is een mantel met een oppervlak van 15000 mm^2 boven de punt aangebracht. De druk op de conuspunt (conusweerstand in MPa) en de wrijving langs de kleefmantel (plaatselijke wrijvingsweerstand in MPa) worden door rekstroken in de conus continu digitaal gemeten. Volgens *NEN-EN-ISO 22476-1* mag het basisoppervlak van de conus tussen 500 en 2000 mm^2 variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten moeten worden toegepast. Fugro sonderingen worden standaard uitgevoerd met een sondeerconus met een basisoppervlak van 1500 mm^2 en een manteloppervlak van 20000 mm^2 .

Veelal wordt gebruik gemaakt van een conus met een korter cilindrisch deel boven de conuspunt dan in *NEN-EN-ISO 22476-1* vermelde 400 mm voor een standaard conus. Het cilindrische deel vanaf de conuspunt van de standaard door Fugro gebruikte conussen een lengte heeft van 230 mm in plaats van de genormeerde lengte. Onderzoek¹⁾ heeft aangetoond, dat de invloed van de lengte van deze conus op het sondeerresultaat verwaarloosbaar is, terwijl met een kortere conus met minder risico een grotere sondeerdiepte kan worden bereikt.

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

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

Interpretatie van de sonderingen met plaatselijke wrijvingsweerstand

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

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

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

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

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



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 ingangsparameters.

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

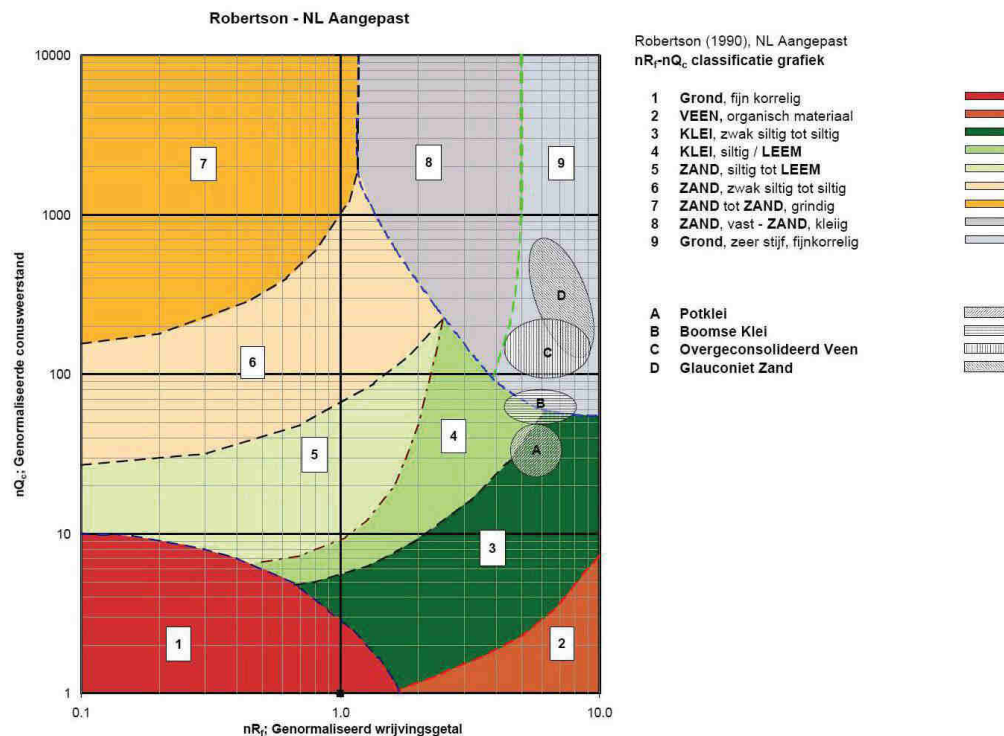
Genormaliseerde conusweerstand:
$$nQ_c = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$

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

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

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

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

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

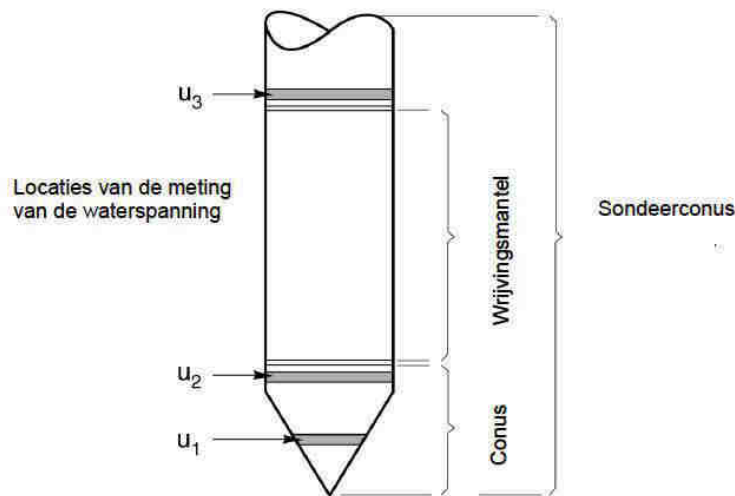
metingen uit te voeren. In onderstaand schema zijn enkele mogelijkheden aangegeven. Indien gewenst kan nadere informatie over metingen en toepassingsmogelijkheden worden verschaft.

Waterspanningssonderingen

Naast registratie van conusweerstand en plaatselijke wrijvingsweerstand wordt bij een groot deel van de sonderingen waterspanning geregistreerd. Een waterspanningsconus 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. 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.



CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN



Figuur 1 Principe piëzo-conus

Uitvoeringswijze

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

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

Interpretatie

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

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

Bij de interpretatie speelt met name de wateroverspanning een rol, dat wil zeggen de verhoging van de waterspanning die door het indrukken van de conus ontstaan is.

Dunne cohesieve laagjes in een zandpakket en dunne zandlaagjes in een kleipakket, die in de conusweerstand en de plaatselijke wrijvingsweerstand door uitmiddeling niet of slecht zichtbaar zijn, kunnen goed worden gedetecteerd aan de hand van de water(over)spanningen, die door het sonderen ontstaan. Deze laagjes kunnen van groot belang zijn voor het zettingsgedrag van funderingen en voor de verticale (on)doorlatendheid van de grond.

Verder kunnen met de piëzo-conus, met name via de u_1 -meting, sterk gelaagde structuren van zand en klei onderscheiden worden van homogene lagen hetgeen op basis van conusweerstand en plaatselijke



CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

wrijving in de meeste gevallen niet lukt. Aangetoond is dat het detectievermogen van de u_1 -meting veel hoger is dan van de u_2 -meting.

Wateroverspanningindex B_q

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

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

waarin:

- β = factor voor de verschillende grondsoorten voor omrekening van u_1 naar u_2 ; standaard wordt hiervoor aangehouden 0,8, zijnde normaal geconsolideerde kleien (zie hierna volgende tabel);
- q_{net} = $q_t - \sigma_{v0}$ = netto conusweerstand;
- q_t = $q_c + (1-a) \cdot \{\beta \cdot (u_1 - u_0) + u_0\}$ voor een filter in de conuspunt;
- = $q_c + (1-a) \cdot u_2$ 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 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.



CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

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 wr jving 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 wr jving 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 wr jving 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 wr jving Sondeerlengte	500 kPa of 5 % 50 kPa of 20 % 0,2 m of 1 %	50 mm	A B C D	G* G* G* G*

NOOT 1 Richtlijnen voor gebruik van Tabel 2 zijn gegeven in bijlage F.

NOOT 2 Voor uiterst slappe gronden maken soms nog hogere nauwkeurigheden noodzakelijk.

^a De toegestane minimum nauwkeurigheid van de gemeten parameters is de grootste van de twee genoemde. De relatieve nauwkeurigheid geldt voor de gemeten waarde en niet voor het meetbereik.

^b Volgens ISO 14688-2:

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

^c G vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een laag niveau van onzekerheid

G* indicatieve vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een hoog niveau van onzekerheid

H interpretatie met betrekking tot ontwerp met een laag niveau van onzekerheid

H* interpretatie met betrekking tot ontwerp met een hoog niveau van onzekerheid

^d Waterspanning kan alleen worden gemeten als TE2 wordt toegepast.

Voor projecten, waarbij parameters op basis van Tabel 2.b NEN 9997-1 worden afgeleid, is een hoge nauwkeurigheidsklasse gewenst. Het is echter in een bodemgesteldheid met zowel zeer slappe grondlagen als zeer vaste zandlagen met hoge conusweerstand onmogelijk om aan de eisen van toepassing klasse 1 voldoen zoals ook blijkt uit de bovenstaande tabel. Het bij Fugro gehanteerde



CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

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 tenminste in toepassingsklasse 3 vallen en voor een groot deel binnen klasse 2. 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. Toepassingsklasse 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.

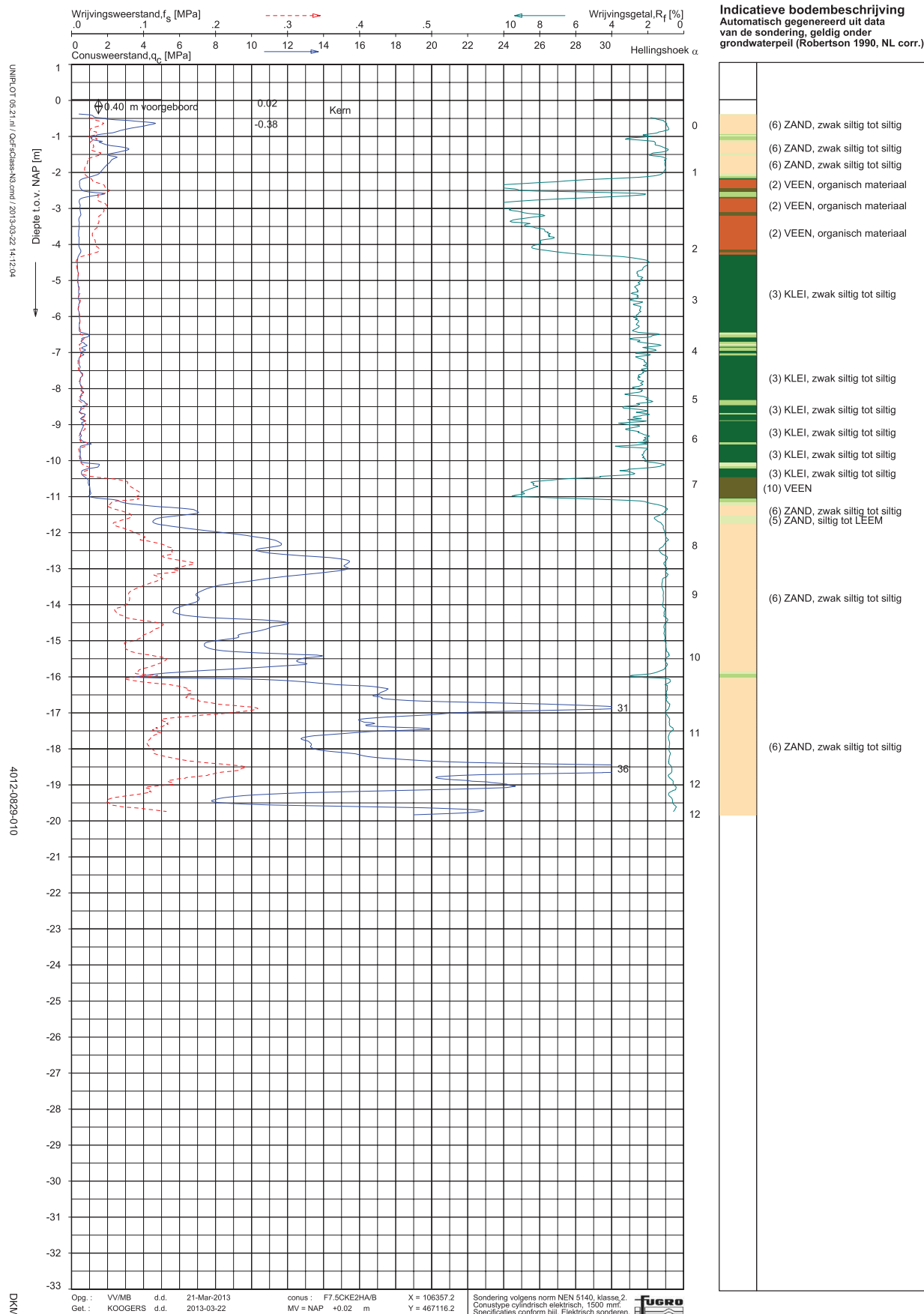
In de praktijk komt het af en toe voor dat sonderingen worden uitgevoerd, waarbij door de opdrachtgever is aangegeven dat de maaiveldhoogte niet ten opzichte van een vast referentiepeil (NAP) hoeft te worden vastgelegd. Deze sonderingen voldoen derhalve op dit punt niet aan **EN-ISO 22476-1**.

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
	Plaatsel jke wrijvingsweerstand	0,01 MPa of 10%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 1 %	
2	Conusweerstand	0,25 MPa of 5%	50 mm
	Plaatsel jke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 15%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
3	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatsel jke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Helling	5°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
4	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatsel jke 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.



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

PROVINCIAAL OPSLAGTERREIN TE RIJNSATERWOUDE

Opdr. 4012-0829-010
Sond. DKM1

4012-0829-010

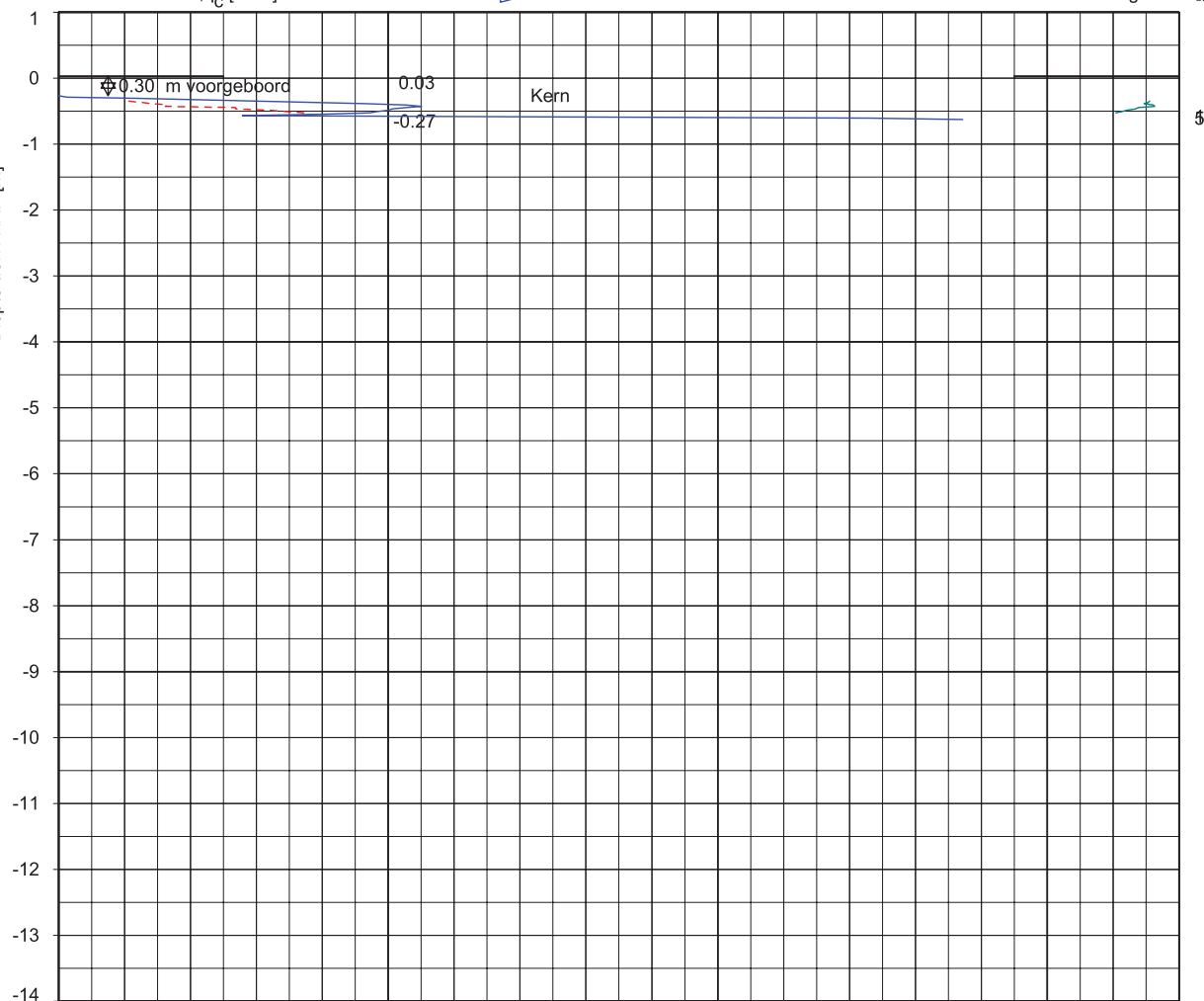
Diepte t.o.v. NAP [m]



DKM2 - 1

Wrijvingsweerstand, f_s [MPa] -----> <----- Wrijvingsgetal, R_f [%]

Conusweerstand, q_c [MPa] -----> <----- Hellingshoek α



Opg.: VV/MB d.d. 21-Mar-2013
Get.: KOOGERS d.d. 2013-03-22

conus: F7.5CKE2HA/B
MV = NAP +0.03 m

X = 106358.7
Y = 467126.6

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



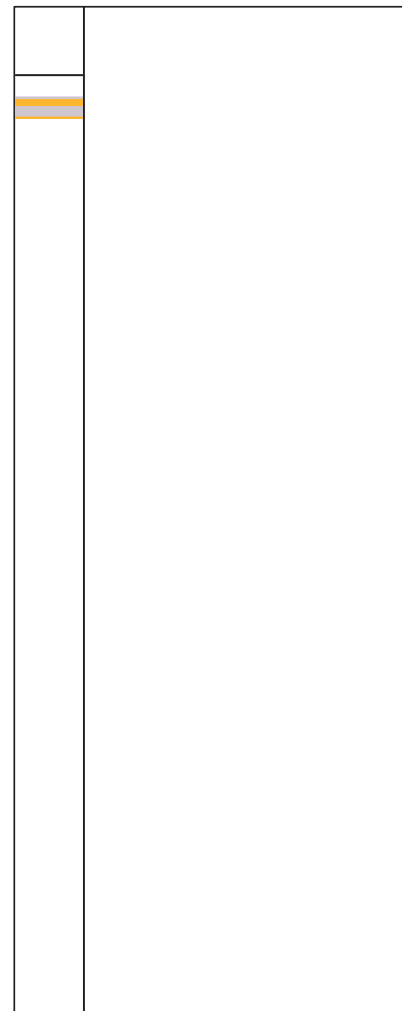
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

PROVINCIAAL OPSLAGTERREIN TE RIJNSATERWOUDE

Opdr. 4012-0829-010
Sond. DKM2

Indicatieve bodembeschrijving

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



4012-0829-010

Diepte t.o.v. NAP [m]



DKM3 - 1

Wrijvingsweerstand, f_s [MPa] Wrijvingsgetal, R_f [%]
 .0 .1 .2 .3 .4 .5 10 8 6 4 2 0
 Conusweerstand, q_c [MPa] Hellingshoek α



Opg.: VV/MB d.d. 21-Mar-2013
 Get.: KOOGERS d.d. 2013-03-22

conus: F7.5CKE2HA/B
 MV = NAP -0.11 m

X = 106369.4
 Y = 467141.7

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



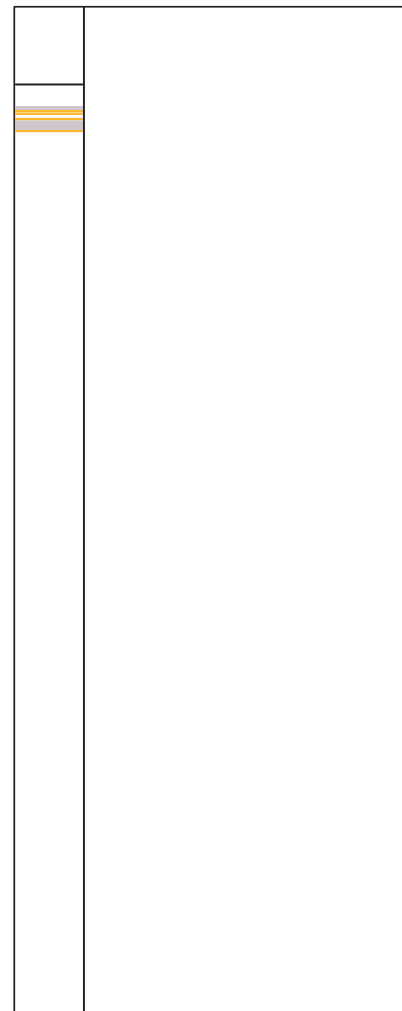
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

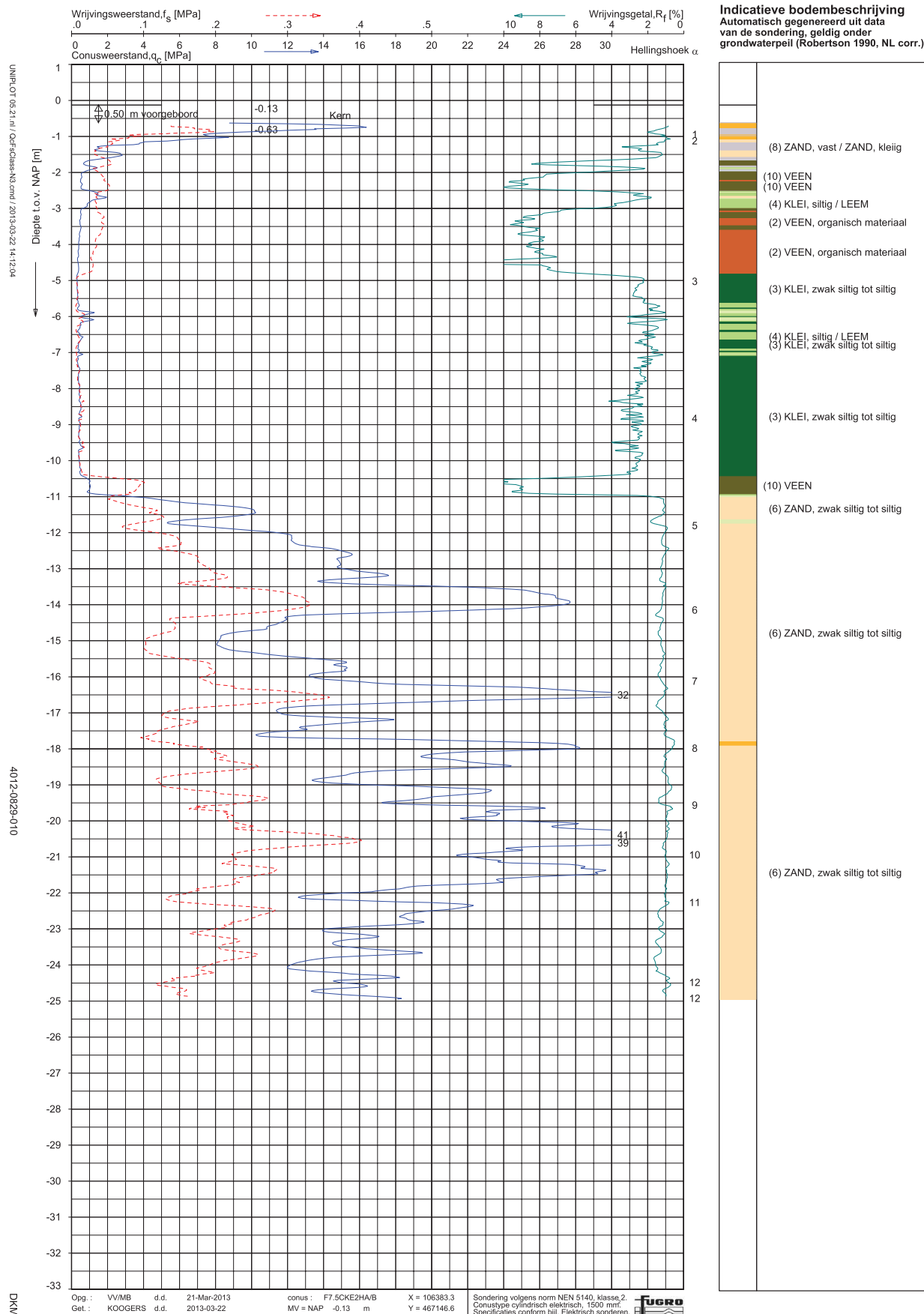
PROVINCIAAL OPSLAGTERREIN TE RIJNSATERWOUDE

Opdr. 4012-0829-010
 Sond. DKM3

Indicatieve bodembeschrijving

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



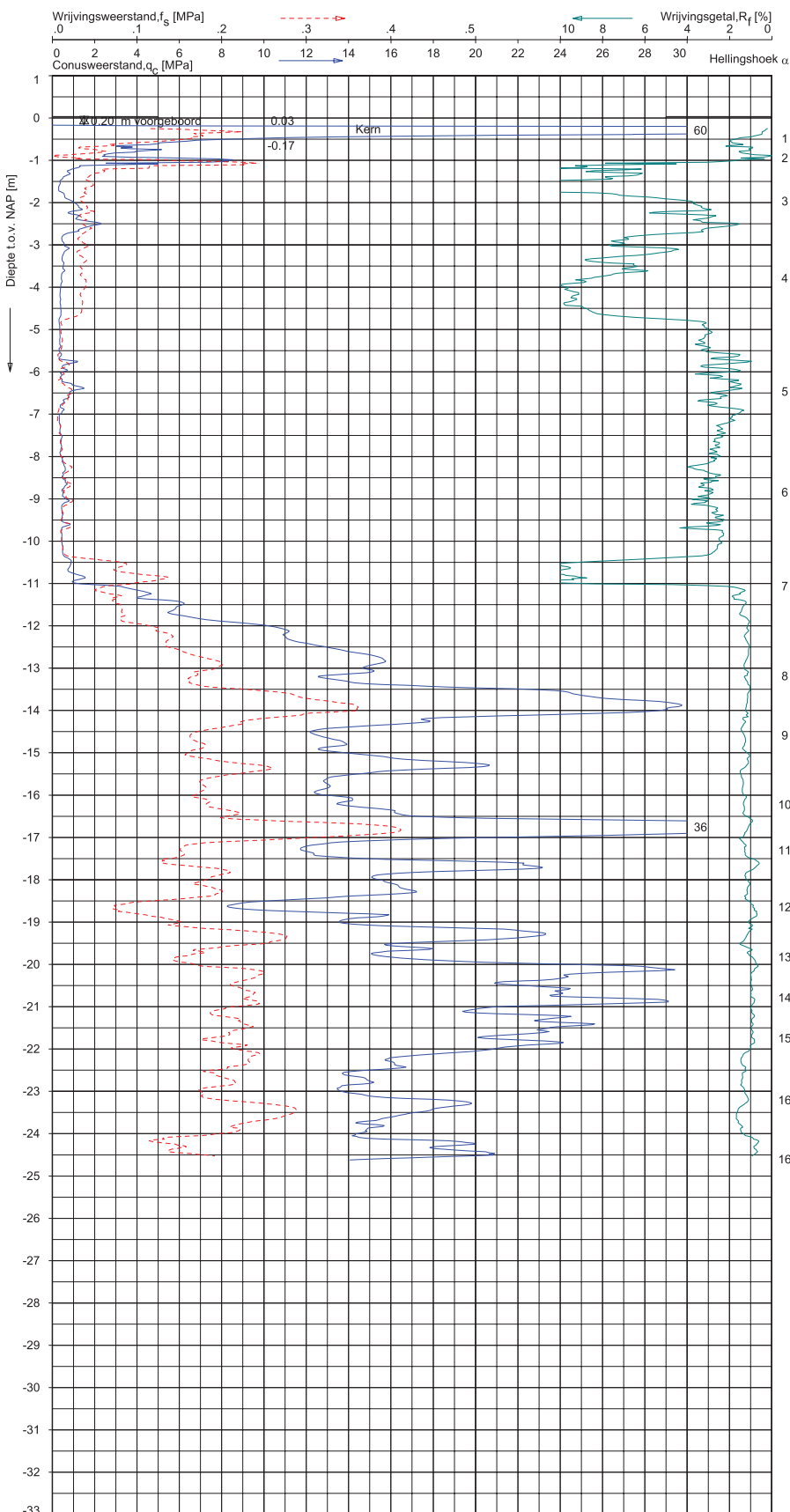




UNIPLOT 06.21.nl / Oefschakel-NL.cmf / 2013-03-22 14:12:05

4012-0829-010

DKM5 - 1



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



Opdr.: VV/MB d.d. 21-Mar-2013 conus: F7.5CKE2HA/B X = 106385.3
Get.: KOOGEERS d.d. 2013-03-22 MV = NAP +0.03 m Y = 467136.7

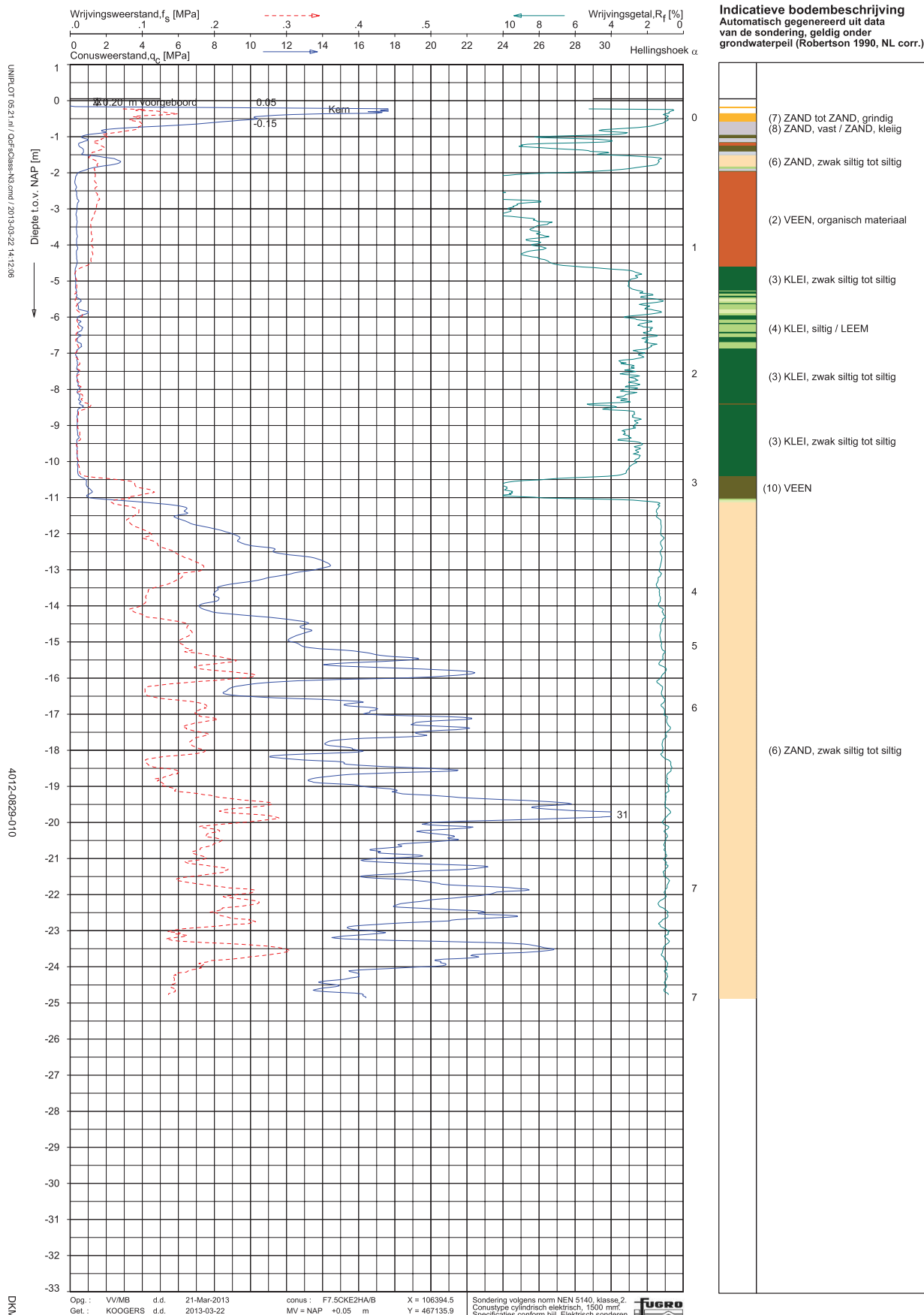
Sondering volgens norm NEN 5140, klasse 2.
Conus type cilindrisch elektrisch, 1500 mm.
Specificaties conform bijl. Elektrisch sonderen.



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

PROVINCIAAL OPSLAGTERREIN TE RIJNSATERWOUDE

Opdr. 4012-0829-010
Sond. DKM5



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

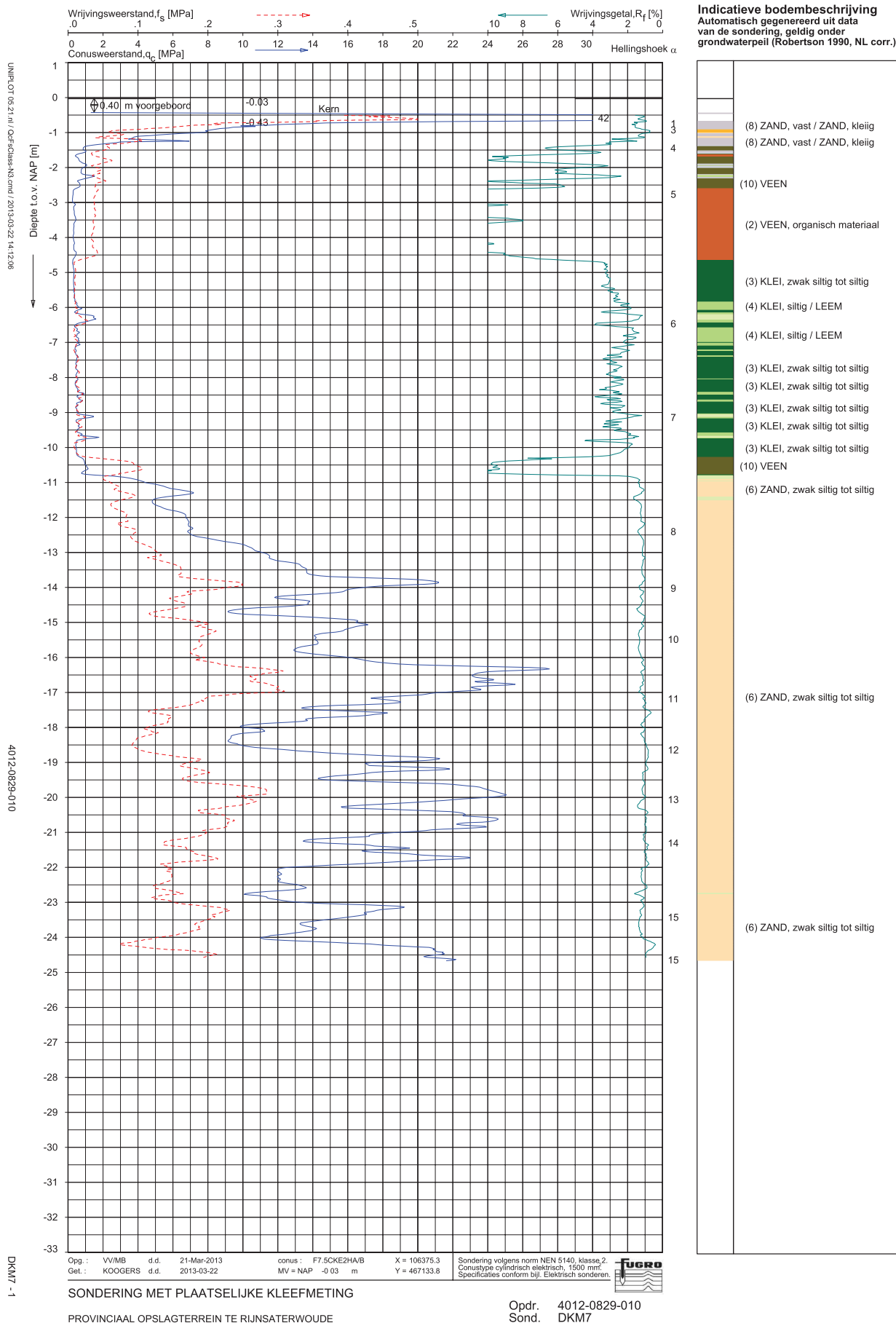
PROVINCIAAL OPSLAGTERREIN TE RIJNSATERWOUDE

Opdr. 4012-0829-010
Sond. DKM6

UNIPLOT 06.21.m / Oefschakel-NL.cmf / 2013-03-22 14:12:06

4012-0829-010

DKM6 - 1

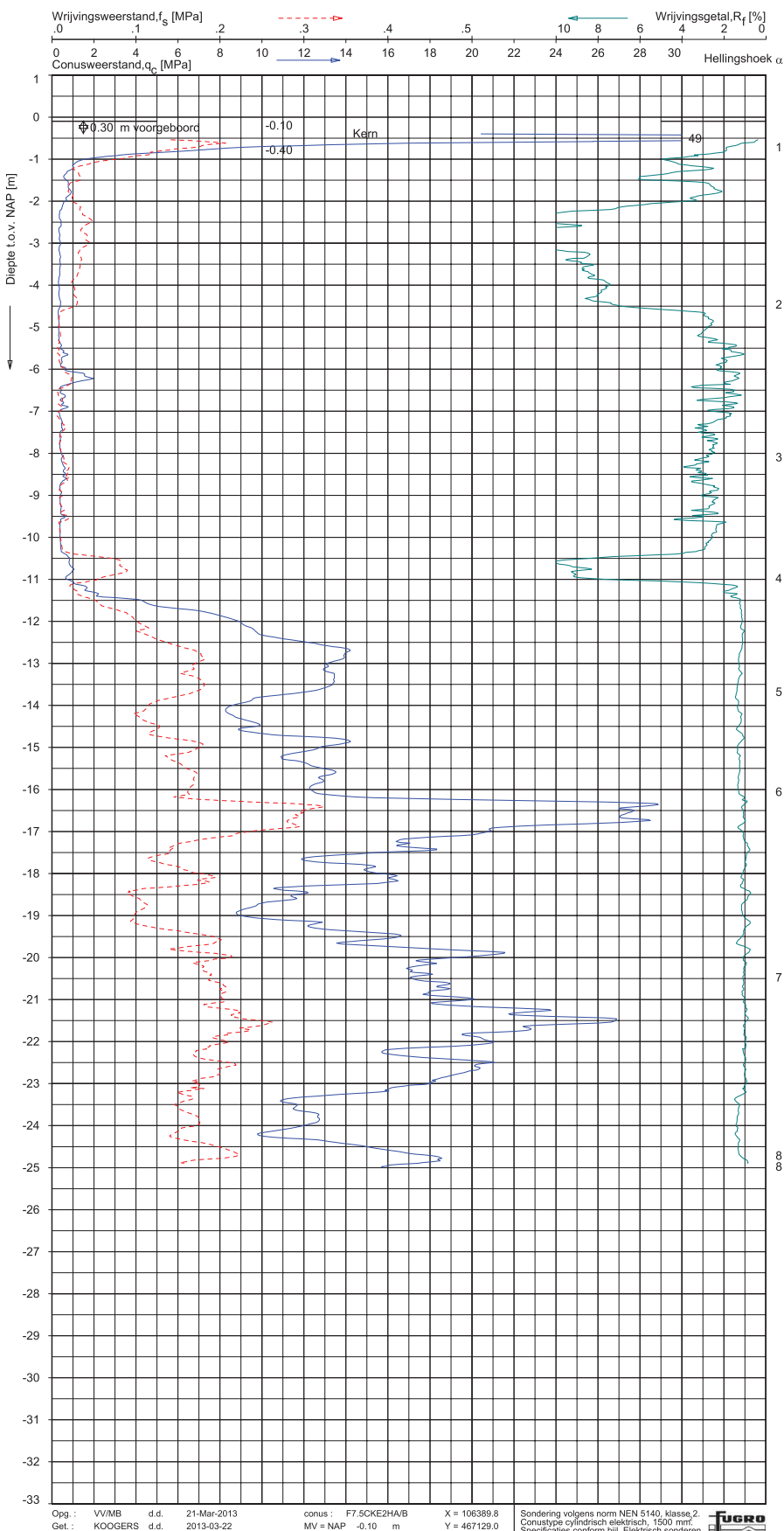




UNIPLOT 06.21.nl / Oefschakel-NL.cmf / 2013-03-22 14:12:07

4012-0829-010

DKM8 - 1



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



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 PROVINCIAAL OPSLAGTERREIN TE RIJNSATERWOUDE

Opdr. 4012-0829-010
 Sond. DKM8

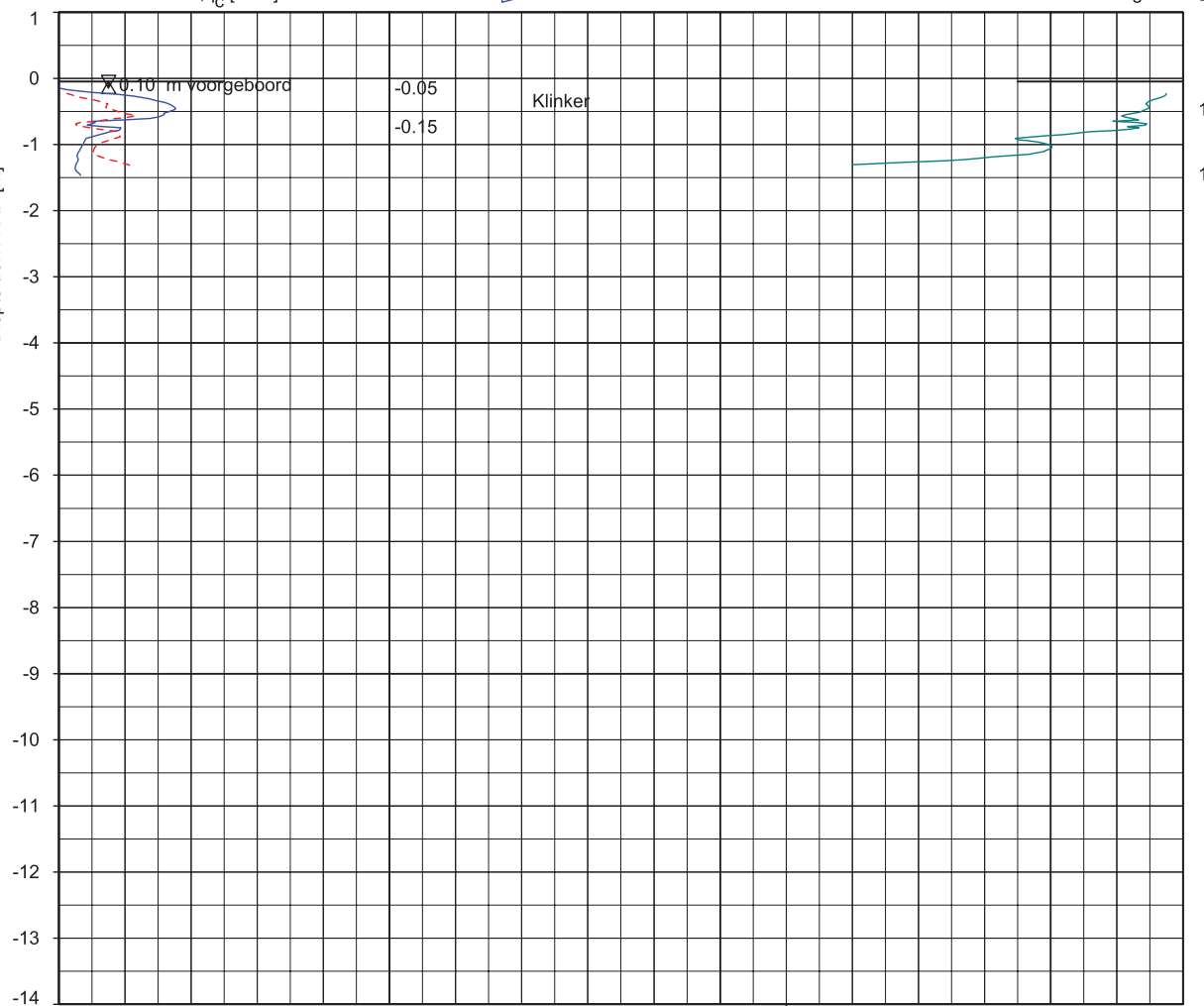
4012-0829-010

Diepte t.o.v. NAP [m]



DKM9 - 1

Wrijvingsweerstand, f_s [MPa] → ← Wrijvingsgetal, R_f [%]
 .0 .1 .2 .3 .4 .5 10 8 6 4 2 0
 Conusweerstand, q_c [MPa] → ← Hellingshoek α



Opg.: VV/MB d.d. 21-Mar-2013
 Get.: KOOGERS d.d. 2013-03-22

conus: F7.5CKE2HA/B
 MV = NAP -0.05 m

X = 106391.0
 Y = 467121.7

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



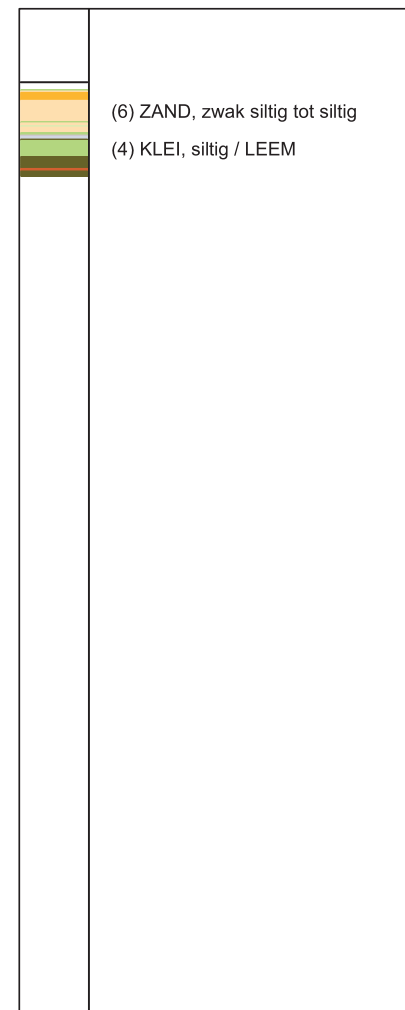
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

PROVINCIAAL OPSLAGTERREIN TE RIJNSATERWOUDE

Opdr. 4012-0829-010
 Sond. DKM9

Indicatieve bodembeschrijving

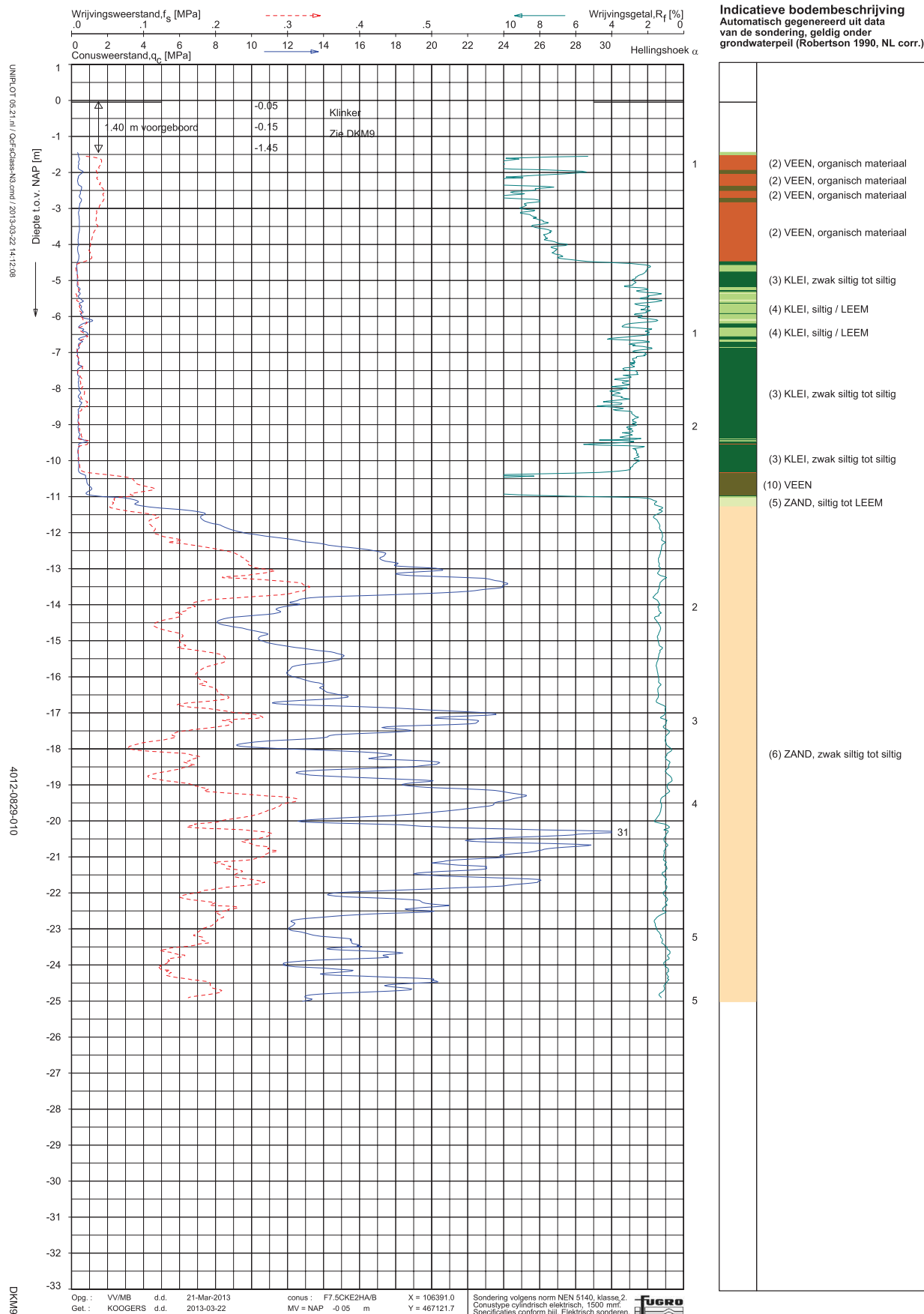
Automatisch gegenereerd uit data
 van de sondering, geldig onder
 grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



(6) ZAND, zwak siltig tot siltig

(4) KLEI, siltig / LEEM

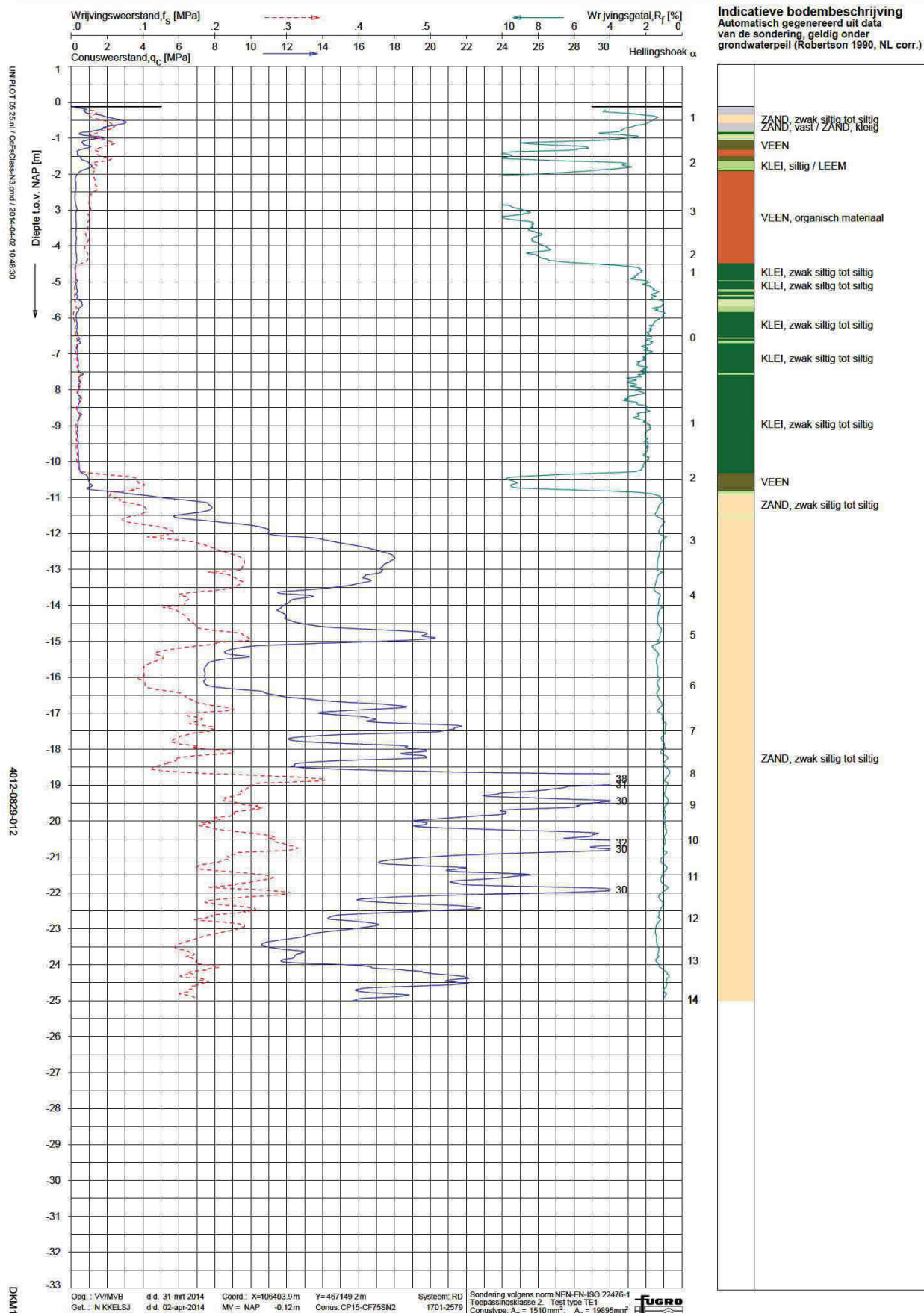


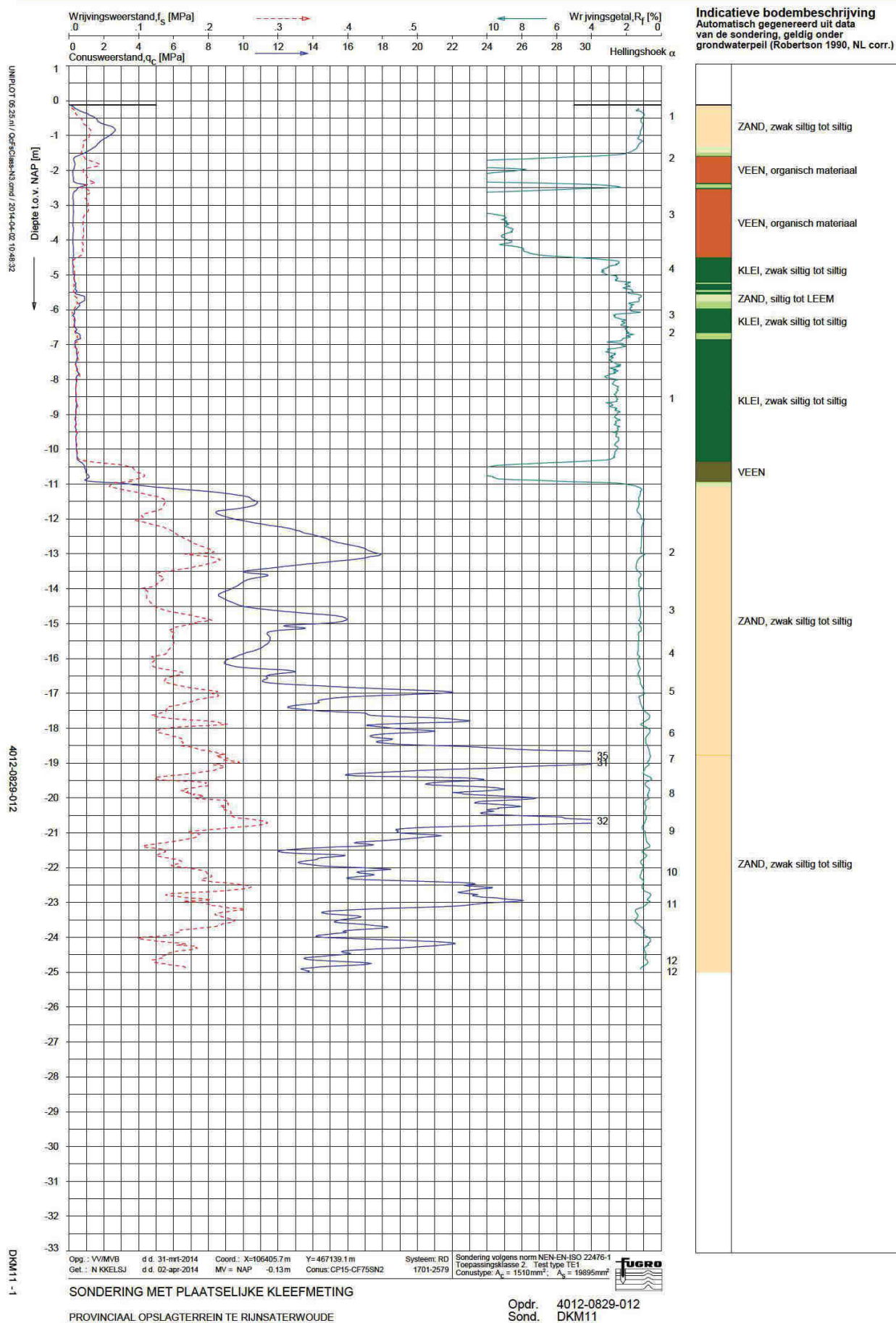


UNIPLOT 06.21.11 / Oefschied-NL.cmf / 2013-03-22 14:12:08

4012-0829-010

DKM9A -1





U:\PLOT 06-25\11\QdF-Schier-N3.crd / 2014-04-02 10:48:32

4012-0829-012

DKM11 -1



Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : DKM4
- paaltype : Schroefinjectiepaal
- schachtdiameter : Ø 220 mm

Berekening negatieve kleef

De *representatieve waarde* van de maximale negatieve kleefbelasting op een alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 bedraagt:

$$F_{nk;rep} = \sum (d_i K_{o;j;k} \tan \delta_{j;k} \sigma'_{v,gem;j;rep}) \cdot O_s$$

$$= 56 \text{ kN}$$

waarin:

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

laag	van / tot [m t.o.v. NAP]	dikte d_i [m]	$\gamma'_{j;k}$ [kN/m ³]	$\sigma'_{v,gem;j;rep}$ [kN/m ²]	$K_{o;j;k} \tan \delta_{j;k}$ [-]	O_s [m]	$F_{nk;rep,j}$ [kN]
1	-0,13 / -0,67	0,54	18,0	4,86	0,25	0,69	0,5
2	-0,67 / -1,5	0,83	10,0	13,87	0,25	0,69	2,0
4	-1,5 / -4,75	3,25	1,0	19,65	0,25	0,69	11,0
5	-4,75 / -8,0	3,25	6,0	31,02	0,25	0,69	17,4
6	-8,0 / -10,5	2,50	5,0	47,02	0,25	0,69	20,3
7	-10,5 / -11,0	0,50	1,0	53,52	0,25	0,69	4,6
						Totaal	55,8

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

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

$$= 56 \text{ kN.}$$

waarin:

- $\gamma_{f,nk}$ = partiële belastingsfactor voor de negatieve kleef (art. 7.3.2.2 (b)) in dit geval: 1,0

BEREKENING NEGATIEVE KLEEF

Provinciaal opslagterrein te Rijnsaterwoude

Opdr. : 4012-0829-012
Bijl. : 2



Uitgangspunten

- gehanteerde sondering	: DKM4
- paaltype	: Schroefinjectiepaal
- paalpuntniveau	: NAP -18,0 m
- schachtdiameter	: Ø 350 mm
- puntafmeting	: Ø 350 mm

Maximale draagkracht van de paalpunt

De *maximale puntweerstand* volgens art. 7.6.2.3(e) bedraagt:

$q_{b,max}$	=	$\frac{1}{2} \cdot \alpha_p \cdot \beta \cdot s \cdot ((q_{c,I,gem} + q_{c,II,gem})/2 + q_{c,III,gem})$	
	=	12,1 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)	19,1 MPa
$q_{c,II,gem}$	=	de minimale waarde van de conusweerstand over traject II (0,7 à 4 x D_{eq} onder de punt)	13,5 MPa
$q_{c,III,gem}$	=	de gemiddelde minimale waarde van de conusweerstand over traject III (8 x D_{eq} boven de punt)	10,5 MPa
α_p	=	paalklassefactor (tabel 7.c, NEN 9997-1)	0,9 -
β	=	factor voor de paalvoetvorm (art. 7.6.2.3(g))	1,0 -
s	=	factor voor de vorm van de dwarsdoorsnede van de paalvoet (art. 7.6.2.3(h))	1,0 -

De *maximale draagkracht* van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3(c) bedraagt:

$R_{p,cal,max}$	=	$A_{punt} \cdot q_{b,max} \cdot 1000$	
	=	1160 kN.	
waarin:			in dit geval:
A_{punt}	=	oppervlak van de paalvoet	0,0962 m ²



Maximale paalschachtwrijving

De *maximale paalschachtwrijving* volgens art. 7.6.2.3(i) bedraagt:

$$q_{s;\max} = \alpha_s \cdot q_{c;z;a} = 0,105 \text{ MPa.}$$

waarin:

α_s	= factor voor de invloed van de uitvoering en het paaltype (tabel 7.c, NEN 9997-1)	in dit geval:	0,009 -
$q_{c;z;a}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over het traject waarover schachtwrijving wordt berekend		11,7 MPa

De *maximale schachtwrijvingskracht* volgens art. 7.6.2.3(c) bedraagt:

$$R_{s;\text{cal};\max} = O_s \cdot \Delta L \cdot q_{s;\max} \cdot 1000 = 811 \text{ kN.}$$

waarin:

O_s	= omtrek van de paalschacht	in dit geval:	1,1 m
ΔL	= traject voor berekening schachtwrijving		7,0 m

Maximale draagkracht

De *maximale draagkracht* van de paal volgens art. 7.6.2.3(c) bedraagt:

$$R_{c;\text{cal}} = R_{b;\text{cal};\max} + R_{s;\text{cal};\max} = 1971 \text{ kN.}$$

De *karakteristieke waarde* van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3(5) bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c;\text{cal}} / \xi = 1418 \text{ kN.}$$

waarin:

ξ_3 of ξ_4	= factor volgens tabel A.10 van NEN 9997-1	in dit geval:	1,39 -
--------------------	--	---------------	--------

Voor de *rekenwaarde* van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 7.6.2.3(3) en (4) worden aangehouden:

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R = 1182 \text{ kN.}$$

waarin:

γ_R	= partiële materiaalfactor volgens tabellen A.6, A.7 en A.8 van NEN 9997-1	in dit geval:	1,2 -
------------	--	---------------	-------

BEREKENING EN TOETSING REKENWAARDE NETTO DRAAGKRACHT



Voor de uiterste grenstoestand (UGT) geldt volgens art. 2.4.7.3.1(1) van NEN 9997-1 dat de rekenwaarde van de belasting E_d kleiner/gelijk moet zijn aan de rekenwaarde van de weerstand R_d :

$$E_d \leq R_d.$$

Uitgegaan wordt van een verticale belasting, d.w.z. $E_d = V_d$.

Voor de uiterste grenstoestand type B kan het zakkingscriterium dat in art. 2.4.9(a) is gegeven, worden vervangen door:

$$V_d + F_{nk;d} \leq R_{c;d}$$

waarin:		in dit geval:
V_d	= rekenwaarde van de belasting in kN	
$F_{nk;d}$	= rekenwaarde van de negatieve kleefbelasting	56 kN
$R_{c;d}$	= rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal	1182 kN

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

Bovenstaande formule kan worden bewerkt tot de volgende voorwaarde:

$V_d \leq R_{net;d}$		in dit geval:
waarin:		
$R_{net;d}$	= $R_{c;d} - F_{nk;d}$	
	= de rekenwaarde van de netto draagkracht van de paal, rekening houdend met de negatieve kleefbelasting	1126 kN

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.









