



# Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

Raadgevend Ingenieursbureau  
Wiertsema & Partners bv  
Feithspark 6, 9356 BZ Tolbert  
Postbus 27, 9356 ZG Tolbert  
Tel.: 0594 51 68 64  
Fax: 0594 51 64 79  
E-mail: [info@wieritsema.nl](mailto:info@wieritsema.nl)  
Internet: [www.wieritsema.nl](http://www.wieritsema.nl)

Gemeente Woerden

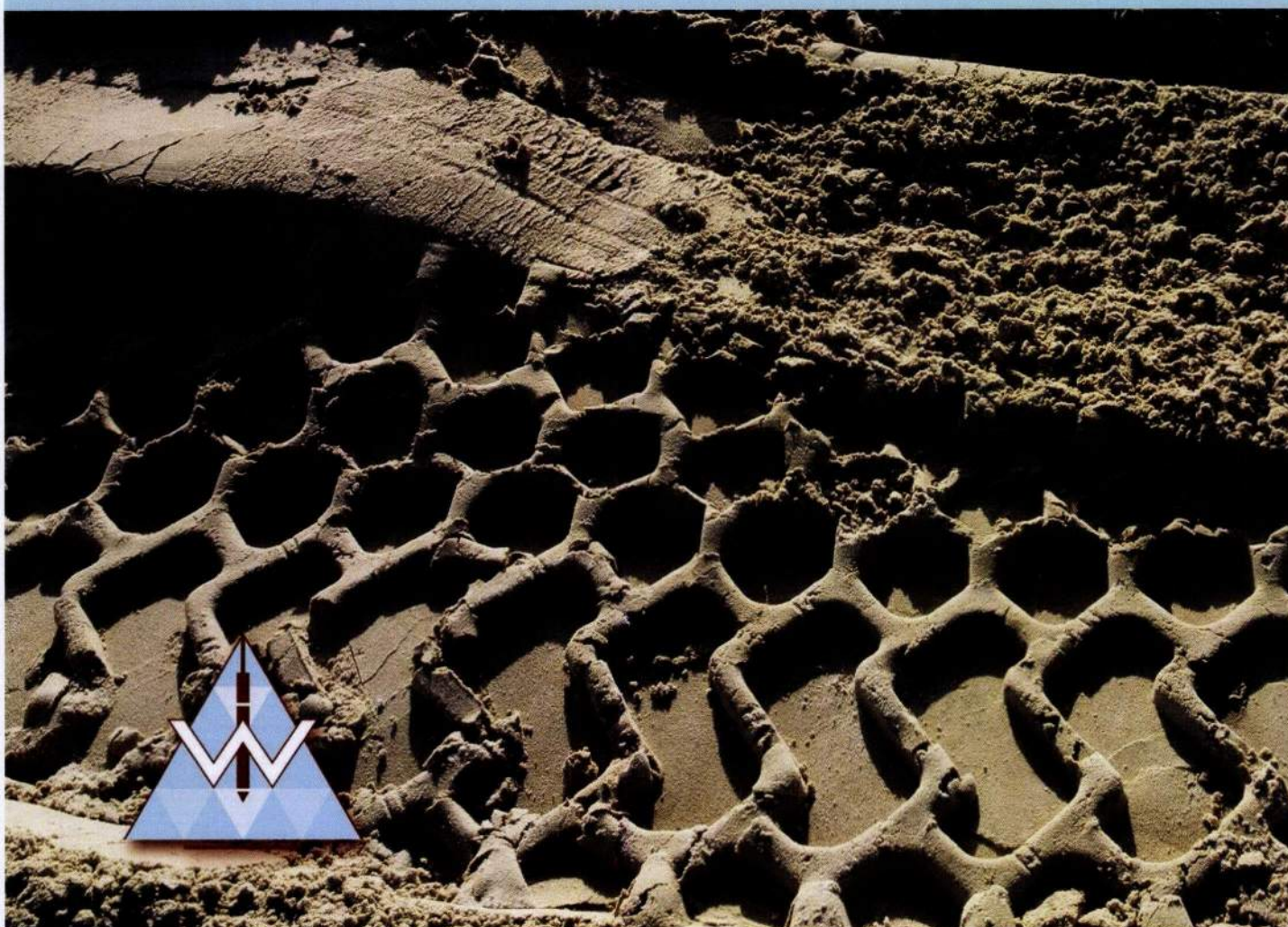
14.015635



Registratiedatum: 22/09/2014  
Behandelend afdeling  
Afgehandeld door/op:

## Veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek te Woerden

VN-60219-1 | 12 september 2014





# Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

Raadgevend Ingenieursbureau  
Wiertsema & Partners bv  
Feithspark 6, 9356 BZ Tolbert  
Postbus 27, 9356 ZG Tolbert  
Tel.: 0594 51 68 64  
Fax: 0594 51 64 79  
E-mail: [info@wieritsema.nl](mailto:info@wieritsema.nl)  
Internet: [www.wiertsema.nl](http://www.wiertsema.nl)

Onderwerp: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek te Woerden  
Projectnummer: VN-60219-1  
Opdrachtgever: Gemeente Woerden  
Postbus 45  
3440 AA Woerden  
Nr. opdrachtgever: U-09025

| Versie | Datum      | Omschrijving wijziging                                     |
|--------|------------|------------------------------------------------------------|
| 1      | 28-08-2014 | Concept                                                    |
| 2      | 11-09-2014 | Definitief                                                 |
| 3      | 12-09-2014 | Tekstuele aanpassing 2 <sup>e</sup> alinea op bladzijde 29 |

|                   |                                                                                                    |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Opgesteld door:   | F. Geertsma/R. Meinsma                                                                             |
| Handtekening:     | <i>i.o.</i><br> |
| Documentnummer:   | R30919                                                                                             |
| Status:           | Definitief                                                                                         |
| Vrijgegeven door: | ing. R. Meinsma                                                                                    |



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

## Inhoudsopgave

blad

|          |                                                   |           |
|----------|---------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Inleiding .....</b>                            | <b>5</b>  |
| 1.1      | Aanleiding en doel .....                          | 5         |
| 1.2      | Kwaliteitswaarborging .....                       | 6         |
| 1.3      | Opbouw rapport .....                              | 6         |
| <b>2</b> | <b>Referenties .....</b>                          | <b>7</b>  |
| <b>3</b> | <b>Grondonderzoek .....</b>                       | <b>9</b>  |
| 3.1      | Bestaand veldonderzoek .....                      | 9         |
| 3.2      | Aanvullend veldonderzoek .....                    | 9         |
| <b>4</b> | <b>Bodemopbouw .....</b>                          | <b>11</b> |
| 4.1      | Lokale bodemopbouw .....                          | 11        |
| 4.2      | Schematisatie bodemopbouw .....                   | 12        |
| 4.3      | Korrelverdeling zandlagen .....                   | 13        |
| <b>5</b> | <b>Analyse taludstabiliteit .....</b>             | <b>15</b> |
| 5.1      | Inleiding .....                                   | 15        |
| 5.2      | Uitgangspunten .....                              | 15        |
| 5.2.1    | Veiligheidsklasse .....                           | 15        |
| 5.2.2    | Rekenwaarden grondparameters .....                | 15        |
| 5.2.3    | Waterstanden .....                                | 16        |
| 5.2.4    | Belastingen .....                                 | 16        |
| 5.2.5    | Taluds .....                                      | 17        |
| 5.2.6    | Stabiliteitseis .....                             | 18        |
| 5.3      | Stabiliteitsberekeningen t.a.v. afschuiving ..... | 18        |
| 5.3.1    | Macrostabiliteit .....                            | 18        |
| 5.3.2    | Microstabiliteit .....                            | 20        |
| 5.4      | Verweking .....                                   | 20        |
| <b>6</b> | <b>Risicobeschouwing .....</b>                    | <b>25</b> |
| 6.1      | Inleiding .....                                   | 25        |
| 6.2      | Eenvoudig .....                                   | 25        |
| 6.3      | Uitgebreid .....                                  | 27        |
| 6.3.1    | Inleiding .....                                   | 27        |
| 6.3.2    | Bepaling randstrookbreedte .....                  | 28        |
| <b>7</b> | <b>Conclusies en aanbevelingen .....</b>          | <b>31</b> |



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS



**Bijlagen:**

- 1 Situatietekening
- 2 Sonderingen DKM201 t/m DKM210
- 3 Tabel x- en y-coördinaten en maaiveldhoogte.
- 4 Resultaten stabiliteitsberekeningen
- 5 Interpretatie sonderingen (Robertson 1990, Rel. dichtheid en hoek van inwendige wrijving)
- 6 Faalkans per dwarsprofiel
- 7 Ingemeten dwarsprofielen
- 8 Veldonderzoek Dinoloket



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS



## 1 Inleiding

De Gemeente Woerden tezamen met de Provincie Utrecht heeft Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners bv opdracht verleend voor het opstellen van een geotechnische risicobeschouwing voor de veiligheid van de (onderwater) taluds rondom de recreatieplas Cattenbroek te Woerden tegen afschuiven.

### 1.1 Aanleiding en doel

Eind 2010 zijn de zandwinningsactiviteiten beëindigd. De plas is gerealiseerd waarbij taluds enigszins afwijken ten opzichte van het ontwerp (vergunning). Gedurende de zandwinning zijn er verschillende bressen ontstaan, waarvan een aantal in een latere fase zijn hersteld en of gestabiliseerd.

Er is verschil van mening tussen gemeente Woerden en Provincie Utrecht over de wijze van beoordeling, mate van stabiliteit van de taluds en de grootte en mate van acceptatie van de risico's.

Gevraagd wordt om inzicht te geven of de gerealiseerde taluds van de recreatie plas in de beheerfase van de plas voldoende duurzaam stabiel en veilig zijn. Vooral de veiligheid tegen afschuiven van de taluds ter plaatse van het Villapark, recreatie eiland en hoogspanningsmasten, zijn gelet op de gebruikersfunctie (wonen en recreatie) van belang. Vandaar dat in dit rapport voor de risicoanalyse verweking hier een zwaardere veiligheidsniveau wordt toegekend dan voor de overige oevers (Figuur 1.1).



Figuur 1.1 Projectlocatie



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

## 1.2 Kwaliteitswaarborging

De werkzaamheden zijn verricht onder ons kwaliteitssysteem NEN-EN-ISO-9001 en ons milieumanagementsysteem NEN-EN-ISO-14001. Wiertsema & Partners is in het bezit van een VGM-beheersysteem VCA\*\*.

## 1.3 Opbouw rapport

Na de inleiding in dit eerste hoofdstuk volgt in het tweede hoofdstuk een opsomming van de door de opdrachtgever aangeleverde documenten en overige gebruikte documenten. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 het bestaande grondonderzoek beschreven met het door Wiertsema & Partners uitgevoerde grondonderzoek. In hoofdstuk 4 volgt een beschrijving van de bodemopbouw rondom de recreatieplas inclusief de korrelverdeling op basis van eerder uitgevoerd grondonderzoek. In hoofdstuk 5 wordt de taludstabiliteit beschouwd ten aanzien van de macro- en microstabiliteit. In dit hoofdstuk wordt eveneens verwekingvloeiing getoetst aan CUR-Aanbeveling 113. In hoofdstuk 6 is een nadere risicobeschouwing opgenomen. Op basis hiervan is een minimale randstrookbreedte bepaald waarbinnen geen werkzaamheden uitgevoerd mogen worden die aanleiding kunnen geven tot verwekingsgevoeligheid. Tot slot staan in hoofdstuk 7 de conclusies en aanbevelingen.





## 2 Referenties

Voor het opstellen van deze rapportage is gebruik gemaakt van de volgende documenten:

1. Geotechnische aspecten zandwinning polder Rapijnen te Woerden; Fugro Geotechniek BV; kenmerk D-2797; 4 mei 1990;
2. Geotechnisch Onderzoek recreatieplas Cattenbroek, Wiertsema; VN-14906 d.d. 8 september 1997;
3. Ontgrondingsvergunning verleend bij besluit van GS op dd. 21 oktober 1997 kenmerk 7360295/4309;
4. Inbressing Potterskade bij zandwinning recreatieplas te Woerden; WL|Delft Hydraulics; kenmerk Z3860; oktober 2004;
5. Inbressing oever zandwinplas Snel en Polanen; IFCO Funderingsexpertise BV; kenmerk B04AS036.0009.kb; 12 januari 2005;
6. Bouwdeel Carré project Snel en Polanen te Woerden; IFCO Funderingsexpertise BV; kenmerk B04AS036.2811.kb; 12 januari 2005;
7. Bressing Potterskade Woerden; IFCO Funderingsexpertise BV; kenmerk B04AS036.0552.kb; 1 juni 2006;
8. Inbressing Potterskade, Woerden; IFCO Funderingsexpertise BV; kenmerk B04AS036.0590.kb.rvd; 22 juni 2006;
9. Zandwinning recreatieplas Cattenbroek Woerden; IFCO Funderingsexpertise BV; kenmerk B04AS036.rvd.4380; 11 juni 2007;
10. Wijziging profiel zandwinning recreatieplas Cattenbroek; IFCO Funderingsexpertise BV; kenmerk B04AS036.rvd.6414; 3 maart 2008;
11. Project Waterrijk te Woerden, beoordeling oeverstabiliteit Eiland 4; IFCO Funderingsexpertise BV; kenmerk R04AS036.rvd.003; 11 juni 2008;
12. Oeverstabiliteit Waterrijk 4 te Woerden; Fugro Ingenieursbureau BV; kenmerk 1208-0019-010; 19 februari 2009;
13. Project Waterrijk te Woerden, uitbreiding recreatieplas; IFCO Funderingsexpertise BV; kenmerk B04AS036.rvd.9299-b; 16 april 2009;
14. Heiproef Waterrijk 4 te Woerden; Fugro Ingenieursbureau BV; kenmerk 1208-0019-011; 26 juni 2009;
15. Ontgrondingsvergunning verleend bij besluit van GS op dd. 2 juli 2009, kenmerk 2009INT239986;
16. Project Waterrijk te Woerden, nieuwe inbressing bij Eiland 4; IFCO Funderingsexpertise BV; kenmerk B04AS036.rvd.11232-2; 19 februari 2010;
17. Inbressing recreatieplas Woerden; Deltares; kenmerk 1203865-000-ZKS-0002; 12 november 2010;
18. Project Waterrijk te Woerden te Woerden, nieuwe inbressing bij Eiland 4; IFCO Funderingsexpertise BV; kenmerk B04AS036.rvd.14246; 16 februari 2011;
19. Oeverstabiliteit zandwinning Woerden, beschouwing beschikbare informatie en beoordeling risico ontwikkeling Eiland IV Waterrijk, Allnamics Geotechnical Experts BV; R1 1 as003.JB.70\_revC, d.d. 13 september 2012;



20. Risicoanalyse zandwinplas te Woerden, Allnamics Geotechnical Experts BV; B11AS003.RvD 244 d.d. 20 december 2012;
21. CUR 113, Van onzekerheid naar betrouwbaarheid, Handreiking voor geotechnisch ontwerpers, publicatie 2008-2;
22. Lodingen uit diverse jaren, inclusief de strandtaluds;
23. Peilgegevens provincie Utrecht 2013.
24. Ontwerp-Weigering Provincie Utrecht april 2014 met toetsingscriteria.
25. Ontgrondingsvergunning Eiland 4 2014
26. Dieptepeiling provincie Utrecht 2014
27. NEN 9997-1+C1:2012
28. Grondonderzoek VN53373-1, Ballast van Oord, 2011
29. Grondonderzoek VN47272-1, Zand en grind exploitatie Laurum, 2009
30. Handreiking toetsen Voorland Zettingsvloeiing t.b.v. het opstellen beheerdersoordeel (BO) in de verlengde toetsronde; RWS, Deltares 25-10-2012





### 3 Grondonderzoek

#### 3.1 Bestaand veldonderzoek

Basis voor de veiligheidsbeschouwing is de informatie ten aan zien van de huidige bodemopbouw in relatie tot de huidige taludligging. Daartoe is voor het opstellen van dit rapport de rapporten, notities en memo's 1 t/m 26 gebruikt zoals aangegeven in hoofdstuk 2. Uit de analyse van de gegevens blijkt dat vooral het Fugro rapport "Heiproef waterrijk 4 te Woerden" [Ref. 14] waardevolle informatie bevat voor de toetsing veiligheid tegen afschuiven onder dynamische condities (heiwerkzaamheden). Verder is voor de analyse gebruik gemaakt van bestaand grondonderzoek [Ref. 28 en 29].

#### 3.2 Aanvullend veldonderzoek

Het bestaande veldonderzoek is voor of tijdens de zandwinactiviteiten uitgevoerd. Dit veldonderzoek is daarom maar deels te gebruiken voor dit aanvullend advies. Tevens moet bedacht worden dat de adviezen destijds vooral toespitst waren op de zandwinactiviteiten. In aanvulling op het aanwezig grondonderzoek is aanvullend veldonderzoek uitgevoerd, bestaande uit 10 sonderingen met meting van de mantelwrijving tot en diepte van ca. 35 m- maaiveld. De sonderingen zijn uitgevoerd op 24-6-2014, 14-7-2014 en 26-8-2014. De locaties van de sonderingen zijn weergegeven in figuur 3.1 (gele driehoek). De overige geplande sonderingen (rode driehoek) ter plaatse van de oostoever zijn niet uitgevoerd aangezien de oever niet toegankelijk is voor de sondeer unit als gevolg van de begroeiing. Zie ook bijlage 1 situatie tekening locatie sonderingen

De sonderingen zijn verricht conform de NEN 5140 (Geotechniek, Bepaling van de conusweerstand en de plaatselijke wrijvingsweerstand van grond, elektrische sondeermethode, klasse 2). Eventuele afwijkingen van de verticaal van de sondeerstreng zijn gecontroleerd met behulp van een in de conus ingebouwde hellingmeter.

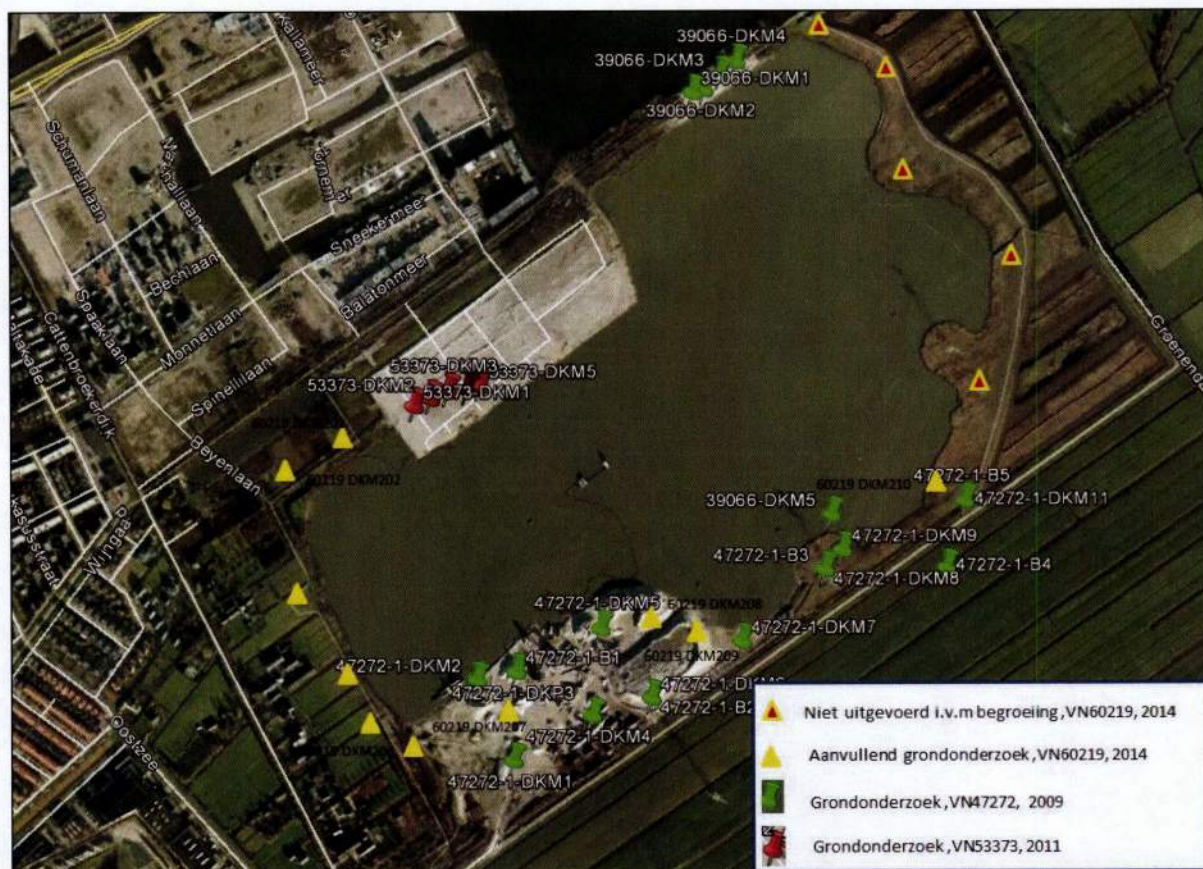
In bijlage 2 zijn de verkregen sondeerresultaten grafisch gepresenteerd waarbij de conusweerstand en de plaatselijke wrijvingsweerstand uitgezet zijn tegen de diepte in meters ten opzichte van N.A.P. Het wrijvingsgetal (plaatselijke wrijvingsweerstand uitgedrukt in % van de conusweerstand) is kenmerkend voor de verschillende grondsoorten en geeft derhalve een gedetailleerd beeld van de bodemopbouw. In de sondeergrafieken zijn de diepten gecorrigeerd voor de gemeten afwijking van de verticaal.

Met behulp van 06-GPS zijn de Rijksdriehoekscoördinaten (nauwkeurigheid 0,5 m) en de hoogte ten opzichte van N.A.P. (nauwkeurigheid 0,05 m) van de onderzoekspunten bepaald. Deze x-, y-coördinaten en maaiveldhoogte staan vermeld in de tabel in bijlage 3.

Alle gegevens van de inmetingen en waterpassingen genoemd in deze rapportage zijn een momentopname en alleen te gebruiken voor het grondonderzoek.







Figuur 3.1 Locatie grondonderzoek



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

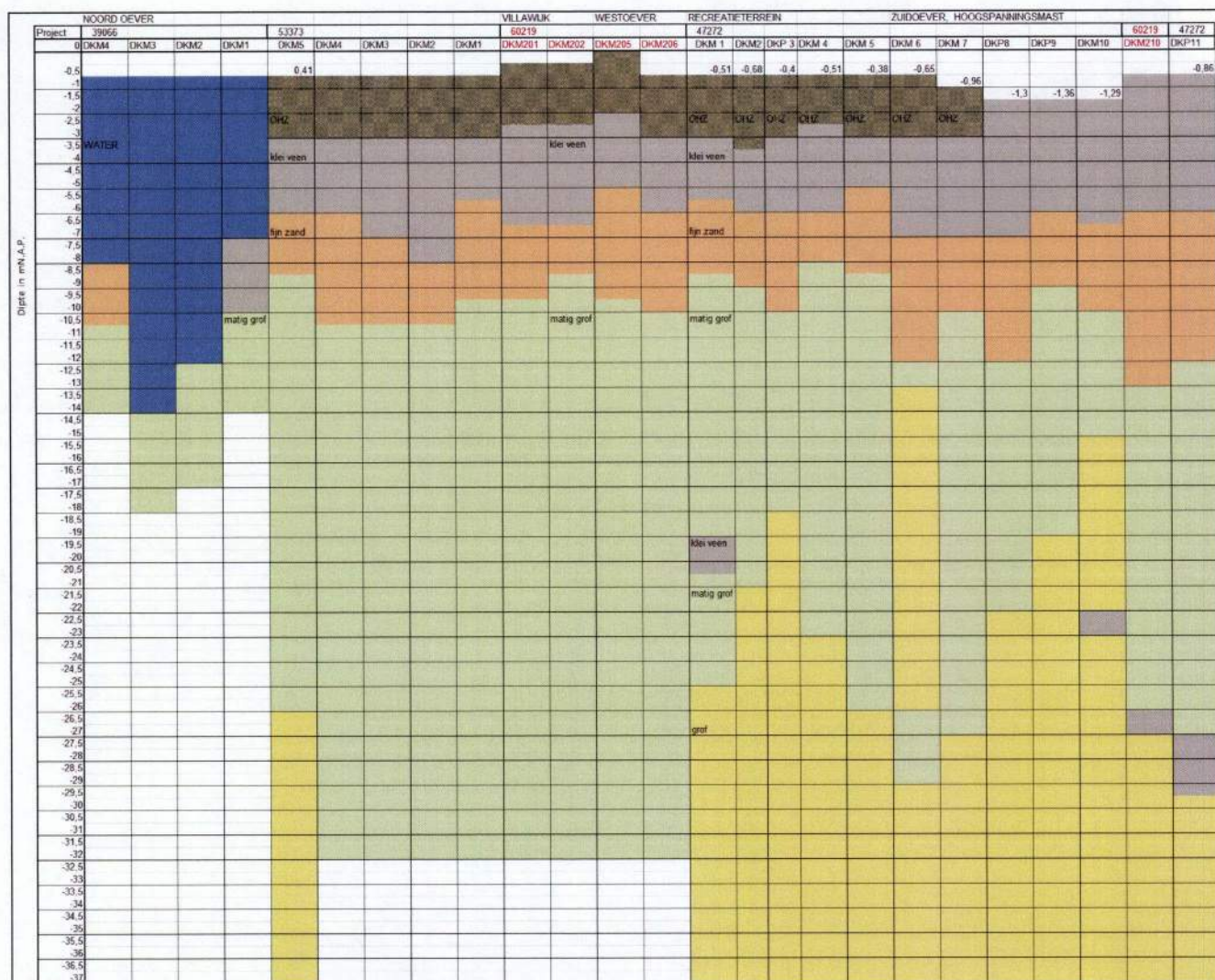


## 4 Bodemopbouw

### 4.1 Lokale bodemopbouw

Het grondonderzoek toont aan dat er ter plaatse van de project locatie (oever) sprake is van een overwegende horizontale laagindeling (Figuur 4.1). Vanaf het maaiveld tot N.A.P. -2,6 tot N.A.P. -3,0 m is ter plaatse van de noordoever, westoever een zuidoever sprake van een vast gepakte opgebrachte zandlaag. Ter plaatse van DKM210 (natuurterrein oostzijde van de plas) wordt vanaf maaiveld tot ca. N.A.P. -3,50 m siltige klei en veen aangetroffen. Van N.A.P. -2,6 m à N.A.P. -3,5 m tot ca. N.A.P. -6,0 m is een veenlaag aanwezig. Beide lagen behoren tot de holocene deklaag. Beneden de veenlaag is tot een diepte van N.A.P. -8,0 tot N.A.P. -10,0 m los tot zeer los gepakt (fijne) zandlagen aanwezig, behorende bij de formatie van Boxtel. Deze zandlaag gaat dan over in matig vast tot vast gepakt zand tot de maximale sondeerdiepte van N.A.P. -36 m behorende bij de formatie van Kreftenheye. Plaatselijk zijn enkele stoorlagen aanwezig op een diepte van N.A.P. -25 m (DKM206) en N.A.P. -27 m (DKM210) bestaande uit zandige leem en of zandig klei.





Figuur 4.1 Schematische laagprofiel oevers Cattenbroek

## 4.2 Schematisatie bodemopbouw

Op basis het grondonderzoek wordt geconcludeerd dat er sprake is van een homogeen horizontaal gelaagd bodemprofiel ter plaatse van de recreatieplas Cattenbroek. Voor geotechnische schematisatie van de bodem is op basis van de sonderingen DKM201 en DKM202 een geschematiseerd bodemprofiel opgesteld (tabel 4.1). De representatieve grondparameters zijn bepaald op basis van tabel 2b uit de NEN9997-1+C1.



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS



Tabel 4.1 Schematisch bodemprofiel bij talud villapark met representatieve grondparameters

| Diepte<br>Van – tot<br>[m N.A.P.] | Grondsoort                    | $\gamma/\gamma_{\text{sat}}$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $c'$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\varphi'$<br>[°] |
|-----------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------|
| -0,7 - -2,5                       | zand, matig vast              | 18/20                                                | 0                            | 32,5              |
| -2,5 - -6,5                       | veen, slap                    | 10/10                                                | 2,5                          | 15                |
| -6,5 - -9,5                       | zand siltig, los tot zeer los | 17/19                                                | 0                            | 27,5              |
| -9,5 - -27,0                      | zand, matig vast gepakt       | 18/20                                                | 0                            | 32,5              |
| -27,0 – max.<br>verkende diepte   | zand, vast gepakt             | 19/21                                                | 0                            | 35                |

Hierin is:

$\gamma/\gamma_{\text{sat}}$  volumegewicht van natuurvochtige/ verzadigde grond

$c'$  effectieve cohesie

$\varphi$  effectieve hoek van inwendige wrijving

### 4.3 Korrelverdeling zandlagen

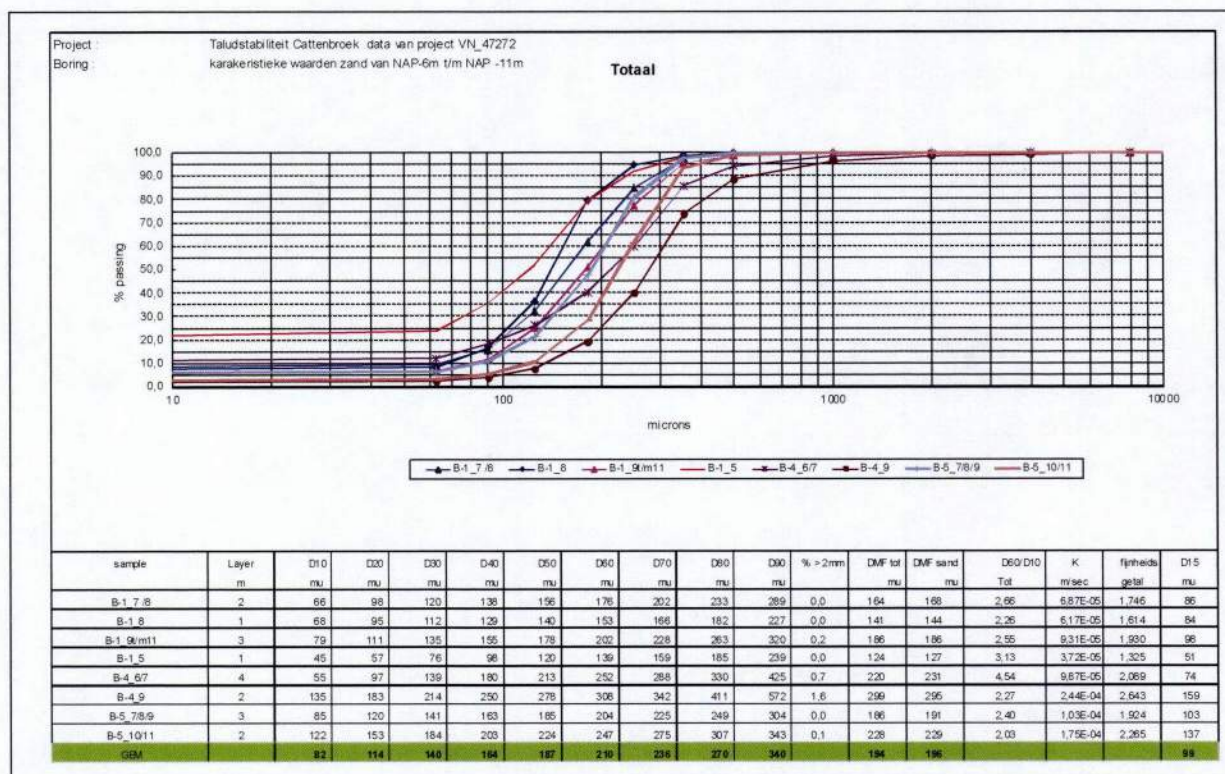
Om inzicht te krijgen in de veiligheid tegen het verweken van de (losgepakte) zandlagen, zijn de korrelverdelingen van beschikbare boringen geanalyseerd en vertaald naar twee typen zandlagen, namelijk:

- Een los gepakte fijne zandlaag waarvan de onderkant laag (o.k.l.) is gelegen op een diepte van NAP -10 m. De dikte van de betreffende laag bedraagt circa 3,5 m (figuur 4.2);
- Een matig gepakte grove zandlaag (en) met een o.k.l. op circa NAP -43 m. De dikte van de zandlaag is circa 35m (figuur 4.3).

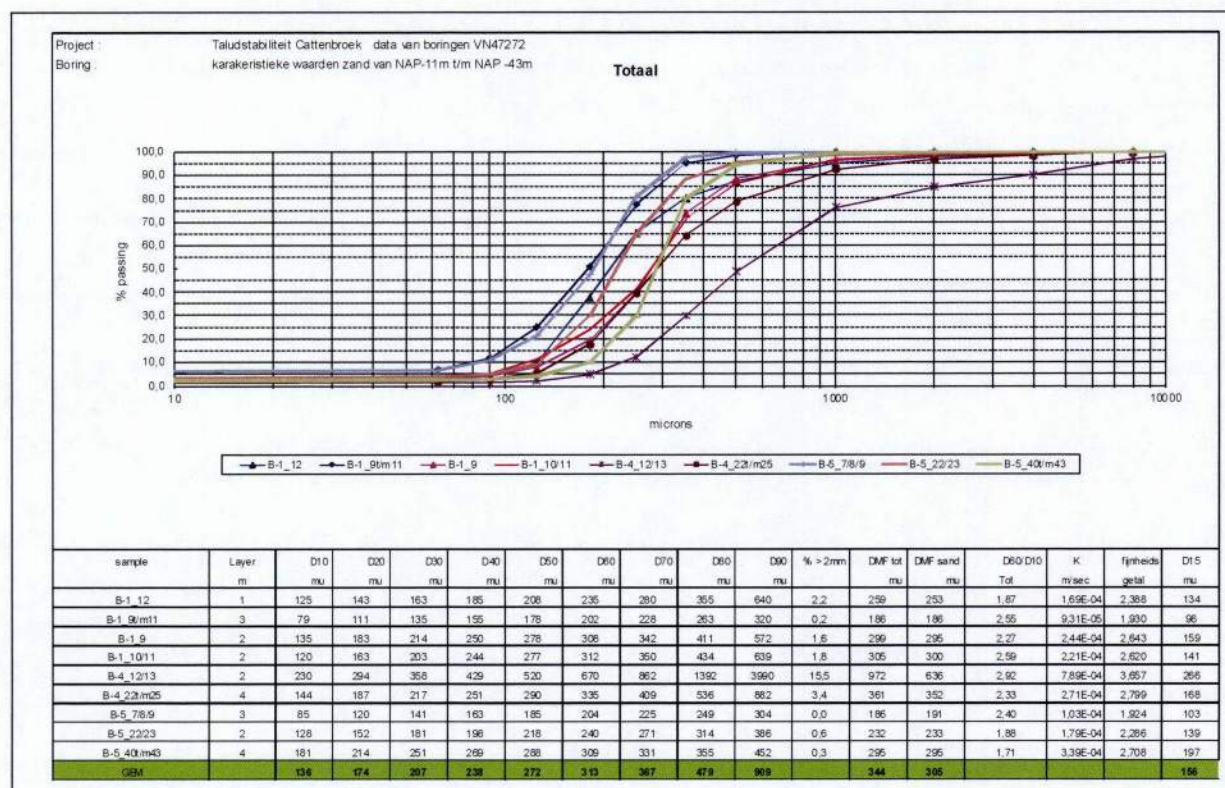
Uit figuur 4.2 valt op te maken dat de zandlagen tot een diepte van circa N.A.P. -11 m voornamelijk uit zand bestaat met een verwachte gemiddelde  $D_{50}$  van 187  $\mu\text{m}$ . Vanaf N.A.P. -11 m tot de verkende diepte van N.A.P. -43m wordt het zand grover met een verwachte gemiddelde  $D_{50}$  van 272  $\mu\text{m}$ . Uit de korrelverdelingen kan worden opgemaakt dat tussen N.A.P. -6 m en N.A.P. -11 m, sprake is van fijn siltige zanden ( $D_{50} < 200\mu\text{m}$ ) die volgens de CUR 113-Aanbeveling methode 'eenvoudig' gevoelig voor verweking worden geacht. Vanaf N.A.P. -11m is het zand dermate grof dat de kans op verweking volgens de CUR 113-Aanbeveling klein wordt geacht.







Figuur 4.2 Korrelverdeling zandlagen van NAP-6 m tot NAP-11m



Figuur 4.3 Korrelverdeling zandlagen van NAP-11m tot en met NAP-43m





## 5 Analyse taludstabiliteit

### 5.1 Inleiding

In deze rapportage zal een de geotechnische risicoanalyse met betrekking tot de taludstabiliteit van de oevers worden beschouwd. Daarbij komen de volgende aspecten aan de orde:

- onderzoek macrostabiliteit van de taluds (faalmechanisme afschuiving);
- mogelijkheid tot het optreden van verwekingvloeïngen (faalmechanisme verweking);

In dit rapport zullen de genoemde aspecten worden getoetst aan de hand van de CUR-Aanbeveling 113 'Oeverstabiliteit bij Zandwinputten'. Het toetsingsniveau van diepgang is eenvoudig van opzet.

### 5.2 Uitgangspunten

Voor de analyse zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd.

#### 5.2.1 Veiligheidsklasse

De plas wordt in de toekomst gebruikt voor recreatie. Daarnaast zal in de nabijheid woningbouw plaats vinden. Op basis van inschatting van verwaarloosbare economische gevolgen wordt voor de controle van de taludstabiliteit veiligheidsklasse RC1 gekozen. Aan de zuidoostzijde van de recreatieplas zijn 2 hoogspanningsmasten aanwezig op korte afstand tot de oever. Gezien de mogelijke economische gevolgen bij bezwijken is hier gekozen voor veiligheidsklasse RC2.

#### 5.2.2 Rekenwaarden grondparameters

In hoofdstuk 4 is de bodemopbouw aangegeven met de representatieve grondparameters. Om tot rekenwaarden te komen dienen de grondparameters te worden bepaald op basis van het gehanteerde veiligheidsniveau RC1.

Tabel 5.1 Overzicht partiële factoren voor grondparameters [bron: ref. 27]

| Grondparameter               | RC1 | RC2  | RC3 |
|------------------------------|-----|------|-----|
| Hoek van inwendige wrijving* | 1,2 | 1,25 | 1,3 |
| Effectieve cohesie           | 1,3 | 1,45 | 1,6 |
| Volumiek gewicht             | 1,0 | 1,0  | 1,0 |

\* Deze factor heeft betrekking op  $\tan \varphi'$





Verklaring veiligheidsklassen:

RC1: Geringe gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens en/of kleine of verwaarloosbare economische of sociale gevolgen voor de omgeving; bijvoorbeeld woningen, industriële gebouwen (1 of 2 verdiepinglagen)

RC2: Middelmatige gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens (en/of aanzienlijke economische of sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving; bijvoorbeeld bouwput, een damwand langs binnenwater en een kadewand van een zeehaven;

RC3: Grote gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens en/of zeer grote economische of sociale gevolgen voor de omgeving; bijvoorbeeld bij bijzondere constructies en (damwanden in) een primaire waterkering

Tabel 5.2 Bodemopbouw met rekenwaarden voor de grondparameters (RC1)

| Diepte<br>Van - tot<br>[m N.A.P.] | Grondsoort                    | $\gamma/\gamma_{\text{sat}}$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $c'_d$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\phi'_d$<br>[°] |
|-----------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------|
| -0,7 - -2,5                       | zand, matig vast              | 18/20                                                | 0                              | 28,0             |
| -2,5 - -6,5                       | veen, slap                    | 10/10                                                | 1,9                            | 12,6             |
| -6,5 - -9,5                       | zand siltig, los tot zeer los | 17/19                                                | 0                              | 23,5             |
| -9,5 - -27,0                      | zand, matig vast gepakt       | 18/20                                                | 0                              | 28,0             |
| -27,0 - -35,0                     | zand, vast gepakt             | 19/21                                                | 0                              | 30,3             |

### 5.2.3 Waterstanden

De waterstand in de recreatieplas is aangehouden op N.A.P. -1,65 m [Bron: ref. 23]

### 5.2.4 Belastingen

Op de oever van de recreatieplas is een belasting aangehouden van 13 kN/m<sup>2</sup> [bron: Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies, juni 2011, TAW] met een breedte van 2,5 m op een afstand van minimaal 2,5 m uit de boveninsteek van de recreatieplas.

Wateroverspanningen in de veenlaag ten gevolge van ophogen zijn (na het verwijderen van de voorbelasting) verwaarloosd, omdat het ophoogproces geleidelijk heeft plaatsgevonden en de wateroverspanningen in de veenlaag enige jaren de tijd hebben gehad om te dissiperen.

Tijdens heiwerkzaamheden zal er een wateroverspanning ontstaan in de ondergrond. Uit "Heiproef waterrijk4" (ref. 14) valt op te maken dat op een afstand circa 15m vanaf de heiactiviteit een wateroverspanning is gemeten van circa 1,5 kPa (zie tabel 5.3). Uit de meting blijkt dat deze afhankelijk is van de grote van de frequentie, diepte en afstand.

Uit de metingen volgt dat heien leidt tot geringe wateroverspanningen, die exponentieel afnemen naarmate dat de paal verder van de oever wordt geheid. Indien de trillingen maatgevend gesteld worden, geldt bij een afstand van 15 m een wateroverspanning van 1,5 kPa. In dit rapport wordt in de stabiliteitsberekening rekening gehouden met het effect van de wateroverspanningen op de stabiliteit gemeten op een afstand van 15m. Bij een afstand van 20 m en meer laat de praktijk zien (Tabel 5.3) dat het effect van water overspanning al significant



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS



kleiner is, omdat de wateroverspanningen in het zand zich relatief snel afbouwen.

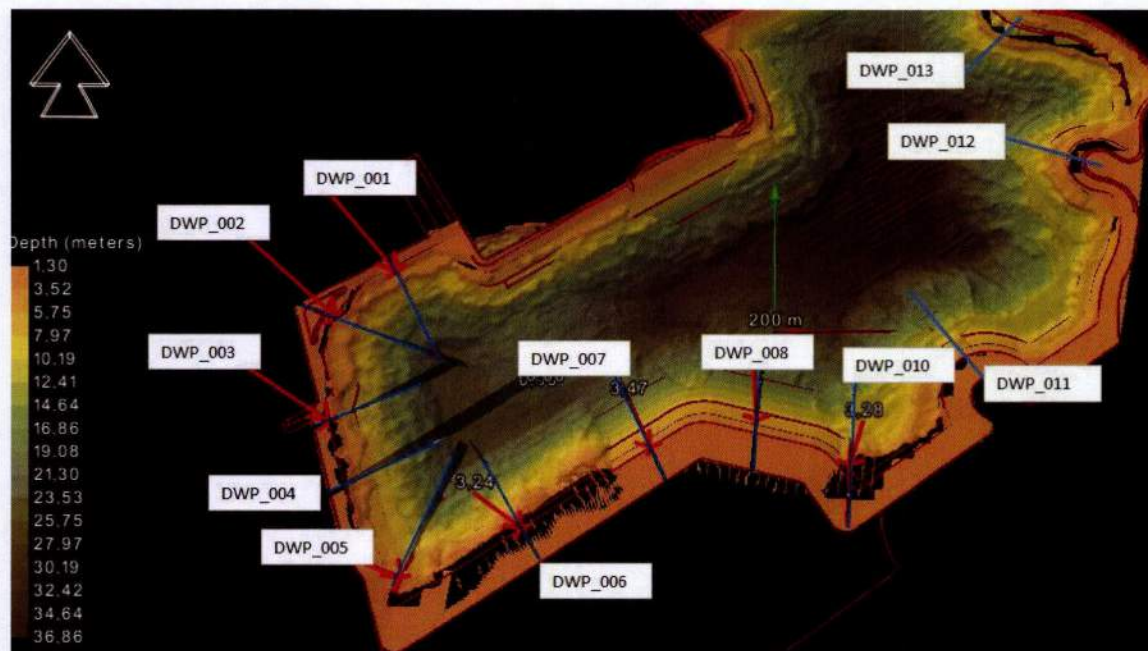
Tabel 5.3 Gemeten wateroverspanning Heiproef (Bron: ref. 14)

| Afstand tot<br>heipaal<br>[m] | Trillingsversnelling<br>[m/s <sup>2</sup> ] | Water overspanning<br>gemeten<br>[kPa] |
|-------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------|
| 10                            | 1.0                                         | 2.8                                    |
| <b>15</b>                     | <b>0.8</b>                                  | <b>1.5</b>                             |
| 20                            | 0.6                                         | 0.8                                    |
| 25                            | 0.4                                         | 0.5                                    |

Bij de bouw van de villawijk kan zwaar verkeer langs de oever plaats vinden. Het zware verkeer zal trillingen veroorzaken. Deze trillingen treden plaatselijk op en gaan naar schatting 1,5 à 2 m diep. De trillingen als gevolg van dit verkeer worden dus niet gevoeld door de losse tot zeer losse zandlaag op N.A.P. -6,5 m en dieper. Er zal geen wateroverspanning ontstaan. Verkeerstillingen hebben daardoor geen invloed op de taludstabiliteit.

### 5.2.5 Taluds

Uit de peilingen [Ref. 22, 23 en 26] blijkt dat in de periode van 2009 tot 2011 nog in de recreatieplas zandwinactiviteiten hebben plaatsgevonden. Vanaf 2011 is men gestopt met het winnen van zand. Uit de peilingen valt op te maken dat vanaf 2011 tot aan 2013 de geometrie van het onderwatertalud niet is veranderd, wat er op duidt dat het opgeleverde talud statisch voldoende stabiel is. Of de afgewerkte taluds een voldoende veilig niveau hebben tegen afschuiven wordt in dit rapport nader beschouwd. Daartoe zijn er 12 representatieve dwarsprofielen geselecteerd (figuur 5.1) die in dit rapport worden getoetst op een voldoende veiligheid tegen afschuiven.



Figuur 5.1 Geselecteerde dwarsprofielen



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS



### 5.2.6 Stabiliteitseis

De constructie is stabiel indien de rekenwaarde van de weerstand  $R_d$  groter of gelijk is aan de rekenwaarde van de belasting  $E_d$  (zie NEN 9997-1 §2.4.7.3.1)

Dit wordt door D-Geo Stability uitgedrukt in een Safetyfactor =  $\frac{R_d}{E_d} \geq 1,0$ .

De stabiliteitsberekeningen zijn uitgevoerd met D-GeoStability versie 10.1.4.3 van Deltares systems het model volgens Bishop.

## 5.3 Stabiliteitsberekeningen t.a.v. afschuiving

Voor de stabiliteit van een talud kan men twee stabiliteitscriteria onderscheiden namelijk macrostabiliteit en microstabiliteit. In deze paragraaf wordt ingegaan op de macro- en microstabiliteit.

### 5.3.1 Macrostabiliteit

Bij verlies van macrostabiliteit is sprake van een evenwichtsverlies of afschuivingen langs een min of meer cirkelvormig schuifvlak, zonder dat er sprake is van verweking van of wateroverspanning in het afschuivende grondmassief. Oorzaken van het optreden van een afschuiving kunnen onder andere zijn:

1. een grote belasting op het maaiveld;
2. het optreden van microinstabiliteit op grote diepte bij steile hellingen;

De stabiliteitsberekeningen van het onderwatertalud zijn uitgevoerd met behulp van een computerprogramma (D-Geo Stability 9.1), waarbij gekozen is voor de methode van Bishop om de macrostabiliteit van de taluds te toetsen.

Bij deze methode wordt uitgegaan van cirkelvormige glijvlakken, waarbij het grondmassief voor de berekening in verticaal gescheiden lamellen wordt verdeeld. Het gewicht van de grond en de belastingen daarop aan de actieve zijde van het schuifvlak vormen de aandrijvende krachten. De tegenwerkende krachten bestaan uit het gewicht van de grond en de belastingen daarop aan passieve zijde en de schuifweerstand langs het gehele glijvlak.

De verhouding tussen de tegenwerkende en aandrijvende krachten is een maat voor de veiligheid van het talud. Een voldoende veilig talud bezit een evenwichtsfactor van tenminste 1,0 gebaseerd op de rekenwaarden van de grondparameters.

### Resultaten stabiliteitsberekeningen

De macrostabiliteit is bepaald voor de dwarsprofielen 1, 6, 7, 8, 10, 11, 12 en 13. De stabiliteit is bepaald voor zowel het gegunde profiel van 1 : 4 als het opgemeten profiel in 2013 (dus na beëindiging van de zandwinningsactiviteiten. Om inzicht te verkrijgen in de gevoeligheid ten aanzien van heitrillingen is in de lagen die gevoelig zijn voor verweking voor een aantal dwarsprofielen ook een wateroverspanning (w.o.s.) van 1,5 kPa toegepast. Dit betreffen de toplagen tot onderkant van de laag met zeer los zand. Uit de sonderingen blijkt dat tussen de veenlaag (met de onderkant op ca. N.A.P. -6 m) en de onderliggende laag zeer los zand nog een





laag los zand aanwezig is. De dikte van deze laag los zand varieert sterk. In de stabiliteitsberekeningen is als worst case aangehouden dat de laag los zand, die direct onder de veenlaag ligt, ook als zeer los gepakt zand. In tabel 5.4 zijn de resultaten van de stabiliteitsberekeningen samengevat. Voor de bodemopbouw van DWP 13 is gebruik gemaakt van boringen en sonderingen uit het TNO-archief (Dino-loket). Er is gebruik gemaakt van de sondering S31G00650 en de boringen B31G1023, B31G1024 B31G1025 en B31G2055 (zie bijlage 8). De boringen geven geen eenduidige bodemopbouw in de toplagen. Boring B31G1024 en B31G2055 geeft aan dat er hoofdzakelijk tot N.A.P. - 6,5 m siltige klei aanwezig is, terwijl de overige 2 boringen voornamelijk veen aangeven. Op basis van de sondering wordt aangenomen dat tot N.A.P. -6,5 siltige klei aanwezig is. In de gehanteerde bodemopbouw in de stabiliteitsberekeningen is als worst case veen aangenomen tot ca. N.A.P. -6,5 m. Als blijkt dat hiermee wordt voldaan aan de gestelde stabiliteit zal ook bij voorkomen van klei de stabiliteit voldoende zijn.

Voor de alle profielen is veiligheidsniveau RC1 aangehouden behoudens DWP 11 en 12. Bij DWP 11 en 12 is een veiligheidsniveau RC2 gehanteerd in verband met de aanwezigheid van hoogspanningsmasten.

Tabel 5.4 Samenvatting stabiliteitsberekeningen ( $F_{min}$ )

| Dwars-profiel | veiligheids-klasse | Talud 1 : 4 |                      | Talud 2013  |                      | Bijzonderheden         |
|---------------|--------------------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|------------------------|
|               |                    | geen w.o.s. | 1,5 kPa w.o.s.       | geen w.o.s. | 1,5 kPa w.o.s.       |                        |
| 1             | RC1                | 1,83        | 1,08                 | 1,58        | 1,12                 | Strand villapark       |
| 6             | RC1                | 1,98        | 1,23                 | 1,28        | 1,27                 | Recreatie-eiland       |
| 7             | RC1                | 1,75        | 1,02                 | 1,18        | 1,00                 | Recreatie-eiland       |
| 10            | RC1                | 1,80        | 1,03                 | 1,16        | 1,16                 | Recreatie-eiland       |
| 11            | RC2                | 1,77        | n.v.t. <sup>1)</sup> | 1,13        | n.v.t. <sup>1)</sup> | Hoogspanningsmast      |
| 12            | RC2                | 1,24        | n.v.t. <sup>1)</sup> | 1,27        | n.v.t. <sup>1)</sup> | Hoogspanningsmast      |
| 13            | RC1                | 1,08        | n.v.t. <sup>1)</sup> | 1,64        | n.v.t. <sup>1)</sup> | Natuurgebied oostzijde |

<sup>1)</sup> n.v.t. = niet van toepassing. DWP11 en 12 zijn gelegen bij de hoogspanningsmasten. DWP13 is gesitueerd nabij het natuurgebied aan de oostzijde van de recreatieplas. Er wordt vanuit gegaan dat op deze locaties geen bouwwerkzaamheden zullen plaats vinden waarbij trillingen zullen ontstaan door bijvoorbeeld heien en er dus geen wateroverspanning zal ontstaan. Voor deze dwarsprofielen zijn daarom geen stabiliteitsberekeningen gemaakt met wateroverspanning.

De taluds bij de profielen in Tabel 5.4 voldoen alle aan de gestelde stabiliteit bij de aangegeven veiligheidsklasse. Bij de taluds "talud 2013" wordt de taludstabiliteit voornamelijk bepaald door aanwezige plaatselijk aanwezige ruggen. Deze ruggen zijn ontstaan tijdens het win- of aanvulproces. Bij deze ruggen is over een korte taludlengte een steiler talud aanwezig. Het rekenprogramma zal deze steilere taluds aangeven als het punt met de laagste stabiliteit. De macrostabiliteit waarbij een afschuifcirkel door een groter gedeelte van het gehele talud gaat, geeft een hogere, dus veiligere, stabiliteit.





### 5.3.2 Microstabiliteit

Hieronder wordt verstaan de stabiliteit van individuele zandkorrels, die negatief wordt beïnvloed, wanneer er sprake is van uittredend water uit het talud als gevolg van een peil in de zandwinput, dat lager is dan de omringende grondwaterstand.

Er moet sprake zijn van een voldoende groot verhang in de grondwaterstanden, wil er evenwichtsverlies optreden. Bij een kwellend onderwatertalud dient de taludhoek  $\alpha$  lager te zijn dan  $\frac{1}{2} \varphi'$ . Het onderwatertalud in de recreatieplas is gemiddeld 1 : 4 (= 14,0°). Rekening houdend met een gemiddelde  $\varphi'$  van ca. 30° van het zand is de taludhelling voldoende flauw om micro-instabiliteit te voorkomen.

### 5.4 Verweking

Verwekingvloeiingen kunnen voorkomen in losgepakte zanden. Door de losse pakking ( $R_n < 33\%$ ) van het korrelskelet zijn dergelijke lagen gevoelig voor grondwaterstromingen, grondwaterdrukverschillen en/of dynamische belastingen. Door één van deze fenomenen of een combinatie daarvan treedt een verkleining van het volume op. Het verkleinen van het volume veroorzaakt vervolgens verhoogde waterspanningen. De hogere waterspanningen zorgen op hun beurt voor het verlagen van het korreldrukken.

In het geval van een verwekingsvloeiing zijn de korreldrukken zo laag dat de zanddeeltjes gaan 'zweven', met als gevolg dat de desbetreffende laag gaat vervloeien en/of verweken. Een maat voor verwekingsgevoeligheid is de relatieve dichtheid ( $R_n$ ) van zand.

#### Voorwaarden voor een verwekingsvloeiing

Voorwaarden voor een instabiel (lees verwekingsgevoelig) onderwater zandtalud zijn:

1. Het zand moet verwekinggevoelig zijn, dus voldoende los gepakt, over een bepaalde minimum laagdikte, die waarschijnlijk varieert van 2 tot 5m.
2. De taludgeometrie moet ongunstig zijn: helling voldoende steil en hoogte voldoende groot.

Daarbij dient men zich te realiseren dat beide voorwaarden afhankelijk zijn van elkaar. Om een verwekingsvloeiing te krijgen moet de helling steiler zijn naarmate de verwekingsgevoeligheid minder is ofwel moet de verwekingsgevoeligheid groter zijn naarmate de helling flauwer is.

Een derde voorwaarde voor het optreden van verweking, en daarmee een verwekingsvloeiing, is dat er sprake moet zijn van een inleidend mechanisme ("trigger"). Dat kan een flinke trilling zijn, bijvoorbeeld door een kleine aardbeving of door heien, de lokale afschuiving van een kleilaagje, erosie waardoor een verstelling van het talud plaatsvindt of een plotselinge waterspiegeldaling. In dit rapport wordt de eerst twee voorwaarden getoetst volgens de CUR-Aanbeveling 113. Op basis van deze toetsing wordt de meest kritische talud helling vervolgens getoetst op voorwaarde 3 waarbij het talud dynamisch wordt belast als gevolg van heiwerkzaamheden. Toetsing onderwatertalud op aardbevingsgevoeligheid wordt in dit rapport niet meegenomen.





**Toetsing voorwaarde 1**

De CUR-Aanbeveling 113 geeft aan dat de kans op een verwekingsvloeiing verwaarloosbaar is, als voor alle sonderingen geldt dat uit de correlaties van de sondeergegevens blijkt dat er geen lagen aanwezig zijn met een relatieve dichtheid  $R_n$  kleiner dan 50% en die dikker zijn dan 1 m. De stabiliteit wordt beschouwd op de gehele laagdikte. Er worden geen dunne zandlagen ( $D \leq 0,5\text{m}$ ) onderscheiden waarvan de helling steiler is.

In dit rapport is de kans op verwekingsvloeiingen getoetst aan de CUR-Aanbeveling 113. Op basis van de conusweerstand kan een schatting van de relatieve dichtheid worden gemaakt. Een veel gebruikt verband tussen de relatieve dichtheid en conuswaarde is die van Schmertmann, Villet & Mitchell, Lunne en Baldi. De correlatie Schmertmann geeft een vrij positief beeld weer. Terwijl de correlaties van Villet & Mitchell en Lunne erg conservatief zijn. Het door Baldi gevonden verband ligt min of meer in het midden.

Om na te gaan of er in het onderzoeksgebied zandlagen voorkomen die gevoelig zijn voor verwekingsvloeiing is gebruik gemaakt van de correlatie van Schmertmann en Baldi zoals aangeven in de CUR-Aanbeveling 113.

Op basis van deze relaties zijn de beschikbare sonderingen getoetst naar het voorkomen van zandlagen die gevoelig zijn voor verwekingsvloeiingen. In bijlage 5 zijn in alle sondeergrafieken opgenomen, met daarin geprojecteerd de berekende conusweerstand bij een 50% relatieve dichtheid volgens de onderstaande correlatie.

$$R_n = \frac{1}{2,5} \cdot \ln \left( \frac{q_c}{0,14 \cdot (\sigma'_v)^{0,6}} \right)$$

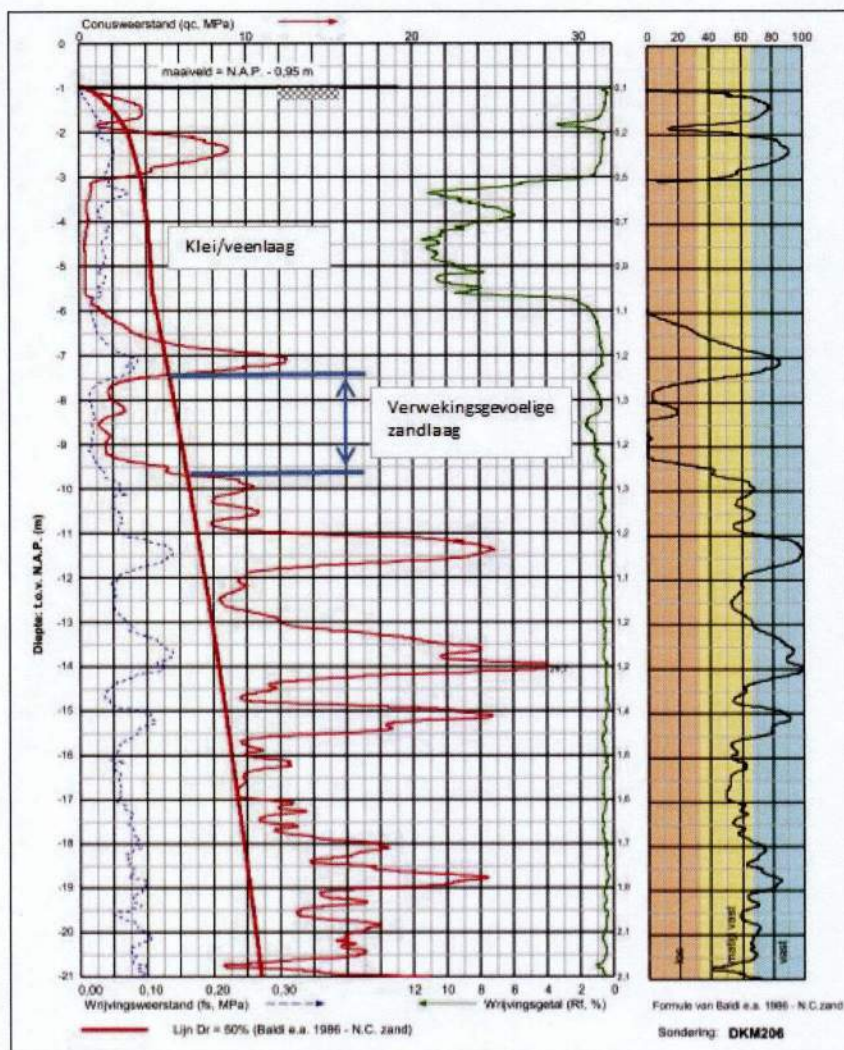
Hierin is de conusweerstand  $q_c$  in MPa en de verticale korrelspanning  $\sigma'_v$  in kPa.

Uit de analyse van de sonderingen blijkt, dat er zich op een niveau van circa N.A.P -10 m een losgepakte zandlaag bevindt, waarvan de relatieve dichtheid, volgens de correlatie van Baldi (et al), kleiner is dan 50% en voorkomt in een zandlaag met een variërende dikte van 1,5m tot dikten van circa 2m (DKM206) (zie bijlage 5). Het betreft vooral de in Figuur 4.2 aangemerkt fijne losgepakte zandlaag die voorkomt op ieder oever van de recreatieplas.

Conform de CUR-Aanbeveling 113 wordt deze laag als gevoelig gedefinieerd. Daarnaast betreft het een zandlaag, waarvan het zand als relatief fijn ( $D_{50\text{gem}} = 187 \mu\text{m}$ ), wordt beschouwd. Zie Figuur 4.2. Aangezien de betreffende zandlaag direct onder een klei/veenlaag ligt kan mogelijk overspannen grondwater niet snel dissiperen, zodat een mogelijk wateroverspanning (als gevolg van heiwerkzaamheden) op kan treden, resulterend in een mogelijke verweken van de betreffende fijne zandlaag.







Figuur 5.2 Voorbeeld toetsing verweking

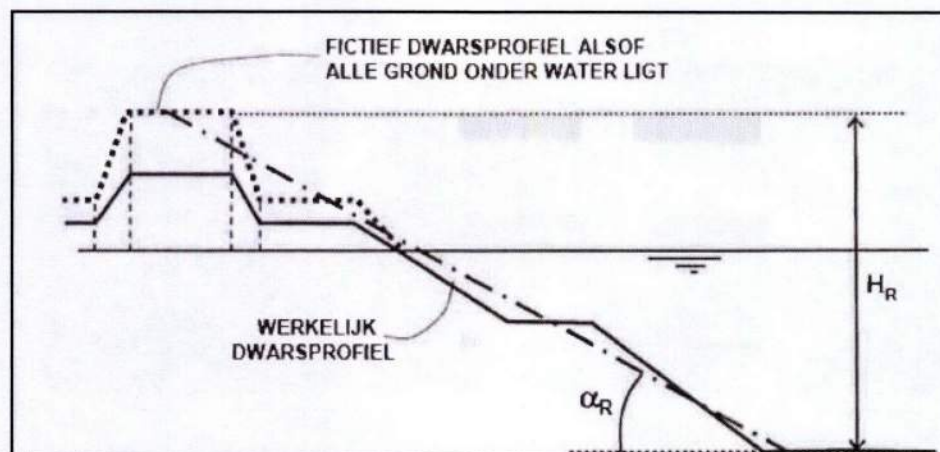
### Toetsing voorwaarde 2

Voor de geometrische criteria zoals die in de CUR Aanbeveling 113 wordt gehanteerd is het van belang te weten in hoeverre het grondmassief onder water ligt en in hoeverre boven water. Verweking kan alleen optreden in het onderwater gedeelte, maar het bovenwater gedeelte bepaalt wel mede de korrelspanningen in het onderwater gedeelte. Het bovenwater gewicht van zand groter is dan dat onder water. Om dat in rekening te brengen wordt voor de analyse van verwekingsvloeiingen een fictief onderwater dwarsprofiel beschouwd waarin de verticale korrelspanningen gelijk zijn aan die van een profiel dat daadwerkelijk geheel onder water ligt. Dat profiel wordt verder vereenvoudigd tot een profiel met één constante taludhelling. Die helling wordt hier met de rekentaludhelling  $\alpha_R$  aangeduid. De bijbehorende (fictieve) taludhoogte met rekentaludhoogte  $H_R$  (zie figuur 5.3).



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS





Figuur 5.3 Fictief onderwater dwarsprofiel definitie rekenputdiepte en rekentaludhelling [Bron Ref. 21]

Deze beschouwing van het geometrie-criterium zal alleen worden gedaan tot aan de onderkant van de verwekingsgevoelige zandlaag. De rekentaludhelling zal worden afgeleid van de loding 2013 (dwarsdoorsneden).

De talud-geometrie zal worden beschouwd op basis van de volgens de peiling van 2013 aanwezige lokale taludhelling zoals is weergegeven in bijlage 7 (zie ook figuur 5.4).

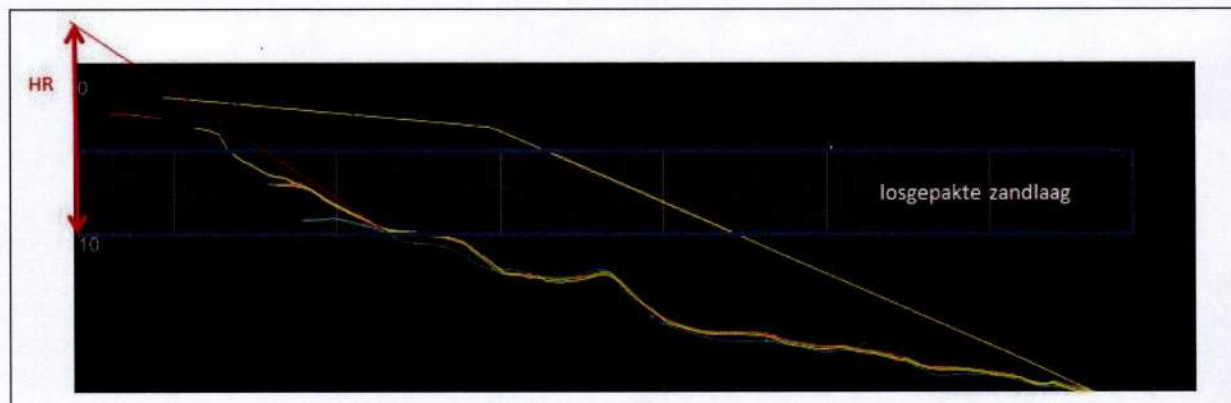
De geometrie-criterium zal op basis van CUR Aanbeveling 113 [Ref 21] worden beschouwd en is gebaseerd op de bodemopbouw en waterstand zoals vermeld in paragraaf 5.2. Verweking is verwaarloosbaar als de (lokale) taludhelling flauwer is dan het geometrie criterium  $1 : 4 \times (H_R/30m)^{1/3}$ .

Tabel 5.5 Toets geometrie criterium

| DWP | Diepte         |                | HR             | Talud | Eis                                     |
|-----|----------------|----------------|----------------|-------|-----------------------------------------|
|     | Van<br>[m NAP] | Tot<br>[m NAP] | fictief<br>[m] | 1 :   | $1 : (4 \times (H_R/30m)^{1/3})$<br>1 : |
| 001 | -5.08          | -10.1          | 12.7           | 5,7   | 3,0                                     |
| 002 | -4,96          | -10.5          | 11.8           | 4     | 2.9                                     |
| 003 | -5.04          | -10.2          | 11.9           | 4     | 2.9                                     |
| 004 | -3.76          | -9             | 10             | 4.7   | 2.8                                     |
| 005 | -4.99          | -10.1          | 9.3            | 6.6   | 2.7                                     |
| 006 | -5.04          | -9.8           | 12.4           | 4     | 2.9                                     |
| 007 | -6.28          | -10.1          | 12.4           | 4     | 3                                       |
| 008 | -5.2           | -10.2          | 12.8           | 4     | 3                                       |
| 010 | -5.2           | -8             | 8.7            | 4.3   | 2.6                                     |
| 011 | -5.27          | -10.2          | 10.8           | 4.6   | 2.8                                     |
| 012 | -5.1           | -9.5           | 8.3            | 5.6   | 2.6                                     |
| 013 | -6.36          | -10            | 10             | 4.9   | 2.8                                     |







Figuur 5.4 Voorbeeld toetsing taludgeometrie DWP008

Uit geometrie analyse tabel 5.5 blijkt dat het lokale taludhelling voldoet aan het geometrie-criterium. Dit betekent naar onze mening dat het gerealiseerde taludhelling voldoende flauw is om weerstand te bieden tegen een mogelijke verweking van de (lokale) fijne zandlaag. Uit tabel 5.5 valt op dat DWP002 en DWP008 weinig marge hebben t.o.v. de eis en dus als meest kritiek kunnen worden aangemerkt. De genoemde profielen zullen dus worden getoetst op toetsvoorwaarde 3.

### Toetsing voorwaarde 3

Zoals in paragraaf 5.2.4 is aangegeven valt het optreden van wateroverspanning niet uit te sluiten bij een mogelijke optredende verstoring als gevolg heiwerkzaamheden. Om het effect van wateroverspanning als gevolg van (hei) werkzaamheden inzichtelijk te maken, is een stabiliteitsberekening uitgevoerd met het programma D-Geo Stability, waarbij in de genoemde zandlaag een wateroverspanningswaarde is aangenomen van circa 0,15 m waterkolom. De genoemde waarden zijn gebaseerd op gemeten waarden tijdens de heiproef (in een vergelijkbare bodemopbouw), waarbij de waterspanning op een afstand van 15 m met circa 1,5 kPa toenam. Tevens is, met behulp van de pseudostatische methode, de versnelling t.g.v. de verstoring gesimuleerd door het aanbrengen van een horizontale versnelling van circa  $0,8 \text{ m/s}^2$ . Aangezien rekenwaarden voor de grondparameters zijn gehanteerd (zie hoofdstuk 7.3), dient de veiligheidsfactor te voldoen aan  $S.F. \geq 1$  (Bishop). In tabel 5.4 is het resultaat van de wateroverspanningsanalyse weergegeven.

Uit tabel 5.4 valt op te maken dat bij een wateroverspanning van 0,15 m de veiligheid tegen afschuiven groter is dan 1 en dus voldoet aan stabiliteitseis.

Onze schatting is dat er voor wat betreft de zandlagen tussen N.A.P. -5 m en N.A.P. -10 m geen verhoogde kans op verwekingvloeiing aanwezig is. Indien er ook kan worden voldaan aan het criterium, dat het onderwatertalud niet steiler wordt dan 1:3,  $\cot(\alpha) \geq 4 \cdot (h_r/30\text{m})^{1/3}$ . Dan kan volgens de CUR-Aanbeveling 113 worden aangenomen, dat de kans op verweking, als gevolg van heiactiviteiten, klein is.





## 6 Risicobeschouwing

### 6.1 Inleiding

Uit de CUR-Aanbeveling 113 blijkt dat bij een eenvoudige beoordeling er voldoende veiligheid tegen schade aan objecten wordt gegarandeerd, indien er voor het mechanisme verwekingsvloeiing een randstrookzone met een breedte van driemaal de putdiepte wordt gerekend, vanaf de oever, in het ontwerp wordt opgenomen. Voor het mechanisme bresvloeiing wordt een afstand van tweemaal de putdiepte geadviseerd. Dit geldt uiteraard alleen indien er zandwinactiviteiten zijn gepland.

Voor de huidige situatie geldt alleen een mogelijk gevaar voor afschuiving als gevolg van een overbelasting en/of falen als gevolg van verweking geïnitieerd door een aardbeving en/of werkzaamheden.

De in de CUR-Aanbeveling 113 genoemde criteria hebben betrekking op de relatieve dichtheid van het granulair materiaal en de taludgeometrie. Indien wordt afgeweken van de door de CUR-Aanbeveling 113 voorgestelde randstrookbreedte, dan volstaat een eenvoudige risicobeschouwing niet. In dat geval dient een uitgebreide risicobeschouwing te worden uitgevoerd. In deze rapportage wordt nader ingegaan op de randstrookbreedte, die wordt bepaald op basis van de in de CUR-Aanbeveling 113 aangegeven uitgebreide methodiek. Waarin de randstrookbreedte wordt bepaald op basis van ervaringstatistiek en de (optredings-) kans van een oeverinscharing.

In paragraaf 6.2 zal eerst worden ingegaan op de optredende faalmechanismen, die mogelijke oeverinscharingen kunnen veroorzaken. Vervolgens zal in paragraaf 6.3 worden ingegaan op een risicobeschouwing ten aanzien van verweking. Tenslotte wordt voor ingegaan op de zonering en de kans op schade.

### 6.2 Eenvoudig

In de voorgaande hoofdstukken is op basis van het grondonderzoek een analyse uitgevoerd naar de faalmechanismen die tot een mogelijke oeverinscharing kunnen leiden. Vervolgens zijn de (huidige) taludprofielen getoetst op de volgende faalmechanismen:

- afschuiven;
- verweken;
- bresvloeiingen

#### Ad 1 afschuiven

Voor het mechanisme afschuiving blijkt dat de beschouwde dwarsprofielen een minimale veiligheidfactor tegen afschuiven hebben die groter is dan 1 (zie par. 5.3.1).





Ad 2 verweken

Uit de verwekinganalyse (paragraaf 5.4) blijkt dat de los gepakte zandlaag op een diepte van NAP-10m van de projectlocatie in potentie verwekinggevoelig is. Voor het ontstaan van een afschuiving als gevolg van verweken, dient er een triggermechanisme aanwezig te zijn in de vorm van aardbevingstrillingen, trillingen als gevolg van bouwwerkzaamheden en/of baggerwerkzaamheden. In hoofdstuk 5 is een statische stabiliteitsberekening uitgevoerd, waarin in betreffende verwekinggevoelige zandlagen een wateroverspanning is geïntroduceerd als gevolg van bouwwerkzaamheden. Uit de schematische analyse blijkt dat gemeten opgeleverde taludhellingen een voldoende veiligheid tegen afschuiving kan waarborgen.

Zoals aangegeven valt een stabiliteitstoets op aardbevingsgevoeligheid niet tot de scope van de werkzaamheden aangezien de kans op een aardbeving in het gebied zeer klein is. Voor een risico beschouwing conform de CUR113 dient inzicht in de kans van optreden te worden gegeven om zo gemotiveerd de kans op schade als gevolg van aardbevingen (lees verweking grond door aardbevingen te kwantificeren als zijnde klein tot zeer klein). Onderstaand volgt een motivatie.

De kans op schade als gevolg van een aardbeving is gebaseerd op de KNMI publicatie Aardbevingen waaruit kan worden opgemaakt, dat de kans op een (tektonische) aardbeving  $[P_{aard}]$  wordt geschat op  $2.1 \cdot 10^{-3}$ . Uit schadeanalyses van schade aan gebouwen als gevolg van aardbevingen (Crook' Seismisch risico in Noord-Nederland) kan worden opgemaakt, dat de kans op schade als gevolg van een aardbeving  $P[\text{schade}|\text{aardbeving}]\text{gaswinning}$  circa 0.065 bedraagt. Nu moet worden opgemerkt, dat deze waarde is bepaald voor objecten in de omgeving van gasvelden. Als er nu van wordt uitgegaan dat aardbevingen ontstaan door gaswinning vergelijkbaar is aan tektonische aardbevingen, dan zou  $P[\text{schade}|\text{aardbeving}]$  te plaatse van de projectlocatie circa 0.065 bedragen.

$$P[\text{schade}|\text{aardbeving gaswinning}] = P[\text{schade}|\text{aardbeving}]$$

Nu geldt  $P_{(\text{schade t.g.v. aardbeving})} = P_{(\text{aardbeving})} \times P_{(\text{schade}|\text{aardbeving})} = 2.1 \cdot 10^{-3} \times 0.065 = 1.36 \cdot 10^{-4}$

Wanneer de berekende kans wordt vergeleken met bijvoorbeeld een toelaatbare faalkans volgens RC1 (Tabel 6.2), dan kan worden geconcludeerd dat kans op schade als gevolg van aardbeving/verweken ruim binnen de norm valt en dus als niet relevant kan worden beschouwd.

Ad 3 bresvloeiing

De opdrachtgever heeft aangegeven dat in de recreatieplas Cattenbroek nu en in de toekomst geen zandwinactiviteiten meer zullen plaatsvinden. Bresvloeiingen ontstaan alleen door zandwinactiviteiten, zodat in dit rapport de kans op een bresvloeiing als nihil wordt beschouwd.

**Analyse eenvoudige risicobeschouwing**

Op basis van de hiervoor uitgevoerde analyse blijkt dat alleen het faalmechnisme verweken een rol speelt. Op basis van een eenvoudige beoordeling volgens de CUR-Aanbeveling 113 wordt een voldoende veiligheid tegen schade aan objecten gegarandeerd met een randstrookbreedte van circa 3 x de putdiepte (lees put diepte tot NAP-10m). Dit komt neer op een afstand van circa 30m. Als nu ervan wordt uitgegaan dat voor de objecten rondom de recreatieplas een RC1



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS



veiligheidsniveau van toepassing is dan is dit een conservatieve oplossing. Een uitgebreide geotechnische risico beschouwing volgens [Ref.30] levert een meer optimalere benadering .

## 6.3 Uitgebreid

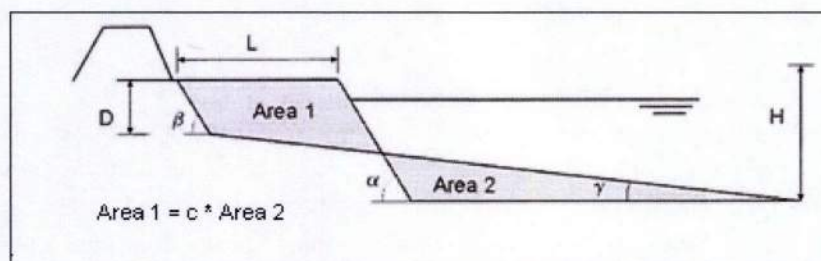
### 6.3.1 Inleiding

In deze paragraaf is een uitgebreidere analyse uitgevoerd, waarbij de kans op schade t.g.v. een veweking als functie van de afstand tot de recreatieplas is bepaald. Deze kans op schade kan worden getoetst aan de toelaatbare faalkans voor een bepaalde functie/object. Op deze wijze kan worden beoordeeld, welke afstand dient te worden gehanteerd tussen het object (bijvoorbeeld huizen) en de insteek van de winput om tot een voldoende veilige situatie te komen. Voor deze analyse is onder ander gebruik gemaakt van resultaten uit een onderzoek van Silvis en De Groot (1995). In dit onderzoek zijn meer dan 1.100 verwekingsvloeiingen geanalyseerd en statistisch verwerkt. De resultaten hiervan zijn in Tabel 6.1 weergegeven. In de verdere analyse is alle onzekerheid in de parameter  $\cot(\gamma)$  gestopt. Waarvoor een normale verdeling met standaardafwijking  $\sigma \cot(\gamma) = 4,59$  is gehanteerd.

Tabel 6.1: Geometrische eigenschappen dwarsprofiel na optreden vloeijing, [Bron: Silvis & De Groot (1995)].

| Parameter                                    | Gemiddelde | 90% range |
|----------------------------------------------|------------|-----------|
| Helling bovenste steilste deel $\cot(\beta)$ | 2,6        | 1,3-8     |
| Helling onderste uitvloeideel $\cot(\gamma)$ | 15,9       | 10-30     |
| Relatieve hoogte bovenste deel D/H           | 0,43       | 0,3-0,55  |

Bovendien is men erin geslaagd om een taludprofiel te schematiseren van, voorafgaand aan en na afloop van, een inscharing als gevolg van een vloeijing. Op basis van deze schematisering (zie Figuur 6.1) kan een inscharingslengte (L) worden berekend, die gekoppeld kan worden aan een kans van voorkomen.



Figuur 6.1: Geschematiseerd profiel voor en na inscharing, [Bron: Silvis & De Groot (1995)].

In dit rapport wordt ervan uitgegaan dat het profiel van Figuur 6.1 van toepassing is voor een verwekingsvloeijing voorkomend in een (voormalige) zandwinlocatie. Op basis van dit model kan nu een kans worden gekoppeld aan een inscharingslengte.





De kans op schade kan dan als volgt worden bepaald:

$$P_{(\text{schade t.g.v. verwekingsvloeiing})} = P_{(\text{verwekingsvloeiing})} \times P_{(\text{schade|verwekingsvloeiing})}$$

Waarbij:

$$P_{(\text{verwekingsvloeiing})} = (H_r/25\text{m})^2 \times (3,5/\cot(\alpha R))^6 \times (1/10)^{10(R_d - 0,4)} \times 0,1/\text{km} \quad (1)$$

Waarin:  $H_r$  = rekenputdiepte van de put [m]

$\alpha R$  = rekentaludhelling van de put [-]

$R_d$  = relatieve dichtheid van het bodemmateriaal [-]

### 6.3.2 Bepaling randstrookbreedte

#### Toelaatbare faalkans

In deze rapportage is de breedte van de randstrook afhankelijk gesteld aan de toelaatbare faalkans voor de functie weg. In de Nederlandse ontwerpfilosofie zijn voor verschillende typen bouwwerken en/of functies verschillende veiligheidsklassen opgesteld (i.e. toelaatbare faalkansen). Voor dit rapport wordt op basis van een vergelijk tussen Eurocode NEN-6700 en CUR-166 (Tabel 6.2) ervoor gekozen om toelaatbare faalkans aan objecten in de omgeving van de recreatie plas toe te kennen van zowel RC1 klasse als de RC2-klasse.

Tabel 6.2: Veiligheidsklassen volgens de CUR, NEN; [Bron: Fugro Geoservices BV].

| Eurocode 0 |         | NEN 6700 |         | CUR 166    |         | Voorbeelden                                                       |
|------------|---------|----------|---------|------------|---------|-------------------------------------------------------------------|
| Klasse     | $\beta$ | Klasse   | $\beta$ | Klasse     | $\beta$ |                                                                   |
| Geen EC    |         | Geen NEN |         | (I)        | (2,5)   | (Beschoeiingen)                                                   |
| RC1        | 3,3     | 1        | 3,2     | II         | 3,4     | Eengezinswoningen                                                 |
| RC2        | 3,8     | 2        | 3,4     |            |         |                                                                   |
| RC3        | 4,3     | 3        | 3,6     | (II+III)/2 | 3,8     | Openbare gebouwen, kantoren                                       |
|            |         |          |         | III        | 4,2     | Stadions, Hoofdwaterkeringen, Belangrijke spoor-, verkeersbruggen |

Opmerkingen bij de tabel

$\beta$  vereiste betrouwbaarheidsindex (rechtstreeks gerelateerd aan de faalkans)

<sup>1)</sup> Toelaatbare faalkans in de referentieperiode (50 jaar)

#### Berekening randstrook

In de analyse wordt er vanuit gegaan, dat schade optreedt indien, de toelaatbare lengte van een inscharing wordt overschreden, ofwel als  $L_{\text{inscharing}} > L_{\text{toelaatbaar}}$ . Hier zal de kans op schade t.g.v. een verweking bepaald als functie van de toelaatbare lengte van de inscharing. Deze kans wordt kleiner naarmate de toelaatbare lengte van de inscharing groter wordt, ofwel naarmate een object zich verder van de recreatieplas bevindt.



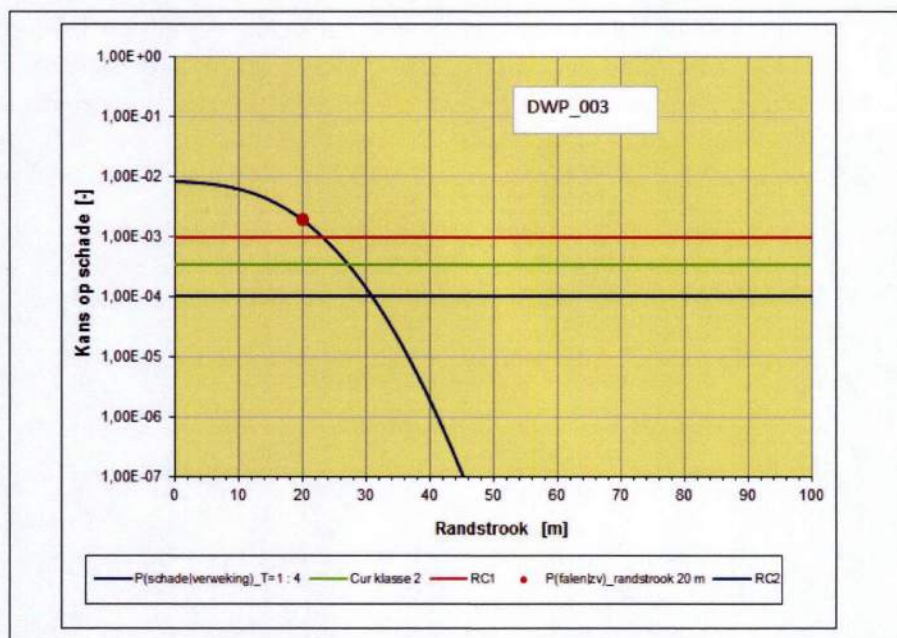
**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS



Voor de berekening zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Bij een inscharing is de oppervlakte van de verdwenen grond bovenin het dwarsprofiel ca. 20% groter dan de oppervlakte welke er aan de onderkant is bijgekomen.
- De relatieve dichtheid wordt op basis van de sonderingen geschat op 40%.
- Schade treedt op, indien de inscharing het object bereikt. Dit kan in sommige gevallen optimistisch zijn.
- In dit rapport ervan uitgegaan, dat de geselecteerde dwarsprofielen representatief zijn voor het uiteindelijke taludprofiel.
- Voor de gemiddelde korrelgrootte  $D_{50}$  wordt uitgegaan van 187  $\mu\text{m}$ .
- Voor de reken taludhoogte ( $H_R$ ) wordt in de beschouwing uitgegaan van de werkelijke taludhoogte gerekend van onderkant losgepakte zandlaag tot aan het maaiveld. Dit in tegenstelling tot tabel 5.5, waar wordt uitgegaan van een fictieve reken taludhelling (zie ref. 30).

In figuur 6.2 is een voorbeeld weergegeven van de faalkansberekening. De kans op schade is uitgezet tegen de randstrookbreedte. Uit de figuur blijkt dat voor DWP 003 een randstrookbreedte van circa 24 m voldoende veiligheid biedt (RC1) tegen de kans op schade als gevolg van een verwekingsvloeiing geïnitieerd door bouwactiviteiten. In bijlage 6 zijn de resultaten weergegeven van de overige dwarsprofielen. In tabel 6.3 wordt een overzicht gegeven van de faalkans analyse verweking conform Ref. 30. Let wel de randstrook geldt voornamelijk wanneer er activiteiten op de oever en of in de recreatieplas worden uitgevoerd die tot verweking van de losgepakte zandlaag kunnen leiden. Immers voor verweking is een inleidend mechanisme ("trigger") noodzakelijk.



Figuur 6.2: Voorbeeld: kans op schade bij verweking DWP\_003.





Tabel 6.3 Resultaten bepaling randstrookbreedte

| DWP                               | Diepte         |                | HR  | Talud | Randstrookbreedte            |                              |
|-----------------------------------|----------------|----------------|-----|-------|------------------------------|------------------------------|
|                                   | Van<br>[m NAP] | Tot<br>[m NAP] |     |       | Veiligheidsniveau<br>RC1 [m] | Veiligheidsniveau<br>RC2 [m] |
| 1                                 | -5,08          | -10,10         | 9,7 | 5,7   | 5                            | 10                           |
| 2                                 | -4,96          | -10,50         | 8,8 | 4,0   | 24                           | 30                           |
| 3                                 | -5,04          | -10,20         | 8,9 | 4,0   | 24                           | 30                           |
| 4                                 | -3,76          | -9,00          | 7,0 | 4,7   | 10                           | 18                           |
| 5                                 | -4,99          | -10,10         | 6,3 | 6,6   | 5                            | 10                           |
| 6                                 | -5,04          | -9,80          | 9,4 | 3,9   | 28                           | 35                           |
| 7                                 | -6,28          | -10,10         | 9,4 | 4,0   | 25                           | 34                           |
| 8                                 | -5,20          | -10,20         | 9,8 | 3,7   | 30                           | 38                           |
| 10                                | -5,20          | -8,00          | 6,7 | 4,3   | 14                           | 20                           |
| 11                                | -5,27          | -10,20         | 7,8 | 4,6   | 16                           | 22                           |
| 12                                | -5,10          | -9,50          | 5,3 | 5,6   | 5                            | 10                           |
| 13                                | -6,36          | -10,00         | 7,0 | 4,9   | 8                            | 18                           |
| Aantal                            |                |                |     |       | 12                           | 12                           |
| Maximale randstrookbreedte        |                |                |     |       | 30                           | 38                           |
| Gemiddeld randstrookbreedte circa |                |                |     |       | 16                           | 23                           |
| Standaardwijking                  |                |                |     |       | 10                           | 10                           |
| 95% ondergrens                    |                |                |     |       | 21                           | 28                           |

Uit de tabel is op te maken dat de minimale randstrookbreedte rondom de recreatieplas niet overall even breed is. Voor handhaving is het echter gewenst voor beide veiligheidsniveaus rondom de recreatieplas eenzelfde randstrookbreedte aan te houden. Er is in overleg met de gemeente Woerden en de provincie Utrecht voor gekozen om de 95% ondergrens te hanteren. Voor veiligheidsklasse RC1 wordt een randstrookbreedte van 21 m geadviseerd aan te houden en voor RC2 een randstrookbreedte van 28 m. De randstrookbreedte geldt vanaf de boveninsteek van de taluds.





## 7 Conclusies en aanbevelingen

Uit de resultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Uit de stabiliteitsanalyse blijkt dat de huidige taludgeometrie voldoende waarborg biedt tegen afschuiven. Hierbij moet worden opgemerkt dat de taludstabiliteit voor de taluds 'inmeting 2013' vooral worden bepaald door de aanwezige ruggen langs het talud. De stabiliteit geldend voor een groter gedeelte van het talud zal hoger en dus veiliger zijn.
- De micro-instabiliteit is voldoende omdat de helling van het onderwatertalud voldoende flauw is om micro-instabiliteit te voorkomen als gevolg van uittredend water uit het talud.
- Op basis van de risicobeschouwing voor het faalmechanisme verwekingsvloeiing [Ref. 1] is een afstand tussen de insteek van de recreatieplas en de omliggende objecten van 28 m voldoende om te voldoen aan de RC2 veiligheidsklasse. Voor een RC1 veiligheidsniveau blijkt een afstand van 21 m een voldoende waarborg te bieden tegen kans op schade als gevolg van verwekingsvloeiing. Hierbij dient opgemerkt te worden dat voor verweking een initiator nodig is (denk aan heiwerkzaamheden). Onder normale condities is het risico op verwekingsvloeiing nihil.
- De hoogspanningsmasten aan de zuidoostzijde van de recreatieplas staan op ca. 30 m van de oever en vallen dus buiten de veiligheidzone voor RC2 van 28 m.

De volgende aanbeveling wordt gedaan:

In dit rapport is geen rekening gehouden met toekomstige werkzaamheden rondom en aan de hoogspanningsmasten rondom de recreatieplas. Bij werkzaamheden in de nabijheid van de hoogspanningsmasten zal een nader advies opgesteld moeten worden, waarin rekening wordt gehouden met de uitvoeringswijze. Hierbij moet nadere aandacht worden gegeven aan de taludstabiliteit als gevolg van de belastingen door het werkverkeer en de mogelijke trillingen veroorzaakt door werkverkeer en heiwerkzaamheden.





# Bijlage 1



  
**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

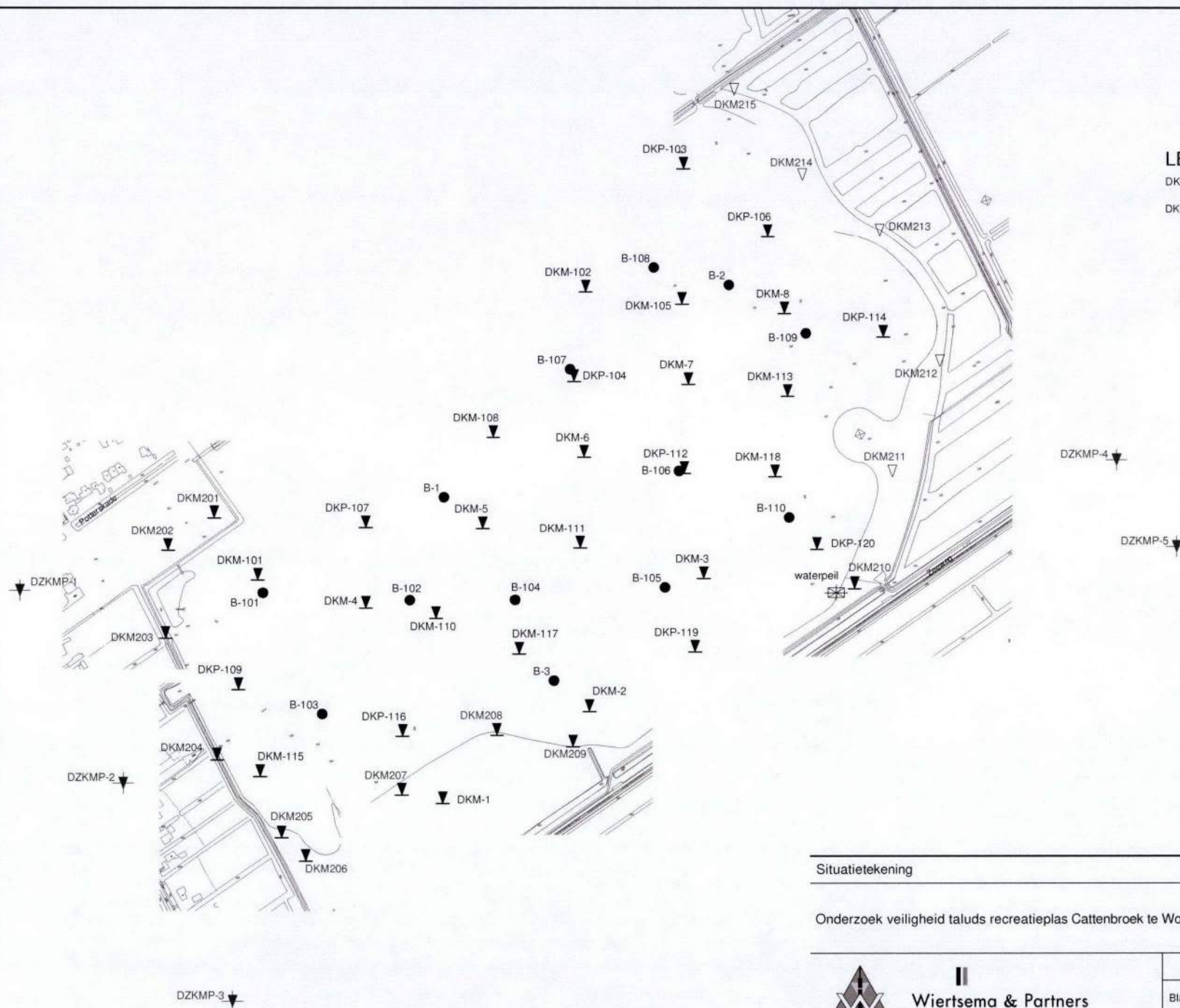




## LEGENDA

- DKM Diepsondering met plaatselijke wrijving  
DKP Diepsondering met plaatselijke wrijving en waterspanning  
 Sondering uitgevoerd door derden  
 Niet uitgevoerde sondering  
B Mechanische boring  
 Hoogtemeting

De sonderingen DKM-1 t/m DKM-8, DKM101 t/m DKP-120 en de boringen B-1 t/m B-3 en B101 t/m 110 zijn reeds eerder uitgevoerd, zie ons rapport VN-14906-1



Situatietekening

Datum : 18.06.14 Gew: 19.06.14 MBK

Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek te Woerden

Getekend : AE Gew: 28.08.14 MBK

Schaal : 1:5000 Gew: 02.09.14 MBK

Formaat : A3 Gew:



**Wiertsema & Partners**

RAADGEVEND INGENIEURS

Blad : 1-1

Opdracht: VN-60219-1

0 m 50 m 250 m





# Bijlage 2



  
**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

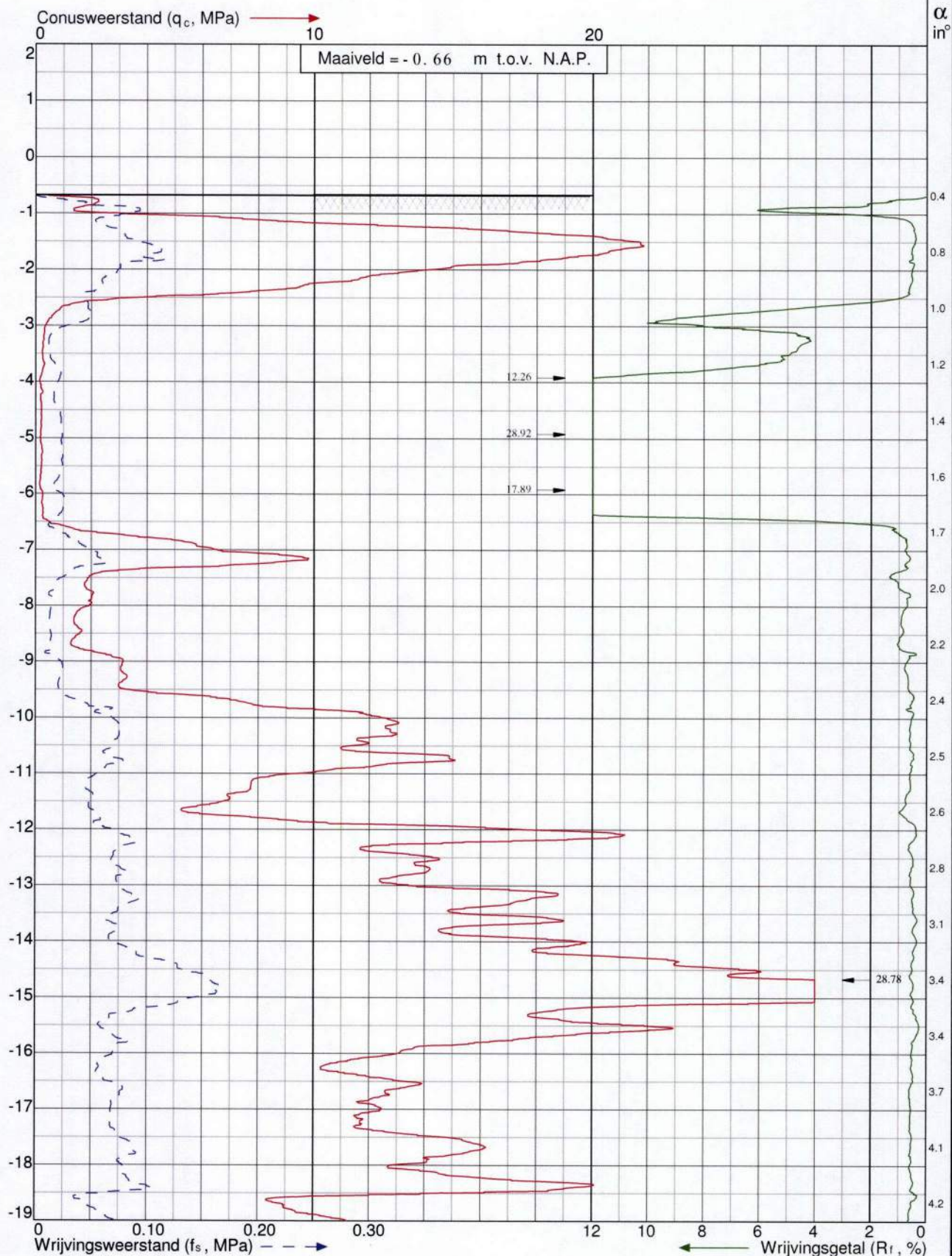


Klasse: 2

Conusweerstand (q<sub>c</sub>, MPa)

Conusweerstand (q<sub>c</sub>, MPa)

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek  
te Woerden

Sondering: DKM201



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 122606

y = 455184

Blad: 1 van 2

Opdr.nr: VN-60219-1

Datum: 24-6-2014

AKKOORD  
**GEO**

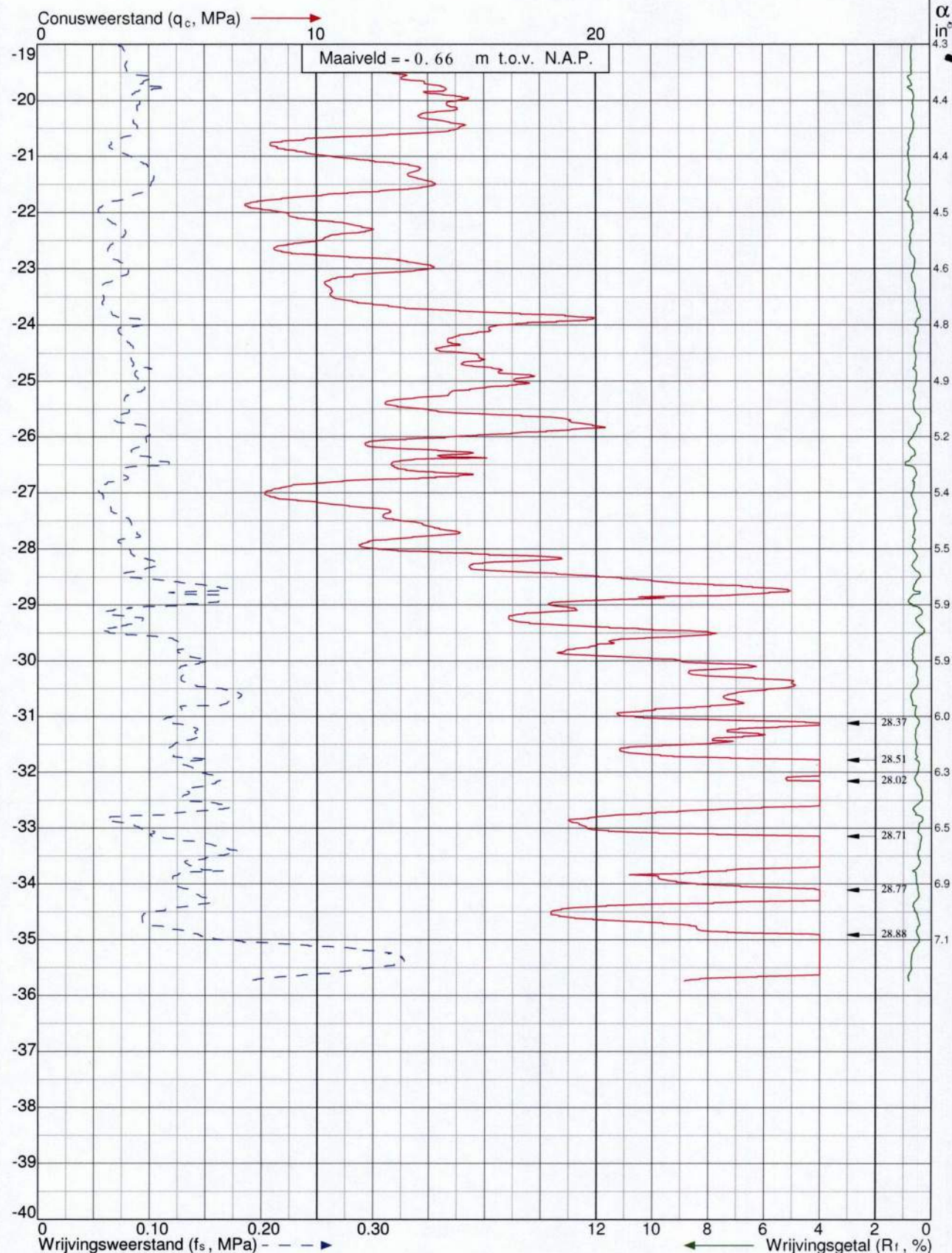


α: Afwijking van de verticaal Klasse: 2

Sondestype: cilindrisch elektrisch S15CFIL.1047 Conusserienummer:

Sondering volgens norm NEN 5140

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek te Woerden

Sondering:DKM201



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 122606

y = 455184

Blad: 2 van 2

Opdr.nr: VN-60219-1

Datum: 24-6-2014

AKKOORD  
**GEO**

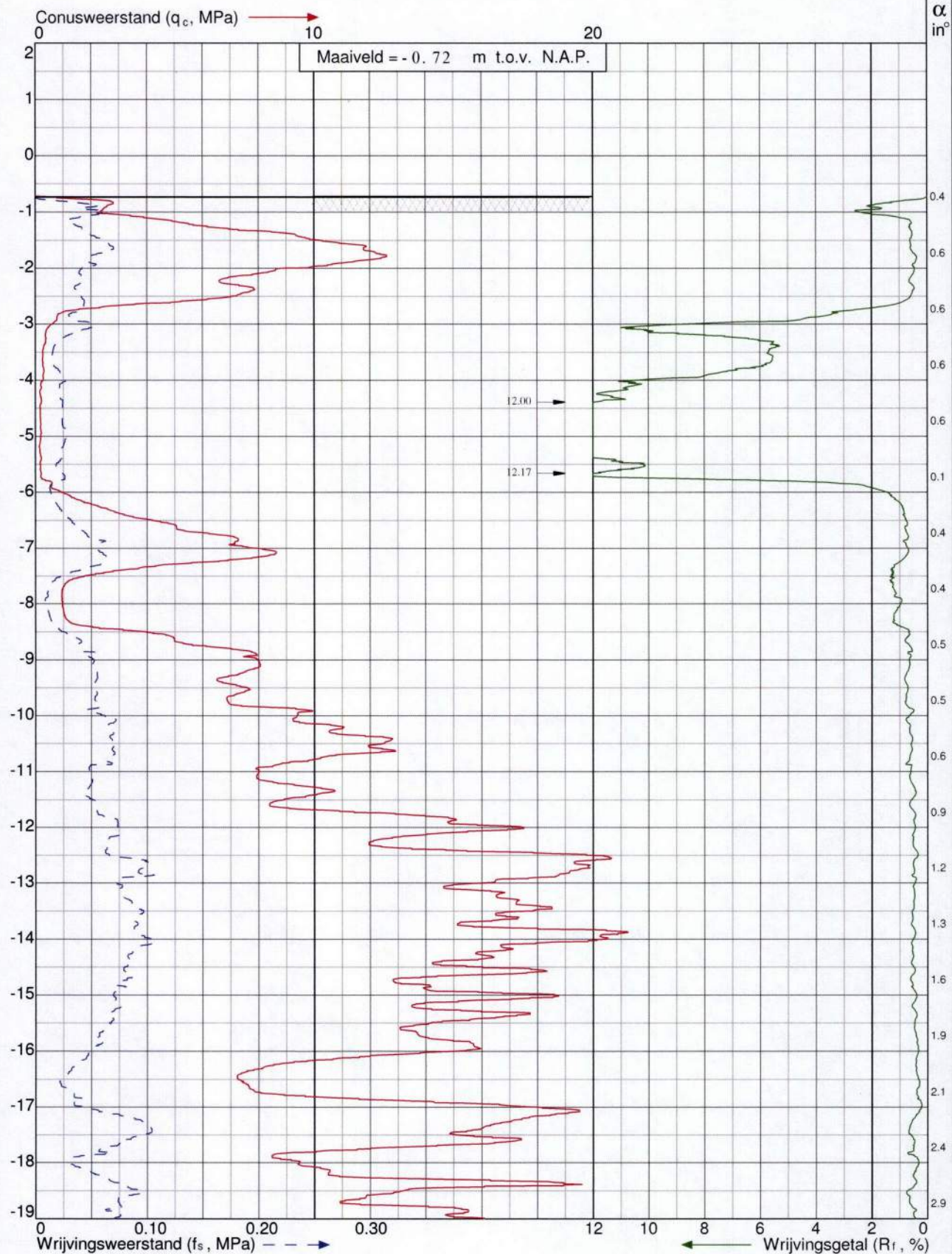


α: Afwijking van de verticaal Klasse: 2

Conusweerstand (q<sub>c</sub>, MPa) →

Sondering volgens norm NEN 5140

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek te Woerden

Sondering: DKM202



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

x = 122547

y = 455142

Blad: 1 van 2

Opdr.nr: VN-60219-1

Datum: 24-6-2014

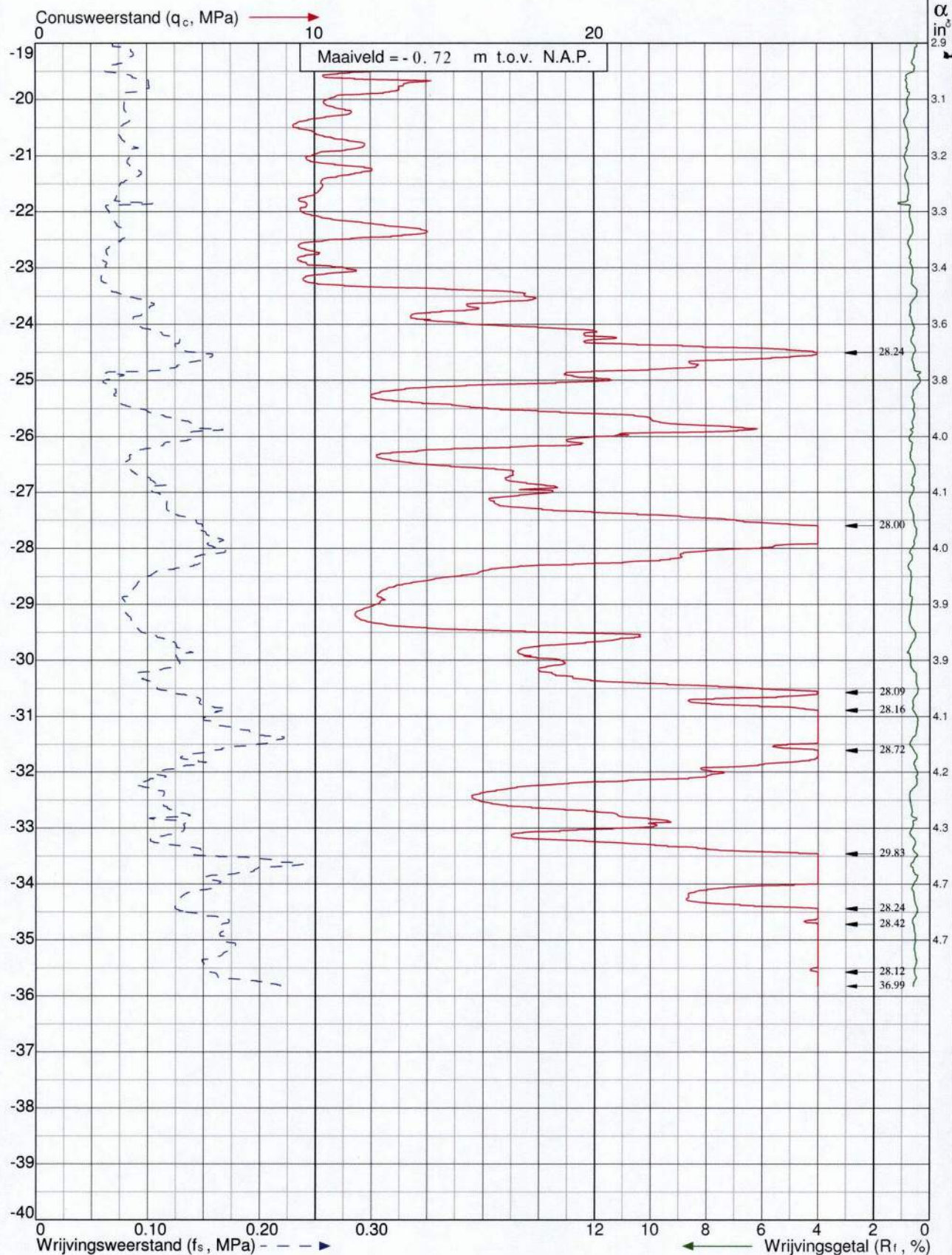




α: Afwijking van de verticaal Klasse: 2

Sondering volgens norm NEN 5140 Conustype: cilindrisch elektrisch S15CFII.1047 Conusserienummer:

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek te Woerden

Sondering: DKM202



**Wiertsema & Partners**

RAADGEVEND INGENIEURS

x = 122547

y = 455142

Blad: 2 van 2

Opdr.nr: VN-60219-1

Datum: 24-6-2014

AKKOORD  
**GEO**

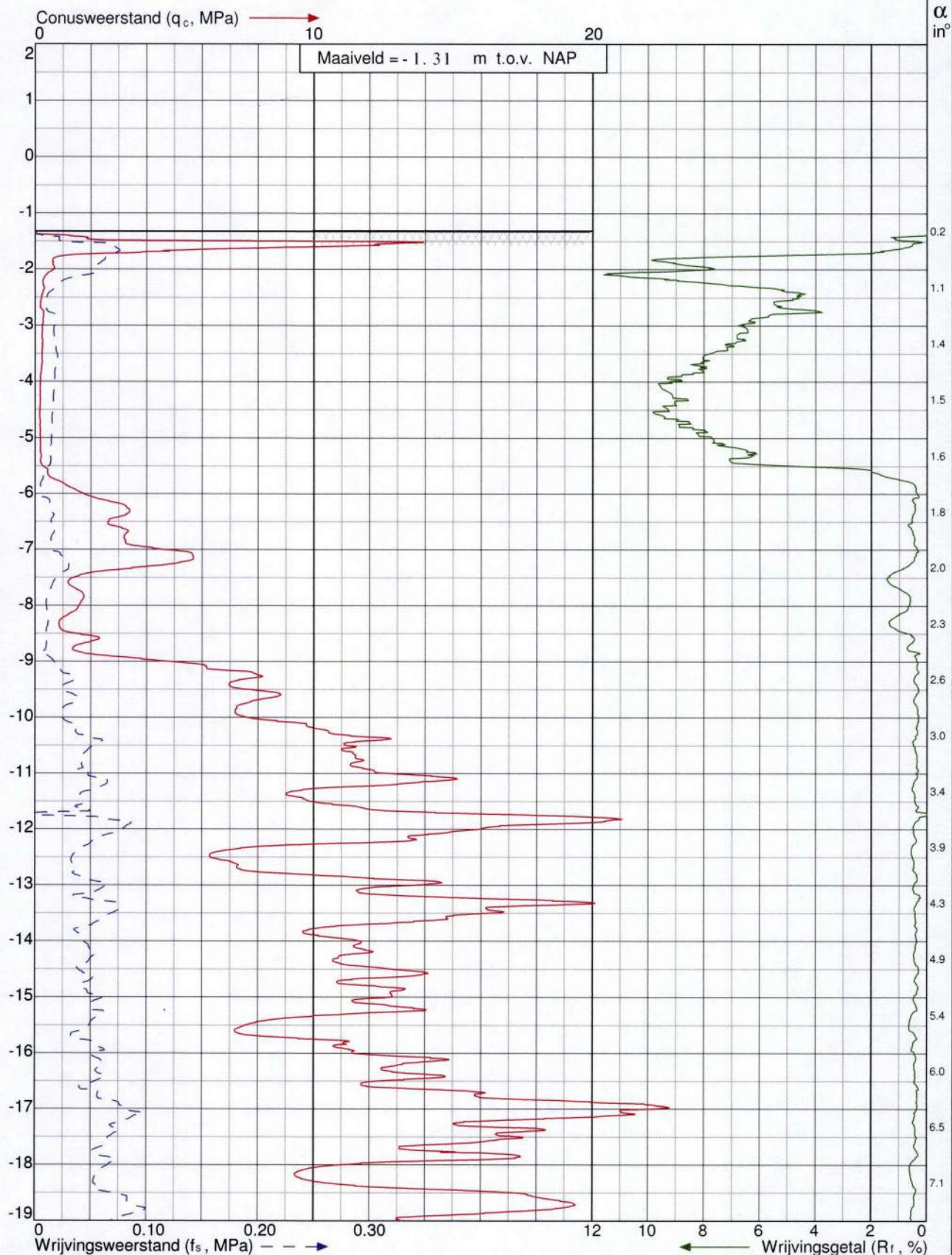


α: Afwijking van de verticaal Klasse: 2

Conustype: cilindrisch elektrisch S10CFII.S11131 Conusserienummer:

Sondering volgens norm NEN 5140

Diepte in meters ten opzichte van NAP



Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek  
te Woerden

Sondering: DKM203



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 122544

y = 455029

Blad: 1 van 2

Opdr.nr: VN-60219-1

Datum: 26-8-2014

AKKOORD  
**GEO**



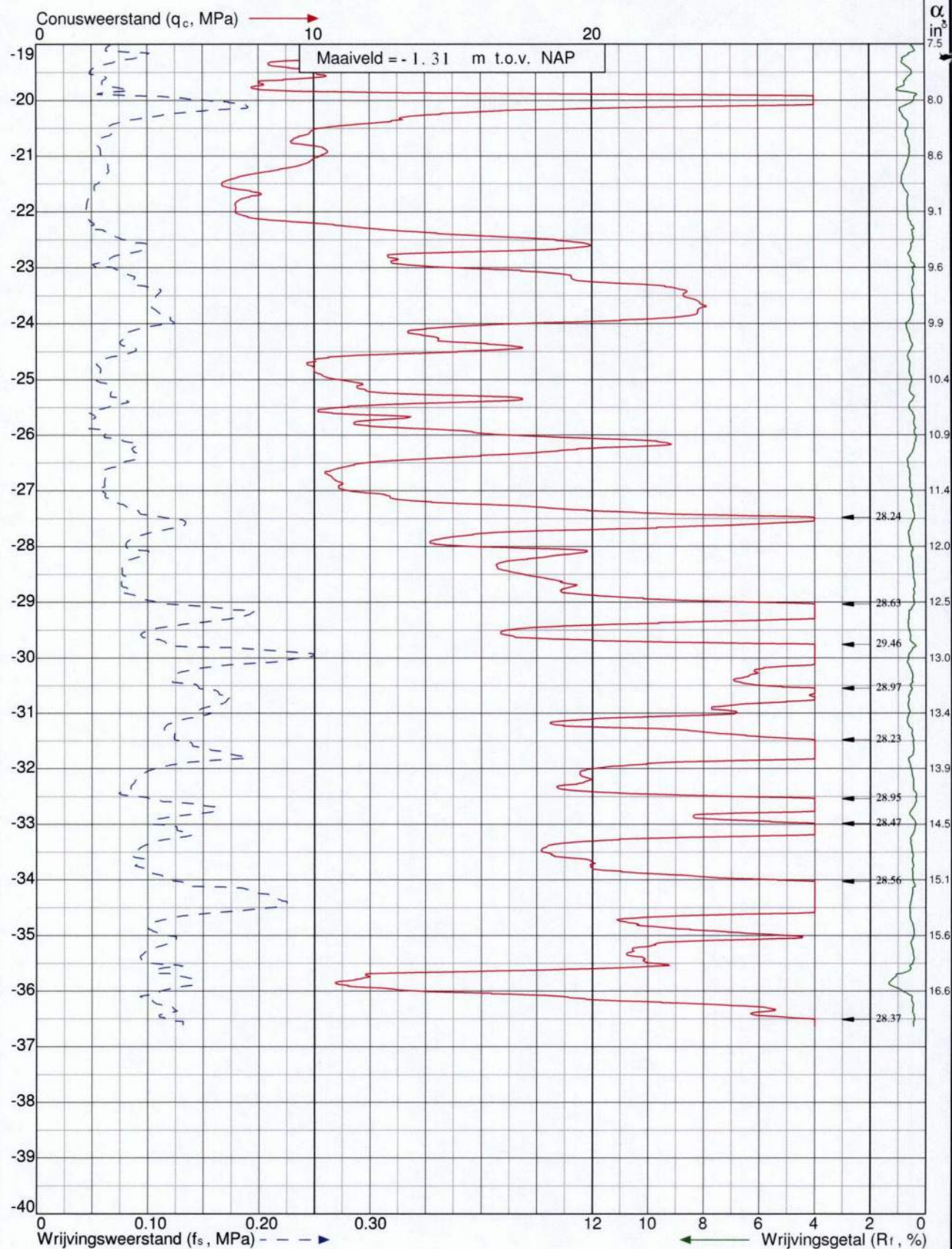
Klasse: 2

$\alpha$ : Afwijking van de verticaal

Conus type: cilindrisch elektrisch S10CFIL.S11131 Conusserienummer:

Sondering volgens norm NEN 5140

Diepte in meters ten opzichte van NAP



Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek te Woerden

Sondering: DKM203



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 122544

y = 455029

Blad: 2 van 2

Opdr.nr: VN-60219-1

Datum: 26-8-2014

AKKOORD  
**GEO**

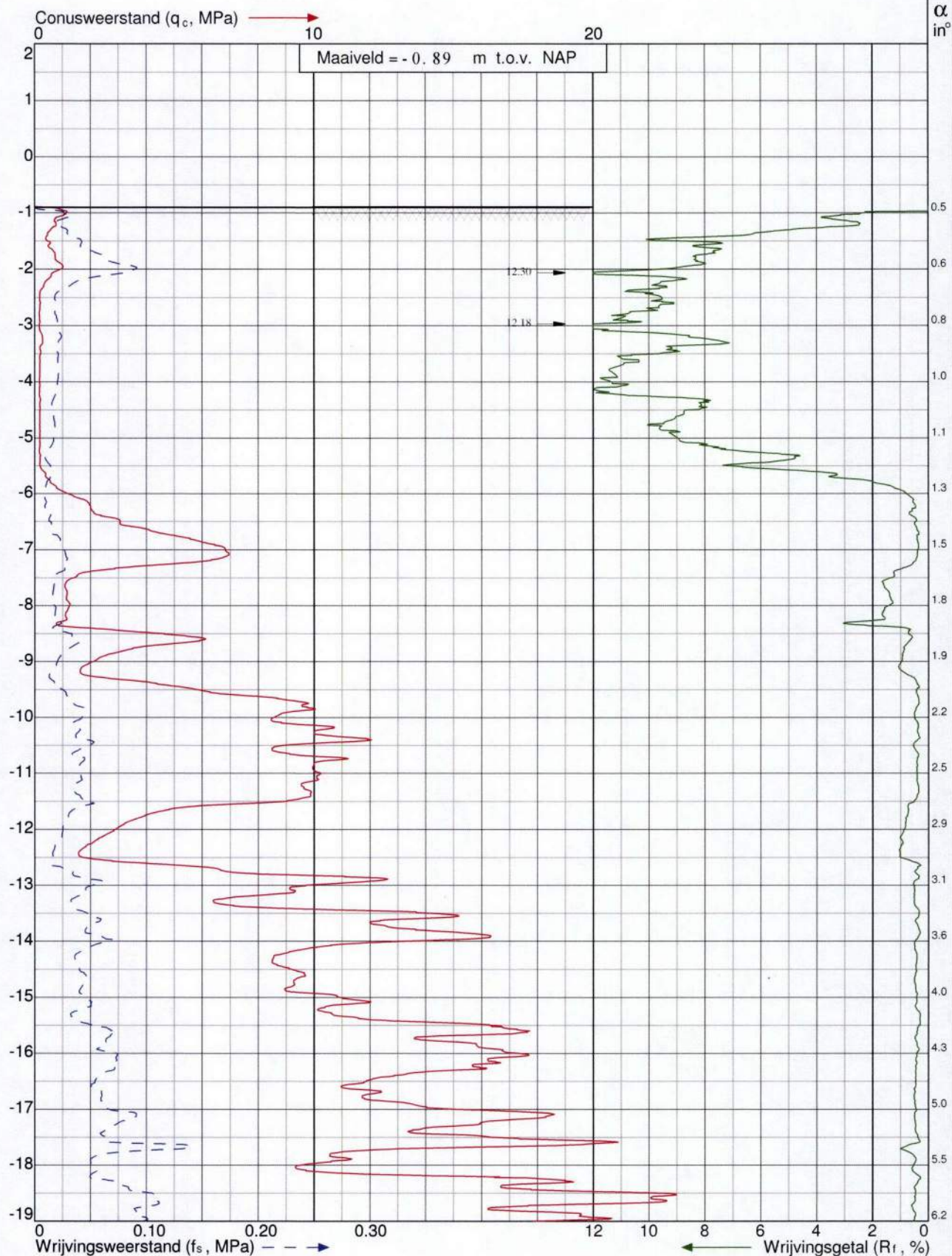


α: Afwijking van de verticaal Klasse: 2

Conustype: cilindrisch elektrisch S10CFII.S11131 Conusserienummer:

Sondering volgens norm NEN 5140

Diepte in meters ten opzichte van NAP



Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek  
te Woerden

Sondering: DKM204



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 122610

y = 454873

Blad: 1 van 2

Opdr.nr: VN-60219-1

Datum: 26-8-2014

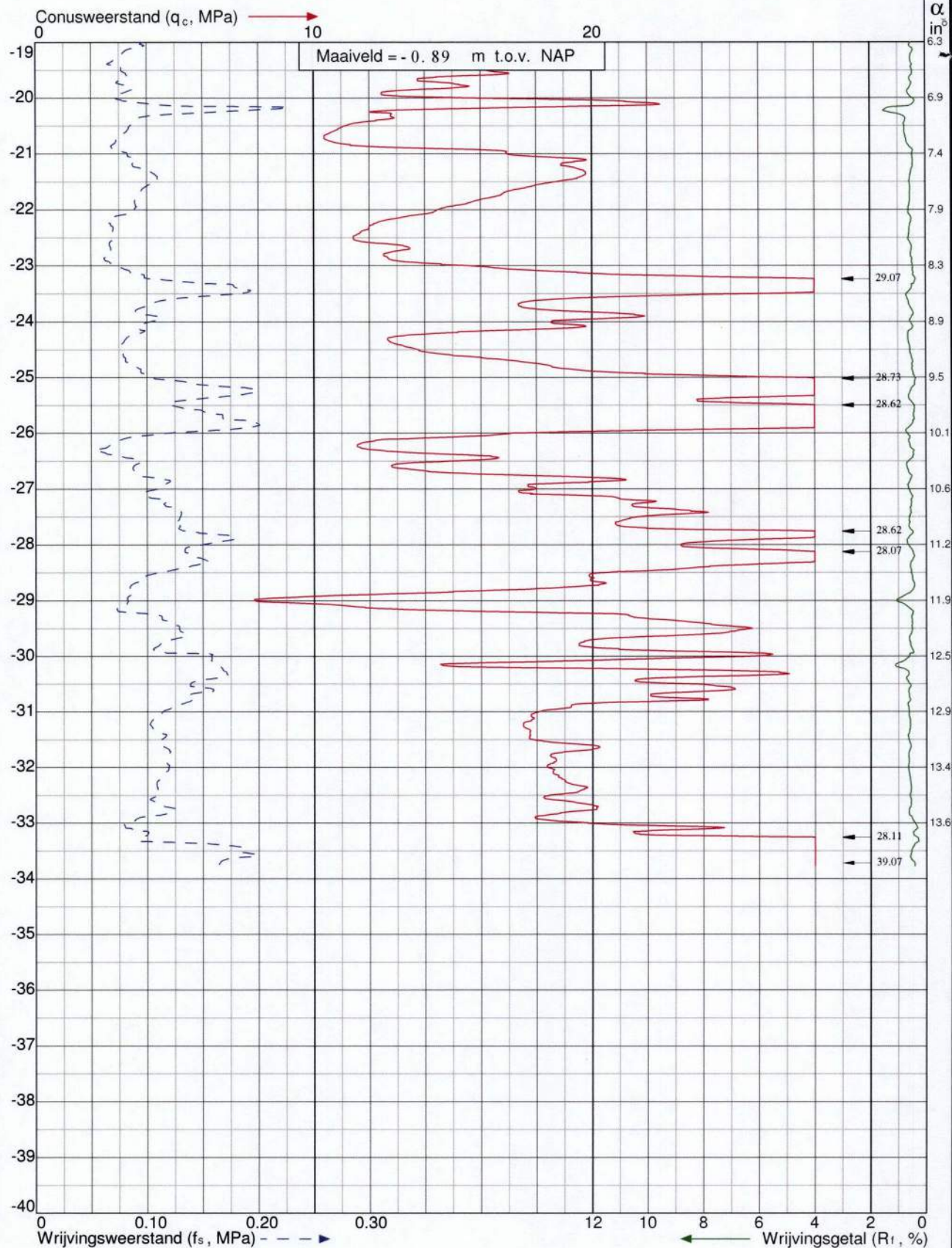
AKKOORD  
**GEO**



α: Afwijking van de verticaal Klasse: 2

Sondering volgens norm NEN 5140 Conustype: cilindrisch elektrisch S10CFII.S11131 Conusserienummer:

Diepte in meters ten opzichte van NAP



Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek te Woerden

Sondering:DKM204



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 122610

y = 454873

Blad: 2 van 2

Opdr.nr: VN-60219-1

Datum: 26-8-2014

AKKOORD  
**GEO**



Klasse: 2

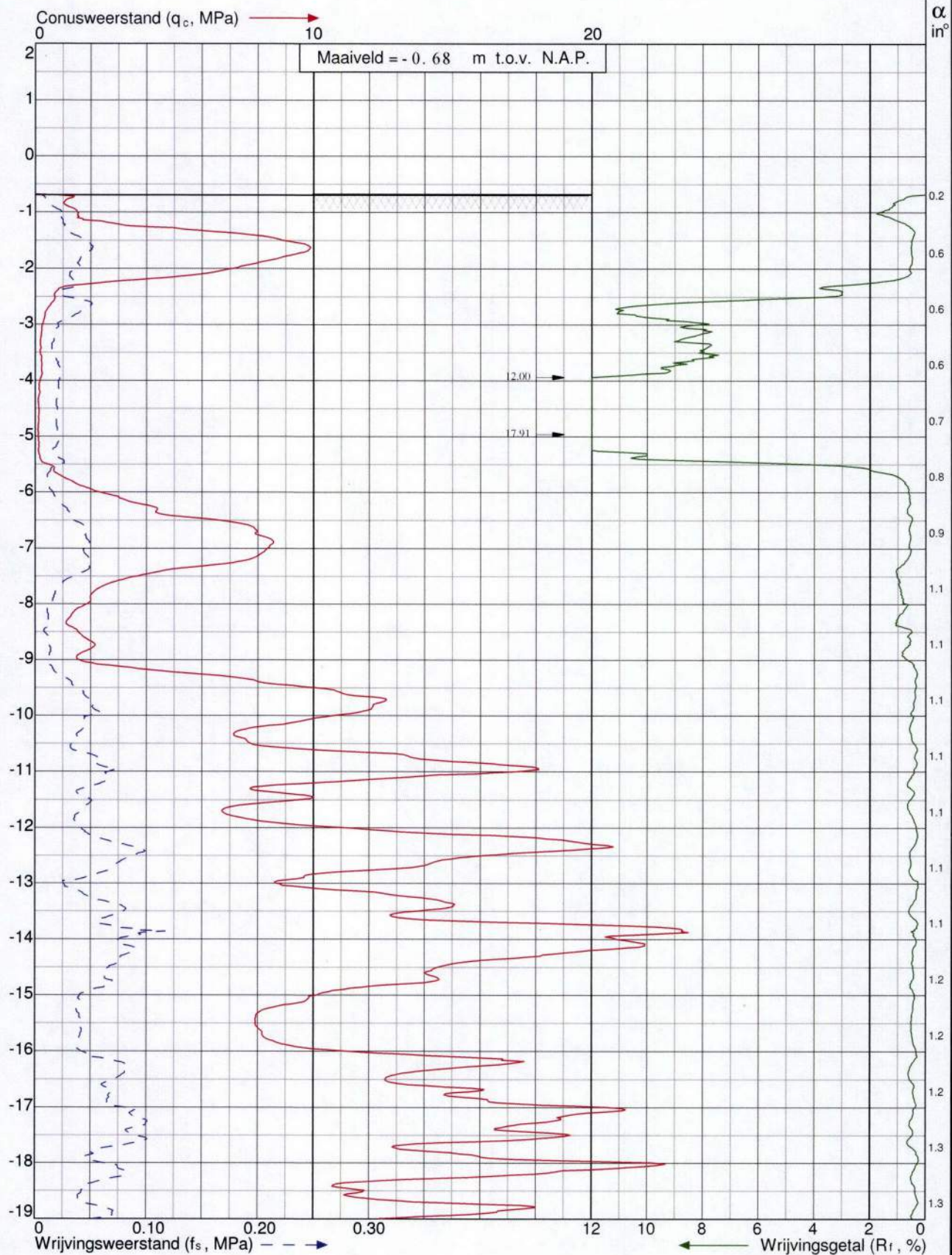
$\alpha$ : Afwijking van de verticaal

Conusserienummer: 130402

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN 5140

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek  
te Woerden

Sondering: DKM205



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 122692

y = 454773

Blad: 1 van 2

Opdr.nr: VN-60219-1

Datum: 14-7-2014

AKKOORD  
**GEO**



Klasse: 2

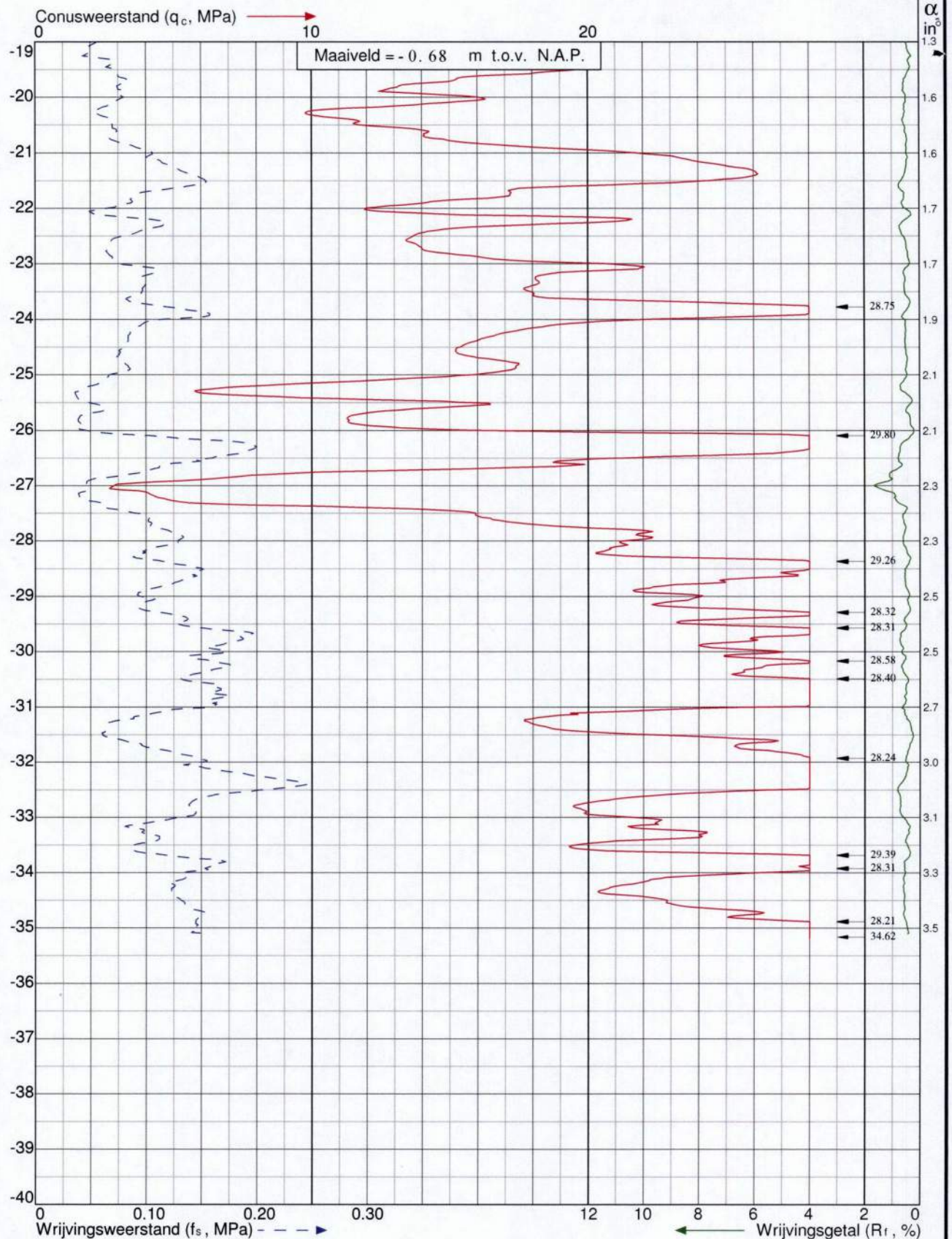
 $\alpha$ : Afwijking van de verticaal

Conusserienummer: 130402

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN 5140

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek te Woerden

Sondering: DKM205



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 122692

y = 454773

Blad: 2 van 2

Opdr.nr: VN-60219-1

Datum: 14-7-2014

AKKOORD  
**GEO**

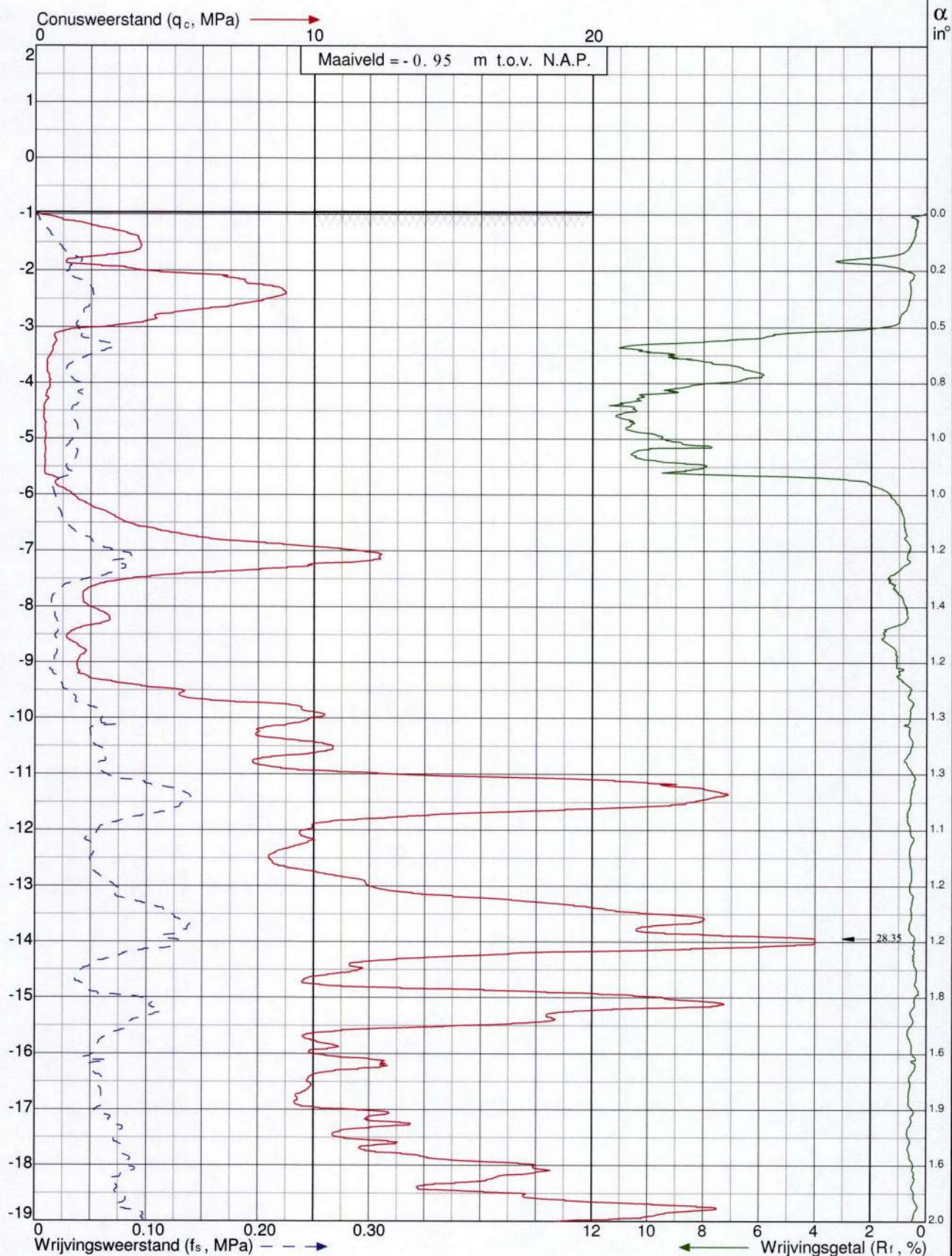


Klasse: 2

Conusserienummer: S15CFII.1047

Sondering volgens norm NEN 5140

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek  
te Woerden

Sondering: DKM206



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 122723

y = 454743

Blad: 1 van 2

Opdr.nr: VN-60219-1

Datum: 24-6-2014

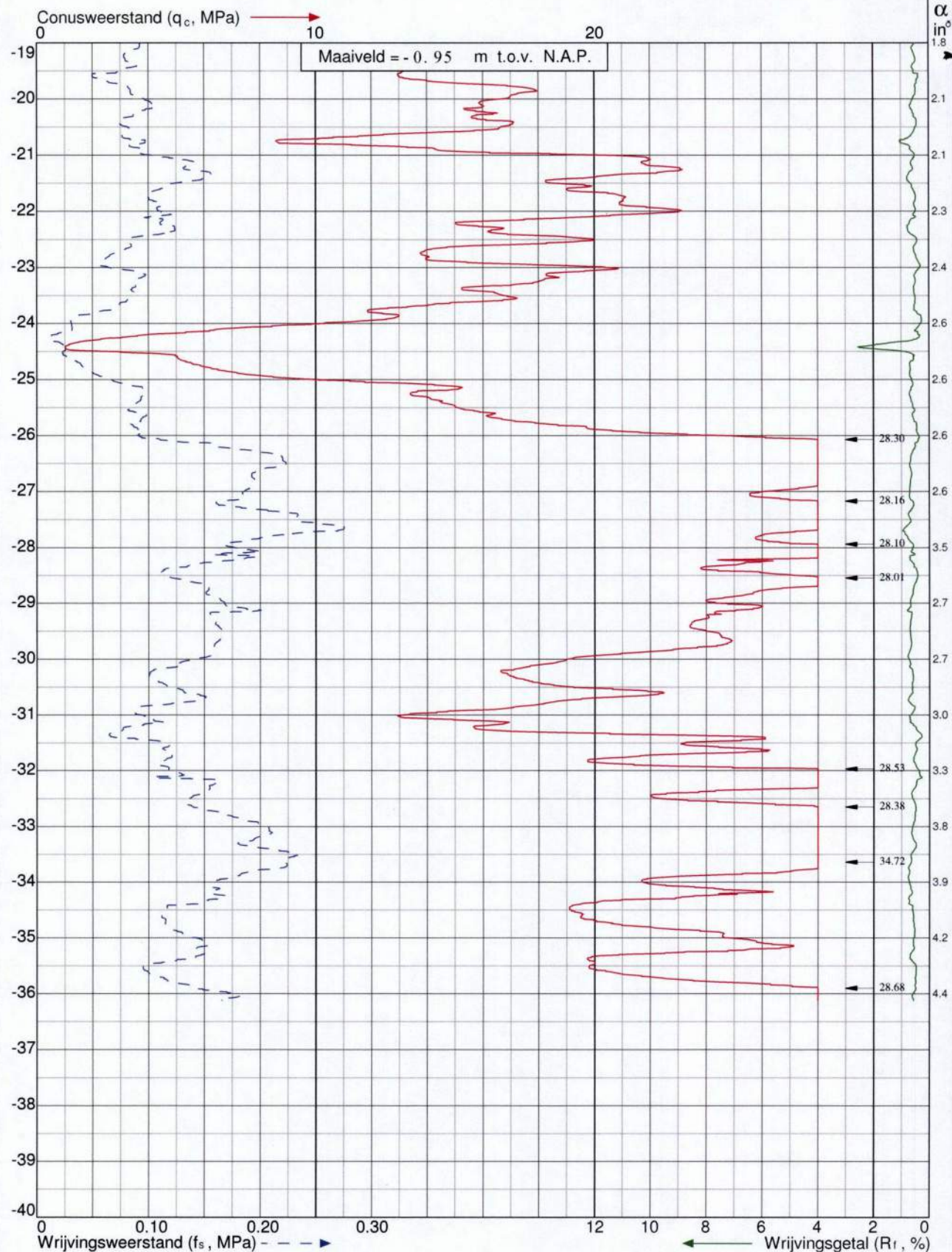
AKKOORD  
**GEO**



α: Afwijking van de verticaal Klasse: 2

Sondering volgens norm NEN 5140 Conusype: cilindrisch elektrisch S15CFII.1047 Conusserienummer:

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek te Woerden

Sondering: DKM206



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 122723

y = 454743

Blad: 2 van 2

Opdr.nr: VN-60219-1

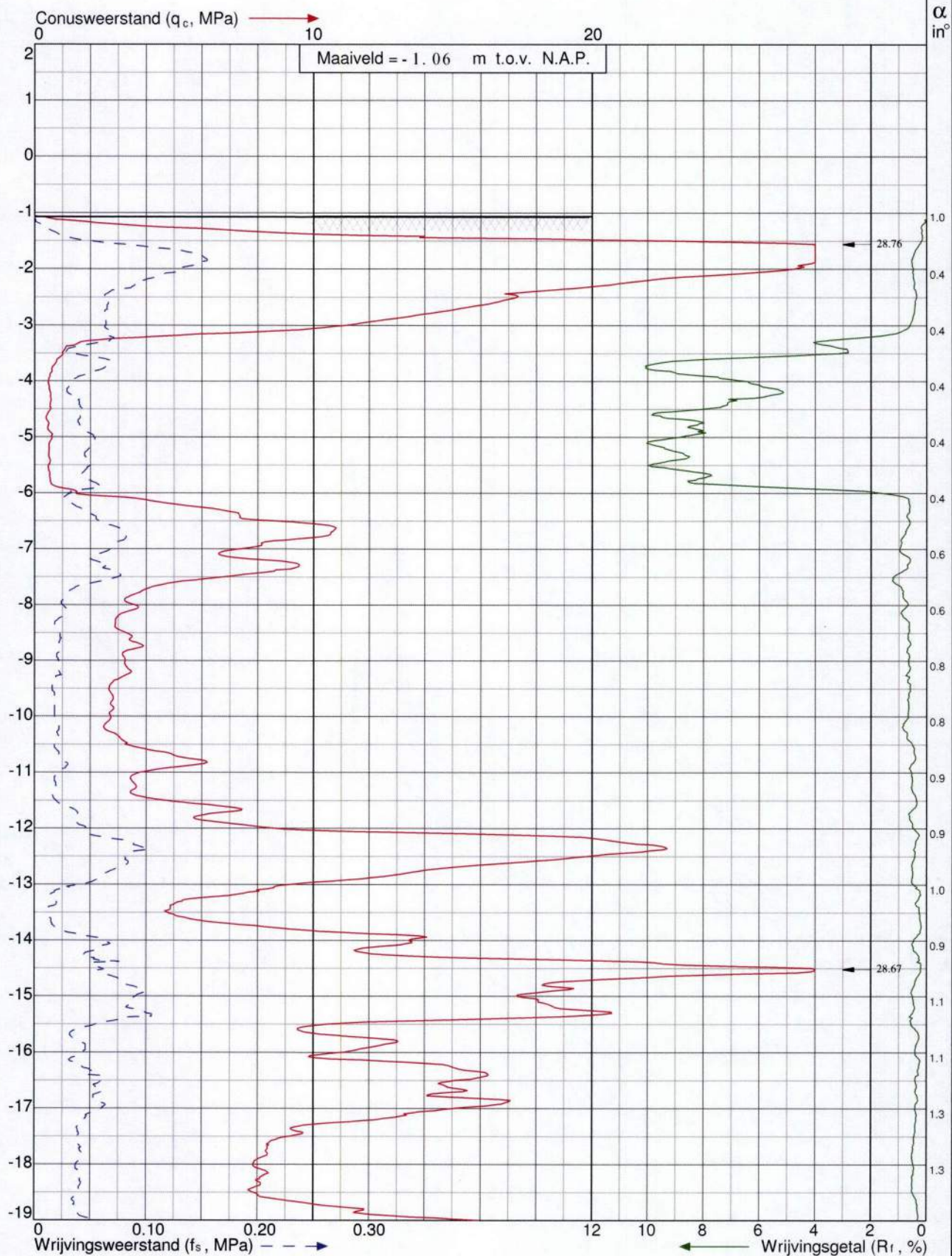
Datum: 24-6-2014

AKKOORD  
**GEO**



Sondering volgens norm NEN 5140 Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15 Conusrienummer: 130402  $\alpha$ : Afwijking van de verticaal Klasse: 2

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek  
te Woerden

Sondering: DKM207



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 122846

y = 454828

Blad: 1 van 2

Opdr.nr: VN-60219-1

Datum: 14-7-2014

AKKOORD  
**GEO**



Klasse: 2

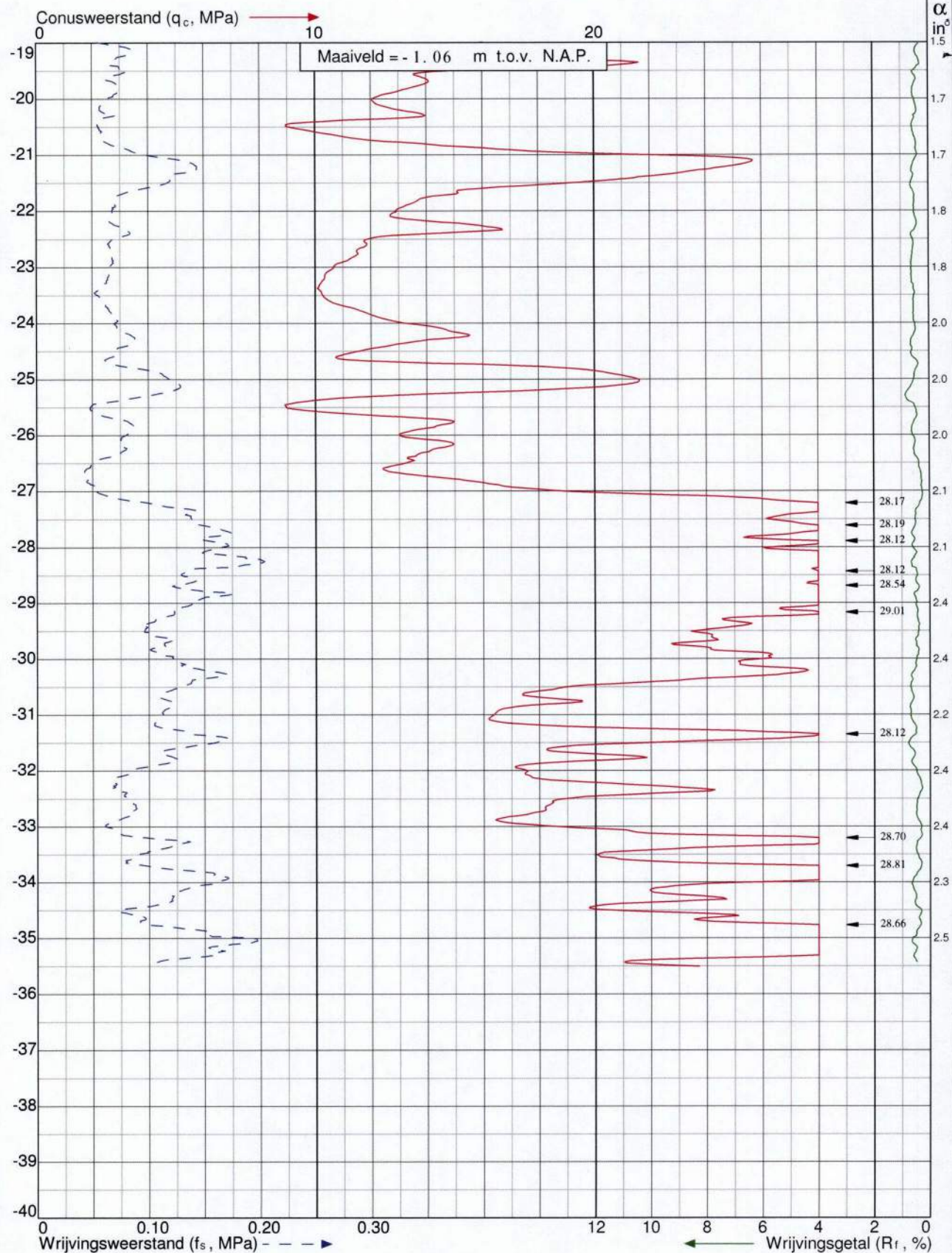
$\alpha$ : Afwijking van de verticaal

Conusserienummer: 130402

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN 5140

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek te Woerden

Sondering: DKM207



**Wiertsema & Partners**

RAADGEVEND INGENIEURS

x = 122846

y = 454828

Blad: 2 van 2

Opdr.nr: VN-60219-1

Datum: 14-7-2014

AKKOORD

**GEO**



Klasse: 2

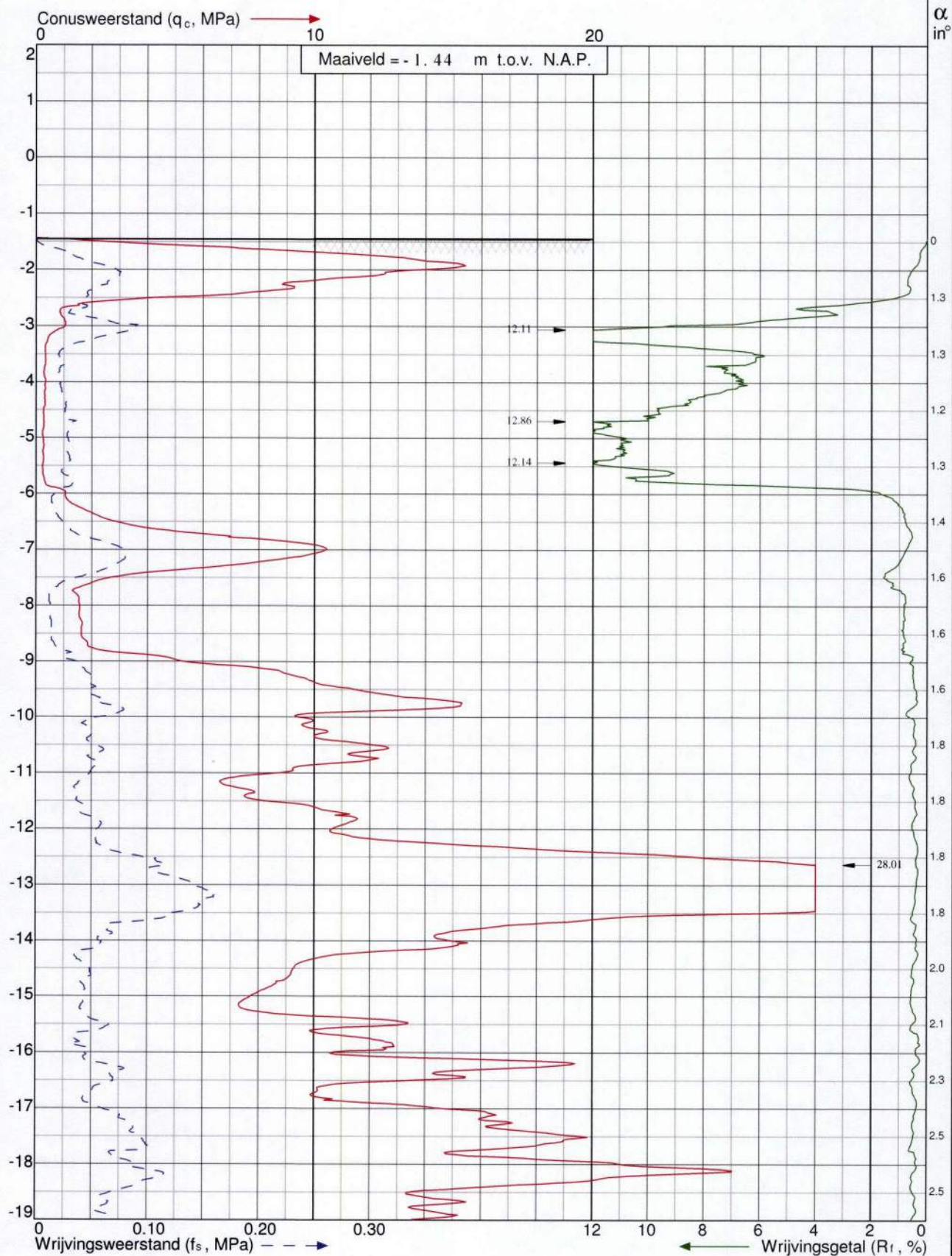
α: Afwijking van de verticale

Conusnummer: 130402

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN 5140

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek  
te Woerden

Sondering: DKM208



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 122968

y = 454905

Blad: 1 van 2

Opdr.nr: VN-60219-1

Datum: 14-7-2014

AKKOORD  
**GEO**



Klasse: 2

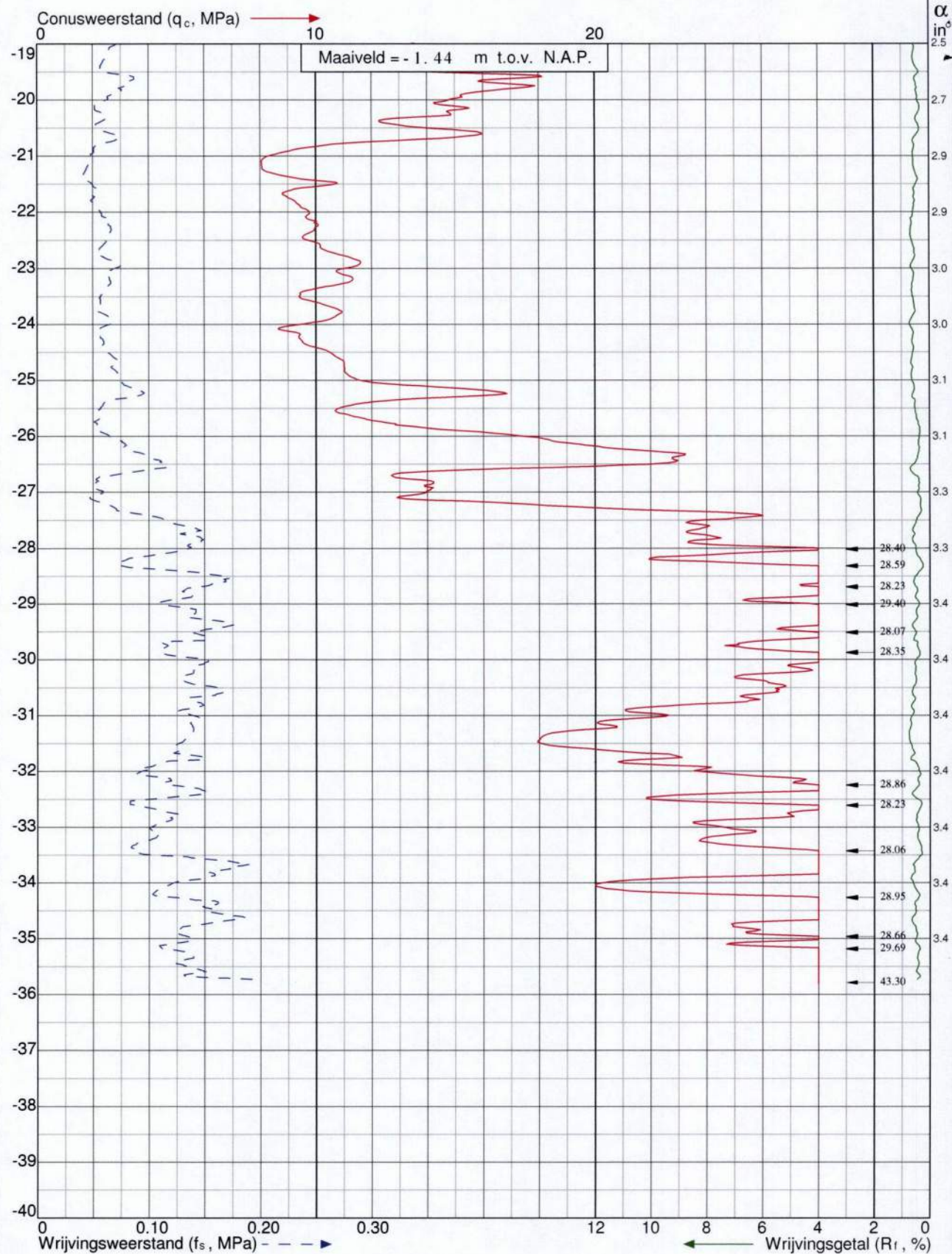
 $\alpha$ : Afwijking van de verticaal

Conusserienummer: 130402

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN 5140

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.

Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek  
te Woerden

Sondering: DKM208



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 122968

y = 454905

Blad: 2 van 2

Opdr.nr: VN-60219-1

Datum: 14-7-2014

AKKOORD  
**GEO**



Klasse: 2

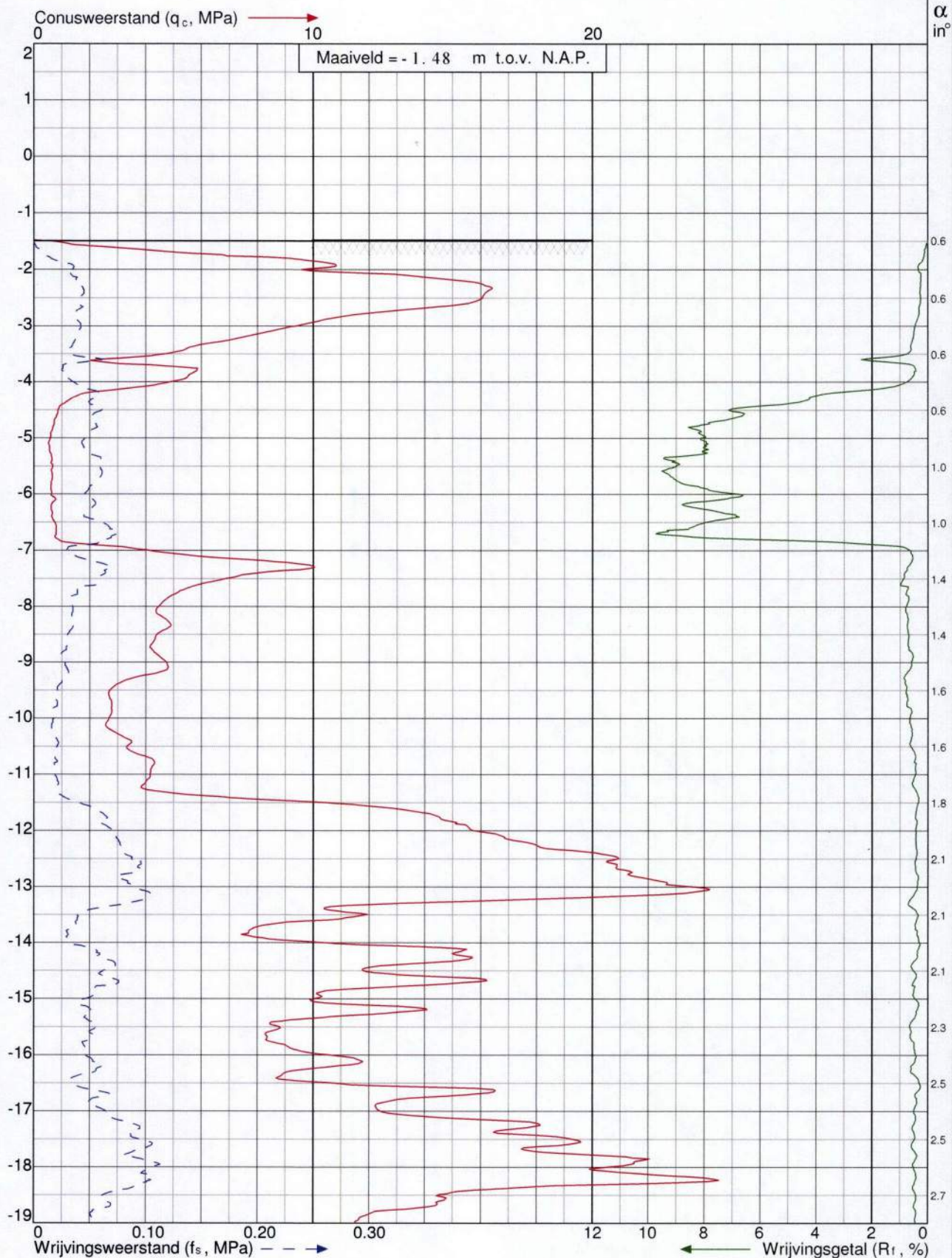
$\alpha$ : Afwijking van de verticale

Conusserienummer: 130402

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN 5140

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek te Woerden

Sondering: DKM209



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 123065

y = 454890

Blad: 1 van 2

Opdr.nr: VN-60219-1

Datum: 14-7-2014

AKKOORD  
**GEO**



Klasse: 2

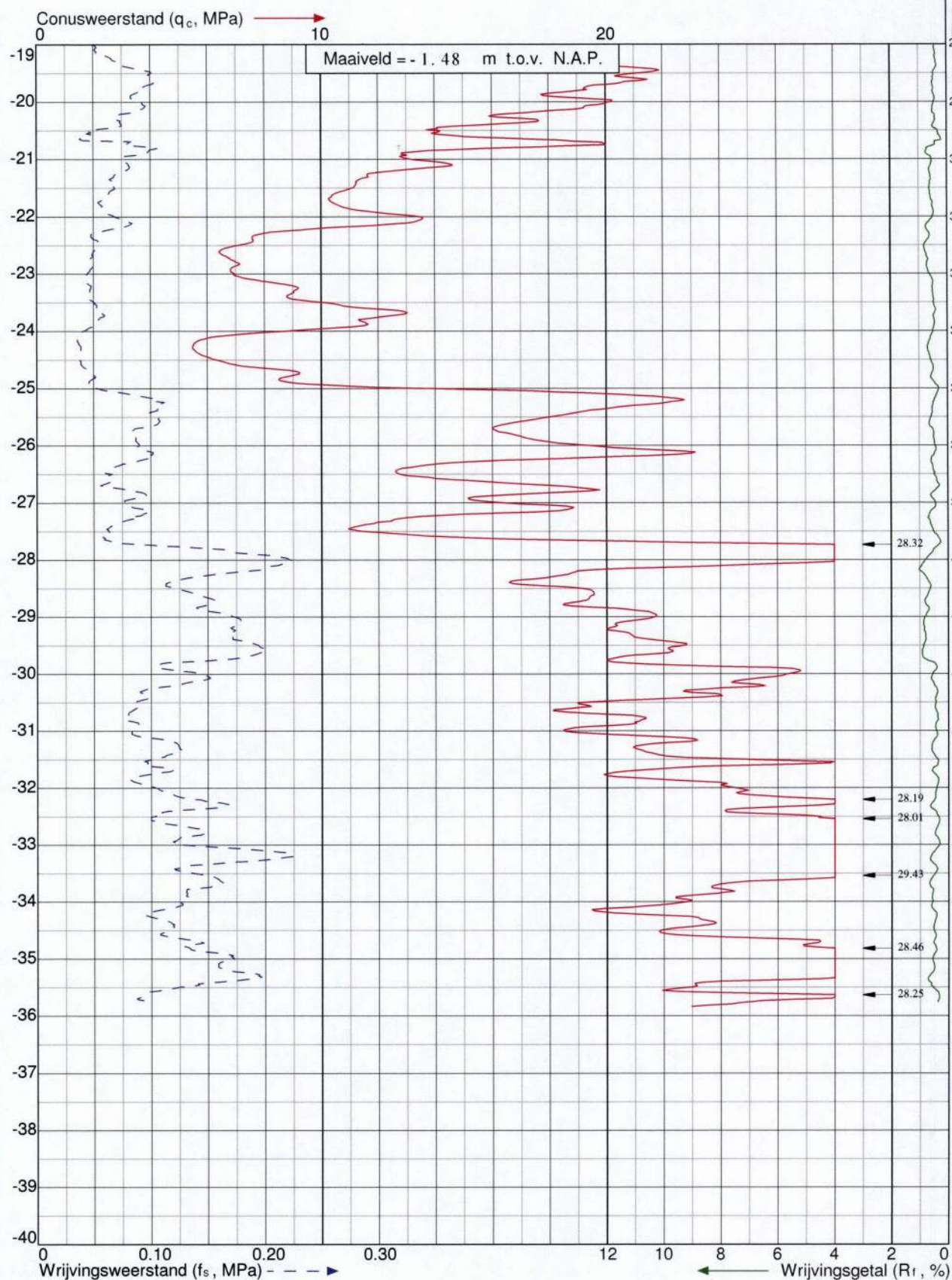
$\alpha$ : Afwijking van de verticaal

Conusserienummer: 130402

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN 5140

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek te Woerden

Sondering: DKM209



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 123065

y = 454890

Blad: 2 van 2

Opdr.nr: VN-60219-1

Datum: 14-7-2014

AKKOORD  
**GEO**

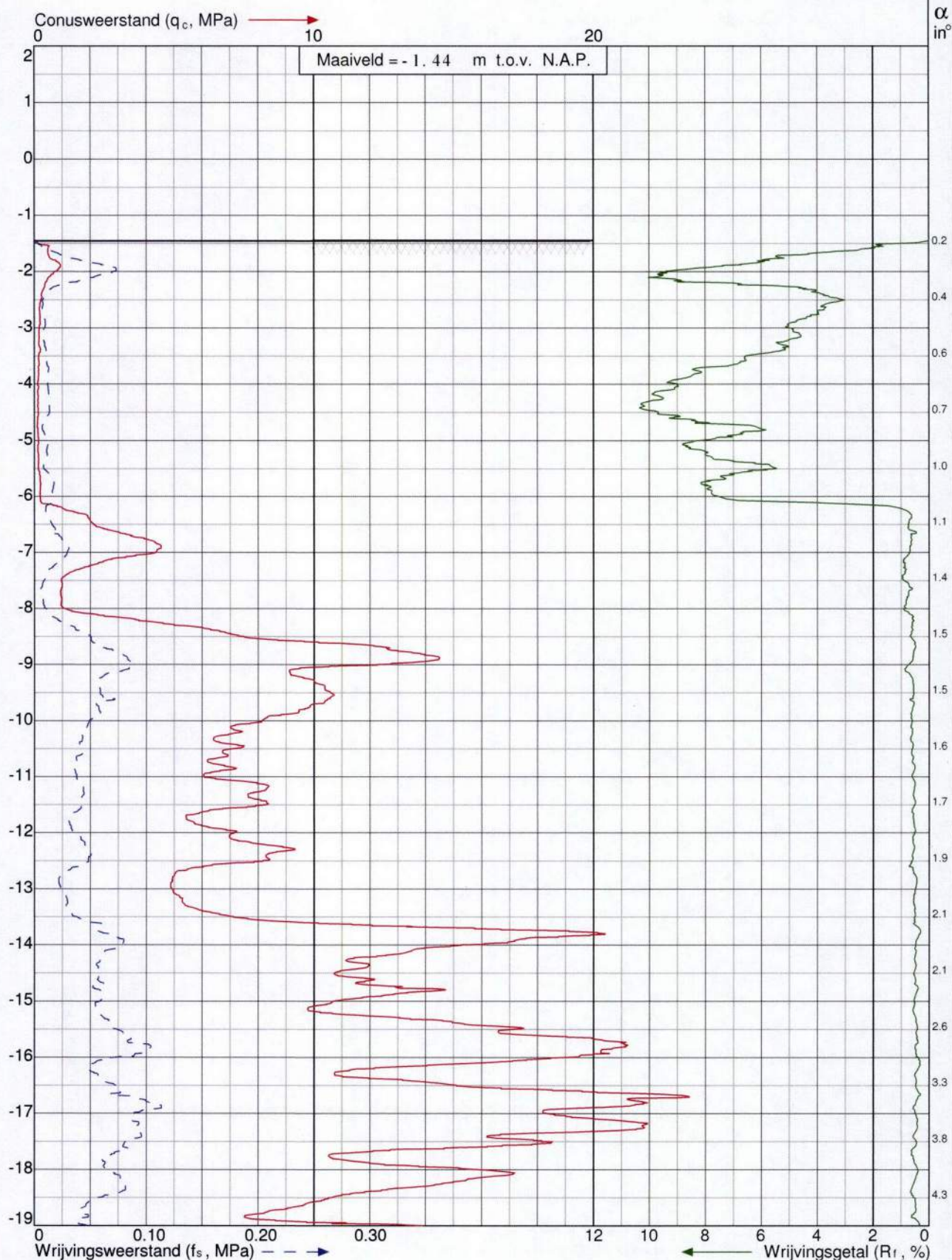


Al: Afwijking van de verticaal Klasse: 2

Conus: cilindrisch elektrisch S15CFII.1047 Conusserienummer: N.A.P.

Sondering volgens norm NEN 5140

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek  
te Woerden

Sondering: DKM210



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 123426

y = 455093

Blad: 1 van 2

Opdr.nr: VN-60219-1

Datum: 24-6-2014

AKKOORD  
**GEO**

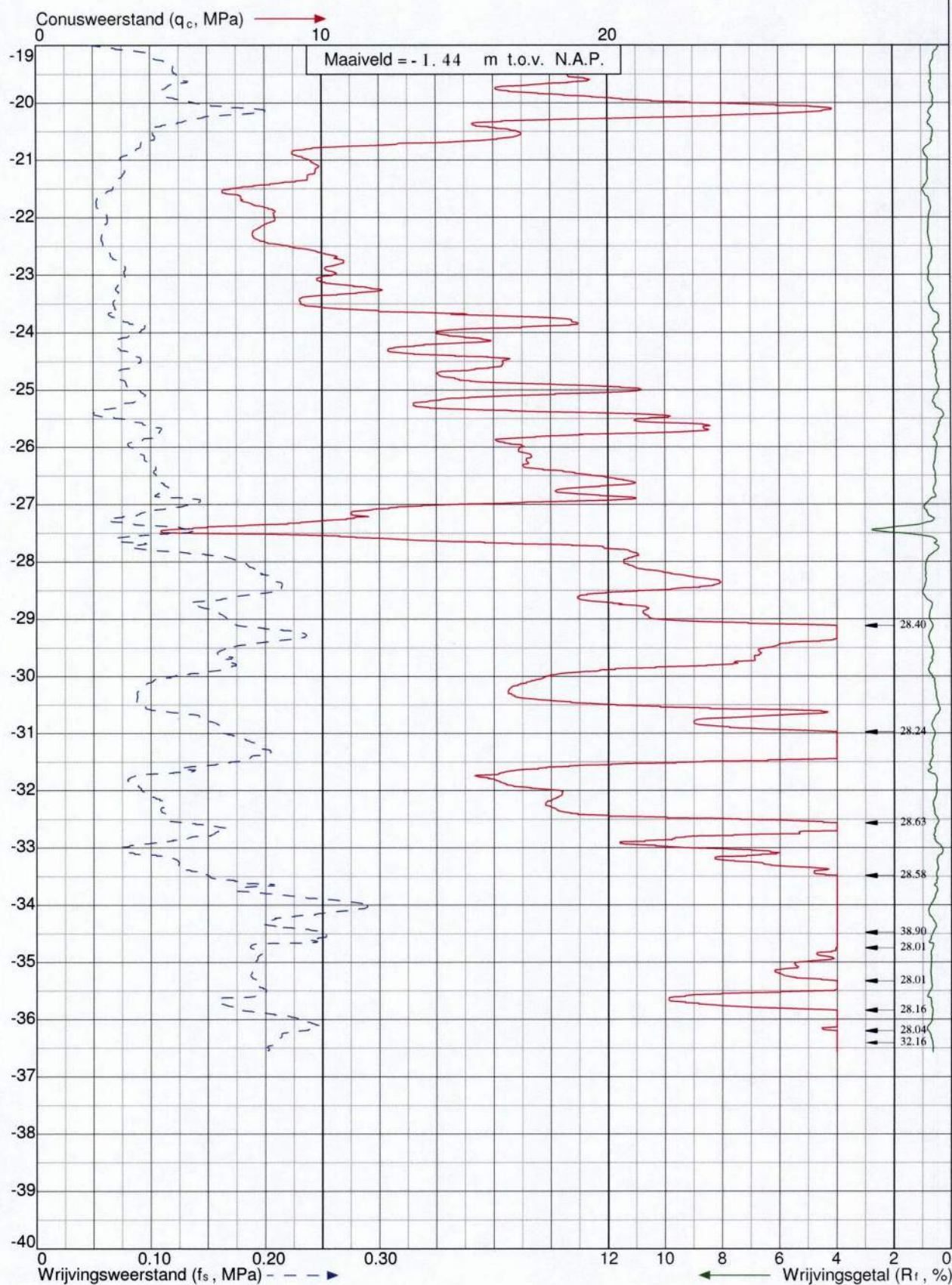


α: Afwijking van de verticaal Klasse: 2

Conus: cilindrisch elektrisch S15CFII.1047 Conusserienummer:

Sondering volgens norm NEN 5140

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek te Woerden

Sondering:DKM210



**Wiertsema & Partners**

RAADGEVEND INGENIEURS

x = 123426

y = 455093

Blad: 2 van 2

Opdr.nr: VN-60219-1

Datum: 24-6-2014

AKKOORD  
**GEO**



# Bijlage 3



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS



**Tabel X-, Y-coördinaten en maaiveldhoogte**

| Meetpunt  | X-coördinaten | Y-coördinaten | maaiveldhoogte<br>(in m t.o.v. N.A.P.) |
|-----------|---------------|---------------|----------------------------------------|
| DKM201    | 122.606       | 455.184       | - 0,66                                 |
| DKM202    | 122.547       | 455.142       | - 0,72                                 |
| DKM205    | 122.692       | 454.773       | -0,68                                  |
| DKM206    | 122.723       | 454.743       | - 0,95                                 |
| DKM207    | 122.846       | 454.828       | - 1,06                                 |
| DKM208    | 122.968       | 454.905       | - 1,44                                 |
| DKM209    | 123.065       | 454.890       | - 1,48                                 |
| DKM210    | 123.426       | 455.093       | - 1,44                                 |
| waterpeil | 123.403       | 455.088       | - 1,80                                 |





# Bijlage 4



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS



# Dwarsprofiel 01; talud 1:4

Veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

Wiersema & Partners

Phone  
Fax

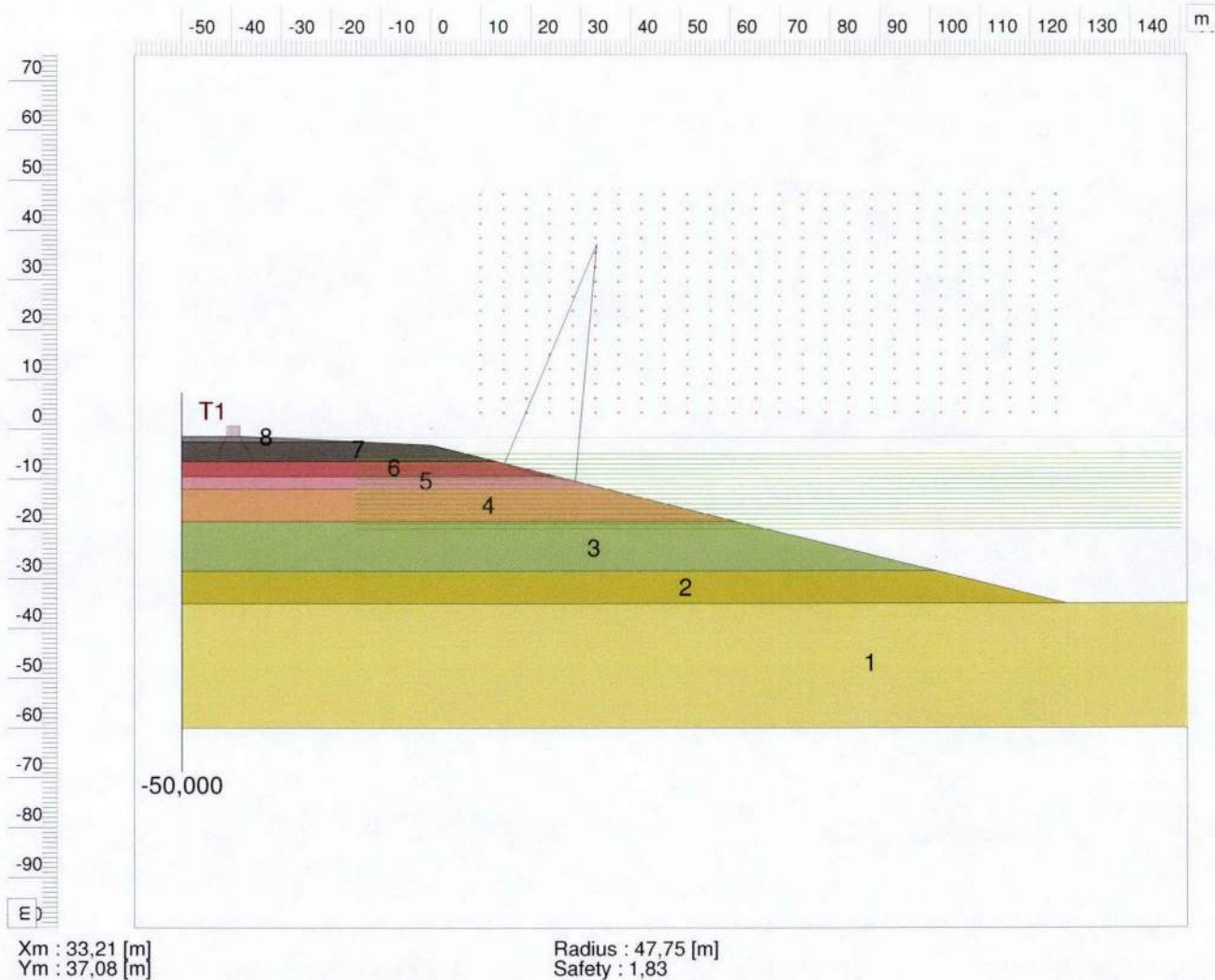
date  
28-8-2014

D-Geo Stability 10.1 : DP01-RC1-talud topd.stl

60219-1

Annex

## Critical Circle Bishop

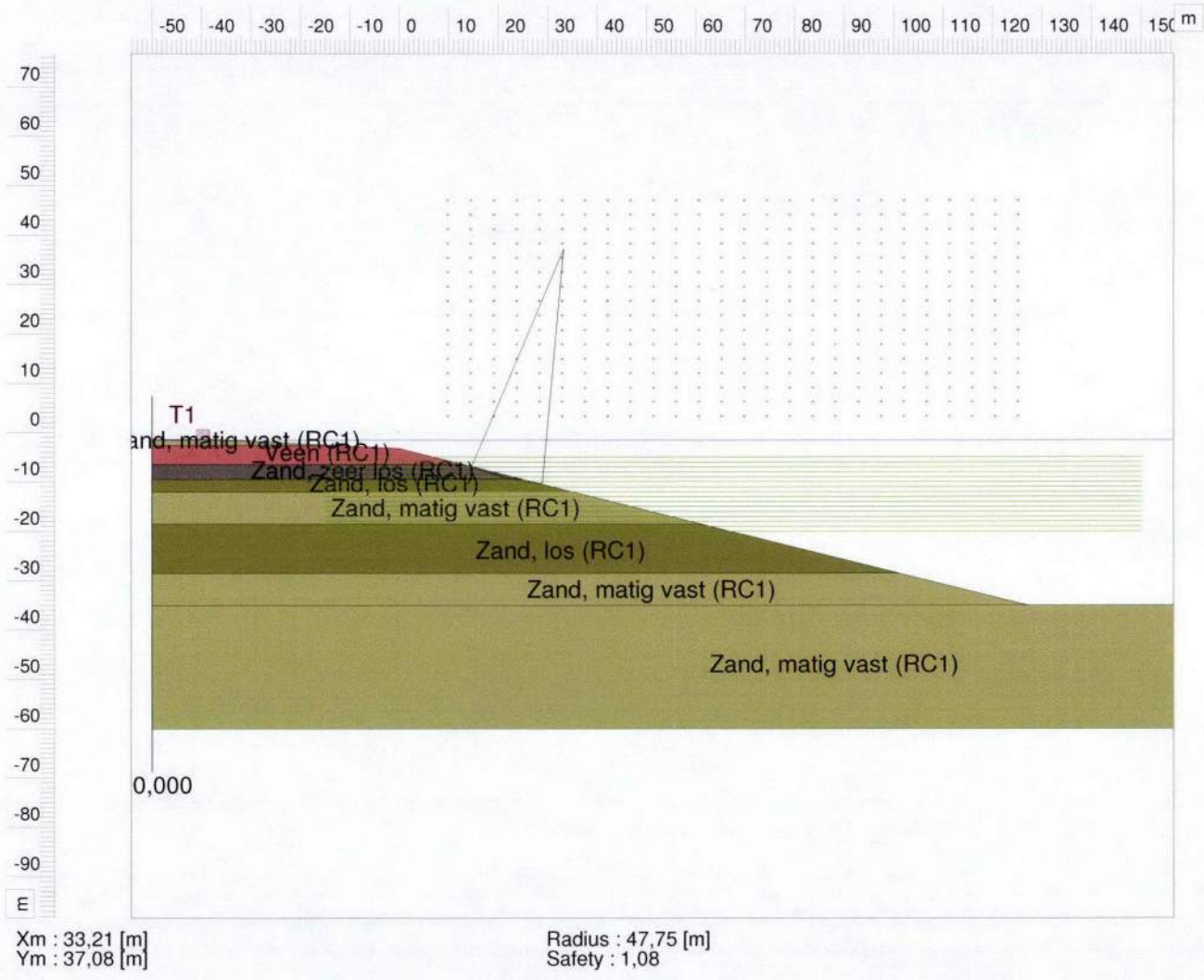




# Materials

- Veen (RC1)
- Zand, zeer los (RC1)
- Zand, los (RC1)
- Zand, matig vast (RC1)

## Critical Circle Bishop



Wertsma & Partners

Phone  
Fax

date  
28-8-2014

D:Geo Stability 10.1 : D:\01-RC1-Talud 1\01-1 SKPa wos.slt

Veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek  
Dwarsprofiel 01

Talud 1 : 4; 1,5KPa wos

60219-1

Annex



Talud 2013

Dwarsprofiel 01

Veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

Wiersema & Partners

Phone  
Fax

28-8-2014

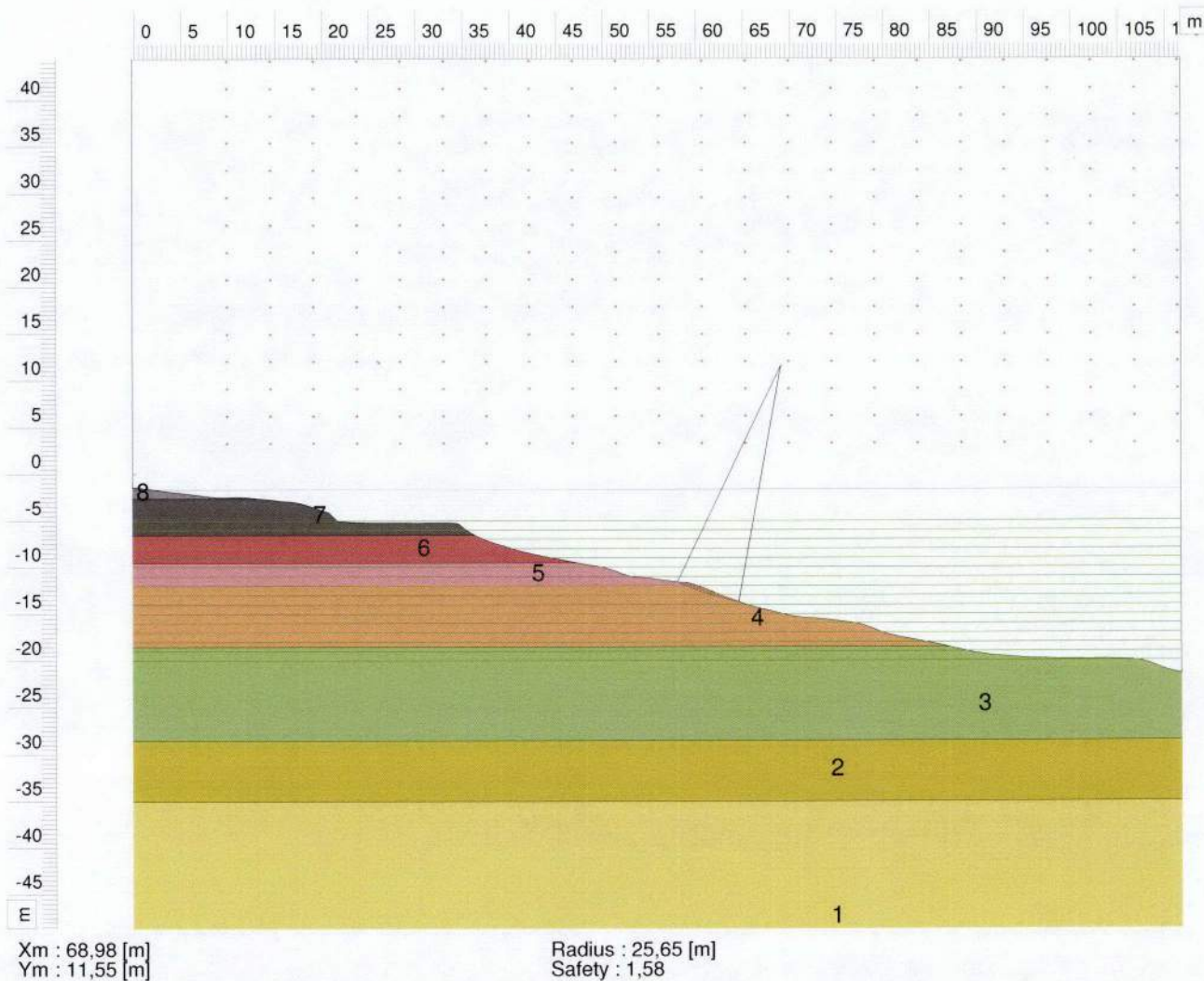
date

D:\Geo Stability 10.1 : DP01-RC1-talud 2013.sft

60219-1

Annex

## Critical Circle Bishop





# Talud 2013; 1,5 kPa wos

Annex

Wiersma & Partners

Phone  
Fax

date  
28-8-2014

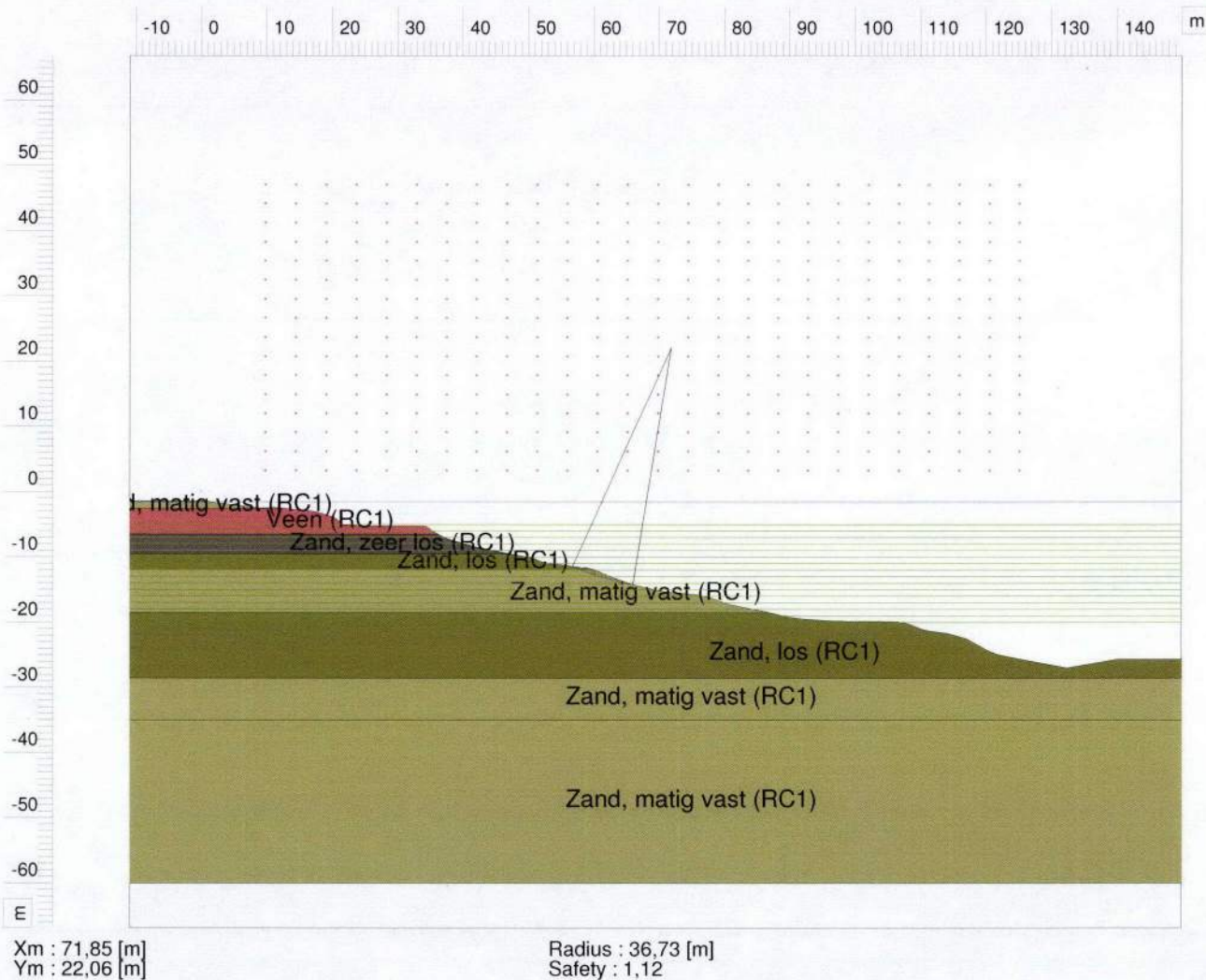
Veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

Dwarsprofiel 01

60219-1

D-Geo Stability 10.1 : DP01-RC1-talud 2013;1,5kPa wos.sli

## Critical Circle Bishop

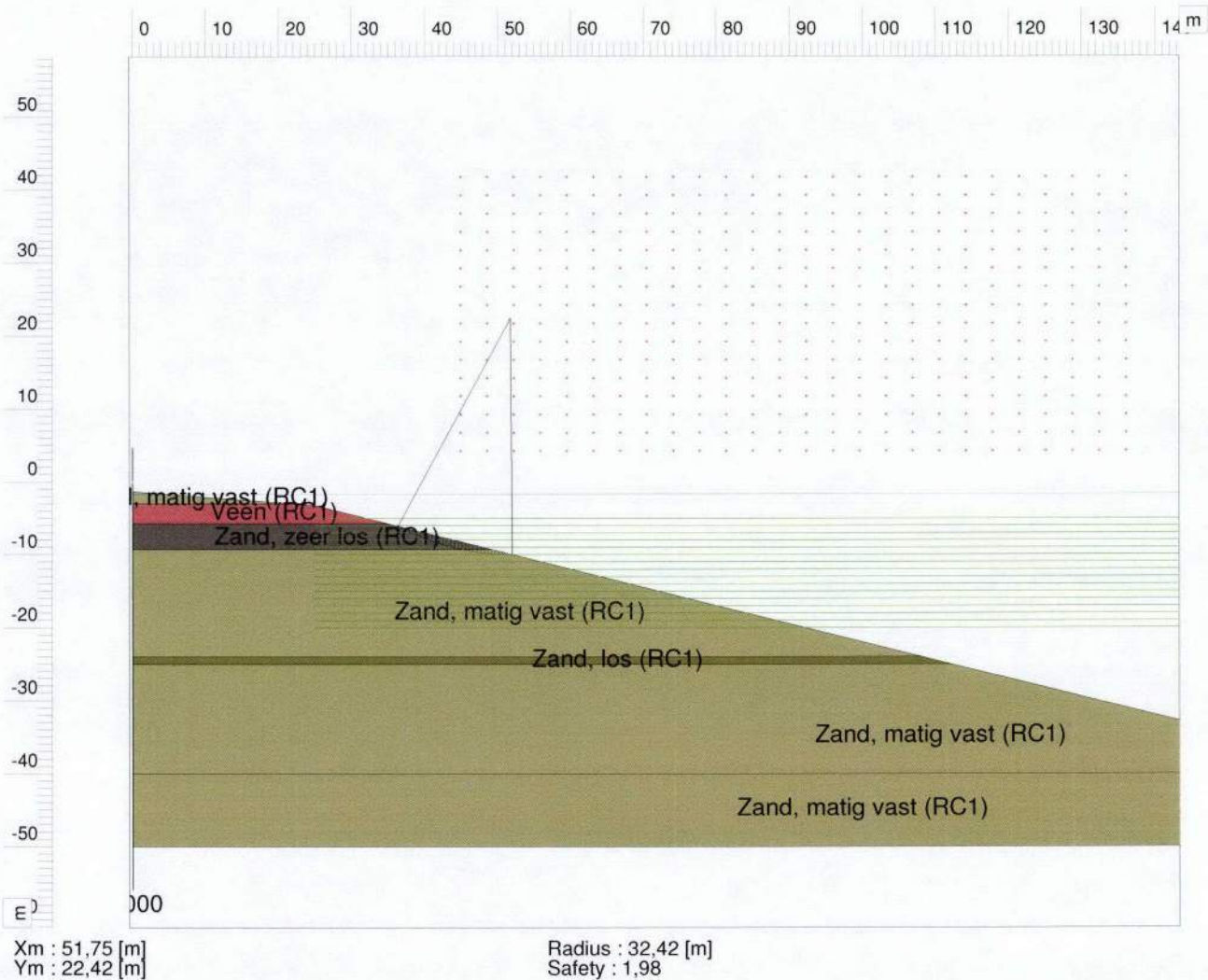




# Materials

- Veen (RC1)
- Zand, zeer los (RC1)
- Zand, los (RC1)
- Zand, matig vast (RC1)

## Critical Circle Bishop



Wiersma & Partners

Phone  
Fax

date  
28-8-2014

D:\Geo Stability 10.1 : DP06-RC1-talud 10p4.sit

Veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

Dwarsprofiel 06 (eilanden)

talud 1:4

60219-1

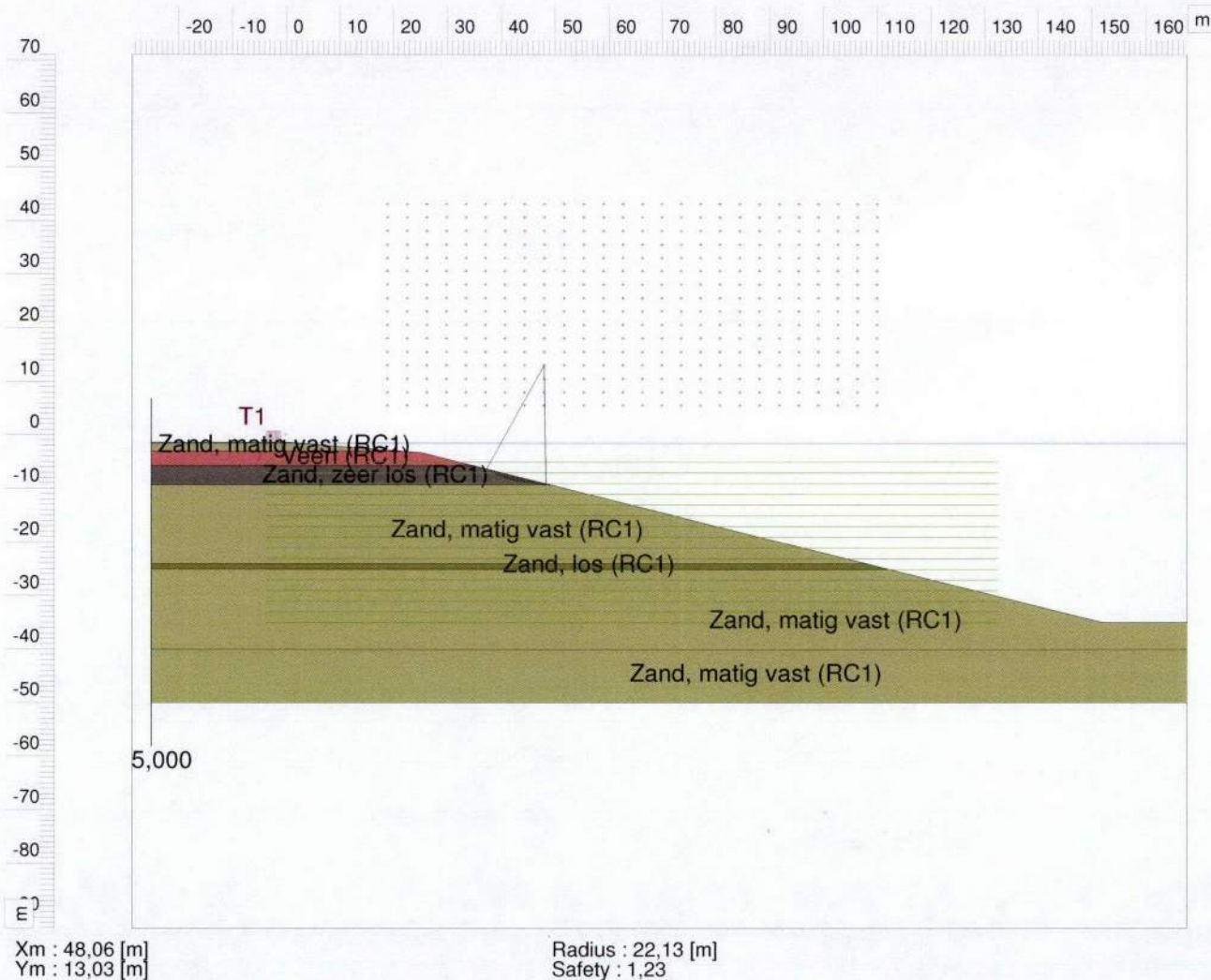
Annex



# Materials

- Veen (RC1)
- Zand, zeer los (RC1)
- Zand, los (RC1)
- Zand, matig vast (RC1)

## Critical Circle Bishop



Wiersma & Partners

Phone  
Fax

D: Gao Stability 10.1 : D:\Gao-RC1-talud 10p1-1.5kPa.wos.slt

date  
28-8-2014

Veiligheid taluds reacreatieplas Cattenbroek

Dwarsprofiel 06 (eilanden)

Talud 1:4; wos 1,5 kPa

Annex

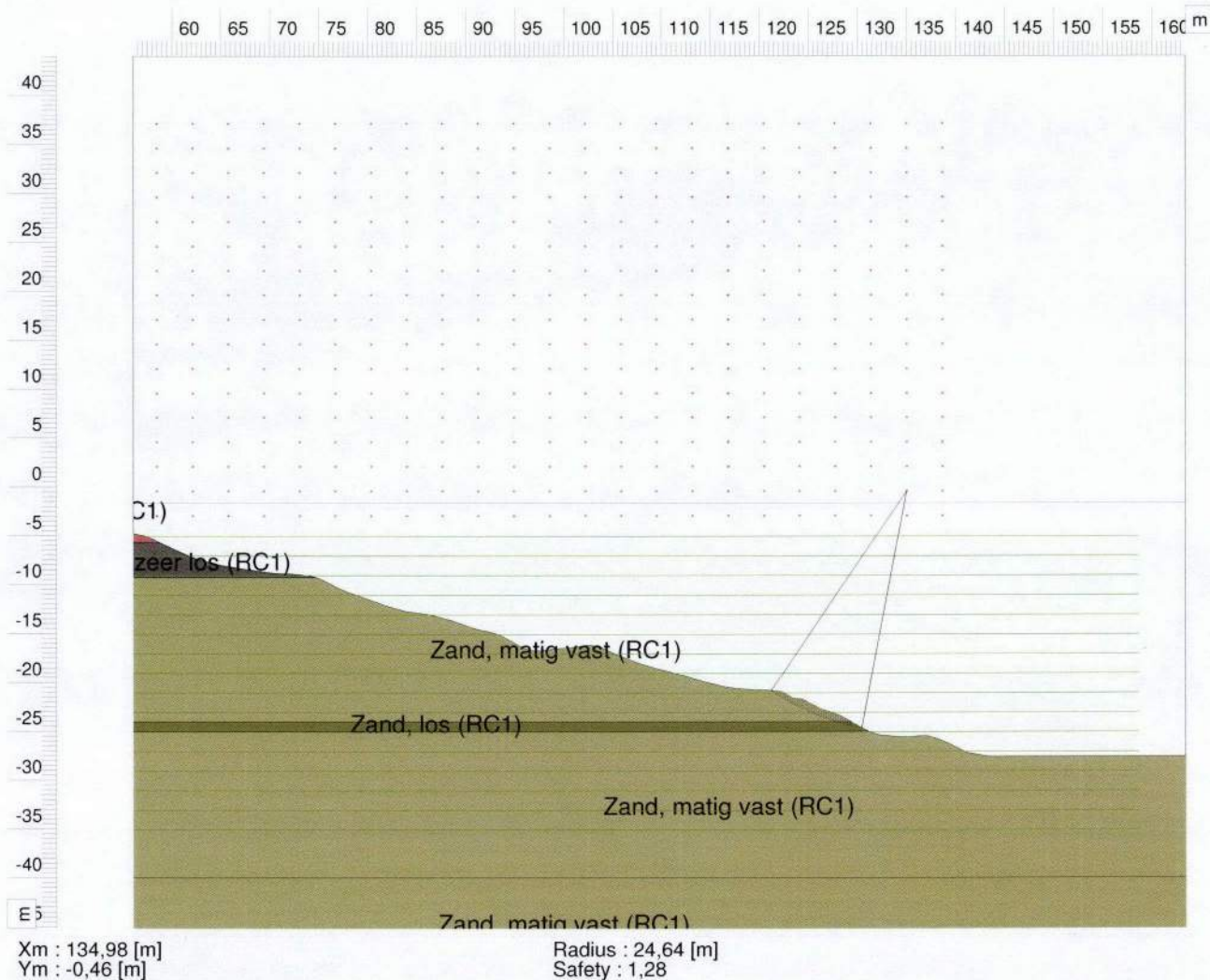
60219-1



# Materials

- Veen (RC1)
- Zand, zeer los (RC1)
- Zand, los (RC1)
- Zand, matig vast (RC1)

## Critical Circle Bishop



Wiersema & Partners

Phone  
Fax

date  
28-8-2014

D:\Geo Stability 10.1 : DP06-RC1-land 2013.stl

Veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek  
Dwarsprofiel 06 (eilanden)

60219-1

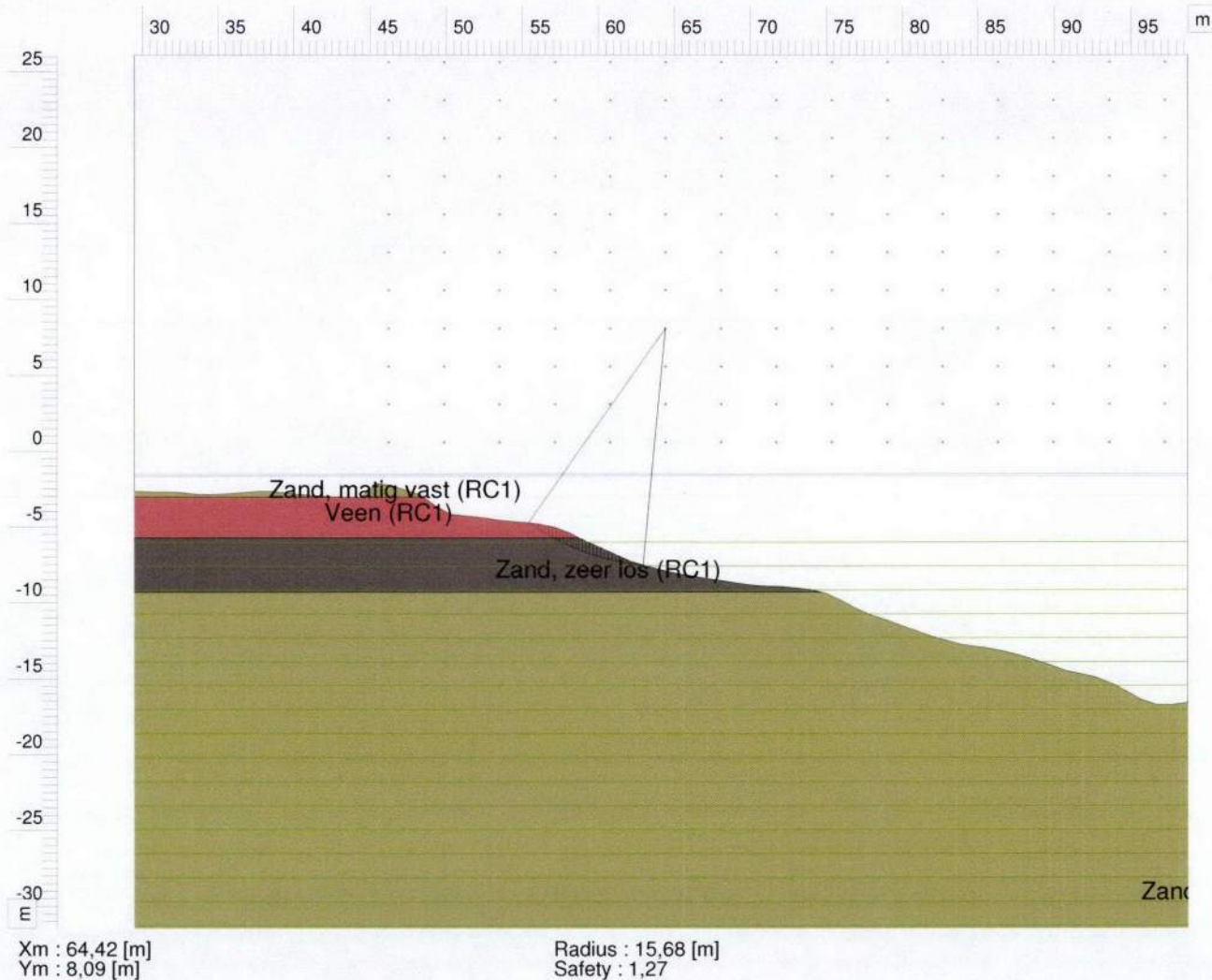
Annex



# Materials

- Veen (RC1)
- Zand, zeer los (RC1)
- Zand, matig vast (RC1)

## Critical Circle Bishop



Wiersma & Partners

Phone  
Fax

D-Geo Stability 10.1 : D:\06-RC1-talud 2013-1,5kPa.wos.sli

date

28-8-2014

Veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

Dwarsprofiel 06 (eilanden)

Talud 2013; 1,5 kPa wos

Annex

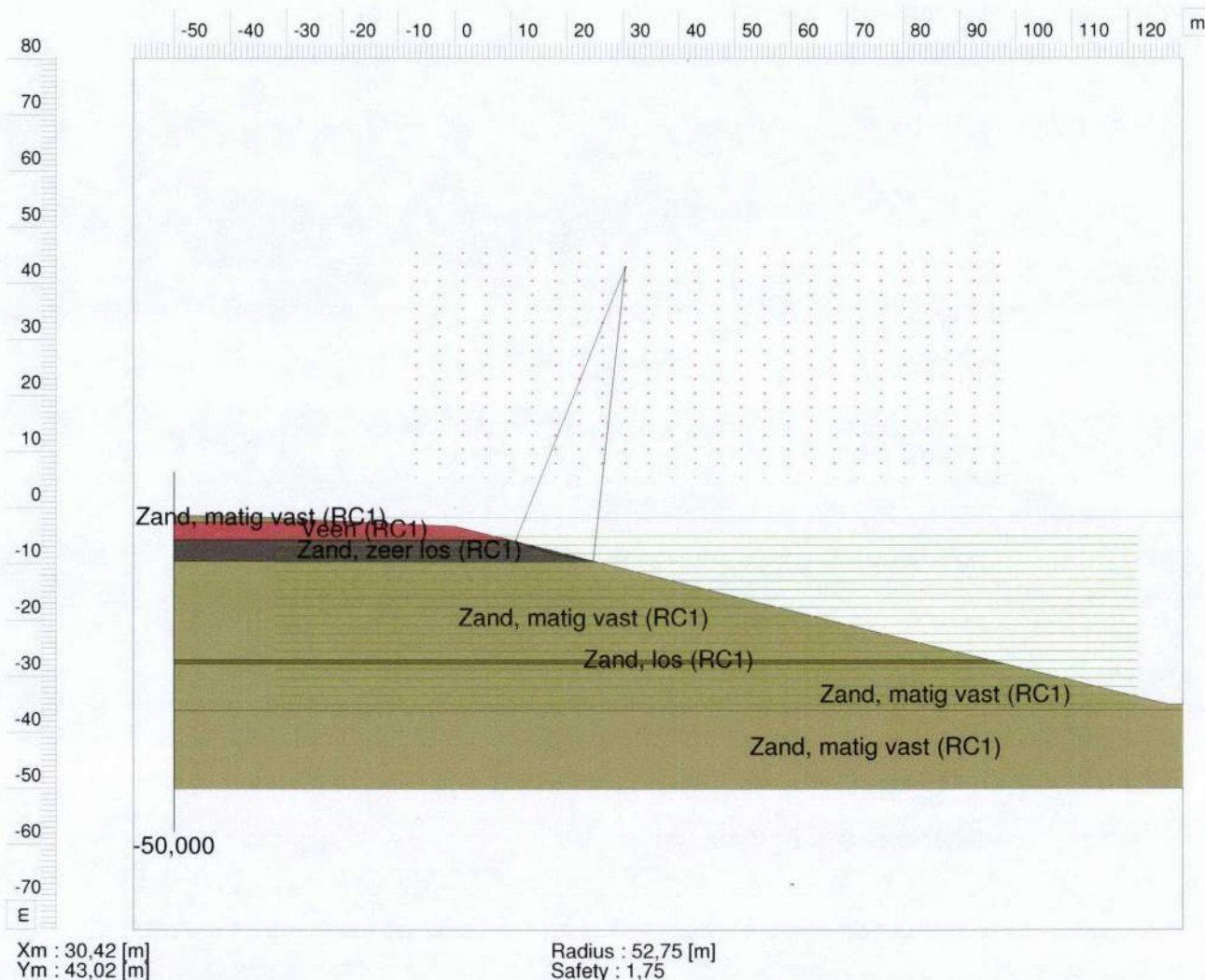
60219-1



# Materials

- Veer (RC1)
- Zand, zeer los (RC1)
- Zand, los (RC1)
- Zand, matig vast (RC1)

## Critical Circle Bishop



Wiersema & Partners

Phone  
Fax

date  
28-8-2014

drw.

Veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

Dwarsprofiel 07 (eilanden); talud 1:4

Annex -

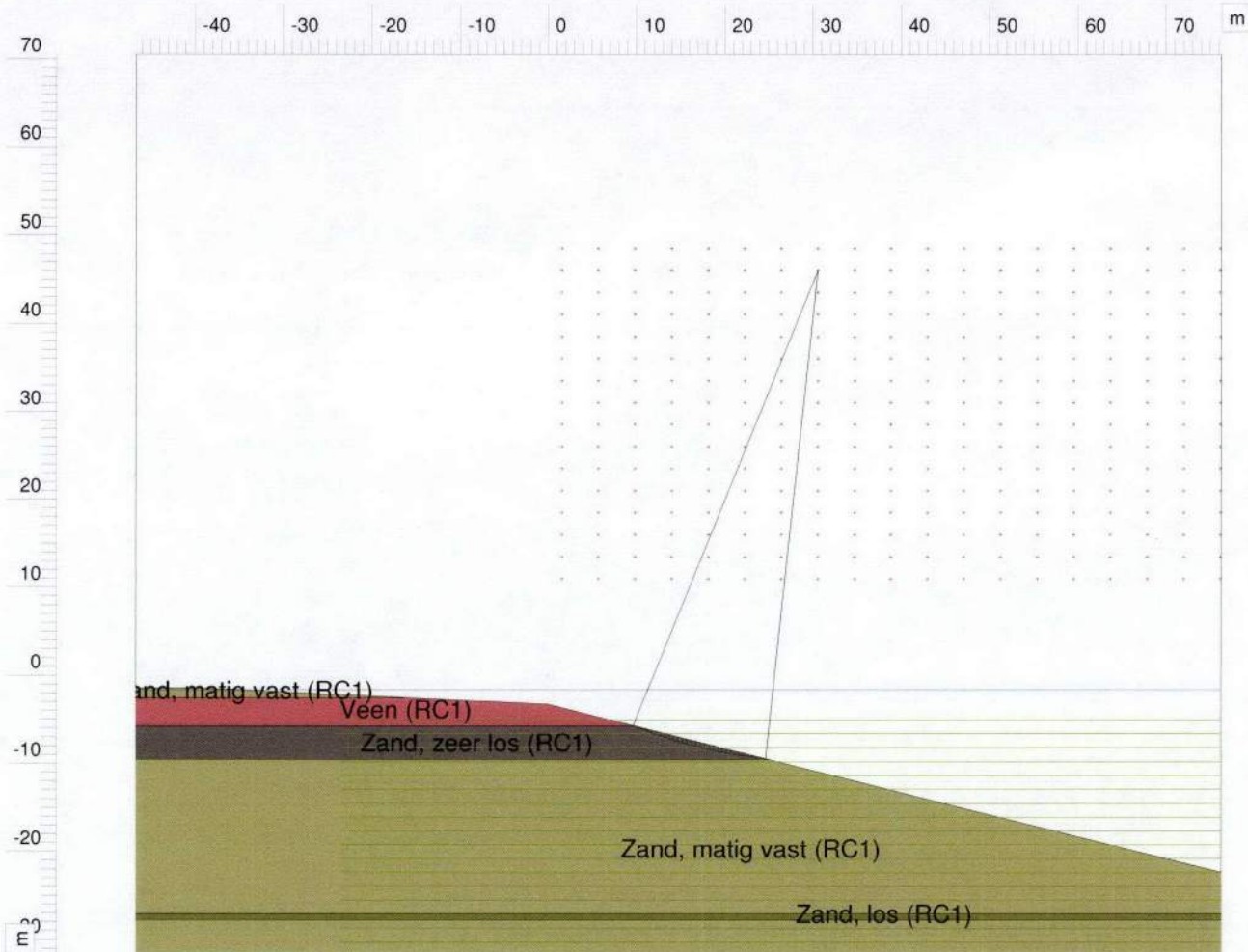
A4



# Materials

- Veen (RC1)
- Zand, zeer los (RC1)
- Zand, los (RC1)
- Zand, matig vast (RC1)

## Critical Circle Bishop



Xm : 30.58 [m]  
Ym : 46.04 [m]

Radius : 55.77 [m]  
Safety : 1.02

Wiertsema & Partners

Phone  
Fax

D-Geo Stability 10.1 : DP07-RC1-talud top+1, 5kPa wos stl

date  
28-8-2014

dw.

Veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

Dwarsprofiel 07 (eilanden); talud 1:4+1,5kPa wos

Annex -

form.  
A4



Wiersema &amp; Partners

Phone  
Fax

28-8-2014

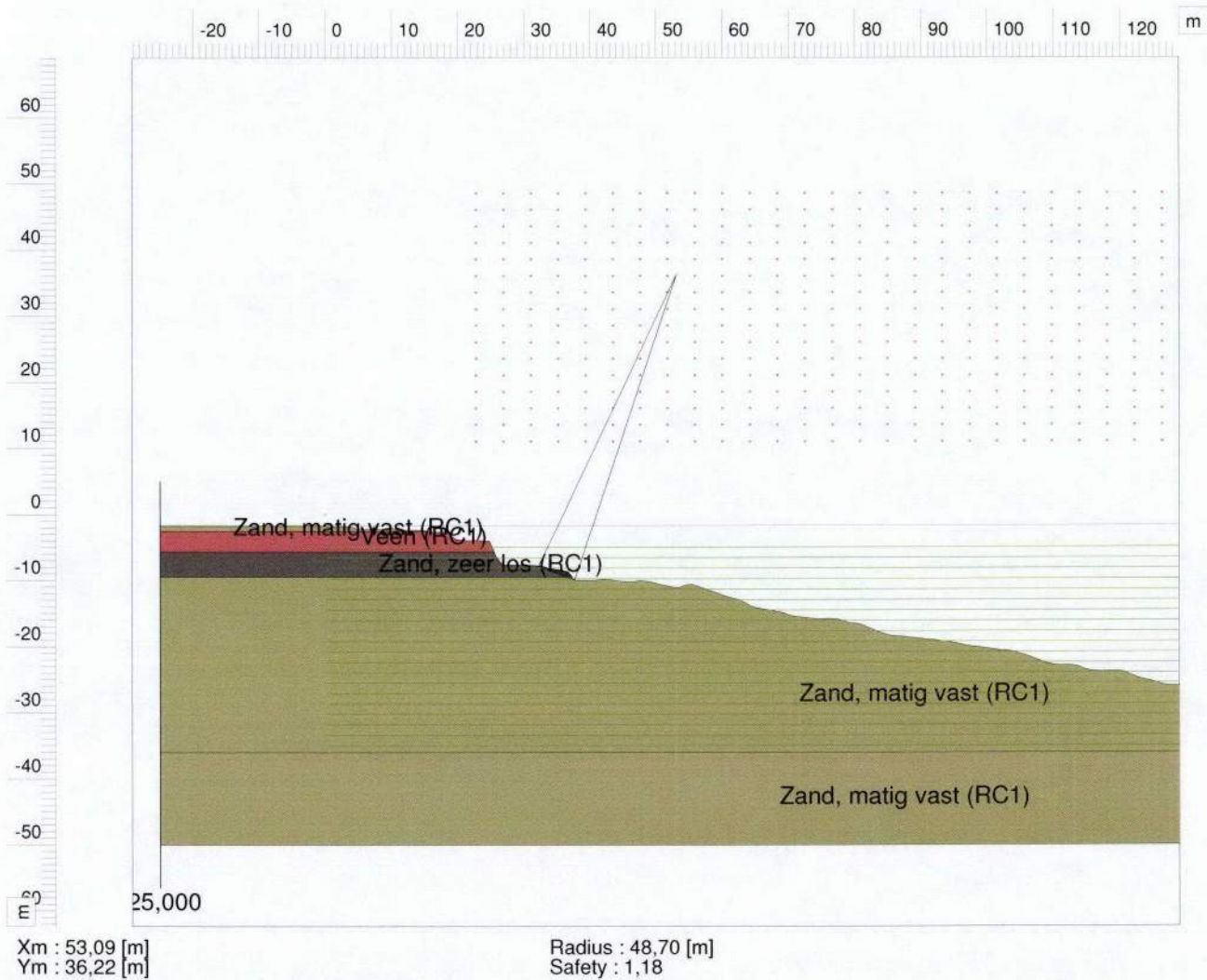
date

D:\Geo Stability 10.1 : DP07-RC1-talud 2013.slt

Veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

60219-1

## Critical Circle Bishop



## Materials

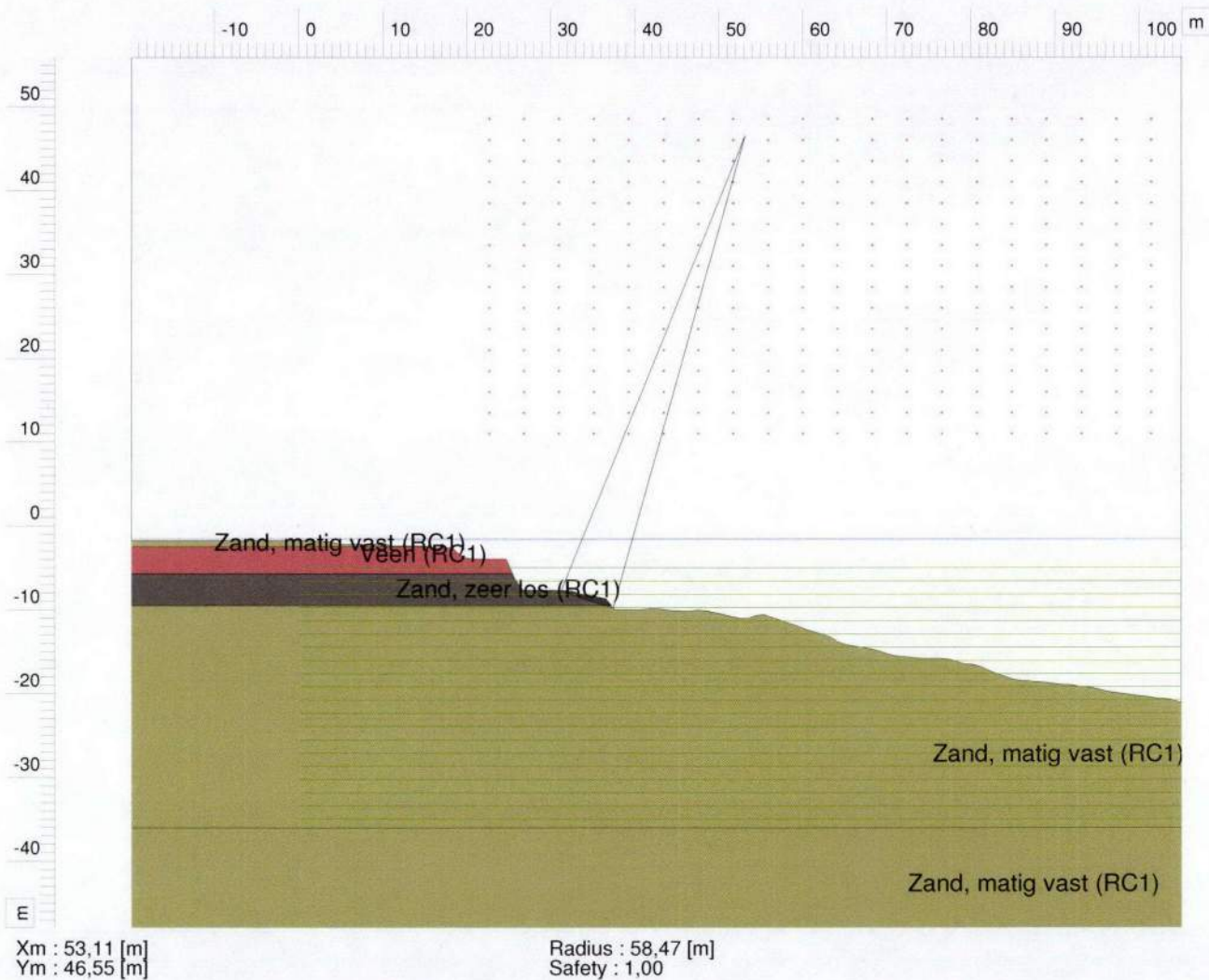
- Veen (RC1)
- Zand, zeer los (RC1)
- Zand, matig vast (RC1)



# Materials

- Veen (RC1)
- Zand, zeer los (RC1)
- Zand, matig vast (RC1)

## Critical Circle Bishop



Wierssema & Partners

Phone  
Fax

D:\Geo Stability 10.1 - D:\POT-RC1-talud 2013-1\SAPa.wps.slt

date

28-8-2014

Veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

60219-1

Dwarsprofiel 07 (eilanden); RC1; talud 2013

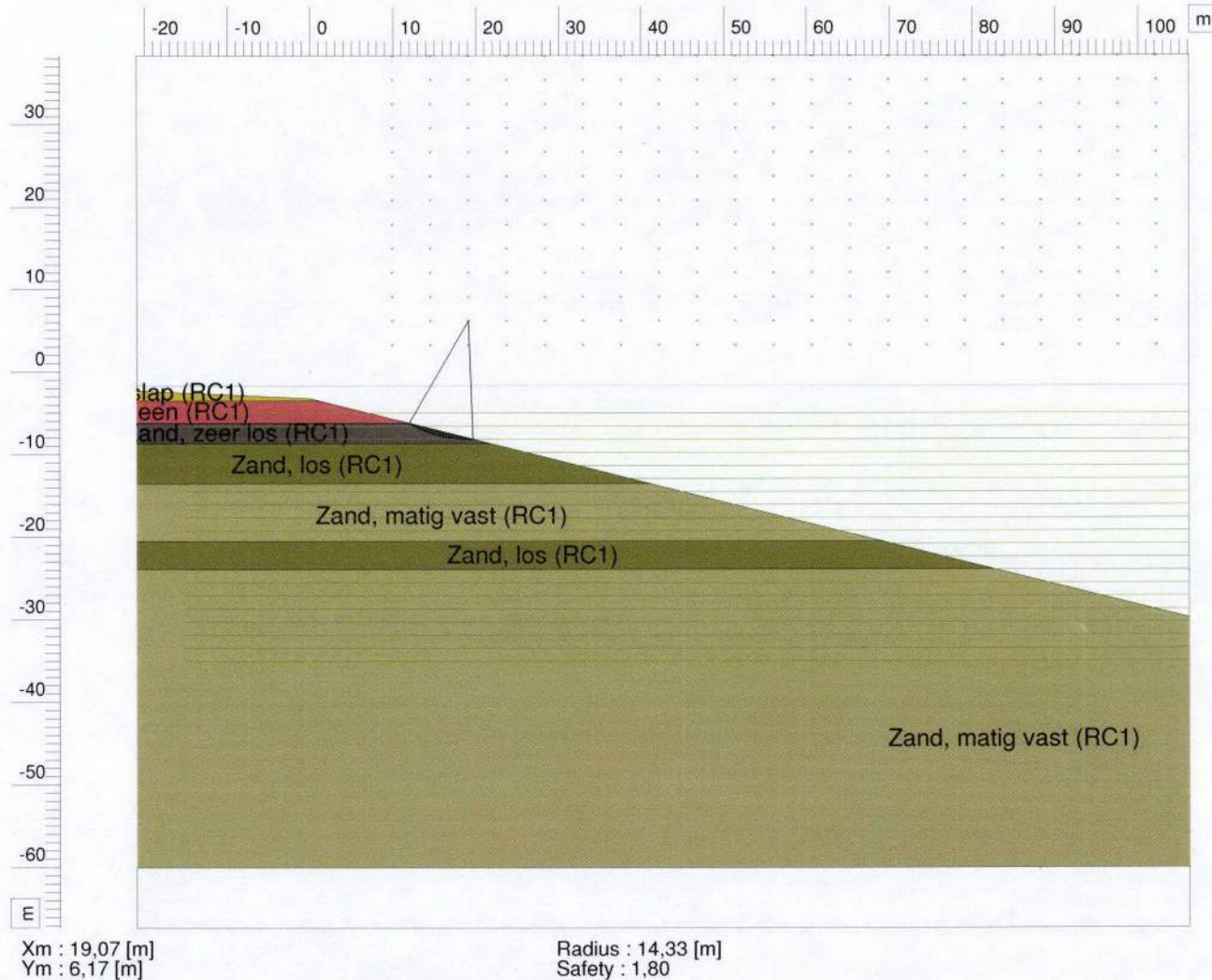
Annex



# Materials

- Klei, zw za, slap (RC1)
- Veen (RC1)
- Zand, zeer los (RC1)
- Zand, los (RC1)
- Zand, matig vast (RC1)

## Critical Circle Bishop



Wiersma & Partners

Phone  
Fax

date  
28-8-2014

D-Geo Stability 10.1 - DP10-RC1-talud 10p4.slt

Veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

Dwarsprofiel 10

Talud 1 : 4

60219-1

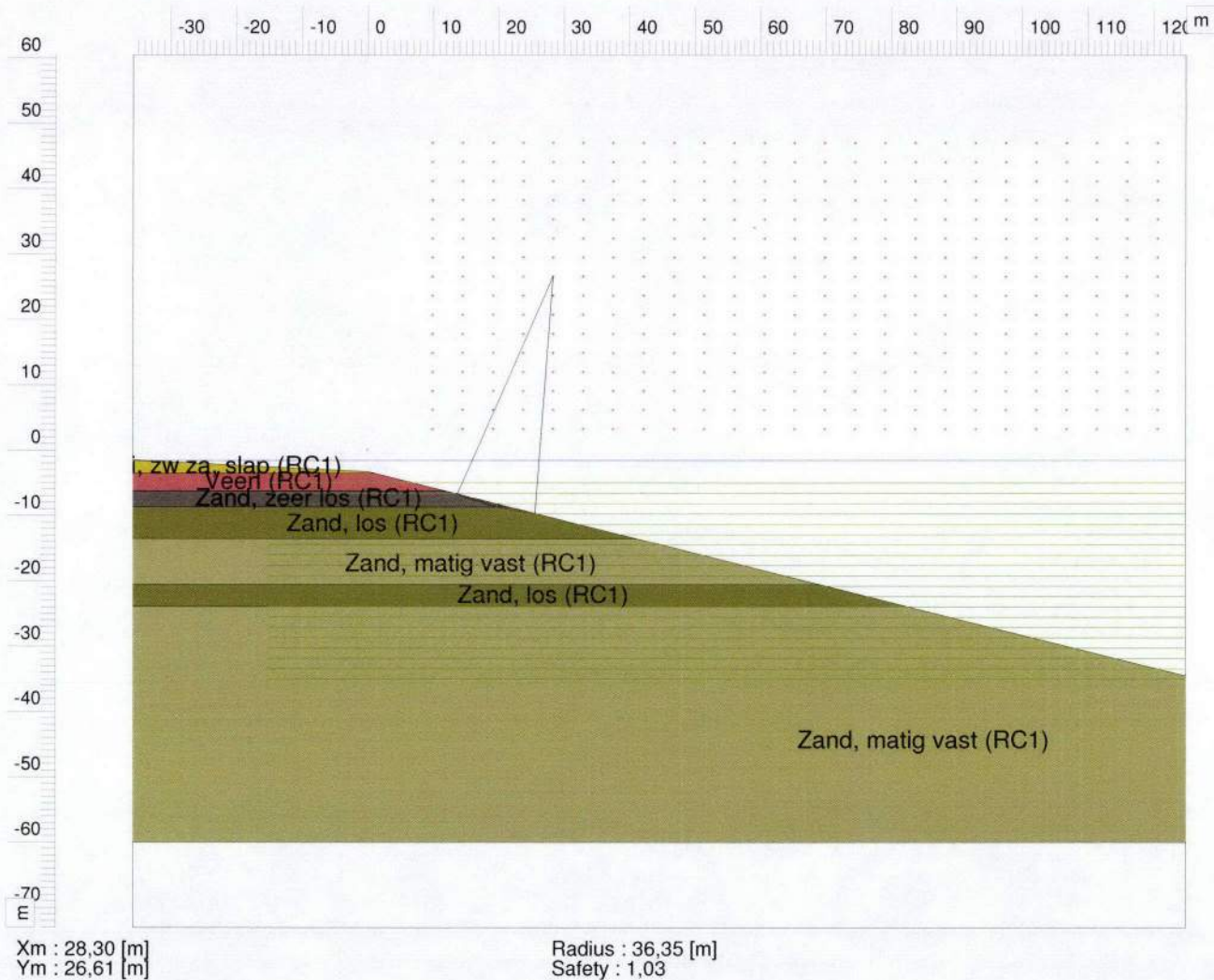
Annex



# Materials

- Klei, zw za, slap (RC1)
- Veen (RC1)
- Zand, zeer los (RC1)
- Zand, los (RC1)
- Zand, matig vast (RC1)

## Critical Circle Bishop



Wiersma & Partners

Phone  
Fax

D-Geo Stability 10.1 : DP10-RC1-talud\_topd+1 SKPa wos.stl

28-8-2014

date

Veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

Dwarsprofiel 10

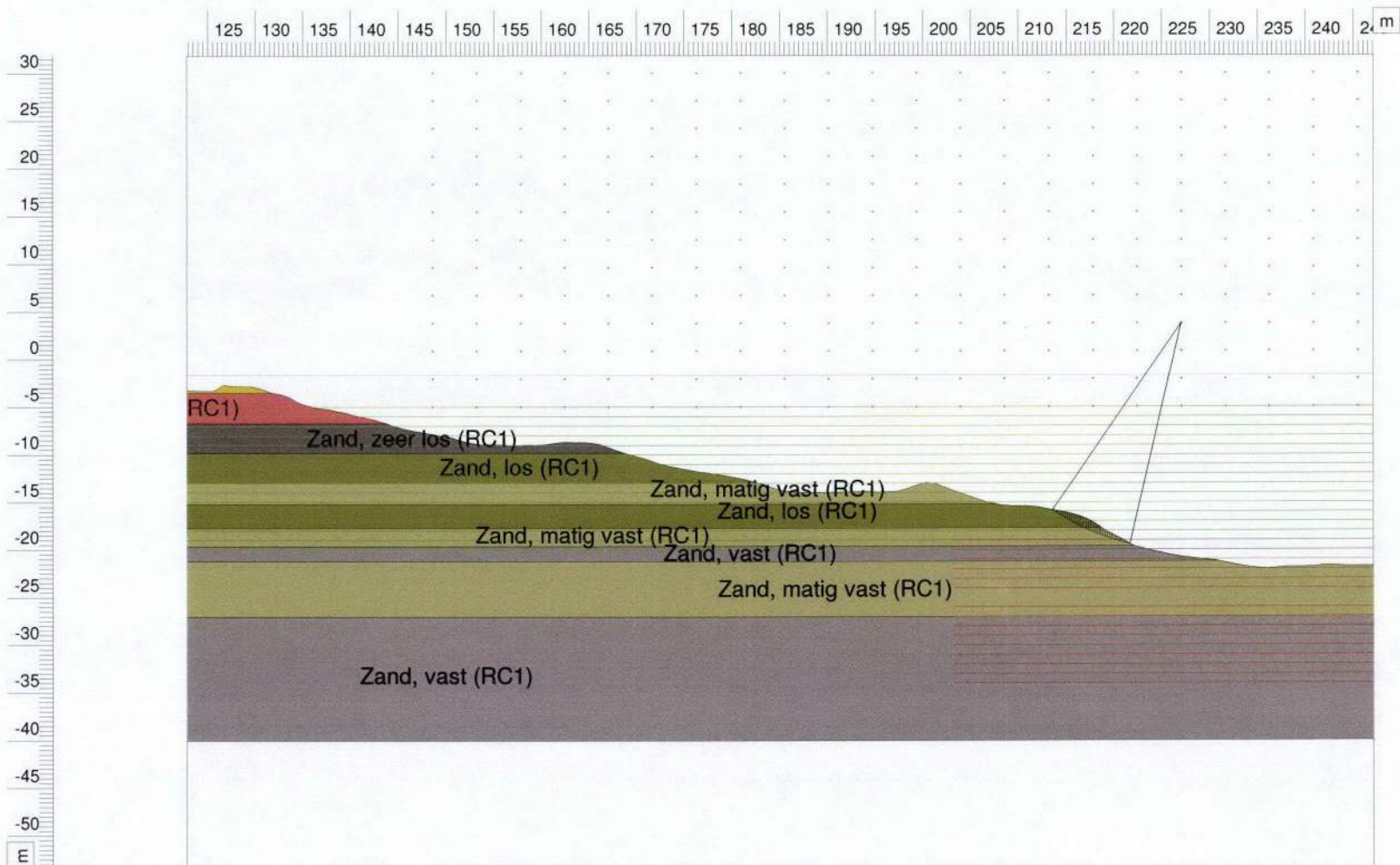
Talud 1 : 4

Annex

60219-1



# Critical Circle Bishop



Wiersema & Partners

Phone  
Fax

date  
28-8-2014

D:\Geo Stability 10.1 - DP10-RC1-talud 2013.sfl

Veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

Dwarsprofiel 10

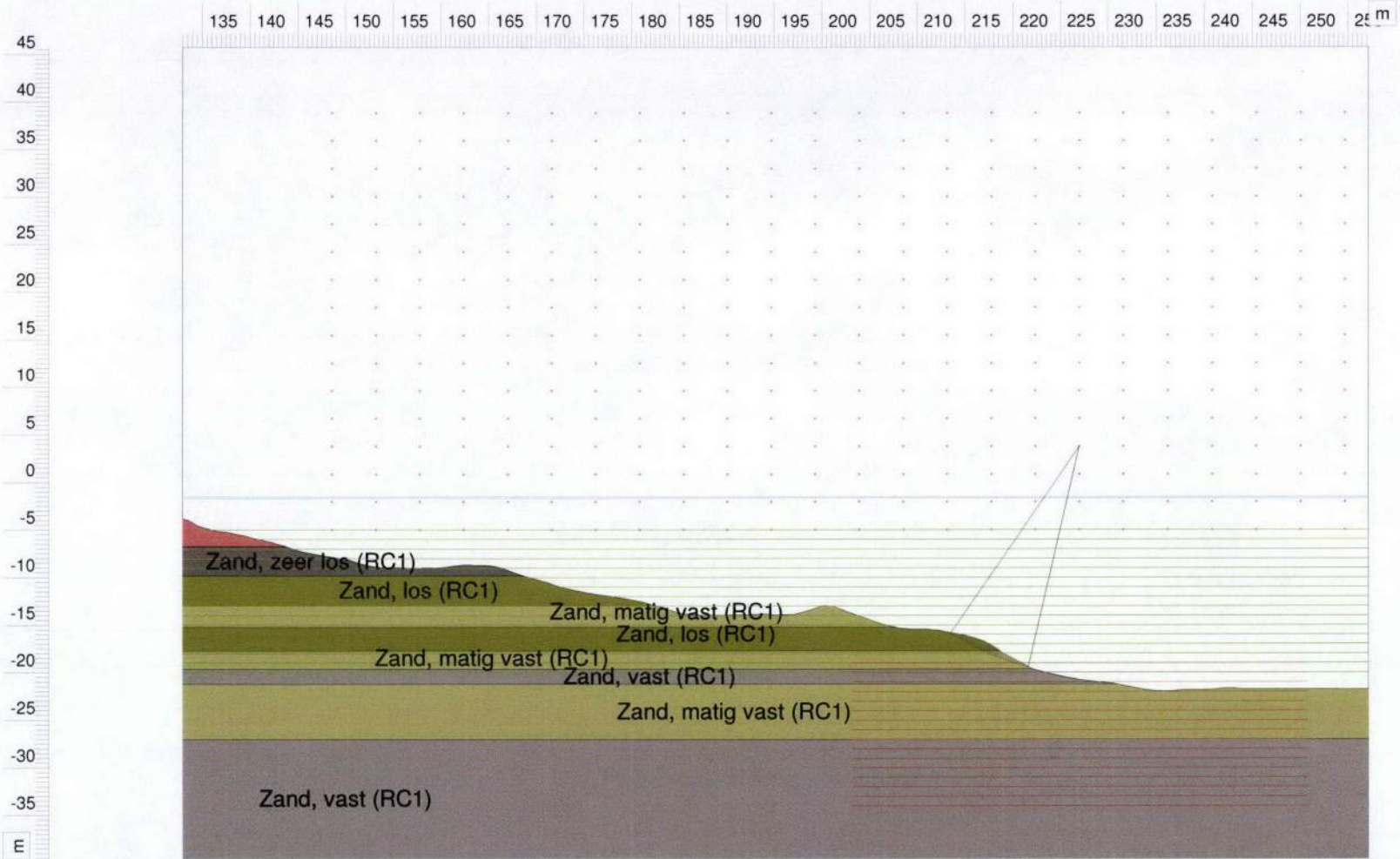
Profiel 2013; RC1

60219-1

Annex



# Critical Circle Bishop



Xm : 226.97 [m]  
Ym : 3.77 [m]

Radius : 23.77 [m]  
Safety : 1.16

Wiersema & Partners

Phone  
Fax

D-Geo Stability 10.1 : DP10-RC1-talud 2013a-1, 5kPa wos.slt

date

28-8-2014

Veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

Dwarsprofiel 10

60219-1

Profiel 2013; RC1; 1,5 kPa wos

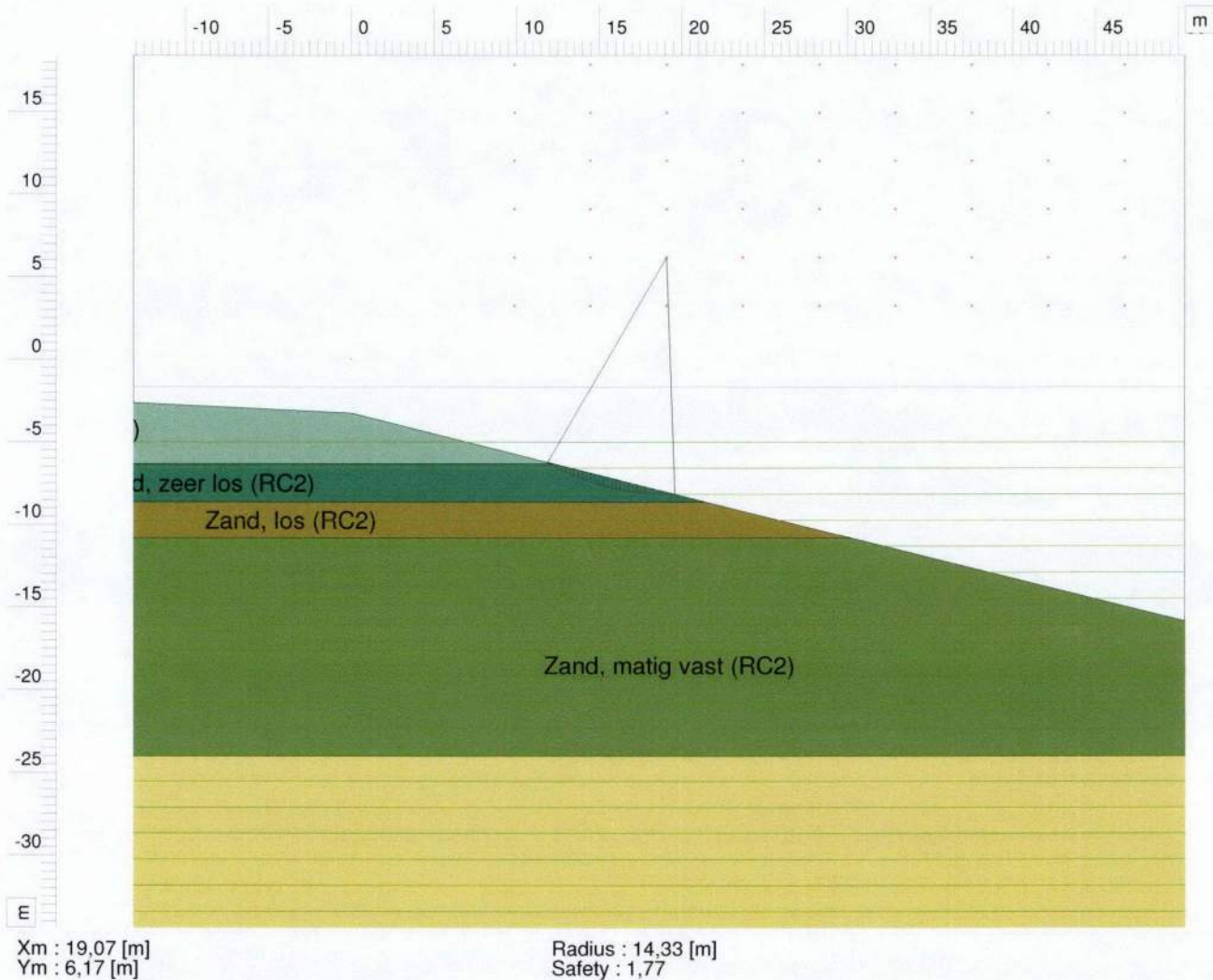
Annex



# Materials

- Zand, matig vast (RC1)
- Veen (RC2)
- Zand, zeer los (RC2)
- Zand, los (RC2)
- Zand, matig vast (RC2)
- Zand, vast (RC2)

## Critical Circle Bishop



Wiersema & Partners

Phone  
Fax

date  
28-8-2014

D:\Geo Stability 10.1 : DP11-RC2\land 1op4.stl

Veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

Dwarsprofiel 11

60219-1

Profiel talud 1 : 4; RC2

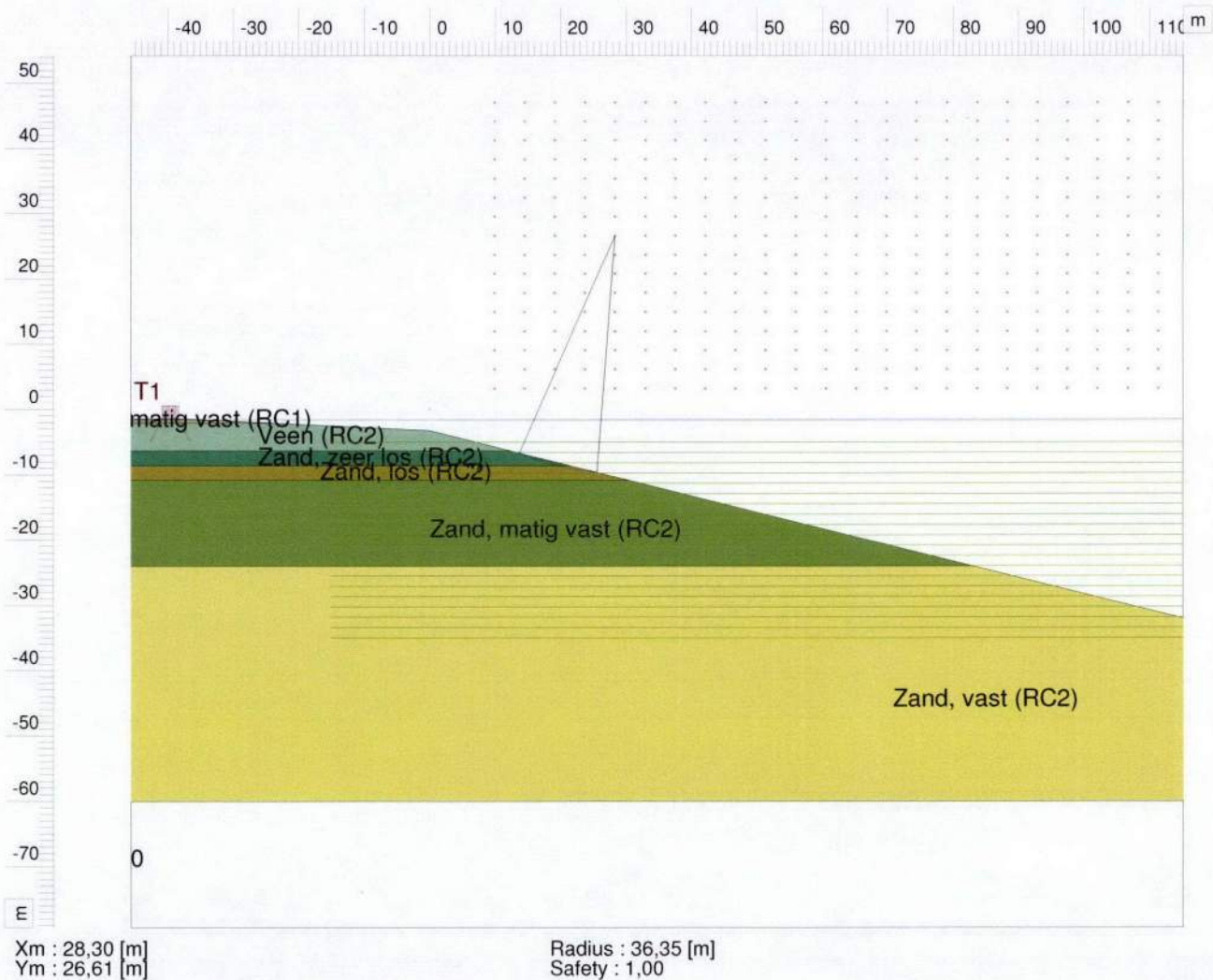
Annex



# Materials

- Zand, matig vast (RC1)
- Veen (RC2)
- Zand, zeer los (RC2)
- Zand, los (RC2)
- Zand, matig vast (RC2)
- Zand, vast (RC2)

## Critical Circle Bishop



Wierssema & Partners

Phone  
Fax

D-Geo Stability 10.1 : DP11-RC2 (alud topst + 1 SkPa wos fill)

date

28-8-2014

Veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

Dwarsprofiel 11

60219-1

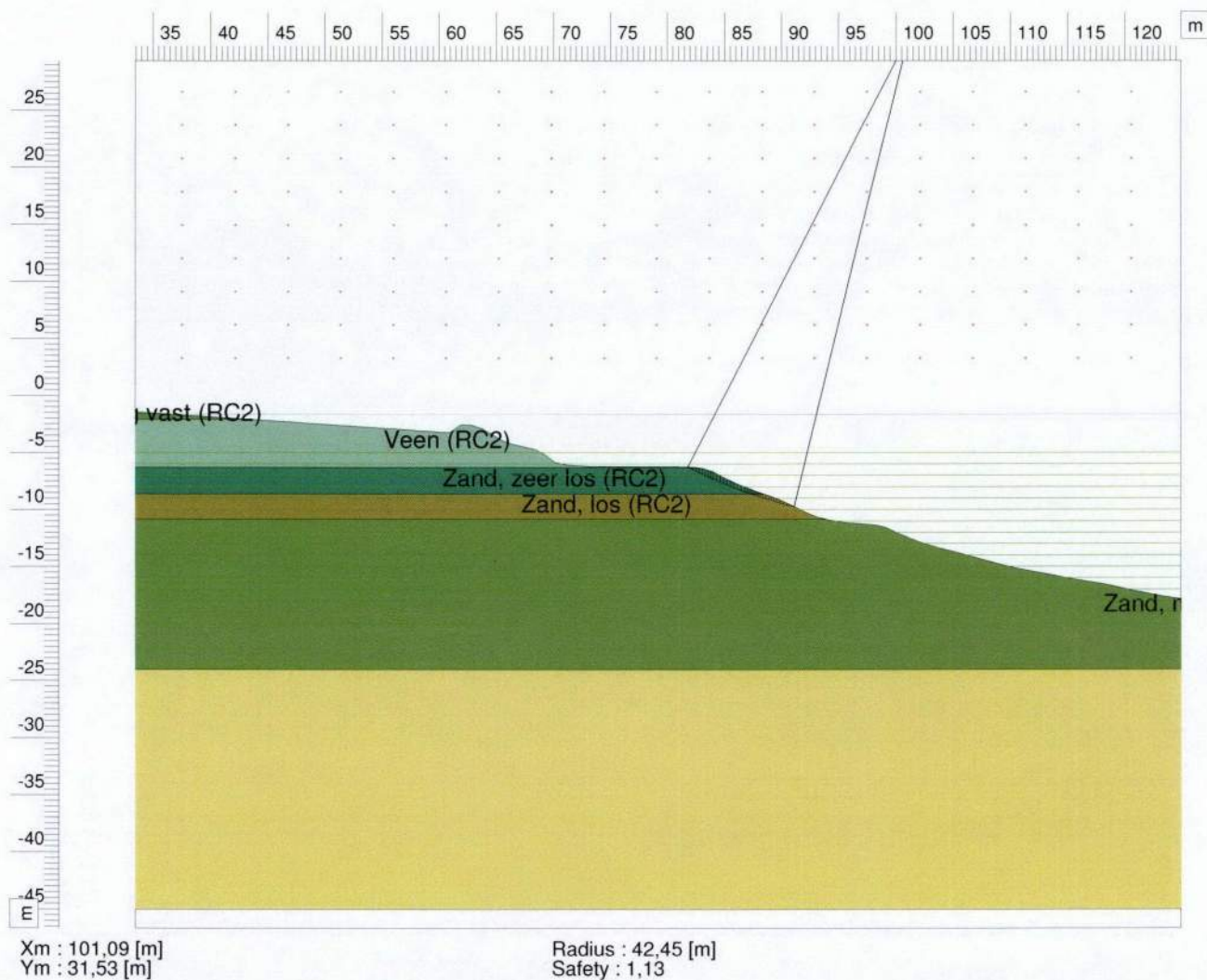
Profiel talud 1 : 4; RC2

Annex

# Materials

- Veen (RC2)
- Zand, zeer los (RC2)
- Zand, los (RC2)
- Zand, matig vast (RC2)
- Zand, vast (RC2)

## Critical Circle Bishop



Wiersema & Partners

Phone  
Fax

28-8-2014

D:\Geo Stability 10.1 : DP11-RC2-land 2003.sh

Veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

Dwarsprofiel 11

60219-1

Profiel 2013; RC2

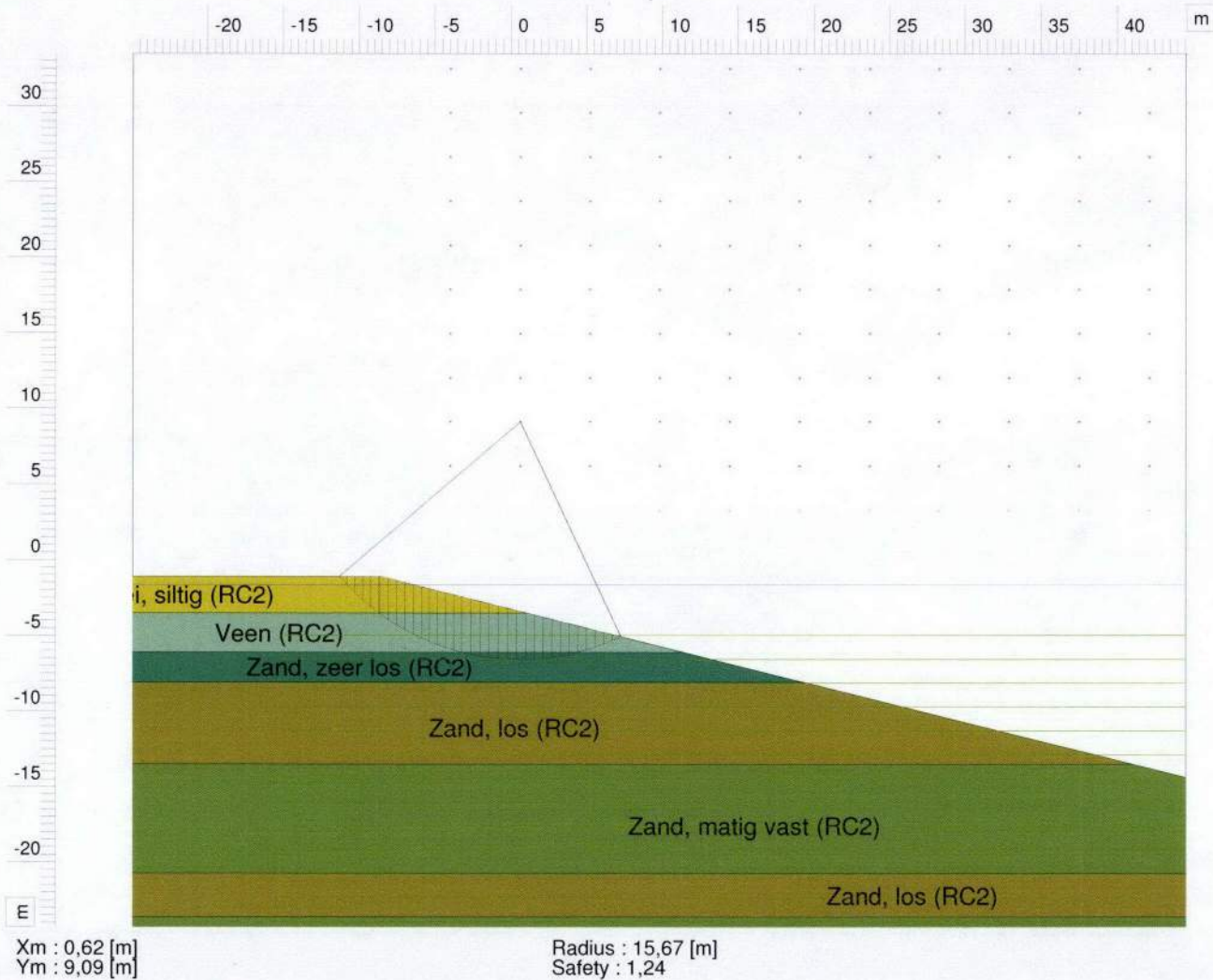
Annex



# Materials

- Klei, siltig (RC2)
- Veen (RC2)
- Zand, zeer los (RC2)
- Zand, los (RC2)
- Zand, matig vast (RC2)
- Zand, vast (RC2)

## Critical Circle Bishop



Wiersma & Partners

Phone  
Fax

date  
28-8-2014  
D:\Geo Stability 10.1 : DP12-RC2-talud 10p4.sit

Veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

Dwarsprofiel 12

Profiel talud 1 : 4; RC2

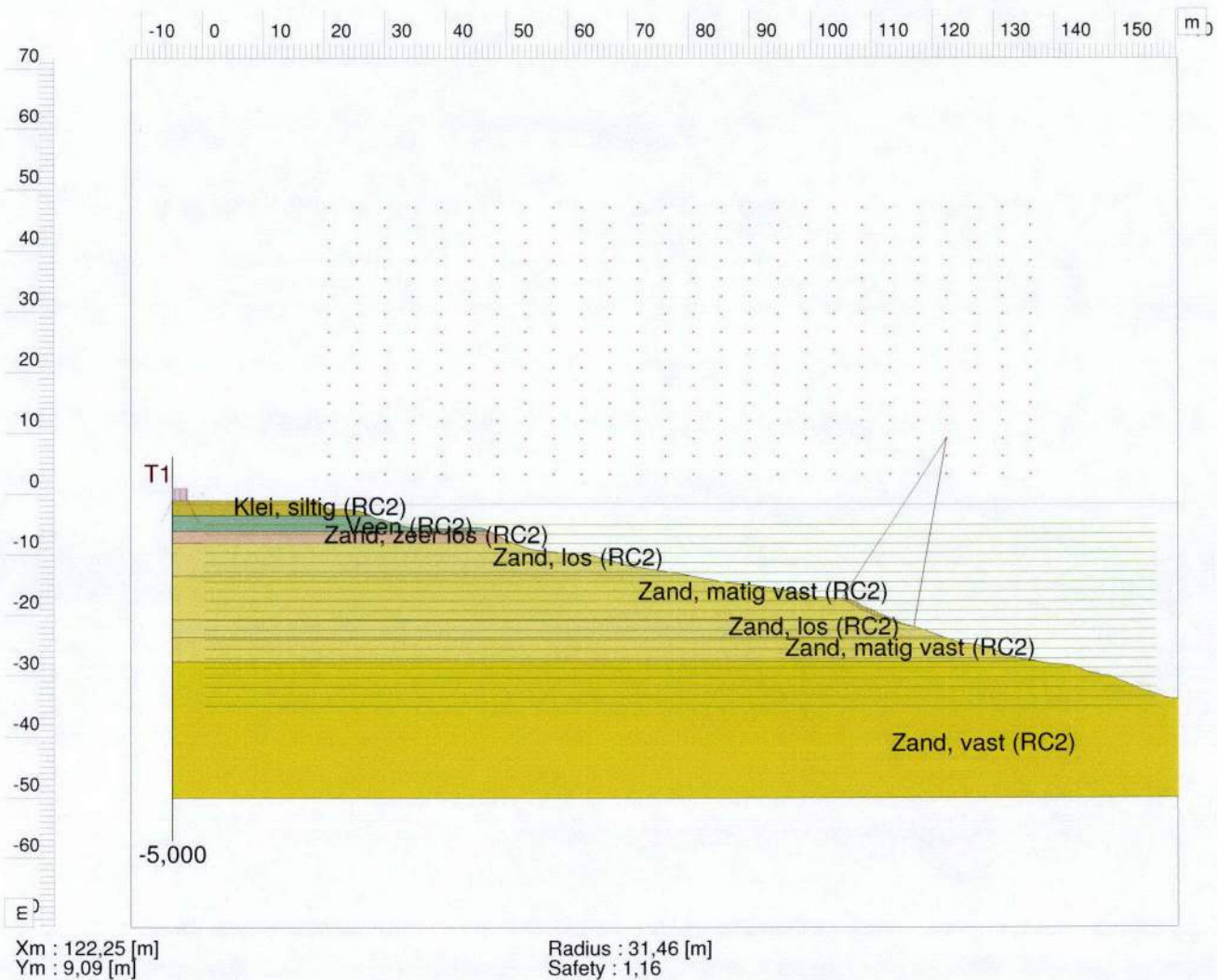
Annex

60219-1

# Materials

- Klei, siltig (RC2)
- Veen (RC2)
- Zand, zeer los (RC2)
- Zand, los (RC2)
- Zand, matig vast (RC2)
- Zand, vast (RC2)

## Critical Circle Bishop



Wiersma & Partners

Phone  
Fax

date  
28-8-2014

D:Geo Stability 10.1 : DP12-RC2-talud 2013.sfl

Veiligheid taluds reactiviteitsplan Cattenbroek

Dwarsprofiel 12

60219-1

Profiel talud 2013; RC2

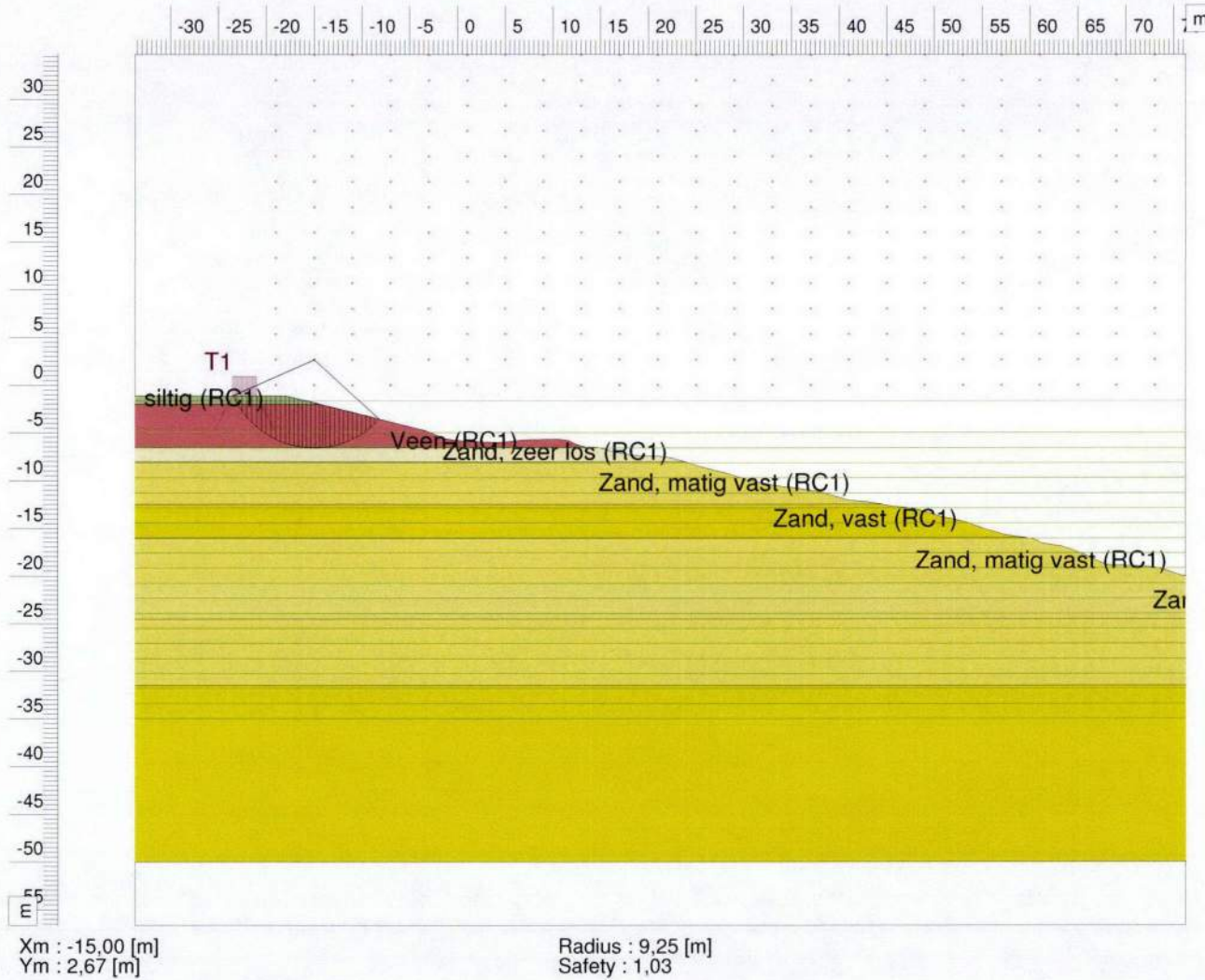
Annex



# Materials

- Klei, siltig (RC1)
- Veen (RC1)
- Zand, zeer los (RC1)
- Zand, los (RC1)
- Zand, matig vast (RC1)
- Zand, vast (RC1)

## Critical Circle Bishop



Wiersma & Partners

Phone  
Fax

date  
28-8-2014

D:\Geo Stability 10.1 : DP13-RC1-talud 2013.stl

Veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek  
Dwarsprofiel 13

Talud 2013; RC1

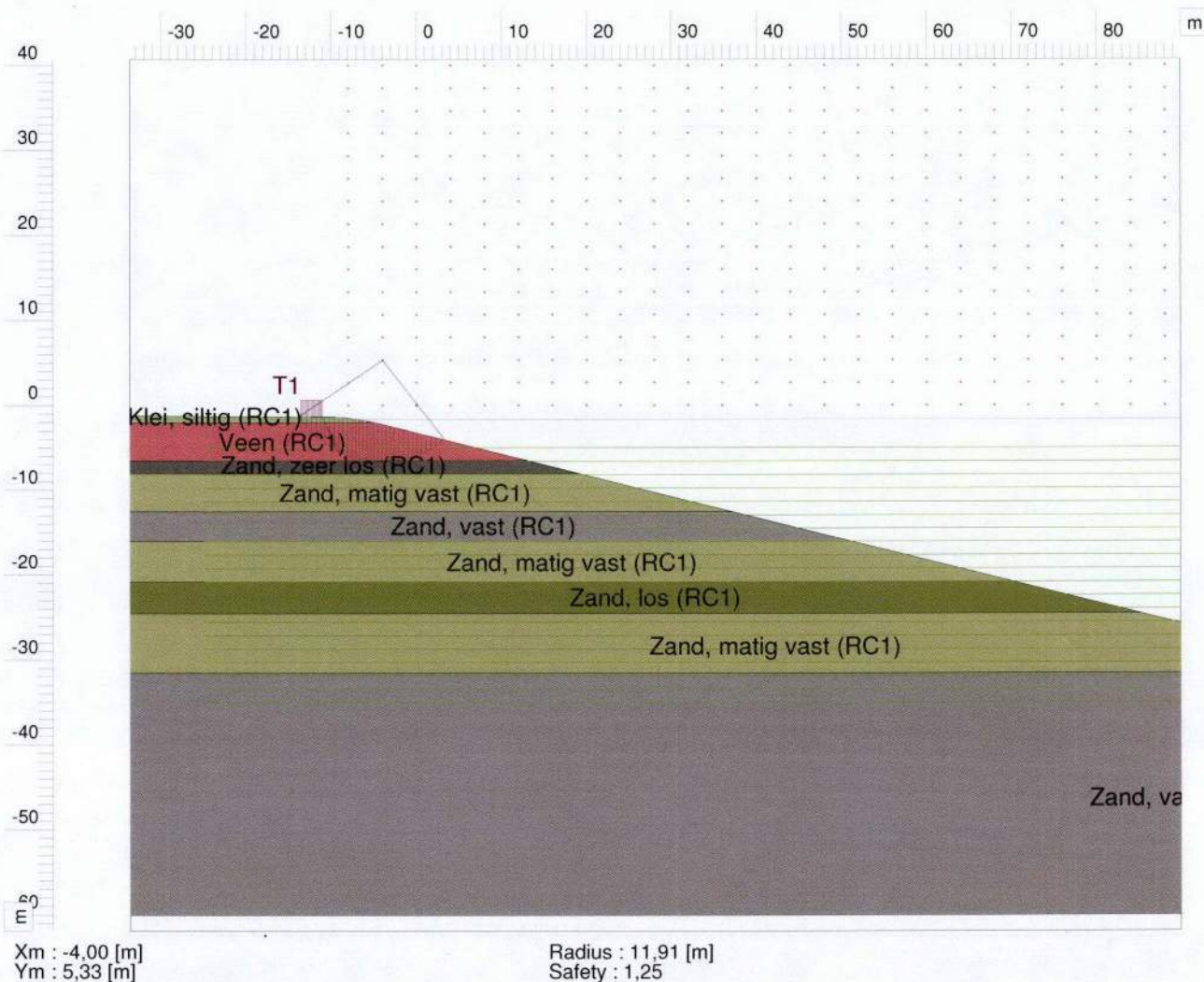
Annex

60219-1

# Materials

- Klei, siltig (RC1)
- Veen (RC1)
- Zand, zeer los (RC1)
- Zand, los (RC1)
- Zand, matig vast (RC1)
- Zand, vast (RC1)

## Critical Circle Bishop



Wierssema & Partners

Phone  
Fax

date  
28-8-2014

D-Geo Stability 10.1 : DPl 13-RC2-talud 1opd.sil

Veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

Dwarsprofiel 13

Profiel talud 1 : 4; RC1

Annex

60219-1



# Bijlage 5



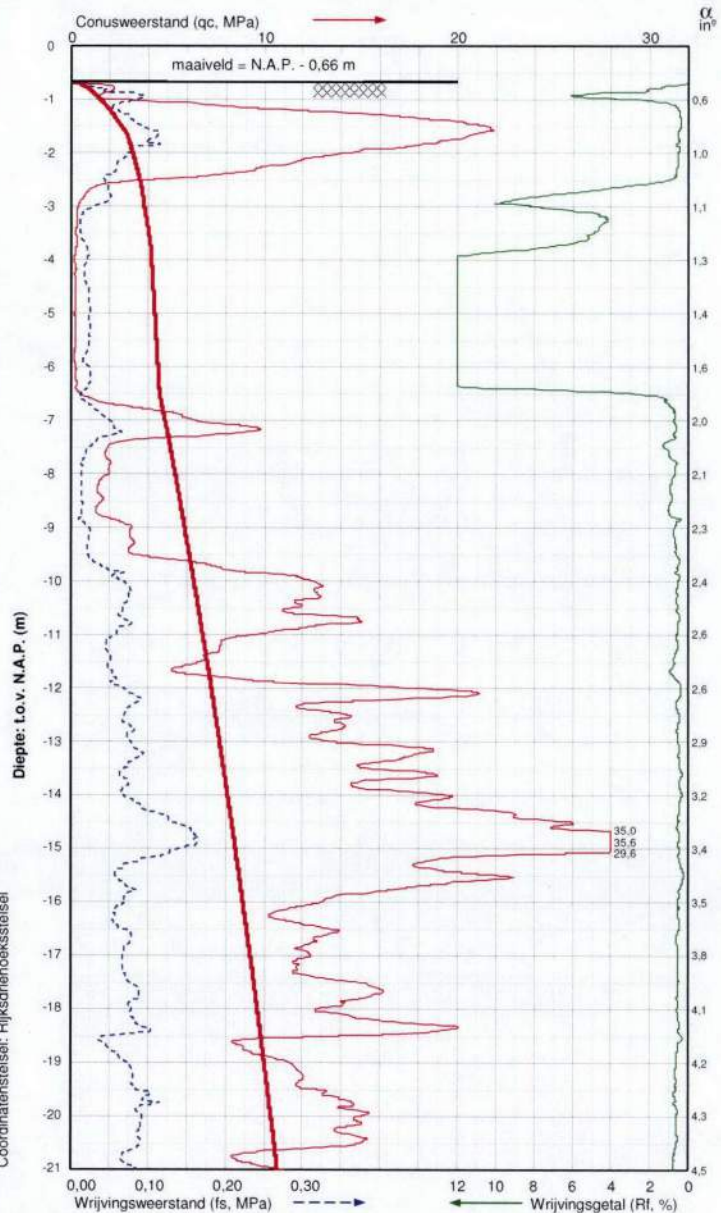
**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

Klasse: 2

 $\alpha$  : Helling t.o.v. verticaal

Seriem. conus: -

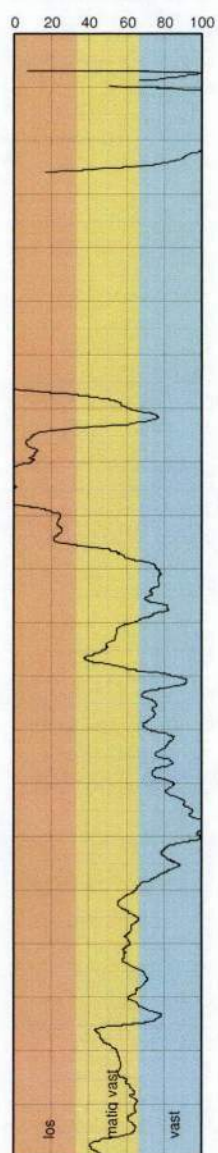
Conus type: S15CFII, 1047

Sondering volgens norm: NEN 5140  
Coördinatenstelsel: Rijksdriehoeksstelsel

Classificatie naar grondgedragtype gebaseerd op genorm. qc en Rf volgens methode van Robertson 1990. Alleen geldig beneden (grond-)waterpeil.



Relatieve dichtheid (Dr, %)



Formule van Baldi e.a. 1986 - N.C.zand

Hoek van inwendige wrijving ( $\alpha$ , graden)

- (1) finkkorrelige grond
- (2) veen, organische materiaal
- (3) klei, weinig tot matig silthoudend
- (4) klei, althoudend / leem
- (5) zand, silthoudend of leem
- (6) zand, weinig siltig tot siltig
- (7) zand, tot zand grindhoudend
- (8) zand, vast / zand kleihoudend
- (9) grond, zeer vast finkkorrelig

Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

Projectplaats: WOERDEN

Sondering: DKM201



Wiertsema &amp; Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

X = 122.606

Y = 455.184

Blad: 1 van 2

Opdrachtnr.: VN-60219-1

Datum: 24-6-2014







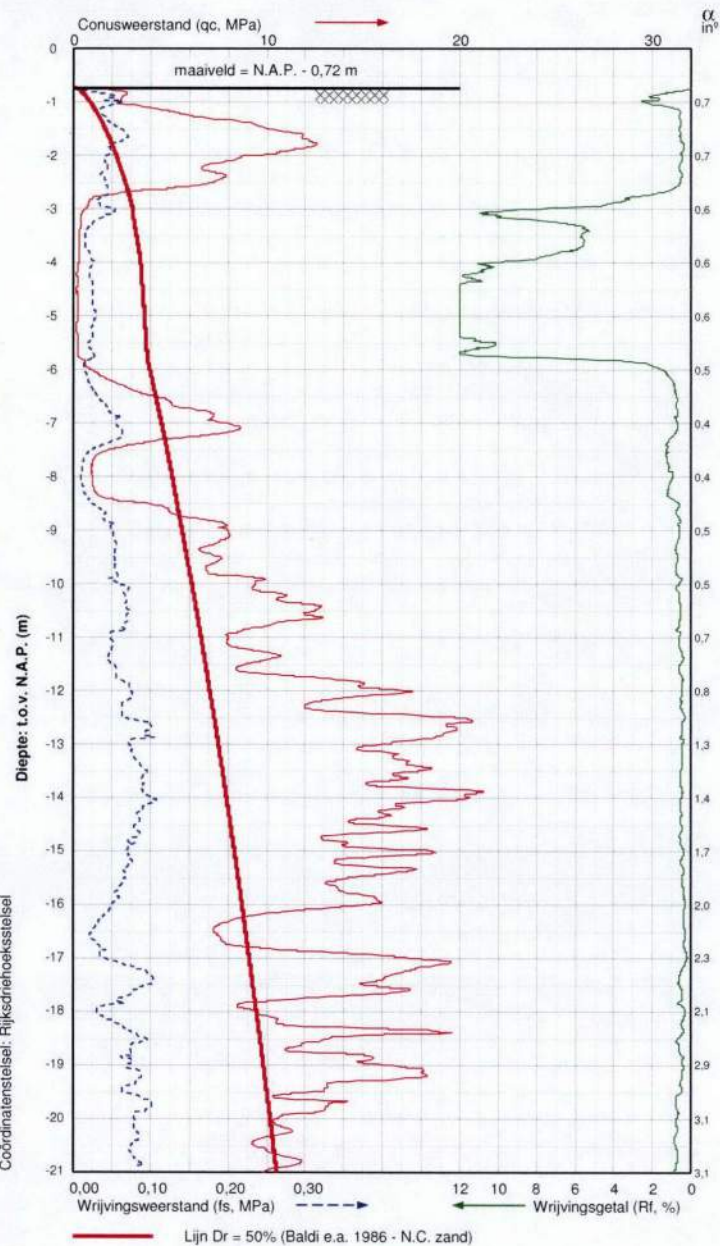


Klasse: 2

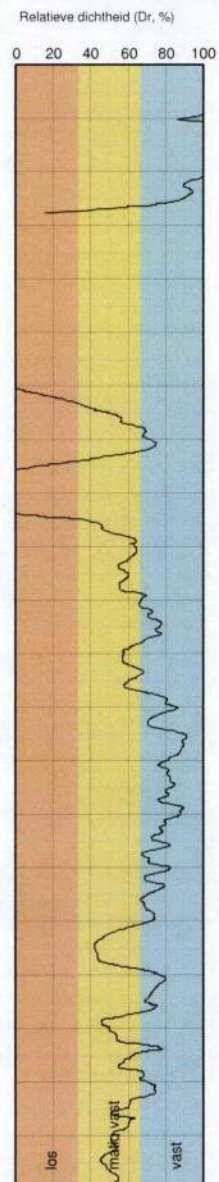
 $\alpha$  : Helling t.o.v. verticaal

Seriële conus:

Conus type: S15CFII.1047

Sondering volgens norm: NEN 5140  
Coördinatenstelsel: Rijksdriehoeksstelsel

Classificatie naar grondgedragtype gebaseerd op geom. qc en Rf volgens methode van Robertson 1990. Alleen geldig beneden (grond-)waterpeil.



Formule van Baldi e.a. 1986 - N.C. zand



\*\* Representatieve waarden \*\*

- |                                        |                                    |                                    |
|----------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (1) fijnkorrelige grond                | (4) klei, silthoudend / leem       | (7) zand, tot zand grindhoudend    |
| (2) veen, organisch materiaal          | (6) zand, silthoudend of leem      | (8) zand, vast / zand kleihoudend  |
| (3) klei, weinig tot matig silthoudend | (5) zand, weinig siltig tot siltig | (9) grond, zeer vast, fijnkorrelig |

Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek  
Projectplaats: WOERDEN

Sondering: DKM202



Wiertsema &amp; Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

X = 122.547

Y = 455.142

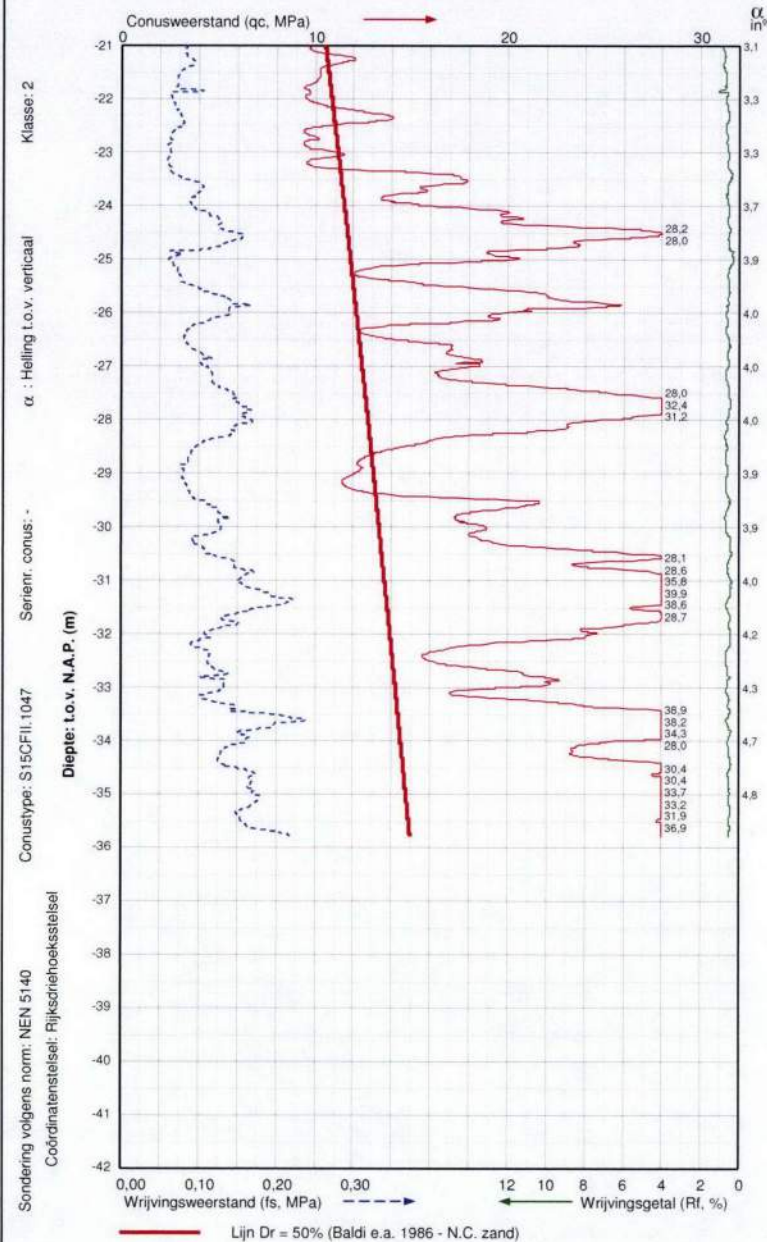
Blad: 1 van 2

Opdrachtnr.: VN-60219-1

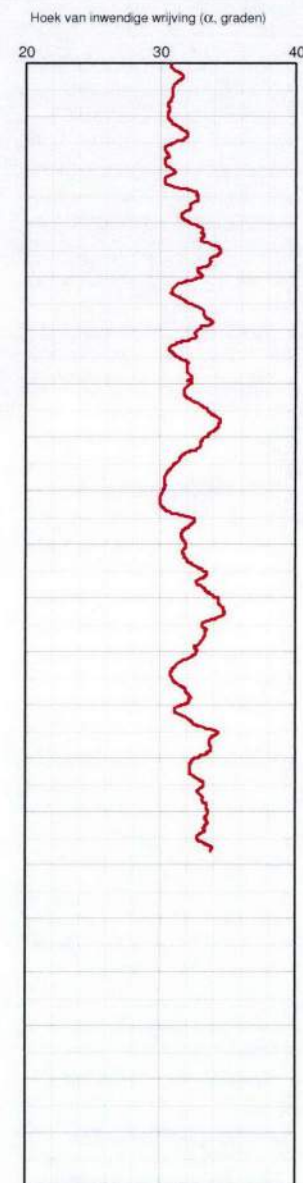
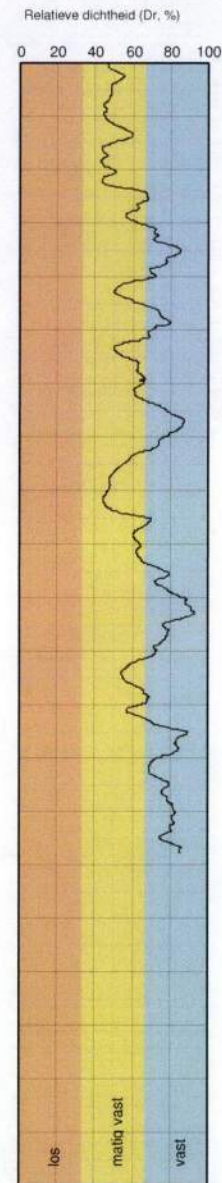
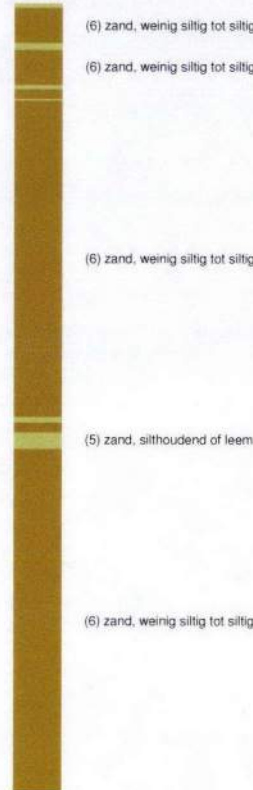
Datum: 24-6-2014







Classificatie naar grondgedragtype gebaseerd op genorm. qc en Rf volgens methode van Robertson 1990. Alleen geldig beneden (grond-)waterpeil.



- (1) fijnkorrelige grond
- (2) veen, organische materialen
- (3) klei, weinig tot matig silthoudend
- (4) klei, silthoudend of leem
- (5) zand, silthoudend of leem
- (6) zand, weinig siltig tot siltig
- (7) zand, tot zand grindhoudend
- (8) zand, vast (zand kleihoudend)
- (9) grond, zeer vast, fijnkorrelig

Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek  
Projectplaats: WOERDEN

Sondering: DKM202



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

X = 122.547

Y = 455.142

Blad: 2 van 2

Opdrachtnr.: VN-60219-1

Datum: 24-6-2014

AKKOORD  
GEO



Klasse: 2

 $\alpha$  : Helling t.o.v. verticaal

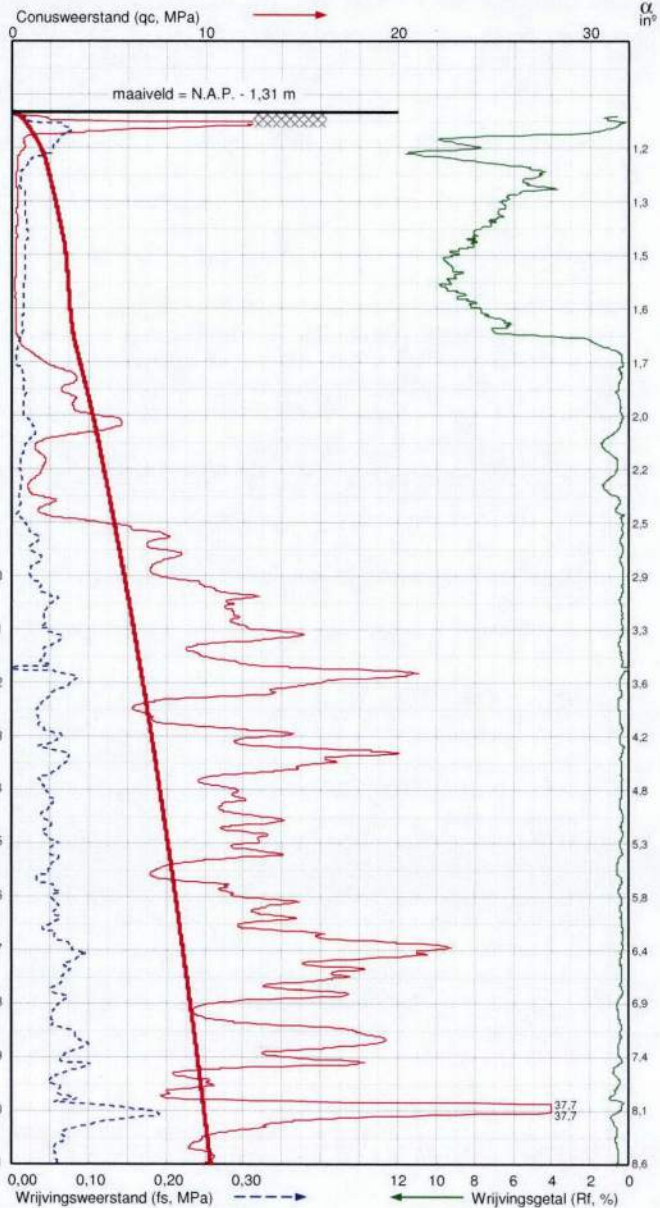
Seriële conus:

Conus type: S10CFII.S11131

Sondering volgens norm: NEN 5140

Coördinatenstelsel: Rijksdriehoekstelsel

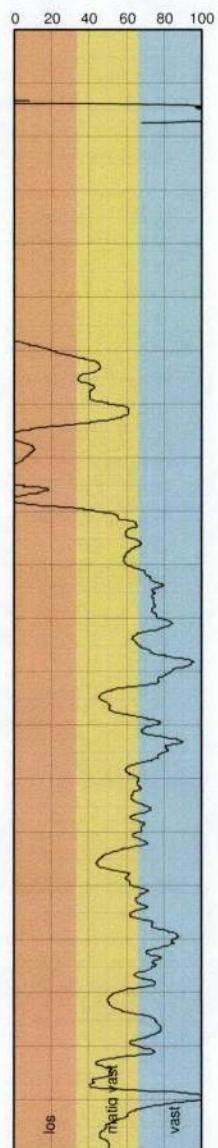
Diepte: t.o.v. N.A.P. (m)



Classificatie naar grondgedragtype gebaseerd op genorm. qc en Rf volgens methode van Robertson 1990. Alleen geldig beneden (grond-)waterpeil.



Relatieve dichtheid (Dr, %)



Formule van Baldi e.a. 1986 - N.C. zand

Hoek van inwendige wrijving ( $\alpha$ , graden)

\*\* Representatieve waarden \*\*

- |                                   |                                    |                                    |
|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (1) fijnkorrelige grond           | (4) klei, althoudend / leem        | (7) zand, tot zand grindhoudend    |
| (2) veen, organische materiaal    | (5) zand, siltig tot leem          | (8) zand, vast / zand kleihoudend  |
| (3) klei, weinig tot matig siltig | (6) zand, weinig siltig tot siltig | (9) grond, zeer vast, fijnkorrelig |

Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek  
Projectplaats: WOERDEN

Sondering: DKM203



Wiertsema &amp; Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

X = 122.544

Y = 455.029

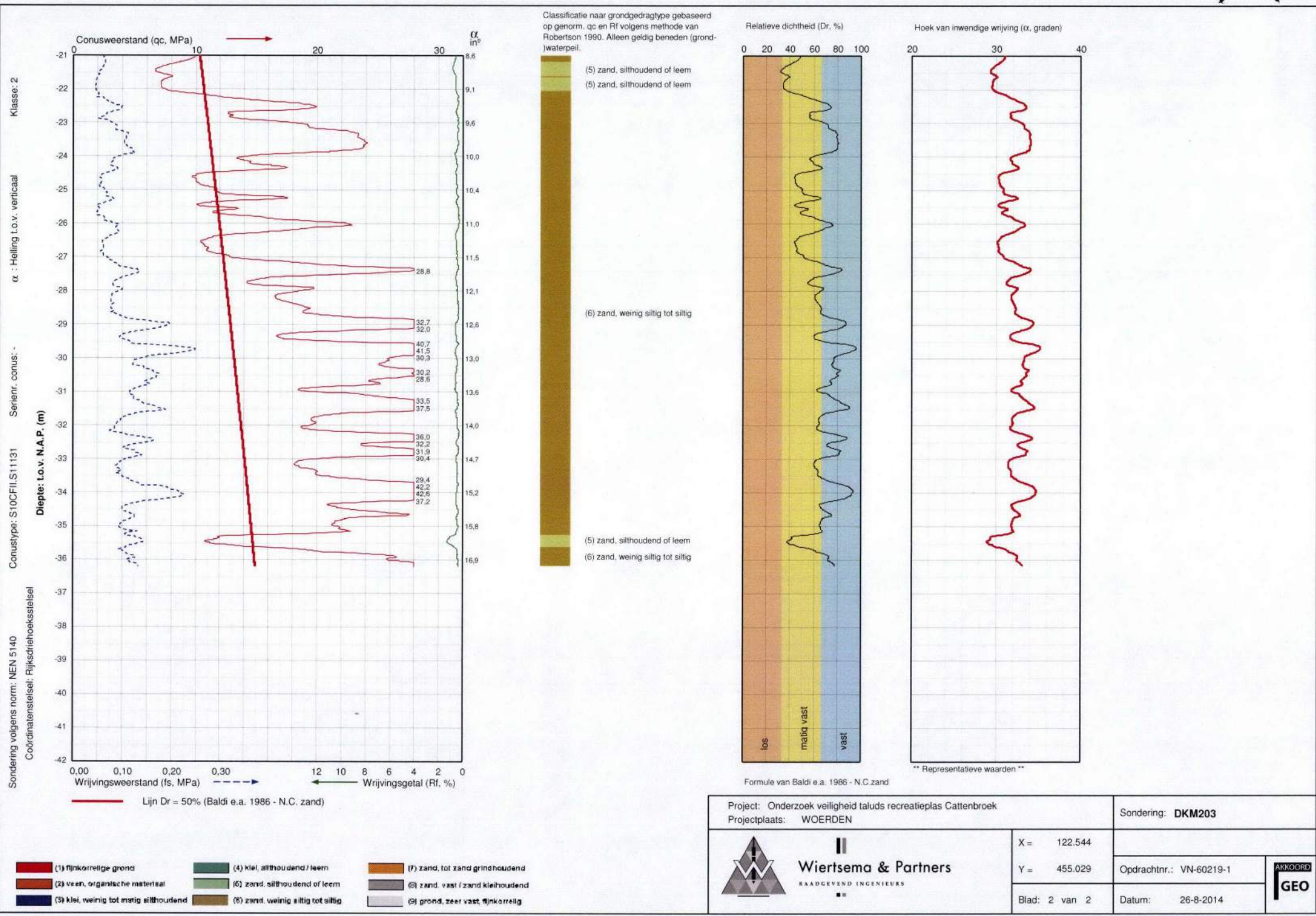
Opdrachtnr.: VN-60219-1

Blad: 1 van 2

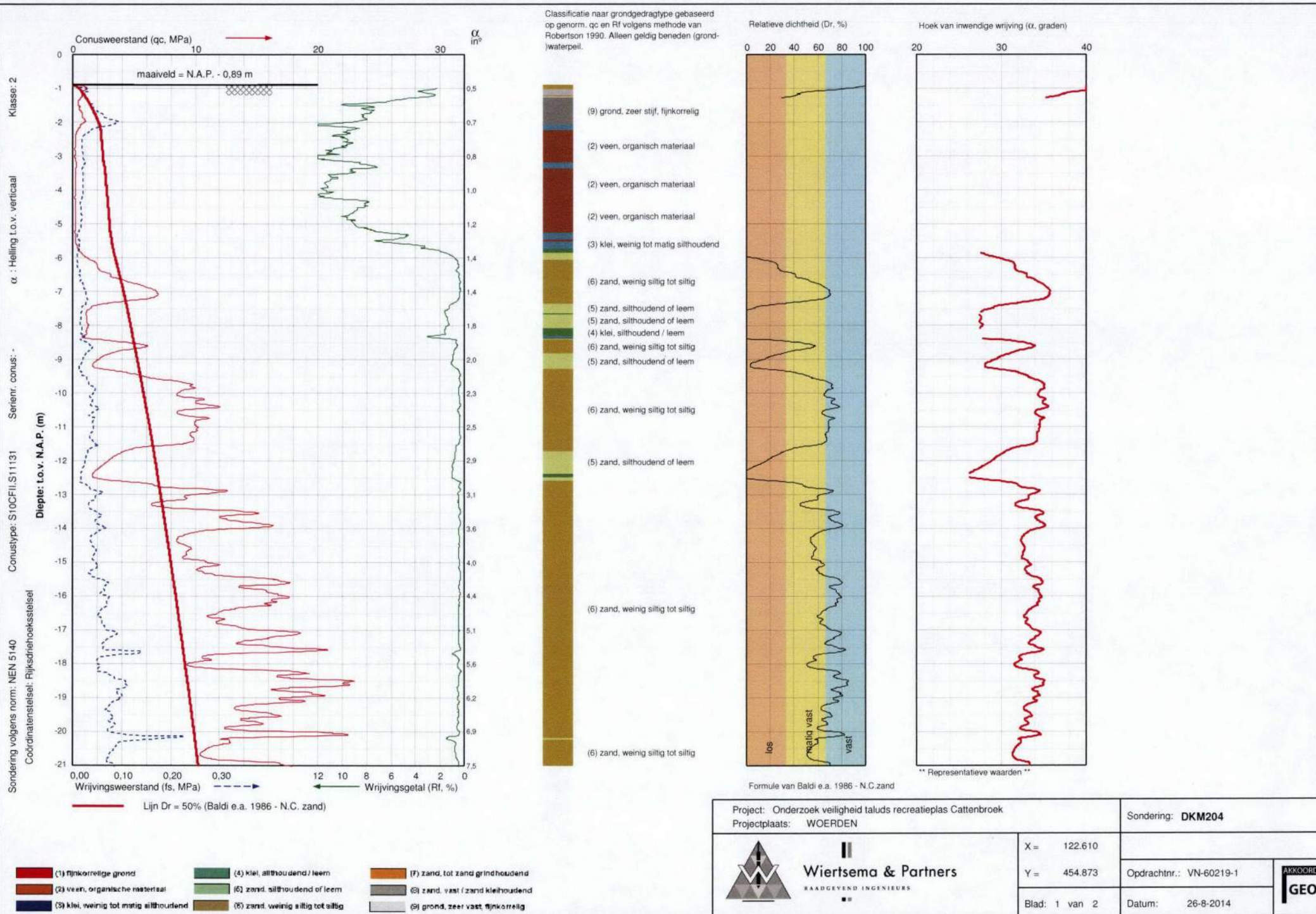
Datum: 26-8-2014



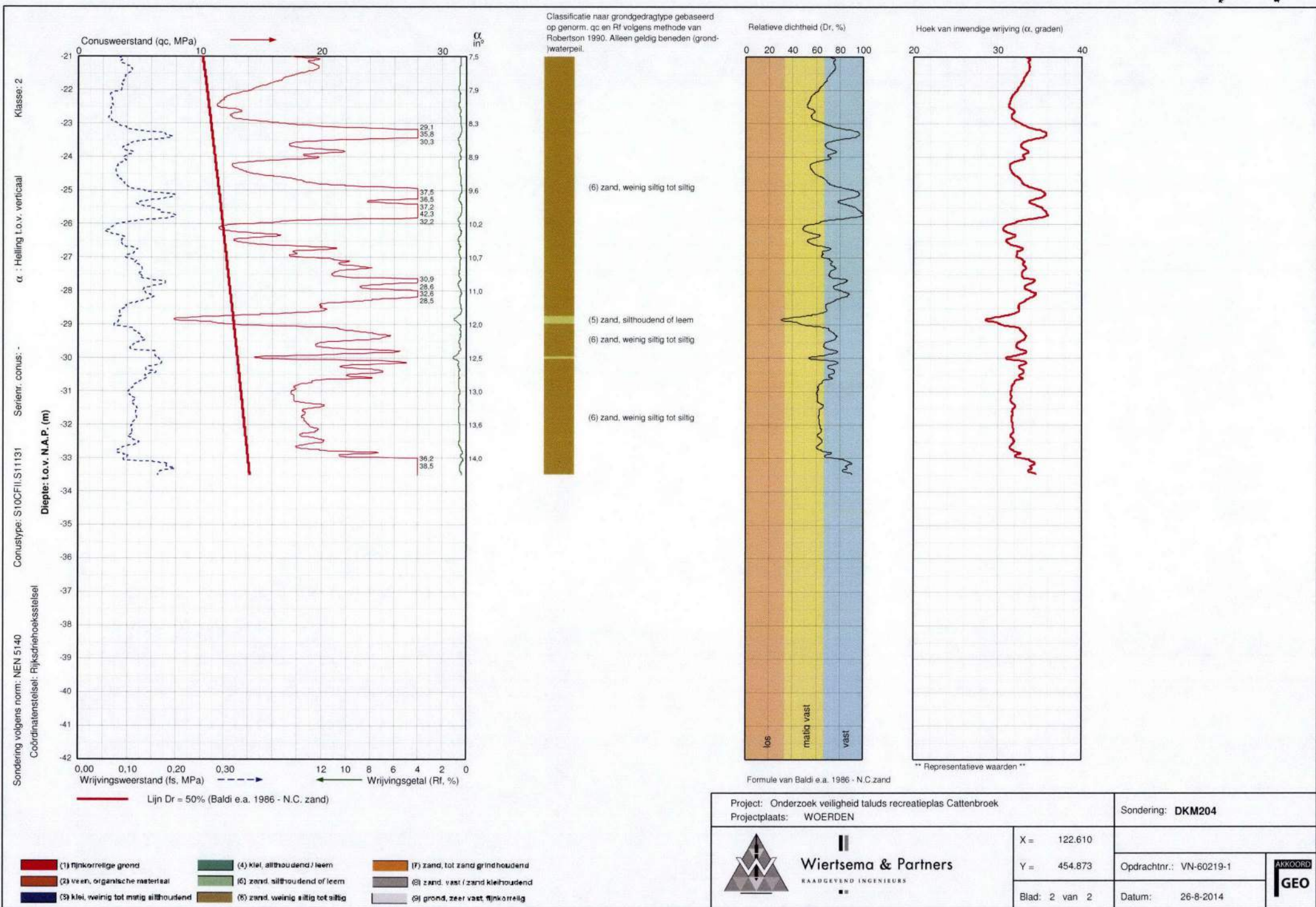




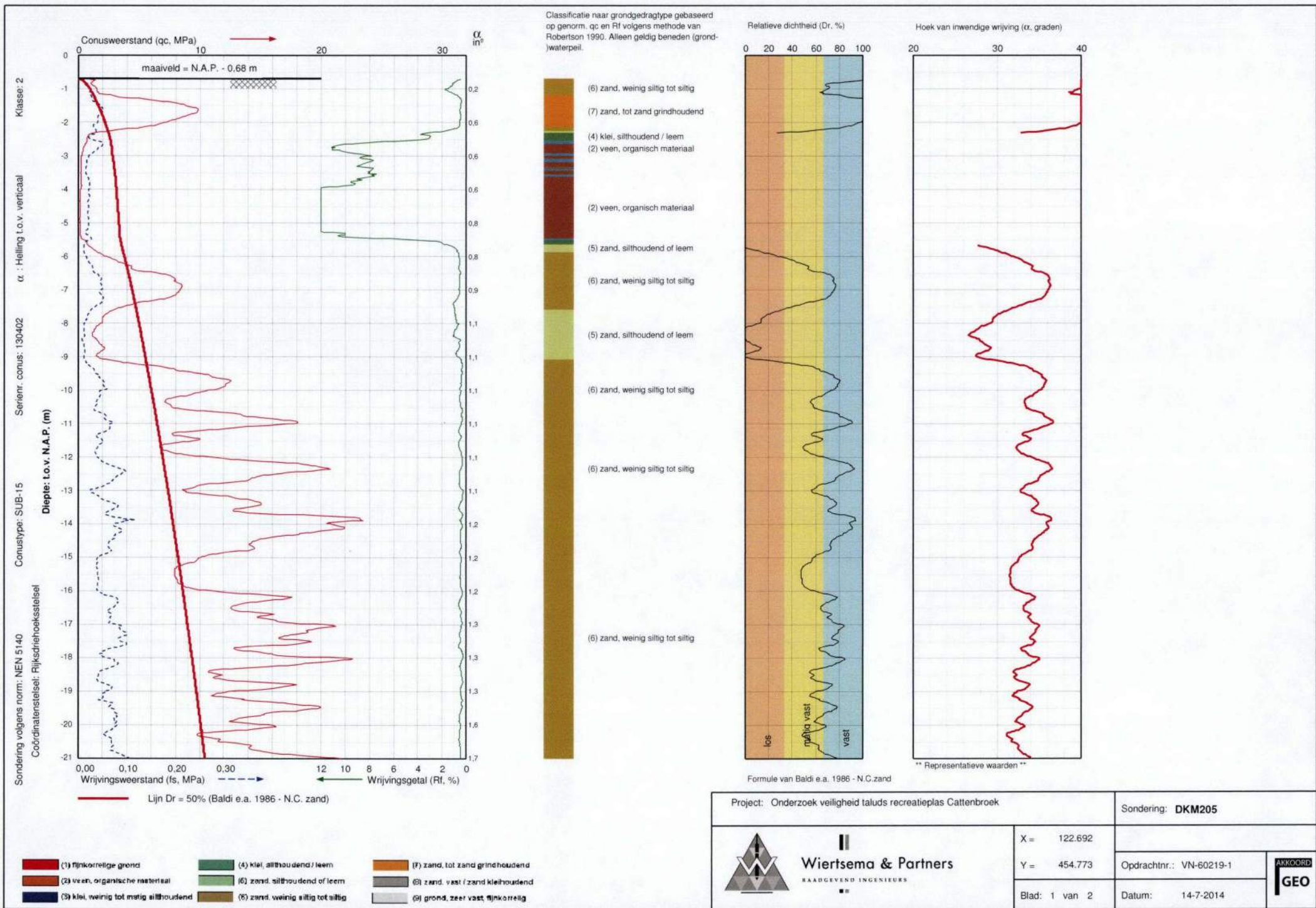




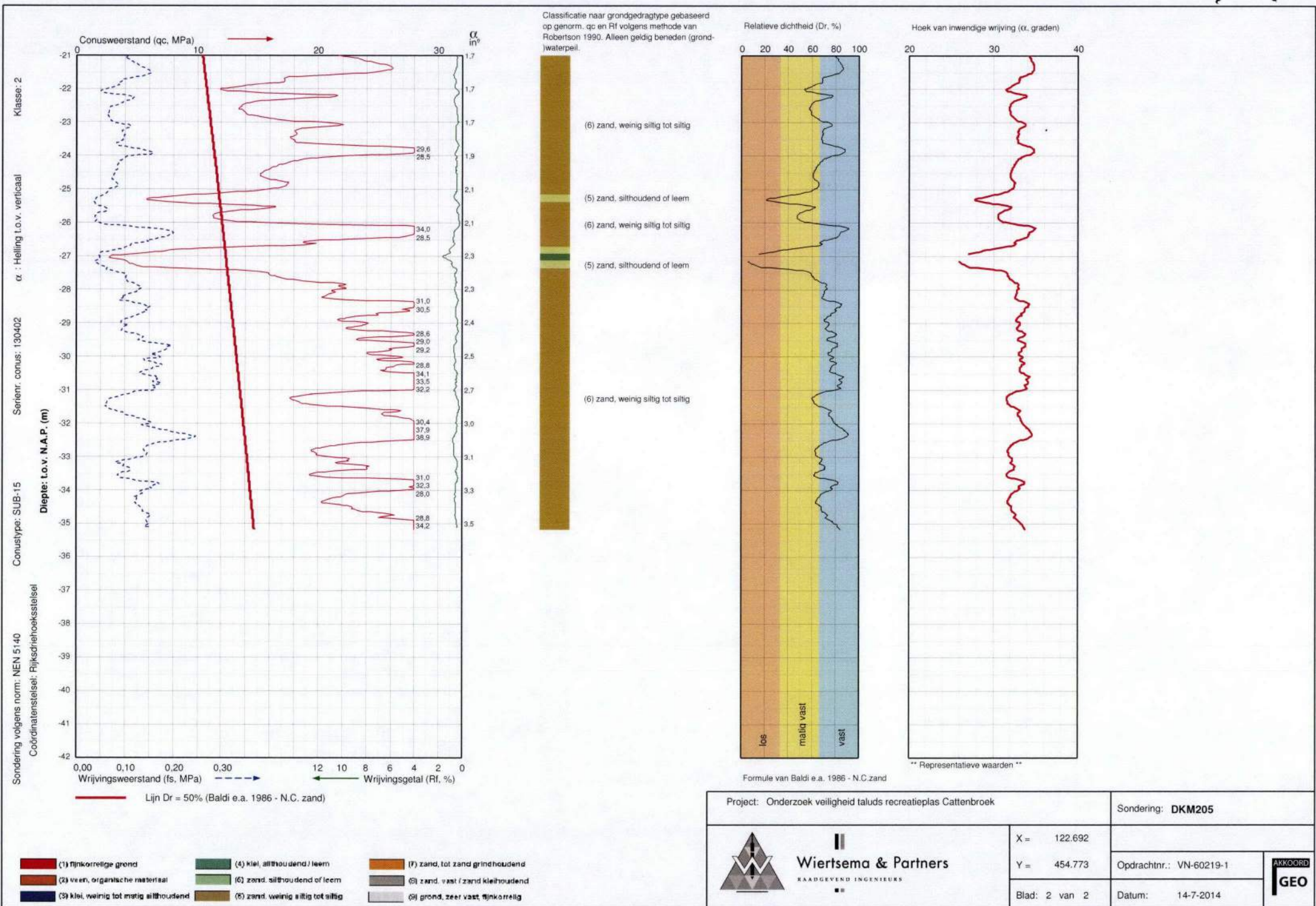












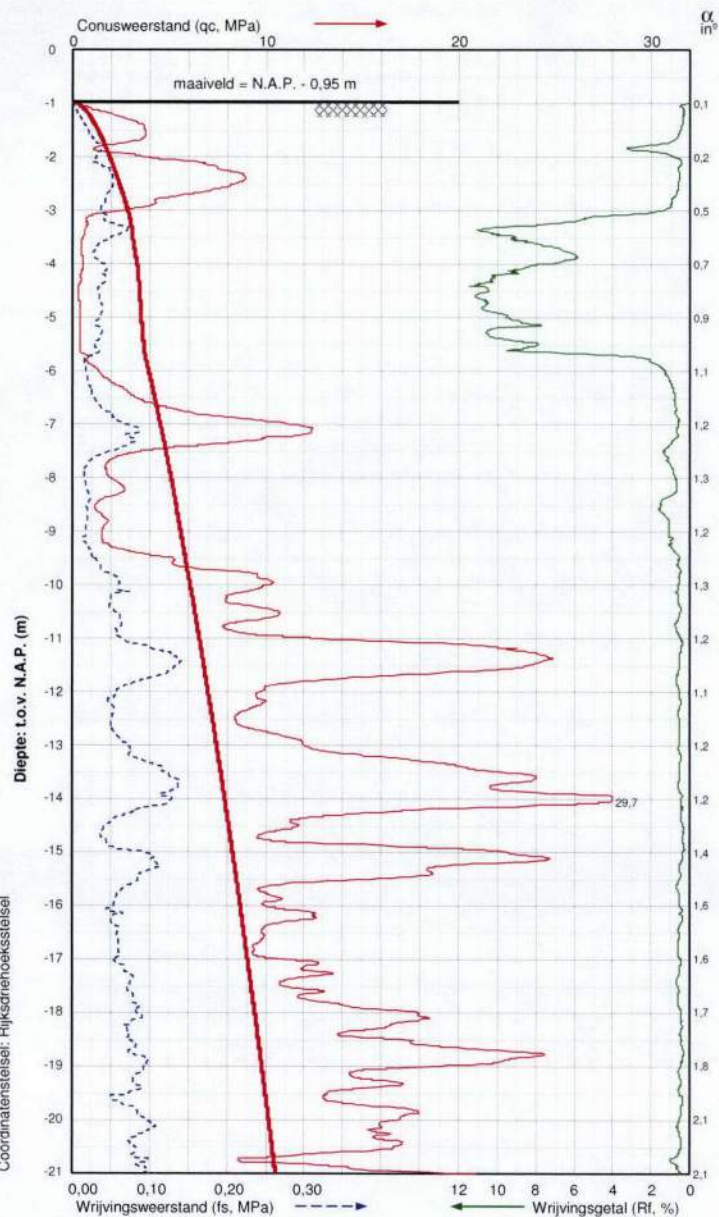


Klasse: 2

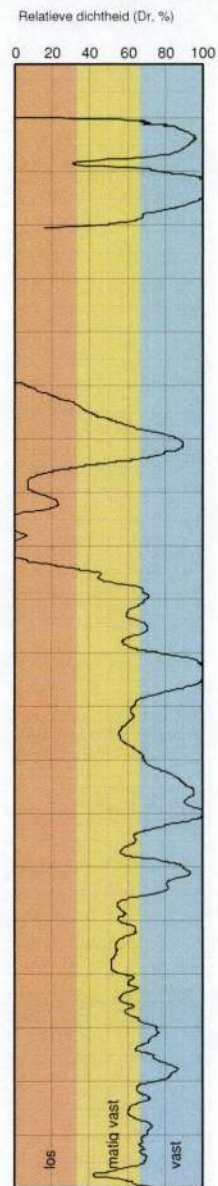
 $\alpha$  : Helling t.o.v. verticaal

Seriem. conus: -

Conus type: STSCFI/1047

Sondering volgens norm: NEN 5140  
Coördinatenstelsel: Rijksdriehoeksstelsel

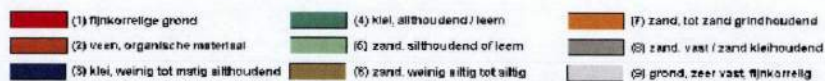
Classificatie naar grondgedragtype gebaseerd op genorm.  $q_c$  en  $R_f$  volgens methode van Robertson 1990. Alleen geldig beneden (grond-)waterpeil.



Formule van Baldi e.a. 1986 - N.C. zand



\*\* Representatieve waarden \*\*



Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek  
Projectplaats: WOERDEN

Sondering: DKM206



Wiertsema &amp; Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

X = 122.723

Y = 454.743

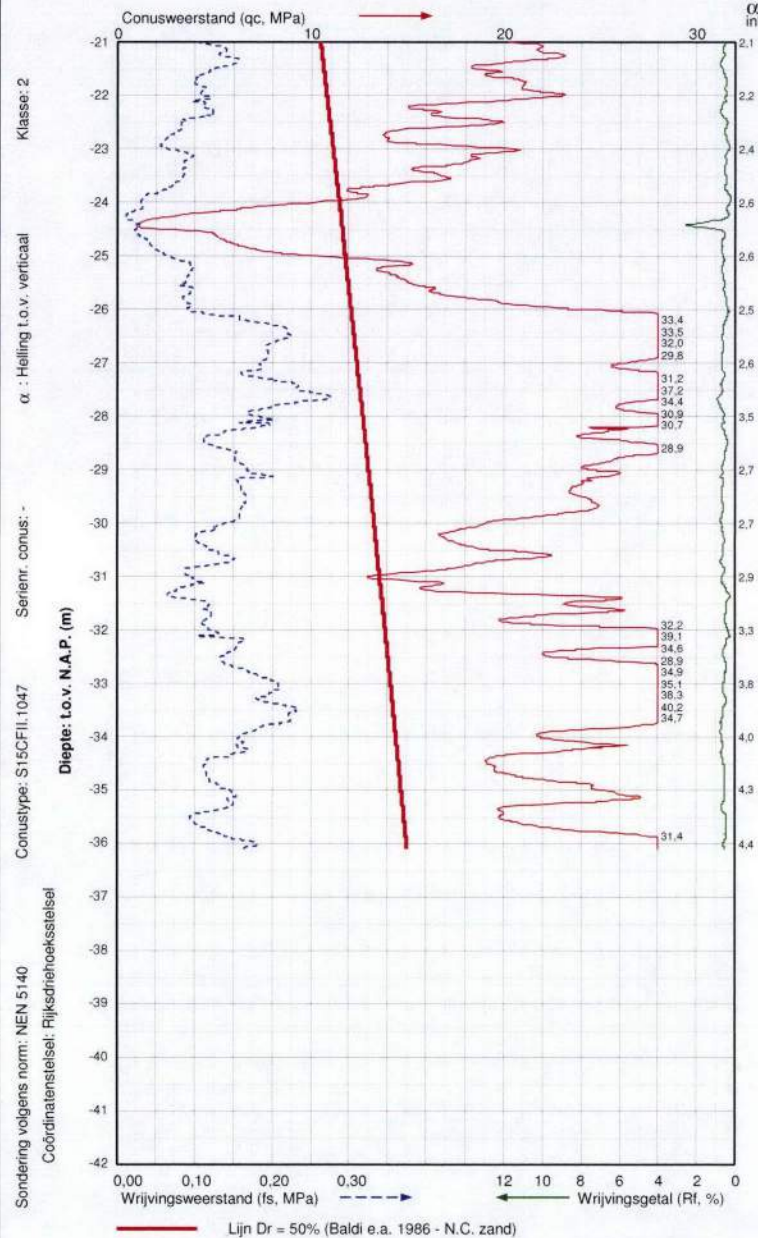
Blad: 1 van 2

Opdrachtnr.: VN-60219-1

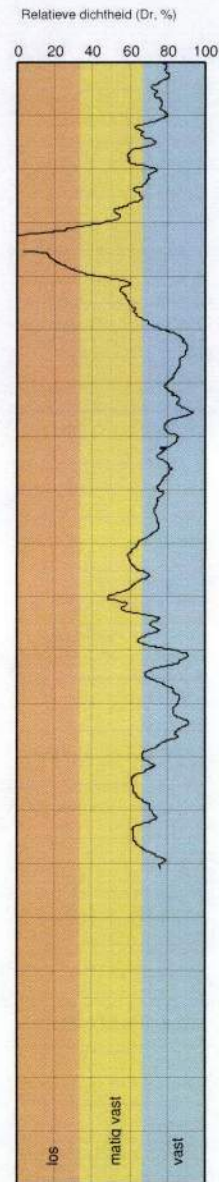
Datum: 24-6-2014



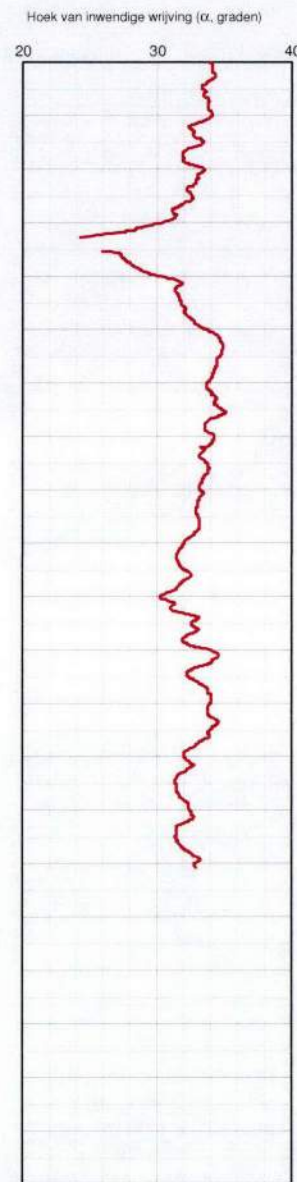




Classificatie naar grondgedragtype gebaseerd op genorm. qc en Rf volgens methode van Robertson 1990. Alleen geldig beneden (grond-)waterpeil.



Formule van Baldi e.a. 1986 - N.C. zand



\*\* Representatieve waarden \*\*

- |                                       |                                    |                                    |
|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (1) fijnkorrelige grond               | (4) klei, althoudend / leem        | (7) zand, tot zand grindhoudend    |
| (2) veen, organische reststelsel      | (6) zand, silthoudend of leem      | (8) zand, vast (zand kleihoudend)  |
| (3) klei, weinig tot matig althoudend | (5) zand, weinig siltig tot siltig | (9) grond, zeer vast, fijnkorrelig |

Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

Projectplaats: WOERDEN

Sondering: DKM206



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

X = 122.723

Y = 454.743

Blad: 2 van 2

Opdrachtnr.: VN-60219-1

Datum: 24-6-2014



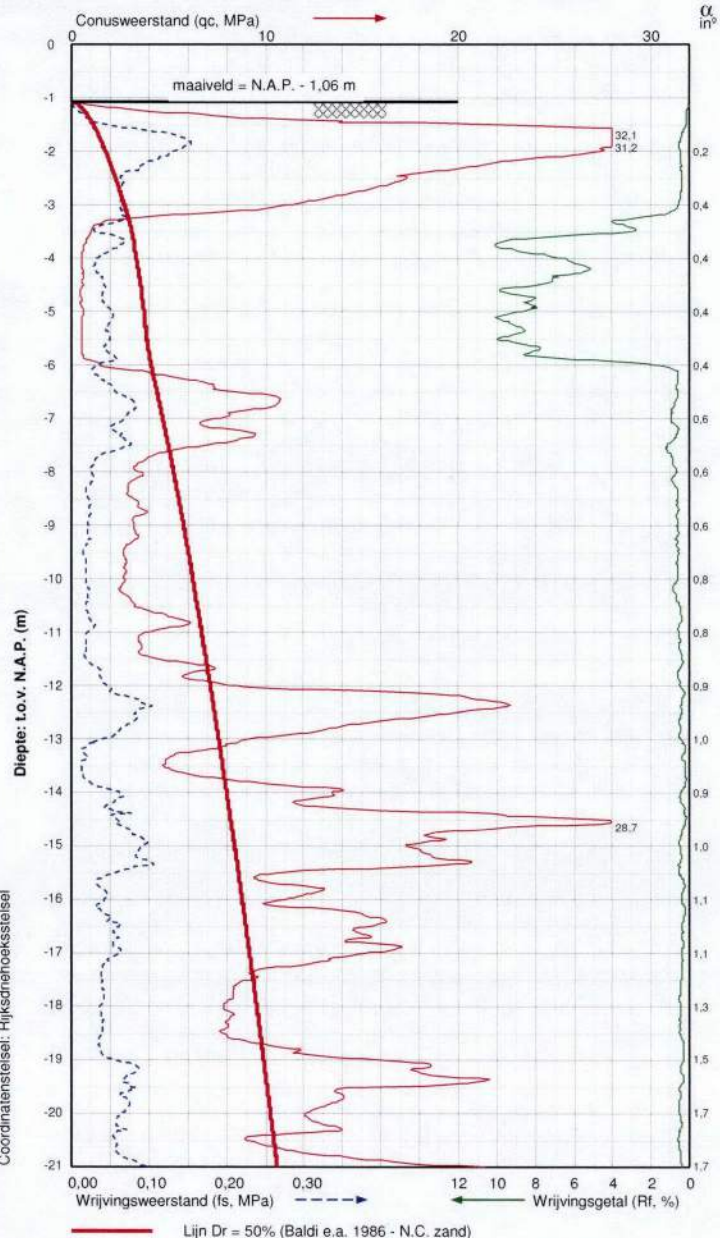


Klasse: 2

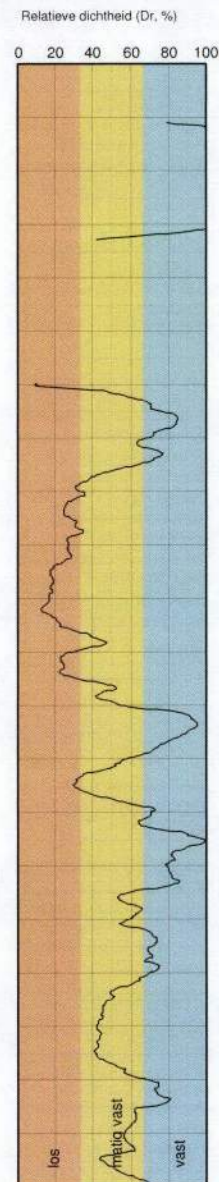
 $\alpha$  : Helling t.o.v. verticaal

Seriële conus: 130402

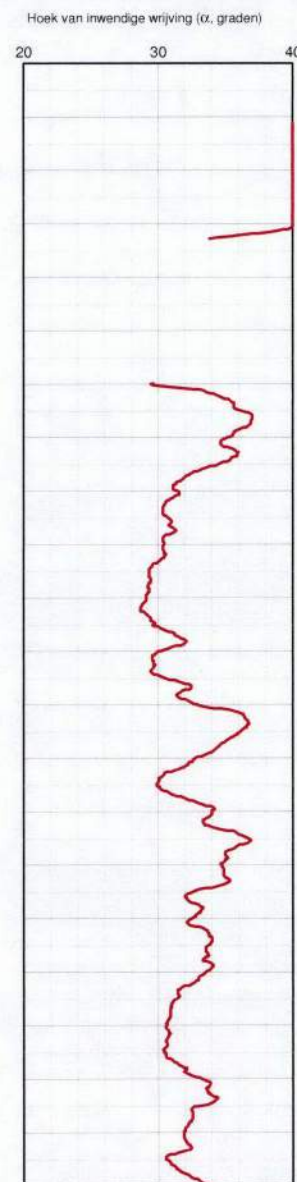
Conus type: SUB-15

Sondering volgens norm: NEN 5140  
Coördinatenstelsel: Rijksdriehoeksstelsel

Classificatie naar grondgedragtype gebaseerd op genorm. qc en Rf volgens methode van Robertson 1990. Alleen geldig beneden (grond-)waterpeil.



Formule van Baldi e.a. 1986 - N.C.zand



- (1) fijnkorrelige grond
- (2) veen, organische materiaal
- (3) klei, weinig tot matig silthoudend
- (4) klei, silthoudend / leem
- (5) zand, silthoudend of leem
- (6) zand, weinig siltig tot siltig
- (7) zand, tot zand grindhoudend
- (8) zand, vast / zand kleihoudend
- (9) grond, zeer vast, fijnkorrelig

Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

Sondering: DKM207



**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

X = 122.846

Y = 454.828

Blad: 1 van 2

Opdrachtnr.: VN-60219-1

Datum: 14-7-2014

AMKOORD  
**GEO**



Klasse: 2

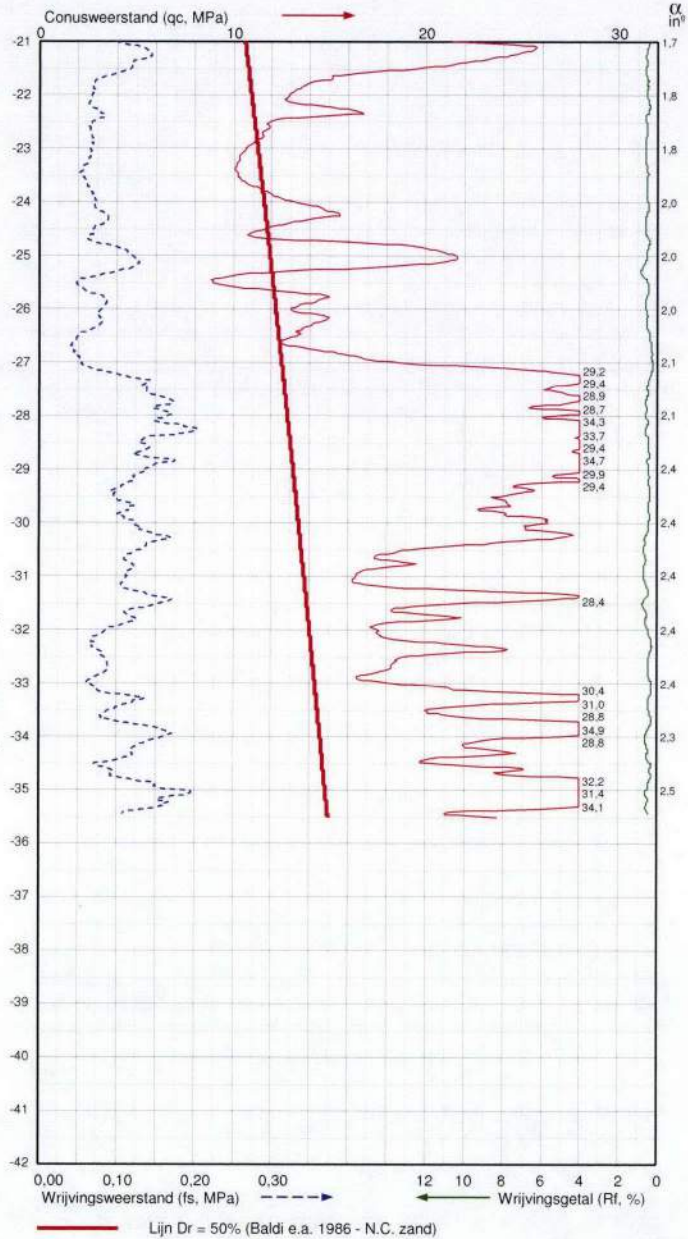
 $\alpha$  : Helling t.o.v. verticaal

Seriële conus: 130402

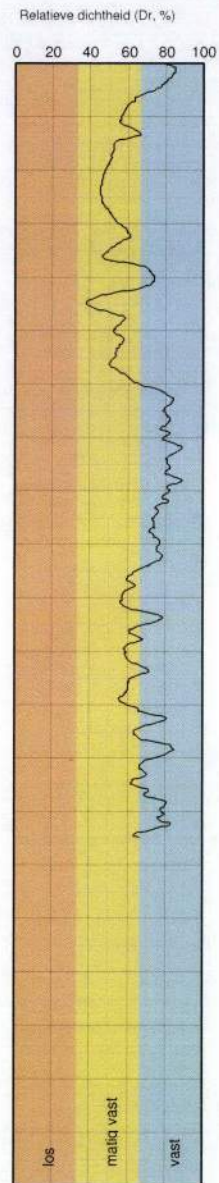
Conus type: SUB-15

Sondering volgens norm: NEN 5140  
Coördinatenstelsel: Rijksdriehoekstelsel

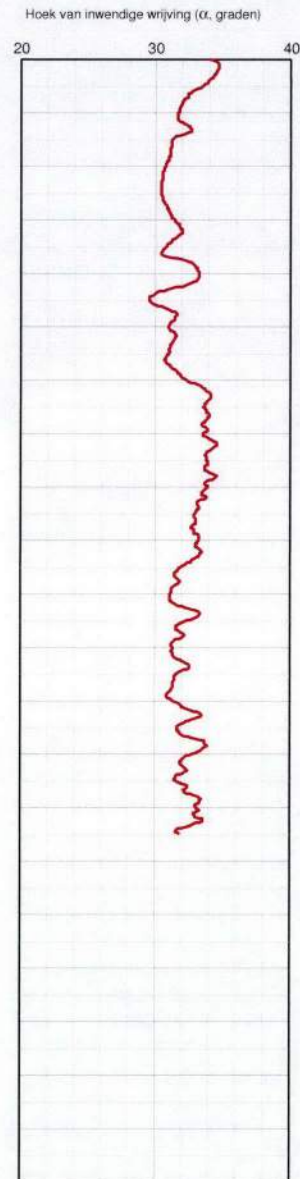
Diepte: t.o.v. N.A.P. (m)



Classificatie naar grondgedragtype gebaseerd op genorm. qc en Rf volgens methode van Robertson 1990. Alleen geldig beneden (grond-)waterpeil.



Formule van Baldi e.a. 1986 - N.C. zand



\*\* Representatieve waarden \*\*

- |                                   |                                    |                                     |
|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| (1) fliinkorrelige grond          | (4) klei, althoudend / leem        | (7) zand, tot zand grindehoudend    |
| (2) veen, organische materiaal    | (6) zand, siltig tot leem          | (8) zand, vast / zand kleihoudend   |
| (3) klei, weinig tot matig siltig | (5) zand, weinig siltig tot siltig | (9) grond, zeer vast, fliinkorrelig |

Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

Sondering: DKM207



Wiertsema &amp; Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

X = 122.846

Y = 454.828

Opdrachtnr.: VN-60219-1

Blad: 2 van 2

Datum: 14-7-2014









Klasse: 2

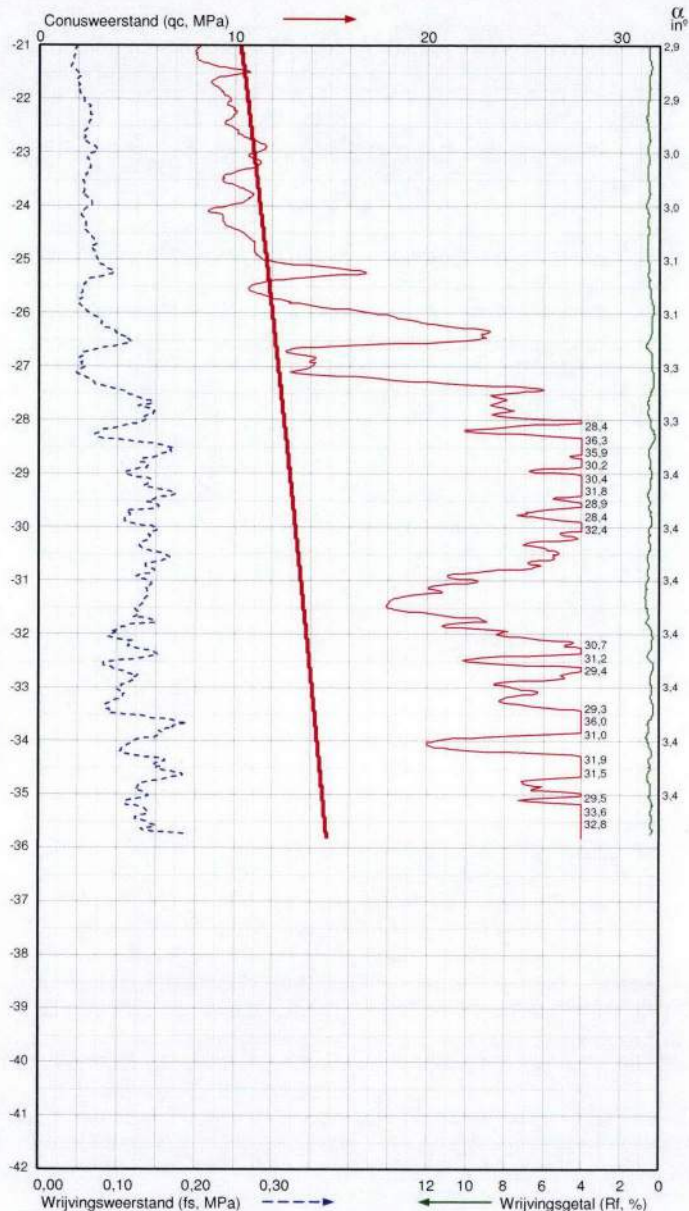
 $\alpha$  : Helling t.o.v. verticaal

Seriële conus: 130402

Conus type: SUB-15

Sondering volgens norm: NEN 5140  
Coördinatenstelsel: Rijksdriehoeksstelsel

Diepte: t.o.v. N.A.P. (m)

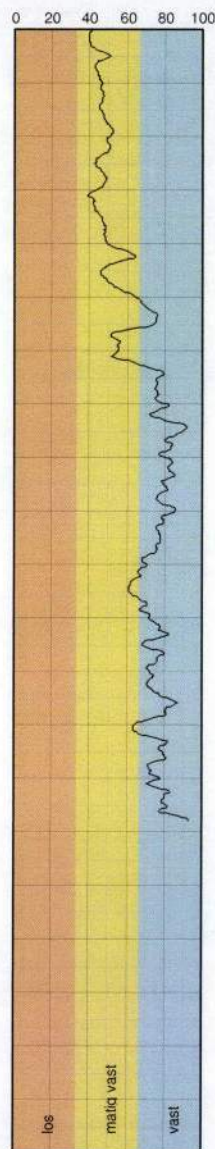


Classificatie naar grondgedragtype gebaseerd op genorm. qc en Rf volgens methode van Robertson 1990. Alleen geldig beneden (grond-)waterpeil.

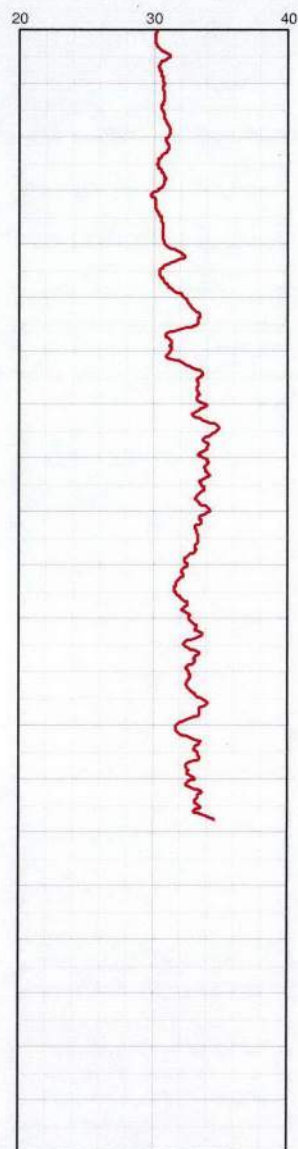
(6) zand, weinig siltig tot siltig

(6) zand, weinig siltig tot siltig

Relatieve dichtheid (Dr, %)



Formule van Baldi e.a. 1986 - N.C.zand

Hoek van inwendige wrijving ( $\alpha$ , graden)

\*\* Representatieve waarden \*\*

- |                                       |                                    |                                    |
|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (1) fijnkorrelige grond               | (4) klei, althoudend / leem        | (7) zand, tot zand grindhoudend    |
| (2) veen, organische materiaal        | (6) zand, silthoudend of leem      | (8) zand, vast / zand kleihoudend  |
| (3) klei, weinig tot matig althoudend | (5) zand, weinig siltig tot siltig | (9) grond, zeer vast, fijnkorrelig |

Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

Sondering: DKM208



Wiertsema &amp; Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

X = 122.968

Y = 454.905

Blad: 2 van 2

Opdrachtnr.: VN-60219-1

Datum: 14-7-2014

AKKOORD  
GEO

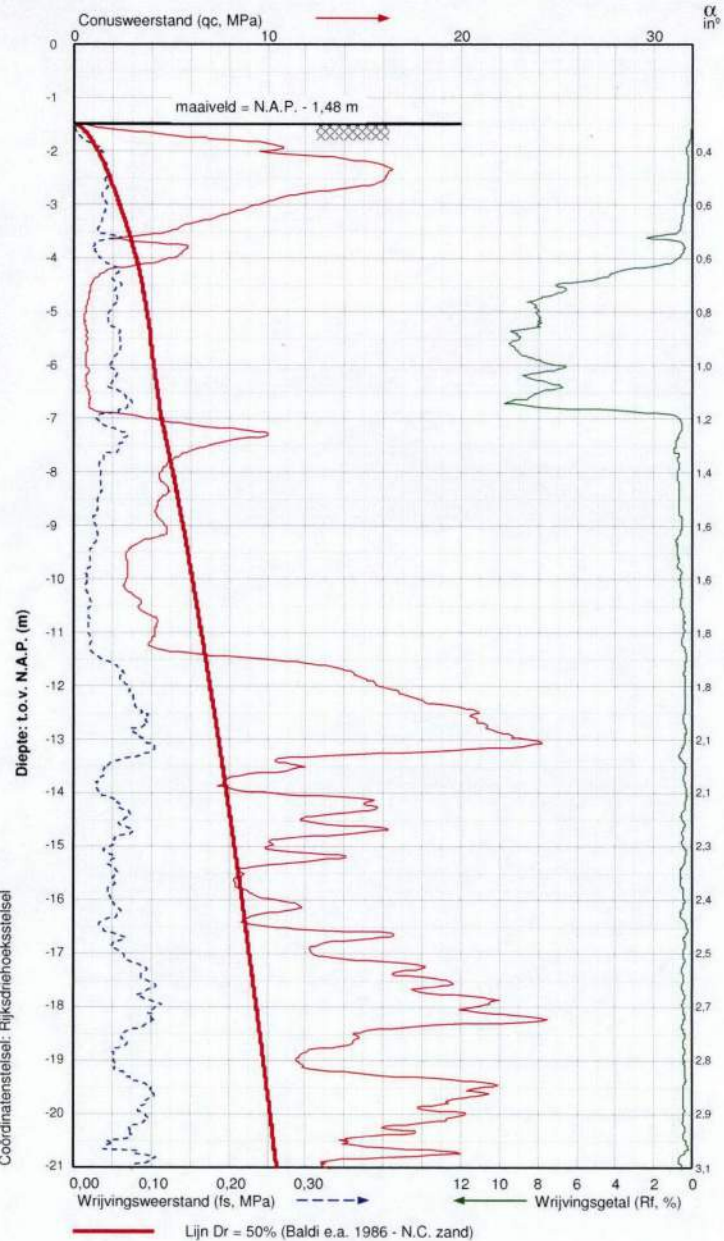


Klasse: 2

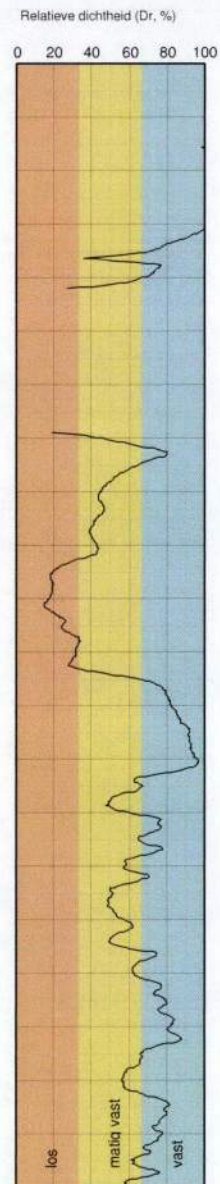
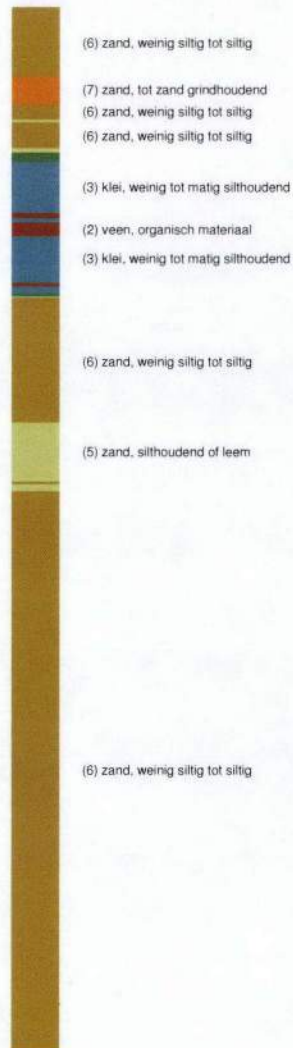
 $\alpha$  : Helling t.o.v. verticaal

Seriennr. conus: 130402

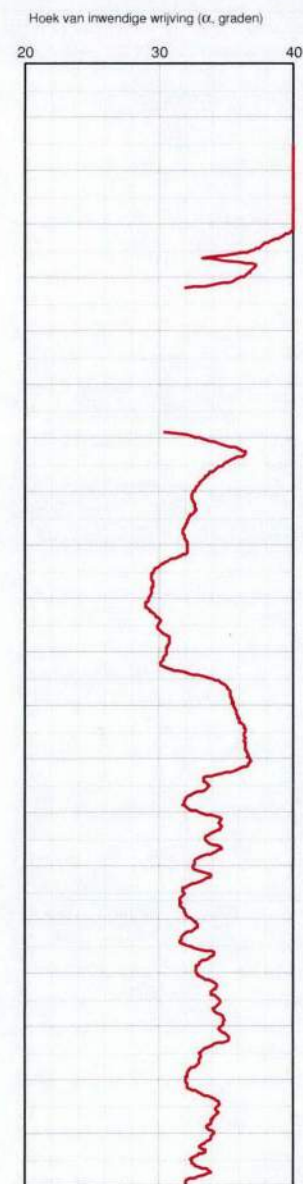
Conus type: SUB-15

Sondering volgens norm: NEN 5140  
Coördinatenstelsel: Rijksdriehoekstelsel

Classificatie naar grondgedragtype gebaseerd op genorm. qc en Rf volgens methode van Robertson 1990. Alleen geldig beneden (grond-)waterpeil.



Formule van Baldi e.a. 1986 - N.C. zand



\*\* Representatieve waarden \*\*

- |                                        |                                    |                                    |
|----------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (1) fijnkorrelige grond                | (4) klei, althoudend / leem        | (7) zand, tot zand grindhoudend    |
| (2) veen, organisch materiaal          | (6) zand, silthoudend of leem      | (8) zand, vast / zand kleihoudend  |
| (3) klei, weinig tot matig silthoudend | (5) zand, weinig siltig tot siltig | (9) grond, zeer vast, fijnkorrelig |



Wiertsema &amp; Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek

Sondering: DKM209

X = 123.065

Y = 454.890

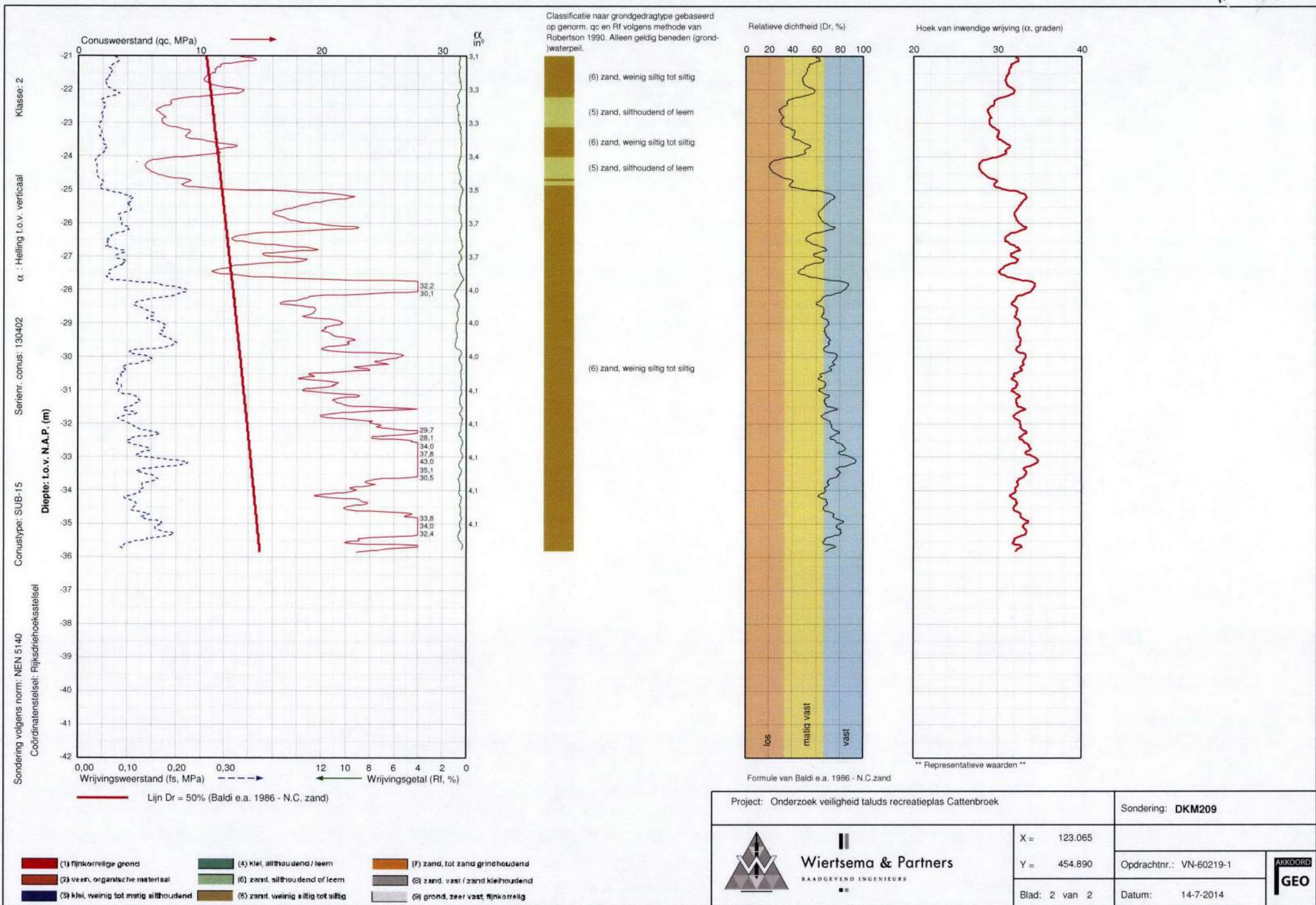
Blad: 1 van 2

Opdrachtnr.: VN-60219-1

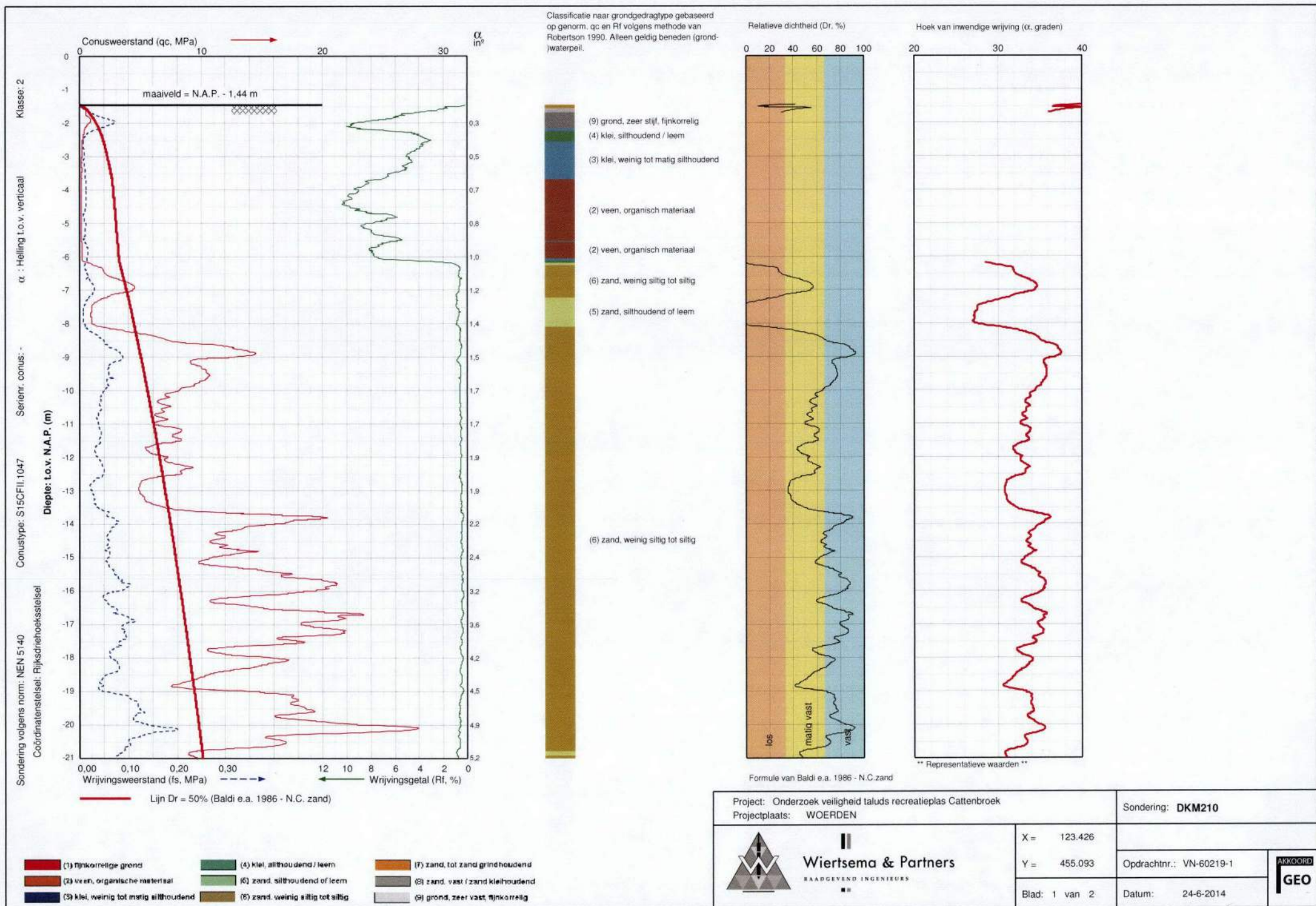
Datum: 14-7-2014



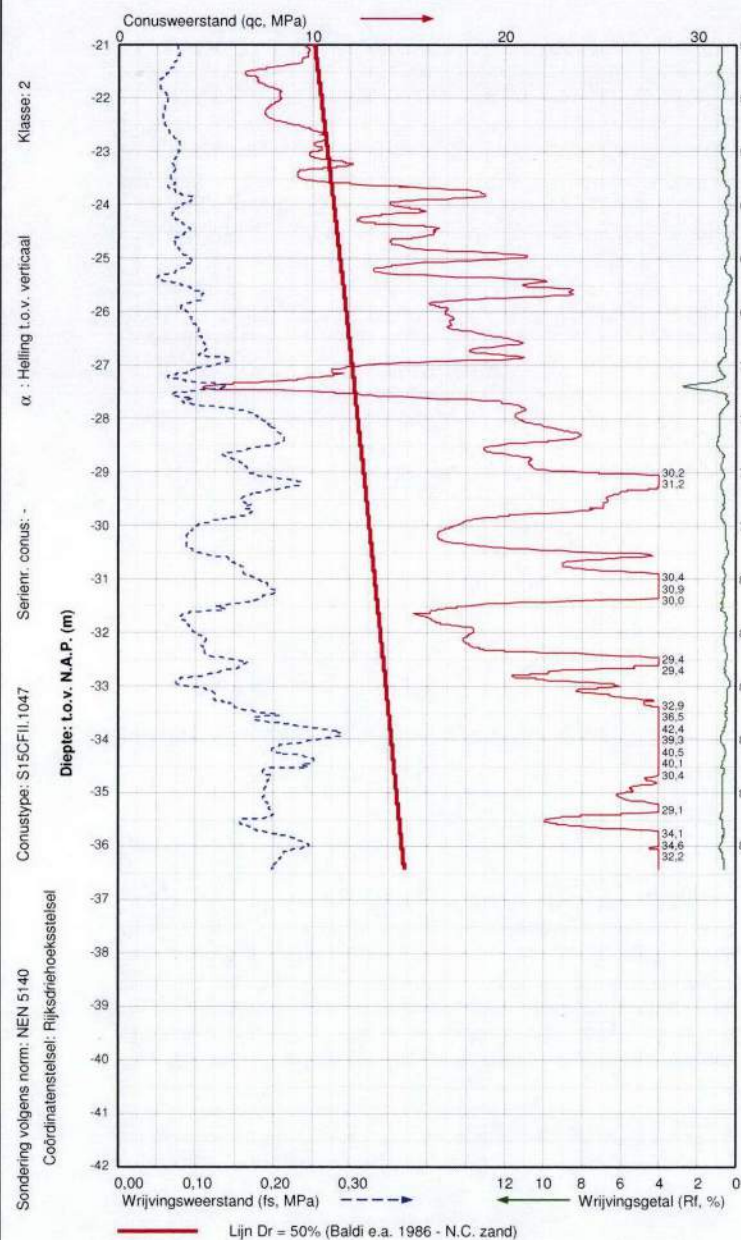




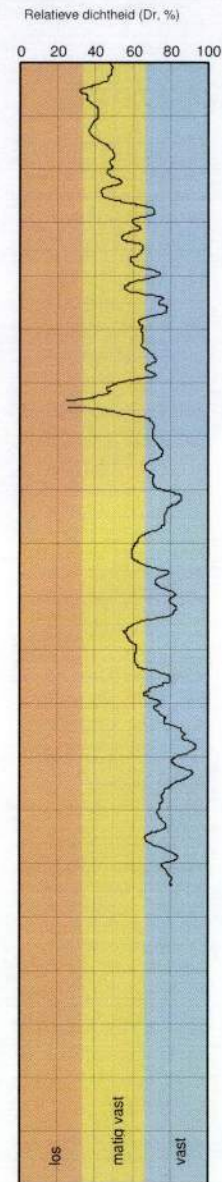




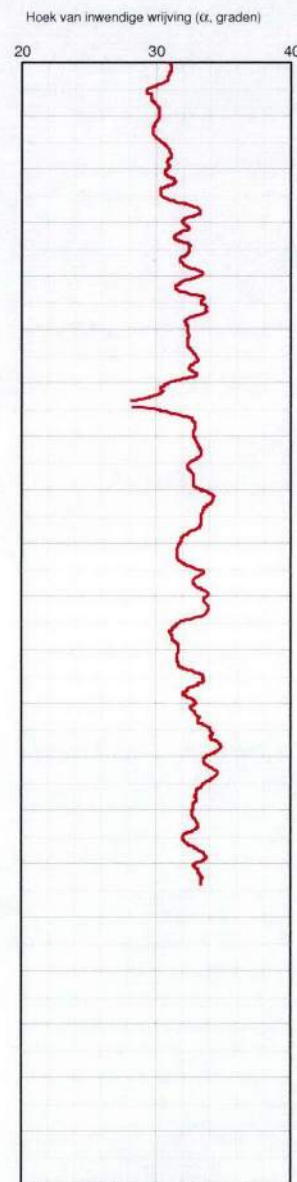




Classificatie naar grondgedragtype gebaseerd op genorm. qc en Rf volgens methode van Robertson 1990. Alleen geldig beneden (grond-)waterpeil.



Formule van Baldi e.a. 1986 - N.C. zand



\*\* Representatieve waarden \*\*

- |                                        |                                    |                                    |
|----------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (1) fijnkorrelige grond                | (4) klei, althoudend / leem        | (7) zand, tot zand grindhoudend    |
| (2) veen, organische materiaal         | (6) zand, silthoudend of leem      | (8) zand, vast / zand kleihoudend  |
| (3) klei, weinig tot matig silthoudend | (5) zand, weinig siltig tot siltig | (9) grond, zeer vast, fijnkorrelig |

Project: Onderzoek veiligheid taluds recreatieplas Cattenbroek  
Projectplaats: WOERDEN

Sondering: DKM210



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

X = 123.426  
Y = 455.093  
Blad: 2 van 2

Opdrachtnr.: VN-60219-1

Datum: 24-6-2014

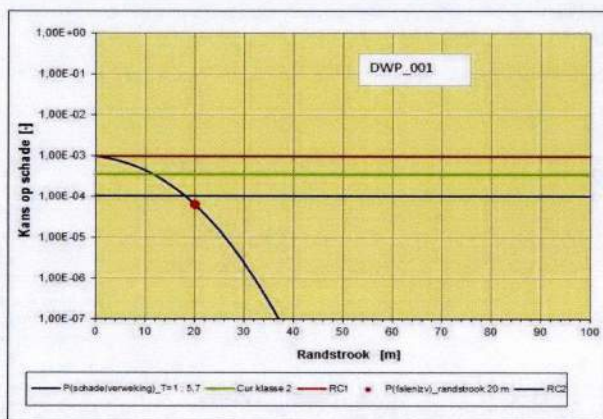
AKKOORD  
GEO

# Bijlage 6



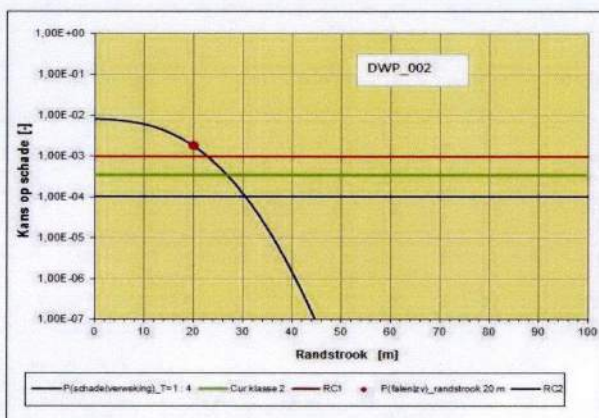
  
**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS  



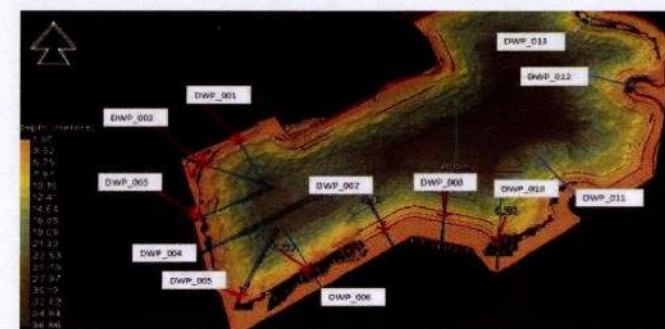
Toetsing op basis van handreiking Voorland **zettingvloeiing** d.d.25-10-2013

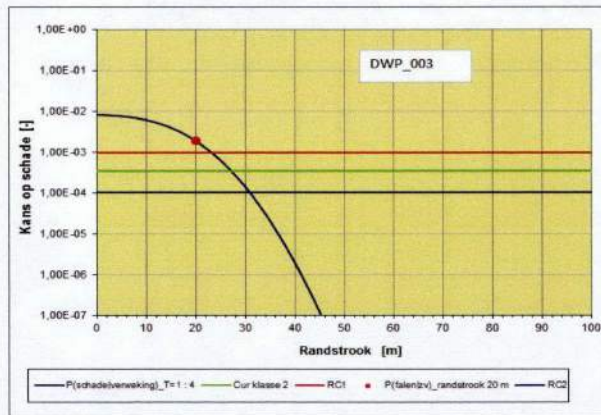
$\sigma(z)$  o.b.v.h. 7,9  
 Betrouwbaar 1,6  
 $1,9E-01$   
 $P(\text{schadeprofiel})$  5,4E-02  
 $P(\text{schadeprofiel max})$  = maximale kans dat de inscharingslengte groter is dan de randstrook (voorland)  
 $P(\text{falen/zv}) = P$  6,5E-05  $P(\text{falen/zv\_randstrook 20 m})$



Toetsing op basis van handreiking Voorland **zettingvloeiing** d.d.25-10-2013

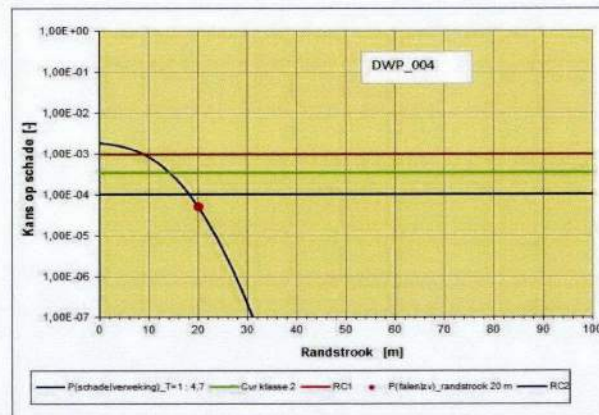
$\sigma(z)$  o.b.v.h. 7,2  
 Betrouwbaar 0,8  
 $5,9E+00$   
 $P(\text{schadeprofiel})$  2,2E-01  
 $P(\text{schadeprofiel max})$  = maximale kans dat de inscharingslengte groter is dan de randstrook (voorland)  
 $P(\text{falen/zv}) = P$  1,8E-03  $P(\text{falen/zv\_randstrook 20 m})$





Toetsing op basis van handreiking Voorland **zettingvloeiing** d.d.25-10-2013

$\sigma(z)$  o.b.v.h. 7,3  
 Betrouwbaar 0,8  
 $6,8E+00$   
 P(schadeprofiel 2,3E-01  
 P(schadeprofiel max) = maximale kans dat de inscharing lengte groter is dan de randstrook (voorland)  
 P(falen(zv) = P 1,9E-03 P(falen(zv)\_randstrook 20 m

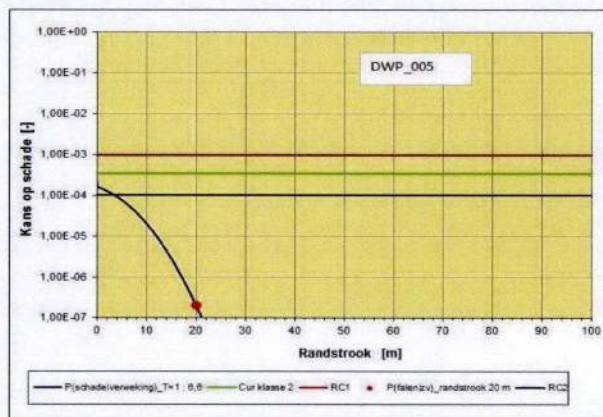


Toetsing op basis van handreiking Voorland **zettingvloeiing** d.d.25-10-2013

$\sigma(z)$  o.b.v.h. 5,7  
 Betrouwbaar 1,9  
 $4,7E-02$   
 P(schadeprofiel 2,6E-02  
 P(schadeprofiel max) = maximale kans dat de inscharing lengte groter is dan de randstrook (voorland)  
 P(falen(zv) = P 5,2E-05 P(falen(zv)\_randstrook 20 m

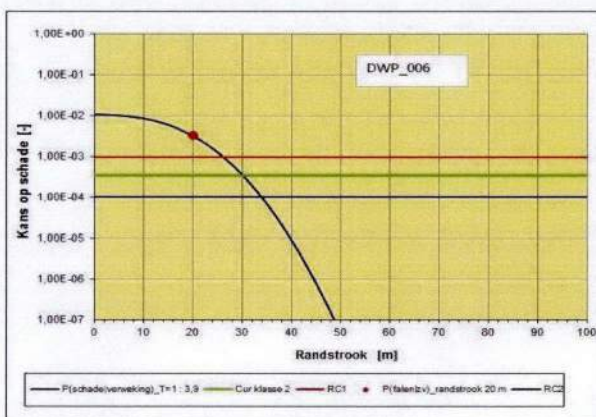






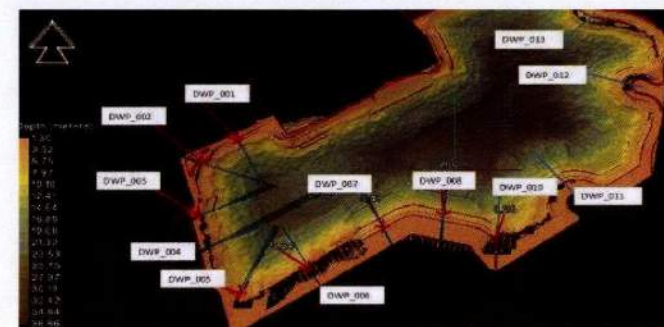
Toetsing op basis van handreiking Voorland **zettingsvloeiing** d.d.25-10-2013

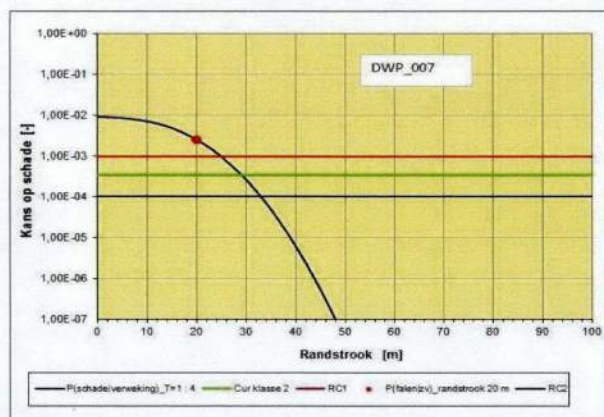
$\sigma(z)$  o.b.v.h 5,7  
 Betrouwbaar 3,2  
 $P(\text{schadeprofiel})$  3,0E-04  
 $P(\text{schadeprofiel max})$  7,8E-04  
 $P(\text{schadeprofiel max})$  = maximale kans dat de inscharingslengte groter is dan de randstrook (voorland)  
 $P(\text{falen(zv)}) = P$  2,1E-07  $P(\text{falen(zv)_randstrook 20 m})$



Toetsing op basis van handreiking Voorland **zettingsvloeiing** d.d.25-10-2013

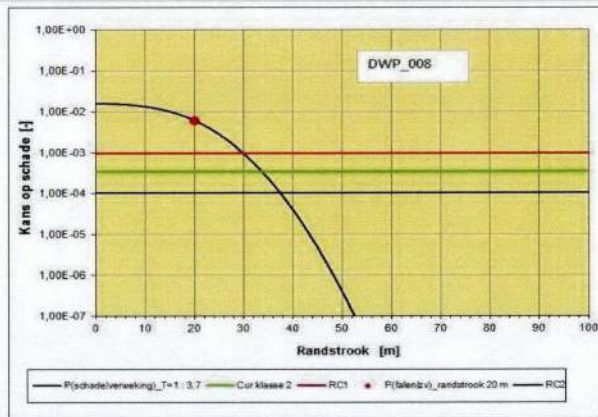
$\sigma(z)$  o.b.v.h 7,7  
 Betrouwbaar 0,5  
 $P(\text{schadeprofiel})$  1,6E+01  
 $P(\text{schadeprofiel max})$  2,9E-01  
 $P(\text{schadeprofiel max})$  = maximale kans dat de inscharingslengte groter is dan de randstrook (voorland)  
 $P(\text{falen(zv)}) = P$  3,3E-03  $P(\text{falen(zv)_randstrook 20 m})$





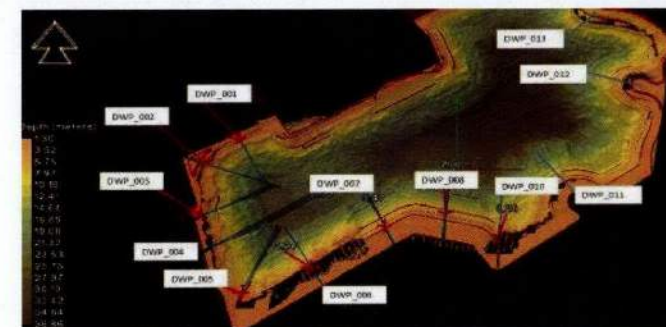
Toetsing op basis van handreiking Voorland **zettingvloeiing** d.d.25-10-2013

$\sigma(z)$  o.b.v.h 7,7  
 Betrouwbaar 0,6  
 $1,2E+01$   
 $P(schadeprofiel max) = 2,7E-01$   
 $P(schadeprofiel max) =$  maximale kans dat de inschering lengte groter is dan de randstrook (voorland)  
 $P(falen(zv)) = P$  2,6E-03  $P(falen(zv)_randstrook 20 m)$

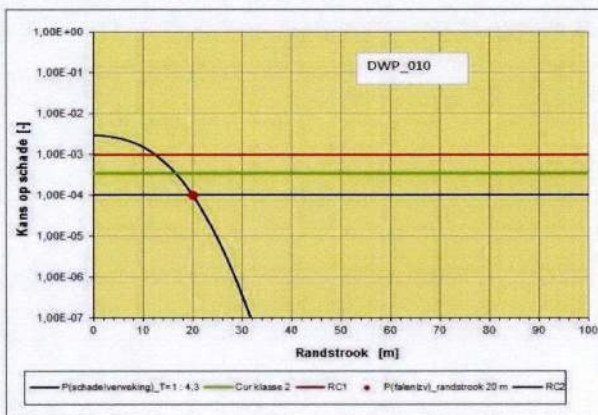


Toetsing op basis van handreiking Voorland **zettingvloeiing** d.d.25-10-2013

$\sigma(z)$  o.b.v.h 8,0  
 Betrouwbaar 0,3  
 $4,3E+01$   
 $P(schadeprofiel max) = 3,8E-01$   
 $P(schadeprofiel max) =$  maximale kans dat de inschering lengte groter is dan de randstrook (voorland)  
 $P(falen(zv)) = P$  6,3E-03  $P(falen(zv)_randstrook 20 m)$

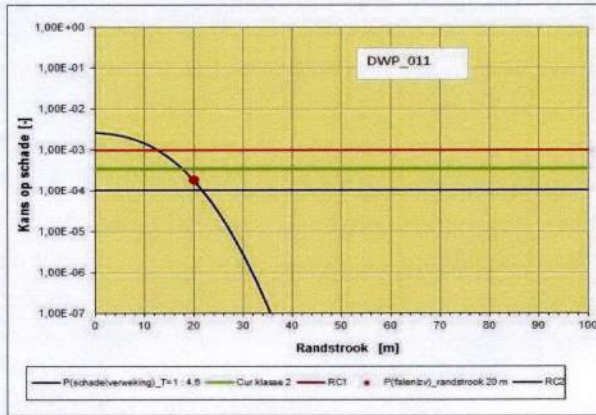






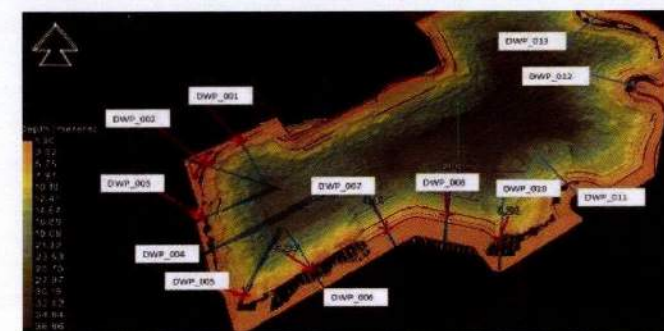
Toetsing op basis van handreiking Voorland **zettingvloeiing** d.d.25-10-2013

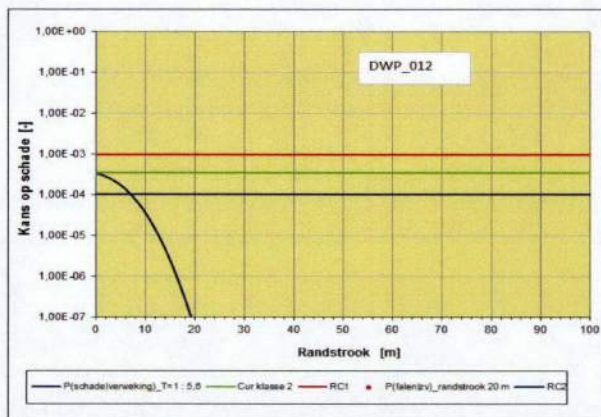
$\sigma(z)$  o.b.v.h 5,5  
 Betrouwbaar 1,8  
 $P(\text{schadeprofiel})$  7,1E-02  
 $P(\text{schadeprofiel max})$  3,2E-02  
 $P(\text{schadeprofiel max})$  = maximale kans dat de inscharingslengte groter is dan de randstrook (voorland)  
 $P(\text{falen(zv)}) = P$  1,0E-04  $P(\text{falen(zv)})_{\text{randstrook 20 m}}$



Toetsing op basis van handreiking Voorland **zettingvloeiing** d.d.25-10-2013

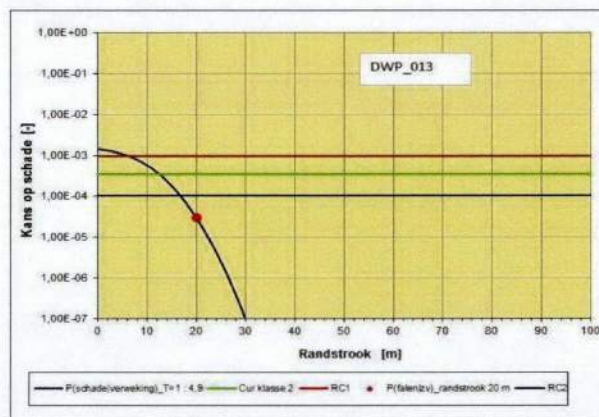
$\sigma(z)$  o.b.v.h 6,4  
 Betrouwbaar 1,5  
 $P(\text{schadeprofiel})$  2,7E-01  
 $P(\text{schadeprofiel max})$  6,4E-02  
 $P(\text{schadeprofiel max})$  = maximale kans dat de inscharingslengte groter is dan de randstrook (voorland)  
 $P(\text{falen(zv)}) = P$  1,8E-04  $P(\text{falen(zv)})_{\text{randstrook 20 m}}$





Toetsing op basis van handreiking Voorland **zettingvloeiing** d.d.25-10-2013

$\sigma(z)$  o.b.v.h 4,3  
 Betrouwbaar 3,6  
 4,1E-05  
 $P(\text{schade/prof})$  1,3E-04  
 $P(\text{schade/prof max})$  = maximale kans dat de inscharingslengte groter is dan de randstrook (voorland)  
 $P(\text{falen/zv}) = P$  5,4E-08  $P(\text{falen/zv\_randstrook 20 m})$



Toetsing op basis van handreiking Voorland **zettingvloeiing** d.d.25-10-2013

$\sigma(z)$  o.b.v.h 5,7  
 Betrouwbaar 2,1  
 2,8E-02  
 $P(\text{schade/prof})$  1,9E-02  
 $P(\text{schade/prof max})$  = maximale kans dat de inscharingslengte groter is dan de randstrook (voorland)  
 $P(\text{falen/zv}) = P$  3,0E-05  $P(\text{falen/zv\_randstrook 20 m})$

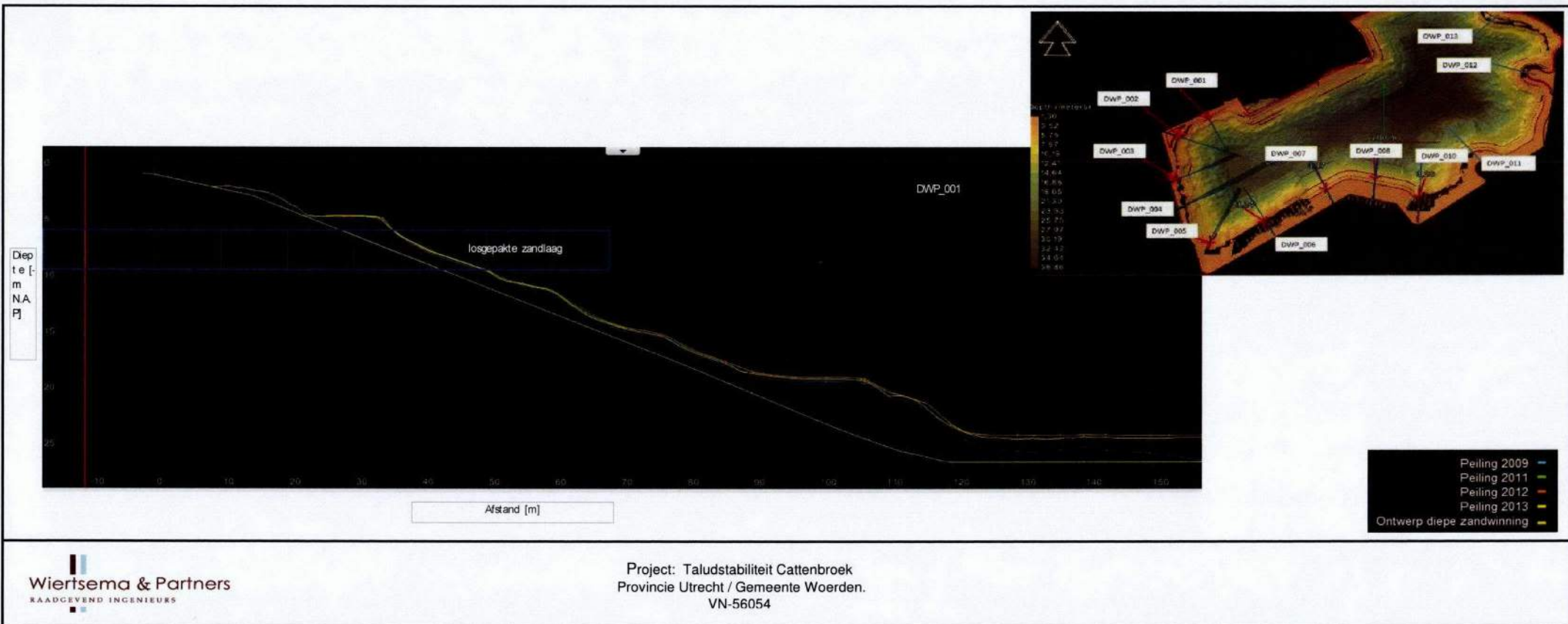




# Bijlage 7

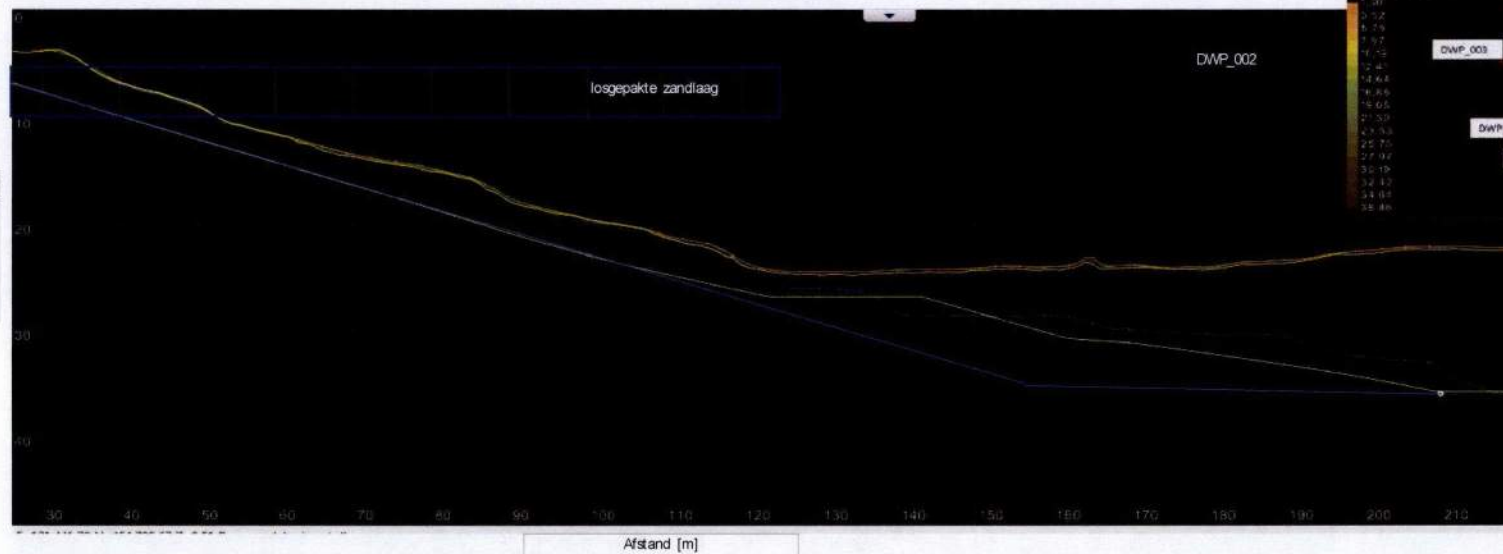


  
**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS





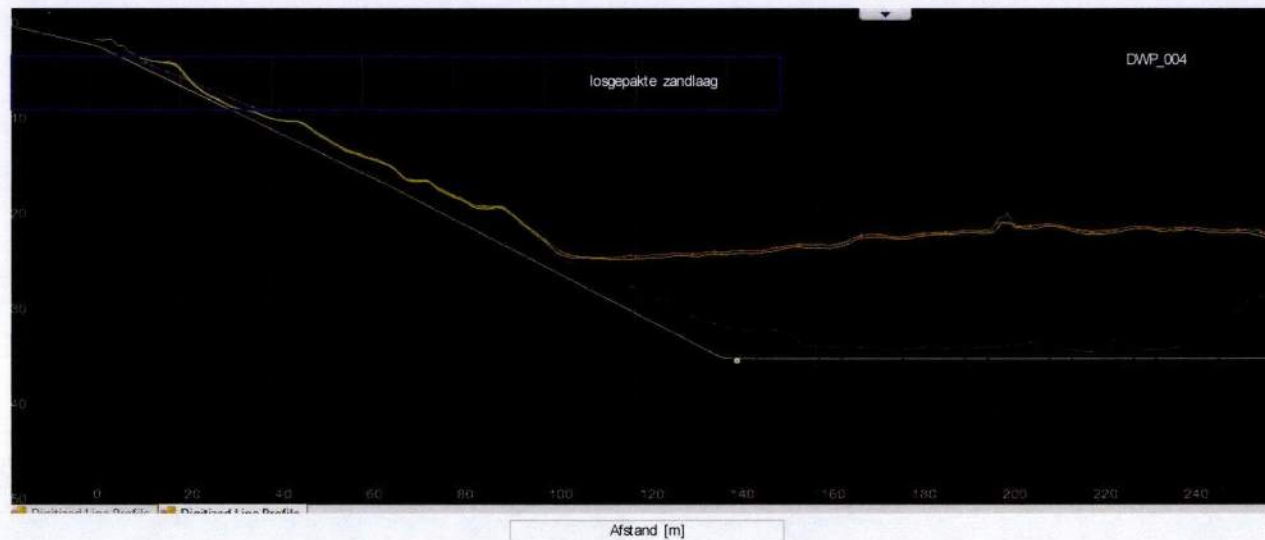
Diepte [m]  
N.A.  
P



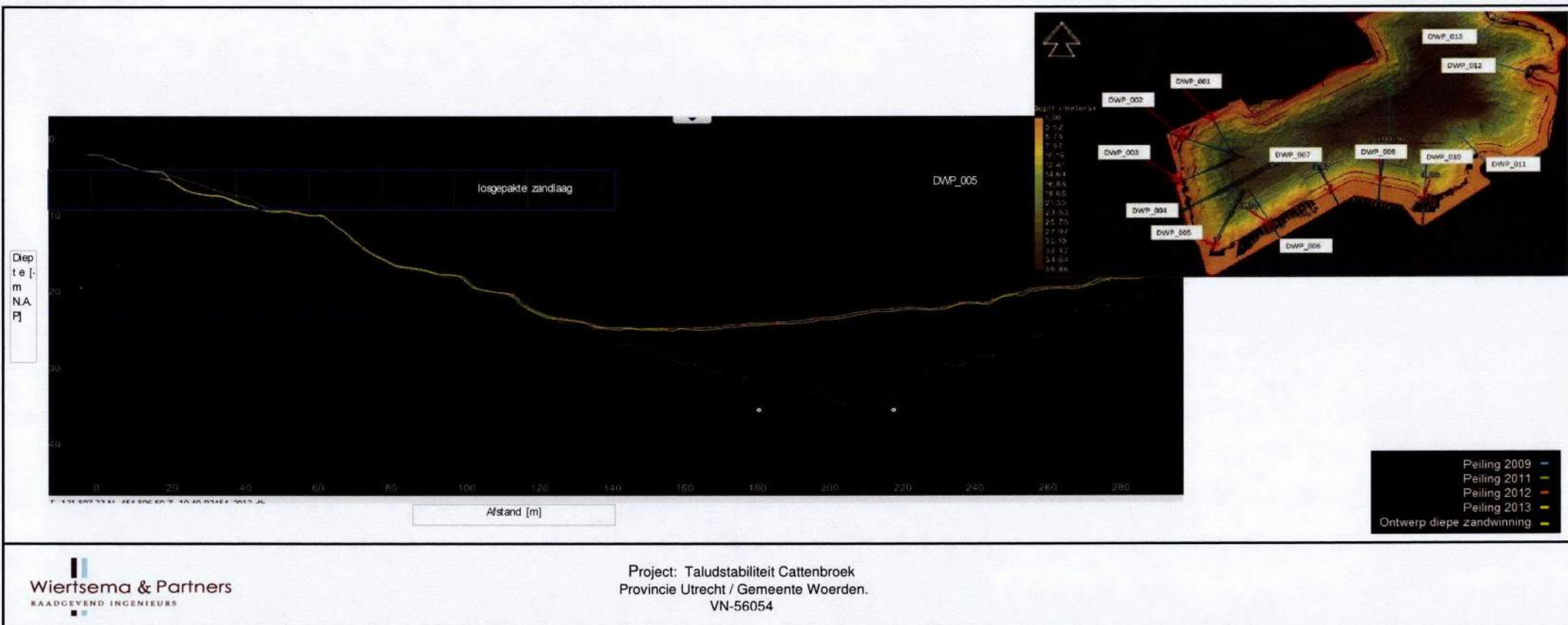




Diepte [m N.A.P.]

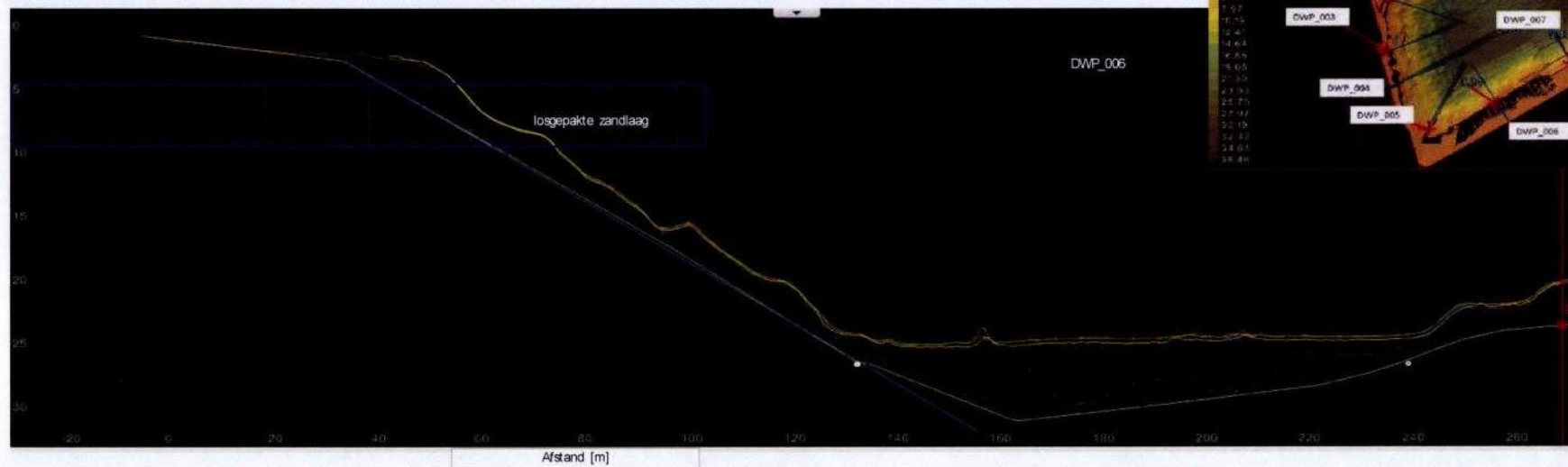


Peiling 2009 —  
 Peiling 2011 —  
 Peiling 2012 —  
 Peiling 2013 —  
 Ontwerp diepe zandwinning —

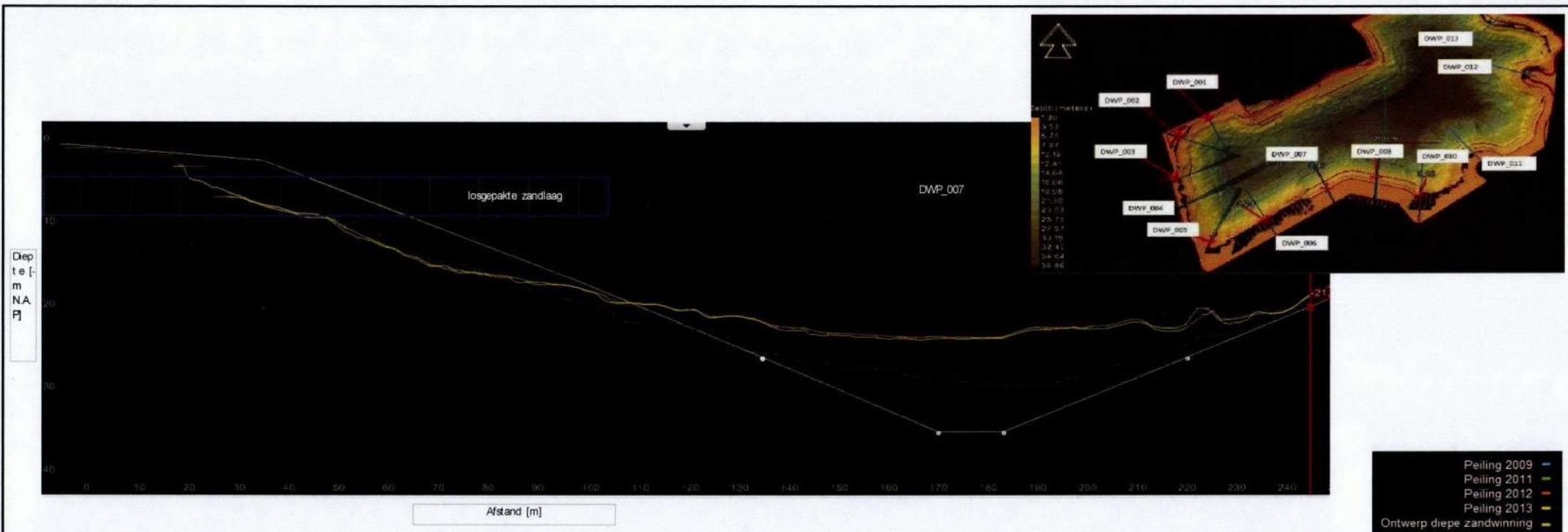




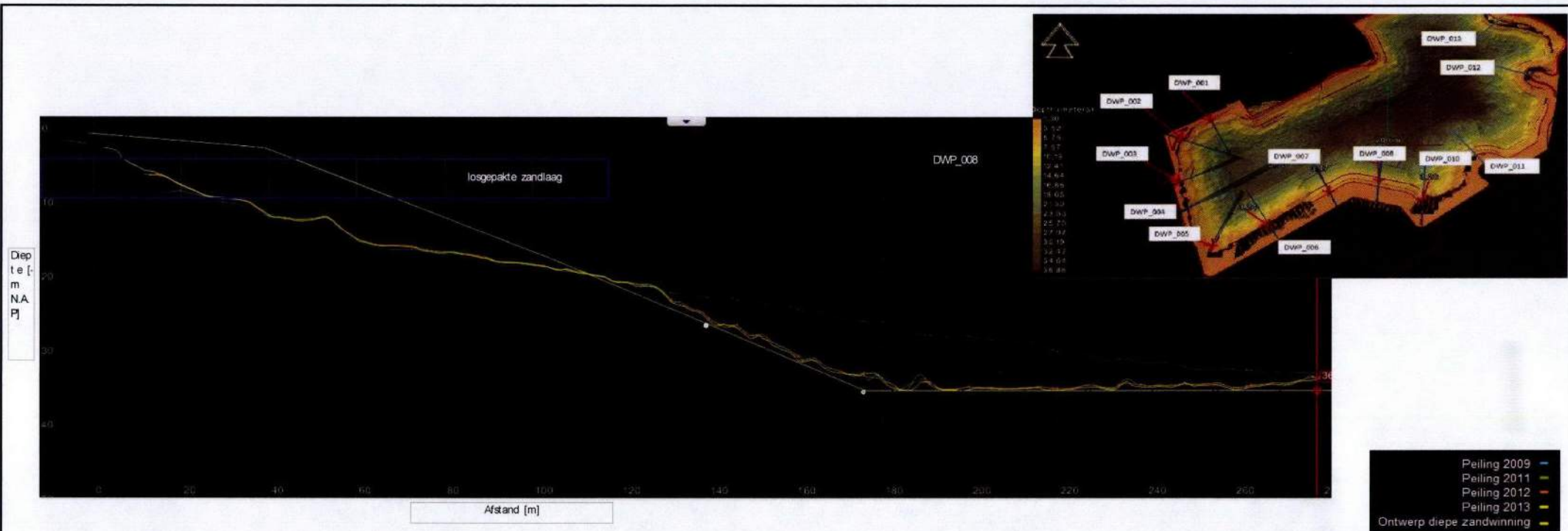
Diepte [m N.A.]

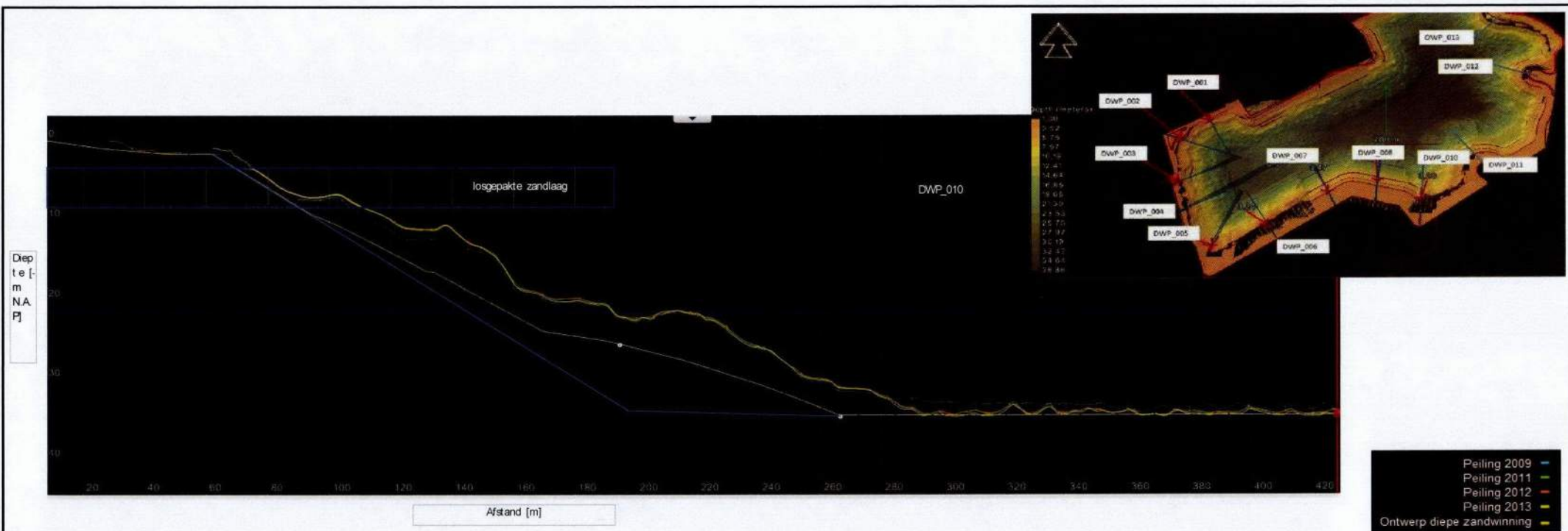


Peiling 2009 —  
 Peiling 2011 —  
 Peiling 2012 —  
 Peiling 2013 —  
 Ontwerp diepe zandwinning —

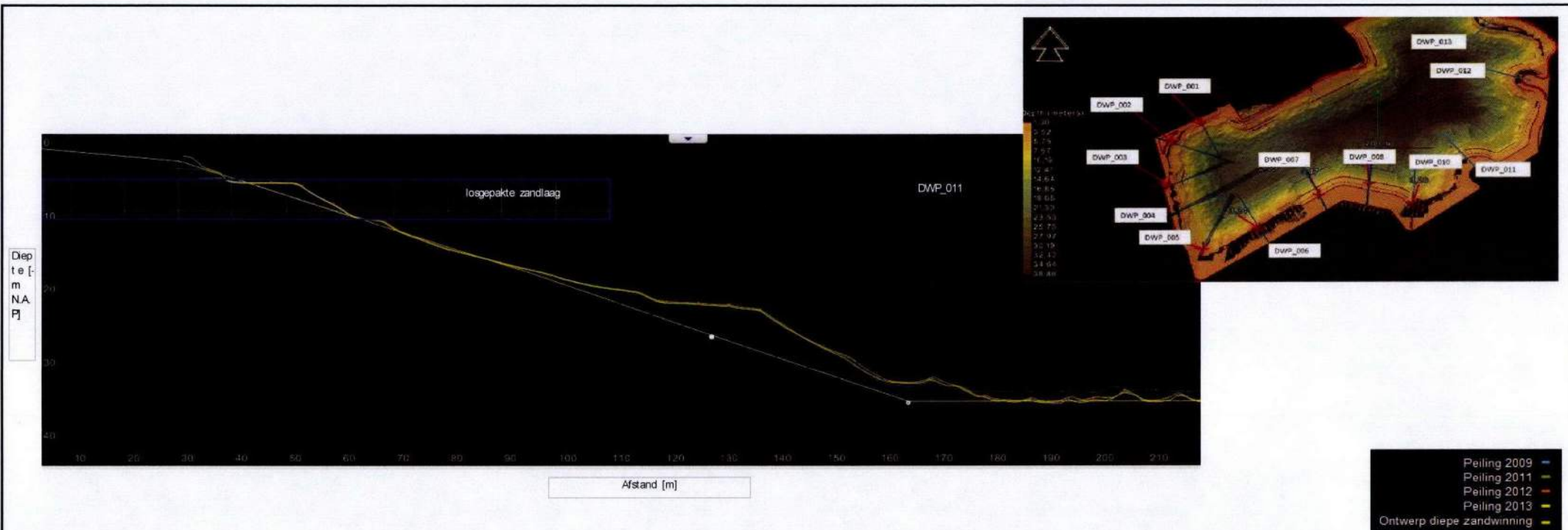


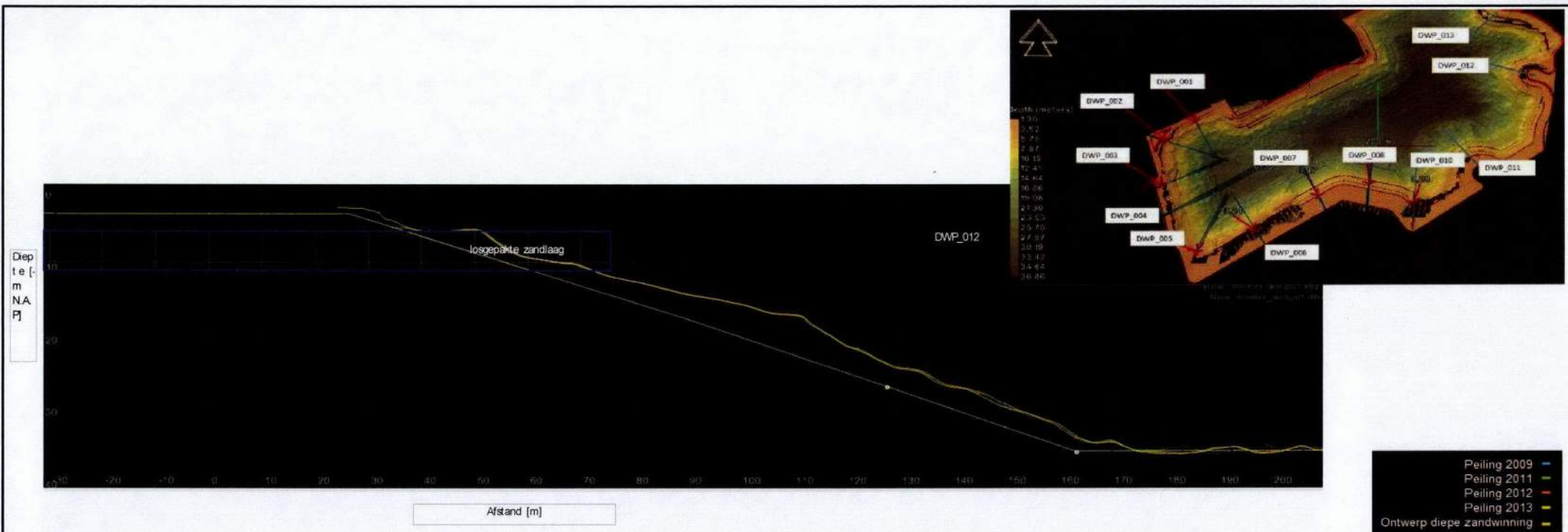




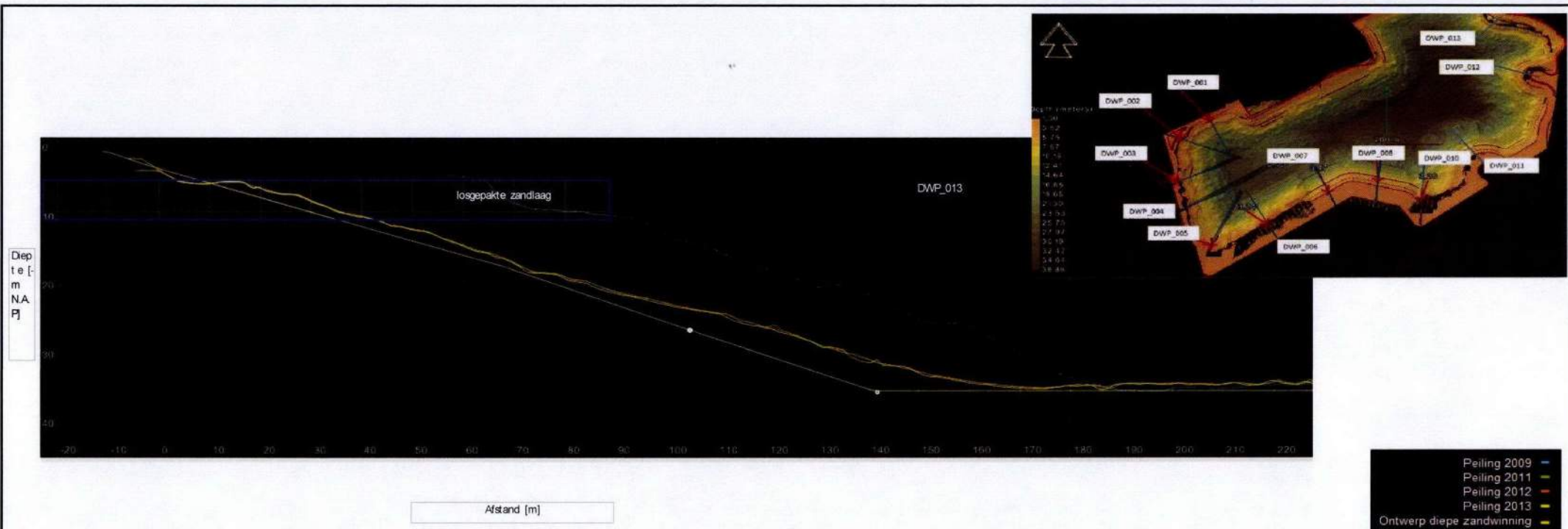












# Bijlage 8



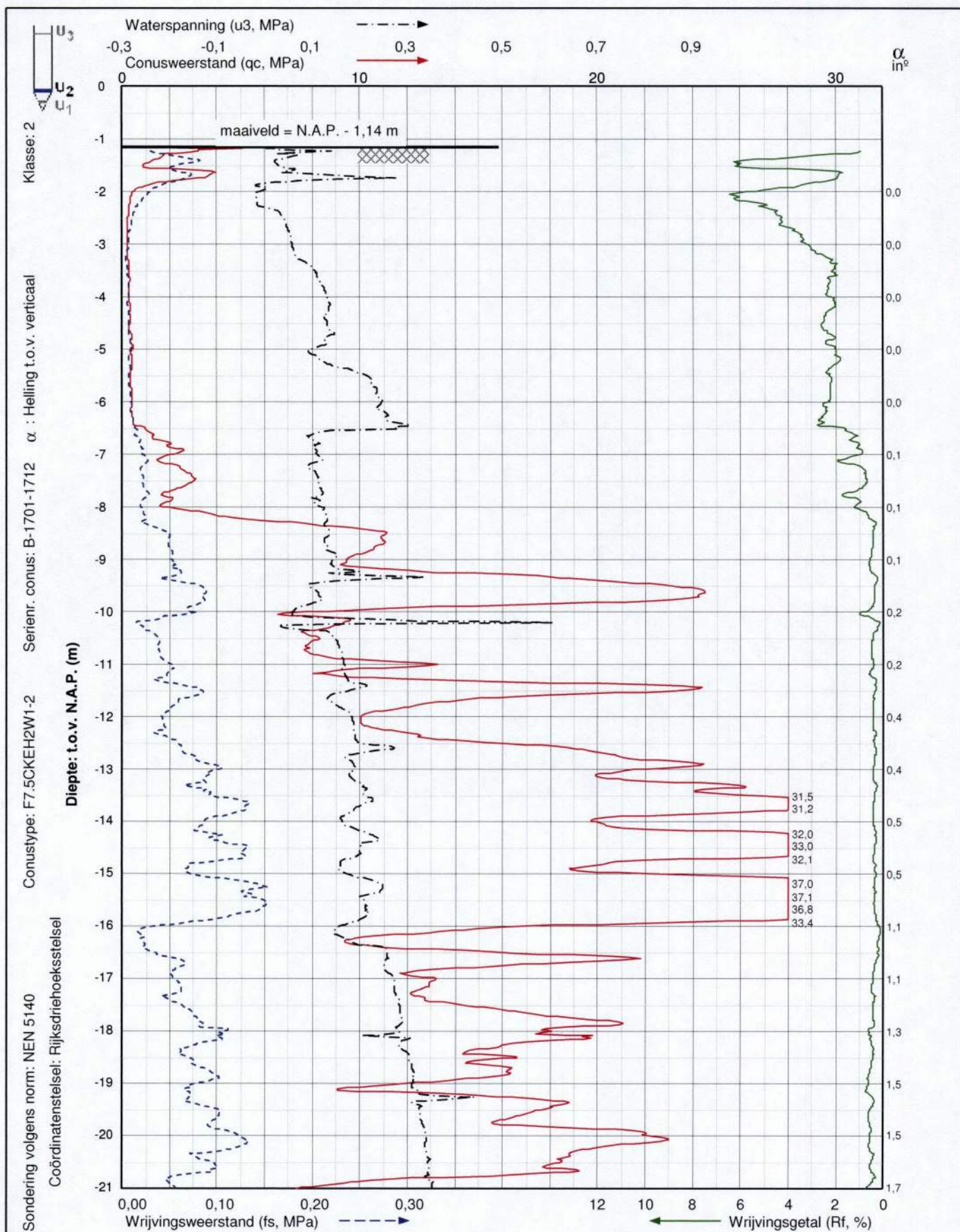
  
**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS





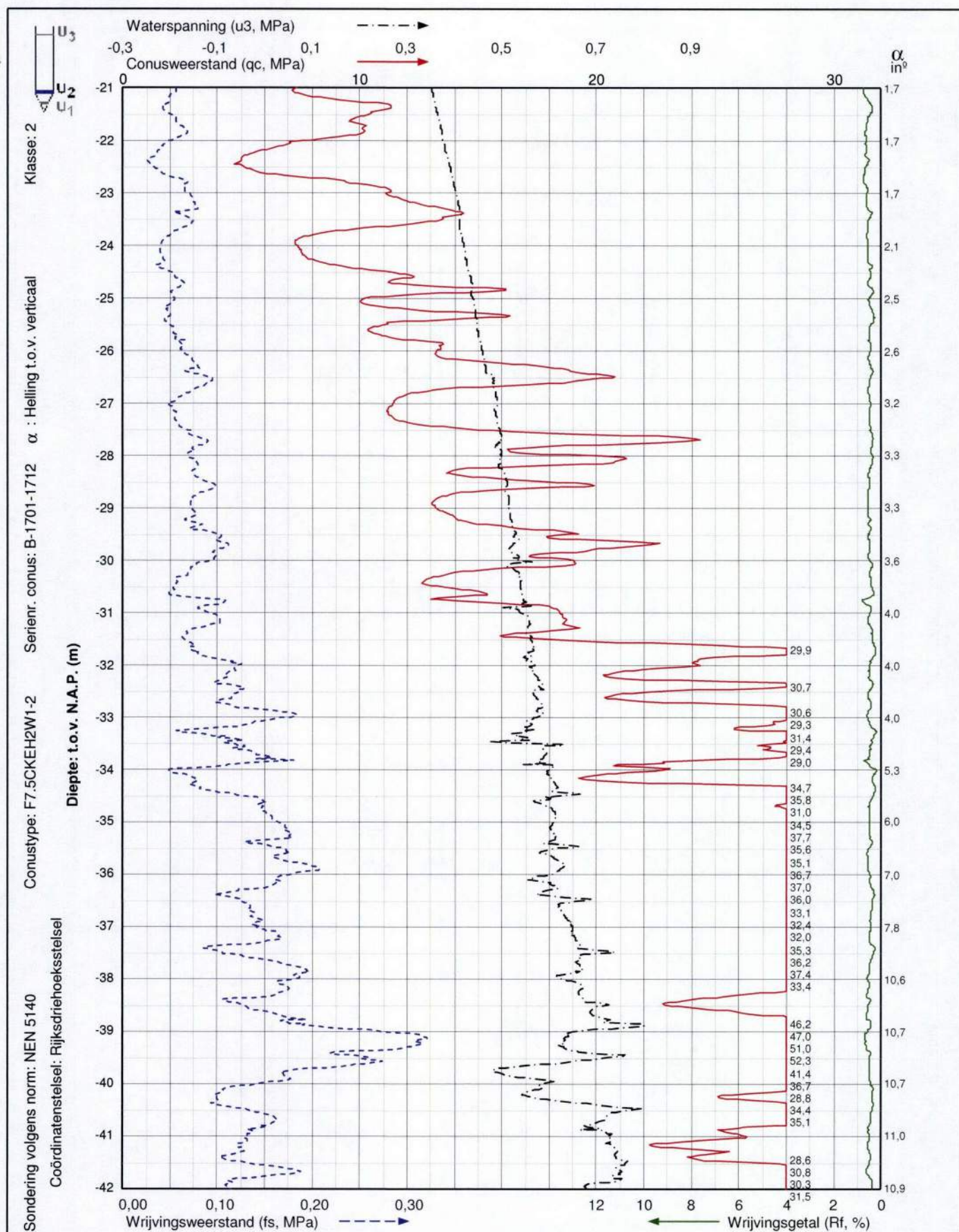
Locatie veldonderzoek uit Dinoloket





|          |               |                            |  |
|----------|---------------|----------------------------|--|
| Project: |               | Sonering: <b>S31G00650</b> |  |
|          | X =           | 123.400                    |  |
|          | Y =           | 455.576                    |  |
|          | Blad: 1 van 2 | Datum: 14-12-2010          |  |
|          |               | Opdrachtnr.: DINO-CPT      |  |





Project:

Sonering: **S31G00650**

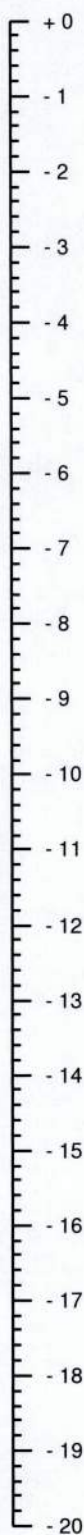
X = 123.400

Y = 455.576

Blad: 2 van 2

Opdrachtnr.: DINO-CPT

Datum: 14-12-2010



meters t.o.v. N.A.P.

m.v. = N.A.P. - 1,20 m

- 1,55

- 5,90  
- 6,20



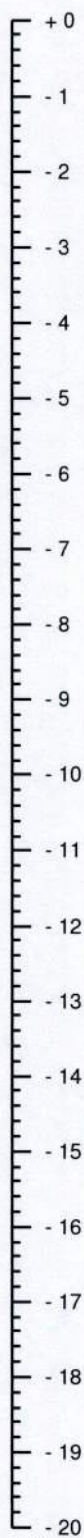
(0,00-0,35) Klei, matig siltig, bruin

(0,35-4,70) Veen, zandig, hoofdkleur onbekend

(4,70-5,00) Zand, hoofdkleur onbekend, Dekzand

|  |  |                 |  |
|--|--|-----------------|--|
|  |  |                 |  |
|  |  |                 |  |
|  |  | x = 123.532     |  |
|  |  | x = 455.568     |  |
|  |  | Datum:          |  |
|  |  | onbekend        |  |
|  |  | Blad 1 van 1    |  |
|  |  | Boornummer:     |  |
|  |  | <b>B31G1023</b> |  |



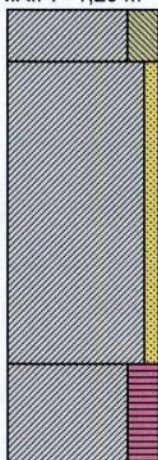


m.v. = N.A.P. - 1,20 m

- 1,90

- 5,90

- 7,20



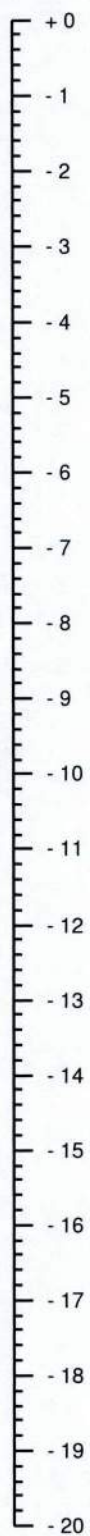
(0,00-0,70) Klei, sterk siltig, bruin

(0,70-4,70) Klei, zwak zandig, grijs, fijne categorie

(4,70-6,00) Klei, sterk humeus, bruینگrijs

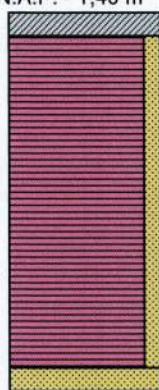
meters t.o.v. N.A.P.

|  |              |                 |  |
|--|--------------|-----------------|--|
|  |              |                 |  |
|  | x = 123.463  |                 |  |
|  | x = 455.497  |                 |  |
|  | Datum:       |                 |  |
|  | onbekend     | Boornummer:     |  |
|  | Blad 1 van 1 | <b>B31G1024</b> |  |



m.v. = N.A.P. - 1,40 m  
- 1,70

- 6,10  
- 6,40



(0,00-0,30) Klei, bruin

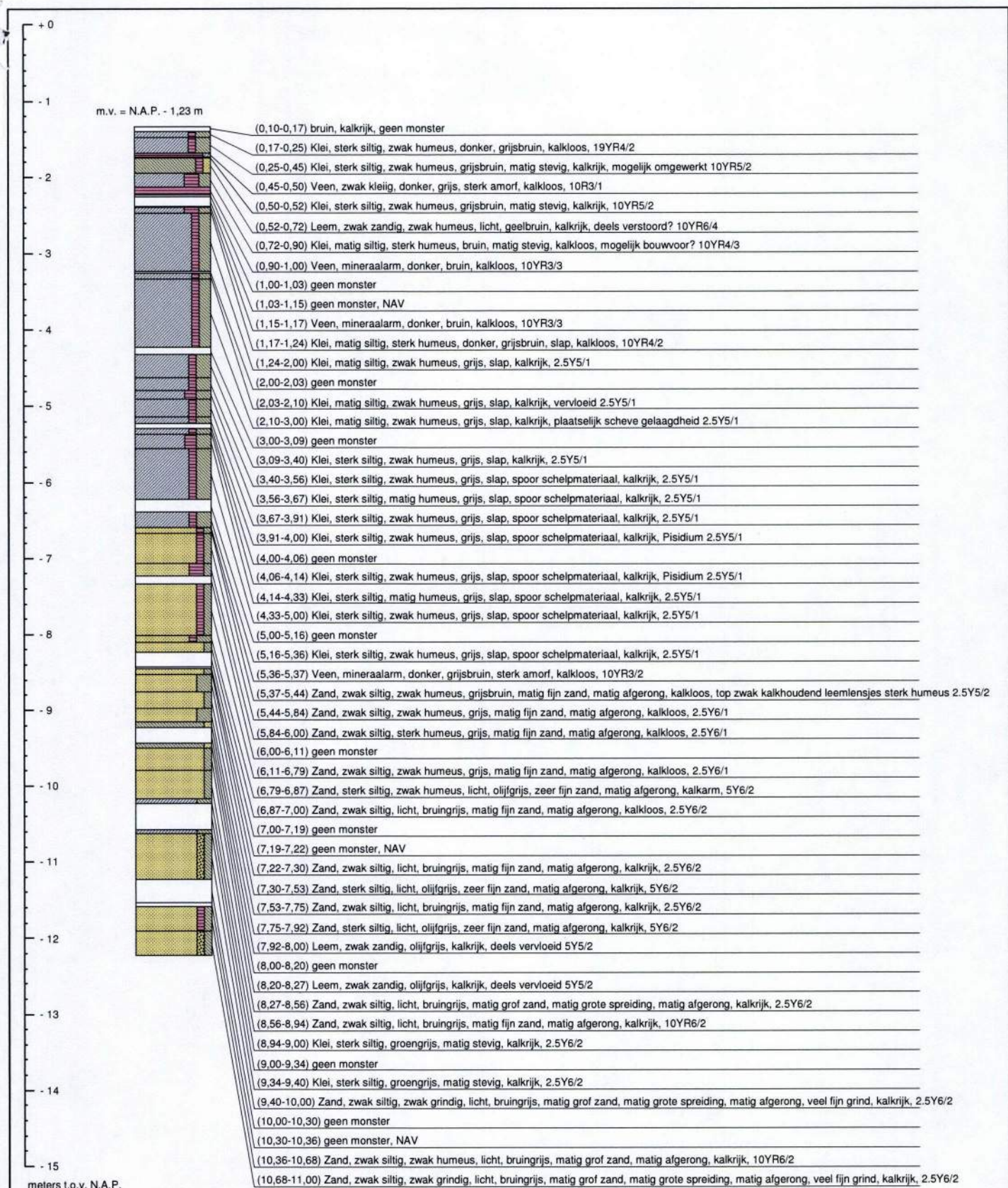
(0,30-4,70) Veen, zandig, hoofdkleur onbekend

(4,70-5,00) Zand, hoofdkleur onbekend, Dekzand

meters t.o.v. N.A.P.

|  |              |                 |  |
|--|--------------|-----------------|--|
|  |              |                 |  |
|  | x = 123.403  |                 |  |
|  | x = 455.456  |                 |  |
|  | Datum:       |                 |  |
|  | onbekend     |                 |  |
|  | Blad 1 van 1 | Boornummer:     |  |
|  |              | <b>B31G1025</b> |  |





|     |              |                    |         |  |
|-----|--------------|--------------------|---------|--|
|     |              |                    | Woerden |  |
| TNO | x = 123.399  | steekboring        |         |  |
|     | x = 455.579  | Boormeester: JB/EV |         |  |
|     | Datum:       |                    |         |  |
|     | 9 - 2 - 2011 | Boornummer:        |         |  |
|     | Blad 1 van 1 | B31G2055           |         |  |