

Rapport:

FUNDERINGSADVIES

Nieuwbouw Tiny House, Florijnlaan  
te **Waddinxveen**

Opdrachtgever:

ABQ International B.V.  
Rottebandreef 34  
2661 JK Bergschenhoek

Projectnummer:

2400314-XF

Versie: 1

Rapportdatum:

9 februari 2024

Norm / richtlijn:

NEN 9997-1+C2:2017 nl

Auteur:

[Redacted]

9-2-2024

X

Ondertekend door: [Redacted]

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Projectbeschrijving</b>	<b>1</b>
1.1	Inleiding	1
1.2	Locatiegegevens	1
1.3	Plangegevens	1
1.3.1	Bouwplan	1
<b>2</b>	<b>Onderzoeksprogramma</b>	<b>2</b>
2.1	Veldonderzoek	2
2.2	Archief-/dossieronderzoek	2
2.3	Overleg / inventarisatie	2
<b>3</b>	<b>Bodem, water en omgeving</b>	<b>3</b>
3.1	Hoogte maaiveld	3
3.2	Bodem	3
3.2.1	Laagopbouw van de grond en de variaties daarvan op de planlocatie	3
3.2.2	Geologie van de planlocatie en omgeving	3
3.3	Water	4
3.3.1	Oppervlaktewater	4
3.3.2	Grondwater	4
<b>4</b>	<b>Funderingsadvies</b>	<b>5</b>
4.1	Funderingsontwerp	5
4.1.1	Funderingskeuze	5
4.1.2	Paalkeuze	6
4.1.3	Beschrijving paaltype: Houten paal	6
4.2	Bekrachtiging funderingskeuze / toetsing grenstoestanden	7
<b>5</b>	<b>Berekening fundering op palen</b>	<b>8</b>
5.1	Uitgangspunten berekening	8
5.1.1	Rekenmethode	8
5.1.2	Geometrische gegevens	8
5.1.3	Geotechnische gegevens	8
5.1.4	Opgegeven belastingen en vervormingseisen	8
5.2	Rekenresultaten	9
5.2.1	Paaldiameter en paalpuntniveau	9
5.2.2	Maximumdraagkracht van de grond op druk	9
5.2.3	Indicatie zakking van de bovenkant van de paalfundering	10
<b>6</b>	<b>Richtlijnen voor ontwerp, berekening en uitvoering</b>	<b>11</b>
6.1	Algemeen	11
6.2	Richtlijnen uitvoering houten palen	11
6.3	Vloer	11
6.4	Richtlijnen nieuwbouw/uitbreiding/belending	11
6.5	Slotopmerking(en)	12

### Bijlagen

Bijlage 1: Berekeningsresultaten fundering op palen

Bijlage 2: Algemene richtlijnen uitvoering en ontwerp

## 1 Projectbeschrijving

### 1.1 Inleiding

Door derden (PNL B.V.) is een grondonderzoek uitgevoerd voor het project "Nieuwbouw Tiny House, Florijnlaan te Waddinxveen". In onderhavig rapport wordt een funderingsadvies uitgewerkt voor dit project.

### 1.2 Locatiegegevens

De locatienmerken zijn samengevat in de navolgende tabel.

Locatie-eigenschap	Omschrijving / kenmerk (ten tijde van het onderzoek, tenzij anders vermeld)
Straat:	Florijnlaan
Plaats (gemeente):	Waddinxveen (Waddinxveen)
Provincie:	Zuid-Holland
RD-coördinaten [km]:	X: 103,535 / Y: 450,879
Bebouwing op de bouwplaats:	Onbebouwd
Belendingen:	Aanwezig op enige afstand

### 1.3 Plangegevens

#### 1.3.1 Bouwplan

De plankenmerken zijn samengevat in de navolgende tabel.

Eigenschap	Omschrijving	Kenmerken, bijzonderheden, dimensies, opmerkingen
Type bouwplan:	Nieuwbouw	
Type bebouwing:	Woonhuis	
Materiaal (dominant):	Hout-skelet	
Bouwlagen:	2	
Kelder:	Geen kelder	
Positionering:	Vrijstaand	Zie situatieschets rapportage grondonderzoek

## 2 Onderzoeksprogramma

### 2.1 Veldonderzoek

Voor het opstellen van onderhavig rapport is gebruik gemaakt van de onderzoeksresultaten uit de navolgende stukken<sup>1</sup>.

Rapportnummer, -versie en -datum	Titel	Uitvoerende partij	Uitgevoerd onderzoek
537 versie 1 3-7-2023	Sondeerrapport Florijnlaan te Waddinxveen	PNL B.V.	6 x sondering, hoogtemeting tov NAP

### 2.2 Archief-/dossieronderzoek

Teneinde meer inzicht te krijgen in de geologische bodemopbouw van de bouwplaats en de omgeving zijn de (hydro-)geologische gegevens geraadpleegd van Dinoloket (TNO). Het betreft met name de gegevens van het Landelijk model Regis II v2.2 en/of GeoTOP 1.4.

### 2.3 Overleg / inventarisatie

Teneinde te komen tot een optimale funderingskeuze zijn oriënterende funderingsberekeningen uitgevoerd en aan de hand daarvan is telefonisch / per mail overleg gepleegd met de constructeur / opdrachtgever.

<sup>1</sup> Voor de onderzoeksresultaten wordt verwezen naar de betreffende rapportage(s) en/of documenten. De juistheid, conformiteit en volledigheid van de informatie is door de auteur(s) van onderhavig advies niet geverifieerd.

### 3 Bodem, water en omgeving

#### 3.1 Hoogte maaiveld

De maaiveldhoogte ter plaatse van de onderzoekspunten varieert van 5,14 m - tot 5,35 m - NAP.

#### 3.2 Bodem

##### 3.2.1 Laagopbouw van de grond en de variaties daarvan op de planlocatie

De lokale bodemopbouw kan tot de maximaal verkende diepte als volgt worden gekarakteriseerd.

Diepte tot [m - NAP]	Dominante lithologie / samenstelling	Kenmerken / bijzonderheden
ca. 5 à 6	Zand	Opgebracht / Toplaag
ca. 12 à 13,5	Klei en/of veen, slap	
ca. 25	Zand, matig vast tot (zeer) vast	Plaatselijke teruggangen in conusweerstand door silt / zand met een hogere silt-/kleifraction en/of een lossere pakking

##### 3.2.2 Geologie van de planlocatie en omgeving

De op basis van de geraadpleegde bronnen verwachte ondiepe geologie op de locatie is weergegeven in de navolgende tabel. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het de geologische bodemopbouw betreft die door TNO is geïnterpoleerd op basis van onderzoek in de omgeving. De werkelijke laagopbouw en bodemsamenstelling kunnen hiervan afwijken.

Diepte tot* [m - NAP]	Formatienaam*	Kenmerken	Dominante lithologie
ca. 13	Holocene afzettingen	jonge fluviatiele, mariene, lagunaire en strandafzettingen	klei, veen, zand
ca. 16	Boxtel	Holocene en Pleistocene heterogene afzettingen met een eolisch, periglaciaal, lacustrien en fluviatiel karakter. Afzetting vond plaats in stuifvlaktes, dekzanden, beken, geulen, oevers en kleinschalige moerassen.	Zand met een wisselende korrelgrootte, vaak siltig. Zandige leem. Dunne klei-, gyttja-, en veenlagen.
ca. 29	Kreftenheye	Fluviatiele afzettingen van de Rijn en de Eridanos uit het Holocene en Laat-Pleistoceen. Afzetting vond onder andere plaats in geulen en rivierlaktes.	Zand en grind, met sporadisch fijne lagen siltige klei of kleilig veen.
ca. 37	Urk	Pleistocene fluviatiele afzettingen van de Rijn, lokaal overgaand in estuariene getijde-afzettingen. Lokaal ook een ondiep marien karakter.	Zand, lokaal sterk grindig. Lokaal zandige en siltige kleilagen. Grind met rode zandsteen en witte kwarts.
ca. 48	Sterksel	Fluviatiele afzettingen van het Rijn-Maas systeem uit het Pleistoceen. Afzetting vond ook plaats in geulen en crevasses.	Grof zand en grind. Lokaal siltige en zandige klei.

\* Bron: Regis v.2.2 en/of GeoTOP 1.4, TNO; de werkelijke dieptes en samenstelling kunnen hiervan afwijken

### 3.3 Water

#### 3.3.1 Oppervlaktewater

Het niveau van het nabijgelegen open water (sloot) is ingemeten op 6,05 m - NAP.

#### 3.3.2 Grondwater

De tijdens het onderzoek geregistreerde grondwaterniveaus zijn weergegeven in de navolgende tabel.

Meetpunt [nr.]	Meetdiepte	Meetmoment [datum]	[relatief]	Waterspiegel <sup>1)</sup>	
				[m - mv]	[m - NAP]
Sondering 01	Freatisch	3-7-2023	Na sonderen	1,61	6,83
Sondering 05	Freatisch	3-7-2023	Na sonderen	1,54	6,85

- <sup>1)</sup> Gemeten waterstanden zijn momentopnamen en dienen met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd, omdat:
- o waterniveaus gemeten direct na de plaatsing van een sondering, boring of peilbuis, significant kunnen afwijken van de heersende grondwaterstand of stijghoogte. Het kan namelijk enige tijd duren voordat een representatieve waterspiegel is ingesteld (enkele seconden in grof zand tot soms enkele uren in slecht doorlatende klei).
  - o de grondwaterstand onder invloed van seizoens-afhankelijke factoren met de tijd zal fluctueren. Deze fluctuatie varieert per regio/gebied; in polders meestal ca. 0,5 m, nabij grote rivieren soms 4 à 5 m en elders vaak 1,5 à 2 m. Een representatief beeld hiervan kan slechts worden gekregen door monitoring van de grondwaterstand gedurende langere tijd en/of door tijdreeksanalyse van gedurende langere tijd gemonitorde peilbuizen uit de omgeving.

## 4 Funderingsadvies

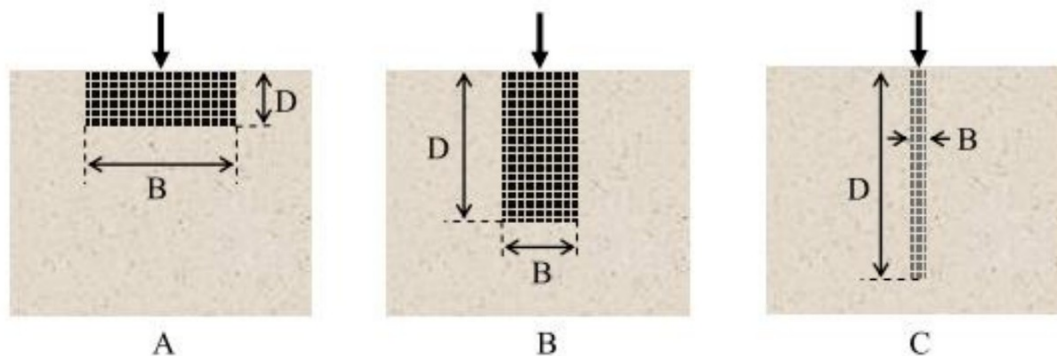
### 4.1 Funderingsontwerp

#### 4.1.1 Funderingskeuze

Er zijn 3 hoofdtypen funderingen, te weten:

- Fundering op staal; een ondiepe fundering op de vaste grond. Een fundering op staal is vaak goedkoper dan een fundering op palen, wanneer op een geringe diepte goede, draagkrachtige bodemlagen aanwezig zijn. Bij een samendrukbare bodem is het vaak niet goed mogelijk om een fundering op staal te realiseren, omdat de zettingen dan te groot worden.
- Diepfundering; een tussenvorm van palen en staal met elementen met een diepte tussen circa 3 en  $5 \times$  de breedte. Een diepfundering kan interessant zijn wanneer op een diepte van 2 tot 4 m een draagkrachtige bodemlaag aanwezig is en voor een normale fundering op staal te veel grondwerk zou zijn vereist.
- Fundering op palen; een fundering bestaande uit elementen met een diepte  $> 5 \times$  de breedte/diameter. Een fundering op palen wordt doorgaans toegepast in gebieden met een slappe of heterogene bodem, of bij de uitbreiding van bestaande bebouwing (om zettingsverschillen te voorkomen) en/of bij zeer hoge funderingsbelastingen.

Een schematisch overzicht van de hoofdtypen is weergegeven in Figuur 4.1.



Figuur 4.1 Soorten funderingen: (a) fundering op staal (stroken, poeren, plaatfundering), (b) diepfundering en (c) paalfundering

Ons oordeel over de (geotechnische) geschiktheid van de onderzochte bodem voor de 3 hoofdtypen funderingen is samengevat in de navolgende tabel.

Aspect	Score* Fundering op staal	Diepfundering	Fundering op palen
Inspanning nodig om draagkrachtige laag te bereiken	-	0	0
Inspanning nodig om trekkracht te kunnen opnemen	0	0	0
Risico op ontoelaatbare verticale verplaatsing (zetting)	-	0	+
Risico op ontoelaatbare verschilzetting / rotatie	-	0	+
Risico's tav erosie-, oplos-, krimp- of zwelgevoelige lagen	0	0	0
Uitvoeringsrisico's archeologie of verontreinigingen	0	0	0
Kosten (niet onderbouwde inschatting)	-	0	-
geo-score (= som plussen en minnen)	-4	0	+1

\* toelichting score:

- + naar verhouding klein
- 0 neutraal / niet bekend / niet relevant
- naar verhouding groot

Rekening houdend met voorgaande is onzes inziens, vanuit geotechnisch oogpunt, een fundering op palen de preferente funderingskeuze.

In overleg met de constructeur/opdrachtgever wordt een fundering op palen nader uitgewerkt.

### Opmerking

Het vrijblijvende keuzeadvies is gebaseerd op de voorhanden zijnde en verstrekte gegevens. Aanvullende milieukundige, archeologische, economische of bijvoorbeeld uitvoeringstechnische randvoorwaarden kunnen aanleiding geven tot een wijziging van het keuzeadvies.

#### 4.1.2 Paalkeuze

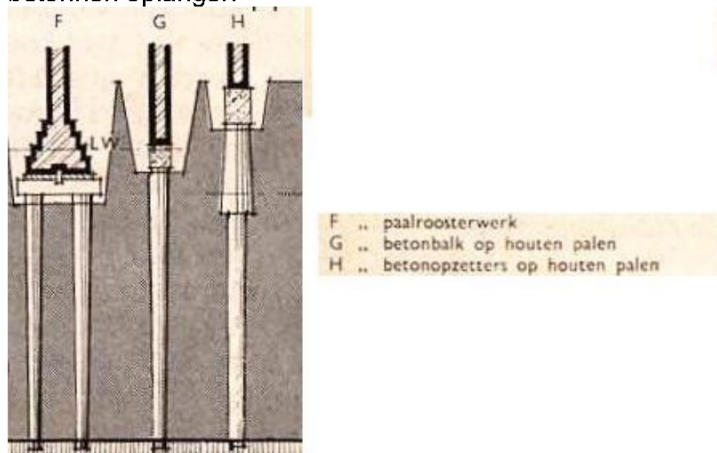
In dit rapport wordt in overleg met de constructeur/opdrachtgever een fundering op houten palen nader uitgewerkt.

Ten aanzien van de paalkeuze dient het volgende te worden opgemerkt:

- Bij de toepassing van geheide palen zullen heitrillingen in de bodem worden opgewekt, waarbij het risico bestaat voor schade aan bebouwing en constructies in de omgeving. Indien er twijfel bestaat over de toelaatbaarheid van de trillingen wordt geadviseerd een nadere risicoafweging te maken en zo nodig een rekenkundige trillings-predictie te laten opstellen.
- Bij heiwerkzaamheden ontstaat bouwlawaai. De toelaatbaarheid hiervan is cf. Bouwbesluit 2012 beperkt en is onder meer afhankelijk van het niveau en karakter van de geluidsbron, de afstand tot eventuele belendingen en het aantal dagen dat wordt geheid. Geadviseerd wordt na te gaan (op basis van richtwaarden, ervaring van de uitvoerende partij of bijvoorbeeld middels akoestisch onderzoek) of de heiwerkzaamheden binnen de geluidsvoorschriften uit het Bouwbesluit kunnen worden uitgevoerd, al dan niet met ontheffing.
- De paalsysteemkeuze is gebaseerd op de voorhanden zijnde en verstrekte gegevens. Aanvullende milieukundige, archeologische, geohydrologische, gemeentelijke of overige randvoorwaarden kunnen aanleiding geven tot een wijziging van het paaltype.
- Er wordt op gewezen dat op het terrein mogelijk palen aanwezig zijn van gesloopte gebouwen. Wij adviseren deze palen niet te verwijderen indien dat niet nodig is om grondontspanning te voorkomen. Deze palen kunnen uiteraard ook niet zonder meer onderdeel vormen van de nieuwe fundering.
- De keuze voor alternatieve paalsystemen is niet uitgesloten.

#### 4.1.3 Beschrijving paaltype: Houten paal

Een houten paal is een funderingspaal van hout. De palen worden drukkend, trillend of heidend grondverdringend op diepte gebracht. De afmeting van de palen wordt door de puntdiameter gedefinieerd; er wordt uitgegaan van een paalschacht welke met gemiddeld 7,5 mm/m toeneemt. De paal-kop dient tot tenminste 0,5 meter onder het laagste polderpeil c.q. de laagste grondwaterstand te worden weg-geheid. Zo nodig dienen de palen te worden voorzien van een betonnen oplanger.





## 4.2 Bekrachtiging funderingskeuze / toetsing grenstoestanden

Om de keuze van funderingstype en –elementen te kunnen bekrachtigen, dient:

- te worden nagegaan of er sprake is van conflicterende uitvoeringsaspecten (zie onder meer hoofdstuk 6).
- cf. NEN 9997-1 een toetsing plaats te vinden van de weerstand en de vervorming bij constructieve en geotechnische grenstoestanden in blijvende en tijdelijke situaties:
  - Bij de beschouwing van een grenstoestand door bezwijken of uitzonderlijke vervorming van een constructief element of van de ondergrond (STR en GEO) moet zijn getoetst dat:  $E_d \leq R_d$ .
  - Bij de toetsing van bruikbaarheidsgrenstoestanden in de ondergrond of in een constructief onderdeel, element of constructieve verbinding is vereist dat:  $E_d \leq C_d$ .
  - Onderzocht moet worden of in de geotechnische constructie dusdanige vervormingen optreden dat een uiterste grenstoestand of bruikbaarheidsgrenstoestand in de bouwconstructie, die direct of indirect wordt beïnvloed door de geotechnische constructie, wordt overschreden ( $S_d \leq s_{req}$ ).

De rekenresultaten zijn weergegeven in hoofdstuk 5. Door de opdrachtgever en/of ontwerper van de constructie dient, aan de hand van deze rekenresultaten, te worden vastgesteld:

- met welke paalpuntniveau(s), paaltype, en paalafmeting(en) de benodigde draagkracht kan worden behaald.
- of de zettingsverwachting acceptabel is<sup>2</sup>.

### Opmerking

Zoals vermeld in NEN 9997-1 artikel 2.4.9 wordt voor woonfuncties en –gebouwen, en tenzij nader gedefinieerd ook voor overige gebouwen en bouwwerken, voor de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) in het algemeen aangehouden dat de scheefstand  $\omega$  en/of de relatieve rotatie  $\beta_x$  niet de waarde 1:300 mag overschrijden. Als eis voor de uiterste grenstoestand (UGT) type B wordt vaak een relatieve rotatie  $\beta$  van 1:100 aangehouden. In de regel zal derhalve de bruikbaarheidsgrenstoestand bepalend zijn.

<sup>2</sup> Conform NEN 9997-1 kan de toetsing aan de grenswaarden voor verplaatsing feitelijk niet door de geotechnische ontwerper worden gedaan, omdat de eisen met betrekking tot de zakking (voor zowel de uiterste grenstoestand als voor de bruikbaarheidsgrenstoestand) afhankelijk zijn van de specifieke kenmerken van de constructie.

## 5 Berekening fundering op palen

### 5.1 Uitgangspunten berekening

#### 5.1.1 Rekenmethode

- In dit rapport worden de draagkracht en de vervormingen bepaald van axiaal op druk belaste funderingselementen.
- De draagkracht en de vervorming van de grond is berekend volgens conform NEN 9997-1, uitgaande van ontwerpbenadering 3.
- In de berekeningen is gebruik gemaakt van de partiële weerstandsfactoren volgens de verzameling R3, bedoeld voor toetsing van de draagkracht en de vervorming in de uiterste grenstoestanden bij bezwijken of buitensporig vervormen van de constructie (STR) en de ondergrond (GEO), uitgaande van de berekening van de draagkracht op basis van sonderingen. Conform NEN 9997-1 A 3.3.2 is, voor zover van toepassing, aangehouden:
  - de partiële weerstandsfactor  $\gamma_b$ ,  $\gamma_s$  en  $\gamma_t$  voor op druk belaste palen = 1,2;
  - de partiële weerstandsfactor  $\gamma_{s,t}$  voor op trek belaste palen = 1,35.
- De correlatiefactoren  $\xi_3$  en  $\xi_4$ , voor berekening van de draagkracht op basis van grondproeven, zijn conform NEN 9997-1 A 3.3.3 vastgesteld op 1,39, uitgaande van een niet stijf bouwwerk en presentatie van de draagkracht per afzonderlijke sondering.
- Het project is ingedeeld in de geotechnische categorie 2 (GC2).

#### 5.1.2 Geometrische gegevens

- Op basis van de aanvullende informatie van de constructeur/opdrachtgever zijn de navolgende peilen aangenomen:
  - Bouwpeil 4,8 m - NAP
  - Maaiveld 4,9 m - NAP
  - Paalkopniveau 5,6 m - NAP
- Voor de berekeningen is uitgegaan van een minimale grondwaterstand van 7,8 m - NAP.

#### 5.1.3 Geotechnische gegevens

- De bodemparameters zijn, voor zover niet rechtstreeks afkomstig van de sondeerdata, afgeleid van NEN 9997-1 tabel 2.b. De paalkarakteristieken die zijn gehanteerd, zijn in beginsel afkomstig van het SBR Handboek Funderingen en tabel 7.c. uit de NEN 9997-1+C2:2017 nl. Navolgend zijn de gehanteerde waarden en eventuele bijzonderheden samengevat:

Paaltype:	$\alpha_p$	$\alpha_s^*$	$\alpha_t^*$	$\beta$	L-Z diagr.	Bijzonderheden
Houten paal taps	0,70	0,012	-	1,0	1	-

\* voor zand en zand/grind-houdende grond. Voor klei-, leem- of veenlagen wordt, cf. NEN 9997-1 art. 7.6.1.1, door ons bureau schachtwrijving buiten beschouwing gelaten.

- Conform NEN 9997-1 § 7.6 is, voor op druk belaste palen, de schachtwrijving berekend voor de grondlagen boven paalpuntniveau tot het niveau waarbij deze grondlagen *overwegend* bestaan uit zand-, klei- en leemlagen met conusweerstand groter dan 2 MPa.
- Omdat de verwachte potentiële maaiveldzakking na het installeren van de palen meer dan 0,1 m bedraagt is de maximumwaarde van de negatieve kleeft  $F_{nk}$  beschouwd als een belasting op de palen. Hierbij is gerekend met een bodemprofiel met samendrukbare lagen tot een diepte van ca. 12 à 13,5 m - NAP. De berekening van de karakteristieke waarde van de negatieve kleeft is uitgevoerd volgens NEN 9997-1 § 7.3.2.2(d) met een partiële belastingsfactor  $\gamma_{f,nk}$  van 1,0.

#### 5.1.4 Opgegeven belastingen en vervormingseisen

- De rekenwaarde van de paalbelasting bedraagt maximaal 100 à 200 kN.
- Door de ontwerper van de constructie zijn geen gegevens verstrekt betreffende de maximaal toelaatbare verplaatsing ( $s_{req}$ ).

#### Algemene opmerking

Geadviseerd wordt de uitgangspunten te verifiëren, voordat met de resultaten verder wordt gewerkt.

## 5.2 Rekenresultaten

### 5.2.1 Paaldiameter en paalpuntniveau

De draagkracht en vervormingen zijn bepaald voor:

- Houten palen met een schachtafmeting van  $\varnothing$  160 mm.

De paalpuntniveaus waarvoor de draagkracht is berekend, inclusief de vanuit geotechnisch oogpunt preferente paalpuntniveaus (indien aanwezig), zijn weergegeven in de navolgende tabel.

De uiteindelijke keuze van paalpuntniveau(s), en paalafmeting(en) dient door de opdrachtgever en/of constructeur te geschieden, op basis van deze tabel en de rekenresultaten (zie § 5.2.2 en 5.2.3).

Sondering [nr.]	Maaiveldhoogte [m - NAP]	Paalpuntniveau [m - NAP] Berekend	Preferent*
01	5,22	14,0 t/m 16,0	-
02	5,14	14,25 t/m 16,0	-
03	5,19	14,0 t/m 16,0	-
04	5,35	14,0 t/m 16,0	-
05	5,31	14,0 t/m 16,0	14,0 t/m 15,5
06	5,27	14,0 t/m 16,0	-

\*Geadviseerd wordt de palen zo hoog mogelijk af te zetten om de kans/risico op relatief zwaar heiwerk te reduceren.

#### Opmerkingen / toelichting

- *Preferente paalpuntniveaus* zijn niveaus die onzes inziens vanuit geotechnisch oogpunt de voorkeur hebben. Het zijn niveaus die bijvoorbeeld geen significante beperkingen kennen ivm de dikte van de draagkrachtige bodemlaag, de aanwezigheid van slechte / samendrukbare lagen, de uitwisselbaarheid van paalpuntniveaus en/of de diepte van de paal in het zandpakket. De preferente niveaus zijn niet bedoeld als een bindend advies.
- Indien er onzes inziens geen paalpuntniveaus te onderscheiden zijn die een duidelijke voorkeur genieten boven de andere (in positieve dan wel negatieve zin), is dit aangegeven met “-”.
- De slankheid van de palen (de verhouding tussen diens lengte en dwarsafmeting) dient te worden getoetst aan de eisen gesteld door Bouwtoezicht.
- *Geadviseerd wordt vooraf met de funderingsaannemer af te stemmen of de gekozen paalpuntniveaus met de bij hen beschikbare middelen haalbaar zijn. Voor kleine diameters palen (houten palen, prefab, stalen buispaal, etc.) geldt meestal dat de haalbare diepte beperkt is. Dit vanwege de beperkte capaciteit van het installatiematerieel, de beperkte sterkte van de palen zelf of bijvoorbeeld omdat groutinjectie niet kan worden toegepast om de inbrengweerstand te beperken.*

### 5.2.2 Maximumdraagkracht van de grond op druk

De rekenresultaten zijn, voor de geadviseerde paalpuntniveaus, per sondering weergegeven in de tabel(len) in Bijlage 1. Weergegeven zijn met name:

- $Q_{b,max}$  : de berekende paalpuntweerstand
- $R_{s,cal,max}$  : de schachtwrijving
- $R_{b,cal,max}$  : de maximumdraagkracht van de paalpunt
- $R_{c,d}$  : de rekenwaarde van de maximumdraagkracht
- $F_{s,nk;d}$  : de eventuele belasting door negatieve kleef
- $R_{c,net;d}$  : de rekenwaarde van de netto draagkracht (=  $R_{c,d} - F_{s,nk;d}$ ).

In Bijlage 1 is voor sondering 02 een rekenvoorbeeld weergegeven van:

- Een houten paalpaal met een schachtafmeting van  $\varnothing$  160 mm op 15,5 m - NAP;

#### Opmerking

- Indien de palen een flexibele c.q. niet stijve constructie ondersteunen, moet cf. NEN 9997-1 ervan worden uitgegaan dat de weerstand op druk van de minst draagkrachtige paal maatgevend is voor het ontstaan van een uiterste grenstoestand. Het draagvermogen van een paal dient derhalve te zijn afgestemd op de laagste draagkracht op hetzelfde paalpuntniveau van de omliggende sonderingen.

- De vermelde draagkracht wordt ontleend aan de ondergrond. Door de constructeur moeten de constructieve aspecten van de funderingspalen, waaronder de sterkte, worden beoordeeld.

### 5.2.3 Indicatie zakking van de bovenkant van de paalfundering

De zakking van de paalpunt ( $s_b$ ) is cf. NEN 9997-1 bepaald, voor de als rekenvoorbeeld gekozen paal/palen en is weergegeven in Bijlage 1. De last-zakking is bepaald op basis van:

- de berekende maximumdraagkracht van de paalpunt ( $R_{b;cal;max}$ )
- de maximumwrijvingskracht over het deel van de schacht dat meedoet in de bepaling van de draagkracht ( $R_{s;cal;max}$ )
- de lastzakkingsdiagrammen uit de NEN 9997-1.
- de elastische verkorting van de paal ( $s_{el}$ ).
- de zakking door samendrukking van de onder het paalpuntniveau gelegen lagen ( $s_2$ ).

Ter indicatie zijn tevens de rekenwaarden van de veercoëfficiënten weergegeven, voor verschillende belastingen.

#### Opmerking

De last-zakkingsdiagrammen zijn weergegeven voor de als rekenvoorbeeld gekozen paal/palen. Last-zakkingsdiagrammen voor andere sonderingen, palen, paalconfiguraties of belastingen kunnen desgewenst in een aanvullende opdracht worden uitgewerkt.

## 6 Richtlijnen voor ontwerp, berekening en uitvoering

### 6.1 Algemeen

- Voor richtlijnen en aandachtspunten qua uitvoering en ontwerp, wordt verwezen naar Bijlage 2.

### 6.2 Richtlijnen uitvoering houten palen

Voor richtlijnen en aanwijzingen voor de uitvoering van houten palen wordt verwezen naar:

- NEN-EN-12699, "Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk - Verdringingspalen".

Volgens het handboek funderingen dient de minimale hart-op-hart-afstand tussen de palen bij de uitvoering normaliter  $2,5 d_{kop}$  te zijn. Bij kleine hart-op-hart-afstanden kan door de verdichting van de zandlagen zwaar heiwerk ontstaan met het risico dat de palen niet op diepte komen.

De minimale tussenafstand tot eventuele belendingen in verband met de uitvoering bedraagt circa 0,3 à 0,5 m. Indien de stelling een hoek moet maken met de gevellijn, moet rekening worden gehouden met een grotere afstand. Bij een kleine tussenafstand moet de mogelijke invloed van de uitvoering op de eventuele belendingen worden onderzocht.

### 6.3 Vloer

Geadviseerd wordt de vloeren vrijdragend (b.v. als systeemvloer) uit te voeren, omdat bij een vloer op zand te grote zettingsverschillen met de rest van het gebouw te verwachten zijn.

### 6.4 Richtlijnen nieuwbouw/uitbreiding/belending

De volgende richtlijnen dienen in acht te worden genomen met betrekking tot de belending:

- Er dient te worden nagegaan of de vereiste ontgravingen zonder risico voor de belending kan worden uitgevoerd.
- Bij het ontwerp van het palenplan dient er naar gestreefd te worden zo weinig mogelijk palen dicht bij een eventueel op staal gefundeerde belending te plaatsen en een zo groot mogelijke afstand van de palen tot de belending aan te houden.

Reeds bij het uitwerken van het funderingsontwerp moet de belending bij de beschouwingen betrokken worden. Allereerst betekent dit het verzamelen van relevante gegevens over de belendende fundering, zoals paaltype, paallocatie, inheidiepte en belasting. Daarnaast houdt dit voor de nieuwe fundering een aantal uitgangspunten in die zoveel als praktisch mogelijk is aangehouden moeten worden:

- de nieuwe palen moeten worden aangebracht op maximale afstand van de bestaande palen. Bij een beperkte afstand tussen de bestaande en de nieuwe palen kan zich een aantal verschijnselen voordoen die leiden tot schade aan de bestaande fundering;
- bij het doorheien van onsamendrukbare lagen zoals kleilagen kunnen de bestaande palen onderhevig zijn aan opheien;
- bij het doorheien van zandige lagen kan een neerwaarts gerichte wrijving op de bestaande palen optreden;
- tijdens de ontwikkeling van de belasting op de nieuwe palen kan de afgifte van wrijving langs de omtrek van deze palen (vergroting van de) negatieve kleef bij de oude palen veroorzaken;
- bij voorkeur worden de nieuwe palen niet dieper gefundeerd dan de bestaande. Als dit wel zou gebeuren, zouden de heitruïlingen kunnen leiden tot verdichting van het zandpakket onder de bestaande fundering en daarmee tot zettingen van die fundering. Bovendien kunnen in zandige lagen met een relatief lage pakkingsdichtheid tijdens het heien wateroverspanningen geïntroduceerd worden, waardoor het draagvermogen van de bestaande palen tijdelijk gereduceerd wordt;
- ter beperking van de heitruïlingen wordt bij voorkeur een paalontwerp uitgewerkt waarbij zwaar heiwerk vermeden wordt. Deze trillingen kunnen eveneens aanleiding zijn tot deformaties in de bestaande fundering. Indien de belending op palen is gefundeerd worden de volgende richtlijnen over het algemeen als veilig beschouwd (Generally Recognized As Safe):
  - Bij een paalpuntniveau, van de nieuwe palen, hoger of gelijk aan dat van de palen onder de belending dient er bij betonpalen onder de belending een h.o.h. paalafstand van  $3 D_{eq}$  te

- worden aanhouden, bij houten palen onder de belending wordt een minimale h.o.h. afstand van  $0,75 \text{ m} + 0,5 D_{eq}$  geadviseerd ( $D_{eq}$  van de grootste paalafmeting).
- Bij een paalpuntniveau, van de nieuwe palen, dieper dan dat van de palen onder de belending wordt bij zowel bij houten als betonpalen onder de belending een minimale h.o.h. paalafstand van  $4 D_{eq}$  geadviseerd met een minimum van 2 m.
  - Bij een paalpuntniveau, van de nieuwe palen, dieper dan 2 m onder dat van de palen van de belending wordt bij avegaarpalen een minimale h.o.h. paalafstand van  $5 D_{eq}$  geadviseerd met een minimum van 2 m.

Nadere gegevens met betrekking tot de (fundering van de) belending kunnen aanleiding geven tot een wijziging van het in dit rapport vermelde paalsysteem en/of paalpuntniveaus.

### 6.5 Slotopmerking(en)

Omdat de exacte ligging van het bouwplan ten opzichte van de sonderingen ons niet helemaal bekend is, kan niet worden beoordeeld of het sondeerplan helemaal voldoet aan de richtlijnen gesteld in NEN 9997-1 (zie Bijlage 2). Dit dient te worden getoetst aan de hand van aanvullende informatie.

Opgemerkt wordt dat eventueel aanvullend grondonderzoek aanleiding kan geven tot wijzigingen van paalpuntniveaus, draagkracht/zakkingen of zelfs paaltype.

## **Bijlage 1 : Berekeningsresultaten fundering op palen**

**Resultaten draagkrachtberekening volgens NEN-EN 9997-1, pagina 1 van 2**  
voor axiaal belaste funderingspalen.

PPN	paalpuntniveau	$R_{c,d}$	rekenwaarde maximumdraagkracht
$q_{b,max}$	paalpuntweerstand	$F_{s,sk,d}$	belasting door negatieve kleef
$R_{b,cal,max}$	maximumdraagkracht van de paalpunt	$R_{c,net,d}$	rekenwaarde netto draagkracht (= $R_{c,d} - F_{s,sk,d}$ )
$R_{s,cal,max}$	schachtwrijving	$R_{t,d}$	rekenwaarde draagkracht op trek

**Rekenresultaten**

Paaltype houten paal taps NEN9997-1:2017, afmeting  $\varnothing 160$  mm,  $\xi_3 = 1,39$  en  $\xi_4 = 1,39$

Sondering	Maaiveld [m tov NAP]	PPN [m tov NAP]	$q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b,cal,max}$ [kN]	$R_{s,cal,max}$ [kN]	$R_{c,d}$ [kN]	$F_{s,sk,d}$ [kN]	$R_{c,net,d}$ [kN]
D01	-5,22	-14,00	7,0	141	129	162	35	127
		-14,25	5,9	118	149	160	36	125
		-14,50	5,3	107	169	165	36	130
		-14,75	5,1	104	185	173	36	137
		-15,00	5,1	103	199	181	36	145
		-15,25	5,1	103	212	189	36	153
		-15,50	5,5	110	225	201	36	164
		-15,75	6,5	132	242	224	37	188
		-16,00	6,4	129	263	235	37	198
D02	-5,14	-14,25	2,9	58	36	56	49	7
		-14,50	3,1	63	45	64	50	15
		-14,75	3,4	69	53	73	50	23
		-15,00	4,1	82	61	86	50	36
		-15,25	4,0	81	74	93	50	43
		-15,50	4,1	82	86	101	50	50
		-15,75	4,2	84	97	108	51	58
		-16,00	5,8	117	108	135	51	84
D03	-5,19	-14,00	4,1	83	58	85	36	48
		-14,25	4,1	82	74	94	37	58
		-14,50	4,2	83	89	104	37	67
		-14,75	4,3	87	101	113	37	76
		-15,00	4,4	89	112	121	37	84
		-15,25	5,5	110	124	140	37	103
		-15,50	6,3	127	141	161	38	123
		-15,75	6,5	130	161	175	38	137
		-16,00	10,5	212	180	235	38	198
D04	-5,35	-14,00	7,2	145	74	131	43	88
		-14,25	8,2	164	93	154	43	111
		-14,50	7,4	149	112	157	43	113
		-14,75	7,1	142	132	164	43	121
		-15,00	7,0	140	150	174	44	131
		-15,25	7,7	154	169	194	44	150
		-15,50	7,5	150	189	204	44	160
		-15,75	7,0	140	209	209	44	165
		-16,00	6,0	120	229	209	44	165
D05	-5,31	-14,00	6,6	132	99	139	35	104
		-14,25	6,6	132	118	150	35	115
		-14,50	6,5	131	135	159	35	124
		-14,75	7,2	145	151	177	36	142
		-15,00	7,6	152	170	193	36	157
		-15,25	7,6	153	190	206	36	170
		-15,50	9,4	189	210	239	36	203
		-15,75	13,8	277	231	305	36	268
		-16,00	9,2	186	251	262	36	226

Toelichting rekenresultaten

- Indien er paalpuntniveaus te onderscheiden zijn die, vanuit geotechnisch oogpunt, al dan niet de voorkeur hebben ("preferente paalpuntniveaus"), is dat normaliter in de tabel in § 5.2.1 van de rapportage aangegeven.



**Resultaten draagkrachtberekening volgens NEN-EN 9997-1, pagina2 van 2**  
voor axiaal belaste funderingspalen.

PPN	paalpuntniveau	$R_{c,d}$	rekenwaarde maximumdraagkracht
$q_{b,max}$	paalpuntweerstand	$F_{s,nk,d}$	belasting door negatieve kleeft
$R_{b,cal,max}$	maximumdraagkracht van de paalpunt	$R_{c,net,d}$	rekenwaarde netto draagkracht (= $R_{c,d} - F_{s,nk,d}$ )
$R_{s,cal,max}$	schachtwrijving	$R_{t,d}$	rekenwaarde draagkracht op trek

D06	-5,26	-14,00	7,3	147	104	151	41	110
		-14,25	5,9	120	124	146	41	105
		-14,50	5,1	103	143	148	41	107
		-14,75	4,6	93	160	152	41	111
		-15,00	4,5	90	174	159	42	117
		-15,25	4,4	89	186	165	42	124
		-15,50	4,5	91	198	173	42	131
		-15,75	5,9	120	210	198	42	156
		-16,00	10,7	215	230	267	42	224

**Netto Draagkracht in [kN]\***

Paaltype houten paal taps NEN9997-1:2017, afmeting Ø160 mm,  $\xi_3 = 1,39$  en  $\xi_4 = 1,39$

PPN [m tov NAP]	D01	D02	D03	D04	D05	D06
-14,00	127	-	48	88	104	110
-14,25	125	7	58	111	115	105
-14,50	130	15	67	113	124	107
-14,75	137	23	76	121	142	111
-15,00	145	36	84	131	157	117
-15,25	153	43	103	150	170	124
-15,50	164	50	123	160	203	131
-15,75	188	58	137	165	268	156
-16,00	198	84	198	165	226	224

Toelichting rekenresultaten

- Indien er paalpuntniveaus te onderscheiden zijn die, vanuit geotechnisch oogpunt, al dan niet de voorkeur hebben ("preferente paalpuntniveaus"), is dat normaliter in de tabel in § 5.2.1 van de rapportage aangegeven.

## Voorbeeldberekening

Berekening, volgens NEN 9997-1, van de draagkracht van de grond op druk en verticale verplaatsing van de paalfundering.

### Uitgangspunten

Referentie niveau:	NAP
Gehanteerde sondering:	02
Paaltype:	houten paal taps NEN9997-1:2017
Paalpuntniveau:	-15,5 meter
Schachtafmeting:	160 mm
Oorspronkelijke maaiveldhoogte:	-5,14 meter
Toekomstige maaiveldhoogte:	-4,9 meter
Aanlegniveau fundering:	-5,6 meter
Gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG):	-7,8 meter
Ophoging ten opzichte van maaiveld:	0,24 meter
Schachtwrijving startniveau:	-13,5 meter
Schachtwrijving eindniveau:	-15,5 meter

### Rekenfactoren & resultaten

$q_{c,I,gem}$ =	6,2	MPa
$q_{c,II,gem}$ =	6,1	MPa
$q_{c,III,gem}$ =	5,4	MPa
$a_p$ =	0,7	
$\beta$ =	1	
$s$ =	1	
$p_{r,max;punt}$ =	4,06	MPa
$a_s$ =	0,012	
$q_{c,z,a}$ =	6,8	MPa
$q_{s,max}$ =	0,082	MPa
$R_{s,cal,max}$ =	86,207	kN
$A_{punt}$ =	0,02	m <sup>2</sup>
$Q_s$ =	0,628	m
$\Delta L$ =	2	m
$R_{b,cal,max}$ =	82	kN
$R_{c,cal,max}$ =	168	kN
$\xi_3$ en $\xi_4$ =	1,39	
$R_{c,cal,max;k}$ =	121	kN
$\gamma_t$ =	1,2	
$R_{c,d}$ =	101	kN
$R_{c,net,d}$ =	50	kN

### Negatieve Kleef

Negatieve kleef startniveau:	-4,9	meter
Negatieve kleef eindniveau:	-13,5	meter
Gebruikte waterstand:	-7,8	meter
$F_{snkd}$ =	50	kN

Tabel volumegewichten

Diepte [m]	Grondsoort	volumegewicht [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma$ -waarde	$K_0; rep * \tan \gamma; rep$
-5,14	Zand Schoon Los	17	30	0,25
-5,68	Klei Schoon Slap	10	17,5	0,25
-5,99	Veen Matig-Voorbelast Matig	6	20	0,25
-6,55	Veen Niet-Voorbelast Slap	5	15	0,25
-6,89	Klei Schoon Slap	10	17,5	0,25
-7,22	Veen Niet-Voorbelast Slap	5	15	0,25
-7,7	Klei Schoon Slap	10	17,5	0,25
-9,4	Veen Niet-Voorbelast Slap	11	15	0,25
-10,53	Klei Schoon Slap	14	17,5	0,25
-11,1	Klei Schoon Slap	14	17,5	0,25
-13,29	Zand Schoon Vast	21	35	0,25



## Verticale verplaatsing van de paalfundering

De paalkopzакking is berekend conform NEN-9997-1 § 7.6.4. De zакking van de lagen onder paalpuntniveau is berekend cf. NEN-9997-1 § 6.6.2 NEN-Bjerrum.

### Grondparameters

De representatieve waarden van de grondparameters van de verschillende bodemlagen zijn op basis van het grondonderzoek ingeschat aan de hand van tabel 2.b uit de NEN 9997, eventueel i.c.m. algemene/locale kennis en ervaring.

### Materiaalfactoren

- Volumiek gewicht	1
- Tangent hoek inwendige wrijving	1
- Ongedraineerde schuifsterkte	1
- Cohesie	1

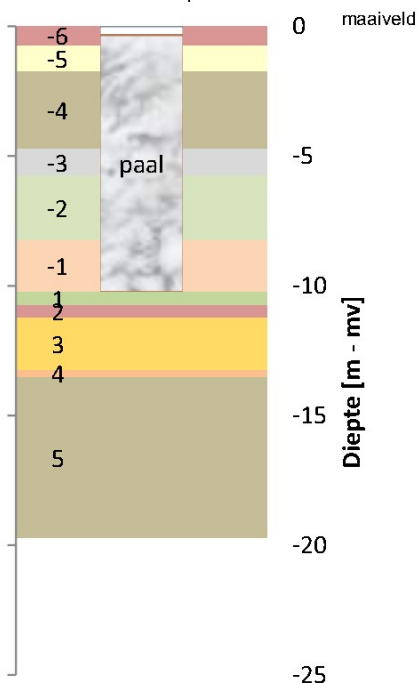
### Bodemeigenschappen (aanname)

Oorspronkelijke maaiveldhoogte	-5,26 [m NAP]
Toekomstige maaiveldhoogte	-5,26 [m NAP]
Hoge grondwaterstand	-5,6 [m NAP]
Lage grondwaterstand	-7,8 [m NAP]
Pre-overburden pressure (POP)	2,0 [kN/m <sup>2</sup> ]

### Paaleigenschappen

Paaltype	Houten_paal
E-modulus [Gpa] (kern )	3,6E+00
Tapsheid [mm/m]	7,5
Last-zakkingsdiagram	1
Paalkopniveau	-5,60 [m tov NAP]
Paalpuntniveau	-15,50 [m tov NAP]
Startniveau schachtwrijving	-13,50 [m tov NAP]
Aantal palen (X × Y)	1 × 2

Dwarsdoorsnede bodemopbouw



Tabel: karakteristieke waarden van de gehanteerde grondparameters voor de oorspronkelijke bodemopbouw

laag	onderzijde [m NAP]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	CR [-]	$C_{\alpha}$ [-]
-6	-6,0	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000
-5	-7,0	10,5	11,0	15,0	0,460	0,023
-4	-10,0	12,0	14,0	17,5	0,329	0,013
-3	-11,0	10,5	11,0	15,0	0,460	0,023
-2	-13,5	12,0	14,0	17,5	0,329	0,013
-1	-15,5	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000
1	-16,0	18,0	20,0	32,0	0,005	0,000
2	-16,5	18,0	20,0	32,0	0,005	0,000
3	-18,5	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000
4	-18,8	17,0	19,0	17,5	0,092	0,004
5	-25,0	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000

### Symbolen en eenheden

$\gamma$	volumieke gewicht van grond (natuurlijk)	kN/m <sup>3</sup>	$F_c$	Paalbelasting	kN
$\gamma_{sat}$	volumieke gewicht van verzadigde grond	kN/m <sup>3</sup>	$F_{nk}$	Negatieve kleef	kN
$\phi'$	effectieve hoek van inwendige wrijving	°	$F_{c,netto}$	Netto paalbelasting ( $F_c - F_{nk}$ )	kN
CR	compression ration ( $C_c / (1 + e_0)$ )	-	$S_b$	Paalpuntzакking tgv bovenbelasting	mm
$C_{\alpha}$	secundaire samendrukkingsindex	-	$S_{el}$	Elastische verkorting paal	mm
$R_s$	Schachtweerstand	kN	$S_1$	$S_b + S_{el}$	mm
$R_b$	Puntweerstand	kN	$S_2$	Zакking tgv samendrukking lagen onder paal	mm
$R_c$	weerstand van de grond op druk	kN	$S_d$	Rekenwaarde paalkopzакking (= $S_1 + S_2$ )	mm
			$k_v$	statische veercoëfficiënt ( $F_c / S_d$ )	kN/mm



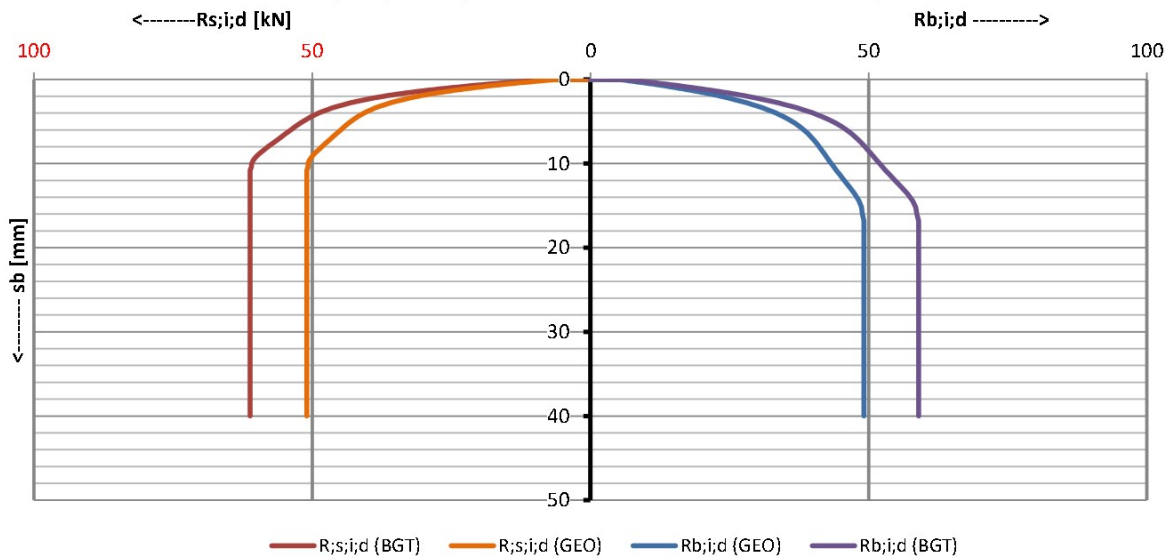
Paalkopzakking en last-zakkingsdiagram

0

Paaltype: Houten\_paal  
 Paalafmeting: 160 mm  
 Paalpuntniveau: -15,50 m tov NAP  
 Sondering: D02

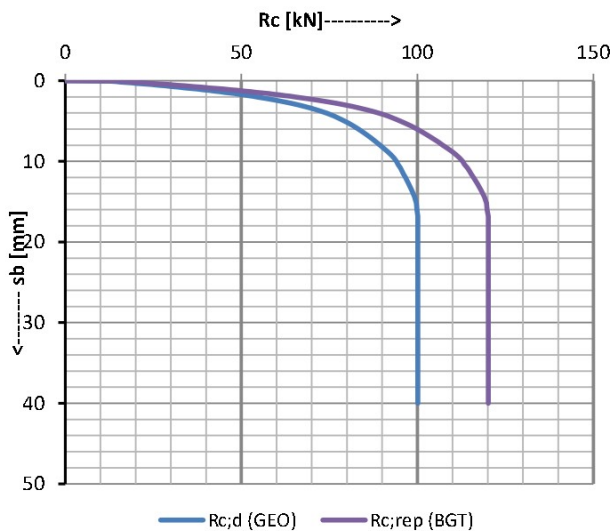
<b>Paalenplan</b>	<i>x-richting:</i>	<i>y-richting:</i>
aantal	1	2
hoh-afstand [m]	nvt	2,0

Last / Zakking diagram : grenstoestand Geo en bruikbaarheidsgrenstoestand



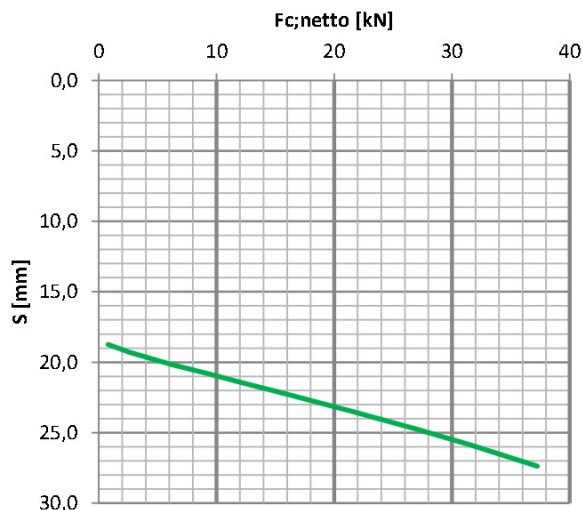
Last / Zakking diagram

Paalweerstand vs. paalpuntzakking



Last / zakking diagram

Netto paalbelasting vs paalkopzakking



UGT

Fc;d,netto [kN]	Fnk;d [kN]	Fc;d [kN]	Sb;d [mm]	Sel;d [mm]	S1;d [mm]	S2;d [mm]	S;d [mm]
50	50	100	16,8	23,8	40,6	0,7	41,4
50	50	100	16,0	23,8	39,8	0,7	40,5
50	50	100	15,2	23,8	39,0	0,7	39,7
49	50	99	14,4	23,7	38,1	0,7	38,8
48	50	98	13,6	23,6	37,2	0,7	37,9
48	50	98	12,8	23,5	36,3	0,7	36,9
47	50	97	12,0	23,3	35,3	0,6	36,0
46	50	96	11,2	23,2	34,4	0,6	35,0
28	50	78	4,8	20,5	25,3	0,4	25,7
2	50	52	1,8	16,4	18,2	0,1	18,3

BGT

Fc;netto [kN]	Fnk [kN]	Fc [kN]	Sb [mm]	Sel [mm]	S1 [mm]	S2 [mm]	S [mm]	kv;rep [kN/mm]	kv;d [kN/mm]
37	50	87	3,8	23,2	27,0	0,4	27,4	3	2
32	50	82	3,2	22,3	25,5	0,4	25,9	3	2
27	50	77	2,8	21,6	24,4	0,4	24,8	3	2
22	50	72	2,4	20,7	23,1	0,4	23,5	3	2
15	50	65	2,0	19,7	21,7	0,4	22,1	3	2
12	50	62	1,8	19,3	21,1	0,4	21,5	3	2
9	50	59	1,7	18,8	20,5	0,3	20,8	3	2
6	50	56	1,5	18,3	19,8	0,3	20,1	3	2
3	50	53	1,4	17,7	19,1	0,2	19,3	3	2
1	50	51	1,3	17,5	18,7	0,0	18,7	3	2

### Symbolen en eenheden

Symbool	Eenheid	Uitleg
$q_{c,I,gem}$	MPa	de gemiddelde waarde van de conusweerstand over een traject van 0,7 à 4,0 maal de equivalente diameter beneden de paalvoet
$q_{c,II,gem}$	MPa	de minimum gemiddelde waarde van de conusweerstand over dit traject
$q_{c,III,gem}$	MPa	de minimum gemiddelde waarde van de conusweerstand over een traject van 8,0 maal de equivalente diameter boven de paalvoet
$a_p$		paalklassefactor
$\beta$		factor voor de paalvoetvorm
$s$		factor voor de vorm van de dwarsdoorsnede van de paalvoet
$p_{r,max;punt}$	MPa	de maximale puntweerstand
$a_s$		factor afhankelijk van de uitvoering en het paaltype
$q_{c,z,a}$	MPa	de gemiddelde waarde van de conusweerstand over het traject waarover schachtwrijving wordt berekend
$q_{s,max}$	MPa	de maximale paalschachtwrijving
$R_{s,cal,max}$	kN	de maximale schachtwrijving
$A_{punt}$	m <sup>2</sup>	oppervlakte van de paalvoet
$O_s$	m	omtrek paalschacht
$\Delta_L$	m	Traject voor berekening schachtwrijving
$R_{b,cal,max}$	kN	de maximale draagkracht van de paalpunt
$R_{c,cal,max}$	kN	de maximale draagkracht van de paal
$\xi_3$ en $\xi_4$		correlatiefactoren
$R_{c,cal,max;k}$	kN	de representatieve waarde van de maximale draagkracht van de paal
$\gamma_t$		partiële factor voor de totale draagkracht van een paal
$R_{c,d}$	kN	de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal
$F_{snkd}$	kN	de rekenwaarde van de maximale negatieve kleefbelasting
$R_{c,net,d}$	kN	de rekenwaarde van de maximale draagkracht gecompenseerd met $F_{snkd}$
$\gamma_{j,rep}$	kN/m <sup>3</sup>	de representatieve waarde van het volumiek gewicht van de grond van laag $j$

## **Bijlage 2 : Algemene richtlijnen uitvoering en ontwerp**

## Algemene richtlijnen en aandachtspunten uitvoering en ontwerp

(gebaseerd op onder andere: NEN 6740, NEN 9997, SBR Handboek funderingen)

### Algemeen

Bij de uitvoering moet zijn gecontroleerd of aan de onderstaande uitgangspunten van het ontwerp van de fundering is voldaan:

- de grondgesteldheid, de grondwatertoestand en mogelijk andere omgevingsfactoren mogen niet ongunstiger zijn dan is aangenomen ten behoeve van het ontwerp. Hiertoe dient onder meer te worden nagegaan of het grondonderzoek voldoet aan de onderzoeksrichtlijnen uit de NEN 9997-1 (zie ook navolgend);
- de positie, diepte en afmetingen van de fundering moeten overeenstemmen met de ontwerpspecificaties;
- de kwaliteit van de constructieve onderdelen moet voldoen aan de desbetreffende materiaaleisen en de funderingselementen mogen niet zijn beschadigd;
- indien de nieuwe fundering zich binnen het belastingsverspreidingsgebied van de bestaande fundering bevindt, moet de noodzaak van extra voorzieningen zijn overwogen.
- de aanleg van een fundering nabij een bestaande fundering moet voorzichtig en volgens de aanwijzingen in het geotechnisch ontwerprapport zijn uitgevoerd. Hiertoe is informatie noodzakelijk omtrent de constructieve opbouw van deze belendingen, incl. de funderingswijze van de draagconstructie en de begane grondvloeren. Dit geldt in het bijzonder voor ontgravingen dieper dan het aanlegniveau van de fundering van op staal gefundeerde belendingen. Dergelijke ontgravingen verminderen de draagkracht van de bestaande fundering en dienen daarom zoveel mogelijk te worden voorkomen. Daarnaast is de bouwkundige staat, waarin de panden zich bevinden, van belang.

### Richtlijnen uitvoering grondonderzoek in de geotechnische categorieën 2 en 3 (cf NEN 9997-1 § 3.2.3)

#### Algemeen

De afstand tussen de punten en de diepte van onderzoek moeten zijn bepaald op grond van de geologie van het gebied, indien aanwezig de kennis van de grondgesteldheid, de afmetingen van het bouwterrein, de aard van de fundering en van de geotechnische constructie. De onderzoekspunten moeten zo over de plattegrond van het te bouwen project zijn verdeeld dat daaruit de grondgesteldheid ter plaatse van de geotechnische constructies betrouwbaar kan worden afgeleid. In geotechnische categorie 3, moeten gedurende het onderzoek ook de aanwezige grondwaterniveaus worden vastgesteld van ieder vrijwaterniveau dat gedurende het onderzoek wordt opgemerkt. Daarnaast kan extra onderzoek worden verlangd of nodig zijn.

#### Grondwerken en grondkerende constructies

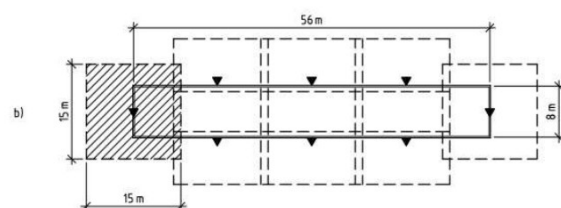
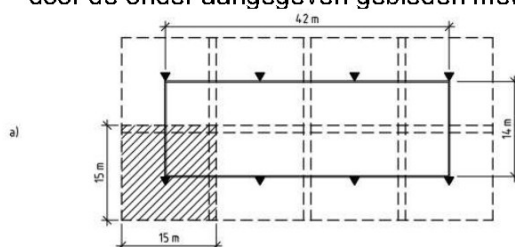
- Indien op basis van de geologische kennis van het gebied wordt verwacht dat afwijkingen in dikte van aanwezige klei-, veen- en leemlagen op het bouwterrein kleiner zijn dan 0,5 m, waardoor geen zakkingsverschillen groter dan 0,10 m over een afstand van 10 m zullen optreden, mag de afstand tussen de punten van onderzoek ten hoogste 100 m zijn. Als zakkingsverschillen van 0,1 m of meer over een afstand van 10 m kunnen leiden tot overstroming van dijken of dammen of tot enig gevaar voor de gebruikers van wegen en spoorwegen, moet de afstand tussen de onderzoekspunten worden verkleind tot ten hoogste 50 m.
- Het geotechnisch onderzoek moet hebben gereikt tot de onderkant van de laag die:
  - zakkings en/of stabiliteitsverlies veroorzaakt als gevolg van het gewicht van de dam, dijk, aardebaan of kistdam;
  - in het geval van ontgravingen, zorg moet dragen voor de vereiste ondoorlatendheid voor water van de bodem van de bouwput.
- Als bij het grondwerk damwanden worden toegepast, moet het onderzoek in het terrein zijn uitgevoerd tot ten minste de onderkant van de te plaatsen damwanden.
- Als uit het geotechnisch onderzoek voor permanente ontgravingen, bijvoorbeeld voor verdiept aangelegde wegen of spoorwegen blijkt dat de dikte van de waterafsluitende of waterremmende laag meer varieert dan 50 % van de gemiddelde dikte van die laag, mag de afstand tussen de onderzoekspunten niet meer dan 50 m zijn.

### Fundering op staal

- Er moeten minstens 2 terreinproeven zijn uitgevoerd en mag de afstand tussen de punten van geotechnisch onderzoek in het terrein ten hoogste 25 m zijn.
- De terreinproeven en boringen met monsterneming moeten ten minste tot een diepte onder het aanlegniveau van de funderingssloof, -poer of -plaat hebben bereikt van driemaal de breedte van het bouwwerk onder het aanlegniveau, waarbij 25 m als maximum mag zijn aangehouden.
- De terreinproeven moeten zijn uitgevoerd op de omtrek van het bouwwerk.

### Fundering op palen

- Het geotechnisch onderzoek moet hebben bestaan uit een of meer proefbelastingen of terreinproeven, eventueel gecombineerd met boringen met monsternaming.
- Er moeten ten minste 2 terreinproeven (eventueel gecombineerd met boringen met monsternaming) zijn uitgevoerd die tot een diepte van 5 m onder het paalpuntniveau hebben bereikt. Bovendien moet een van de terreinproeven een diepte hebben bereikt van ten minste  $10 \times$  de kleinste dwarsafmeting van de paalvoet onder het paalpuntniveau. Voor bouwwerken hoger dan 70 m moeten de terreinproeven ten minste tot een diepte hebben bereikt van driemaal de breedte van het bouwwerk onder het paalpuntniveau, waarbij 25 m als maximum mag zijn aangehouden.
- Worden terreinzettingen verwacht van meer dan 0,1 m, die het gevolg zijn van recent of vroeger aangebrachte terreinbelastingen in de buurt van het op palen te funderen bouwwerk of door verlaging van de grondwaterstand, dan moet, ten behoeve van de bepaling van de grootte van de representatieve waarde van de maximale negatieve kleeft ( $F_{nk;rep}$ ), één boring met ongeroerde monsters uit de cohesieve samendrukbare grondlagen beschikbaar zijn, waarvan de schuifweerstandseigenschappen zijn/worden bepaald. Deze boring mag achterwege blijven als uit eerder onderzoek in de directe omgeving van het bouwproject betrouwbare gegevens met betrekking tot de schuifweerstandseigenschappen van de cohesieve samendrukbare grondlagen zijn verkregen, of als de samenstelling van de bodem en de grondeigenschappen aan tabel 2.b zijn ontleend.
- Als het geotechnisch onderzoek bestaat uit terreinproeven gelden de volgende voorwaarden:
  - Voor de gemiddelde onderlinge afstand van de onderzoekspunten ( $a_{gem}$ ), als functie van  $R_{c;cal;gem}$  (gemiddelde waarde van de maximumdraagkracht van de paal of palen onder het bouwwerk of deel van het bouwwerk, voor eenzelfde paalpuntniveau) en  $\Delta R_{c;cal}$  (is het verschil tussen de hoogste en de laagste waarde van de maximumdraagkracht van de paal of palen onder het bouwwerk of deel van het bouwwerk, voor eenzelfde paalpuntniveau):
    - als  $\Delta R_{c;cal} \leq 0,3 \times R_{c;cal;gem}$ , dan is  $a_{gem} \leq 25$  m en wordt per terreinproef een oppervlakte bestreken van ten hoogste 25 m  $\times$  25 m;
    - als  $\Delta R_{c;cal} \leq 0,4 \times R_{c;cal;gem}$ , dan is  $a_{gem} \leq 20$  m en wordt per terreinproef een oppervlakte bestreken van ten hoogste 20 m  $\times$  20 m;
    - als  $\Delta R_{c;cal} \leq 0,5 \times R_{c;cal;gem}$ , dan is  $a_{gem} \leq 15$  m en wordt per terreinproef een oppervlakte bestreken van ten hoogste 15 m  $\times$  15 m;
    - als  $\Delta R_{c;cal} > 0,5 \times R_{c;cal;gem}$ , dan is  $a_{gem} \leq 15$  m en wordt per terreinproef een oppervlakte bestreken van ten hoogste 15 m  $\times$  15 m. Op basis van de resultaten van de terreinproeven moet worden beoordeeld of en hoe een verantwoord funderingsontwerp kan worden gemaakt voor de beoogde constructie.
- Het oppervlak waarbinnen de funderingselementen zijn geprojecteerd, moet volledig zijn afgedekt door de onder aangegeven gebieden met de plaatsen van de terreinproeven als middelpunt.





- Er moeten terreinproeven zijn uitgevoerd op de omtrek van het bouwwerk waarbinnen funderingselementen zijn geprojecteerd. Bij rechthoekige bouwwerken met zijden met een lengte groter of gelijk aan  $a_{gem}$  moet ten minste één terreinproef nabij elke hoek zijn uitgevoerd. Bij rechthoekige bouwwerken waarvan de breedte van het grondoppervlak kleiner is dan  $0,6 \times a_{gem}$  mogen de terreinproeven nabij de hoeken zijn vervangen door één terreinproef halverwege elke korte zijde.
- De afstand tussen deze aanvullende terreinproeven hangt, behalve van de praktische mogelijkheden, ook af van de aard en de omvang van het overgangsgebied. Het kan in bepaalde gevallen voor het ontwerp van de paalfundering en de keuze van het paaltype, nodig zijn lokaal het net van terreinproeven te verdichten.

#### *Wat als het grondonderzoek niet voldoet aan deze richtlijnen?*

Indien het grondonderzoek niet voldoet aan de voornoemde richtlijnen, geldt dat:

- Een definitief advies slechts kan worden opgesteld nadat het gehele grondonderzoek is afgerond cf. deze onderzoeksrichtlijnen.
- Zo nodig andere onderzoeksmethoden moeten worden overwogen, zoals bv slagsonderingen, boorsonderingen, mechanische boringen.
- Bij de verdere verwerking van de resultaten van het funderingsadvies er rekening mee dient te worden gehouden dat de bodem op de bouwplaats kan afwijken van hetgeen is aangetroffen tijdens onderhavig onderzoek. De resultaten dienen derhalve met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd.

#### Afstand WKO-boringen tot fundering

Bij de uitvoering van een mechanische boring direct naast een gebouw of constructie (zoals een viaduct, dijklichaam, spoor, weg, riolering, etc.) moet men rekening houden met mogelijke negatieve effecten op (de fundering van) deze bouwwerken of constructies als gevolg van de grondontspanning die de boring veroorzaakt. Deze grondontspanning ontstaat bij het plaatsen van een eventuele mantelbuis en bij het boorproces.

Schade aan gebouwen en constructies kan worden voorkomen, door de boring op veilige afstand hiervan te plaatsen. Conform de uitvoeringseisen uit SIKB Protocol 2101 "Mechanisch boren", versie 4.0 d.d. 1 februari 2018 geldt dat, tenzij anders overeengekomen, een boring op een afstand van minimaal  $10 \times$  de boorgatdiameter van een bestaand gebouw of constructie dient te worden geplaatst en  $15 \times$  de boorgatdiameter van een bekend c.q. gepland gebouw of constructie.

#### Grondwater

Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden moet de bodem van de sleuf of de put droog zijn, tenzij speciale maatregelen zijn genomen om uitspoeling van beton of bindmiddelen te voorkomen.

Wanneer de grondwaterstand te hoog is, kan mede afhankelijk van de waterdoorlatendheid van het toegepaste zand, de ondergrond en de gebruikte verdichtingsapparatuur, een "drijfzand"-situatie ontstaan. Een verlaging van de grondwaterstand is doorgaans middels een van de volgende drie bemalingsmethoden te realiseren:

- horizontale drains in en rond de bouwput
- korte (vacuüm)filters rondom de bouwput, h.o.h. 2 m geplaatst, met zuigleiding aan een zuigperspomp verbonden
- plaatsing van enige grote en diepe deepwell-pompputten met een flinke reikwijdte met betrekking tot de verlaging van de grondwaterstand.

Van geval tot geval dient dit apart te worden bekeken of een bemalingsadvies is vereist. De noodzaak hiertoe kan onder meer afhankelijk zijn van de ligging van de bouwplaats (binnen of buiten beschermd gebied), het verwachte onttrekkingsdebiet/waterbezwaar (aanvraag vergunningen bij overschrijding vergunningsgrens) en invloed naar de omgeving (aanwezigheid van monumentale panden, of bomen). Ons bureau kan hieromtrent nader adviseren en desgewenst en indien van toepassing de (MER-) vergunnings- of meldingsprocedure verzorgen.



#### Geotechnisch bodemonderzoek

- Sonderen in Nederland, België en Frankrijk, met (track)truck, minirups, demontabel en hand
- Sonderen op het water (met hefeiland)
- Dissipatieproeven
- Peilbuizen wegdrukken
- Mechanisch (puls)boren conform protocol 'Mechanisch boren' (2101)
- Handboren
- Geotechnische monitoring
- Waterdoorlatendheidsmetingen
- Palen akoestisch doormeten
- Onderzoek niet gesprongen explosieven (NGE)
- dGPS-metingen

#### Milieukunde

- Verkennend onderzoek
- Onderzoek naar asbest in de (water)bodem
- Nulsituatie-onderzoek
- Nader onderzoek
- Waterbodemonderzoek (monsternameboot)
- BUS-melding
- Saneringsplan
- Milieukundige begeleiding
- Second opinion
- Partijkeuring
- Bouwstoffenkeuring
- Onderzoek PFAS

#### Advies

- Funderingsadvies bebouwing, leidingen, constructies
- Geohydrologische modellering (bemaling, drainage, wateroverlast, barrièrewerking, etc.)
- Bemalingsadvies, bemalingsplan, monitoringsplan, vergunningsaanvraag, MER aanmeldnotitie
- Bouwputadvies, damwandberekeningen en -advies
- Zettings- en ophoogadvies
- Zettingsrisico's bemaling t.b.v. CAR-verzekering
- Stabiliteitsberekeningen taluds
- Infiltratiegeschiktheidsadvies, watertoetsadvies
- Analyse waterstanden, doorlatendheid, wateroverlast.
- GIS-toepassingen en geostatistiek
- Algemene expertise, controle grondverbetering

#### Laboratorium

- Classificatieproeven
- Foto's monsters en boringen
- Atterbergse grenzen (fallcone en Casagrande)
- Doorlatendheidsmetingen
- Samendrukkingsproeven, CRS
- Korrelverdeling, -vorm en afleiding k-waarden
- Triaxiaalproeven
- Directe afschuifproef (DS), Direct Simple Shear (DSS)
- Diverse RAW-proeven (o.a. 2, 9, 10, 11,13, 14, 28, 35)
- Opstellen analyseplan/-strategie



## Sondeerrapport

Project: Florijnlaan te Waddinxveen

Opdrachtgever: PNL B.V.

Datum rapport: 3-7-2023

Referentie: -

Inhoud: 1 Omschrijving werkzaamheden  
1 Tekening  
6 Sondeergrafieken  
1 Tabel met coördinaten

Projectnummer: 537

Versie rapport: 1.0

## Omschrijving werkzaamheden

Op 3 juli 2023 heeft PNL B.V. 6 sonderingen gemaakt. De onderzoeksopzet is bepaald door of namens de opdrachtgever. De locatie van het project bevindt zich aan Florijnlaan te Waddinxveen.

De resultaten van de sondering(en) worden weergegeven in de sondeergrafiek(en). De sonderingen zijn uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1, met een elektrische kleefmantelconus klasse 3.

De locaties van de sondering(en) en enkele referentiepunten zijn ingemeten met dGPS. De locaties zijn weergegeven op de tekening, de coördinaten zijn weergegeven in de Tabel met coördinaten.



▼ 04

▼ 05

▼ 03

▼ 06

▼ 02

▼ 01

✦ kolk 1

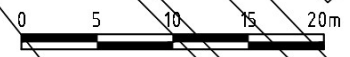
hart weg

✦ kolk 2

✦ put

✦ waterpeil

✦ kolk 3

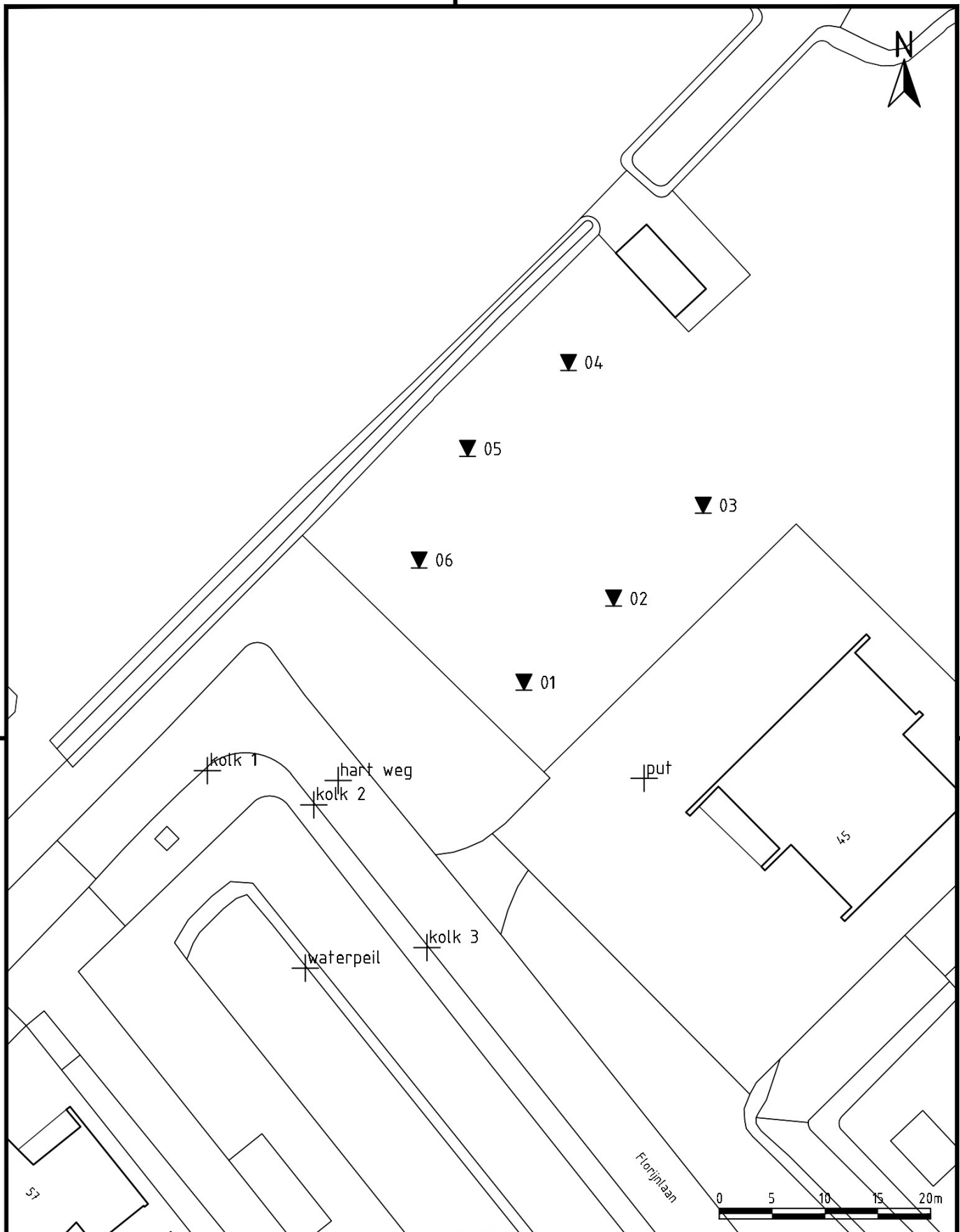


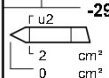
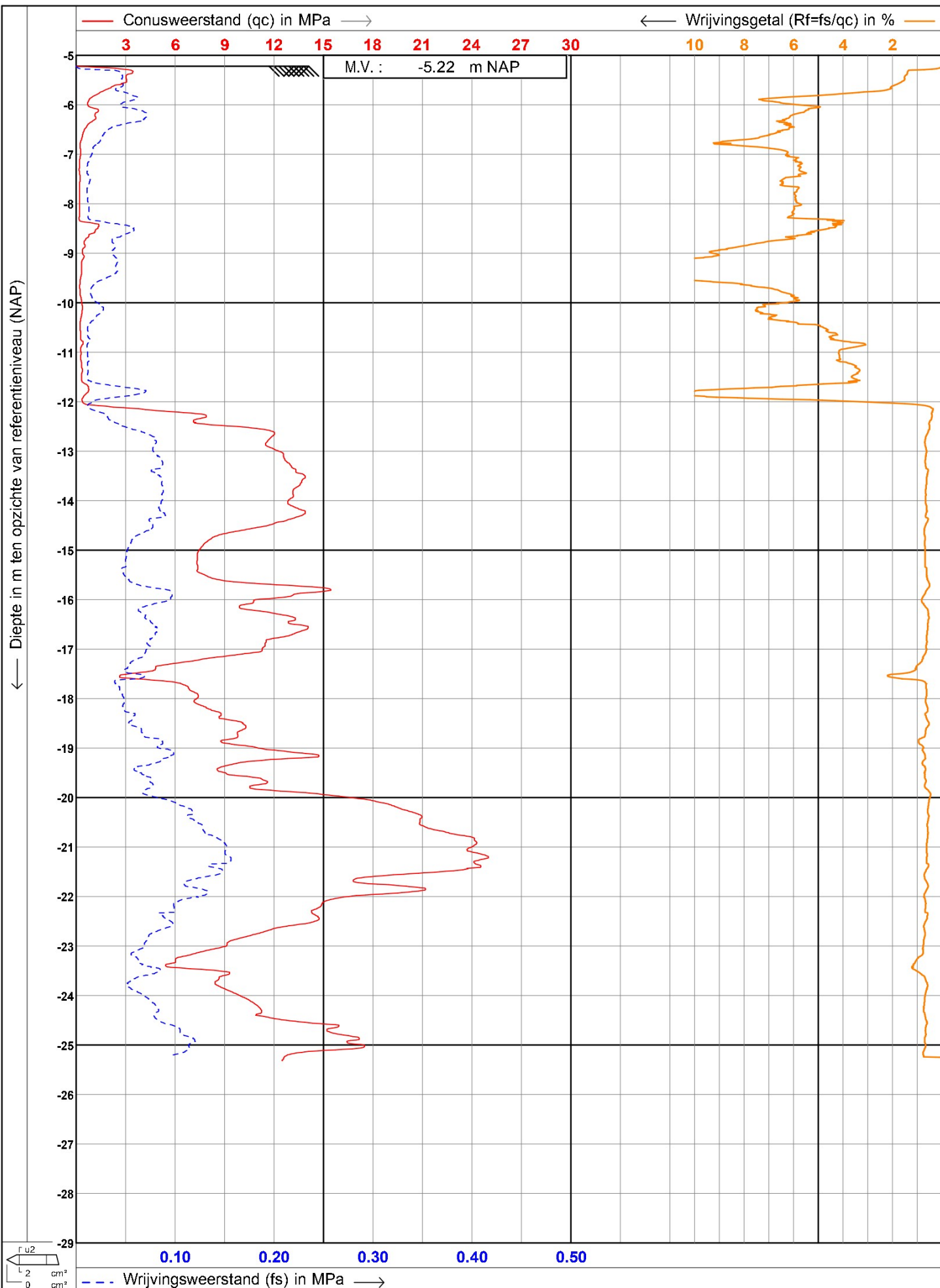
VERKLARING	
▼	sondering met kleef
▽	sondering niet uitgevoerd
⊗	sondering gestuit
●	handboring
✦	hoogtemeting



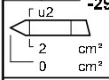
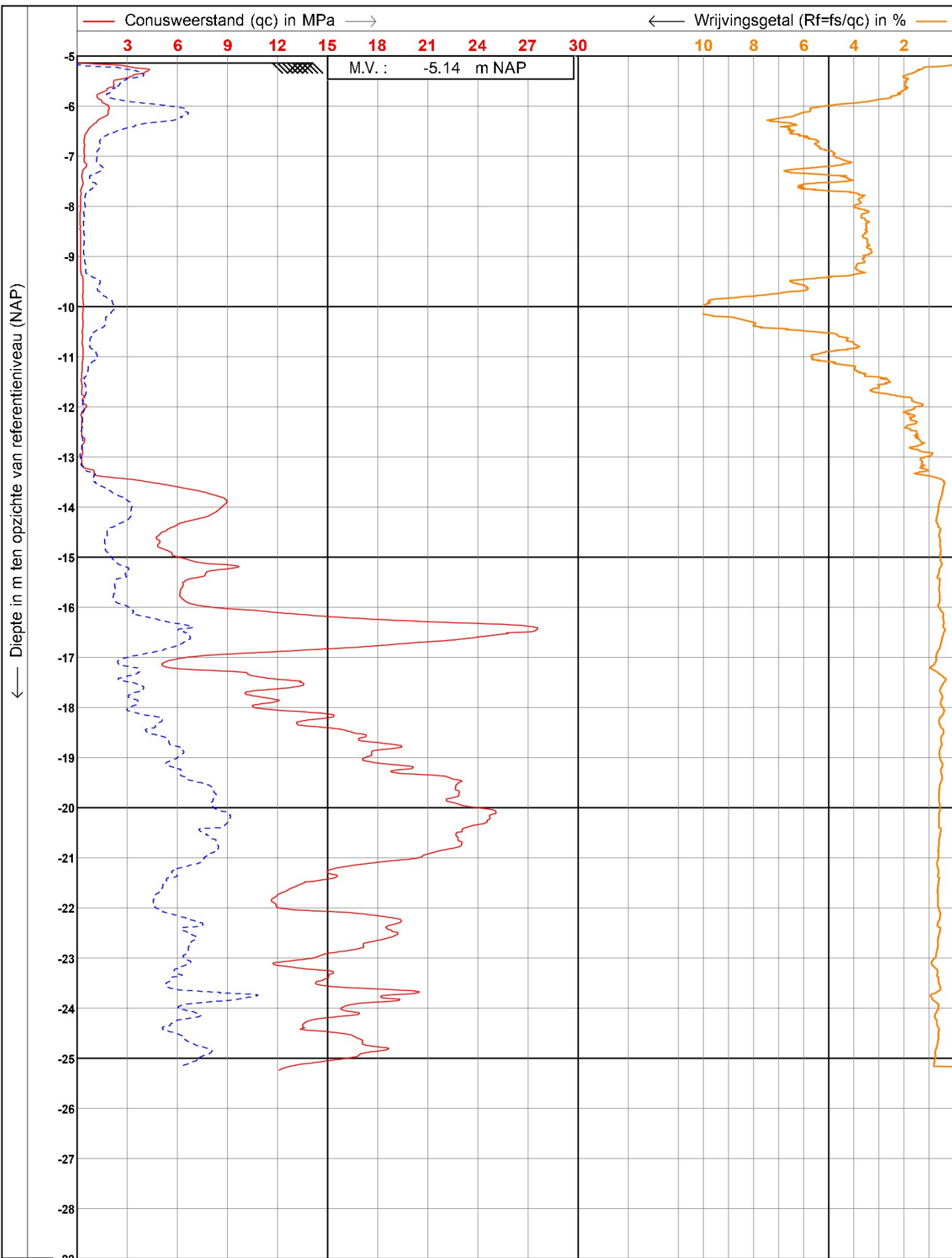
**SONDEERPLAN**  
 FLORIJNLAAN TE WADDINXVEEN  
 SONDERINGEN UITGEVOERD

PROJECTNR.: 537	MATEN IN METERS	
	FORMAAT: A4	SCHAAL: 1:500
	DATUM: 3-7-2023	



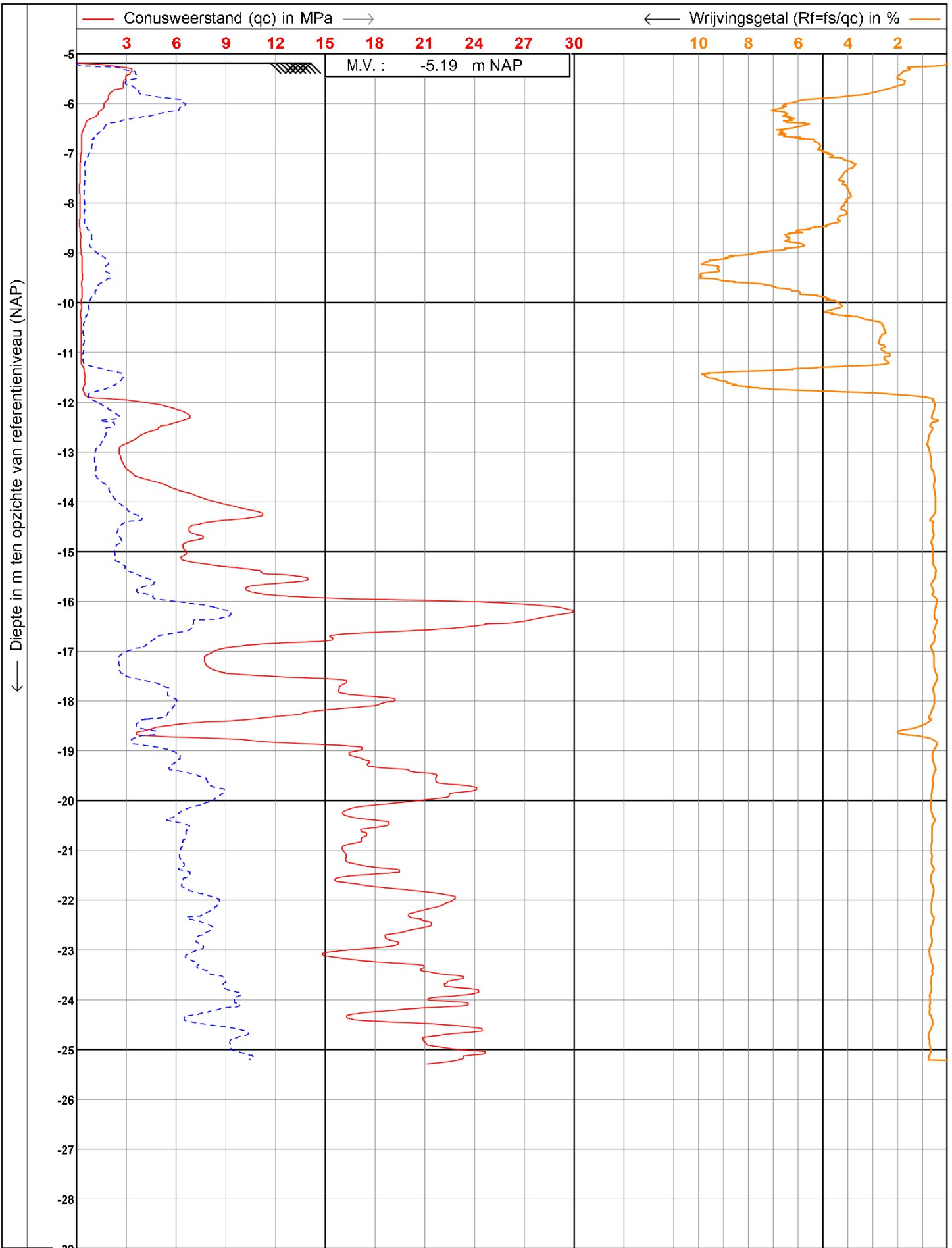


	Test according ISO 22476-1		Datum	: 3-7-2023	
	Project	: Geotechnisch bodemonderzoek		Conusnr.	: DP15-CFPTxy.70148
	Lokatie	: Florijnlaan, Waddinxveen		Projectnr.	: 537
			Sondeernr.	: 01	1/1



Test according ISO 22476-1  
 Project : **Geotechnisch bodemonderzoek**  
 Lokatie : **Florijnlaan, Waddinxveen**

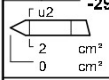
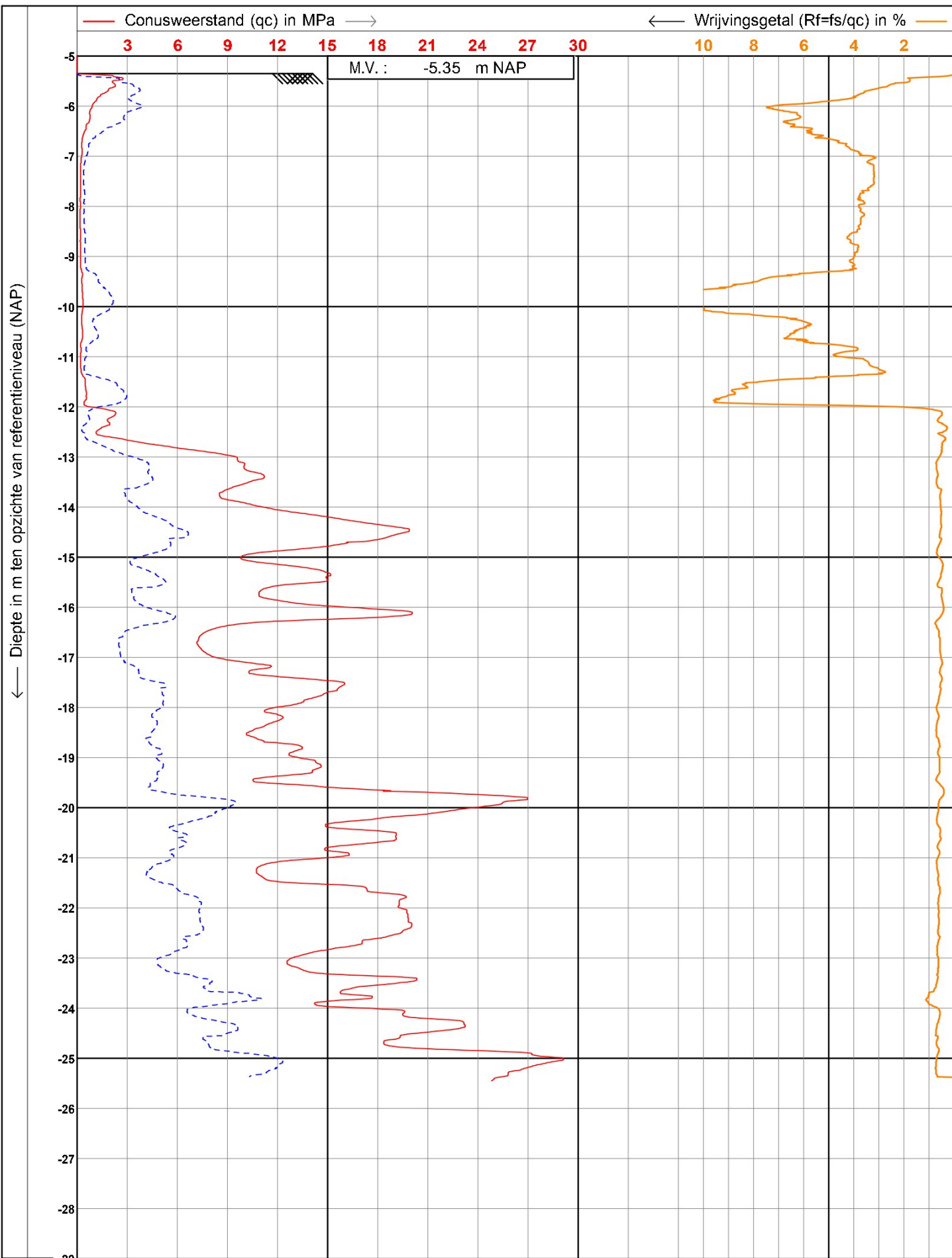
Datum	: 3-7-2023
Conusnr.	: DP15-CFPTxy.70148
Projectnr.	: 537
Sondeernr.	: 02
	1/1



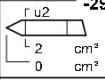
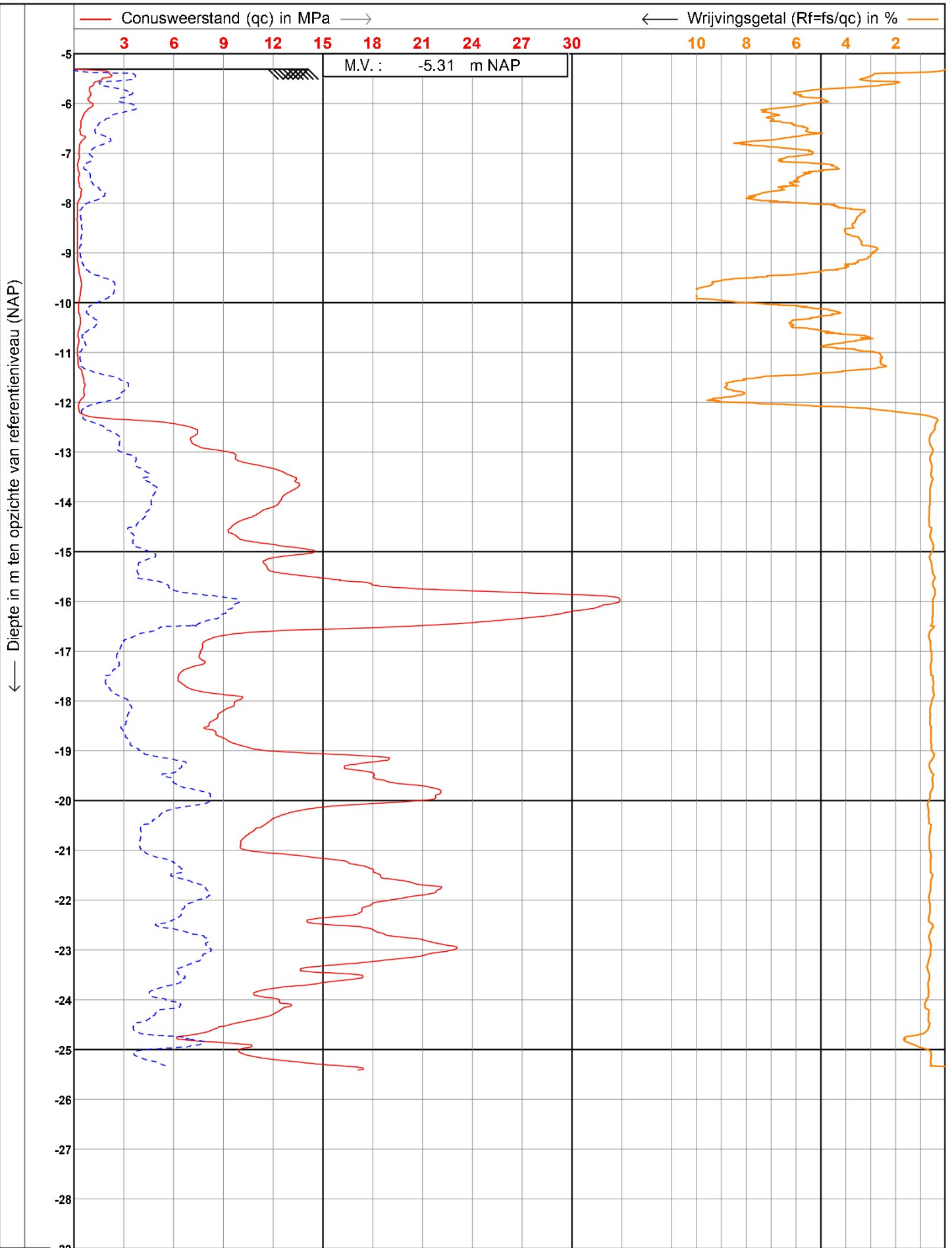
Test according ISO 22476-1  
 Project : **Geotechnisch bodemonderzoek**  
 Lokatie : **Florijnlaan, Waddinxveen**

Datum : **3-7-2023**  
 Conusnr. : **DP15-CFPTxy.70148**  
 Projectnr. : **537**  
 Sondeernr. : **03**      1/1

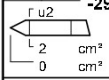
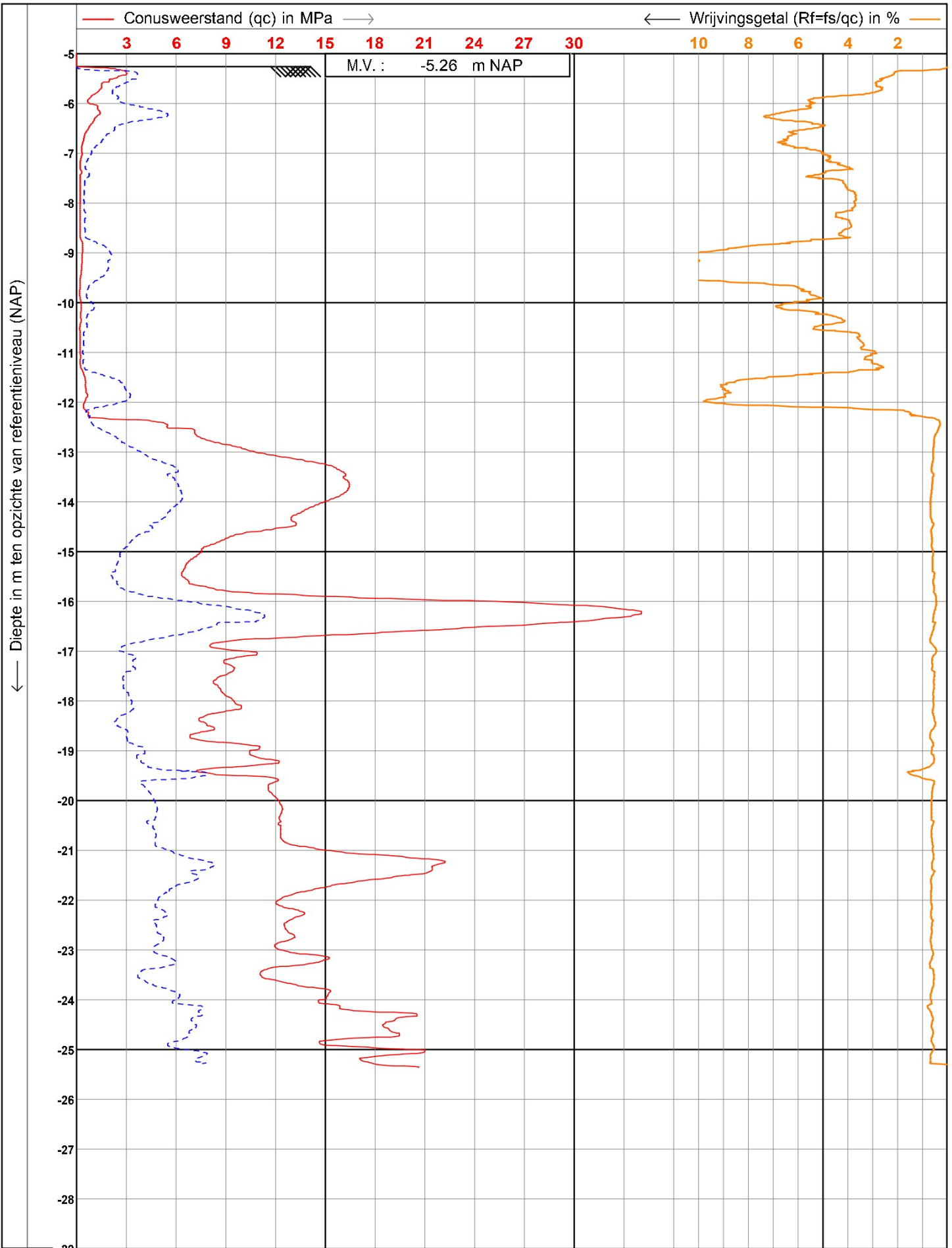




Test according ISO 22476-1		Datum	: 3-7-2023
Project	: Geotechnisch bodemonderzoek	Conusnr.	: DP15-CFPTxy.70148
Lokatie	: Florijnlaan, Waddinxveen	Projectnr.	: 537
		Sondeernr.	: 04
			1/1



	Test according ISO 22476-1		Datum : <b>3-7-2023</b>
	Project : <b>Geotechnisch bodemonderzoek</b>	Conusnr. : <b>DP15-CFPTxy.70148</b>	
	Lokatie : <b>Florijnlaan, Waddinxveen</b>	Projectnr. : <b>537</b>	
		Sondeernr. : <b>05</b>	<b>1/1</b>



Test according ISO 22476-1  
 Project : **Geotechnisch bodemonderzoek**  
 Lokatie : **Florijnlaan, Waddinxveen**

Datum	: 3-7-2023
Conusnr.	: DP15-CFPTxy.70148
Projectnr.	: 537
Sondeernr.	: 06
	1/1

## Tabel met coördinaten

In de onderstaande tabel zijn de ingemeten punten weergegeven. De coördinaten zijn aangegeven in Rijksdriehoekskoördinaten.

Locatie	Hoogte in m t.o.v. N.A.P.	X	Y	Opmerking
Sondering 01	-5,22	103526,82	450871,81	Grondwaterstand: 1,61 m - maaiveld
Sondering 02	-5,14	103535,30	450879,76	
Sondering 03	-5,19	103543,78	450888,56	
Sondering 04	-5,35	103531,04	450902,05	
Sondering 05	-5,31	103521,48	450893,92	Grondwaterstand: 1,54 m - maaiveld
Sondering 06	-5,27	103516,90	450883,37	
Hart weg	-5,02	103509,24	450862,48	
Kolk 1	-4,98	103496,84	450863,42	
Kolk 2	-4,98	103506,92	450860,17	
Kolk 3	-4,98	103517,63	450846,67	
Waterpeil	-6,05	103506,11	450844,73	
Put	-4,93	103538,19	450862,68	

### Opmerking:

*De hierboven aangegeven hoogten zijn indicatief, en uitsluitend bedoeld om inzicht te verkrijgen in de maaiveldhoogten van de meetpunten. Zonder verificatie van de gebruiker mogen deze hoogten niet gebruikt worden voor andere doeleinden.*