

Rapport:

FUNDERINGSADVIES

Nieuwbouw 22 appartementen, KVL Terrein

Oisterwijk

Opdrachtgever:

Van Santvoort Bouw BV
De Plank 89
5504 EE V

Constructeur:

Architect:

Kenmerk: 1668D

Rapportnummer:

Versie: 1

Rapportdatum:

5 januari 2021

Norm / richtlijn:

NEN 9997-1+C2:2017 nl

Auteur:

Controle:

Vrijgave:

13-1-2021


Inhoudsopgave

1	Projectbeschrijving	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Locatiegegevens	1
1.3	Plangegevens	1
1.3.1	Bouwplan	1
1.3.2	Verstreckte plangegevens	1
2	Onderzoeksprogramma	3
2.1	Veldonderzoek	3
2.2	Archief-/dossieronderzoek	3
2.3	Overleg / inventarisatie	3
3	Bodem, water en omgeving	4
3.1	Hoogte maaiveld	4
3.2	Bodem	4
3.2.1	Laagopbouw van de grond en de variaties daarvan op de planlocatie	4
3.2.2	Geologie van de planlocatie en omgeving	4
3.3	Water	4
4	Funderingsadvies	5
4.1	Keuze funderingstype	5
4.1.1	Vrijblijvend advies	5
4.1.2	Besluit funderingskeuze	6
4.1.3	Keuze subtype fundering op staal	6
4.2	Bekrachtiging funderingskeuze / toetsing grenstoestanden	6
5	Berekening fundering op staal	8
5.1	Uitgangspunten berekening	8
5.1.1	Rekenmethode	8
5.1.2	Geometrische gegevens	8
5.1.3	Geotechnische parameters (schematische bodemopbouw)	8
5.1.4	Opgegeven belast(seffect)en en vervormingseisen	8
5.2	Ontgravingsdiepte en grondverbetering	9
5.3	Rekenresultaten	10
6	Richtlijnen voor ontwerp, berekening en uitvoering	11
6.1	Algemeen	11
6.2	Aspecten uitvoering ontgraving / grondverbetering	11
6.3	Richtlijnen ontwerp / uitvoering kelder	11

Bijlagen

Bijlage 1: Berekeningsresultaten fundering op staal

Bijlage 2: Algemene richtlijnen uitvoering en ontwerp

Bijlage 3: Algemene eisen grondverbetering en verdichting

1 Projectbeschrijving

1.1 Inleiding

Door Lankelma Geotechniek Zuid B.V. is een grondonderzoek uitgevoerd voor het project "Nieuwbouw 22 appartementen, KVL Terrein te Oisterwijk". In onderhavig rapport wordt een funderingsadvies uitgewerkt voor dit project.

1.2 Locatiegegevens

De locatiekenmerken zijn samengevat in navolgende tabel.

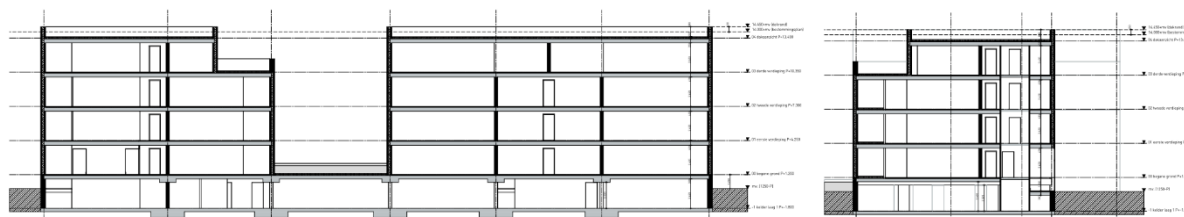
Locatie-eigenschap	Omschrijving / kenmerk (ten tijde van het onderzoek, tenzij anders vermeld)
Naam plan:	KVL
Plaats (gemeente):	Oisterwijk (Oisterwijk)
Provincie:	Noord-Brabant
RD-coördinaten [km]:	X: 141,07 / Y: 399,18
Bebouwing op de planlocatie:	onbebouwd
Bebouwing op de bouwplaats:	onbebouwd
Belendingen:	op enige afstand

1.3 Plangegevens

1.3.1 Bouwplan

De plankenmerken zijn samengevat in navolgende tabel.

Eigenschap	Omschrijving	Kenmerken, bijzonderheden, dimensies, opmerkingen
Type bouwplan:	nieuwbouw	
Type bebouwing:	appartementengebouw	grondvlak ca. 1200 m ²
Bouwlagen/dak:	4 / plat dak	zie Figuur 1.1
Kelder:	geheel onderkelderd	afmeting circa 25 × 60 m ²
Positionering:	vrijstaand	zie situatieschets in de rapportage grondonderzoek (hoofdstuk 2)



Figuur 1.1 Doorsnedes (bron: architect)

1.3.2 Verstrekte plangegevens

De kenmerken van de relevante, door of namens de opdrachtgever verstrekte tekeningen zijn weergegeven in navolgende tabel:

Aantal/ nummer	Soort	Tekenaar	Datum
1668D VO050	Plattegrond kelder	architect	15-9-2020
1668D VO100	Plattegrond begane grond	architect	15-9-2020
1668D VO110	Plattegrond verdiepingen	architect	15-9-2020
1668D VO130	Plattegrond topappartementen	architect	15-9-2020
1668D VO140	Plattegrond dakaanzicht	architect	15-9-2020
1668D VO200	Gevelaanzichten 1	architect	15-9-2020
1668D VO210	Gevelaanzichten 2	architect	15-9-2020
1668D VO300	Doorsneden	architect	15-9-2020
1668D VO390	Principedoorsnede	architect	15-9-2020

2 Onderzoeksprogramma

2.1 Veldonderzoek

Voor het opstellen van onderhavig rapport is gebruik gemaakt van de onderzoeksresultaten uit navolgende stukken¹.

Rapportnummer, -versie en -datum	Titel	Uitvoerende partij	Uitgevoerd onderzoek
1900852RG v1 19-4-2019	Nieuwbouw 22 appartementen, KVL Terrein te Oisterwijk	Lankelma Geotechniek Zuid B.V.	12 x sondering, 1 x boring hoogtemeting tov NAP

2.2 Archief-/dossieronderzoek

Teneinde inzicht te krijgen in de geologische bodemopbouw van de bouwplaats en omgeving zijn, beknopt, de (hydro)geologische gegevens geraadpleegd van Dinoloket (TNO). Het betreft met name de gegevens van het Landelijk model Regis II.2 en/of GeoTOP 1.3.

2.3 Overleg / inventarisatie

Teneinde te komen tot een optimale funderingskeuze is telefonisch / per mail overleg gepleegd met de constructeur.

¹ 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 11,21 m tot 11,42 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 tov NAP]	Dominante lithologie / samenstelling	Kenmerk / bijzonderheden
ca. 11 +	zand, humushoudend zand	
ca. 8,5 -	zand, matig vast tot vast, het hier en daar leemhoudende zandlagen en leemlagen	

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 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 -samenstelling kunnen hiervan afwijken.

Diepte tot* [m - NAP]	Formatienaam*	Kenmerken	Dominante lithologie
6	Boxtel	zeer uiteenlopende afzettingen uit het Midden/Laat-Pleistoceen en het Vroeg-Holoceen	zand met fijne korrelgrootte, met plaatselijk leem-, klei-, veen- of humusrijke lagen
46	Sterksel	rivierafzetting uit het Midden Pleistoceen en het laatste deel van het Vroeg Pleistoceen	grof zand en grind, soms keien

* Bron: Regis 2.2 en/of GeoTOP 1.3, TNO; de werkelijke dieptes en samenstelling kunnen hiervan afwijken

3.3 Water

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

Meetpunt [nr.]	Meetdiepte	Meetmoment [datum]	[relatief]	Waterspiegel ¹⁾ [m - mv] [m + NAP]	
B1 / D9	freatisch	16-4-2019	tijdens boren	3,20	8,09

- ¹⁾ Gemeten waterstanden zijn momentopnamen en dienen met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd, omdat:
- o waterniveaus gemeten direct na 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 seizoensafhankelijke factoren in de tijd zal fluctueren. Deze fluctuaties 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

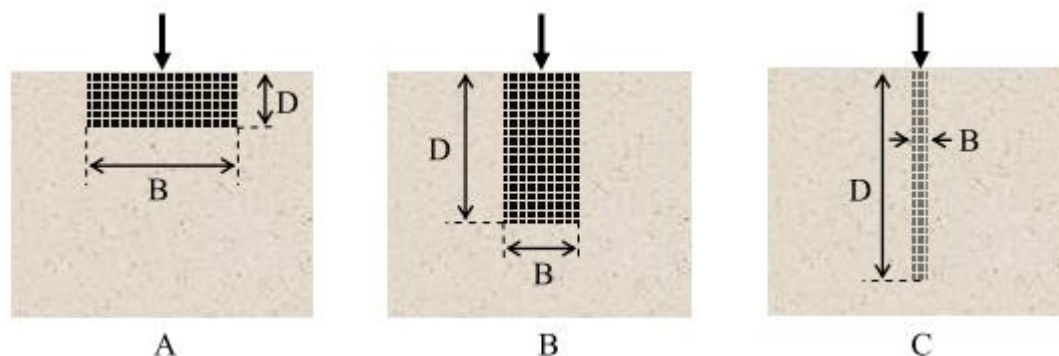
4.1 Keuze funderingstype

4.1.1 Vrijblijvend advies

Er zijn 3 hoofdtypen fundering, 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 geringe diepte goede, draagkrachtige bodemlagen aanwezig zijn. Bij samendrukbare bodem is het vaak niet goed mogelijk om een fundering op staal te realiseren, omdat de zettingen dan te groot zouden worden.
- diepfundering; tussenvorm palen en staal, met elementen met een diepte tussen circa 3 en $5 \times$ de breedte. Een diepfundering kan interessant zijn wanneer pas 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, bestaande uit elementen met een diepte $> 5 \times$ de breedte/diameter. Een fundering op palen wordt doorgaans toegepast in gebieden met slappe of heterogene bodem, bij uitbreiding van bestaande bebouwing (om zettingsverschillen te voorkomen) en/of bij zeer hoge funderingsbelastingen.

Een schematisch overzicht van de 3 hoofdtypen fundering 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 fundering is samengevat in navolgende tabel.

Aspect	Score* Fundering op staal	Diepfundering	Fundering op palen
inspanning nodig om draagkrachtige laag te bereiken	+	-	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/-
kosten (niet onderbouwde inschatting)	+	-	0
Totaalscore (= som plussen en minnen)	++	-	++

* toelichting score:

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

Rekening houdend met voorgaande is onzes inziens, vanuit geotechnisch oogpunt, geen duidelijke voorkeur voor een fundering op palen of een fundering op staal. Wanneer blijkt dat een diep ontgravingsniveau is vereist voor een fundering op staal, gaat, vanwege de aanwezigheid van verontreiniging, de voorkeur mogelijk uit naar een fundering op palen (mits deze grondverdringend worden aangebracht).

Opmerking

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

4.1.2 Besluit funderingskeuze

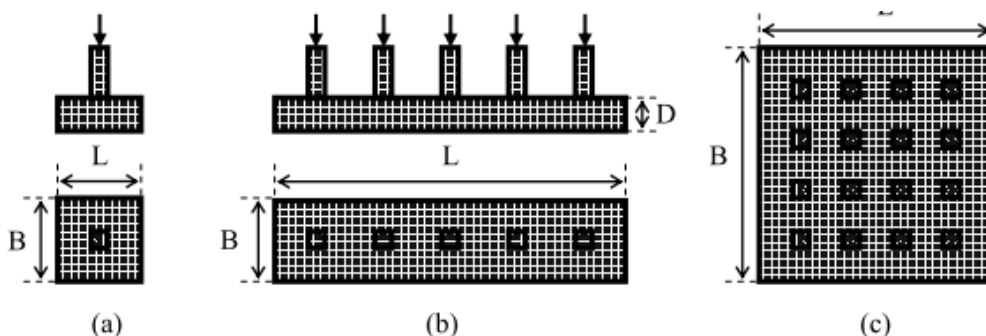
Na overleg met de constructeur wordt een fundering op staal nader uitgewerkt.

4.1.3 Keuze subtype fundering op staal

Een fundering op staal is een ondiepe funderingsconstructie die zorgt voor spreiding van de lijn- en/of puntlasten over een grotere oppervlakte. De 3 belangrijkste subtypen hiervan zijn:

- Poeren: kolommen of geprefabriceerde platen, meestal bestaande uit gewapende beton.
- Stroken: betonnen, meestal gewapende stroken.
- Plaatfundering: meestal integraal vlakke platen (al dan niet voorzien van vorstranden) of keldervloeren.

Een schematisch overzicht van de 3 subtypen is weergegeven in Figuur 4.2.



Figuur 4.2 Soorten funderingen op staal: (a) poeren, (b) stroken en (c) plaatfundering

Na overleg met de constructeur wordt uitgewerkt: een plaatfundering.

Opmerking plaatfundering

- In navolgende berekeningen worden de met wapening versterkte plaatgedeelten, waarover de lijn- en/of puntlasten worden gespreid, beschouwd als meewerkende funderingselementen (als richtwaarde wordt vaak een maat van circa $5 \times$ de vloerdikte aangehouden). Deze meewerkende oppervlakken worden verder in dit rapport aangeduid als meewerkende stroken en poeren. De afmetingen daarvan en de daartoe vereiste wapening dienen door de constructeur te worden bepaald aan de hand van de gegevens uit dit rapport.

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 toetsing plaatsvinden van de weerstand en 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 toetsing van bruikbaarheidsgrenstoestanden in de ondergrond of in een constructief onderdeel, element of constructieve verbinding moet of zijn 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 ($S_d \leq S_{req}$). Ongelijkmatige verplaatsingen van funderingen, die vervormingen in de ondersteunde constructie tot gevolg hebben, moeten zo zijn beperkt dat ze niet leiden tot een grenstoestand in de ondersteunde constructie.

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 (meewerkende) afmetingen en eventueel vereiste wapening, de benodigde draagkracht kan worden behaald.
- of de zettingsverwachting acceptabel is². Indien de berekende zetting onacceptabel is, wordt geadviseerd om na te gaan of er maatregelen te nemen zijn om de zettingen te beperken (bijvoorbeeld diepere grondverbetering, wijziging aanlegniveau of reductie van de grondspanning) of om een fundering op palen toe te passen.

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 ω en/of de relatieve rotatie β_x niet de waarde 1:300 mag overschrijden. Als eis voor de uiterste grenstoestand (UGT) type B wordt vaak een relatieve rotatie β van 1:100 aangehouden. In de regel zal derhalve de bruikbaarheidsgrenstoestand bepalend zijn.

² 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 staal

5.1 Uitgangspunten berekening

5.1.1 Rekenmethode

- In dit rapport worden de draagkracht en vervormingen bepaald van axiaal op druk belaste funderingselementen (stroken, poeren en plaatfundering) met statische of quasi-statische daarop werkende krachten en met een gronddekking van ten hoogste $5 \times$ de breedte van de basis van de fundering.
- De draagkracht en vervorming van de grond zijn berekend conform NEN 9997-1 H6, waarbij
 - de draagkrachtberekeningen zijn uitgevoerd voor de gedraineerde en eventueel de ongedraineerde toestand, doorponsen en squeezing.
 - in de zettingsberekeningen de belasting in beginsel wordt afgeleid van de maximale draagkracht van de bodem (tenzij anders afgesproken) en waarbij spanningsspreiding in rekening is gebracht met een spanningsconcentratiefactor $m_\sigma = 3$.
 - onmiddellijke zetting (s_0) ten gevolge afschuifvervorming en volumevermindering cf. § 6.6.2 verwaarloosbaar zijn gesteld.
 - Op de grondparameters zijn de partiële factoren γ_M toegepast van verzameling M2 en partiële factoren $\gamma_{R,v}$ volgens verzameling R3.
- Het project wordt ingedeeld in de geotechnische categorie 2 (GC2).

5.1.2 Geometrische gegevens

- Op basis van de verstrekte plangegevens (zie § 1.3.1) zijn de navolgende peilen aangenomen:

◦ Straatpeil	11,5 m + NAP
◦ Vloerpeil begane grond (circa 1,8 m + mv)	ca. 13,3 m + NAP
◦ Vloerpeil kelder	ca. 10,2 m + NAP
◦ Aanlegniveau kelder (ca. 1,9 m – mv)	ca. 9,7 m + NAP
- Voor de berekeningen is uitgegaan van een maximale grondwaterstand van 10,5 m + NAP en een minimale grondwaterstand van 7,5 m + NAP.
- De hoek van het maaiveld met de horizontaal is verwaarloosbaar gesteld.
- De draagkracht is onder meer afhankelijk van de gronddekking. Met gronddekking wordt bedoeld de minimale diepte van het aanlegniveau ten opzichte van de zich er direct naast bevindende grondslag (tijdens de levensduur van het bouwwerk, dus ook als deze slechts tijdelijk voorkomt). Bij een plaatfundering is geen directe zandaanvulling aanwezig, maar bestaat de gronddekking in beginsel uit de combinatie van het eigen gewicht van de betonvloer en de weerstand die de betonvloer levert tegen buiging. Bij kelders wordt door ons bureau gerekend met een gronddekking van maximaal 0,7 m.

5.1.3 Geotechnische parameters (schematische bodemopbouw)

Ten behoeve van de berekening van het draagvermogen van de ondergrond en de zettingen van de funderingselementen is een representatief bodemprofiel opgesteld op basis van het grondonderzoek. Vervolgens is gebruik gemaakt van tabel 2.b in NEN 9997-1 om de karakteristieke waarden van deze grondeigenschappen te bepalen.

Opmerking

- Er wordt aangenomen dat de oorspronkelijke, op natuurlijke wijze gesedimenteerde bodemopbouw aanwezig is. Indien de grond is geroerd of vergraven, kan het gedrag van de bodem significant anders zijn dan aangenomen.
- De gunstige invloed van grondverbetering is, uitgaande van uitvoering zoals beschreven in § 5.2, meegenomen in de berekening van de draagkracht en vervormingen.
- De grondontspanning die optreedt ten gevolge van de bouwputontgraving, is wel verdisconteerd in de zakkingsberekening.

5.1.4 Opgegeven belast(seffect)en en vervormingseisen

- Momenteel zijn er nog geen belastingen bekend bij ons bureau.

- Door de opdrachtgever/ontwerper van de constructie zijn geen gegevens verstrekt betreffende maximaal toelaatbare verplaatsing (s_{req}).

Algemene opmerking

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

5.2 Ontgravingsdiepte en grondverbetering

Rekening houdend met de uitgangspunten zoals weergegeven in § 5.1, wordt geadviseerd om de grond tot de in navolgende tabel aangegeven diepte te vervangen door een goed verdicht zandpakket (grondverbetering in de vorm van grondvervanging). Wanneer het aanlegniveau dieper is dan het geadviseerde ontgravingsniveau, dan hoeft daar geen grondverbetering te worden uitgevoerd en kan de fundering, na verdichting, direct op de aanwezige grondslag worden aangelegd.

Er zijn 2 situaties beschouwd:

- Maximale ontgraving: waarbij alle vermoedelijk leemhoudende lagen worden verwijderd. Bij deze ontgravingsdiepte is het risico op ontoelaatbare zettingen minimaal.
- Minimale ontgraving: waarbij slechts wordt ontgraven tot de eerste laag met voldoende draagkracht. Bij deze ontgravingsdiepte zal een zekere zetting optreden. Door de constructeur dient te worden beoordeeld of deze zetting acceptabel is.

Sondering [nr.]	Hoogte maaiveld [m + NAP]	Ontgravingsniveau tbv grondverbetering [m + NAP]	
		<i>Maximale ontgraving</i>	<i>Minimale ontgraving</i>
D1	11,42	9,3	9,3
D2	11,41	8,8	9,4
D3	11,41	9,7	9,7
D4	11,38	9,4	9,4
D5	11,42	8,2	9,7
D6	11,41	8,7	9,5
D7	11,22	8,2	8,7
D8	11,33	8,7	8,7
D9	11,29	8,7	9,0
D10	11,28	8,6	9,5
D11	11,23	8,7	9,7
D12	11,21	8,7* (8,0)	9,7

* indien leem aanwezig is op deze diepte, wordt geadviseerd dieper te ontgraven, tot maximaal de tussen haakjes aangegeven diepte. Door de lage grondwaterstand tijdens uitvoering van de sonderingen kan niet met zekerheid worden gesteld of dit het geval is. Aanvullend grondonderzoek (handboringen) zou hier eventueel uitsluitsel over kunnen geven.

Tussen de sonderingen moet tot dezelfde grondslag worden ontgraven zoals is aangetroffen ter plaatse van de aangrenzende sonderingen met het diepste ontgravingsniveau. Wanneer visueel het verloop van de laag is vast te stellen kan als ontgravingsniveau tussen de sonderingen het laagverloop worden aangehouden. Bestaat de onderste 0,2 à 0,4 meter uit los gepakt goed te verdichten zand dan behoeft dit niet te worden verwijderd maar kan, indien de vochtigheidsgraad dit toelaat, direct worden verdicht.

Wanneer op het ontgravingsniveau ten behoeve van de fundering insluitingen van slechte grond of andere ongewenste zaken zijn vastgesteld, moeten de ongewenste insluitingen tot de vaste natuurlijke grondslag worden vervangen door zand of door een materiaal dat ten minste de eigenschappen qua draagkracht en vervorming heeft die als uitgangspunten voor het ontwerp zijn gebruikt. Ongewenste zaken onder een funderingselement kunnen zijn:

- cohesieve afzettingen (klei, veen);
- vegetatieresten (wortels, boomstronken);
- oude waterlopen;
- oude funderingen, putten, buizen e.d.

Voor de berekeningen wordt ervan uitgegaan dat de uitvoering van de grondverbetering voldoet aan de eisen zoals gesteld in NEN 9997-1 H5 en eventuele aanvullende zoals vermeldt in dit rapport.

5.3 Rekenresultaten

De rekenresultaten zijn weergegeven in Bijlage 1; STB A (maximale ontgraving) en B (minimale ontgraving), met nummering:

- 1 Grondparameters, materiaalfactoren en overige uitgangspunten.
- 2 Poeren (meewerkend): Draagkracht en maximale funderingsdruk
- 3 Poeren (meewerkend): Zakkingen en beddingscoëfficiënten
- 4 Last-zakkingdiagrammen voor (meewerkende) poeren
- VBL Voorbeeldberekening

Opmerking

- Door de diepe grondwaterstand tijdens het grondonderzoek, is het mogelijk dat (slappe) leemlagen niet goed zijn detecteert. Er bestaat dus een zeker risico dat tijdens de uitvoering van het grondwerk (indien wordt gekozen voor een minimale ontgraving) meer leem wordt aangetroffen dat verondersteld. Vanwege de aanwezigheid van verontreiniging kan dan niet zonder meer dieper worden gegraven. Geadviseerd wordt om hier rekening mee te houden.
- Als gevolg van een mogelijke heterogeniteit van de ondergrond en uitvoeringsonvolkomenheden moet, voor toetsing van de vervorming, worden gerekend met een zakkingsverschil (ΔS_d) tussen twee afzonderlijk op staal gefundeerde elementen van in beginsel tenminste 50 % van de gemiddelde waarde van de zakking van de funderingselementen.

6 Richtlijnen voor ontwerp, berekening en uitvoering

6.1 Algemeen

- Voor richtlijnen en aandachtspunten voor uitvoering en ontwerp, wordt verwezen naar Bijlage 2.
- Eventuele terreinophogingen dienen voor of uiterlijk tijdens de funderingswerkzaamheden worden aangebracht.

6.2 Aspecten uitvoering ontgraving / grondverbetering

- Voor richtlijnen en eisen omtrent de uitvoering en controle van grondverbetering en verdichting wordt verwezen naar Bijlage 3.
- Grondverbetering moet ten minste het gebied bestrijken, waarin de belasting zich onder een hoek van 45° spreidt. De laagdikte van de te verdichten laag dient bij voorkeur hooguit 30 centimeter te bedragen, waarbij het grondwater zicht ten minste 0,5 m onder de te verdichten laag bevindt. Vervolgens dient de ontgraven bouwputbodem te worden aangetrild. De uitvoering van de grondverbetering dient te voldoen aan de eisen zoals gesteld in NEN 9997-1.

6.3 Richtlijnen ontwerp / uitvoering kelder

- Om lekkage te voorkomen wordt geadviseerd de kelderwanden tot boven de hoogste grondwaterstand eveneens uit te voeren in gewapend beton.
- Geadviseerd wordt na te gaan of in de meest ongunstige situatie (ook tijdens de bouwfase) het eigen gewicht van de constructie (exclusief de veranderlijke belasting) voldoende is om de opwaartse waterdruk, t.g.v. de hoogste grondwaterstand, tegen de onderkant van de kelder te compenseren.
- Indien het eigen gewicht niet voldoende is dan kan (alleen bij kleine kelders) overwogen worden de keldervloer buiten de wanden te laten uitsteken, waarna een verdichte zandaanvulling wordt aangebracht. Voor de evenwichtsberekening kan het gewicht hiervan worden meegenomen.
- Bouwputaspecten zoals bijvoorbeeld bemaling, taludstabiliteit, grondkering en de eventuele randvoorwaarden die deze aspecten direct of indirect stellen aan het bouwplan vallen buiten het kader van onze opdracht en worden dus niet behandeld.

Bijlage 1 : Berekeningsresultaten fundering op staal

Berekening draagvermogen en zetting voor funderingen op staal volgens NEN 9997-1

Bepaling van de weerstand tegen belasting in de uiterste grenstoestand en zetting in de bruikbaarheidsgrenstoestand middels analytische methode.

Grondparameters

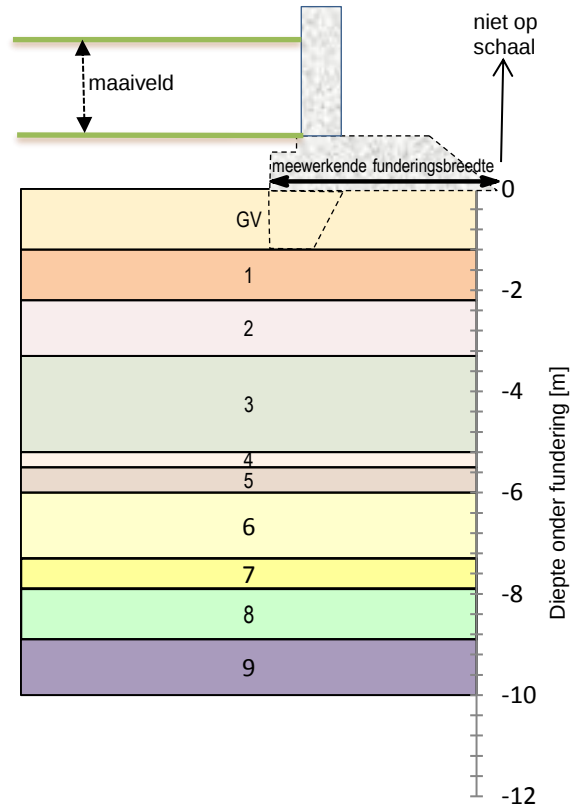
De representatieve waarden van de grondparameters van de verschillende bodemlagen zijn op basis van het grondonderzoek ingeschat aan de hand van tabel 2.b uit de NEN 9997, eventueel i.c.m. algemene/locale kennis en ervaring.

<u>Materiaalfactoren</u>	draagkracht	zakking
- Volumiek gewicht	1,1	1
- Tangent hoek inwendige wrijving	1,15	1
- Ongedraineerde schuifsterkte	1,35	1
- Cohesie	1,6	1

Uitgangspunten project (berekeningsaannamen)

Oorspronkelijke maaiveldhoogte	11,30 [m tov NAP]
Toekomstige maaiveldhoogte	11,30 [m tov NAP]
Hoek maaiveld met horizontaal	0,0 [°]

Aanlegniveau fundering	9,70 [m tov NAP]
Hoge grondwaterstand	10,5 [m tov NAP]
Lage grondwaterstand	7,5 [m tov NAP]
Pre-overburden pressure (POP)	2,0 [kN/m ²]
Volumiek gewicht gronddekking droog / nat	18/ 20 [kN/m ³]
maatgevend gestelde dikte gronddekking	0,70 [m]



figuur 1.1 - Schematisatie van de bodemopbouw

Opmerking t.a.v. grondverbetering

De gunstige invloed van grondverbetering is, in afwijking op NEN 9997, verdisconteerd in de draagkracht. De bodem van de ontgraving moet hierbij wel een zodanige breedte hebben dat deze buiten het spanningsspreidingsgebied van de fundering ligt, uitgaande van een belastingspreiding onder 45°.

tabel 1.2 - representatieve waarden van de gehanteerde grondparameters voor de oorspronkelijke bodemopbouw

[illegible]

tabel 1.3 - representatieve waarden van de gehanteerde grondparameters voor grondverbetering en/of ophoging

GV	8,50	18,0	20,0	32,5	0,0	0,0	0,004	0,000	1,00
----	------	------	------	------	-----	-----	-------	-------	------

Symbolen en eenheden

γ	volumieke gewicht van grond (natuurlijk)	kN/m ³	t	gronddekking	m
γ_{sat}	volumieke gewicht van verzadigde grond	kN/m ³	$\sigma'_{\text{max;d}}$	rekenwaarde funderingsdruk	kPa
ϕ'	effectieve hoek van inwendige wrijving	°	R_d	rekenwaarde verticale draagkracht	kN
c'	effectieve cohesie	kN/m ²	S_1	primaire zakking	mm
c_{undr}	ongedraineerde schuifsterkte	kN/m ²	S_2	secundaire zakking	mm
CR	Compression ratio (= $C_c/(1+e_0)$)	-	s	totale zakking	mm
C_α	secundaire samendrukkingsindex	-	$k_{v;d}$	rekenwaarde statische beddingscoëfficiënt	kN/m ²
e_0	poriëngetal van de grond	-			

* De grondontspanning die optreedt ten gevolge van de bouwputontgraving, is WEL verdisconteerd in de zakkingsberekening

Draagvermogen voor (meewerkende) poerenfundering volgens NEN 9997-1

Berekening van de weerstand tegen belasting loodrecht op het oppervlak van de fundering volgens NEN 9997 H6.
Voor zand en grind wordt enkel de gedraineerde toestand beschouwd, voor klei, silten en andere grondsoorten worden zowel de gedraineerde als de ongedraineerde toestand onderzocht. In tabel 2.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 2.1 - Rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht

Poerafmeting		Rekenwaarde maximale funderingsdruk in verschillende toestanden**				toelaatbare funderingsdruk*	rekenwaarde weerstand tegen belasting*
B	L	$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]				$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]	R_d [kN]
[m]	[m]	Ongedrain.	Gedraineerd	Doorponsen	Squeezing		
0,40	0,40	n.v.t.	188	n.v.t.	n.v.t.	188	30
0,50	0,50	n.v.t.	193	n.v.t.	n.v.t.	193	48
0,60	0,60	n.v.t.	197	n.v.t.	n.v.t.	197	71
0,70	0,70	n.v.t.	202	n.v.t.	n.v.t.	202	99
0,80	0,80	n.v.t.	207	n.v.t.	n.v.t.	207	133
0,90	0,90	n.v.t.	210	n.v.t.	n.v.t.	210	170
1,00	1,00	n.v.t.	211	n.v.t.	n.v.t.	211	211
1,20	1,20	n.v.t.	211	n.v.t.	n.v.t.	211	304
1,40	1,40	n.v.t.	211	n.v.t.	n.v.t.	211	413
1,60	1,60	n.v.t.	210	n.v.t.	n.v.t.	210	539
1,80	1,80	n.v.t.	212	n.v.t.	n.v.t.	212	686
2,00	2,00	n.v.t.	214	n.v.t.	n.v.t.	214	856
2,20	2,20	n.v.t.	217	n.v.t.	n.v.t.	217	1051
2,40	2,40	n.v.t.	221	n.v.t.	n.v.t.	221	1272
2,60	2,60	n.v.t.	226	n.v.t.	n.v.t.	226	1526
2,80	2,80	n.v.t.	232	n.v.t.	n.v.t.	232	1816
3,00	3,00	n.v.t.	238	n.v.t.	n.v.t.	238	2144
3,20	3,20	n.v.t.	245	n.v.t.	n.v.t.	245	2512

* Bij permanente gronddekking: 0,7 m

** De maatgevende toestand is dik gedrukt

Voor de maatgevende toestand worden in tabel 2.2 de rekenwaarden maximale funderingsdruk en het draagvermogen weergegeven bij verschillende dikten van gronddekking (indien van toepassing).

tabel 2.2 - Rekenwaarde maximale funderingsdruk en draagkracht bij aangegeven dikte gronddekking

Poerafmeting		Rekenwaarde maximale funderingsdruk				Rekenwaarde weerstand tegen belasting*			
B	L	$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]				R_d [kN]			
[m]	[m]								
Gronddekking [m] →		0,40	0,50	0,60	0,70	0,40	0,50	0,60	0,70
0,40	0,40	116	140	164	188	18	22	26	30
0,50	0,50	120	144	169	193	30	36	42	48
0,60	0,60	125	149	173	197	45	54	62	71
0,70	0,70	130	154	178	202	64	75	87	99
0,80	0,80	135	159	183	207	86	102	117	133
0,90	0,90	138	162	186	210	112	131	151	170
1,00	1,00	140	164	188	211	140	164	188	211
1,20	1,20	143	166	189	211	206	239	271	304
1,40	1,40	144	167	189	211	283	326	370	413
1,60	1,60	146	168	189	210	374	429	484	539
1,80	1,80	149	170	191	212	482	550	618	686
2,00	2,00	152	173	193	214	609	691	774	856
2,20	2,20	156	176	197	217	755	854	952	1051
2,40	2,40	160	181	201	221	924	1040	1156	1272
2,60	2,60	166	186	206	226	1121	1256	1391	1526
2,80	2,80	172	192	212	232	1347	1503	1660	1816
3,00	3,00	178	198	218	238	1606	1785	1965	2144
3,20	3,20	185	205	225	245	1899	2103	2308	2512

Zakkingsberekening voor poerenfundering volgens NEN 9997-1

Berekening van de zakking van de bovenkant van het funderingselement, waarbij de gebruiksbelasting (V) is afgeleid van het draagvermogen (belastingfactor =1,0) of een opgegeven maximum betreft. Submerging is verdisconteerd in deze berekening. De beddingscoëfficiënten zijn afgeleid van vermelde primaire zakkings.

In tabel 3.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

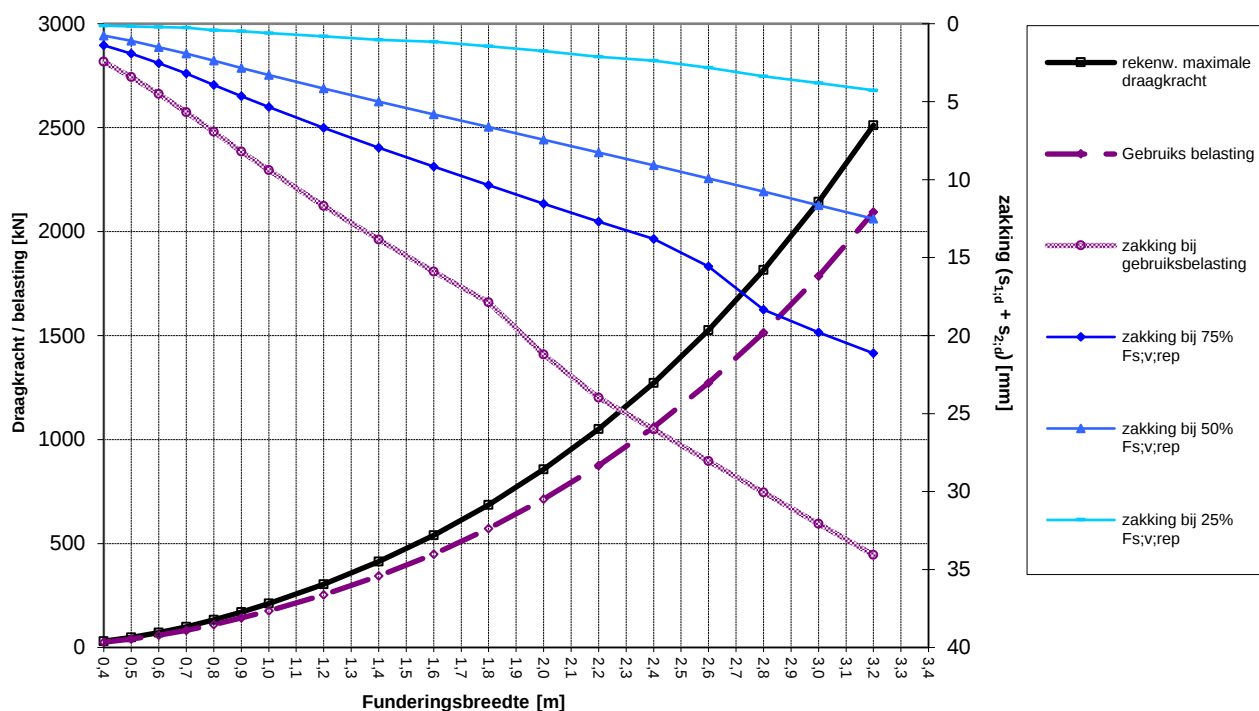
tabel 3.1 - Rekenwaarden zakking en statische beddingscoëfficiënt (gronddekking 0,7 m)

Poerafmeting		Gebruiks belasting	Primaire zakking	Secundaire zakking*	Totale zakking	Statische beddingscoëfficiënt	Extra zakking tgv ophoging
B [m]	L [m]	V [kN]	S_1 [mm]	S_2 [mm]	S_d [mm]	$k_{v,d}$ [kN/m ³]	S_{extra} [mm]
0,40	0,40	25	2,4	0,0	2,4	49400	0,0
0,50	0,50	40	3,4	0,0	3,4	36400	0,0
0,60	0,60	59	4,5	0,0	4,5	28200	0,0
0,70	0,70	83	5,7	0,0	5,7	22800	0,0
0,80	0,80	110	6,9	0,0	6,9	19300	0,0
0,90	0,90	142	8,2	0,0	8,2	16500	0,0
1,00	1,00	176	9,4	0,0	9,4	14500	0,0
1,20	1,20	254	11,7	0,0	11,7	11600	0,0
1,40	1,40	344	13,9	0,0	13,9	9800	0,0
1,60	1,60	449	15,9	0,0	15,9	8500	0,0
1,80	1,80	572	17,9	0,0	17,9	7600	0,0
2,00	2,00	713	20,2	1,0	21,2	6800	0,0
2,20	2,20	876	22,5	1,5	24,0	6200	0,0
2,40	2,40	1060	24,5	1,5	26,0	5800	0,0
2,60	2,60	1272	26,5	1,5	28,0	5500	0,0
2,80	2,80	1514	28,5	1,5	30,0	5300	0,0
3,00	3,00	1787	30,6	1,5	32,1	5000	0,0
3,20	3,20	2093	32,5	1,5	34,0	4900	0,0

* Berekend cf. NEN 9997 (spanningsonafhankelijk, dag 30 - ∞)

Draagkracht- en zakkingsgrafiek

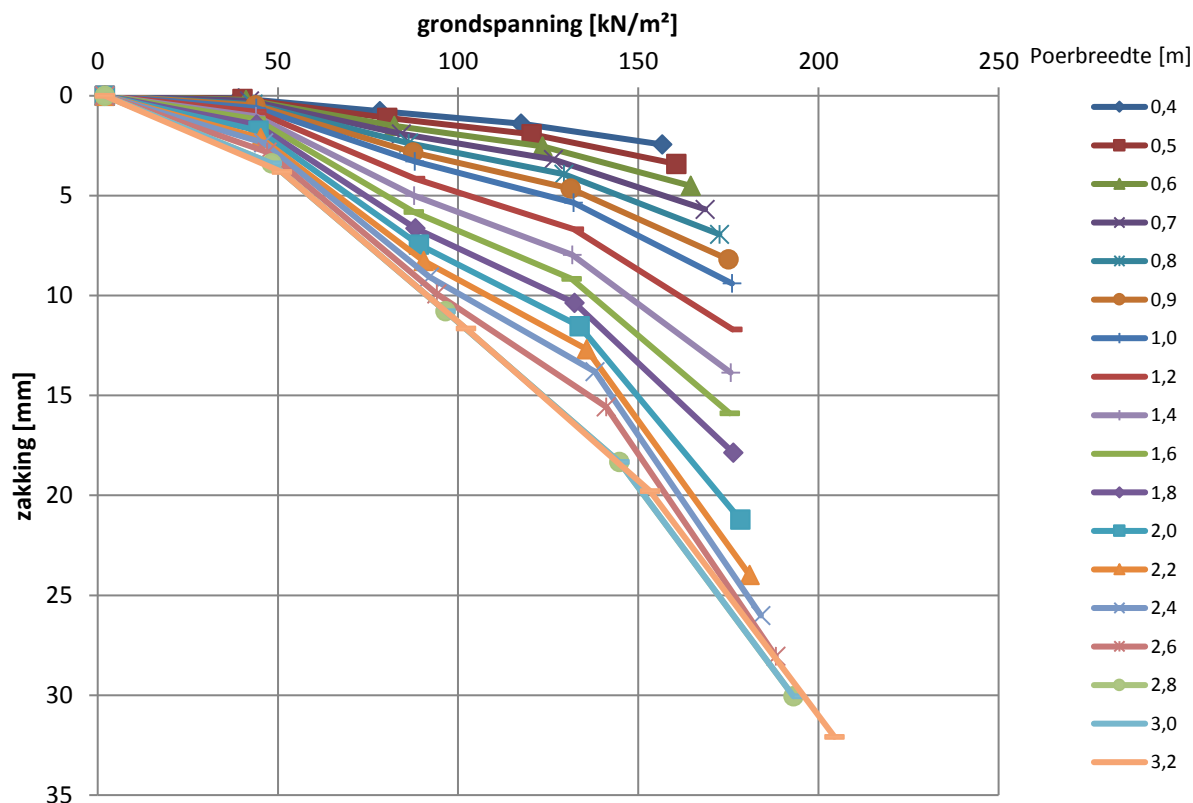
In de onderstaande draagkracht - zakkingsgrafiek zijn de zakkings weergegeven bij verschillende momentane belastingen en funderingsbreedten. Voor de eventueel bijbehorende funderingslengte wordt verwezen naar tabel 3.1



Poeren

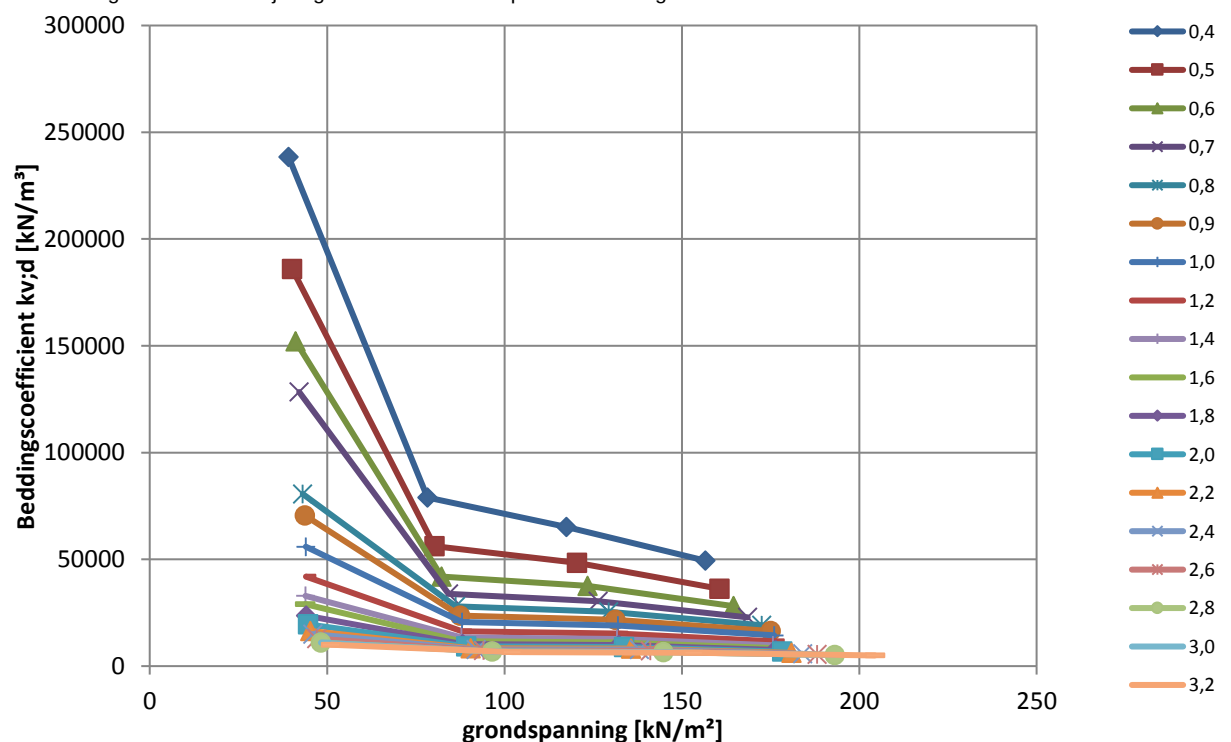
Last-zakkingsdiagram

In de onderstaande last - zakkingsgrafiek zijn de zakkings (prim. + sec.) weergegeven bij verschillende gronddrukken en funderingsbreedten.



Statische beddingscoëfficiënten

De beddingscoëfficiënten zijn afgeleid van vermelde primaire zakkings.



Voorbeeldberekening

Berekening maximale draagkracht (gedraineerd)

	stroken	poeren		
Funderingsafmetingen rekenvoorbeeld	1,0	1,0	X	1,0 [m]
Effectieve funderingsafmeting voor draagkracht	1,0	1,0	X	1,0 [m]

Parameters	Berekende waarden		
	Stroken	Poeren	
$\phi_{e;d}$	28,73	28,73	[°]
$\gamma'_{e;d}$	7,99	7,99	[kN/m³]
$c'_{e;d}$	0,00	0,00	[kPa]
N_c	27,28	27,28	[-]
s_c	1,00	1,51	[-]
i_c	1,00	1,00	[-]
λ_c	1,00	1,00	[-]
N_q	15,96	15,96	[-]
s_q	1,00	1,48	[-]
i_q	1,00	1,00	[-]
λ_q	1,00	1,00	[-]
N_y	16,40	16,40	[-]
s_y	1,00	0,70	[-]
i_y	1,00	1,00	[-]
λ_y	1,00	1,00	[-]
Invloedsbreedte	3,93	3,93	[m]
Invloedsdiepte	1,48	1,48	[m]
Rekenwaarde maximale funderingsdruk ($\sigma'_{\max;d}$)	177,19	211,23	[kN/m²]

Berekening zakking

	stroken	poeren		
Funderingsafmetingen rekenvoorbeeld	1,0	1,0	X	1,0 [m]
Beschouwde belasting	148	176		[kN]
Berkende invloedsdiepte*	2,3	5,5		[m tov NAP]
Berekende zetting	11,8	9,4		[mm]

Bodemlaag diepte tot [m tov NAP]	ongedrain.		Percentage zakking bij voorbeeldberekening			
			Stroken		Poeren	
			primaire	secundaire	primaire	secundaire
7,5			78%	0%	92%	0%
6,4			10%	0%	7%	0%
4,5			3%	0%	1%	0%
4,2	1		5%	100%	0%	0%
3,7			2%	0%	0%	0%
2,4			2%	0%	0%	0%
1,8			0%	0%	0%	0%
0,8			0%	0%	0%	0%
-0,3			0%	0%	0%	0%

Tijd-zakkingsverloop		
direct optredende zakking:	95%	100%
tijds-afhankelijke zakking **:	5%	0% in 0 jaar oftewel 1 dagen

*De grondlagen (verdeeld in sublagen van 0,1 m) zijn in beschouwing genomen tot een diepte, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning ($\Delta\sigma'_{v;z}$) in het laagmidden, groter is dan 20 % van de oorspronkelijke verticale effectieve spanning. Spanningsspreiding is hierbij verrekend volgens NEN 9997-1 (methode Boussinesq).

** het betreft hier een grove inschatting van de benodigde tijd voor de primaire zakking (T100) op basis van geschatte C_v waarden.

Berekening draagvermogen en zetting voor funderingen op staal volgens NEN 9997-1

Bepaling van de weerstand tegen belasting in de uiterste grenstoestand en zetting in de bruikbaarheidsgrenstoestand middels analytische methode.

Grondparameters

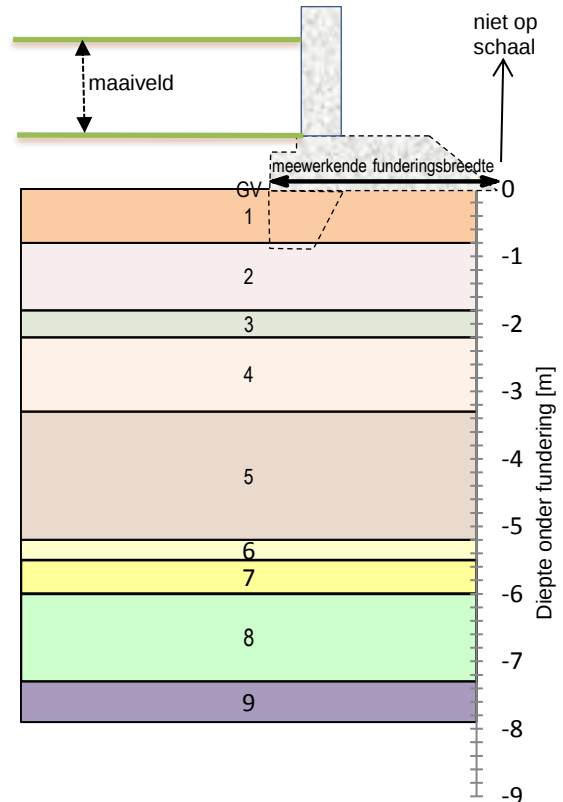
De representatieve waarden van de grondparameters van de verschillende bodemlagen zijn op basis van het grondonderzoek ingeschat aan de hand van tabel 2.b uit de NEN 9997, eventueel i.c.m. algemene/locale kennis en ervaring.

Materiaalfactoren

	draagkracht	zakking
- Volumiek gewicht	1,1	1
- Tangent hoek inwendige wrijving	1,15	1
- Ongedraineerde schuifsterkte	1,35	1
- Cohesie	1,6	1

Uitgangspunten project (berekeningsaannamen)

Oorspronkelijke maaiveldhoogte	11,30 [m tov NAP]
Toekomstige maaiveldhoogte	11,30 [m tov NAP]
Hoek maaiveld met horizontaal	0,0 [°]
Aanlegniveau fundering	9,70 [m tov NAP]
Hoge grondwaterstand	10,5 [m tov NAP]
Lage grondwaterstand	7,5 [m tov NAP]
Pre-overburden pressure (POP)	2,0 [kN/m²]
Volumiek gewicht gronddekking droog / nat	18/ 20 [kN/m³]
maatgevend gestelde dikte gronddekking	0,70 [m]



figuur 1.1 - Schematisatie van de bodemopbouw

Opmerking t.a.v. grondverbetering

De gunstige invloed van grondverbetering is, in afwijking op NEN 9997, verdisconteerd in de draagkracht. De bodem van de ontgraving moet hierbij wel een zodanige breedte hebben dat deze buiten het spanningsverspreidingsgebied van de fundering ligt, uitgaande van een belastingsverspreiding onder 45°.

tabel 1.2 - representatieve waarden van de gehanteerde grondparameters voor de oorspronkelijke bodemopbouw

laag	onderzijde [m tov NAP]	γ [kN/m³]	γ_{sat} [kN/m³]	ϕ' [°]	c' [kN/m²]	c_{undr} [kN/m²]	CR [-]	C_{α} [-]	c_v [m/s²]
1	8,9	18,0	20,0	32,5	0,0	0,0	0,004	0,000	1,00
2	7,9	17,0	18,0	26,0	0,0	50,0	0,092	0,004	0,00
3	7,5	15,0	17,0	28,0	0,0	0,0	0,042	0,000	1,00
4	6,4	17,0	19,0	30,0	0,0	0,0	0,011	0,000	1,00
5	4,5	18,0	20,0	32,5	0,0	0,0	0,004	0,000	1,00
6	4,2	18,0	19,0	27,5	1,0	100,0	0,051	0,002	0,00
7	3,7	17,0	19,0	30,0	0,0	0,0	0,011	0,000	1,00
8	2,4	18,0	20,0	32,0	0,0	0,0	0,005	0,000	1,00
9	1,8	17,5	19,5	31,0	0,0	0,0	0,009	0,000	1,00

tabel 1.3 - representatieve waarden van de gehanteerde grondparameters voor grondverbetering en/of ophoging

GV	9,70	18,0	20,0	32,5	0,0	0,0	0,004	0,000	1,00
----	------	------	------	------	-----	-----	-------	-------	------

Symbolen en eenheden

γ	volumieke gewicht van grond (natuurlijk)	kN/m³	t	gronddekking	m
γ_{sat}	volumieke gewicht van verzadigde grond	kN/m³	$\sigma'_{max,d}$	rekenwaarde funderingsdruk	kPa
ϕ'	effectieve hoek van inwendige wrijving	°	R_d	rekenwaarde verticale draagkracht	kN
c'	effectieve cohesie	kN/m²	s_1	primaire zakking	mm
c_{undr}	ongedraineerde schuifsterkte	kN/m²	s_2	secundaire zakking	mm
CR	Compression ratio (= $C_c/(1+e_0)$)	-	s	totale zakking	mm
C_{α}	secundaire samendrukkingsindex	-	$k_{v,d}$	rekenwaarde statische beddingscoëfficiënt	kN/m²
e_0	poriëngetal van de grond	-			

* De grondontspanning die optreedt ten gevolge van de bouwputontgraving, is WEL verdisconteerd in de zakkingsberekening

Draagvermogen voor (meewerkende) poerenfundering volgens NEN 9997-1

Berekening van de weerstand tegen belasting loodrecht op het oppervlak van de fundering volgens NEN 9997 H6.

Voor zand en grind wordt enkel de gedraineerde toestand beschouwd, voor klei, silten en andere grondsoorten worden zowel de gedraineerde als de ongedraineerde toestand onderzocht. In tabel 2.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 2.1 - Rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht

Poerafmeting		Rekenwaarde maximale funderingsdruk in verschillende toestanden**				toelaatbare funderingsdruk*	rekenwaarde weerstand tegen belasting*
B	L	$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]				$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]	R_d [kN]
[m]	[m]	Ongedrain.	Gedraineerd	Doorponen	Squeezing		
0,40	0,40	n.v.t.	188	n.v.t.	n.v.t.	188	30
0,50	0,50	n.v.t.	193	n.v.t.	n.v.t.	193	48
0,60	0,60	n.v.t.	195	248	n.v.t.	195	70
0,70	0,70	n.v.t.	193	233	n.v.t.	193	95
0,80	0,80	n.v.t.	190	221	n.v.t.	190	122
0,90	0,90	n.v.t.	187	211	n.v.t.	187	151
1,00	1,00	n.v.t.	183	203	n.v.t.	183	183
1,20	1,20	n.v.t.	178	192	n.v.t.	178	257
1,40	1,40	n.v.t.	175	185	n.v.t.	175	343
1,60	1,60	n.v.t.	174	181	n.v.t.	174	445
1,80	1,80	n.v.t.	174	180	n.v.t.	174	565
2,00	2,00	n.v.t.	177	180	n.v.t.	177	706
2,20	2,20	n.v.t.	180	181	n.v.t.	180	870
2,40	2,40	1676	184	183	n.v.t.	183	1052
2,60	2,60	1941	188	186	n.v.t.	186	1257
2,80	2,80	2226	194	190	n.v.t.	190	1490
3,00	3,00	2530	200	195	n.v.t.	195	1751
3,20	3,20	2854	207	200	n.v.t.	200	2046

* Bij permanente gronddekking: 0,7 m

** De maatgevende toestand is dik gedrukt

Voor de maatgevende toestand worden in tabel 2.2 de rekenwaarden maximale funderingsdruk en het draagvermogen weergegeven bij verschillende dikten van gronddekking (indien van toepassing).

tabel 2.2 - Rekenwaarde maximale funderingsdruk en draagkracht bij aangegeven dikte gronddekking

Poerafmeting		Rekenwaarde maximale funderingsdruk				Rekenwaarde weerstand tegen belasting*			
B	L	$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]				R_d [kN]			
[m]	[m]								
Gronddekking [m] →		0,40	0,50	0,60	0,70	0,40	0,50	0,60	0,70
0,40	0,40	116	140	164	188	18	22	26	30
0,50	0,50	120	144	169	193	30	36	42	48
0,60	0,60	124	148	171	195	45	53	62	70
0,70	0,70	124	147	170	193	61	72	83	95
0,80	0,80	123	145	168	190	79	93	107	122
0,90	0,90	122	144	165	187	99	116	134	151
1,00	1,00	121	142	163	183	121	142	163	183
1,20	1,20	119	139	159	178	172	200	229	257
1,40	1,40	119	138	156	175	233	270	307	343
1,60	1,60	119	138	156	174	306	352	399	445
1,80	1,80	121	139	157	174	392	450	508	565
2,00	2,00	122	141	159	177	488	565	636	706
2,20	2,20	124	143	162	180	600	691	783	870
2,40	2,40	127	145	164	183	729	837	945	1052
2,60	2,60	130	149	167	186	879	1005	1131	1257
2,80	2,80	134	153	171	190	1052	1198	1344	1490
3,00	3,00	139	157	176	195	1248	1416	1583	1751
3,20	3,20	144	162	181	200	1471	1662	1854	2046

Zakkingsberekening voor poerenfundering volgens NEN 9997-1

Berekening van de zakking van de bovenkant van het funderingselement, waarbij de gebruiksbelasting (V) is afgeleid van het draagvermogen (belastingfactor =1,0) of een opgegeven maximum betreft. Submerging is verdisconteerd in deze berekening. De beddingscoëfficiënten zijn afgeleid van vermelde primaire zakkings.

In tabel 3.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

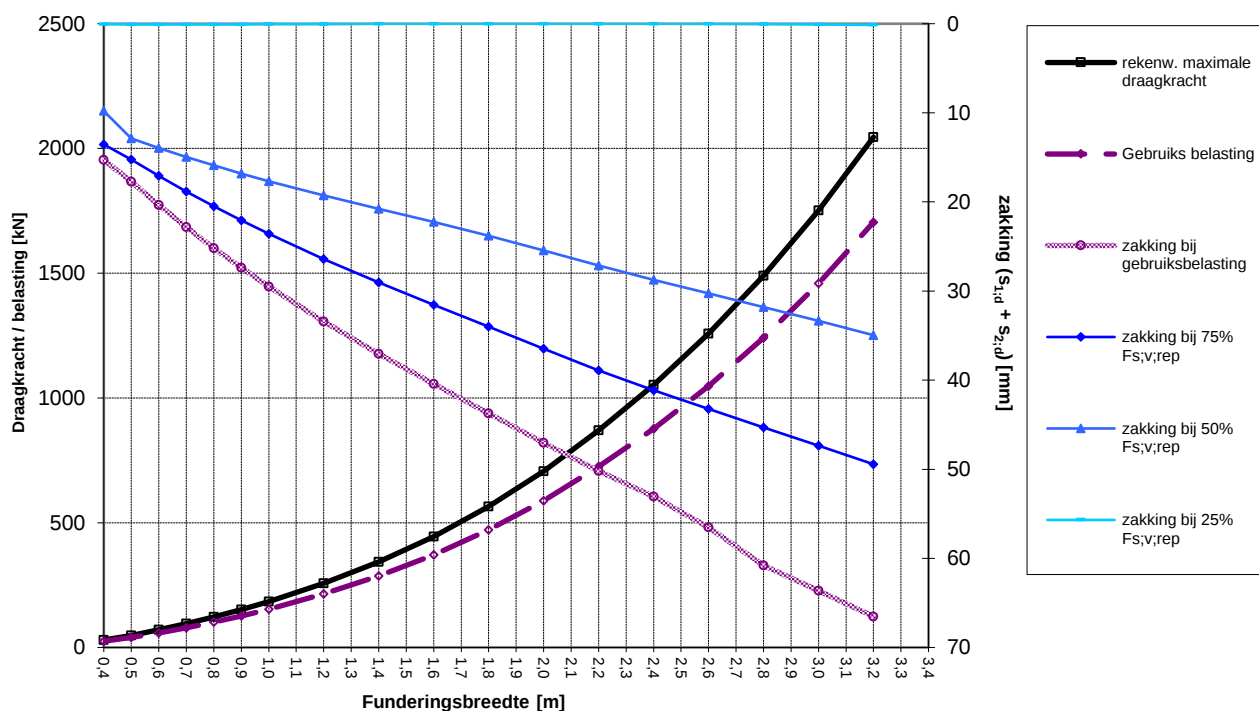
tabel 3.1 - Rekenwaarden zakking en statische beddingscoëfficiënt (gronddekking 0,7 m)

Poerafmeting		Gebruiks belasting	Primaire zakking	Secundaire zakking*	Totale zakking	Statische beddingscoëfficiënt	Extra zakking tgv ophoging
B [m]	L [m]	V [kN]	S ₁ [mm]	S ₂ [mm]	S _d [mm]	k _{v,d} [kN/m ³]	S _{extra} [mm]
0,40	0,40	25	5,2	10,1	15,3	23200	0,0
0,50	0,50	40	7,6	10,1	17,7	16300	0,0
0,60	0,60	59	10,3	10,1	20,4	12200	0,0
0,70	0,70	79	12,7	10,1	22,8	9800	0,0
0,80	0,80	101	15,1	10,1	25,2	8100	0,0
0,90	0,90	126	17,3	10,1	27,4	7000	0,0
1,00	1,00	153	19,4	10,1	29,5	6100	0,0
1,20	1,20	214	23,3	10,1	33,4	5000	0,0
1,40	1,40	286	26,9	10,1	37,0	4200	0,0
1,60	1,60	371	30,3	10,1	40,4	3700	0,0
1,80	1,80	471	33,7	10,1	43,8	3400	0,0
2,00	2,00	588	36,9	10,1	47,0	3100	0,0
2,20	2,20	725	40,1	10,1	50,2	2900	0,0
2,40	2,40	877	43,0	10,1	53,1	2800	0,0
2,60	2,60	1048	45,9	10,6	56,5	2600	0,0
2,80	2,80	1241	49,2	11,6	60,8	2500	0,0
3,00	3,00	1459	52,0	11,6	63,6	2400	0,0
3,20	3,20	1705	54,9	11,6	66,5	2400	0,0

* Berekend cf. NEN 9997 (spanningsonafhankelijk, dag 30 - ∞)

Draagkracht- en zakkingsgrafiek

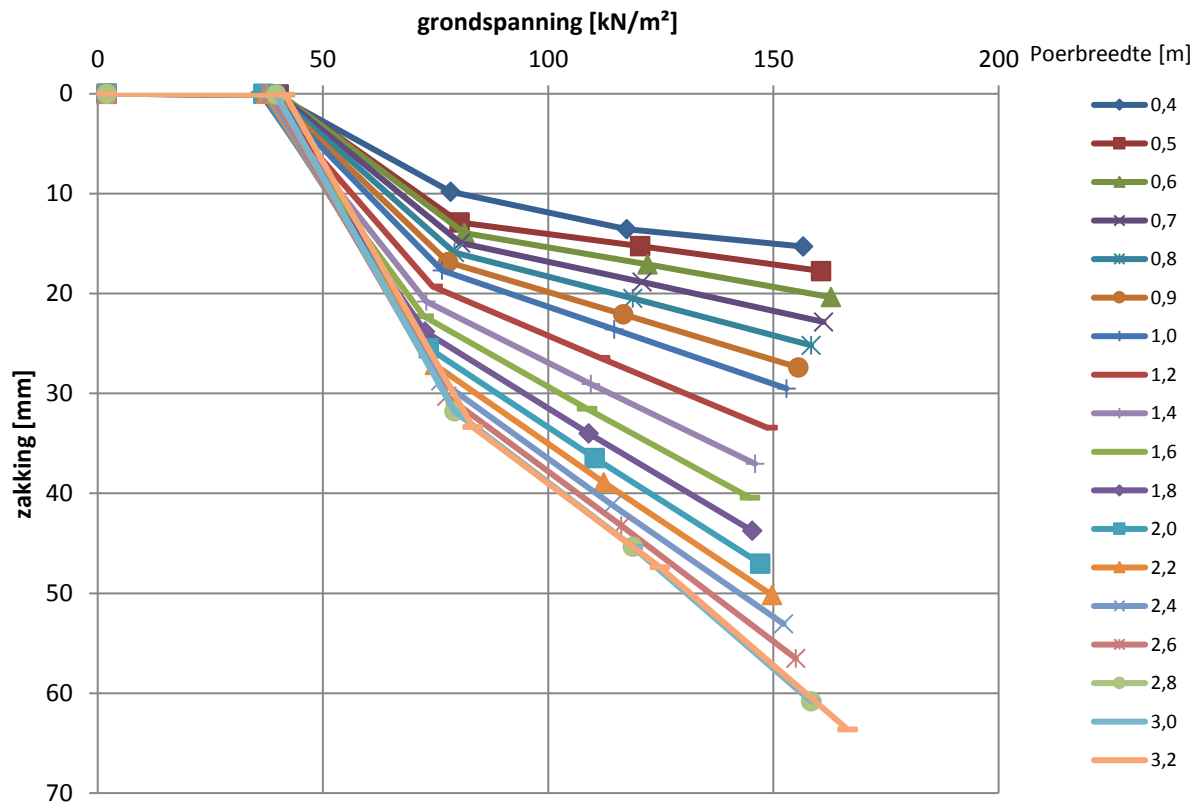
In de onderstaande draagkracht - zakkingsgrafiek zijn de zakkings weergegeven bij verschillende momentane belastingen en funderingsbreedten. Voor de eventueel bijbehorende funderingslengte wordt verwezen naar tabel 3.1



Poeren

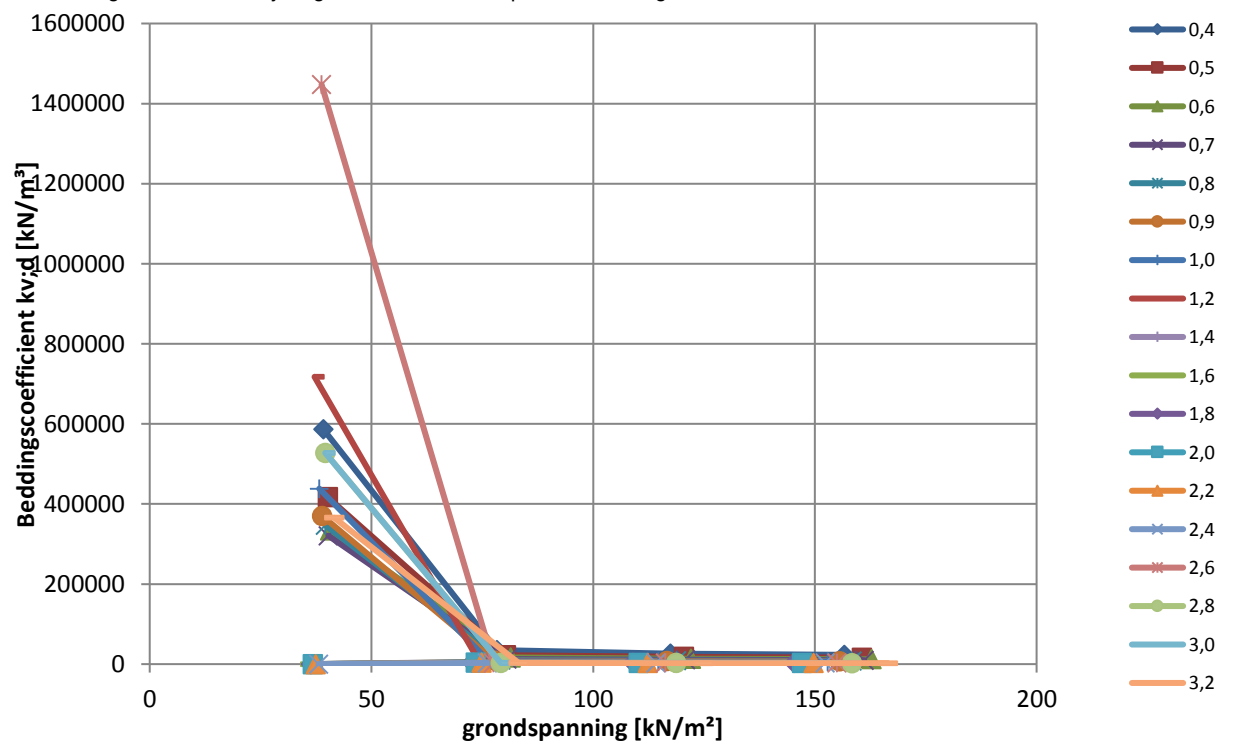
Last-zakkingsdiagram

In de onderstaande last - zakkingsgrafiek zijn de zakkings (prim. + sec.) weergegeven bij verschillende gronddrukken en funderingsbreedten.



Statische beddingscoëfficiënten

De beddingscoëfficiënten zijn afgeleid van vermelde primaire zakkings.



Voorbeeldberekening

Berekening maximale draagkracht (gedraineerd)

	stroken	poeren		
Funderingsafmetingen rekenvoorbeeld	1,0	1,0	X	1,0 [m]
Effectieve funderingsafmeting voor draagkracht	1,0	1,0	X	1,0 [m]

Parameters	Berekende waarden		
	Stroken	Poeren	
$\phi_{e;d}$	27,69	27,69	[°]
$\gamma'_{e;d}$	7,74	7,74	[kN/m³]
$c'_{e;d}$	0,00	0,00	[kPa]
N_c	25,21	25,21	[-]
s_c	1,00	1,50	[-]
i_c	1,00	1,00	[-]
λ_c	1,00	1,00	[-]
N_q	14,23	14,23	[-]
s_q	1,00	1,46	[-]
i_q	1,00	1,00	[-]
λ_q	1,00	1,00	[-]
N_y	13,88	13,88	[-]
s_y	1,00	0,70	[-]
i_y	1,00	1,00	[-]
λ_y	1,00	1,00	[-]
Invloedsbreedte	3,70	3,70	[m]
Invloedsdiepte	1,44	1,44	[m]
Rekenwaarde maximale funderingsdruk ($\sigma'_{\max;d}$)	153,32	183,49	[kN/m²]

Berekening zakking

	stroken	poeren		
Funderingsafmetingen rekenvoorbeeld	1,0	1,0	X	1,0 [m]
Beschouwde belasting	128	153		[kN]
Berkende invloedsdiepte*	3,6	6		[m tov NAP]
Berekende zetting	29,0	29,5		[mm]

Bodemlaag diepte tot [m tov NAP]	ongedrain.		Percentage zakking bij voorbeeldberekening			
			Stroken		Poeren	
			primaire	secundaire	primaire	secundaire
8,9			6%	0%	8%	0%
7,9	1		77%	87%	83%	100%
7,5			8%	0%	6%	0%
6,4			4%	0%	3%	0%
4,5			1%	0%	0%	0%
4,2	1		2%	13%	0%	0%
3,7			1%	0%	0%	0%
2,4			0%	0%	0%	0%
1,8			0%	0%	0%	0%

Tijd-zakkingsverloop		
direct optredende zakking:	21%	17%
tijds-afhankelijke zakking **:	79%	83% in 0 jaar oftewel 12 dagen

*De grondlagen (verdeeld in sublagen van 0,1 m) zijn in beschouwing genomen tot een diepte, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning ($\Delta\sigma'_{v;z}$) in het laagmidden, groter is dan 20 % van de oorspronkelijke verticale effectieve spanning. Spanningsspreiding is hierbij verrekend volgens NEN 9997-1 (methode Boussinesq).

** het betreft hier een grove inschatting van de benodigde tijd voor de primaire zakking (T100) op basis van geschatte C_v waarden.

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 belastingsspreidingsgebied 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

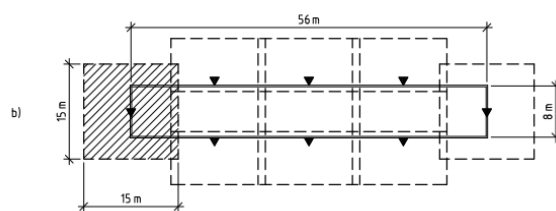
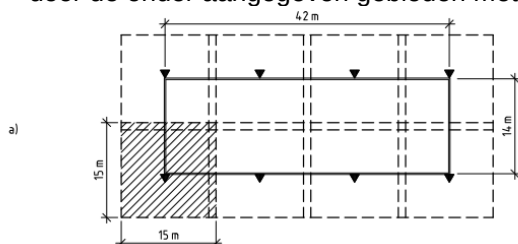
- Indien op basis van de geologische kennis van het gebied wordt verwacht dat afwijkingen in dikte van aanwezige klei-, veen- en leemlagen op het bouwterrein kleiner zijn dan 0,5 m, waardoor geen zakkingsverschillen groter dan 0,10 m over een afstand van 10 m zullen optreden, mag de afstand tussen de 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:
 - zakkingen 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.

Bijlage 3 : Algemene eisen grondverbetering en verdichting

Eisen aan en controle tijdens de uitvoering grondverbetering

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

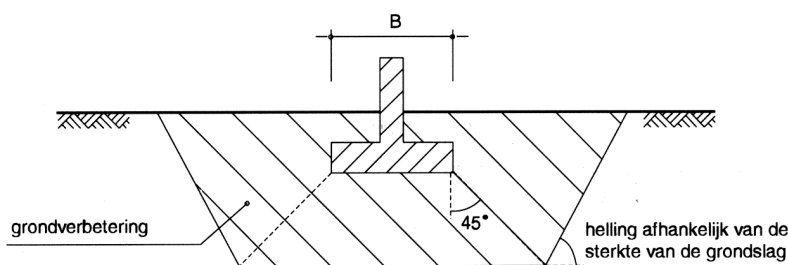
Algemeen

Voor de berekeningen wordt ervan uitgegaan dat de uitvoering van de grondverbetering en/of controle van de verdichting voldoet aan de eisen zoals gesteld in de vigerende norm NEN 9997-1 en de navolgende richtlijnen.

Uitvoering ontgraving

Indien het geadviseerde ontgravingsniveau lager ligt dan het aanlegniveau van de fundering moet een grondverbetering worden toegepast tot de onderkant van de fundering, en in het geval dat de vloeren op staal worden gefundeerd tot onderkant vloer.

In beginsel dient te worden ontgraven tot de in het rapport vermelde niveaus. De bodem van de ontgraving moet en zodanige breedte hebben, dat deze buiten het spannings-spreidingsgebied van de fundering ligt. Tenzij in het rapport anders is vermeld moet de grondverbetering tenminste worden aangebracht binnen een gebied waarin de belasting onder 45° spreidt (zie ook navolgende figuur).



Voor elk bouwdeel moet het graafwerk worden begonnen bij de sondering, waar het diepste ontgravingsniveau is geadviseerd. Op deze wijze kunnen in het werk aan de hand van de aangetroffen grondlagen de overgangen naar minder diepe ontgravingsniveaus worden vastgesteld. Deze overgangen moeten geleidelijk of trapsgewijs worden uitgevoerd in samenhang met de laagdikten van de grondverbetering.

Nadat de geadviseerde ontgravingsniveaus zijn bereikt, moet bij een staalfundering met een handsondeerapparaat worden gecontroleerd of zich direct onder dit niveau nog samendrukbare laagjes bevinden die niet bij de sondering zijn aangetroffen. Deze controle moet vooral tussen de sonderingen (en boringen) intensief worden uitgevoerd. Worden dergelijke laagjes aangetroffen dan dienen deze laagjes, tenzij anders in het rapport is aangegeven, verder te worden verwijderd en vervangen door een grondverbetering.

Het ontgravingsvlak moet worden verdicht wanneer dat tijdens de graafwerkzaamheden is verstoord. Dit is alleen mogelijk wanneer zich onder het ontgravingsniveau niet cohesieve grond bevindt. Indien direct op vaste klei- (bijvoorbeeld op potklei); leem- of löss- afzettingen wordt aangelegd en geen grondverbetering is geadviseerd dient de laatste 0,1 m voorzichtig te worden afgeschaafd, zodat de klei; leem of löss beneden het ontgravingsniveau niet wordt geroerd. Om verweking van de grondslag door neerslag te voorkomen moet zo snel mogelijk na ontgraven op de bodem van de ontgraving een bescherm laag (bijvoorbeeld zand) van ten minste 0,1 m worden aangebracht. Cohesief materiaal zoals klei; leem en löss kan namelijk niet of nauwelijks worden verdicht.

Uitvoering grondverbetering

Grondverdichting beoogt het bereiken van een zo groot mogelijke pakkingsdichtheid van de (zand)korrels. Dit kan worden bereikt door het uitoefenen van grote klappen (aanstampen, explosieverdichters of zeer grote valgewichten bij grote terreinen). Tegenwoordig worden echter hoofdzakelijk trilapparaten gebruikt.

De te gebruiken trilapparatuur dient te worden afgestemd op het beoogde verdichtingsbereik. De onderstaande tabel geeft inzicht in het dieptebereik van in te zetten trilapparatuur.

Massa trilplaat [kg]	Slagkracht [kN]	Verdichtingsbereik [m]
200 à 250	15	0,25-0,35
300 à 400	30	0,35-0,55
450 à 550	45	0,55-0,75
600 à 750	60	0,75-1,00

Een aanvulling met zand moet laagsgewijs zijn verdicht. Bij een breedte van de aanvulling van ten hoogste 0,5 m mag de laagdikte bij het verdichten niet groter dan of gelijk aan 0,1 m zijn geweest. Bij een breedte groter dan of gelijk aan 1 m mag de laagdikte ten hoogste 0,3 m zijn. Bij tussen gelegen waarden van de aanvullingsbreedte mag de laagdikte door interpolatie tussen de hiervoor genoemde waarden zijn bepaald.

Het verdichtingsbereik is daarbij ook sterk afhankelijk van het aantal walsovergangen. Naarmate de trillende passage herhaald wordt, neemt de dieptewerking en de verdichtingsgraad nog iets toe. In het algemeen worden er ten minste 3 kruislings gerichte overgangen gevraagd. In de praktijk wordt er vaak van 5 passages uitgegaan.

Wanneer zware trilapparatuur wordt gebruikt, moet op het funderingsniveau nagetrild worden met een lichte trilplaat omdat een zware trilplaat of trilwals de bovenste ca. 15 cm niet verdicht maar juist losschudt.

Voor de uitvoering dienen de volgende richtlijnen te worden gevolgd:

- Het grondwaterniveau moet zo nodig worden verlaagd, zodanig dat de grondwaterstand zich beneden de invloedssfeer van de verdichtingsapparatuur bevindt. NEN6740 en NEN 9997-1 stellen dat in GC2 de grondwaterstand zich minimaal 0,3 m onder het oppervlak bevinden, waarop de verdichtingmachine werkt. In de praktijk wordt vaak een diepte van 0,5 m gehanteerd.
- Bij voorkeur zal een grondverbetering tot een iets hoger peil (ca. 0,1 m) moeten worden uitgevoerd dan het aanlegniveau van de fundering, waarna de overhoogte voorzichtig weer wordt verwijderd.
- De aanvullingen van de bouwput rondom kelders en/of verdiepte funderingen moeten als grondverbetering worden uitgevoerd indien deze aanvulling binnen de invloedssfeer van een hoger gelegen bestaande of aan te brengen fundering ligt.

N.B. Transportmiddelen zoals bulldozers, loaders en scrapers geven slechts een verdichting tot een zeer geringe diepte, waarbij zeer veel overgangen noodzakelijk zijn voor het bereiken van een voldoende verdichting. Het is niet toegestaan een grondverbetering uit te voeren, waarbij aanplempen of inwateren van zand wordt toegepast.

Kwaliteitseisen zand grondverbetering

Het uitvoeren van een grondverbetering geschiedt vrijwel uitsluitend met zand. Dit kan van elders zijn aangevoerd of ook wel zijn vrijgekomen bij het ontgraven van de bouwput zelf (de goede grondlagen). In het verleden werden er veel eisen aan het materiaal gesteld teneinde een hoge draagkracht te kunnen verzekeren. Tegenwoordig is er in het kader van de prestatieconcepten of een resultaatsverplichting, in dit geval een vereiste conusweerstand, veel meer vrijheid voor de aannemer om zelf vast te stellen welk zand hij gebruikt. Zo kan er soms met langduriger trillen en/of zwaardere apparatuur ook met minder geschikt zand toch een goed draagkrachtige grondslag worden gecreëerd. Indien als aanvulmateriaal zand wordt gebruikt, dan moet dit conform NEN 6740 aan de volgende eigenschappen voldoen:

- de korrelfractie kleiner dan 0,016 mm dient lager te zijn dan 5 gewichtsprocenten.
- de korrelfractie kleiner dan 0,063 mm dient lager te zijn dan 10 gewichtsprocenten.

Daarnaast gelden de volgende praktische criteria:

- Het zand dient bij voorkeur een goede gradering te hebben; dat wil zeggen dat alle fracties zoveel mogelijk vertegenwoordigd zijn (zeefkromme met een niet te steil verloop). De gelijkmatigheidscoëfficiënt D_{60}/D_{10} moet tenminste 2 zijn. D_{60} = zeefopening met een doorval van 60 gewichtsprocenten. D_{10} - zeefopening met een doorval van 10 gewichtsprocenten;
- het humusgehalte (gloeiverlies) mag ten hoogste 3 gewichtsprocenten bedragen;

- de korrelvorm dient bij voorkeur enigszins hoekig te zijn. Brekerzand is bijvoorbeeld erg stabiel, maar stuifzand rolt gemakkelijk.
- de Proctorcurve van het zand (relatie vochtgehalte en verdichtbaarheid) rond de maximale dichtheid dient bij voorkeur een flauw verloop te hebben. Het vochtgehalte fungeert bij de verdichting enerzijds als smeermiddel en anderzijds door de capillairspanningen als lijm. Te veel vocht geeft echter verweking en werkt dus averechts. Over het algemeen wordt een goede verdichting verkregen bij een vochtpercentage van ongeveer 6 á 12%. Indien het materiaal óf te nat óf te droog is wordt zelden de vereiste verdichting verkregen.

Hierbij wordt het volgende opgemerkt:

- Indien zand wordt toegepast dat niet geheel aan voorgenoemde eisen voldoet dan kan, ten koste van meer verdichtingsenergie en/of mogelijke vertraging bij ongunstige weersomstandigheden, soms toch nog het gewenste resultaat worden bereikt.
- In plaats van zand kunnen ook andere korrelige materialen worden toegepast zoals stolgrind, puingranulaat en dergelijke. Hierbij geldt eveneens dat de gelijkmatigheidscoëfficiënt $D_{60}/D_{10} > 3$ moet zijn.

Controle verdichting

De kwaliteit van de aangebrachte grondverbeteringen kan als volgt wordt gecontroleerd:

- verkenning met het visiteerijzer; hiermee kan meteen na het aanbrengen van een laag een indruk worden verkregen van de bovenste verdichting van deze laag.
- mechanische (lichte)slagsonderingen; hierbij kan het volledige aangebrachte pakket achteraf worden gecontroleerd.
- sonderingen; middels handsonderingen kan een pakket van beperkte dikte (in beginsel 50 cm) worden gecontroleerd. In combinatie met voorboren is deze diepe enigszins te vergroten. Indien de aangebrachte grondverbetering berijdbaar is voor een sondeertruck kan op deze wijze het volledige aangebrachte pakket achteraf worden gecontroleerd.
- in-situ-dichtheidsbepalingen; met volumesteeeringen worden monsters genomen waarvan de dichtheid wordt bepaald. Ook nucleaire dichtheidsmetingen kunnen worden gebruikt.
- plaatdruk- en CBR-proeven; middels deze methoden kunnen de stijfheidseigenschappen op aanlegniveau van de fundering worden gecontroleerd. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de beperkte indringingsdiepte van de proeven.

Voor kwaliteitsbeoordeling van de aangebrachte grondverbeteringen worden in het algemeen de volgende kwalitatieve maatstaven gehanteerd:

- De indringing van een visiteerijzer met een doorsnede van 8 mm mag niet meer dan 10 à 15 cm bedragen.
- Bij controle met een (hand)sondeerapparaat moet, bij constructies ingedeeld in GC2, de conusweerstand toenemen met de diepte. Op 0,2 m diepte geldt $q_c \geq 3$ MPa, op 0,5 m onder de onderkant van de fundering moet $q_c \geq 5$ MPa zijn (eis NEN 6740).
Bij hoge funderingsdrukken en vervormingsgevoeligheid van het bouwwerk dienen hogere waarden te worden aangehouden. Voor constructies in GC1 geldt dat $q_c \geq 2$ MPa op 0,3 m diepte volstaat.
- De beoordeling van de gemeten dichtheid moet worden gerelateerd aan de uit de proctor-proeven verkregen maximale dichtheid. De gemeten dichtheid dient minimaal 95 à 98 % van de standaard (maximale) proctor-dichtheid te bedragen.

N.B. De bemaling mag pas worden beëindigd na afloop van de funderingswerkzaamheden, of als is aangetoond dat het opkomen van het water in de sleuf niet meer leidt tot een kwaliteitsachteruitgang van de al uitgevoerde werken.

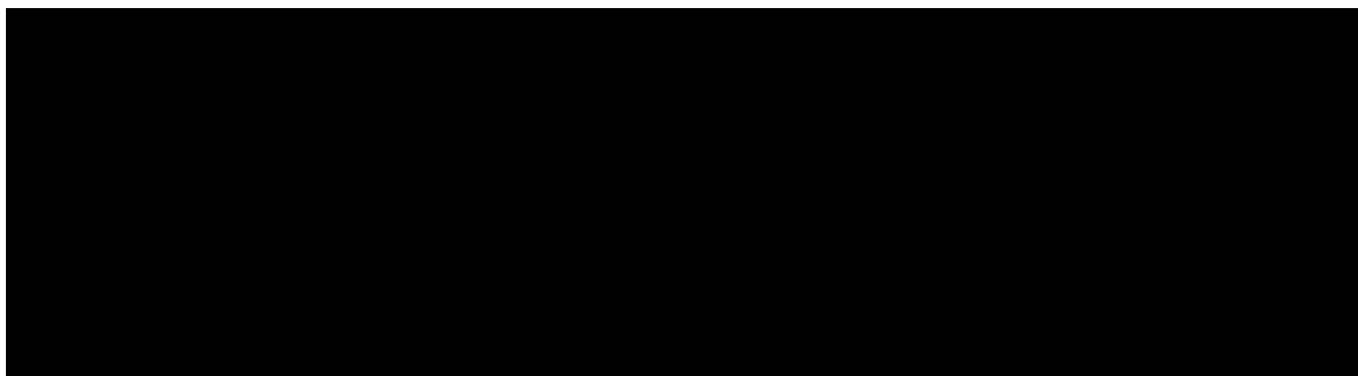
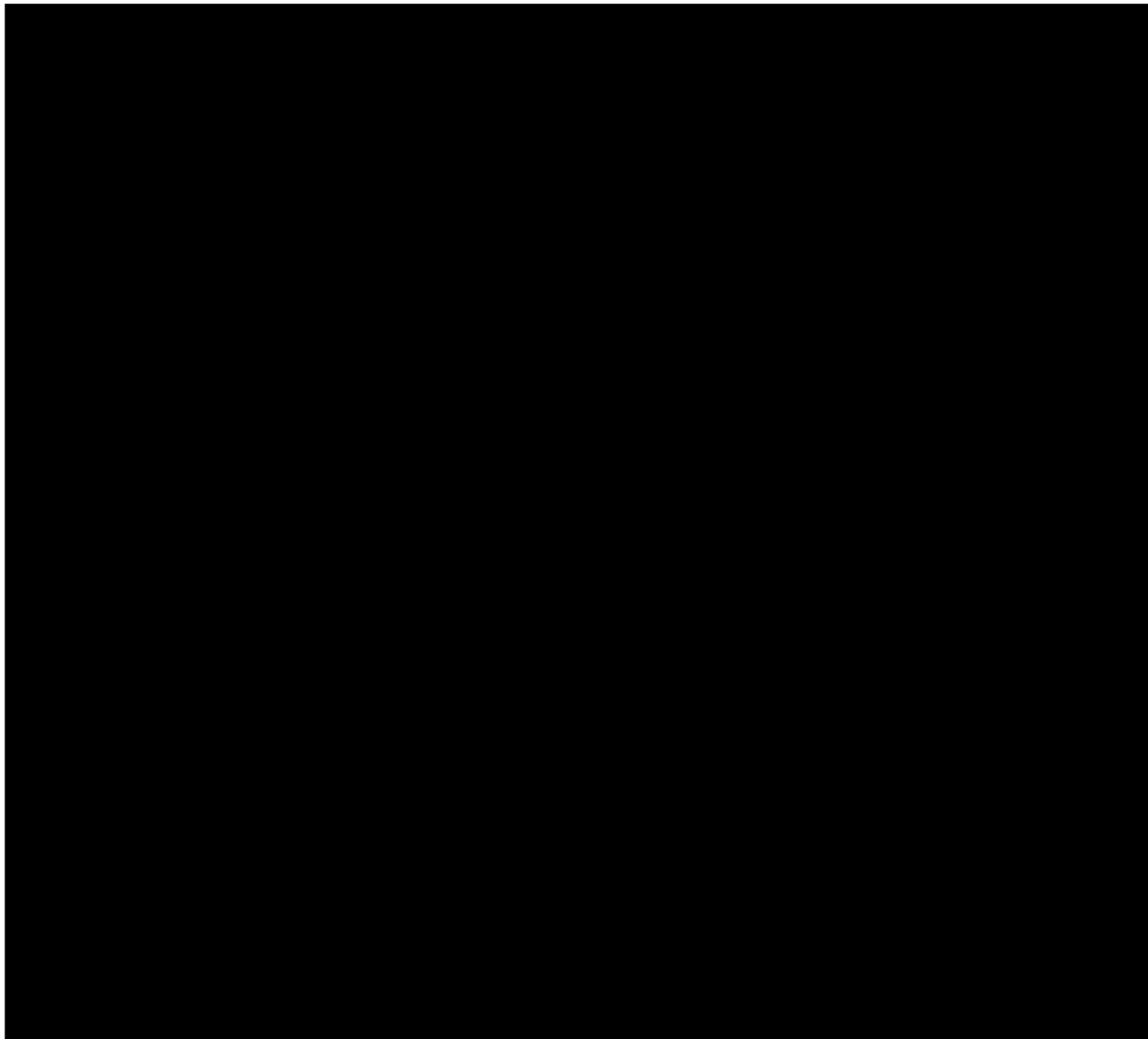
Bijzondere aspecten

In afwijking op grondverbetering met zand, zoals hiervoor beschreven, bestaan alternatieven.

Voorbeelden hiervan (niet noodzakelijkerwijs toepasbaar in onderhavige situatie) zijn ondermeer:

- Verdichten van de grondslag tot op grote diepte door middel van ingebrachte verticale vibratoren c.q. trilnaalden. Deze techniek wordt veelal aangeduid met 'Rütteln' of 'Vibroflotation'.

- Verbetering van de ondergrond door middel van kolommen van grind-, steenslag of gebroken betongranulaat. De kolommen worden vervaardigd met behulp van een trilnaald die op diepte wordt gespoten. De trilnaald wordt getrokken en het ontstane gat wordt gevuld met grind, steenslag of gebroken puin. Vervolgens wordt de trilnaald weer op diepte gebracht en kunnen de hierboven omschreven handelingen worden herhaald totdat de gewenste kolomdiameter is gerealiseerd.
- Verstevinging van een bestaande grondslag. Grond kan in situ met cement gemengd worden om op die manier de draagkracht aan het oppervlak sterk te vergroten. In het buitenland is relatief veel ervaring opgedaan met de verstevinging van kleigronden door ze met kalk te vermengen. Gebeurt dit met een avegaar in een patroon zoals dit met verticale zanddrains ook wel geschiedt, dan wordt er van kalkpalen gesproken.
- Grondvervanging door met cement gestabiliseerd zand. Onder verhardingen, naast kelders enzovoort ter reductie van de zijdelingse gronddruk.
- Grondvervanging door lichtgewicht korrels (bijvoorbeeld argex of lytag) ten behoeve van isolatie en/of gewichtsreductie. Deze techniek wordt in oude binnensteden toegepast om de zware zandlagen naast gebouwen te vervangen door stroken met licht aanvulmateriaal. Hierdoor kan de negatieve kleefbelasting op de funderingspalen aanzienlijk gereduceerd worden om zo verdere zettingsverschillen te vermijden.
- Grondvervanging door schuimbeton of polystyreen in gebieden met een samendrukbare ondergrond om een zogeheten 'evenwichtsconstructie' te bereiken. Deze techniek wordt vooral bij lichte woningbouw en bedrijfsvloeren toegepast.



[REDACTED]

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Constructeur:

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Rapport:

versie:

datum:

[REDACTED]

1

19 april 2019

Rapport
Resultaten Grondonderzoek
**Nieuwbouw 22 appartementen,
KVL Terrein te Oisterwijk**

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Contactpersoon:

[REDACTED]

Dataverwerking:

[REDACTED]

Controle:

[REDACTED]

Inhoudsopgave

1	Projectbeschrijving	1
1.1	Inleiding	1
2	Veldonderzoek	2
2.1	Onderzoeksopzet	2
2.2	Sonderingen	2
2.3	Boringen	2
2.4	Hoogtemeting	2

Bijlagen

Bijlage 1: Resultaten grondonderzoek

1 PROJECTBESCHRIJVING

1.1 Inleiding

In opdracht van Van Santvoort Bouw BV is door Lankelma Geotechniek Zuid B.V. een grondonderzoek uitgevoerd voor het project "Nieuwbouw 22 appartementen, KVL Terrein te Oisterwijk". In onderhavig rapport worden de resultaten van het grondonderzoek weergegeven.

2 VELDONDERZOEK

2.1 Onderzoeksopzet

Het grondonderzoek heeft plaatsgevonden op 16 april 2019.
De onderzoeksopzet is bepaald door of namens de opdrachtgever.

2.2 Sonderingen

Voor dit project zijn door ons bureau 12 sonderingen gemaakt. Het betreft sondeernummer: D /tm D12. De sonderingen zijn uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1, met een sondeerunit met een elektrische kleefmantelconus klasse 2.

In Bijlage 1 zijn de sondeergegevens in grafiekvorm weergegeven, evenals een situatieschets met de locaties van de sondeerpunten. Stopcriterium en eventuele opmerkingen ten aanzien van de uitvoering zijn per sondering weergegeven in de waterpasstaat (Bijlage 1).

2.3 Boringen

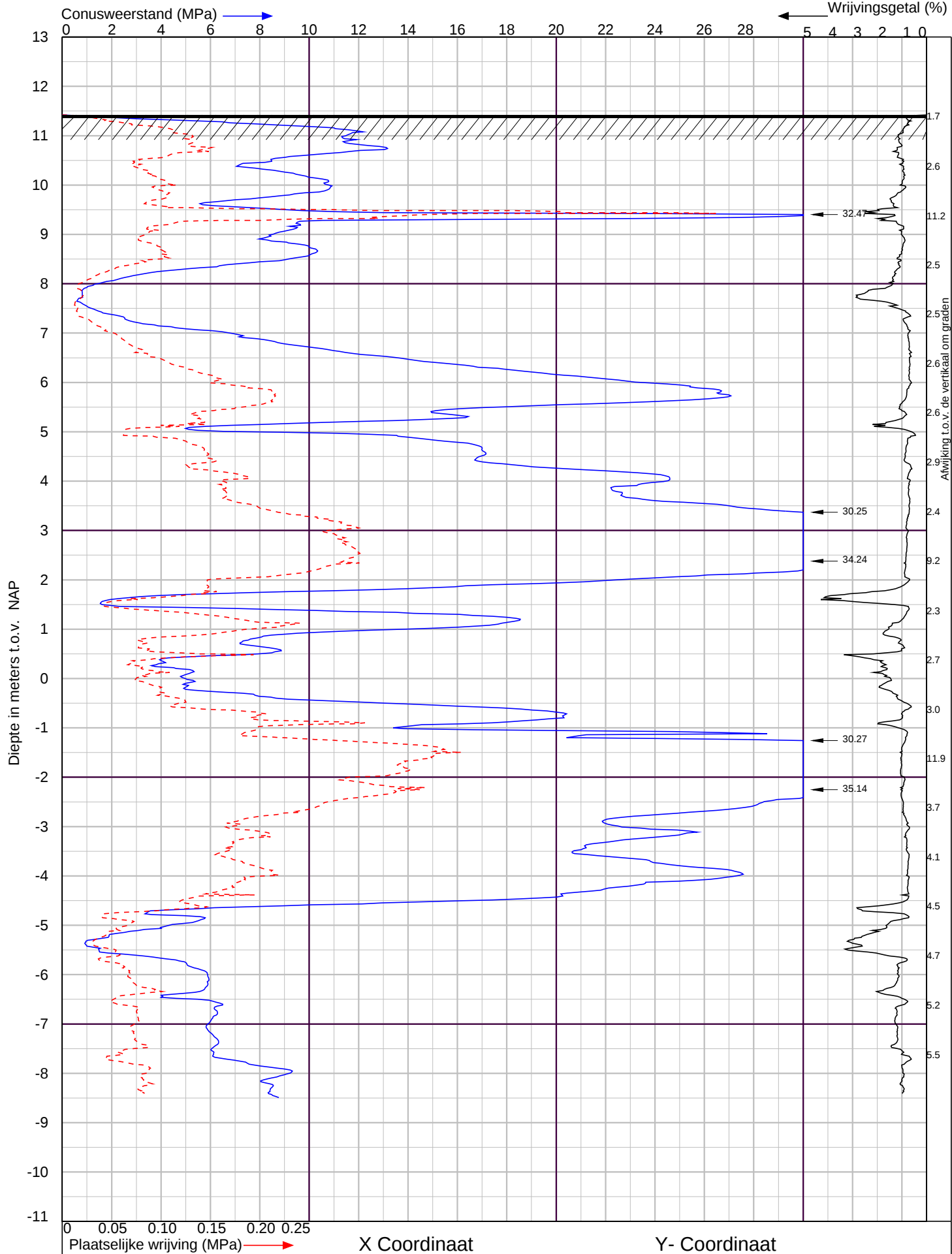
Om inzicht te krijgen in de grondsamenstelling en de actuele grondwaterstand is 1 handboring verricht. Het betreft boring B1, die is uitgevoerd nabij sondering D9. De boorstaat en de eventueel gemeten grondwaterstand is weergegeven in Bijlage 1. De situering van de boring is weergegeven op de situatietekening.

2.4 Hoogtemeting

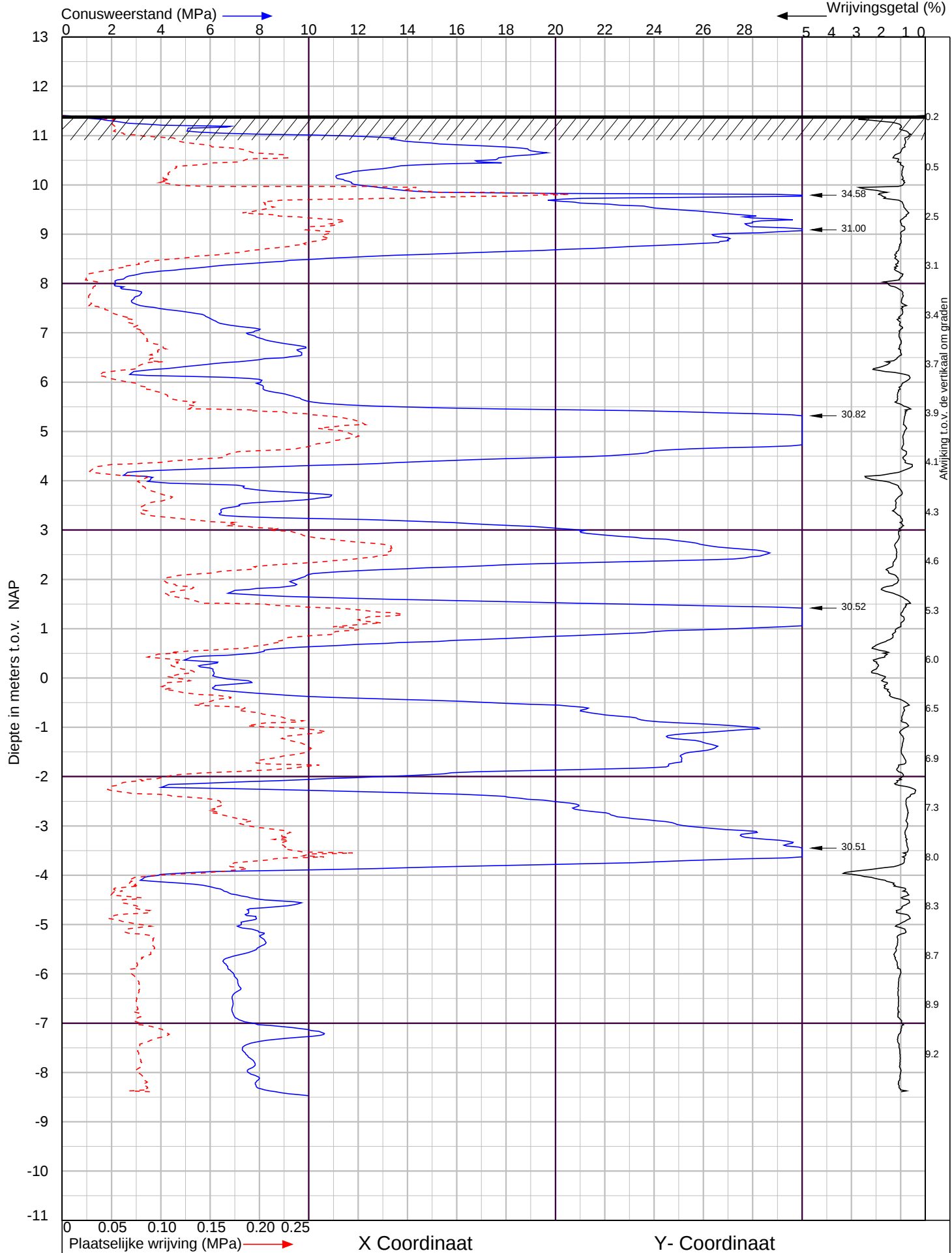
De hoogte van de onderzoekspunten is ingemeten ten opzichte van NAP. Voor de hoogteligging van de verschillende meetpunten wordt verwezen naar de waterpasstaat in Bijlage 1.

Bijlage 1 : Resultaten grondonderzoek





KVL terrein te Oisterwijk		Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2	
		Datum	: 16-4-2019
		Conusnr.	: 001757
		MV. is	11.42 m tov NAP



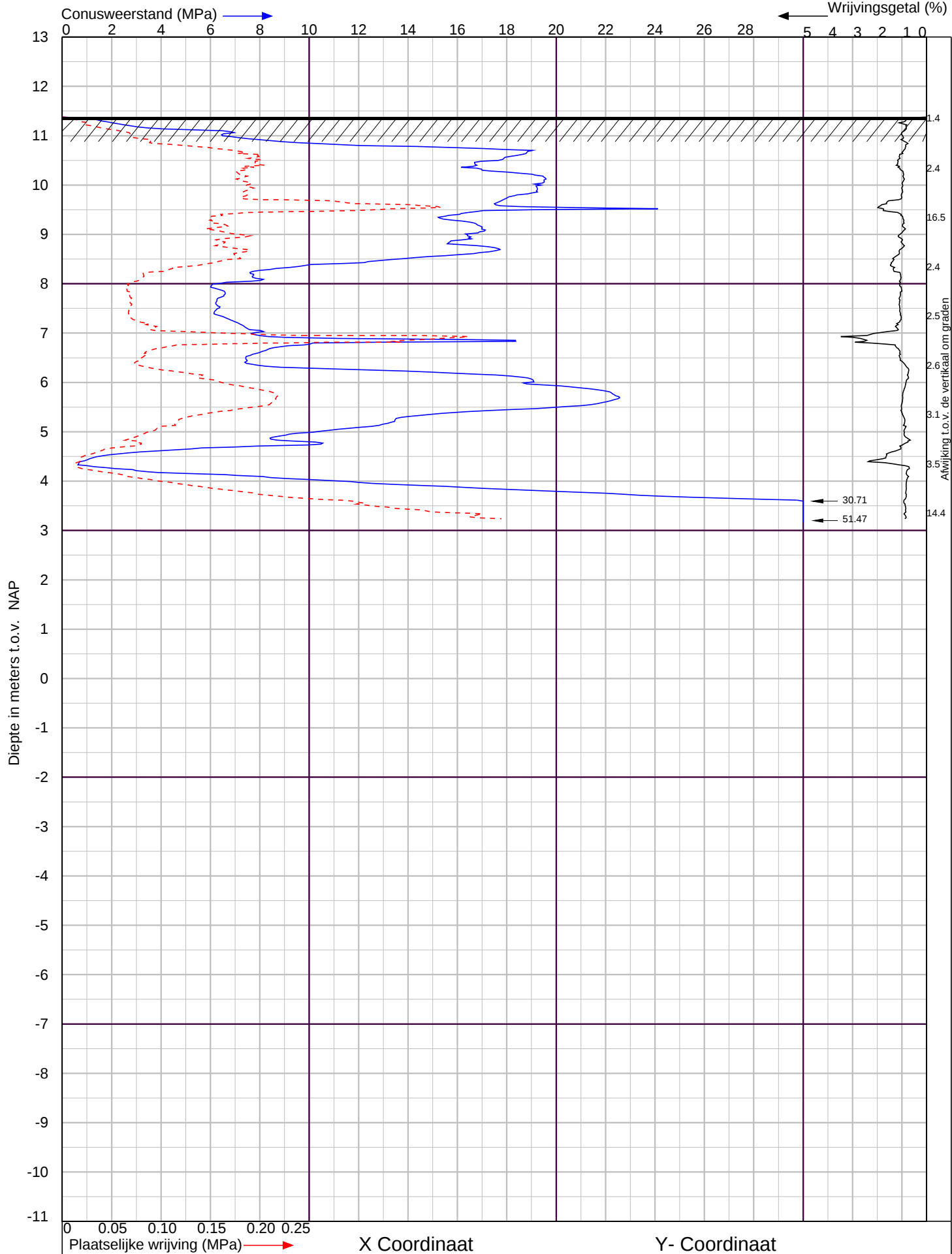
KVL terrein te Oisterwijk

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2

Datum : 16-4-2019

Conusnr. : 001757

MV. is 11.41 m tov NAP



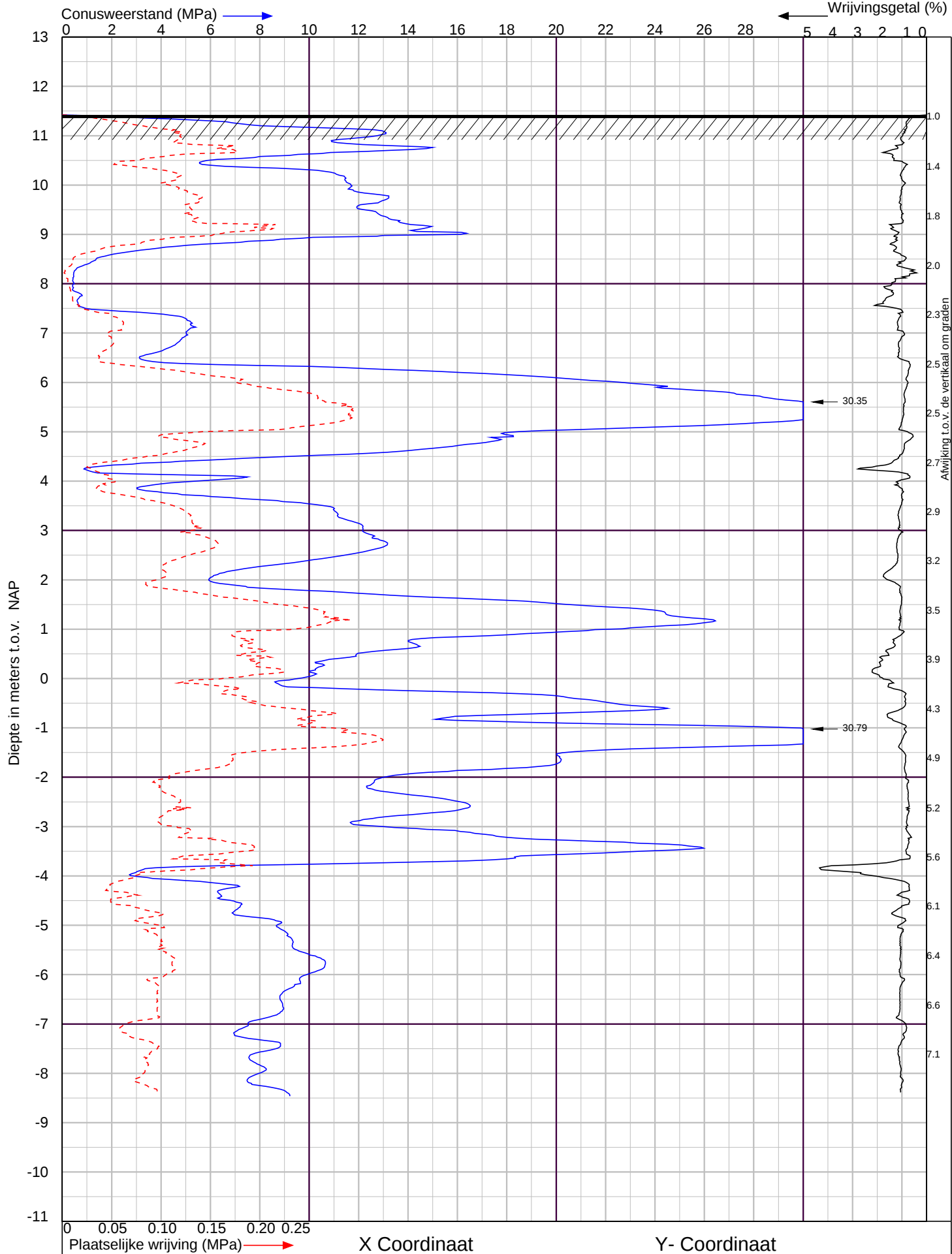
KVL terrein te Oisterwijk

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2

Datum : 16-4-2019

Conusnr. : 001757

MV. is 11.38 m tov NAP



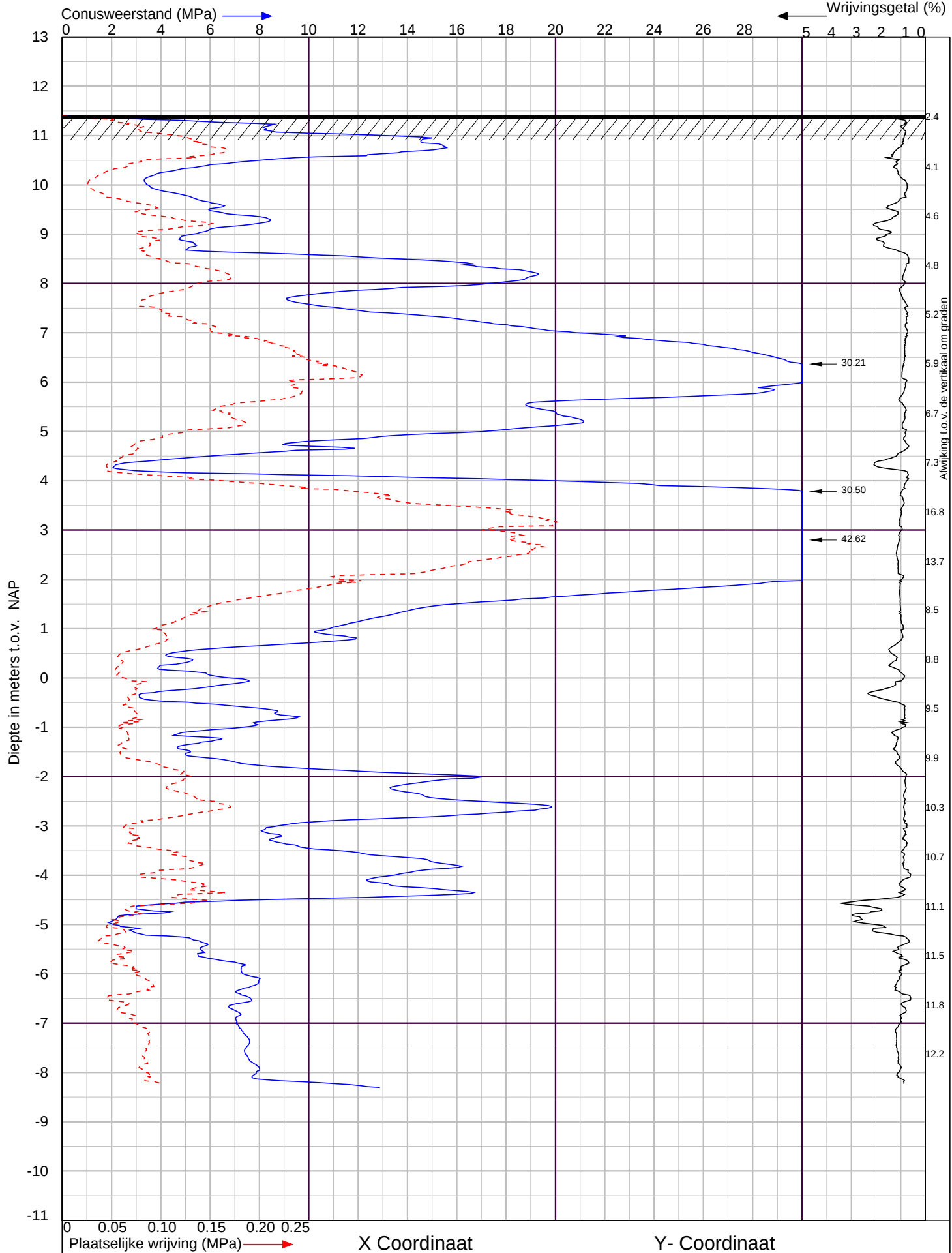
KVL terrein te Oisterwijk

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2

Datum : 16-4-2019

Conusnr. : 001757

MV. is 11.42 m tov NAP



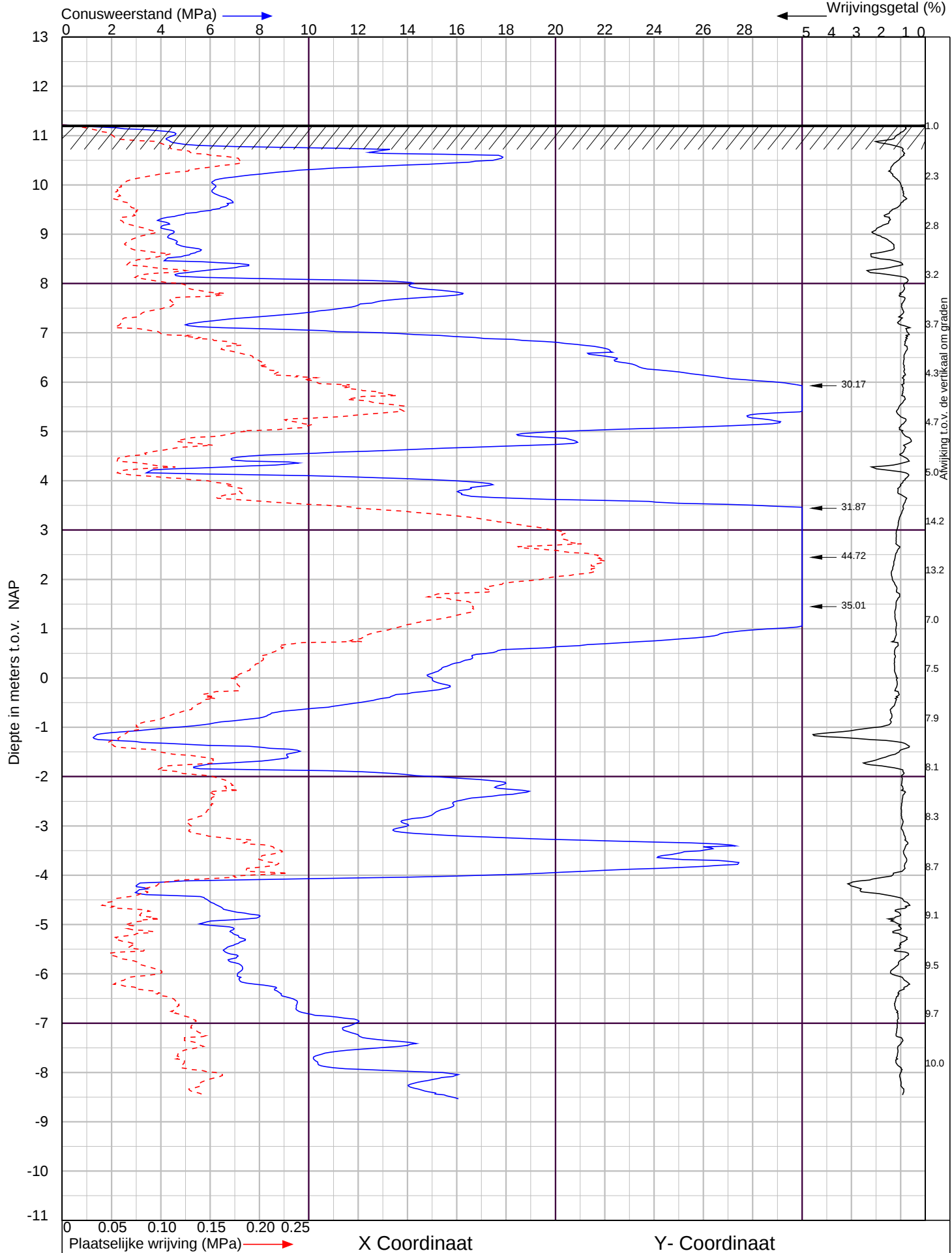
KVL terrein te Oisterwijk

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2

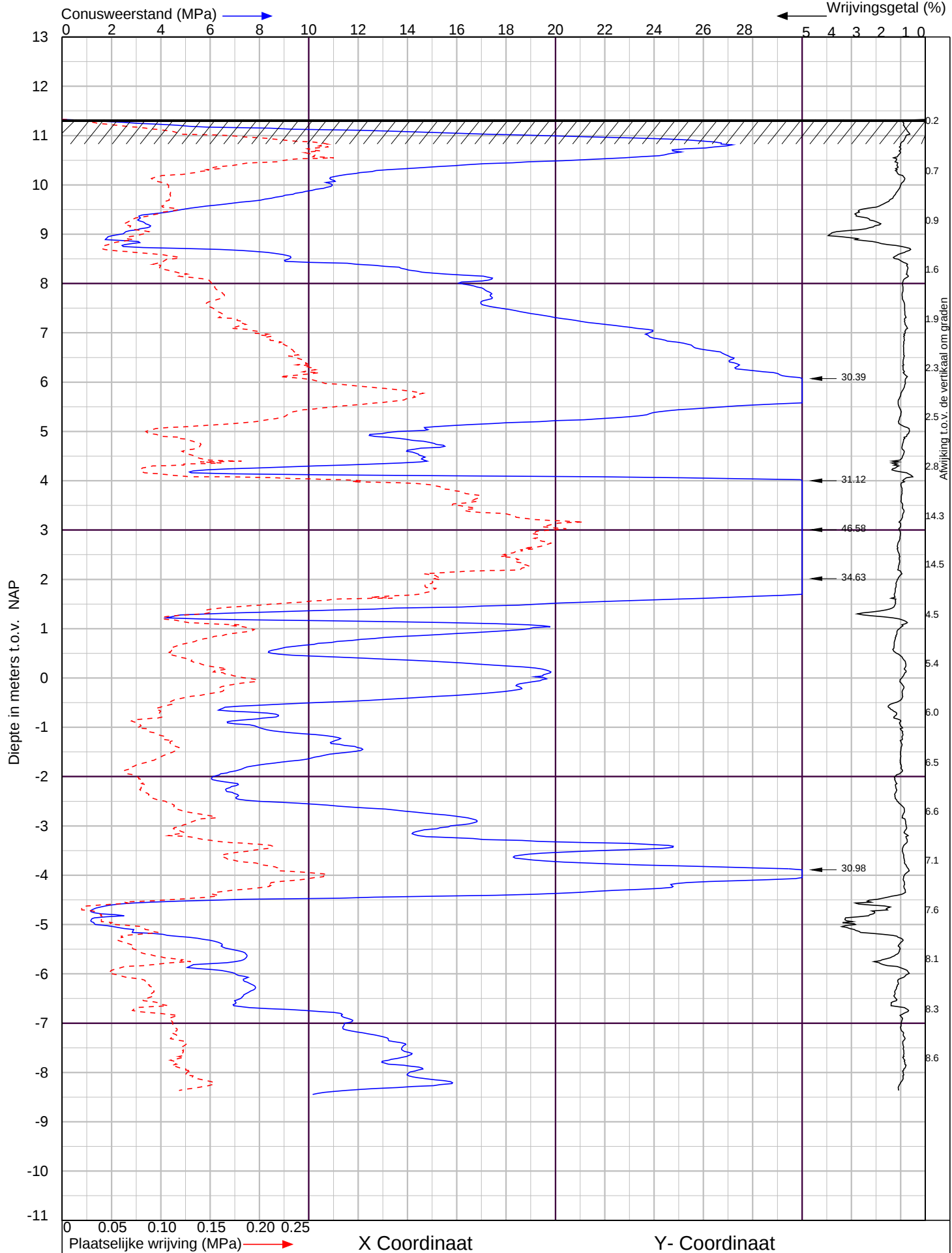
Datum : 16-4-2019

Conusnr. : 001757

MV. is 11.41 m tov NAP



KVL terrein te Oisterwijk		Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2	
[Redacted]		Datum : 16-4-2019	
		Conusnr. : 001757	
		MV. is 11.22 m tov NAP	



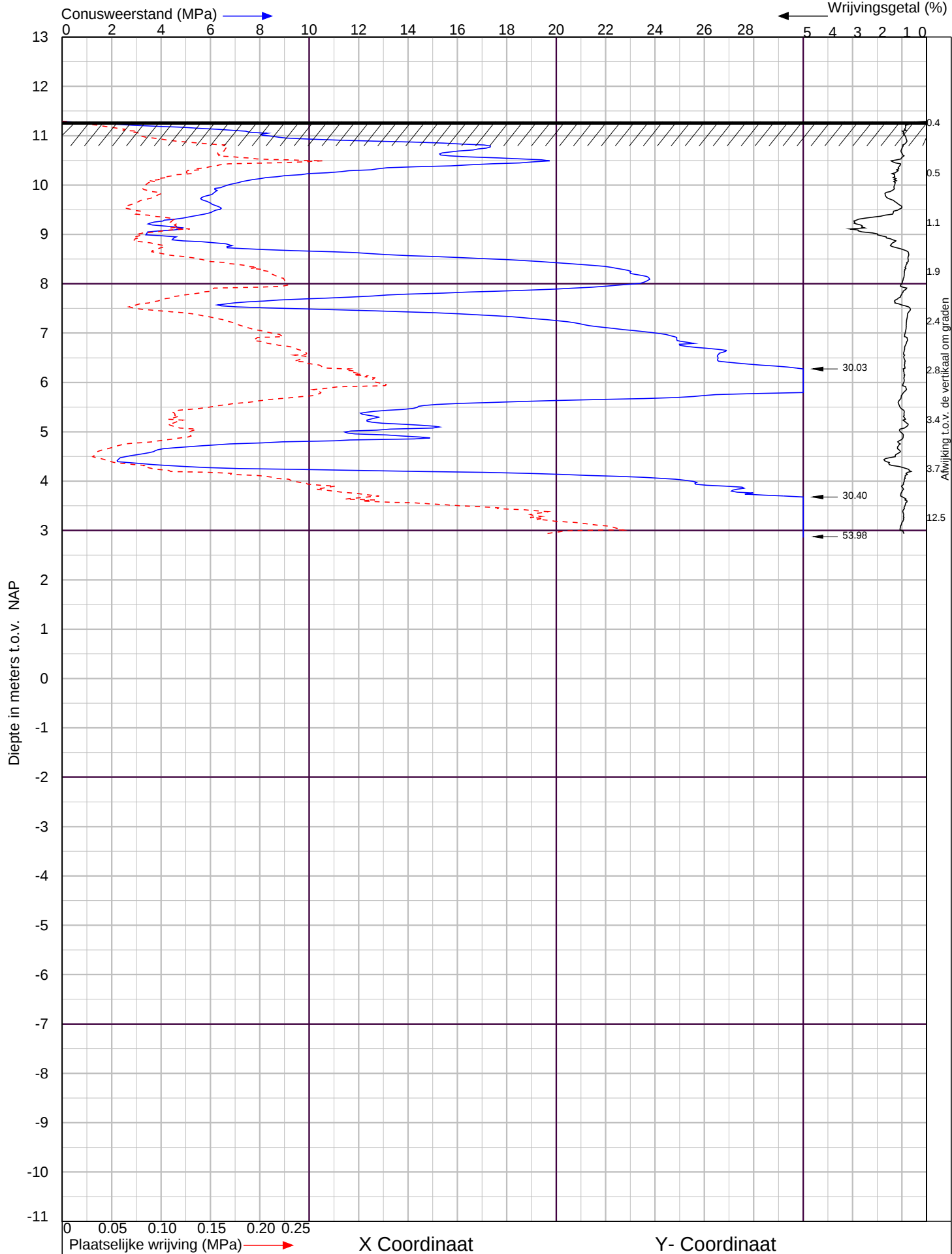
KVL terrein te Oisterwijk

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2

Datum : 16-4-2019

Conusnr. : 001757

MV. is 11.33 m tov NAP



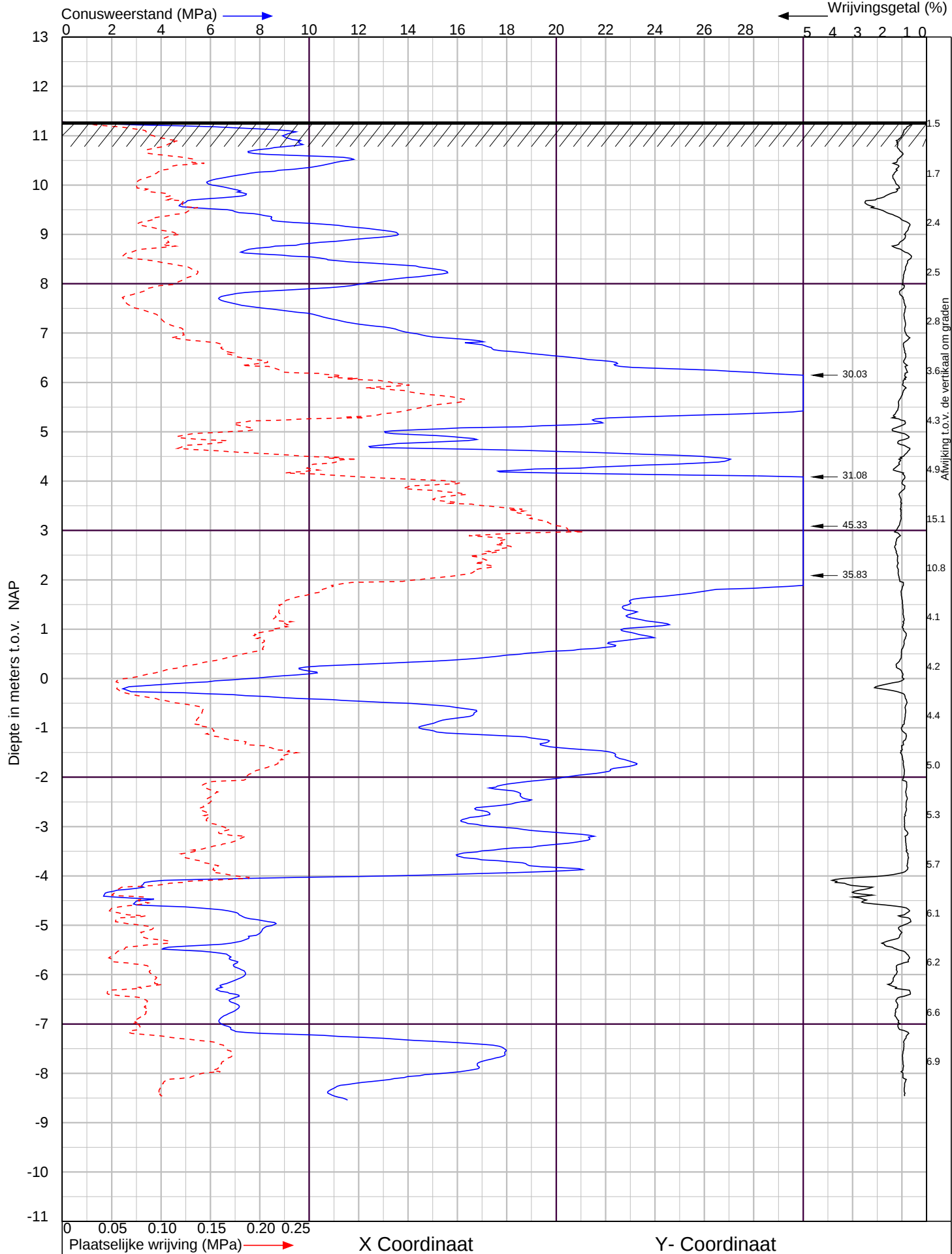
KVL terrein te Oisterwijk

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2

Datum : 16-4-2019

Conusnr. : 001757

MV. is 11.29 m tov NAP



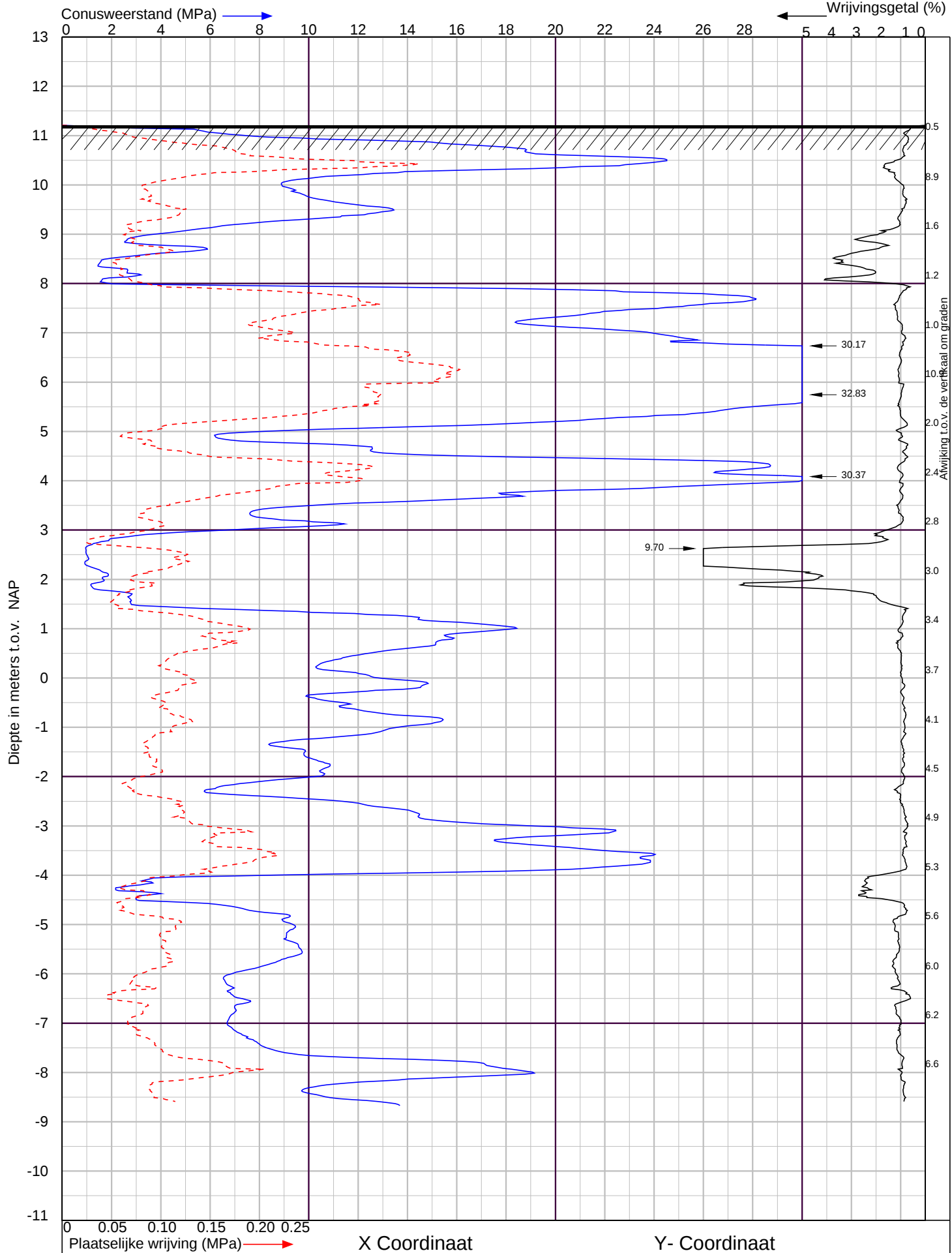
KVL terrein te Oisterwijk

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2

Datum : 16-4-2019

Conusnr. : 001757

MV. is 11.28 m tov NAP



KVL terrein te Oisterwijk

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2

Datum : 16-4-2019

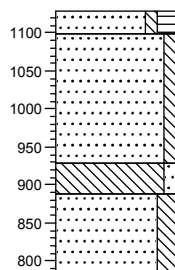
Conusnr. : 001757

MV. is 11.21 m tov NAP

B1 / D9

Datum: 16-04-2019
GWS (in cm-mv): 320
Maaiveldhoogte in m t.o.v. NAP : 11,29

t.o.v. NAP



t.o.v. M.V.

0	
30	Zand, matig fijn, zwak siltig, matig humeus, zwartbruin
	Zand, matig fijn, zwak siltig, geelbruin
200	
240	Leem, zwak zandig, geelgrijs
	Zand, matig fijn, matig siltig, geelbruin
350	

Waterpasstaat

(+ stopcriterium sonderingen)

Hoogten ingemeten met behulp van dGPS

Datum uitvoering : 16 april 2019

Meetpunt	Hoogte* [m t.o.v. NAP]	Opmerking / stopcriterium1
sondering 1	11,42 +	V
sondering 2	11,41 +	V
sondering 3	11,41 +	V
sondering 4	11,38 +	O1 + O2
sondering 5	11,42 +	V
sondering 6	11,41 +	V
sondering 7	11,22 +	V
sondering 8	11,33 +	V
sondering 9	11,29 +	O1 + O2
sondering 10	11,28 +	V
sondering 11	11,23 +	V
sondering 12	11,21 +	V
boring 1	11,29 +	
put	11,50 +	
dorpel	11,54 +	

* Hoogten in deze waterpasstaat zijn uitsluitend bedoeld om inzicht te verkrijgen in de maaiveldhoogten van de meetpunten. Zonder verificatie door de gebruiker mogen deze hoogten niet voor andere doeleinden worden gebruikt.

Grondwater

De tijdens het onderzoek geregistreerde stijghoogtes zijn weergegeven in navolgende tabel.

Meetpunt [nr.]	Stijghoogte* [m - mv]	[m t.o.v. NAP]
boorgat B1	3,20	8,09 +

* Gemeten stijghoogtes zijn momentopnamen en dienen met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd, omdat:

- o waterniveaus gemeten direct na 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 stijghoogte onder invloed van seizoensafhankelijke factoren in 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 gemonitoorde peilbuizen uit de omgeving.

¹ Toelichting :

- V: streefdiepte bereikt
- D: streefdiepte overschreden i.v.m. minimaal benodigd geachte pakketdikte
- N1: beoogd sondeerpunt onbereikbaar voor sondeerunit i.v.m. (afmeting) doorgang
- N2: beoogd sondeerpunt onbereikbaar voor sondeerunit i.v.m. obstakels, begroeiing
- N3: beoogd sondeerpunt onbereikbaar voor sondeerunit i.v.m. berijdbaarheid terrein
- O1: totaalweerstand overschrijdt de maximaal toelaatbare druk sondeerequipement
- O2: uitbuiging sondeerstangen overschrijdt maximaal toelaatbare waarde
- O3: overschrijding toelaatbare puntdruk sondeerconus

Algemene toelichting onderzoeksmethoden

Toelichting sonderingen

Elektrische sonderingen worden uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1, met een elektrische (kleefmantel)conus.

De sondeergegevens worden in een grafiek weergegeven waarbij, indien van toepassing, het wrijvingsgetal (verhouding plaatselijke wrijving / conusweerstand) is berekend en gepresenteerd. Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand over het algemeen een indicatie van de bodemopbouw onder de grondwaterstand. In navolgende tabel zijn enige indicatieve waarden hiervoor aangegeven. Opgemerkt wordt dat boven het grondwater de waarden hiervan kunnen afwijken.

Grondsoort	Conusweerstand (q_c) [MPa]	Wrijvingsgetal (f_s/q_c) [%]
zand, grind	> 5	0,2 - 1,0
siltig zand,	> 4	0,8 - 1,4
kleiig zand	> 2	1,0 - 2,0
leem	1 - 3	2,0 - 4,0
klei	0 - 5	2,0 - 6,0
venige klei	0 - 6	5,0 - 8,0
veen	0 - 4	5,0 - 10,0

Handsonderingen

Sonderingen uitgevoerd met een handsondeerapparaat, waarbij tevens een boring wordt gemaakt. De sondeerwaarden worden handmatig geregistreerd.

Waterspanningsmeting

Bij deze sonderingen wordt met behulp van een piëzoconus naast de conusweerstand en de plaatselijke wrijving tevens de waterspanning geregistreerd. Meting van de waterspanning geeft meer inzicht in de stijghoogte(verschillen) van het grondwater, de gelaagdheid van de bodem en de aanwezigheid van waterremmende lagen. De geregistreerde waterspanning is weergegeven op de betreffende sondeergrafiek. Opgemerkt dient te worden, dat uit de geregistreerde waterspanning niet zonder meer de stijghoogte van de diverse lagen kan worden afgeleid, omdat de stijghoogte wordt beïnvloed door de beweging van de sondeerconus.

Dissipatieproef.

Bij een dissipatietest wordt tijdens het sonderen de conus enige tijd gestopt, waarna wordt geregistreerd op welke wijze de door het wegdrukken geïnitieerde waterspanning reageert. Het waterspanningsverloop geeft een indicatie omtrent de waterdoorlatendheid in de desbetreffende laag. Indien de test wordt gecontinueerd totdat een quasistationaire waterspanning wordt bereikt kan tevens op betrouwbare wijze de stijghoogte van het grondwater van de betreffende laag worden bepaald.

Wegdrukpeilbuis

Wegdrukpeilbuizen worden geplaatst met behulp van een sondeertruck.

Mechanische boring.

Machinaal uitgevoerde boring onder certificaat van de BRL SIKB 2100, conform protocol 2101.

Waterdoorlatendheidsmeting verrichting middels de Constant-flow-rate-methode (onverzadigde zone)

Waterdoorlatendheidsmeting, in de onverzadigde bodem (boven de grondwaterspiegel) verricht middels constant-flow-rate-methode cf. ISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt, in onverzadigde grond, water met een constant debiet in een gesteund boorgat gepompt, totdat de bodem rondom verzadigd is en een constante waterspiegel ontstaat. Uit de verhouding van het pompdebiet en de waterspiegel kan de verzadigde waterdoorlatendheid worden berekend van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Waterdoorlatendheidsmeting verrichting middels de Constant-flow-rate-methode (verzadigde zone)

Waterdoorlatendheidsmeting, onder de grondwaterspiegel, uitgevoerd middels de constant-flow-rate-methode cf. ISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt de peilbuis met een constant debiet doorgepompt totdat een constante waterstandsverlaging ontstaat in de peilbuis. Uit de verhouding tussen het pompdebiet en de waterstandsverlaging kan de doorlatendheid worden berekend van het bodemtraject waarin het filter is geplaatst.

Waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de falling-head-methode.

Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de horizontale waterdoorlatendheid van de verzadigde ondergrond (onder de grondwaterspiegel). Bij deze proef wordt een peilbuis geheel of gedeeltelijk gevuld met water, waarna de waterstandsaling wordt gemeten. De dalingssnelheid van het water is een maat voor de horizontale waterdoorlatendheid (K_h -waarde) van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de rising-head-methode.

Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de horizontale waterdoorlatendheid van de verzadigde ondergrond (onder de grondwaterspiegel). Bij deze proef wordt peilbuis geheel of gedeeltelijk leeg getrokken, waarna de stijging van het grondwater in de peilbuis wordt geregistreerd. De stijgingssnelheid van het water is een maat voor de horizontale waterdoorlatendheid (K_h -waarde) van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Onverzadigde zone (Ringinfiltratieproeven)

Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de verticale waterdoorlatendheid van de onverzadigde grond. De proeven worden uitgevoerd op maaiveld of diepte, met de dubbele ringinfiltratiemeter bestaande uit een buitenring met een diameter van ca. 0,53 m en een binnenring met een diameter van ca. 0,28 m.

Beide ringen worden op het ontgravingsvlak aangebracht en vervolgens enige centimeters de grond ingeslagen. Na het aanbrengen van een meetbrug met een vlotter worden beide ringen gevuld met water waarna met een zekere frequentie in de binnenring, de dalingssnelheid van het water wordt vastgesteld. Door toepassing van een buitenring infiltreert grondwater in de binnenring zoveel mogelijk verticaal. Uit de infiltratiesnelheid kan vervolgens de verticale waterdoorlatendheid worden afgeleid.

Legenda boorstaat

zand

	zand, kleiig
	zand, zwak siltig
	zand, matig siltig
	zand, sterk siltig
	zand, uiterst siltig

grind

	grind, siltig
	grind, zwak zandig
	grind, matig zandig
	grind, sterk zandig
	grind, uiterst zandig

veen

	veen, mineraalam
	veen, zwak kleiig
	veen, sterk kleiig
	veen, zwak zandig
	veen, sterk zandig

peilbuis

	blinde buis
	casing
	indicatie hoge grondwaterstand
	actuele grondwaterstand
	indicatie lage grondwaterstand
	bentoniet afdichting
	filter buis

klei

	klei, zwak siltig
	klei, matig siltig
	klei, sterk siltig
	klei, uiterst siltig
	klei, zwak zandig
	klei, matig siltig
	klei, sterk zandig

leem

	leem, zwak zandig
	leem, sterk zandig

overige toevoegingen

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

monsternamen

	geroerd monster
	ongeroerd monster

overige tekens

	bijzonder bestanddeel
	gemiddelde hoogste grondwaterstand
	grondwaterstand
	gemiddelde laagste grondwaterstand

Legenda situatietekening

sonderen

	sondering
	sondering niet uitgevoerd
	wegdrukpeilbuis
	handsondering

boren

	boring
	boring niet uitgevoerd
	boring met peilbuis
	boring met 2 peilbuizen
	boring met 3 peilbuizen

overig

	meetpunt
	fotopijl met richting
	sondering van derden
	boring van derden

fasering onderzoek

	sondering fase 1
	sondering fase 2
	sondering fase 3
	sondering fase 4
	boring fase 1
	boring fase 2
	boring fase 3
	boring fase 4

Geotechniek

- Sonderen (truck, minirups, demontabel, hand) in Nederland, België, Frankrijk en desgewenst in de rest van wereld.
- Sonderen op het water (met hefeiland)
- Waterspanningsmeting en dissipatieproeven
- Peilbuizen wegdrukken
- Mechanisch (puls)boren conform protocol 'Mechanisch boren' (2101).
- Handboren
- Geotechnische monitoring
- Doorlatendheidsmetingen verzadigde en onverzadigde zone
- Akoestisch doorneten van palen
- Onderzoek naar niet gesprongen explosieven (NGE)
- dGPS-metingen

Milieutechniek

Wij zijn gecertificeerd voor de BRL SIKB 2000 en BRL SIKB 6000.

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

Geotechnisch en geohydrologisch advies

- Funderingsadvies bebouwing, leidingen, constructies, infrastructuur
- Geohydrologische modellering (bemaling, drainage, wateroverlast, etc.)
- Bemalingsadvies, bemalingsplan, monitoringsplan, meldingen en vergunningen, MER aanmeldnotitie, zettingsrisico's CAR
- Bouwputadvies, damwandberekeningen en -advies
- Zettings- en ophoogadvies, inclusief voorbelasting, zettingsversnelling
- Stabiliteitsberekeningen taluds
- Infiltratiegeschiktheidsadvies, watertoetsadvies
- Civieltechnische herbruikbaarheid grond
- Analyse waterstanden, doorlatendheid, wateroverlast.
- GIS-toepassingen: hoogtemodellen, zanddiepte kaarten, etc.

Laboratorium

- Materiaaleigenschappen, volumegewicht, Atterbergse grenzen
- Samendrukkingsproeven, Proctorproeven.
- Doorlatendheid, korrelverdeling en -vorm en afleiding k-waarden
- Triaxiaalproeven

