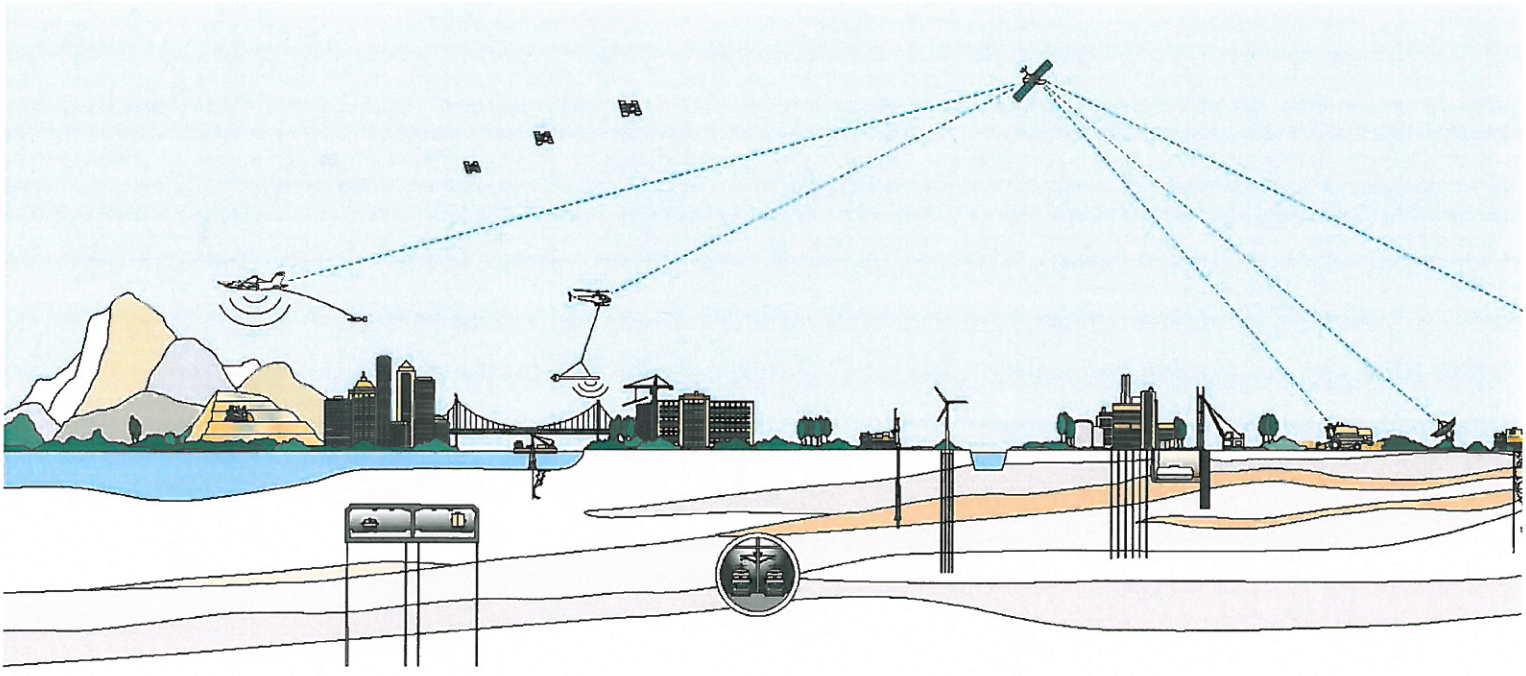
FUGRO GEOSERVICES B.V.
Waterbouw

RAPPORT
betreffende

PIPING-ONDERZOEK ONTWIKKELLOCATIE VEENSE PLASSEN

Opdrachtnummer: 1213-0085-000



RAPPORT
betreffende

PIPING-ONDERZOEK ONTWIKKELLOCATIE VEENSE PLASSEN

Opdrachtnummer: 1213-0085-000

Opdrachtgever	:	Bax & Van Kranenburg Beheer B.V. t.a.v. de heer R. de Graaf Postbus 20 4260 AA Wijk en Aalburg
Projectleider	:	drs. B.M. Berbee
Opgesteld door	:	ir. G.R.P. van Goor Adviseur Waterbouw

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	11 februari 2014	eerste versie	BMB
2	27 februari 2014	Commentaar WSRL verwerkt	BMB
3			

FILE: 1213-0085-000_34.R01.doc

INHOUDSOPGAVE Blz.

1. INLEIDING 1
2. SITUATIEBESCHRIJVING 2
   2.1. Aanleiding 2
   2.2. Beschikbare informatie 3
3. GRONDONDERZOEK 4
   3.1. Algemeen 4
   3.2. Reeds beschikbaar grondonderzoek 4
   3.3. Sonderingen 4
   3.4. Handboringen 4
   3.5. Laboratoriumonderzoek 5
4. TERREIN- EN BODEMGESTELDHEID 6
   4.1. Bodemopbouw 6
5. UITGANGSPUNTEN 8
   5.1. Beoordelingsmethodiek 8
   5.2. Hydraulische randvoorwaarden 8
   5.3. Geometrie 9
   5.4. Volumegewicht deklaag 9
   5.5. Hydrologische parameters 9
6. HYDROLOGISCHE ANALYSE 11
   6.1. Bepaling van het stijghoogteverloop 11
   6.2. Analyse toename kwel binnendijks 12
7. BEOORDELING OP PIPING 14
   7.1. Beoordeling opbarstcriterium binnenteen 14
   7.2. Beoordeling opbarstcriterium achterland 14
   7.3. Aanvullende beoordeling met de methode Bligh 15
   7.4. Doorkijk methode Sellmeijer 16
8. CONCLUSIES 18
9. LITERATUUR 19

BIJLAGEN Nr.

Algemeen
- Overzichtstekening ontwerp ontwikkellocatie A1

Grondonderzoek
- Rapportage grondonderzoek B1
- Archief: sondering DKM1; Maasdijk 377 te Veen B2
- Archiefonderzoek: 'Verkennend bodemonderzoek aan de Veense Plassen te Veen.' B3
- Archiefonderzoek: 'Aanvullend bodemonderzoek aan de Veense Plassen' B4

Laboratoriumonderzoek
- Rapportage laboratoriumonderzoek C1

1. INLEIDING

Op 7 januari 2014 ontving Fugro GeoServices B.V. te Nieuwegein van Bax & Van Kranenburg Beheer B.V. te Wijk en Aalburg, de opdracht voor het uitvoeren van een geotechnisch onderzoek en het opstellen van een advies met betrekking tot het pipingrisico bij de ontwikkellocatie Veense Plassen.

Doel van onderhavige rapportage is een geotechnische onderbouwing te leveren voor de aanvraag van een watervergunning bij Waterschap Rivierenland. Daarbij is onderzocht of de voorgenomen werkzaamheden van invloed zijn op het risico op piping van de aanwezige primaire categorie C-waterkering (dijkring 24: Land van Altena).

Het Waterschap heeft daarbij verzocht de beoordeling uit te voeren volgens de vigerende en nieuwe rekenregel van Sellmeijer. Vanwege de beperkte diepte van de handboringen is het niet mogelijk gebleken om voldoende korrelverdelingen te bepalen van het watervoerende zandpakket. Hierdoor is toepassing van de methode Sellmeijer niet mogelijk gebleken. Conform de vigerende voorschriften is het pipingrisico daarom beoordeeld op basis van het opbarstcriterium en aanvullend met de methode Bligh. Op basis van korrelverdelingen van een naburig project is echter wel een doorkijk gegeven naar de toepassing van de methode Sellmeijer (vigerend en nieuw).

2. SITUATIEBESCHRIJVING

2.1. Aanleiding

In het kader van een herontwikkeling van het gebied 'De Veense Plassen' wordt een grote waterplas in de uiterwaarden met circa 26 woningen beoogd. Deze waterplas wordt aangelegd door het voorland af te graven tot een niveau van ca. NAP -2 m. Deze ontgravingsdiepte is door de opdrachtgever aangegeven. De af te graven plas ligt op ca. 60m afstand van de buitenteen van de dijk.

De ontwikkellocatie ligt op het voorland van een primaire categorie C-kering die de achterliggende dijkring (dijkringnummer 24: Land van Altena) beschermd tegen hoge waterstanden op de Afgedamde Maas. Specifiek gaat het om het dijkvak 'Kromme Nol – Veen', het dijkvak heeft code 240901 (dijkpalen LA060-LA061). De projectlocatie is weergegeven in figuur 1.

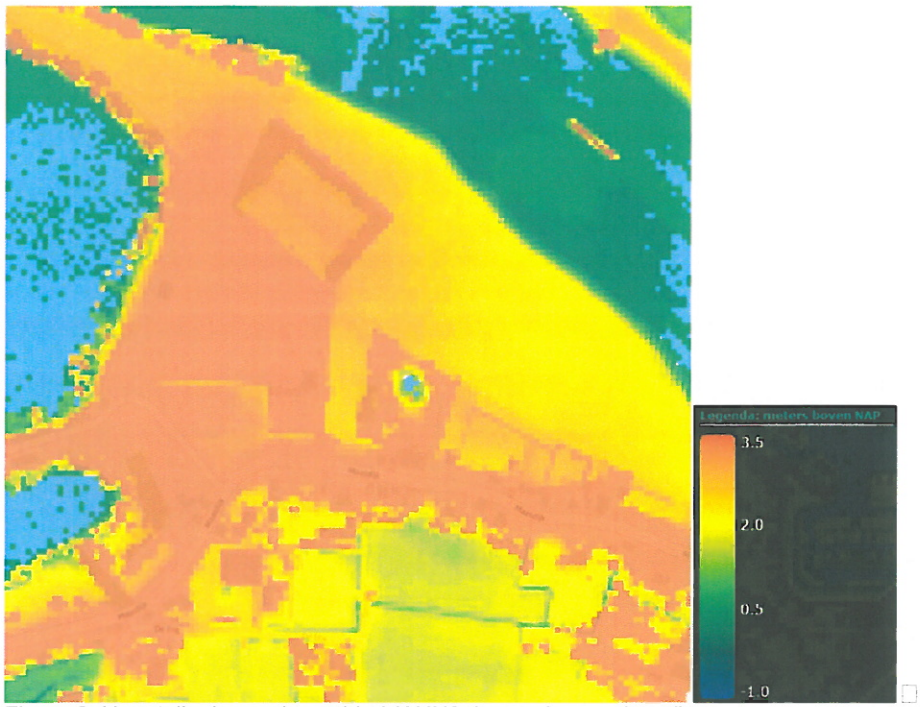
Een overzichtstekening van de beoogde ontwikkelingen in de uiterwaard is opgenomen in bijlage A1.

Figuur 1: Projectlocatie

Op de huidige locatie zijn voetbalvelden gelegen. Het maaiveld ligt er relatief hoog, waarbij groter delen van de uiterwaard hoger zijn gelegen dan de maatgevende buitenwaterstand (MHW) van NAP +3,5 m (zie figuur 2).

De beheerder van de primaire waterkering is Waterschap Rivierenland. In het kader van de vergunningsaanvraag dient te worden aangetoond dat de waterkerende veiligheid van de primaire waterkering niet negatief mag worden beïnvloed door de voorgenomen werkzaamheden. Er is reeds een hydrologische analyse uitgevoerd om de effecten van de herinrichting in beeld te brengen. Het Waterschap adviseert echter aanvullend onderzoek te doen naar piping en binnendijkse kwel.

Door het afgraven van het voorland kan het intredepunt van het buitenwater tot het watervoerend pakket dichter bij de dijk komen te liggen. Op deze manier wordt de aanwezige kwelweglengte verkort en kan het risico op piping toenemen. Door het vergraven van het voorland zal de stijghoogte in het watervoerende pakket en daarmee de kwel in het achterland kunnen toenemen.



Figuur 2: Hoogteligging projectgebied (AHN2; bron: ahn.geodan.nl)

2.2. Beschikbare informatie

Door de opdrachtgever en gemeente Aalburg is de volgende informatie beschikbaar gesteld:

- ontwerptekeningen;
- beschikbaar grondonderzoek uit 2010 en 2011.

In het Fugro-archief is één sondering beschikbaar die aan de binnenteen van dijk is uitgevoerd aan de Maasdijk nummer 377 te Veen.

3. GRONDONDERZOEK

3.1. Algemeen

Het grondonderzoek voor dit project heeft bestaan uit:
- 2 sonderingen, inclusief kleefmeting en waterspanning, tot een diepte van 15 m.
- 3 handboringen tot 5 m diepte.
- Laboratoriumonderzoek.

De resultaten van het grondonderzoek zijn weergegeven in bijlage B1.

3.2. Reeds beschikbaar grondonderzoek

In het Fugro-archief is het volgende grondonderzoek beschikbaar:
- 1 sondering op adres Maasdijk 377 te Veen (zie bijlage B2).

Door de opdrachtgever is het volgende onderzoek aangeleverd:
- 'Verkennend bodemonderzoek aan de Veense Plassen te Veen' (Milon B.V., 2010).
  Een drietal diepere boringen (nr. 5, 6 en 20) zijn gebruikt in voorliggend onderzoek. De boordieptes variëren van ca. 2 tot 4,5 m. De onderzoekslocaties zijn destijds niet ingemeten ten opzichte van NAP. Hierdoor zijn de resultaten beperkt bruikbaar. De hoogteligging van het maaiveld is daarom geschat met behulp van de AHN-viewer (ahn.geodan.nl). Een overzichtstekening van de boorlocaties en boorprofielen is opgenomen in bijlage B3, daarin is ook de hoogteligging van het maaiveld aangegeven.
- 'Aanvullend bodemonderzoek aan de Veense Plassen' (Milon B.V., 2011).
  Op het terrein van de huidige voetbalclub zijn, aanvullend op bovengenoemd onderzoek, een zevental boringen uitgevoerd. De boordieptes variëren van 4 tot 5 m. De overige boringen liggen op relatief grote afstand van de dijk. Ook hier is de hoogteligging van het maaiveld geschat op basis van de AHN-viewer. Een overzichtstekening van de boorlocaties en boorprofielen is opgenomen in bijlage B4.

Dit reeds beschikbare grondonderzoek is gebruikt om de aanwezigheid van een afdekkend cohesief pakket op het voorland aan te tonen. Het merendeel van de boringen die destijds zijn uitgevoerd zijn relatief ondiep en bevinden zich op de toekomstige locatie van de plas. Fugro GeoServices B.V. draagt geen verantwoordelijkheid voor het door de opdrachtgever aangeleverde onderzoek.

3.3. Sonderingen

De gemeten conusweerstand geeft samen met de gemeten wrijvingsweerstand inzicht in de bodemopbouw. Tijdens het sonderen zijn de waterspanningen in de ondergrond gemeten, welke een goed beeld geven van de doorlatendheid van de bodem. Een hydrostatische drukverdeling duidt goed doorlaatbare (zand)lagen terwijl wateroverdrukken duiden op cohesieve lagen. De sondeerlocaties zijn ingemeten ten opzichte van NAP en RD. De sondeergaten zijn over een lengte van 3 meter afgedicht.

3.4. Handboringen

De handboringen zijn tot een diepte van 5 m beneden het maaiveld uitgevoerd. De onderzoekslocaties zijn ingemeten ten opzichte van NAP (hoogte) en RD (x-y coördinaten). Alle handboringen zijn in de binnenteen van de waterkering uitgevoerd. De boorgaten zijn afgedicht met zwelklei.

3.5. Laboratoriumonderzoek

Het geotechnisch laboratoriumonderzoek is uitgevoerd door het RvA geaccrediteerd Laboratorium voor Infra- en Geotechniek van Fugro GeoServices B.V.

Het laboratoriumonderzoek heeft bestaan uit:

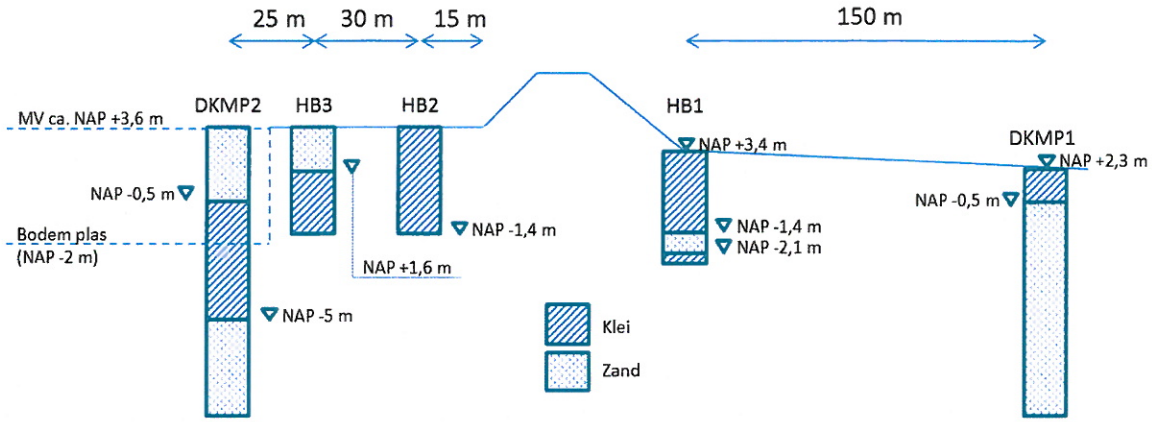
- classificatie van ongeroerde monsters van de deklaag;
- bepaling van volumiek gewicht en watergehalte van een drietal ongeroerde monsters van de deklaag die zijn gestoken ter plaatse van de binnenteen van de dijk.

De resultaten van dit onderzoek zijn weergegeven in bijlage C1: 'Rapportage laboratorium onderzoek'.

4. TERREIN- EN BODEMGESTELDHEID

4.1. Bodemopbouw

Op basis van het grondonderzoek dat door Fugro is uitgevoerd is onderstaand dwarsprofiel opgesteld. Hierin zijn de resultaten van het grondonderzoek verwerkt, waarbij de sondeerresultaten zijn vertaald naar representatieve bodemlagen. Het dwarsprofiel is niet op schaal getekend en is enkel bedoeld om een indicatie te krijgen in de heterogeniteit van de bodemopbouw.



Figuur 3: Schematisatie dwarsprofiel (nieuw te graven plas met stippellijn weergegeven)

Ter plaatse van de binnenteen van de dijk is het maaiveld op NAP +3,4 m gemeten en ca. 150 m verderop, ter plaatse van DKMP1, op NAP +2,3 m.

Op de hogere delen van het voorland bevindt zich vanaf maaiveldniveau een zandlaag van gemiddeld ca. 1 tot 3 meter dik. Waarschijnlijk is deze zandlaag antropogeen aangebracht om het gebied op te hogen. Onder deze antropogene zandlaag wordt de oorspronkelijke holocene deklaag aangetroffen, deze bestaat hoofdzakelijk uit klei. Op basis van sondering DKMP2 strekt de kleilaag zich uit tot een niveau van ca. NAP -5 m. Onder de kleilaag bevindt zich het pleistocene zandpakket. De waterspanningen in dit zandpakket verlopen min of meer hydrostatisch over de diepte, hetgeen duidt op een goed doorlatend pakket. In de deklaag zijn relatief grote wateroverspanningen gemeten overeenkomstig slecht doorlatende gronden. Ter plaatse van HB2 is direct vanaf maaiveld een kleideklaag aangetroffen van 5 m dik, hier heeft vermoedelijk geen ophoging plaatsgevonden.

Bovenstaande bodembeschrijving ziet men ook terug in de boorstaten die aangeleverd zijn door de opdrachtgever (zie bijlage B3 en B4). Op basis van deze boringen blijkt dat de dikte van het kleipakket sterk kan variëren (zie bijvoorbeeld boring 02, uit het aanvullende onderzoek van Milon (2011)). Daar is het kleipakket slechts ca. 0,9 m dik, de bovenkant van deze laag ligt op een diepte van ca. NAP +0,8 m. Vanwege de geringe boordiepte is het onzeker of er dieper nog een kleilaag wordt aangetroffen. De resultaten uit deze archiefboringen zijn echter maar beperkt bruikbaar omdat ter plaatse van de boorlocaties het voorland tot NAP -2 m wordt afgegraven.

Ter plaatse van de binnenteen bevind zich een relatief dikke kleiige deklaag van ca. 4,8 m. Onder dit afdekkend pakket is een dunne tussenzandlaag aangetroffen van ca. 0,7 m dik. Deze resultaten zijn in lijn met de sondeerresultaten ter plaatse van de binnenteen op het

adres Maasdijk 377 (zie locatie in figuur 4) waar tussen ca. NAP +2,5 m en NAP -1 m, een cohesieve deklaag van ca. 3,5 m is aangetroffen. Ter plaatse van DKMP1, op ca. 150 m afstand van de binnenteen van de dijk, is een kleiige deklaag van ca. 2,8 m aangetroffen.

Figuur 4: Locaties grondonderzoek, inclusief archiefsondering DKM1 (Maasdijk 377)

Mogelijke aanwezigheid hooggelegen zandbaan
Waterschap Rivierenland heeft gewezen op de mogelijke aanwezigheid van hooggelegen zandbanen. Hierdoor zou het risico op piping toenemen. De aanwezigheid van een hooggelegen zandbaan in de nabijheid van de projectlocatie is echter onwaarschijnlijk. Op iedere grondonderzoekslocatie, zowel in het achterland als in dwars- en langsrichting op de dijk op het voorland, is vanaf maaiveld of vlak daaronder een kleipakket aangetroffen met een minimale dikte van 1 m. Uit de pipinganalyse zal blijken dat ook in het geval van een hooggelegen zandbaan direct naast de nieuw aan te leggen plas (aangenomen intredepunt voor piping), de aanwezige kwelweglengte voldoende lang is.

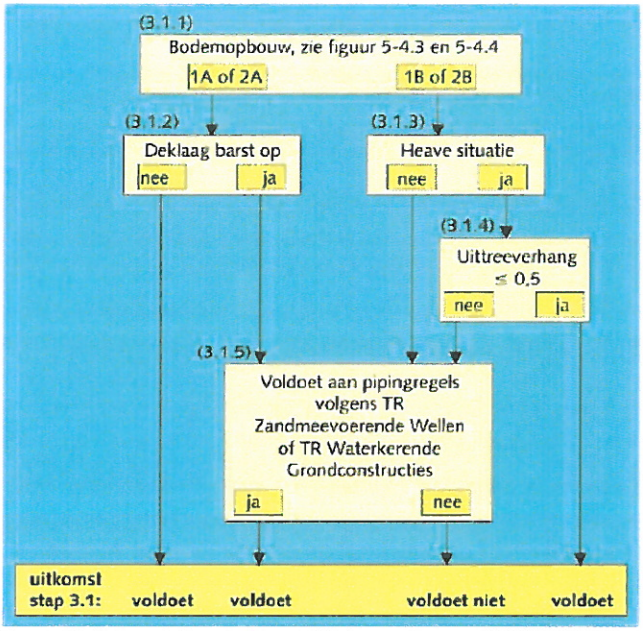
5. UITGANGSPUNTEN

5.1. Beoordelingsmethodiek

De beoordeling op het faalmechanisme piping is uitgevoerd conform onderstaande vigerende Technische Rapporten:

- Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken (TAW, 2004);
- Technisch Rapport Zandmeevoerende Wellen (TAW, 1999).

De veiligheid op piping is beoordeeld aan de hand van het beoordelingsschema uit het VTV2006 (Ministerie V&W, 2007). Dit schema is overgenomen in figuur 5.



Figuur 5: Beoordelingsschema Piping en heave (VTV2006; figuur 5-4.8)

Na het selecteren van een representatieve bodemopbouw, wordt eerst via aantal eenvoudige toetsregels bepaald of wordt voldaan aan de voorwaarde voor piping. Wanneer opbarsten van de deklaag aan de binnendijkse zijde kan worden uitgesloten en/of wanneer de aanwezige kwelweglengte lang genoeg is, vormt piping geen risico. Kan dit niet worden uitgesloten dan dient een meer gedetailleerde beoordeling plaats te vinden volgens de rekenregels die in de aangegeven technische rapporten zijn beschreven (Bligh/Sellmeijer).

Als onderdeel van dit onderzoek zijn de stijghoogten in het watervoerende (zand)pakket bepaald aan de hand van de analytische methode op basis van spreidingslengtes, zoals beschreven in het Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken (TAW, 2004). Deze methode geeft inzicht in het stijghoogteverloop in het zandpakket direct onder de deklaag. Op basis van conservatieve waarden is dit stijghoogteverloop geschematiseerd en als input meegenomen in de beoordeling.

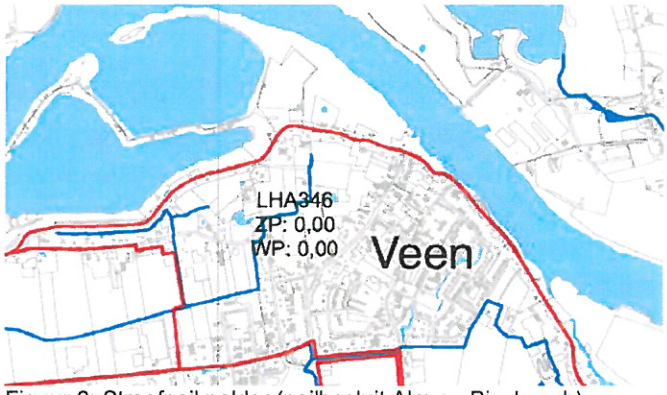
5.2. Hydraulische randvoorwaarden

Het verhang over de waterkering is een belangrijke parameter in de beoordeling op piping. Het totale verhang over de waterkering wordt bepaald door het verschil tussen maatgevende hoogwaterstand en het polderpeil.

Maatgevende hoogwaterstand (MHW):	NAP +3,5 m
Polderpeil (winter en zomerpeil):	NAP +0,0 m
Verhang:	3,5 m

De maatgevende hoogwaterstand is die waterstand die de dijk nog veilig moet kunnen keren om te voldoen aan de vastgestelde veiligheidsnorm. De normfrequentie voor dijkring 24 (Land van Altena) is vastgesteld op 1/2000 jaar. De maatgevende hoogwaterstanden voor onderhavig dijkvak zijn vastgelegd in de 'Hydraulische Randvoorwaarden primaire waterkeringen categorie c' (Ministerie V&W, 2009).

Het polderpeil is overgenomen uit het peilbesluit Alm en Biesbosch (zie onderstaand figuur).



Figuur 6: Streefpeil polder (peilbesluit Alm en Biesbosch)

5.3. Geometrie

In de analyse is aangenomen dat door het ontgraven van het voorland, het intredepunt voor piping richting de dijk verschuift. Het intredepunt is gekozen op die locatie waar de toekomstige plas het dichtst bij de dijk ligt.

Voor de beoordeling op basis van kwelweglengte zijn de afmetingen van het toekomstig voorland en de dijk bepaald. Mede op basis van de ontwerptekening (zie bijlage A1) zijn de volgende dimensies bepaald:

Voorland (van gekozen intredepunt tot buitenteen dijk):	60 m
Dijkzate (van buiten- tot binnenteen):	25 m

5.4. Volumegewicht deklaag

Van drie ongeroerde monsters van de deklaag ter plaatse van de binnenteen van de dijk (boring HB1) is in het laboratorium het volumegewicht bepaald. Het gemiddelde volumegewicht bedraagt 17,3 kN/m^3, met een standaardafwijking van ca. 0,33. Op basis van Appendix II uit het Technisch Rapport Zandmeevoerende Wellen (TAW, 1999) is de karakteristieke waarde (95% ondergrens) bepaald op 16,4 kN/m^3.

5.5. Hydrologische parameters

Voor het bepalen van het stijghoogteverloop in het eerste watervoerende pakket is informatie nodig over de dikte van de deklaag en het zandpakket en over de doorlatendheden van deze formaties. Met het oog op een robuuste veiligheidsbeoordeling zijn deze waarden conservatief gekozen op basis van literatuur. In onderstaande tabel zijn de gehanteerde waarden weergegeven en toegelicht.

Tabel 1: Karakterisering deklaag en eerste watervoerend pakket in bepaling stijghoogteverloop

	Dikte (m)	Doorlatendheid (m/dag)	Toelichting
Deklaag (klei)	1	0,1 (voorland)	Op het voorland is gekozen voor een conservatieve dikte van de deklaag en doorlatendheid (representatief voor fijn zand). Uit figuur 3 blijkt dat maar een beperkt deel van het toekomstig voorland daadwerkelijk onder water zal staan tijdens een MHW-situatie. Een groot deel van het voorland ligt boven het niveau van NAP +3,5 m. De inzijging van het buitenwater door de deklaag op het voorland zal in werkelijkheid dan ook (veel) lager zijn.
		0,001 (achterland)	Voor het achterland is ook een deklaagdikte van 1 meter aangehouden. De doorlatendheid is hier echter een factor 100 kleiner gekozen. Op deze manier wordt er minder kwel door de deklaag berekend, waardoor de stijghoogte onder de deklaag conservatief hoger wordt bepaald.
Watervoerend pakket (zand)	45	35	Waarden op basis van grondwaterkaart TNO. De kD waarde van het eerste watervoerend pakket is ter hoogte van Veen bepaald op 1000-1500 m^2/dag. De bovenwaarde is gekozen. Op basis van de dikte van het pakket is de doorlatendheid bepaald op ca. 35 m/dag.

De lengte van het achterland is gelijk genomen aan circa 3 maal de spreidingslengte van het achterland. Dit is ongeveer de afstand waarop nog ca. 5% van de stijghoogte respons als gevolg van een hogere buitenwaterstand is te merken. De afstand is hiermee voldoende lang gekozen om eventuele invloeden van randvoorwaarden (in dit geval polderpeil) op de berekende stijghoogte te minimaliseren.

6. HYDROLOGISCHE ANALYSE

6.1. Bepaling van het stijghoogteverloop

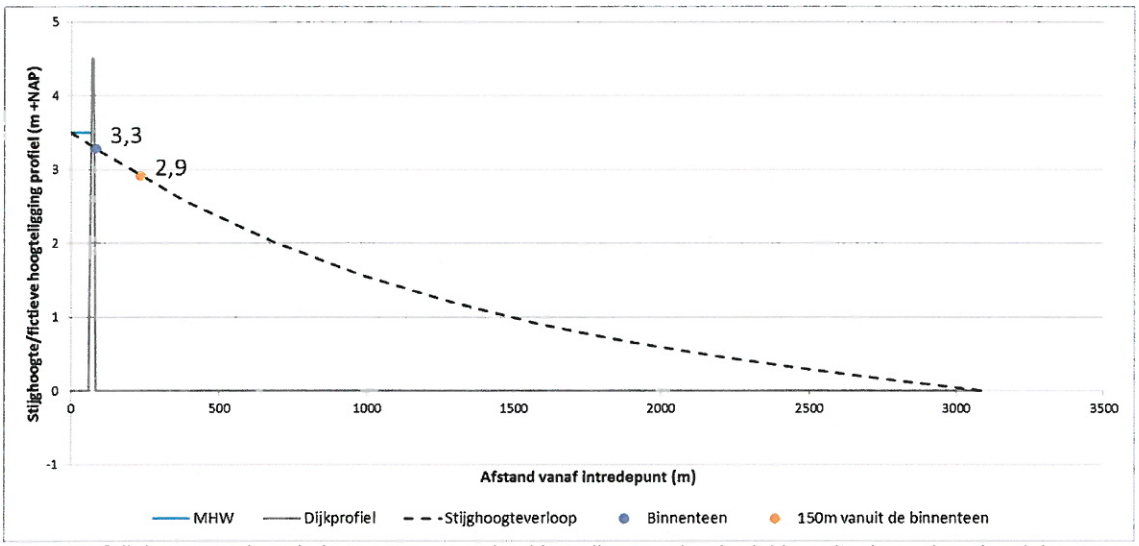
Op basis van de methode zoals beschreven in het Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken[1] en de gegevens zoals gepresenteerd in paragraaf 5.5, is het stijghoogteverloop direct onder de deklaag bepaald. Daarbij zijn de volgende lekfactoren en weerstanden bepaald voor het zandpakket onder het voorland, dijk en achterland:

Tabel 2: Lekfactoren en weerstanden watervoerend pakket (toekomstige situatie)

	Voorland	Dijk	Achterland
Lekfactor λ [m]	125,5	125,5	1255,0
Weerstand W [sm^{-1}]	3061,6	1371,4	67699,8
Lengte (m)	60	25	3000

Deze waarden zijn berekend op basis van conservatieve uitgangspunten omtrent de dikte en doorlatendheid van de deklaag. Zo is in het achterland een grote weerstand van de deklaag geschematiseerd waardoor de stijghoogte onder de deklaag daar relatief hoog zijn bepaald. Het stijghoogteverloop is voor een stationaire situatie bepaald waarbij tijdsafhankelijke invloeden niet worden meegenomen.

Het berekende stijghoogteverloop bij een buitenwaterstand van NAP +3,5 m (MHW) is in figuur 7 weergegeven.

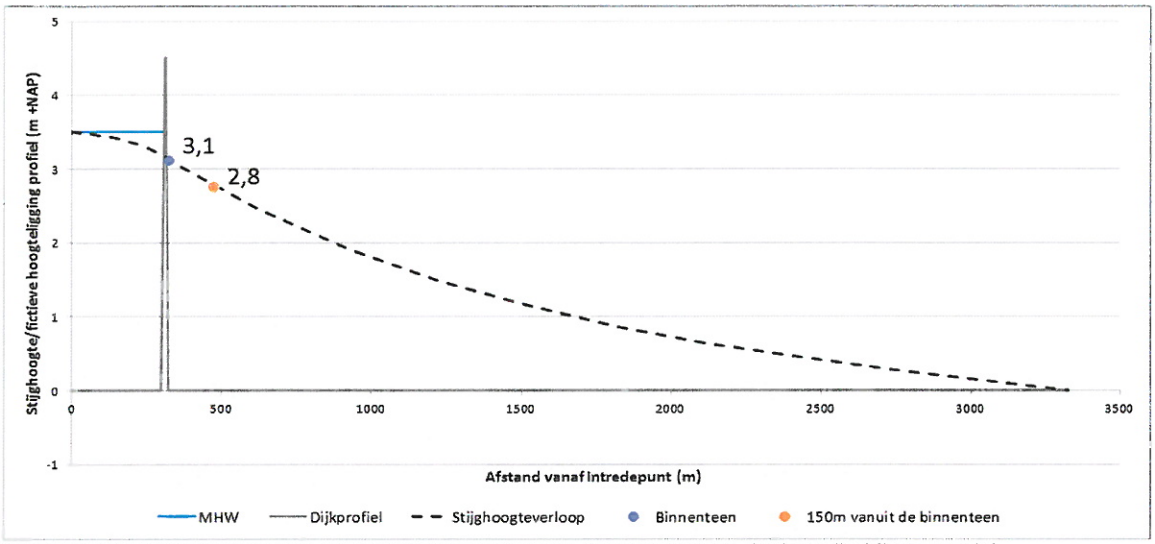


Figuur 7: Stijghoogteverloop in het watervoerend pakket, direct onder de deklaag (toekomstige situatie)

Ter plaatse van de binnenteen is de stijghoogte bepaald op NAP +3,3 m. Vanwege de conservatief gekozen uitgangspunten is deze slechts 0,2 m lager dan de buitenwaterstand. Op de locatie waar sondering DKMP1 is uitgevoerd, op ca. 150 m afstand van de binnenteen, is de stijghoogte bepaald op NAP +2,9 m.

[1] Analytische oplossing stijghoogte zandpakket in het geval van stationaire stroming. Beschreven in bijlage 4.4 van het Technisch Rapport)

In de huidige situatie is de totale breedte van het voorland ca. 300 m. Vanwege het bredere voorland zal de weerstand van het zandpakket ter plaatse hoger zijn, waardoor de berekende stijghoogten lager zullen zijn dan bij een smaller voorland. Figuur 8 toont het stijghoogteverloop direct onder de deklaag wanneer rekening wordt gehouden met dit relatief brede voorland (huidige situatie). De buitenwaterstand is gelijk gehouden aan NAP +3,5 m (MHW).



Figuur 8: Stijghoogteverloop in het watervoerend pakket, direct onder de deklaag (huidige situatie)

Als gevolg van het vergraven van de plas neemt de stijghoogte ter plaatse van de binnenteen met ca. 0,2 m toe van NAP +3,1 m naar NAP +3,3 m. Dit resulteert in een extra waterdruk aan de onderkant van de deklaag van ca. 2 kN/m^2.
Op circa 150 m van de binnen teen neemt de stijghoogte met ca. 0,1 m toe van NAP +2,8 m naar NAP +2,9 m. Ter plaatse resulteert dit in een extra waterdruk aan de onderkant van de deklaag van ca. 1 kN/m^2.

De toename van de stijghoogte als gevolg van het aanleggen van de plas op het voorland is op basis van bovenstaande gering te noemen.

6.2. Analyse toename kwel binnendijks

De relatieve toename van de binnendijkse kwel ter plaatse van de binnenteen van de dijk is bepaald aan de hand van de volgende waarden:

$k_{v,deklaag}$ = 0,01 m/dag	representatieve waarde voor zandige klei
$d_{deklaag}$ = 4 m	laag aangehouden waarde deklaagdikte binnendijks
$\Delta\varphi_{huidig}$ = 3,1 m	verval over de deklaag in de huidige situatie (zie §6.1) = verschil tussen polderpeil en stijghoogte in zandpakket
$\Delta\varphi_{ontwikkeling}$ = 3,3 m	verval over de deklaag in de toekomstige situatie (zie §6.1) = verschil tussen polderpeil en stijghoogte in zandpakket

Berekende kwel in de huidige situatie:
$q_{huidig} = \Delta\varphi_{huidig}/(d_{deklaag}/k_{deklaag})$
q_{huidig} = 0,0078 m/dag
q_{huidig} = 7,8 mm/dag

Berekende kwel in de nieuwe situatie:
$q_{ontwikkeling} = \Delta\varphi_{ontwikkeling}/(d_{deklaag}/k_{deklaag})$
$q_{ontwikkeling}$ = 0,0083 m/dag
$q_{ontwikkeling}$ = 8,3 mm/dag

De kweltoename ter plaatse van de binnenteen, onder maatgevende omstandigheden (hoogwater), bedraagt 0,5 mm/dag per vierkante meter. Ten opzichte van de berekende kwel voor de huidige situatie (7,8 mm/dag) betreft dit een toename van circa 6,5%. Deze waarde betreft een orienterende analytische berekening. Omdat het stijghoogteverloop afneemt verder richting het achterland zal de absolute toename van de kwel ook afnemen. Dit kan uitsluitend met een ruimtelijk hydrologisch model met o.a. de verschillende peilgebieden en variatie in het voorland verder worden uitgedetailleerd.

De toename van de kwel richting het achterland is gering te noemen, te meer ook omdat in de huidige situatie de kwel in het achterland ook voor een groot deel zal worden bepaald door de nabijgelegen Veense Put ten westen van het projectgebied.

7. BEOORDELING OP PIPING

Aan de hand van de bodemopbouw beschreven in paragraaf 4.1 is de bodemopbouw gelijk aan het type 1A/2A: een dijk bestaande uit klei of zand op een slecht doorlatende ondergrond (zie VTV2006). De toekomstige situatie met plas in het voorland is beoordeeld.

7.1. Beoordeling opbarstcriterium binnenteen

Conform het beoordelingsschema uit figuur 5 is allereerst gecontroleerd of de deklaag ter plaatse van de binnenteen opbarst.

Opbarstcriterium: $\sigma_g / \sigma_w \geq 1,2$ (zie TRZW; TAW, 1999)

De neerwaartse gronddruk moet hoger zijn dan de waterdruk aan de onderkant van de deklaag. In deze eerste eenvoudige beoordeling wordt de waterdruk in de zandlaag gelijk genomen aan de maatgevende buitenwaterstand (NAP +3,5 m). Dit is een zeer conservatief uitgangspunt omdat door stromingsweerstanden in de bodem de stijghoogte zal afnemen naar mate men verder van het hogere buitenwater af zit (zie ook hydrologische analyse in paragraaf 6).

Als uittredepunt is de binnenteen van de dijk gekozen. Uit het grond- en laboratoriumonderzoek blijkt dat de deklaag hier ca. 4,8 m dik is met een karakteristiek volumegewicht van 16,4 kN/m^3.

$\sigma_g = 4,8 \text{ m} \cdot 16,4 \text{ kN/m}^3 = 78,7 \text{ kN/m}^2$

De onderkant van de deklaag ter plaatse van de binnenteen ligt op een niveau van ca. NAP -1,4 m. De stijghoogte aan de onderzijde van de deklaag wordt daarmee op 4,9 m verondersteld. Het soortelijk gewicht van water is ongeveer gelijk aan 10 kN/m^3.

$\sigma_w = 4,9 \text{ m} \cdot 10 \text{ kN/m}^3 = 49 \text{ kN/m}^3$

De opdrukveiligheid wordt daarmee bepaald op ruim 1,6.

Dit is groter dan de vereiste opdrukveiligheid van 1,2; daarmee is aangetoond dat de deklaag ter plaatse van de binnenteen niet zal opbarsten. In de hydrologische analyse is de stijghoogte onder de deklaag ter plaatse van de binnenteen bepaald op NAP +3,3 m (conservatief). De opdrukveiligheid is in dat geval gelijk aan 1,7 (78,8 kN/m^2 / 47 kN/m^2).

7.2. Beoordeling opbarstcriterium achterland

Zoals het waterschap in eerdere correspondentie ook heeft aangegeven, kan de deklaagdikte verder binnendijks zo sterk afnemen dat opbarsten daar wel zou kunnen optreden. Ter plaatse van sondering DKMP1 is de deklaagdikte op ca. 2,8 m bepaald. De onderkant van de deklaag ligt hier op een niveau van ca. NAP -0,5 m. De karakteristieke waarde van het volumiek gewicht van de deklaag wordt hetzelfde verondersteld. Op basis van een stijghoogte gelijk aan MHW is de opdrukveiligheid gelijk aan:

Opdrukveiligheid = σ_g / σ_w
$\sigma_g = 2,8 \text{ m} \cdot 16,4 \text{ kN/m}^3 = 45,9 \text{ kN/m}^2$
$\sigma_w = 4 \text{ m} \cdot 10 \text{ kN/m}^3 = 40 \text{ kN/m}^3$
$\sigma_g / \sigma_w = 1,1 < 1,2$

Onder de aanname dat de stijghoogte gelijk is aan de maatgevende buitenwaterstand wordt niet voldaan aan het opbarstcriterium. In de hydrologische analyse is de stijghoogte onder de deklaag ter plaatse van de binnenteen bepaald op NAP +2,9 m (nog steeds conservatief). De opdrukveiligheid is in dat geval gelijk aan ca. 1,4 (45,9 kN/m^2 / 34 kN/m^2). Op basis van deze nadere uitwerking kan worden gesteld dat ook op deze locatie wordt voldaan aan het opbarstcriterium (1,4>1,2).

Tijdens maatgevende omstandigheden zal de deklaag in het achterland, vanaf de binnenteen, niet opbarsten. Het opbarsten van deze deklaag is een voorwaarde voor het ontstaan van een erosiepijp langs de onderkant van de deklaag. De veiligheid op piping is in de toekomstige situatie dan ook als voldoende beoordeeld.

7.3. Aanvullende beoordeling met de methode Bligh

Hoewel wordt voldaan aan het opbarstcriterium en daarmee het pipingrisico als voldoende veilig beoordeeld, is aanvullend een beoordeling uitgevoerd door middel van de methode Bligh. Deze methode staat beschreven in het Technisch Rapport Zandmeevoerende Wellen (TAW, 1999).

Het optredende verhang over de waterkering (ΔH) is 3,5 m. Conservatief is uitgegaan van een creep-factor van 18, overeenkomstig voor pakketten opgebouwd uit zeer fijn zand. Gezien de afzettingsgeschiedenis is het onwaarschijnlijk dat het watervoerend pakket (of uitsluitend de bovenste laag daarvan) uit zeer fijn zand bestaat.

Met de methode Bligh is de minimaal benodigde kwelweglengte, zonder rekening te houden met de weerstand in het opbarstkanaal, gelijk aan:

$\Delta H \cdot C_{CREEP} = L_{benodigd}$
$L_{benodigd} = 3,5 \cdot 18$
$L_{benodigd} = 63$ m

De minimaal aanwezige kwelweglengte is gelijk aan de breedte van het voorland en de breedte van de dijk tot aan de binnenteen. De breedte van het voorland wordt bepaald door het gekozen intredepunt op de locatie waar de plas het dichtst bij de dijk ligt tot aan de buitenteen van de dijk. Deze afstand is bepaald op 60 m. De breedte van de dijk is gelijk aan 25 m. De minimaal aanwezige kwelweglengte is hiermee gelijk aan 85 m. Dit is groter dan de benodigde kwelweglengte. Er wordt voldaan aan het criterium.

Op alternatieve wijze kan ook het kritieke verhang (ΔH_c) worden bepaald door de aanwezige kwelweglengte te delen door de creepfactor:

$\Delta H_c = 85$ m / 18
$\Delta H_c = 4,7$ m
$\Delta H_c > \Delta H$

Dit is 1,2 m hoger dan het verhang dat nu tijdens maatgevende omstandigheden optreedt. Het omslagpunt zou bij een creepfactor van ruim 24 liggen (85 m / 24 ≈ 3,5 m), terwijl in de praktijk een waarde van 18 de bovengrens vormt voor zeer fijn zand.
Er wordt dus voldaan aan het criterium waarmee de veiligheid op piping, in de situatie met plas in de uiterwaard, is aangetoond.

7.4. Doorkijk methode Sellmeijer

Vanwege de beperkte diepte van de handboringen is het niet mogelijk gebleken om voldoende korrelverdelingen te bepalen van het watervoerende zandpakket. Deze korrelverdelingen zijn nodig om karakteristieke waarde voor de D70 te bepalen. Deze waarde is een belangrijke parameter in de beoordeling met de methode Sellmeijer (vigerende en nieuwe rekenregel).

Op alternatieve wijze is hier een doorkijk gegeven naar de minimale waarde van de D70 zodat nog wordt voldaan aan het pipingcriterium volgens de methode Sellmeijer. Dit is gedaan op basis van de nominale waarden van de verschillende parameters (waarden beschreven in het Technisch Rapport Zandmeevoerende Wellen) te combineren met de dikte en doorlatendheden van het watervoerend pakket zoals gegeven in tabel 1. Voor de dikte van de deklaag is een meer realistische waarde van 4 m genomen. Aangenomen wordt dat de maximaal aanwezige kwelweglengte gelijk is aan de breedte van het voorland + de breedte van de dijk: 85 m.

In de analyses is rekening gehouden met de volgende veiligheidsfactoren:

γ (veiligheidsfactor):	1,2 (vigerende rekenregel)
	1,4 (nieuwe rekenregel; behorende bij norm 1/2.000 jaar)
γ_n (schematiseringsfactor)	1,2 (nieuwe rekenregel)

De resultaten van de berekeningen zijn in onderstaande tabel weergegeven:

Rekenregel	L_{aanw} [m]	d [m]	D [m]	ΔH [m]	d_70 [µm]	k [m/d]	ΔH - 0,3 d [m]	ΔH - 0,3d incl γ / (γ_n)	ΔH_c [m]	L_{ben}
Sellmeijer vigerend (1999)	85	4	45	3,5	110	35	2,6	3,12	3,14	84,5
Sellmeijer nieuw (2011)	85	4	45	3,5	270	35	2,6	4,37	2,04	85,1

L_{aanw} = aanwezige kwelweglengte
d: dikte deklaag
D: dikte watervoerend pakket
ΔH: Maatgevend verval over de waterkering
ΔH_c: Kritiek verval
L_{ben}: benodigde kwelweglengte

Volgens de vigerende rekenregel van Sellmeijer is de minimaal benodigde waarde van D70 gelijk aan 110 µm. Volgens de nieuwe (strengere) rekenregel is de minimale waarde om te voldoen op piping gelijk aan 270 µm. In de praktijk zou de schematiseringsfactor nog verlaagd kunnen worden, waardoor men waarschijnlijk op een kleinere korreldiameter zou komen. Dit valt echter buiten de scope van dit onderzoek.

Binnen een ander project zijn op circa 600 m en 1000 m afstand van de ontwikkellocatie, korrelverdelingen van het watervoerende pakket bepaald. De monsters zijn genomen ter plaatse van de Veense Put. Direct onder de deklaag varieert de waarde voor de D70 hier tussen 250 µm en 300 µm.

Hoewel op relatief grote afstand bepaald, zullen de eigenschappen van het zandpakket op deze locatie min of meer vergelijkbaar zijn met die ter plaatse van de ontwikkellocatie in de uiterwaard bij Veen. Het betreft dezelfde formaties die onder vergelijkbare milieus zijn afgezet.

Als men de waarden vergelijkt, lijkt het zeer onwaarschijnlijk dat de waarde van de D70 lager zal zijn dan de minimaal benodigde waarde om te voldoen volgens de vigerende rekenregel van Sellmeijer. De minimale waarde voor D70 volgens de nieuwe rekenregel valt ook binnen de range die op de andere projectlocatie is aangetroffen.

8. CONCLUSIES

Nabij Veen wordt in de uiterwaarde een grote plas aangelegd met nieuwbouwwoningen. Voor het aanvragen van een watervergunning is het effect van deze plannen op het waterkerend vermogen van de primaire waterkering beoordeeld. Door het graven van de plas in de uiterwaard kan het intredepunt voor piping dichterbij de dijk komen te liggen. Hierdoor kan het risico op falen van de waterkering door piping toenemen.

Pipingrisico
De stabiliteit van de waterkering is beoordeeld conform het vigerende leidraden en technische rapporten. Opbarsten van de deklaag ter plaatse van de binnenteen van de dijk is uitgesloten. Gezien de dikte van de deklaag van het achterland en het stijghoogteverloop onder de deklaag kan opbarsten ook verder in het achterland worden uitgesloten. Zelfs wanneer de stijghoogte onder de deklaag gelijk wordt genomen aan de maatgevende buitenwaterstand (MHW) wordt langs de binnenteen van de dijk voldaan aan het opbarstcriterium. Hierdoor kan het risico op piping worden uitgesloten.

Het pipingrisico is aanvullend beoordeeld door het uitvoeren van een kwelweganalyse met de methode Bligh. Op basis van een conservatief gekozen creepfactor is de aanwezige kwelweglengte daarbij als voldoende lang beoordeeld.

De analyses tonen aan dat de voorgenomen ontwikkelingen geen negatief effect hebben ten aanzien van het faalmechanisme piping. De waterkerende veiligheid ten aanzien van piping is hierbij, in de toekomstige situatie, als voldoende beoordeeld. De beoordeling is uitgevoerd conform de vigerende voorschriften en leidraden.

Doorkijk Sellmeijer:
In dit onderzoek is een doorkijk gegeven naar de toepassing van de vigerende en de nieuwe rekenregel van Sellmeijer. Op basis van conservatieve aannames is de minimaal benodigde waarde van de D70 bepaald op 110 µm (vigerende rekenregel) en 270 µm (strengere nieuwe rekenregel). Op basis van beschikbare korrelverdeling van het watervoerend pakket op enige afstand van de projectlocatie, wordt verwacht dat de karakteristieke waarde van de D70 groter dan 110 µm zal zijn. Het is aannemelijk dat bij toepassing van de vigerende rekenregel van Sellmeijer de veiligheid ten aanzien van piping ook als voldoende zou worden beoordeeld. De nieuwe rekenregel is strenger waardoor een grotere waarde van D70 is vereist om tot een voldoende beoordeling te komen.

Binnendijkse kwel
Aanvullend is de kweltoename in achterland bepaald op circa 6,5%. Ter plaatse van de binnenteen van de dijk is bepaald dat de kwel toeneemt van 7,8 mm/dag naar ca. 8,3 mm/dag. De netto toename neemt af met afstand tot de waterkering. Nadere detaillering vereist een ruimtelijk geohydrologisch modelonderzoek.

9. LITERATUUR

Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken (TRW), Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW), september 2004

Technisch Rapport Zandmeevoerende wellen (TRZW), Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW), maart 1999

Voorschrift Toetsen op Veiligheid Primaire Waterkeringen (VTV), Ministerie van Verkeer en Waterstaat, september 2007

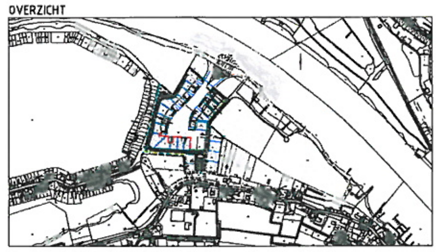
BIJLAGE A1

Overzicht plangebied
schaal 1:500

LEGENDA

	talud insteek
	talud strepen
	talud teen
	berlinerwand
	berlinerwand + schanskorf
	houten damwand hoogte 0,60m NAP
	houten damwand hoogte 1,00m NAP
	werkgrens
	profiellocatie
	bestaande boom
	nieuwe boom

OVERZICHT



maten in meters, tenzij anders vermeld
hoogtematen in meters t.o.v. N.A.P.

Zijlstra INFRA

ADCIM
Rembrandtlaan 650
3362 AW Sliedrecht
Telefoon (0184) 677500
Telefax (0184) 617790

Project: Inrichtingsplan Veense Plassen te Veen

Concept

Opdrachtgever: Zijlstra infra B.V.

Onderdeel: Voorlopig ontwerp plangebied
Detaillering keerwandconstructies

Rev	Wijziging	Dat	Get	Acc	Projectnummer	Tekeningnummer	Formaat
A	aanpassing damwand	30-01-2014	PH	PvdL	20130443	30	A1
					Bestaknummer	Bijlagenummer	Schaal
					--	--	1:500/1:20
					Get / Gez / Acc	Datum	Filenaam
					GB / PvdL / PvdL	17-01-2014	20130443-C30.dwg

BIJLAGE B1

RAPPORTAGE GEOTECHNISCH VELDWERK

Project	Hydrologisch onderzoek ontwikkellocatie Veense Plassen	Opdrachtnummer	1213-0085-000
Opdrachtgever	Bax & Van Kranenburg Beheer B.V. Postbus 20 4260 AA Wijk en Aalburg	Datum rapportage	11 februari 2014
		Uitvoeringsperiode	23, 30 en 31 januari 2014
Opgesteld door	F. de Valk		
Gecontroleerd door	J.A. Laboyrie		
Projectleider	drs. B.M. Berbee		
Documentnaam	1213-0085-000_21.KR01.doc		

Deze rapportage bevat de resultaten van het geotechnisch veldwerk dat ten behoeve van bovengenoemd project door Fugro GeoServices B.V. is uitgevoerd. De gerapporteerde resultaten van dit onderzoek mogen slechts worden gehanteerd voor het doel zoals in de opdracht is beschreven.

Tot deze rapportage behoren de volgende bijlagen:

- Situatietekening 1
- Sonderingen DKMP1 en DKMP2
- Veldboorstaten HB1 t/m HB3 en HB DKMP2
- Continu Elektrisch Sonderen
- Legenda Terreinproeven en Grondsoorten

1. GEOTECHNISCH VELDWERK

Het geotechnisch veldwerk voor dit project heeft bestaan uit:

- 2 sonderingen met meting van de plaatselijke wrijvingsweerstand en met meting van de waterspanning tijdens het sonderen (DKMP).
- 4 handboringen.

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

2. COORDINATEN EN HOOGTE VAN ONDERZOEKSPUNTEN

De hoogte en de coördinaten van de onderzoekslocaties zijn bepaald in NAP en RD.
De maximale afwijking van de meting van de coördinaten bedraagt 10 cm, de maximale afwijking van de meting van de hoogte bedraagt 5 cm.

De bijgevoegde situatietekening is gebruikt voor het aangeven van de onderzoekslocaties.

De hoogtebepaling van de onderzoekslocaties is uitgevoerd met als doel de bodemopbouw te refereren aan een vaste referentiehoogte. Deze gegevens zijn niet geschikt voor andere doeleinden dan dit onderzoek.

3. SONDEREN

Het sonderen is uitgevoerd conform de vigerende richtlijnen en de NEN-EN-ISO 22476-1.
Een beschrijving van de gevolgde meet- en registratiemethode is gegeven in de bijlage "Continu Elektrisch Sonderen".

In verband met de mogelijke aanwezigheid van kabels en leidingen is ter plaatse van de sondeerlocaties DKMP2 voorgeboord.
Sondering DKM1 is ter plaatse van asfaltverharding gemaakt, hiervoor is een gat gekernd.

4. BOREN

Het boorwerk is handmatig uitgevoerd. Bij het handboren wordt doorgaans gebruik gemaakt van een edelmanboor (cohesieve gronden, klei, veen) en een handpuls (niet cohesieve grond, zand).

De werkzaamheden zijn uitgevoerd conform de NEN-EN-ISO 22475-1.

Tijdens het boren zijn geroerde monsters genomen en in het veld geclassificeerd.
Als er laboratoriumonderzoek volgt na het veldwerk, worden in het laboratorium de monsters extra gedetailleerd geclassificeerd. Bij eventuele verschillen tussen de veld- en laboratoriumclassificatie, is de laboratoriumclassificatie bepalend.
De classificatie van de grond is uitgevoerd conform NEN 5140.

Op basis van de sondeerresultaten is de diepte bepaald van de ongeroerde monsters.
De ongeroerde monstername bij het handboren is gebeurd met een Van der Horst steekapparaat.
De steekbussen zijn dunwandige metalen bussen met een diameter van 70 mm en een lengte van 400 mm

Ten behoeve van de ongeroerde monstername ter plaatse van sondering DKMP2 is een extra handboring gemaakt (HB DKMP2).

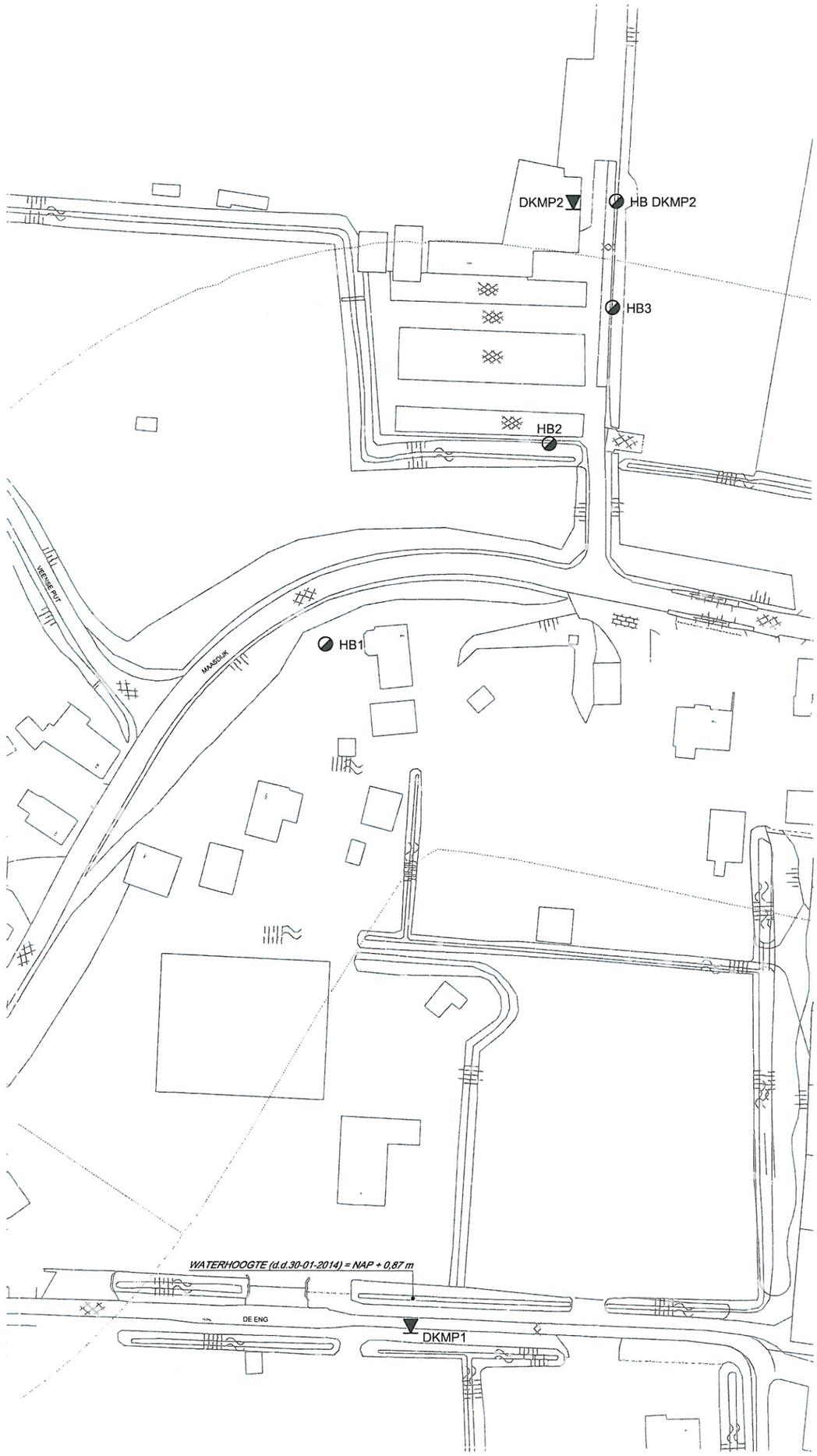
5. (GROND)WATERSTAND

Het peil van een nabijgelegen open water is gedurende het grondonderzoek bepaald op NAP +0,87 m en is vermeld op de situatietekening.
Deze waterstand is een eenmalige opname en bedoeld als een oriënterend gegeven.

Tijdens de uitvoering van het grondonderzoek is de grondwaterstand in de boorgaten aangetroffen op 1,7 m tot 2,1 m beneden maaiveld, hetgeen overeenkomt met circa NAP +1,9 m tot NAP +1,4 m. Deze grondwaterstand is een eenmalige opname en bedoeld als een oriënterend gegeven. De grondwaterstand kan in de tijd fluctueren onder invloed van de weersgesteldheid en de seizoenen.

6. KWALITEITSBORGING

Alle werkzaamheden zijn verricht in overeenstemming met het managementsysteem van Fugro GeoServices B.V. dat voldoet aan de NEN-ISO 9001:2008 en VCA ** 2008/05.



0 10.0 20.0 30.0 40.0 50.0 m

Schaal 1 : 1000

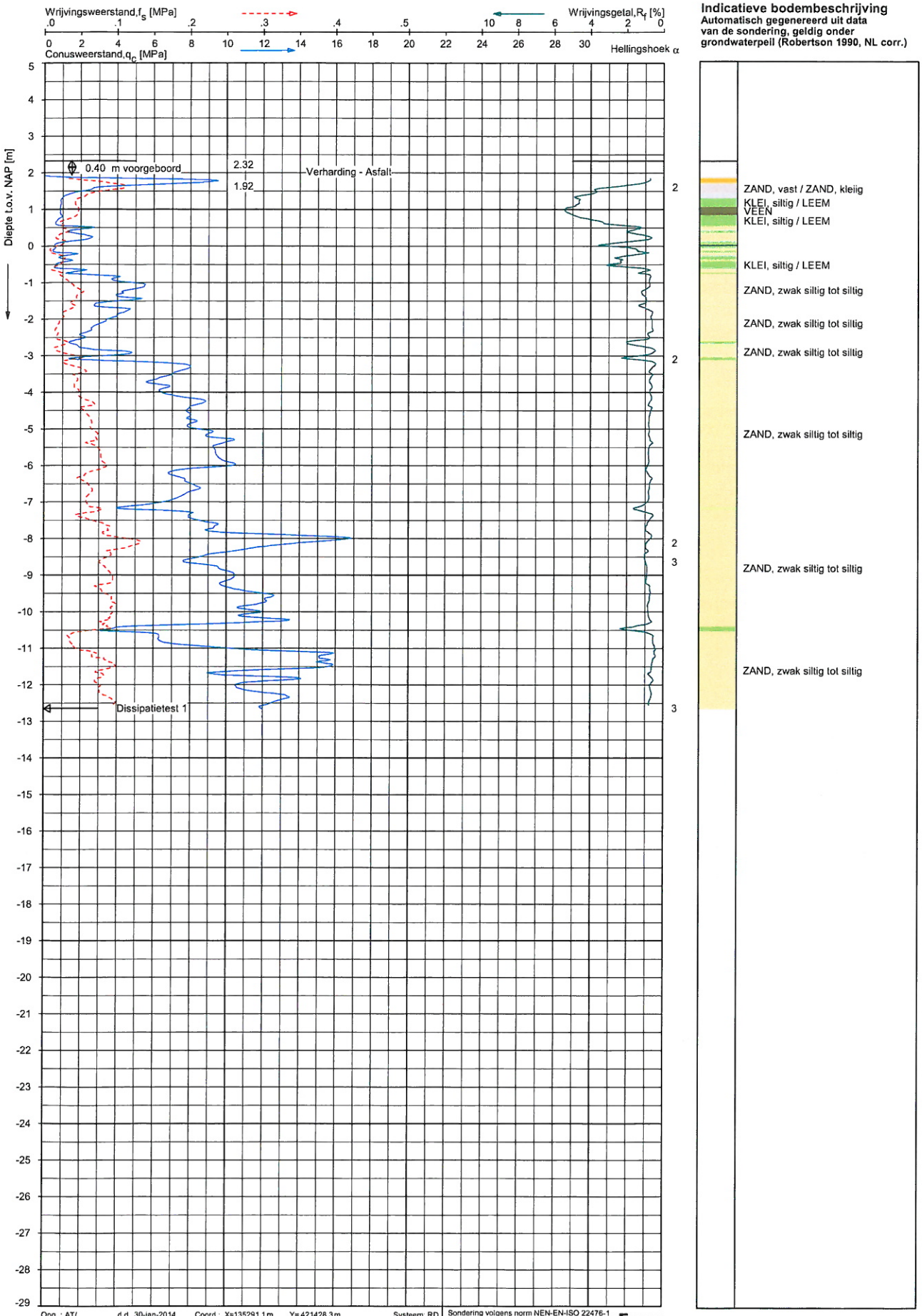
Get. : Datum: Versie : Revisie Datum:

SITUATIE

HYDROLOGISCH ONDERZOEK ONTWIKKELLOCATIE VEENSE PLASSEN

Opdr. : 1213-0085-000

Bijl. : 1



Opg. : AT/ d.d. 30-jan-2014 Coord.: X=135291.1 m Y=421428.3 m Systeem: RD
Get. : VALKF d.d. 06-feb-2014 MV = NAP +2.32 m Conus: F7.5CKE2HAW$_1$/B P1 1701-2166

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 3. Test type TE1
Conustype: A_c = 1500 mm²; A_s = 19956 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

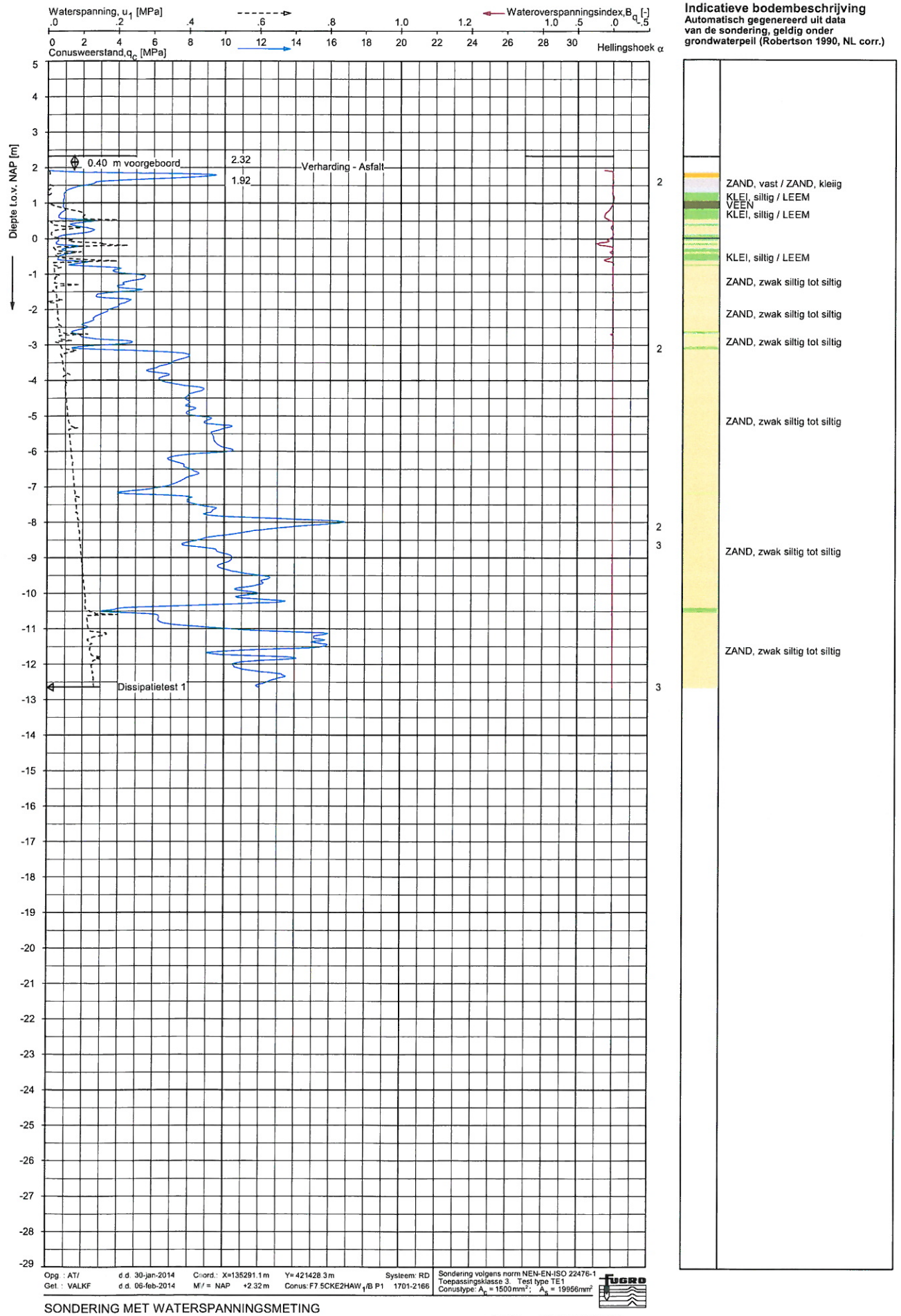
HYDROLOGISCH ONDERZOEK ONTWIKKELLOCATIE VEENSE PLASSEN

Opdr. 1213-0085-000
Sond. DKMP1

UNIPLOT 05.24.nl / QcFsClass-N3.cmd / 2014-02-06 10:36:45

1213-0085-000

DKMP1 - 1



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

Opg. : AT/ d.d. 30-jan-2014 Coörd.: X=135291.1 m Y= 421428.3 m Systeem: RD
Get. : VALKF d.d. 06-feb-2014 M.v. = NAP +2.32 m Conus: F7.5CKE2HAW$_1$/B P1 1701-2166

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 3. Test type TE1
Conustype: A_c = 1500mm^2; A_s = 19956mm^2

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

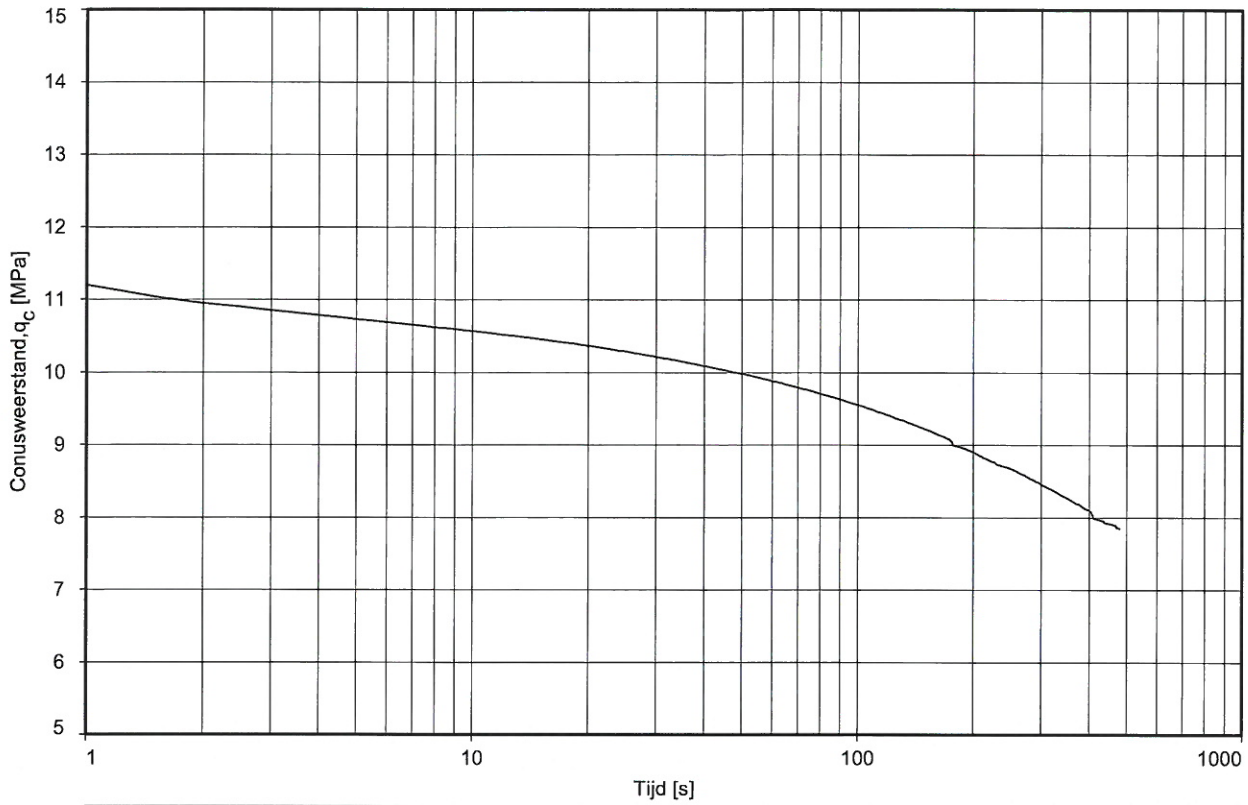
HYDROLOGISCH ONDERZOEK ONTWIKKELLOCATIE VEENSE PLASSEN

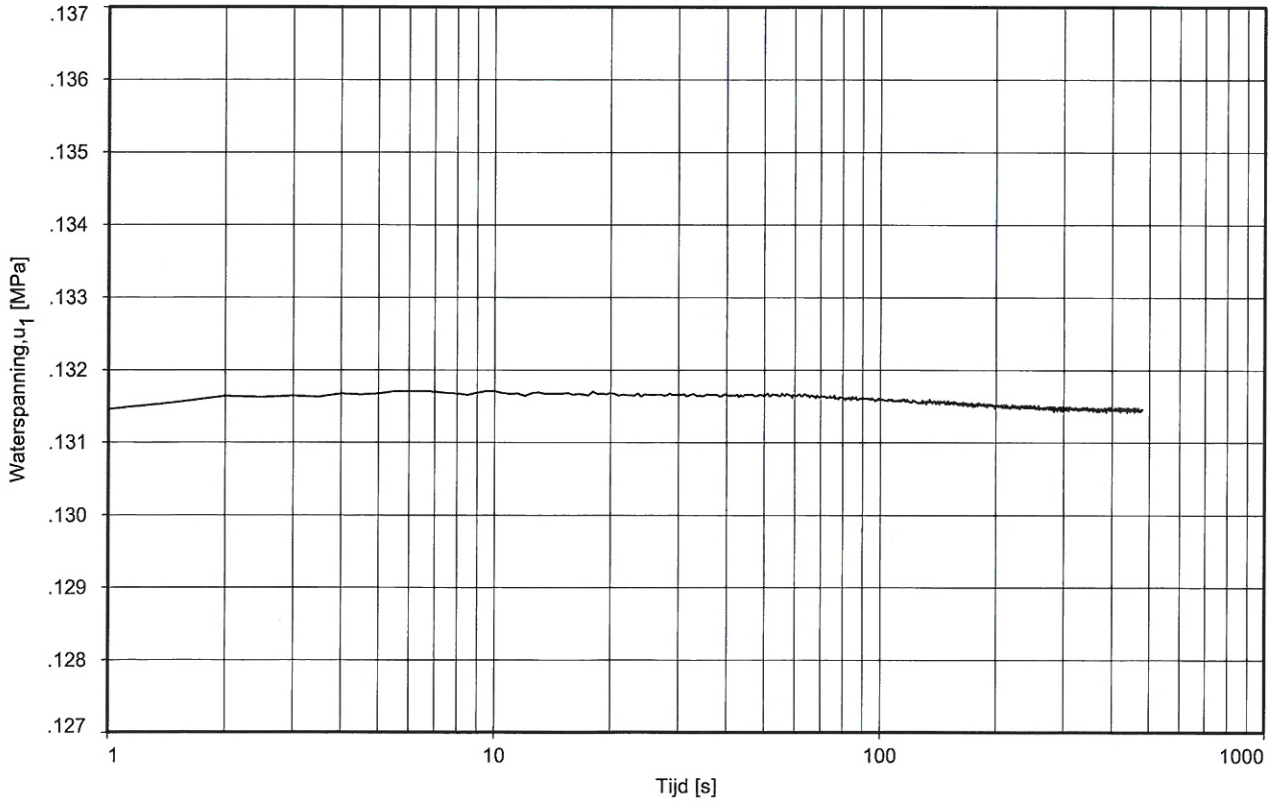
Opdr. 1213-0085-000
Sond. DKMP1

UNIPLOT 05.24.ml / Qc1Class-N3.cmd / 2014-02-06 10:44:21

1213-0085-000

DKMP1 -1



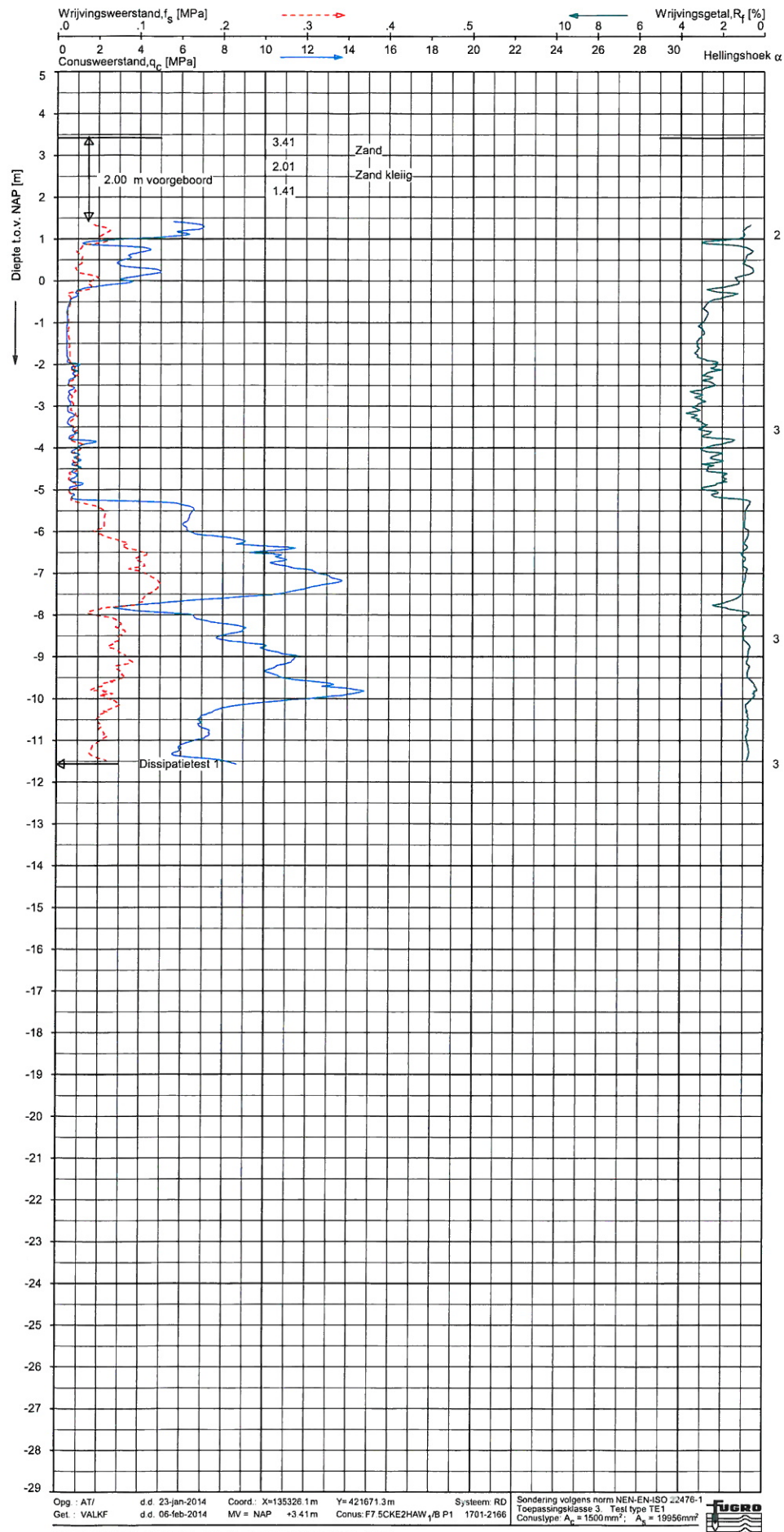


Dissipatietest nummer	:	1					
Dissipatietest diepte	:NAP	-12.66	m	MV = NAP	+2.32	m	
Waterspanning begin dissipatietest	:	0.133	MPa	Opg. :	AT/	d.d.	30-jan-2014
Waterspanning einde dissipatietest	:	0.131	MPa	Get. :	VALKF	d.d.	06-feb-2014

DISSIPATIETEST

HYDROLOGISCH ONDERZOEK ONTWIKKELLOCATIE VEENSE PLASSEN

Opdr. 1213-0085-000
Sond. DKMP1



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

UNIPLOT 06.24.nl / QnF5Class-N3.cmd / 2014-02-06 10:36:48

Opg. : AT/ d.d. 23-jan-2014 Coord.: X=135326.1 m Y= 421671.3 m Systeem: RD
Get. : VALKF d.d. 06-feb-2014 MV = NAP +3.41 m Conus: F7.5CKE2HAW$_1$/B P1 1701-2166

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 3 Test type TE1
Conustype: A_c = 1500 mm²; A_s = 19956 mm²

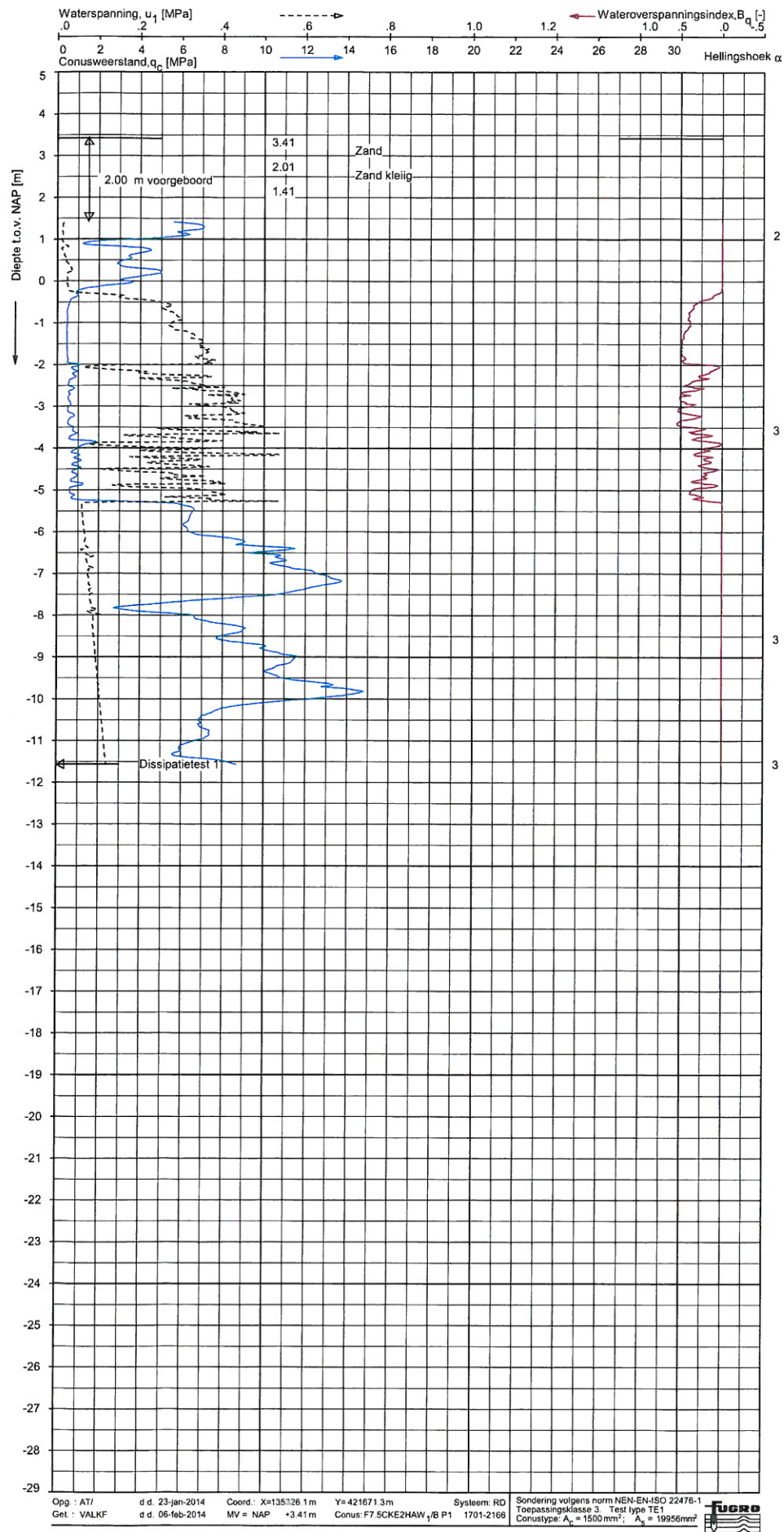
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

HYDROLOGISCH ONDERZOEK ONTWIKKELLOCATIE VEENSE PLASSEN

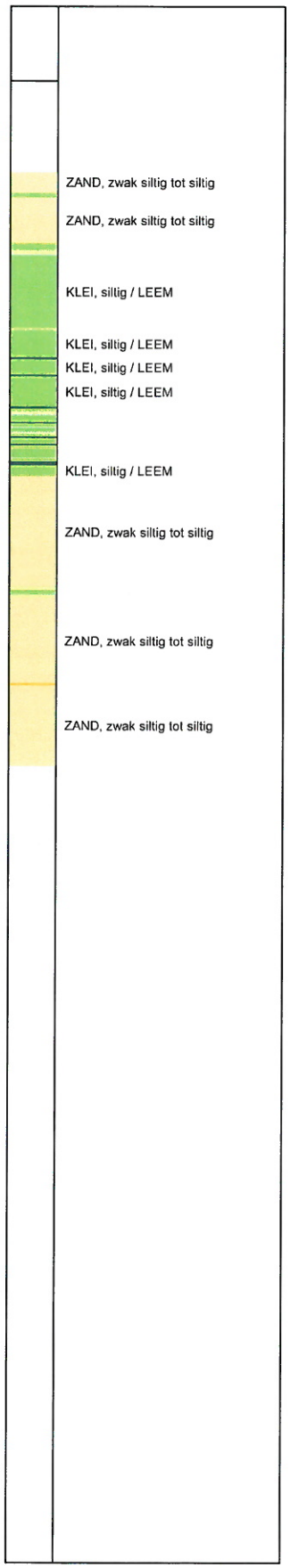
Opdr. 1213-0085-000
Sond. DKMP2

1213-0085-000

DKMP2 - 1



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



Opg. : AT/ d.d. 23-jan-2014 Coord.: X=135326.1 m Y= 421671.3 m Systeem: RD
Get. : VALKF d.d. 06-feb-2014 MV = NAP +3.41 m Conus: F7.5CKE2HAW 1/B P1 1701-2166

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 3. Test type TE1
Conustype: A_c = 1500 mm²; A_s = 19956 mm²

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

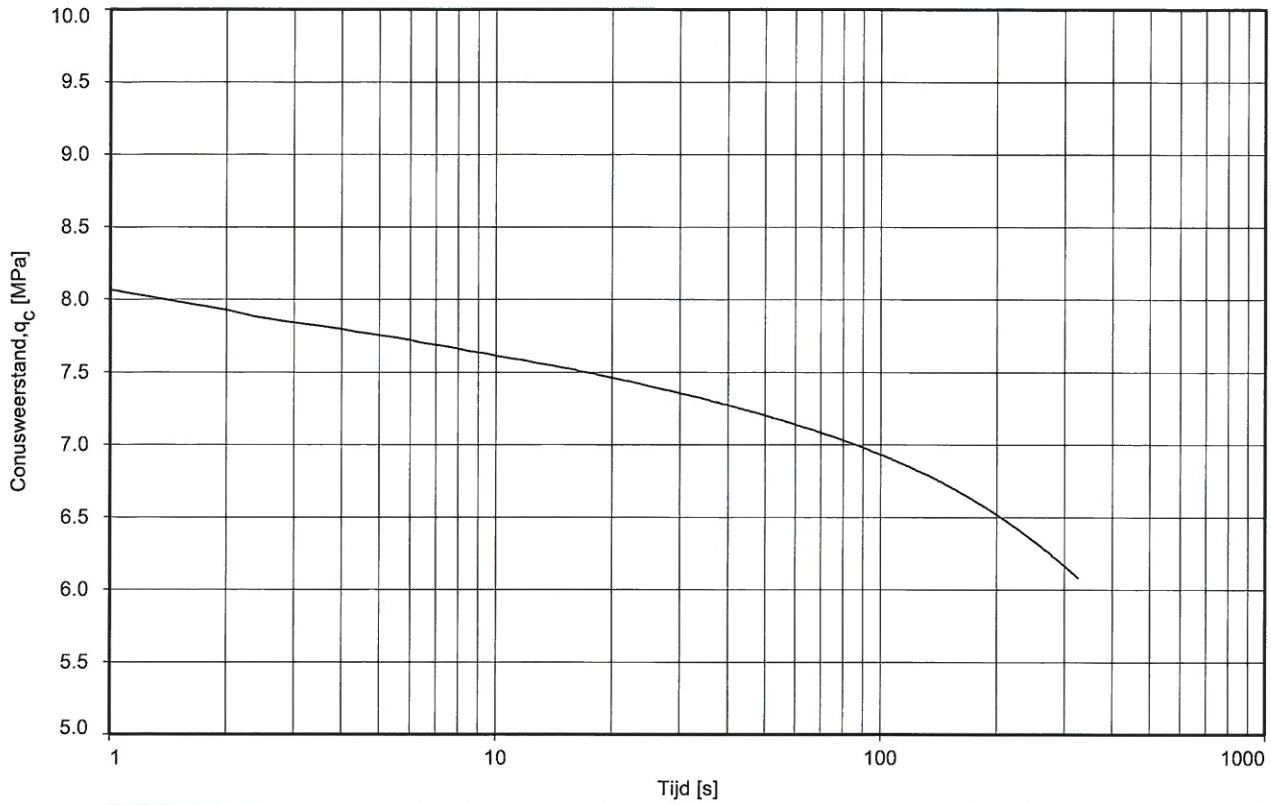
HYDROLOGISCH ONDERZOEK ONTWIKKELLOCATIE VEENSE PLASSEN

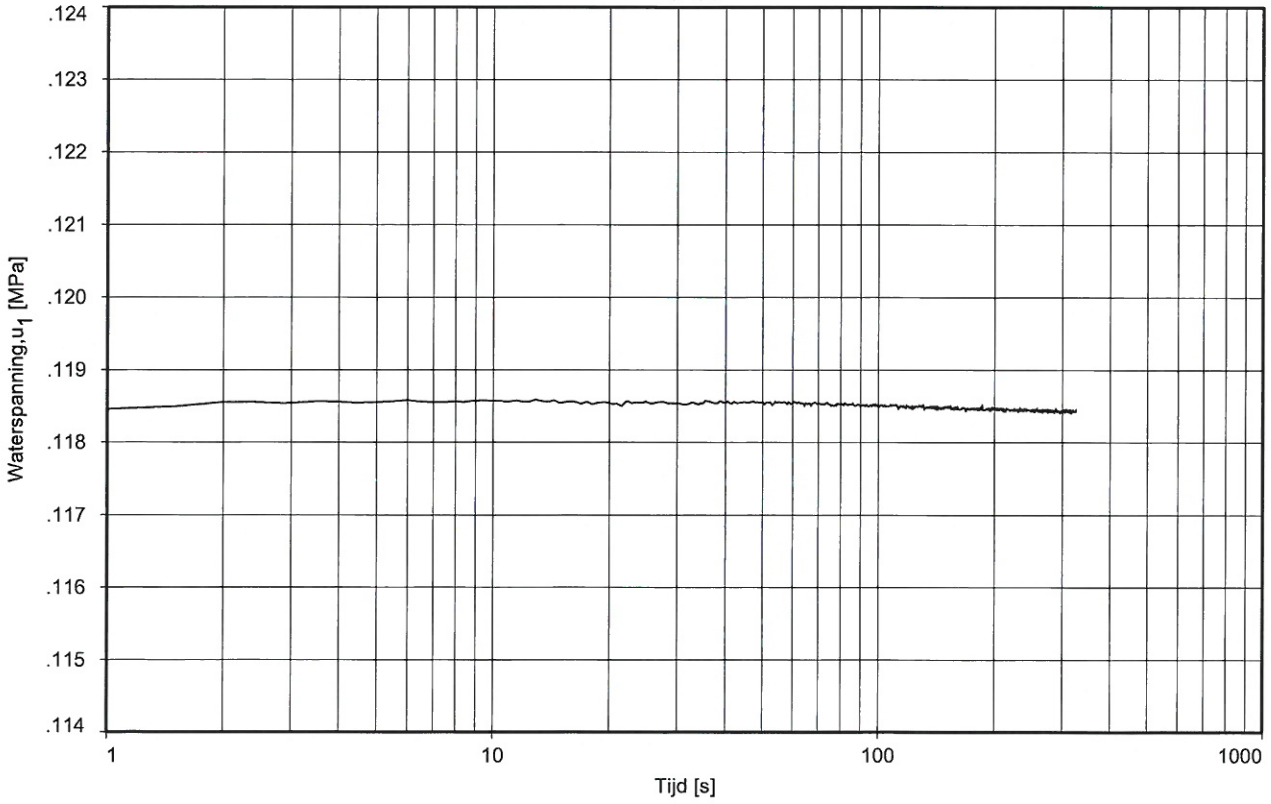
Opdr. 1213-0085-000
Sond. DKMP2

UNIPLOT 05.24 nl / QcU1Class-NI.cmd / 2014-02-06 10:44:24

1213-0085-000

DKMP2 - 1





Dissipatietest nummer	:	1				
Dissipatietest diepte	:NAP	-11.58	m	MV = NAP +3.41	m	
Waterspanning begin dissipatietest	:	0.119	MPa	Opg. : AT/	d.d.	23-jan-2014
Waterspanning einde dissipatietest	:	0.118	MPa	Gel. : VALKF	d.d.	06-feb-2014

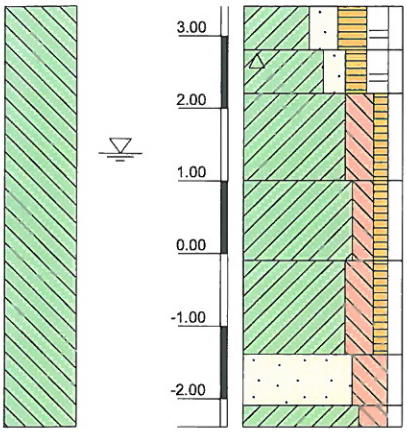
DISSIPATIETEST

HYDROLOGISCH ONDERZOEK ONTWIKKELLOCATIE VEENSE PLASSEN

Opdr. 1213-0085-000
Sond. DKMP2

Boring: HB1

Veldclassificatie



Bodembeschrijving volgens NEN 5104
3.41 tot 2.81 Klei, sterk zandig, sterk humeus, matig stevig, resten wortels, donker bruin
2.81 tot 2.21 Klei, matig zandig, matig humeus, matig stevig, resten puin, resten wortels bruin
2.21 tot 1.01 Klei, sterk siltig, zwak humeus, matig stevig, sporen roest grijs-bruin
1.01 tot -0.09 Klei, matig siltig, zwak humeus, matig stevig grijs, met een enkel zandhoudend laagje
-0.09 tot -1.39 Klei, sterk siltig, zwak humeus, matig stevig grijs, met een enkel zandhoudend laagje
-1.39 tot -2.09 Zand, matig fijn, uiterst siltig grijs, met een enkel kleilaagje
-2.09 tot -2.39 Klei, sterk siltig, matig stevig grijs

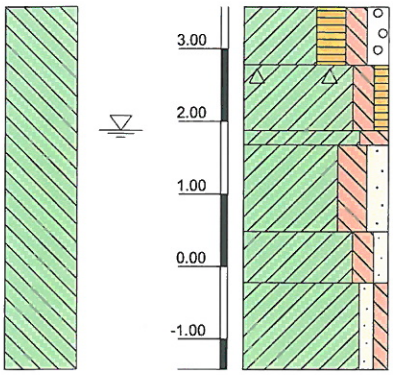
Algemene opmerking:

		MV (m tov NAP): 3.41	Boorvloeistof:	
X: 135272.7	GWS (m tov NAP): 1.38	bk PB1 (m tov NAP):	WS PB1 (m tov NAP):	Datum uitvoering: 31-01-2014
Y: 421575.6	GHG (m tov NAP):	bk PB2 (m tov NAP):	WS PB2 (m tov NAP):	Boormeester: jmn
Coördinatenstelsel: RD	GLG (m tov NAP):	bk PB3 (m tov NAP):	WS PB3 (m tov NAP):	Geclassificeerd door: jmn

Boring: HB2

Veldclassificatie

Afdichting	Referentie (m tov NAP)	Monsternr.	Bodembeschrijving volgens NEN 5104
	3.00	St1	3.58 tot 2.78 Klei, sterk humeus, matig siltig, matig stevig, resten keien bruin
	2.00		2.78 tot 1.88 Klei, zwak humeus, matig siltig, matig stevig, sporen puin bruin
	1.00		1.88 tot 1.68 Klei, sterk siltig, matig slap grijs
	0.00		1.68 tot 0.48 Klei, matig zandig, sterk siltig, matig slap bruin
	-1.00		0.48 tot -0.22 Klei, zwak zandig, matig siltig, matig stevig bruin
			-0.22 tot -1.42 Klei, zwak zandig, zwak siltig, matig stevig grijs

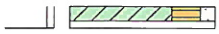


Algemene opmerking:

		MV (m tov NAP): 3.58	Boorvloeistof:	
X: 135320.9	GWS (m tov NAP): 1.88	bk PB1 (m tov NAP):	WS PB1 (m tov NAP):	Datum uitvoering: 23-01-2014
Y: 421619.0	GHG (m tov NAP):	bk PB2 (m tov NAP):	WS PB2 (m tov NAP):	Boormeester:
Coördinatenstelsel: RD	GLG (m tov NAP):	bk PB3 (m tov NAP):	WS PB3 (m tov NAP):	Geclassificeerd door:

Boring: HBDKMP2

Veldclassificatie

Afdichting	Referentie (m tov NAP)	Monsternr.	Bodembeschrijving volgens NEN 5104
		St1	3.65 tot 3.45 Klei, sterk humeus, zwak zandig, matig stevig bruin 3.45 tot 3.35 Niet benoemd, volledig asfalt zwart

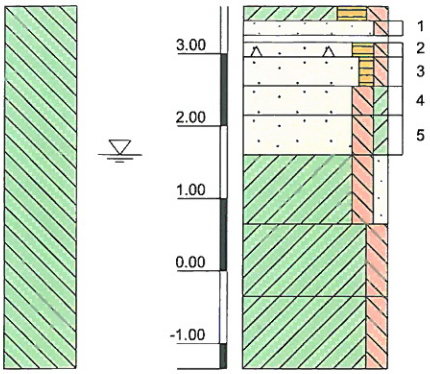
Algemene opmerking:

		MV (m tov NAP): 3.65	Boorvloeistof:	
X: 135335.4	GWS (m tov NAP):	bk PB1 (m tov NAP):	WS PB1 (m tov NAP):	Datum uitvoering: 23-01-2014
Y: 421671.4	GHG (m tov NAP):	bk PB2 (m tov NAP):	WS PB2 (m tov NAP):	Boormeester:
Coördinatenstelsel: RD	GLG (m tov NAP):	bk PB3 (m tov NAP):	WS PB3 (m tov NAP):	Geclassificeerd door:

Boring: HB3

Veldclassificatie

Afdichting | Referentie (m tov NAP) | Monsternr. | Bodembeschrijving volgens NEN 5104



3.65 tot 3.45 Klei, sterk humeus, matig siltig, matig stevig bruin
3.45 tot 3.25 Zand, matig fijn, zwak siltig bruin
3.25 tot 3.15 Niet benoemd zwart
3.15 tot 2.95 Zand, matig fijn, matig humeus, zwak siltig, resten puin bruin
2.95 tot 2.55 Zand, matig fijn, zwak humeus, zwak siltig bruin
2.55 tot 2.15 Zand, matig fijn, zwak kleiig, matig siltig grijs
2.15 tot 1.60 Zand, matig fijn, zwak kleiig, matig siltig, sporen roest
1.60 tot 0.65 Klei, zwak zandig, matig siltig, matig slap grijs
0.65 tot -0.35 Klei, matig siltig, matig slap grijs
-0.35 tot -1.35 Klei, matig siltig, matig slap, laagjes zand grijs

Algemene opmerking:

		MV (m tov NAP): 3.65	Boorvloeistof:	
X: 135334.6	GWS (m tov NAP): 1.60	bk PB1 (m tov NAP):	WS PB1 (m tov NAP):	Datum uitvoering: 23-01-2014
Y: 421648.5	GHG (m tov NAP):	bk PB2 (m tov NAP):	WS PB2 (m tov NAP):	Boormeester:
Coördinatenstelsel: RD	GLG (m tov NAP):	bk PB3 (m tov NAP):	WS PB3 (m tov NAP):	Geclassificeerd door:

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

Bij het uitvoeren van een sondering conform *NEN-EN-ISO 22476-1:2012/C1:2013* wordt de puntweerstand gemeten, die moet worden overwonnen om een conus met een tophoek van 60^0 en een basisoppervlak van 1000 mm^2 met een constante snelheid van ca 20 mm/s in de bodem te drukken. Voor de meting van de wrijvingsweerstand is een mantel met een oppervlak van 15000 mm^2 boven de punt aangebracht. De druk op de conuspunt (conusweerstand in MPa) en de wrijving langs de kleefmantel (plaatselijke wrijvingsweerstand in MPa) worden door rekstroken in de conus continu digitaal gemeten. Volgens *NEN-EN-ISO 22476-1* mag het basisoppervlak van de conus tussen 500 en 2000 mm^2 variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten moeten worden toegepast. Fugro sonderingen worden standaard uitgevoerd met een sondeerconus met een basisoppervlak van 1500 mm^2 en een manteloppervlak van 20000 mm^2.
Veelal wordt gebruik gemaakt van een conus met een korter cilindrisch deel boven de conuspunt dan in NEN-EN-ISO 22476-1 vermelde 400 mm voor een standaard conus. Het cilindrische deel vanaf de conuspunt van de standaard door Fugro gebruikte conussen een lengte heeft van 230 mm in plaats van de genormeerde lengte. Onderzoek[1)] heeft aangetoond, dat de invloed van de lengte van deze conus op het sondeerresultaat verwaarloosbaar is, terwijl met een kortere conus met minder risico een grotere sondeerdiepte kan worden bereikt.

De meetsignalen worden digitaal naar een elektrische meeteenheid gestuurd en samen met de diepte en de tijd opgeslagen. Definitieve verwerking vindt daarna op kantoor plaats, waarbij de gemeten parameters tegen de diepte in grafiekvorm worden uitgewerkt. Door continue registratie van de gemeten conus- en wrijvingsweerstand wordt een nauwkeurig beeld van de gelaagdheid en de vastheid van de bodem verkregen.
Afwijking van de conus met de verticaal worden continu geregistreerd, waarmee bij de uitwerking de diepte wordt gecorrigeerd en zo een onjuiste diepteaanduiding als gevolg van "scheef sonderen" wordt voorkomen.

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

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

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

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

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

Presentatie sondeergegevens

Sonderingen kunnen worden uitgewerkt met interpretatie van het wrijvingsgetal voor identificatie van de bodemlagen. De identificatie van de bodemlagen is dan uitgevoerd volgens Robertson [1990][2], die door Fugro is aangepast aan de Nederlandse omstandigheden. Bij deze interpretatie wordt uitgegaan van de genormaliseerde waarden van de conusweerstand nQ_c en wrijvingsgetal nR_f als ingangsparameters.

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

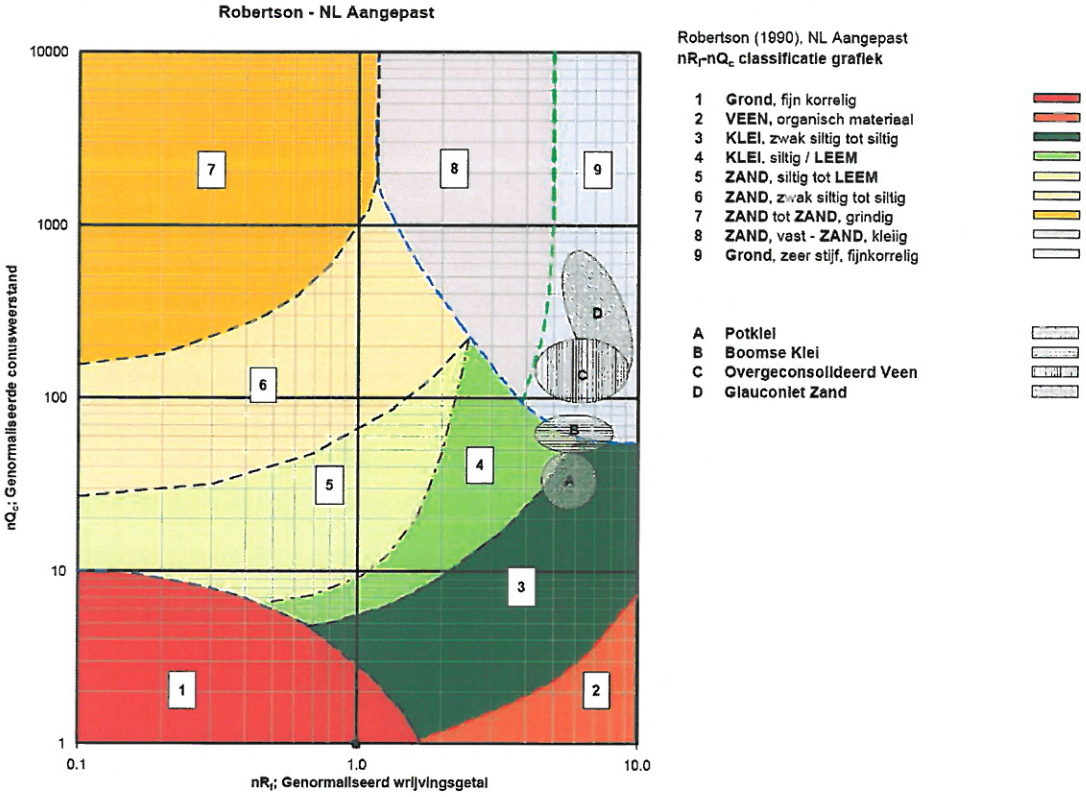
Genormaliseerde conusweerstand: $$nQ_c = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$

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

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

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

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



[2] Robertson, P.K. [1990] "Soil Classification using the cone penetration test". Canadian Geotechnical Journal, 27(1), 151-8[2]

Voor een aantal specifieke grondtypen, zoals bijvoorbeeld Potklei, Boomse klei, overgeconsolideerd veen en glauconiethoudend zand is tevens het classificatie gebied aangegeven. Deze stemmen niet direct overeen met de benamingen van gebieden 1 tot en met 9.

De identificatie is indicatief en alleen geldig voor lagen onder de grondwaterstand. De resultaten dienen te worden geverifieerd met boringen of geologische informatie. Uitgedroogde cohesieve toplagen geven een te hoge waarde worden voor het wrijvingsgetal, waardoor bijvoorbeeld uitgedroogde kleilagen mogelijk onterecht worden geïnterpreteerd als veenlagen. Ook is de correlatie voor de toplagen minder betrouwbaar vanwege het lage effectieve spanningsniveau in deze lagen.

Andere conustypen

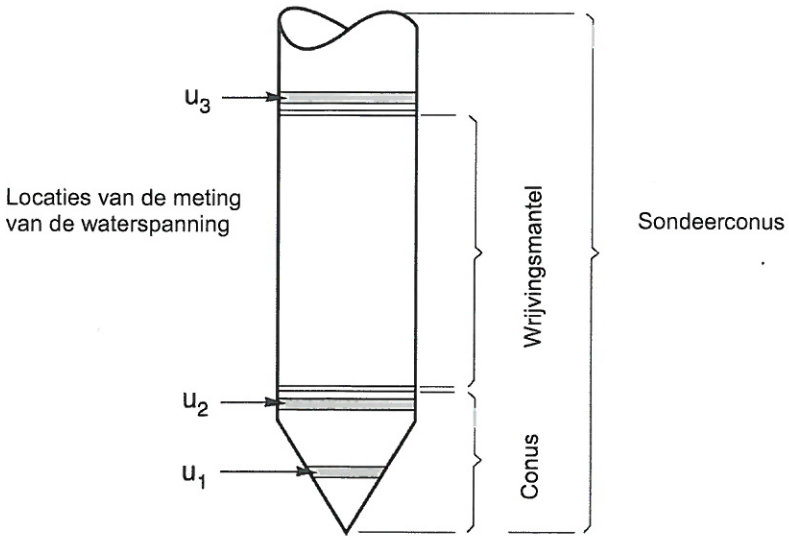
Naast de meting van conusweerstand en plaatselijke wrijving is het mogelijk extra (combinaties van)

type meting	Meetresultaten	toepassingsmogelijkheden
waterspanning	waterspanning ter plaatse van de punt	registreren waterremmende lagen indicatie stijghoogte grondwater classificatie / gelaagdheid bodem
magnetometer	Magnetische veldsterkte in 3 orthogonale richtingen (X,Y,Z)	Blindganger onderzoek, onderzoek ligging obstakels (stalen leidingen, grondankers), onderzoek paalpunt niveau / schoorstand funderingspalen, onderzoek ligging onderzijde stalen damwanden
geleidbaarheid	elektrische geleiding grond en grondwater	indicatie waterkwaliteit / zoet - zout water grens onderzoek verspreiding verontreiniging
temperatuur	temperatuurmeting op verschillende diepten	warmteoverdracht in de bodem bepaling temperatuurgradiënt
schuifgolfsnelheid (seismisch)	dynamische bodemparameters op verschillende diepten	machinefunderingen, windturbinefunderingen
versnelling	versnellingen op verschillende diepten	heitrillingen / verkeerstrillingen
MIP (membrane interface probe)	verticale verspreiding van vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen	bestudering zak/drijflagen en/of verontreinigingen met vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen
ROST (rapid optical screening tool)	verticale verspreiding van (aromatische) koolwaterstoffen	bestudering zak/drijflagen en/of verontreinigingen met (aromatische) koolwaterstoffen

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

Waterspanningssonderingen

Naast registratie van conusweerstand en plaatselijke wrijvingsweerstand wordt bij een groot deel van de sonderingen waterspanning geregistreerd. Een waterspanningsconus is voorzien van een ingebouwde druksensor, waarmee de waterdruk tijdens het sonderen wordt gemeten. Een filter voorkomt het contact van grond met de druksensor. De waterdruk kan op drie locaties in de conus worden gemeten waarbij de posities u_1 en u_2 veelvuldig voorkomen. Positie u_3 wordt zelden toegepast. Slechts een kleine hoeveelheid water (0,2 mm^3) is nodig om een nauwkeurige waterdruk te meten. Het meetbereik kan worden gekozen afhankelijk van de te verwachten wateroverspanning. In stijve kleien kan deze oplopen tot meer dan 3 MPa.



Figuur 1 Principe piëzo-conus

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

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

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

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

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

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

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

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

Wateroverspanningindex B_q

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

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

waarin:

β = factor voor de verschillende grondsoorten voor omrekening van u_1 naar u_2; standaard wordt hiervoor aangehouden 0,8, zijnde normaal geconsolideerde kleien (zie hierna volgende tabel);

q_{net} = $q_t - \sigma_{v0}$ = netto conusweerstand;

q_t = $q_c + (1-a)\cdot\{\beta\cdot(u_1 - u_0) + u_0\}$ voor een filter in de conuspunt;

= $q_c + (1-a)\cdot u_2$ voor een filter direct achter de conuspunt;

σ_{v0} = de verticale grondspanning; standaard wordt hierbij uitgegaan van een gemiddeld volumiek gewicht van de bodemlagen van 14 kN/m^3 en een grondwaterstand op 1 m beneden maaiveld;

a = netto oppervlakteverhoudingscoëfficiënt van de conus i.v.m. de spleet achter de conuspunt;

u_1 = de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing *in* de punt;

u_2 = de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing *achter* de punt;

u_0 = de hydrostatische stijghoogte; standaard wordt hiervoor in de berekening een niveau uitgegaan van 1 m beneden maaiveld.

Voor andere grondsoorten zijn de β-factoren in onderstaande tabel gegeven.

Grond gedrag	β-factor
Normaal geconsolideerde klei	0,6 - 0,8
Licht overgeconsolideerde klei	0,5 - 0,7
Sterk overgeconsolideerde klei	0[1] - 0,3
Leem samendrukbaar	0,5 - 0,6
Leem, vast en dillatant gedrag	0[1] - 0,2
Zand siltig, los gepakt	0,2 - 0,4

[1] Bij meting van de waterspanning achter de conuspunt worden in bepaalde gevallen negatieve waterspanningen gemeten. Deze waarden geven nauwelijks een indicatie van de doorlatendheid, doch alleen over het materiaalgedrag.

Dissipatietest

Het is ook mogelijk het sondeerproces op een bepaalde diepte tijdelijk te stoppen en de afname van de wateroverspanning (dissipatie) als functie van de tijd te registreren. Daarna kan het sondeerproces worden voortgezet.

In doorlatende gronden geeft de dissipatietest een goed beeld van de heersende hydrostatische waterspanning en daarmee van de stijghoogte. Het betreft slechts een indicatie aangezien de meetnauwkeurigheid beperkt is. Door het uitvoeren van meerdere metingen in een grondlaag en de gemiddelde waarde van de stijghoogte te bepalen kan een beduidend hogere nauwkeurigheid worden behaald. Ervaring leert dat de onnauwkeurigheid circa 0,5 m bedraagt.
Voor een meer nauwkeurige bepaling en de optredende fluctuaties zijn peilbuismetingen over een langere waarnemingsperiode nodig, afhankelijk van het doel.

In slecht doorlatende, cohesieve lagen kan met behulp van de dissipatietest een indicatie van de consolidatiecoëfficiënt en daarmee van de verticale (on)doorlatendheid worden verkregen. Hierbij dient

de dissipatietest te worden voortgezet totdat de water**over**spanning tenminste met 50 % is afgenomen. In de praktijk komt dat overeen met circa 1/2 uur à 3/4 uur.
Uit berekeningen en kwalitatieve vergelijking van de metingen wordt inzicht verkregen in het consolidatiegedrag van de grond.
Voor het vaststellen van de heersende hydrostatische waterspanning in kleilagen is de dissipatietest in de meeste gevallen weinig geschikt, vanwege de benodigde lange aanpassingstijd en de onnauwkeurigheid.

Klassenindeling EN-ISO 22476-1
Voorafgaand aan de uitvoering diende een keuze te worden gemaakt binnen welke kwaliteitsklasse met bijbehorende toelaatbare meetonzekerheid het werk minimaal uitgevoerd moet worden. De klassenindeling heeft voornamelijk betrekking op de nauwkeurigheid van de gemeten parameters.

Door invoering van de Eurocode is op Europees niveau de internationale sondeernorm EN-ISO 22476-1 "Electrical cone and piezocone testing" ontwikkeld, welke de oorspronkelijke NEN 5140 heeft vervangen. De nieuwe elektrische sondeernorm **EN-ISO 22476-1** is in opzet vergelijkbaar met de oude Nederlandse norm NEN 5140 voor elektrische sonderingen. Een verschil tussen norm **EN-ISO 22476-1** met NEN 5140 is dat in de nieuwe norm de nauwkeurigheid van de meetresultaten wordt gekoppeld aan het toepassingsgebied met bijbehorend bodemkenmerken / geschiktheid voor interpretatie en afleiding van bodemparameters. Verder is de meting van de waterspanning genormeerd.

In de Europese tabel van sondeerklassen worden de sondeerklassen ingedeeld naar de toepassing van de sondering, zie onderstaande tabel.

Toepassing klassen volgens NEN-EN-ISO 22476-1:2012

Toepassing Klasse	Test type	Gemeten parameter	Toegestane minimum nauwkeurigheid [a]	Maximum lengte tussen metingen	Gebruik	
					Grondsoort [b]	Interpretatie [c]
1	TE 2	Conus weerstand Mantel wrijving Waterspanning Helling Sondeerlengte	35 kPa of 5 % 5 kPa of 10 % 10kPa of 2 % 2° 0,1 m of 1%	20 mm	A	G, H
2	TE1 TE2	Conus weerstand Mantel wrijving Waterspanning Helling Sondeerlengte	100 kPa of 5 % 15 kPa of 15 % 25 kPa of 3 % 2° 0,1 m of 1 %	20 mm	A B C D	G, H* G, H G, H G, H
3	TE1 TE2	Conus weerstand Mantel wrijving Waterspanning [d] Helling Sondeerlengte	200 kPa of 5 % 25 kPa of 15 % 50 kPa of 5 % 5° 0,2 m of 2 %	50 mm	A B C D	G G, H* G, H G, H
4	TE1	Conus weerstand Mantel wrijving Sondeerlengte	500 kPa of 5 % 50 kPa of 20 % 0,2 m of 1 %	50 mm	A B C D	G* G* G* G*

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

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

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

[b] Volgens ISO 14688-2:

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

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

[d] Waterspanning kan alleen worden gemeten als TE2 wordt toegepast.

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

meetsysteem voor sonderen is bijzonder nauwkeurig door toepassing van digitale conussen, strikte kwaliteitscontroles en calibraties. In de praktijk is gebleken dat standaard Fugro sonderingen in de nieuwe norm tenminste in toepassingsklasse 3 vallen en voor een groot deel binnen klasse 2. Sonderingen volgens toepassingsklasse 3 in de nieuwe norm zijn vergelijkbaar met sonderingen volgens klasse 2 van de oude NEN 5140.

Toepassingklasse 1 sonderingen kunnen alleen met speciale gevoelige conussen met een beperkt meetbereik en een kleibodemprofiel met $q_c < 3$ MPa worden bereikt. In bodemprofielen waarin zowel zeer slappe lagen als zeer vaste lagen voorkomen kan de hoogste meetnauwkeurigheid van klasse 1 enigszins worden benaderd door aanvullende maatregelen en procedures. Toepassingklasse 2 sonderingen kunnen in bodemprofielen, waarin zowel zeer slappe lagen als zeer vaste lagen voorkomen, alleen worden verkregen door toepassing van digitale conussen met regelmatige calibraties, aanvullende uitvoeringsmaatregelen en kwaliteitscontroles. Toepassingsklasse 1 is in deze bodem niet haalbaar. De enige praktische indicatie over de bereikte sondeerklasse is controle van calibraties en 0-puntsverlopen tussen het begin en eind van de sondering.
In de praktijk komt het af en toe voor dat sonderingen worden uitgevoerd, waarbij door de opdrachtgever is aangegeven dat de maaiveldhoogte niet ten opzichte van een vast referentiepeil (NAP) behoeft te worden vastgelegd. Deze sonderingen voldoen derhalve op dit punt niet aan **EN-ISO 22476-1**.

Klassenindeling NEN 5140
De norm NEN 5140 ging uit van vier kwaliteitsklassen. Voorafgaand aan de uitvoering diende een keuze te worden gemaakt binnen welke kwaliteitsklasse met bijbehorende toelaatbare meetonzekerheid het werk minimaal uitgevoerd moet worden. De klassenindeling heeft voornamelijk betrekking op de nauwkeurigheid van de gemeten conusweerstand, plaatselijke wrijvingsweerstand en diepte, zoals blijkt uit de onderstaande tabel.

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

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

LEGENDA TERREINPROEVEN EN GRONDSOORTEN

Boringen / Peilbuizen

- Handboring nog niet uitgevoerd
- Handboring uitgevoerd
- Handboring uitgevoerd met 1 peilbuis
- Handboring uitgevoerd met 2 peilbuizen
- Mechanische boring nog niet uitgevoerd
- Mechanische boring uitgevoerd
- Mechanische boring uitgevoerd met 1 peilbuis
- Mechanische boring uitgevoerd met 2 peilbuizen
- Mechanische boring uitgevoerd met 3 peilbuizen
- Boring uitgevoerd door derden
- Boring uitgevoerd met peilbuis door derden
- Gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF) nog niet uitgevoerd
- Gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF) uitgevoerd

Overige symbolen

- Meetpunt
- Hoogtemaat

Type sonderingen

D	Diepsondering
HS	Handsondering
S	Slagsondering

Sonderingen

- Sondering met plaatselijke kleefmeting nog niet uitgevoerd
- Sondering met plaatselijke kleefmeting uitgevoerd
- Sondering zonder plaatselijke kleefmeting nog niet uitgevoerd
- Sondering zonder plaatselijke kleefmeting uitgevoerd
- Slagsondering uitgevoerd
- Handsondering uitgevoerd
- Multigrondwatersondering nog niet uitgevoerd
- Multigrondwatersondering uitgevoerd
- Sondering met bolconus nog niet uitgevoerd
- Sondering met bolconus uitgevoerd
- Waterspanningsmeter nog niet uitgevoerd
- Waterspanningsmeter uitgevoerd
- Sondering uitgevoerd door derden
- Sondering met plaatselijke kleefmeting uitgevoerd door derden
- Hellingmeterbuis nog niet uitgevoerd
- Hellingmeterbuis uitgevoerd

Toegevoegde metingen

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

Legenda / Terminologie

Grind

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

Zand

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

Veen

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

Klei

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

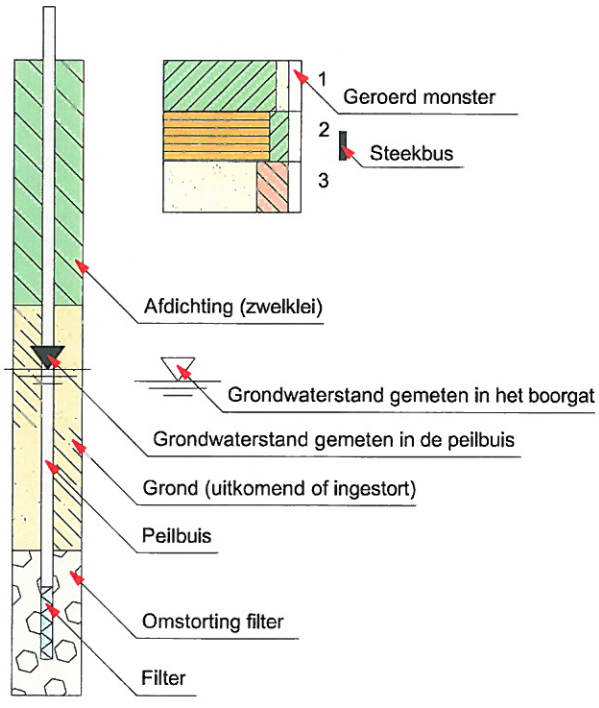
Leem

- Leem, zwak zandig
- Leem, sterk zandig

Overige toevoegingen

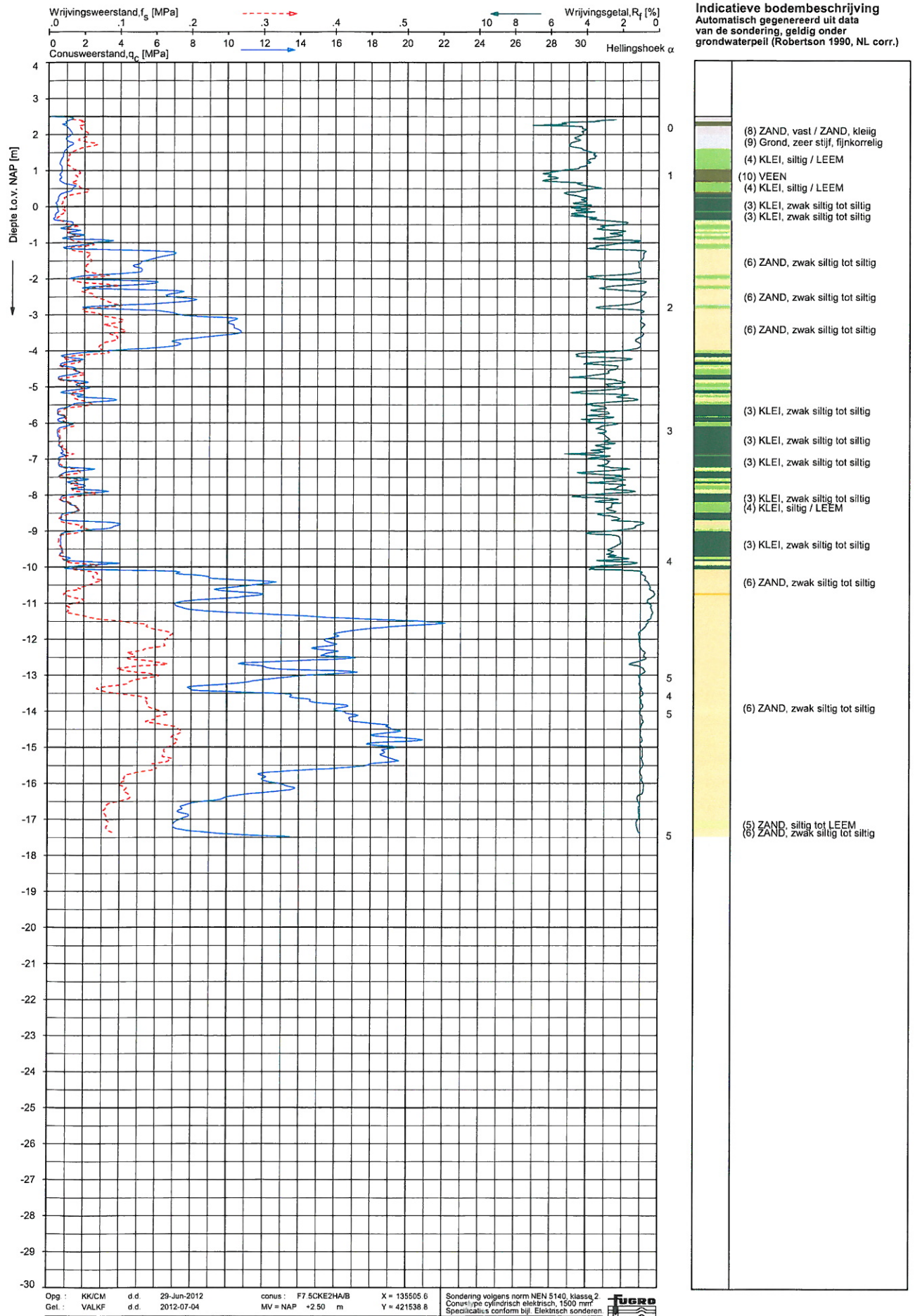
- Zwak humeus
- Matig humeus
- Sterk humeus
- Zwak grindig
- Matig grindig
- Sterk grindig
- Puin

Peilbuis



Revisie datum : 05-12-2013 (JNI)

BIJLAGE B2



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

Opg. : KK/CM d.d. 29-Jun-2012
Gel. : VALKF d.d. 2012-07-04

conus : F7.5CKE2HA/B
MV = NAP +2.50 m

X = 135505.6
Y = 421538.8

Sondering volgens norm NEN 5140, klasse 2
Conustype cylindrisch elektrisch, 1500 mm²
Specificaties conform bijl. Elektrisch sonderen

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

NIEUWBOUW 6 WONINGEN AAN DE MAASDIJK 377 TE VEEN

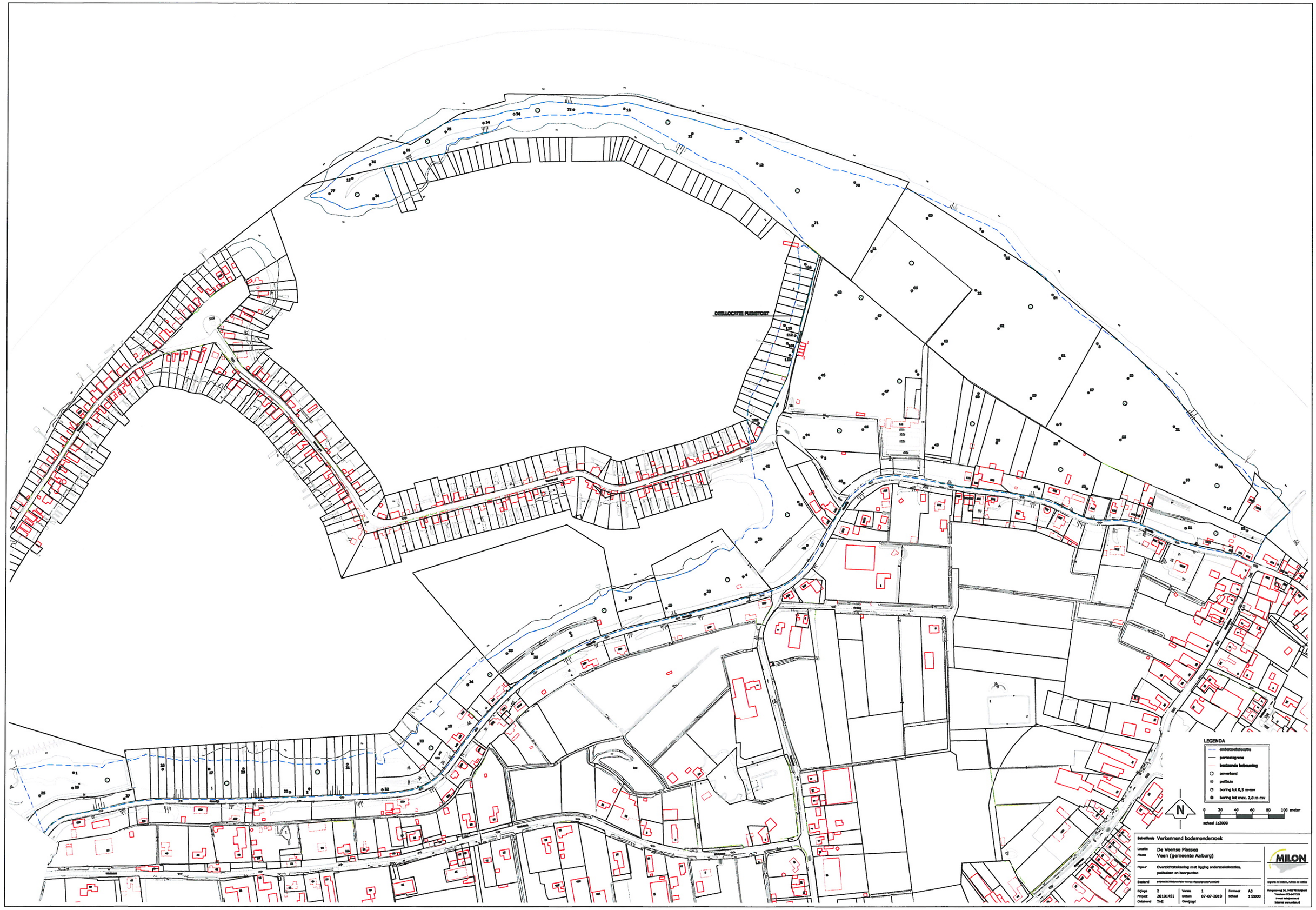
Opdr. 7012-0193-000
Sond. DKM1

UNIPLOT 05.19.nl / QeFsClass-N3.cmd / 2012-07-04 10:47:20

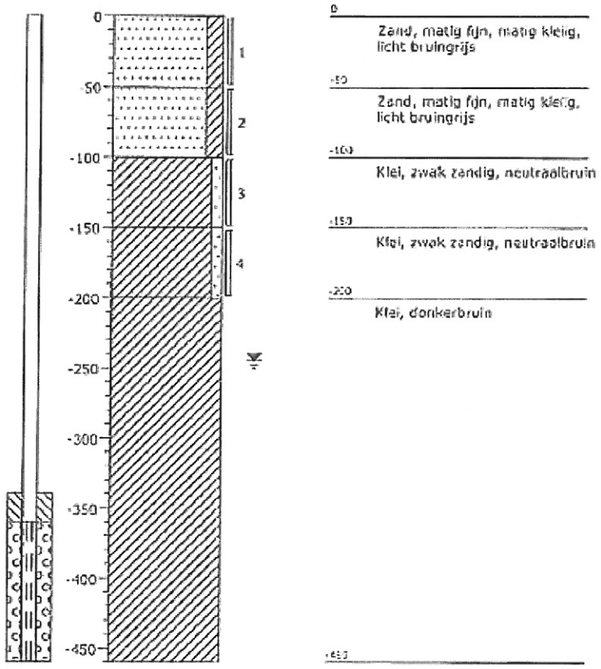
7012-0193-000

DKM1 - 1

BIJLAGE B3

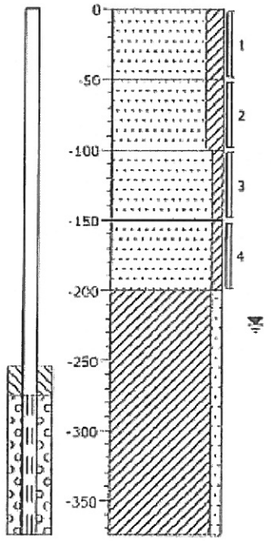

DEELLOCATIE PUINSTORT
LEGENDA
onderzoekslocatie
perceelsgrens
bestaande bebouwing
onverhard
peilbuis
boring tot 0,5 m-mv
boring tot max. 2,0 m-mv
N
0 20 40 60 80 100 meter
schaal 1:2000
Betreffende Verkennend bodemonderzoek
Locatie De Veense Plassen
Plaats Veen (gemeente Aalburg)
Figuur Overzichtstekening met ligging onderzoekslocaties, peilbuizen en boorpunten
Bestand
Bijlage 2
Project 20101451
Getekend TvE
Versie 1
Datum 07-07-2010
Gewijzigd
Formaat A3
Schaal 1:2000
MILON
Ingenieurs in bodem, ruimte en milieu
Pompenweg 34, 5405 TE Schijndel
Telefoon 073-5497333
E-mail info@milon.nl
Internet www.milon.nl

Boring 05
Datum: 06-07-2010



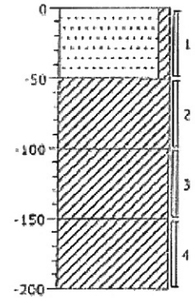
0
Zand, matig fijn, matig kleïg, licht bruingrijs
-50
Zand, matig fijn, matig kleïg, licht bruingrijs
-100
Klei, zwak zandig, neutraalbruin
-150
Klei, zwak zandig, neutraalbruin
-200
Klei, donkerbruin
-450

Boring 06
Datum: 06-07-2010



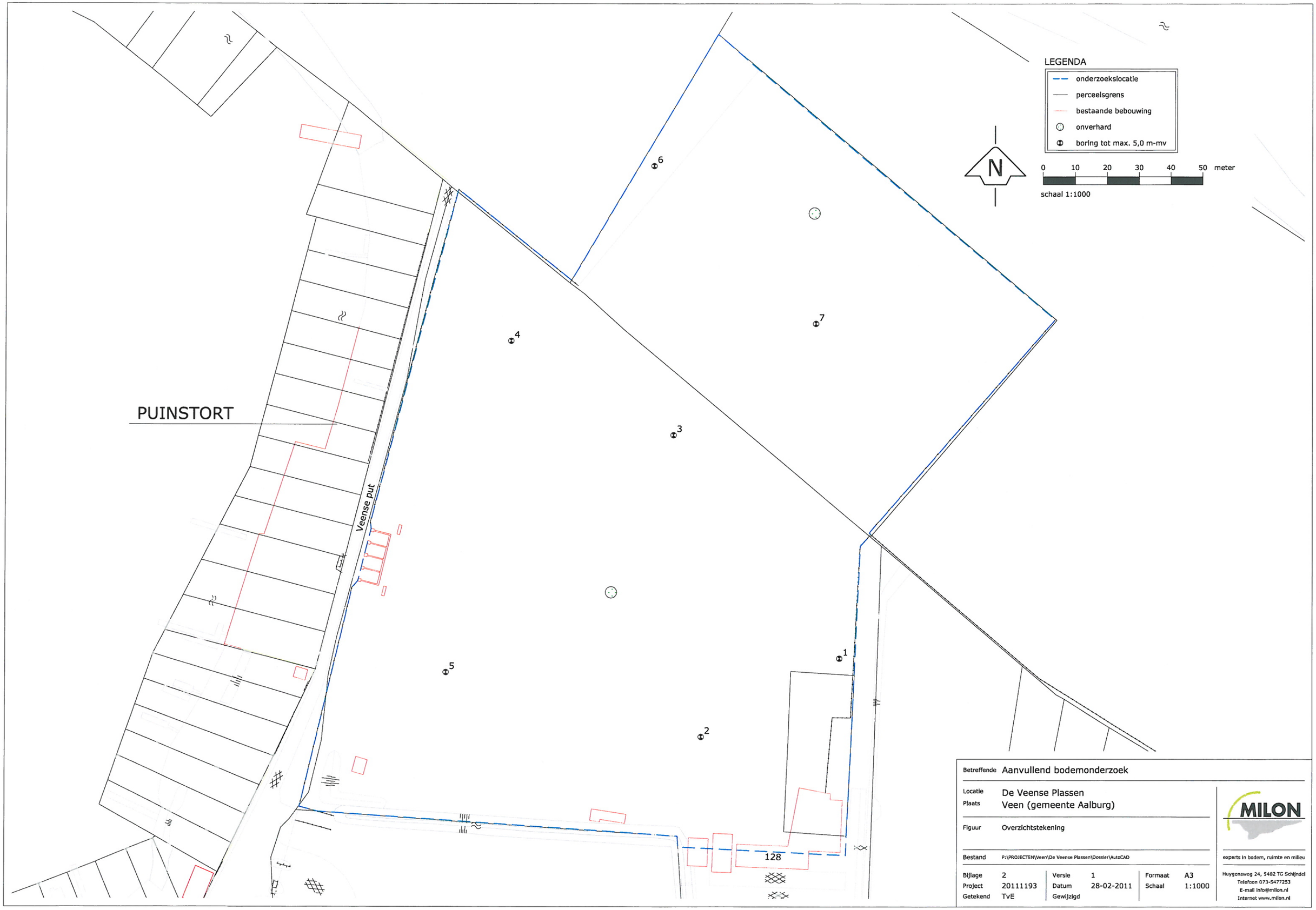
0
Zand, matig fijn, matig kleïg, licht grijsbruin
-50
Zand, matig fijn, matig kleïg, licht grijsbruin
-100
Zand, matig grof, zwak kleïg, neutraalbruin
-150
Zand, matig grof, zwak kleïg, neutraalbruin
-200
Klei, zwak zandig, donker
-375

Boring 20
Datum: 06-07-2010



0
Zand, matig fijn, zwak kleïg, bruin
-50
Klei, lichtbruin
-100
Klei, bruin
-150
Klei, bruin
-200

BIJLAGE B4

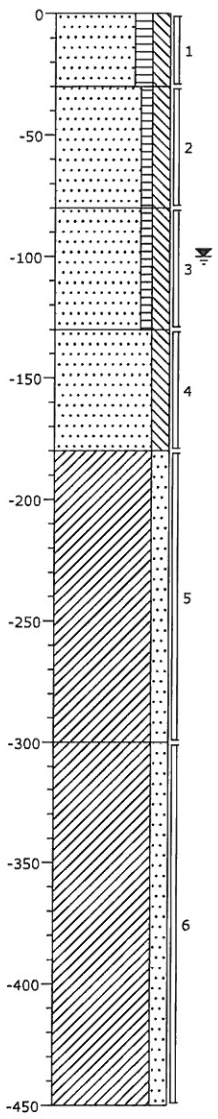


Betreffende	Aanvullend bodemonderzoek				
Locatie	De Veense Plassen				
Plaats	Veen (gemeente Aalburg)				
Figuur	Overzichtstekening				
Bestand	P:\PROJECTEN\Veen\De Veense Plassen\Dossier\AutoCAD				
Bijlage	2	Versie	1	Formaat	A3
Project	20111193	Datum	28-02-2011	Schaal	1:1000
Getekend	TvE	Gewijzigd			

MILON
experts in bodem, ruimte en milieu
Huygensweg 24, 5482 TG Schijndel
Telefoon 073-5477253
E-mail info@milon.nl
Internet www.milon.nl

Projectnaam:	Veense Plassen
Plaats:	Veen
Projectcode:	20111193
Projectleider:	Jan van Nuenen
Veldwerkcoördinator:	Ruud van Galen
Pagina:	1 van 4

Boring 01
Datum: 28-02-2011



0 gras
Zand, matig fijn, matig humeus, matig siltig, neutraalbruin

-30
Zand, matig fijn, zwak humeus, matig siltig, lichtbruin

-80
Zand, matig fijn, zwak humeus, matig siltig, lichtbruin

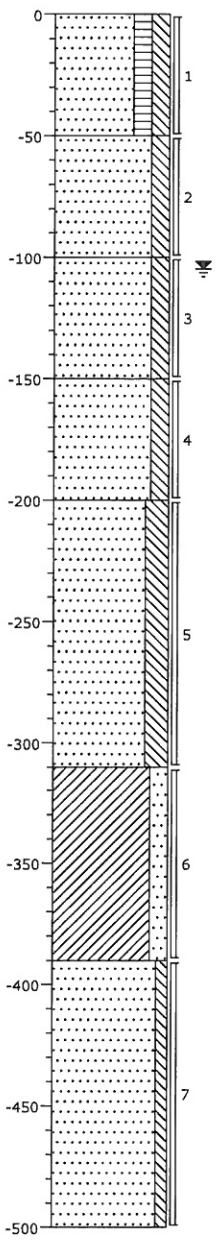
-130
Zand, matig fijn, matig siltig, licht grijsbruin

-180
Klei, matig zandig, neutraal bruinbeige, Pulsboor

-300
Klei, matig zandig, neutraal grijsbeige, Pulsboor

-450

Boring 02
Datum: 28-02-2011



0 gras
Zand, matig fijn, matig humeus, matig siltig, donkerbruin, Edelmanboor

-50
Zand, matig fijn, matig siltig, licht grijsbruin, Edelmanboor

-100
Zand, matig fijn, matig siltig, licht grijsbruin, Edelmanboor

-150
Zand, matig fijn, matig siltig, licht grijsbruin, Edelmanboor

-200
Zand, matig fijn, sterk siltig, licht grijsbruin, Edelmanboor

-310
Klei, matig zandig, neutraalgrijs, Edelmanboor

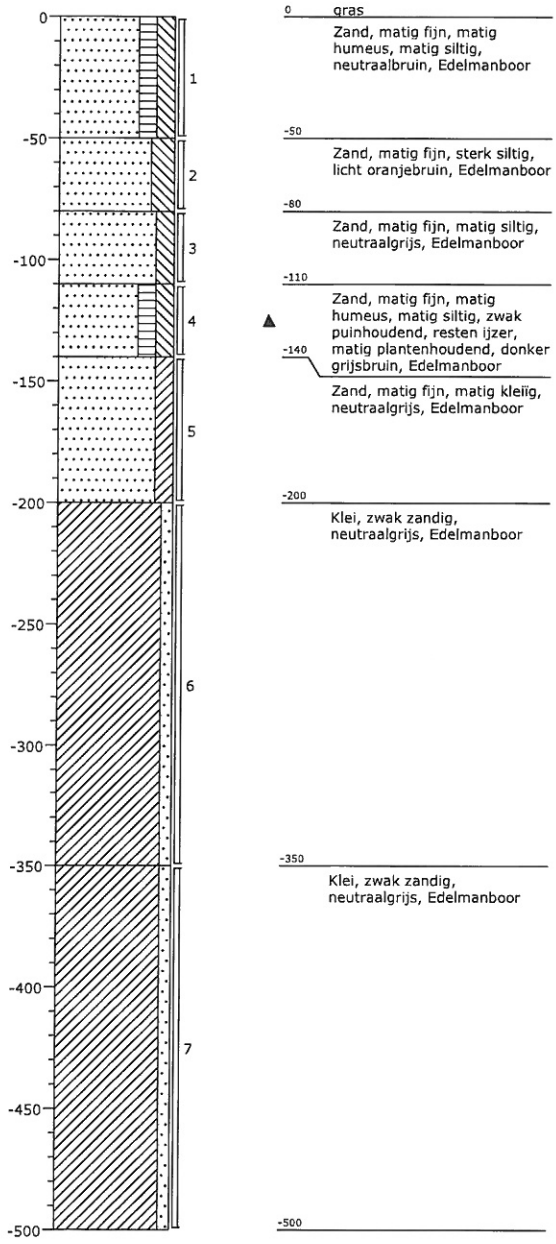
-390
Zand, matig grof, zwak siltig, neutraalgrijs, Edelmanboor

-500

Projectnaam:	Veense Plassen
Plaats:	Veen
Projectcode:	20111193
Projectleider:	Jan van Nuenen
Veldwerkcoördinator:	Ruud van Galen
Pagina:	2 van 4

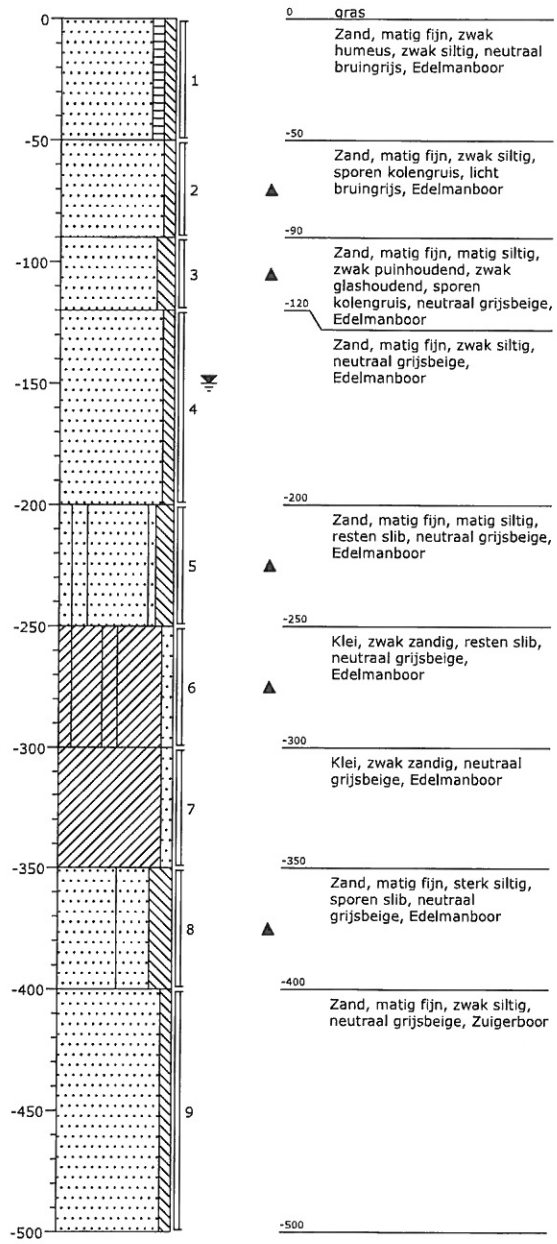
Boring 03

Datum: 28-02-2011



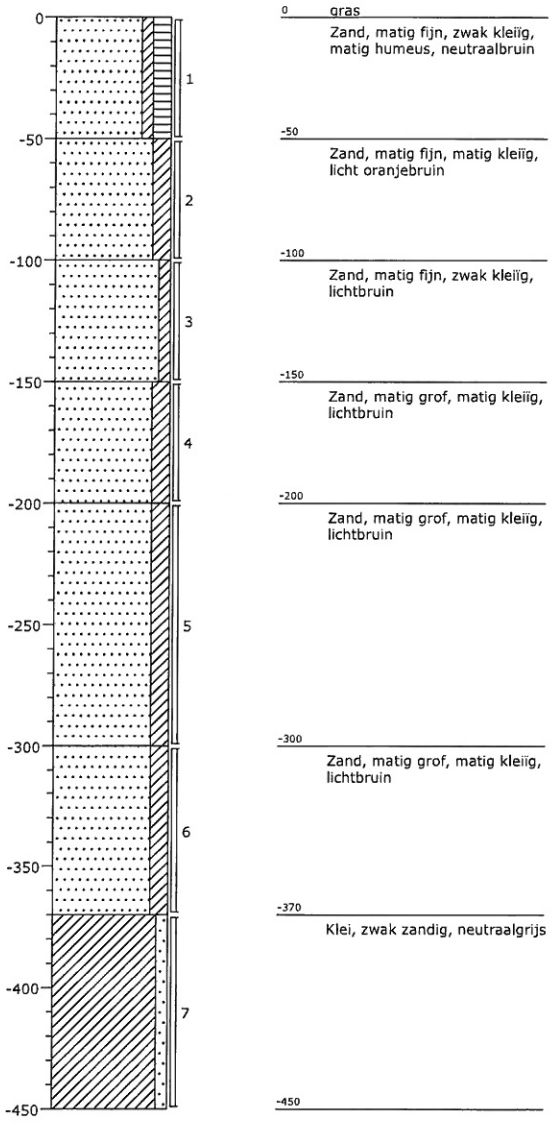
Boring 04

Datum: 28-02-2011

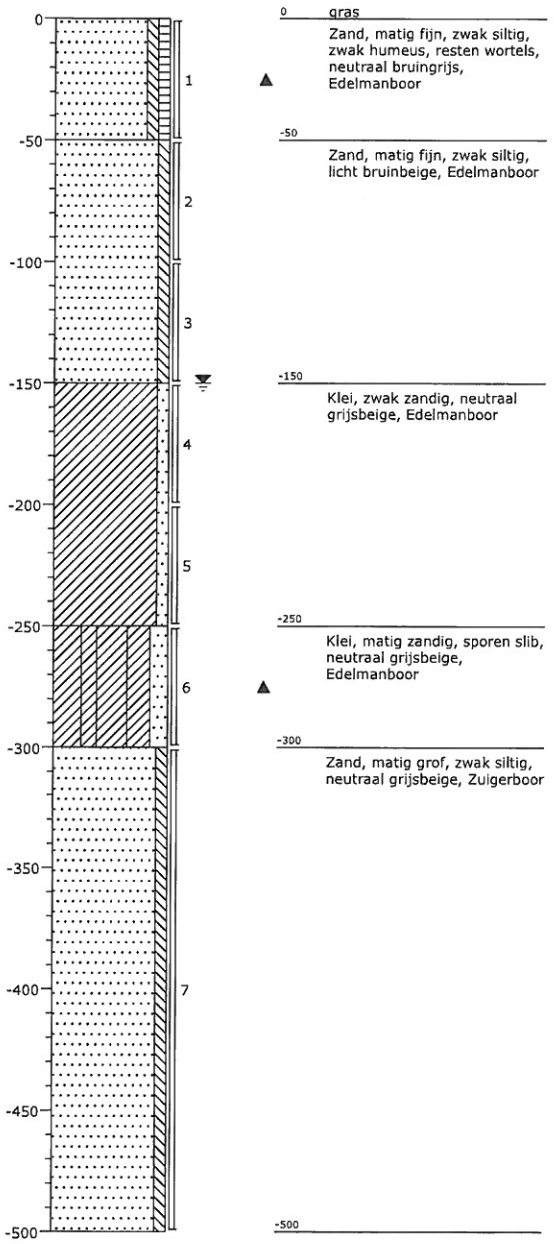


Projectnaam:	Veense Plassen
Plaats:	Veen
Projectcode:	20111193
Projectleider:	Jan van Nuenen
Veldwerkcoördinator:	Ruud van Galen
Pagina:	3 van 4

Boring 05
Datum: 28-02-2011



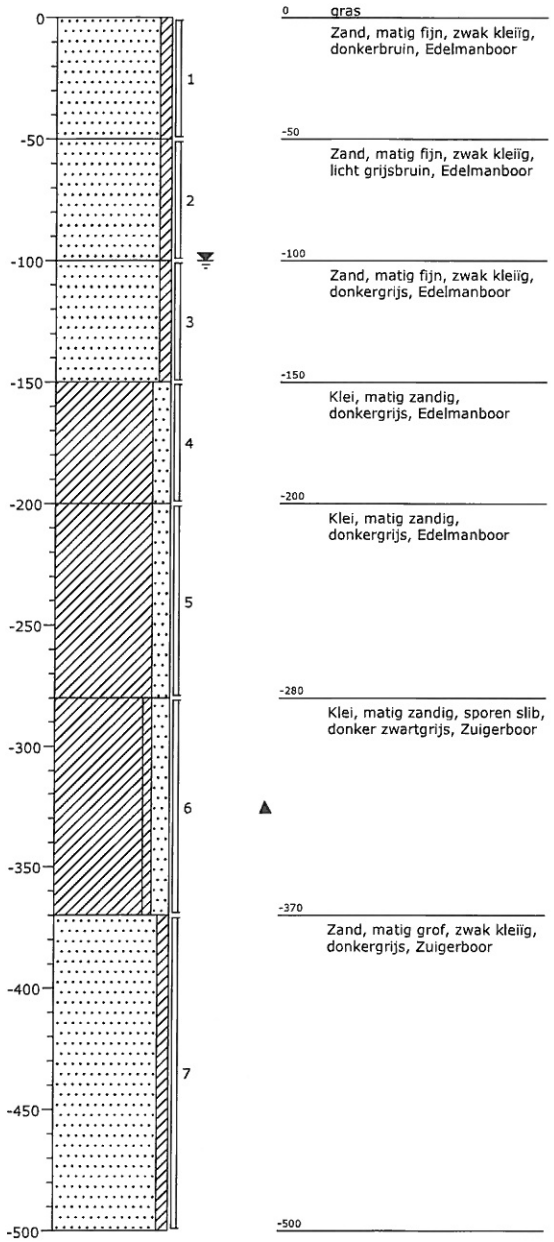
Boring 06
Datum: 28-02-2011



Projectnaam:	Veense Plassen
Plaats:	Veen
Projectcode:	20111193
Projectleider:	Jan van Nuenen
Veldwerkcoördinator:	Ruud van Galen
Pagina:	4 van 4

Boring 07

Datum: 28-02-2011



BIJLAGE C1

RAPPORTAGE LABORATORIUMONDERZOEK

Project	Hydrologisch onderzoek ontwikkellocatie Veense Plassen	Opdrachtnummer	1213-0085-000
Opdrachtgever	Bax & Van Kranenburg Beheer B.V.	Datum rapport	10-02-2014
Contactpersoon	de heer R. De Graaf	Ontvangst monsters	vanaf 23-01-'14
Monstername	Uitgevoerd door FGS (afdeling BOL); vanaf d.d 23-01-2014		
Dit rapport bevat de resultaten van het in-situ- en/of laboratoriumonderzoek dat ten behoeve van bovengenoemd project is uitgevoerd. Het onderzoek is uitgevoerd door Fugro GeoServices B.V. Laboratorium voor Infra- en Geotechniek te Arnhem. Eventueel uitbesteed onderzoek is duidelijk als zodanig gekenmerkt.			

INHOUDSOPGAVE	Pagina
Voorblad onderzoeksrapport	1
Laboratoriumstaat	2 t/m 3
Monsteroverzicht	4

OPMERKINGEN:

CROW heeft de nummering van de proeven in de Standaard RAW Bepalingen 2010 aangepast ten opzichte van voorgaande versies van de Standaard. Indien in dit rapport naar Standaard RAW proefnummers wordt verwezen, dan wordt de nummering van de Standaard RAW 2010 bedoeld, tenzij anders aangegeven.

De met "Q" gemerkte verrichtingen zijn geaccrediteerd door RvA.

De reproduceerbaarheid van de metingen en / of proeven voldoet aan de gestelde waarde in de desbetreffende norm of in het proefvoorschrift. Gegevens over de meetonzekerheid zijn op aanvraag verkrijgbaar.

1213-0085-000.B01

Wanneer u naar aanleiding van de resultaten van dit rapport nog vragen heeft verzoeken wij u contact op te nemen met de heer P.A. van de Velde.
Wij vertrouwen erop u hiermee van dienst te zijn geweest en uw opdracht naar wens te hebben uitgevoerd.

Fugro GeoServices B.V.
Laboratorium voor Infra- en Geotechniek

S. O'Hagan
Lab Service Manager Africa-Caspian-Europe

ONDERZOEKSRAPPORT			
Project	Hydrologisch onderzoek ontwikkellocatie Veense Plassen	Opdrachtnummer	1213-0085-000
Opdrachtgever	Bax & Van Kranenburg Beheer B.V.	Datum rapport	10-02-2014
Contactpersoon	de heer R. De Graaf	Ontvangst monsters	v.a. 23-01-2014
Monstername	Uitgevoerd door Fugro GeoServices B.V.	Datum monstername	v.a. 23-01-2014

		Q
boring/ monster nummer	Diepte in m t.o.v. NAP	classificatie vlgs. NEN 5104
HB1 : S1	3.31_2.91	Zand (zeer fijn) sterk siltig matig humeus met kleiresten- wortelresten en puinresten bruin
HB1 : S3	1.11_0.71	Klei matig siltig zwak humeus met zandinsluitingen en roest grijs / bruin
HB1 : S4	-0.09_-0.49	Klei zwak siltig met zandlaagjes grijs

OPMERKINGEN:
De met "Q" gemerkte verrichtingen zijn geaccrediteerd door RvA.

Datum Laboratorium classificatie: 03-02-2014

Geclassificeerd door: DAM

Opgesteld door: AWG	Gecontroleerd: PVV	Opdr.nr.: 1213-0085-000

LABORATORIUMSTAAT (labstaat.doc)

ONDERZOEKSRAPPORT			
Project	Hydrologisch onderzoek ontwikkellocatie Veense Plassen		
Opdrachtgever	Bax & Van Kranenburg Beheer B.V.	Opdrachtnummer	1213-0085-000
Contactpersoon	de heer R. De Graaf	Datum rapport	10-02-2014
Monstername	Uitgevoerd door Fugro GeoServices B.V.	Datum ontvangst	v.a. 23-01-2014

VOLUME GEWICHT - WATERGEHALTE EN ONGEDRAINEERDE SCHUIFSTERKTE (Uitgevoerd conform eigen methode)

Boring nummer	Monster nummer	Diepte t.o.v. NAP (m)	Volume gewicht nat (γ) (kN/m^3) [Q]	Volume gewicht droog (γ) (kN/m^3) [Q]	Water-gehalte w (%) [Q]	Poriën volume n (%)	Verzadi-gingsgraad S (%)	Ongedr. Schuifsterkte f_{undr} (kPa) T.V. [Q] P.P.
HB1	S1	2.96	17.4	14.7	18.1	43.4	62.6	-
HB1	S3	0.81	17.7	13.6	30.0	47.6	87.5	-
HB1	S4	-0.34	16.9	12.1	39.2	53.4	90.8	-
								-
								-
								-
								-
								-
								-
								-
								-
								-
								-
								-
								-
								-
								-
								-
								-
								-
								-
								-
								-
								-
								-
								-

OPMERKINGEN

De met "Q" gemerkte verrichtingen zijn erkend door RvA.

Voor de berekening van het poriënvolume is een waarde voor de volumieke massa van vaste gronddelen aangehouden van 2650 kg/m³

T.V.: Bepaald d.m.v pocket torvane

P.P.: Bepaald d.m.v pocket penetrometer

Opgesteld door: AWG	Gecontroleerd: PVV	Opdracht nr.: 1213-0085-000

MONSTEROVERZICHT			S: K5 en M13
ALGEMEEN			
Project	Hydrologisch onderzoek ontwikkellocatie Veense Plassen	Opdrachtnummer	1213-0085-000
Opdrachtgever	Bax & Van Kranenburg Beheer B.V.	Datum rapport	10-02-2014
te	Wijk en Aalburg	Vervaldatum	10-04-2014
Contactpersoon	de heer R. De Graaf	Datum ontvangst monsters	23-01-2014

MONSTEROVERZICHT

Volgnummer	Type materiaal/omschrijving	Aantal/ Hoeveelheid	Monsternummer(s)
1	Geroerd monster	12	Handboring HB1 en HB3
2	Ongeroerd monster	4	Handboring HB1-S2, HB2-S1,HB3-S1 en HBDKMP2-S1

Bovenstaand is een overzicht gegeven van de monsters, die in het kader van onderhavig onderzoek zijn onderzocht en zich thans nog bevinden in het Laboratorium voor Infra- en Geotechniek. Met "vervaldatum" is de datum aangegeven waarna de monsters, bij geen tegenbericht uwerzijds, uit de monsteropslag zullen worden verwijderd en vernietigd. Wanneer u (een deel van) bovengenoemde monsters na de vervaldatum (eventueel onder geconditioneerde omstandigheden) tegen betaling wenst te laten bewaren, verzoeken wij u dit formulier uiterlijk 1 week vóór de vervaldatum aan ons te retourneren.

Ondergetekende verzoekt de monsters te bewaren tot:		
Datum	Naam	Handtekening

Opgesteld door: PVV	Gecontroleerd: PVV

1213-0085-000.C01