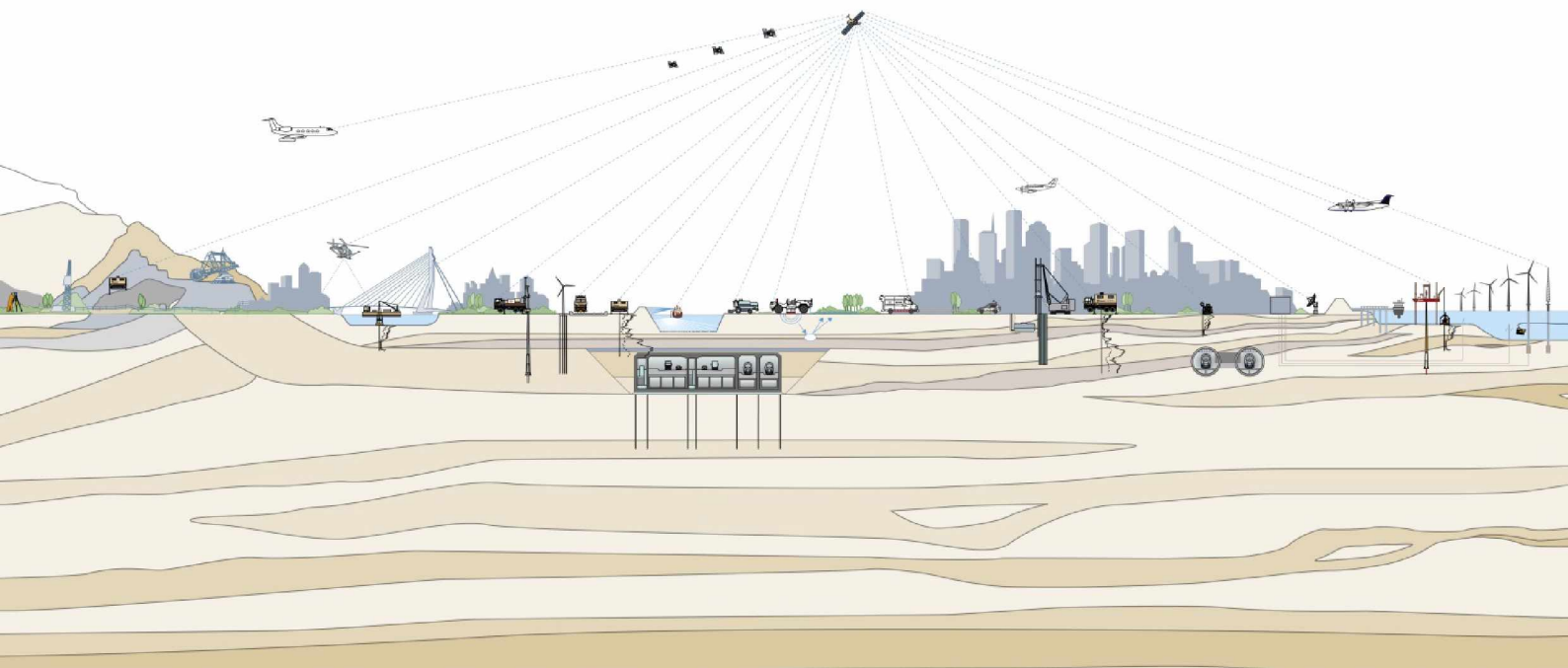


ANALYSE BARRIÈREWERKING
betreffende

WILLEMSPARKWEG 220 TE AMSTERDAM

Opdrachtnummer: 1016-0552-000



ANALYSE BARRIÈREWERKING
betreffende

WILLEMSPARKWEG 220 TE AMSTERDAM

Opdrachtnummer: 1016-0552-000

Opdrachtgever : Bouwkundig adviesbureau HouseCheck
Max Euweplein 30 A
1017 MB Amsterdam

Datum grondonderzoek : 10 augustus 2016

Projectleider : ir. [REDACTED]
Senior Geotechnical Consultant

Opgesteld door : [REDACTED] MSc.
Senior Adviseur Hydrologie

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	24 augustus 2016		

FILE: 1016-0552-000_31.R02_barrierewerking.docx

INHOUDSOPGAVE

	<u>Blz.</u>
1. ALGEMENE TOELICHTING	1
1.1. Inleiding	1
1.2. Projectomschrijving	1
2. BODEMOPBOUW EN GEOHYDROLOGISCHE GESTELDHEID	6
2.1. Algemeen	6
2.2. Globale bodemgesteldheid	6
3. ANALYSE BARRIEREWERKING	9

BIJLAGEN

	<u>Nr.</u>
- Rapportage Geotechnisch Veldwerk	1016-0552-000.21_KR01
- APPENDIX: Barrièrewerking	

1. ALGEMENE TOELICHTING

1.1. Inleiding

Op 25 juli 2016 ontving Fugro GeoServices B.V. te Amsterdam van Bouwkundig adviesbureau HouseCheck te Amsterdam, de opdracht voor het uitvoeren van een geotechnisch grondonderzoek alsmede het uitbrengen van een funderingsadvies en een geohydrologisch advies (analyse barrièrewerking) voor het pand Willemsparkweg 220 te Amsterdam.

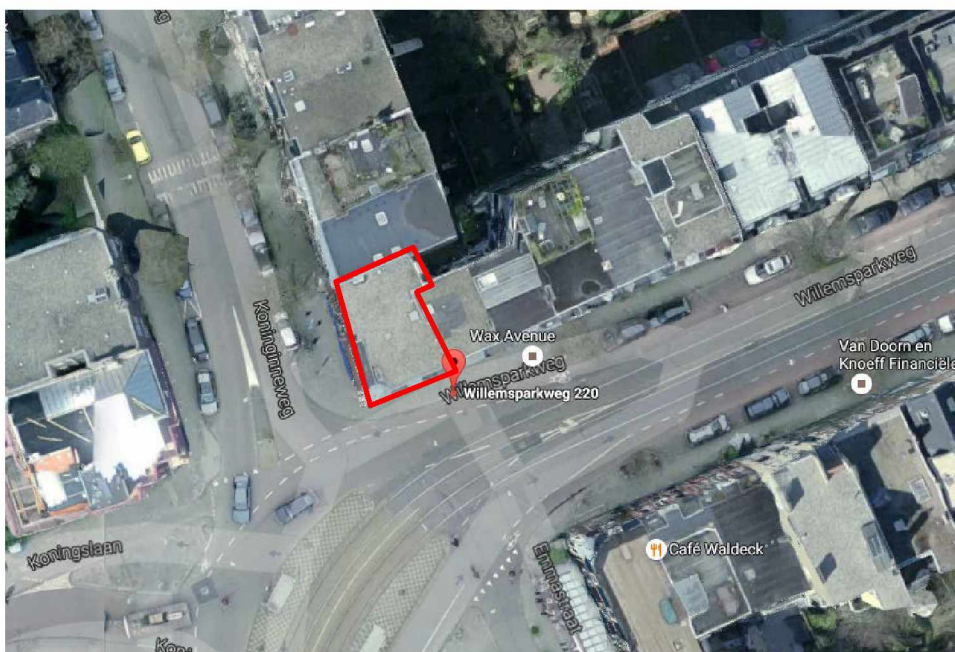
Dit rapport bevat:

- een projectomschrijving;
- een beschrijving van het uitgevoerde geotechnisch onderzoek, de bodemgesteldheid en geohydrologische situatie (hoofdstuk 2);
- een analyse barrièrewerking (hoofdstuk 3);

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

1.2. Projectomschrijving

Het plan betreft funderingsherstel in combinatie met de aanleg van een nieuwe kelder onder het pand Willemsparkweg 220. Onder het pand is al een kelder aanwezig met ongeveer dezelfde afmetingen. In de nieuwe situatie blijven de damwanden echter aanwezig. De damwanden maken een onderdeel uit van de kelderconstructie en zullen niet worden getrokken na de realisatie. Binnen het Rijksdriehoeksnet heeft de projectlocatie globaal de coördinaten $X = 119.630$ en $Y = 485.410$ m. De projectlocatie is in afbeelding 1-1 weergegeven op een topografische ondergrond.



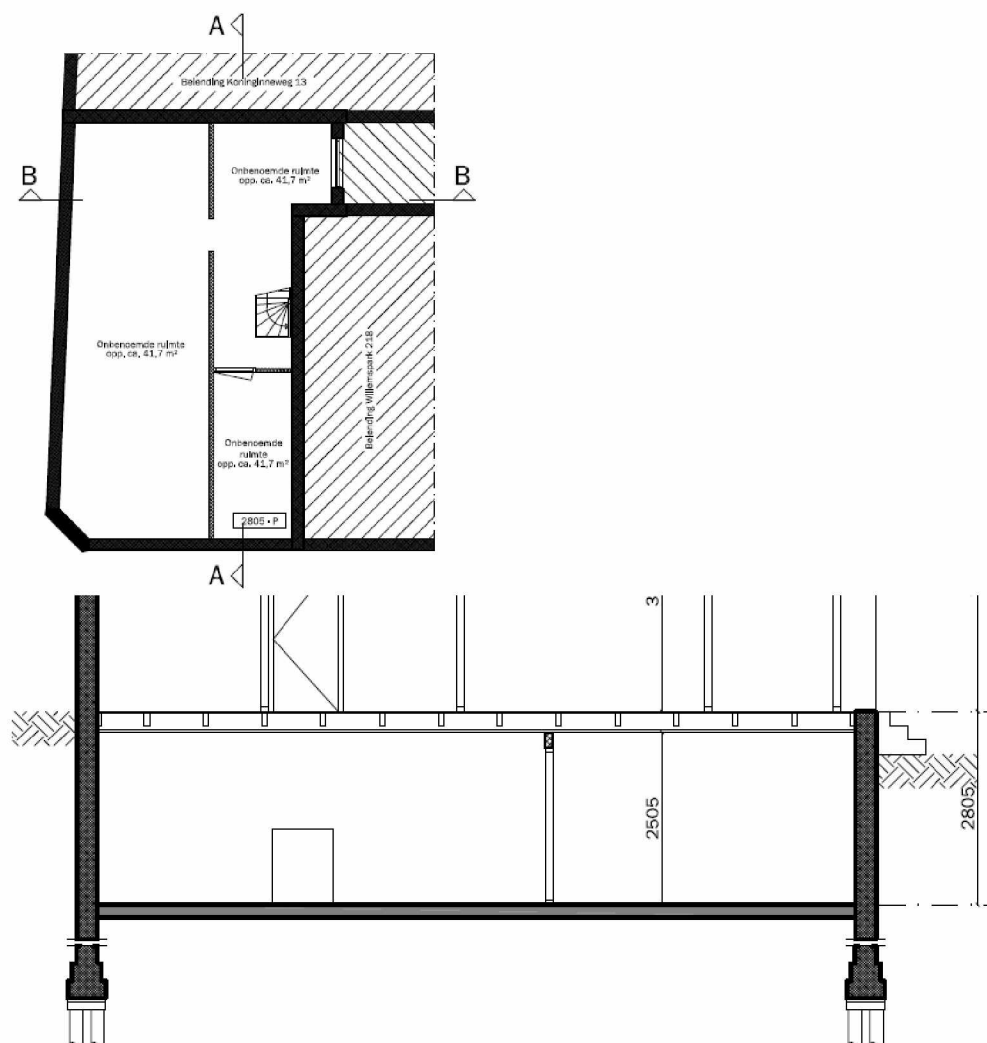
Afbeelding 1-1: Projectlocatie Willemsparkweg 220 (rood) te Amsterdam (bron: Google Maps).

Op basis van de door de opdrachtgever aangeleverde gegevens zijn de afmetingen van de bestaande en nieuwe kelder afgeleid zoals weergegeven in tabel 1-1. Daarbij wordt opgemerkt dat het PEIL (begane grondvloer) niet bekend is t.o.v. NAP. Door de opdrachtgever is aangegeven dat deze ongeveer gelijk is aan maaiveldniveau. Voor het maaiveldniveau en PEIL wordt op basis van de inmetingen van de sonderingen uitgegaan van NAP +0,3 m. Tekeningen van de bestaande en de toekomstige situatie zijn weergegeven in afbeeldingen 1-2 en 1-3.

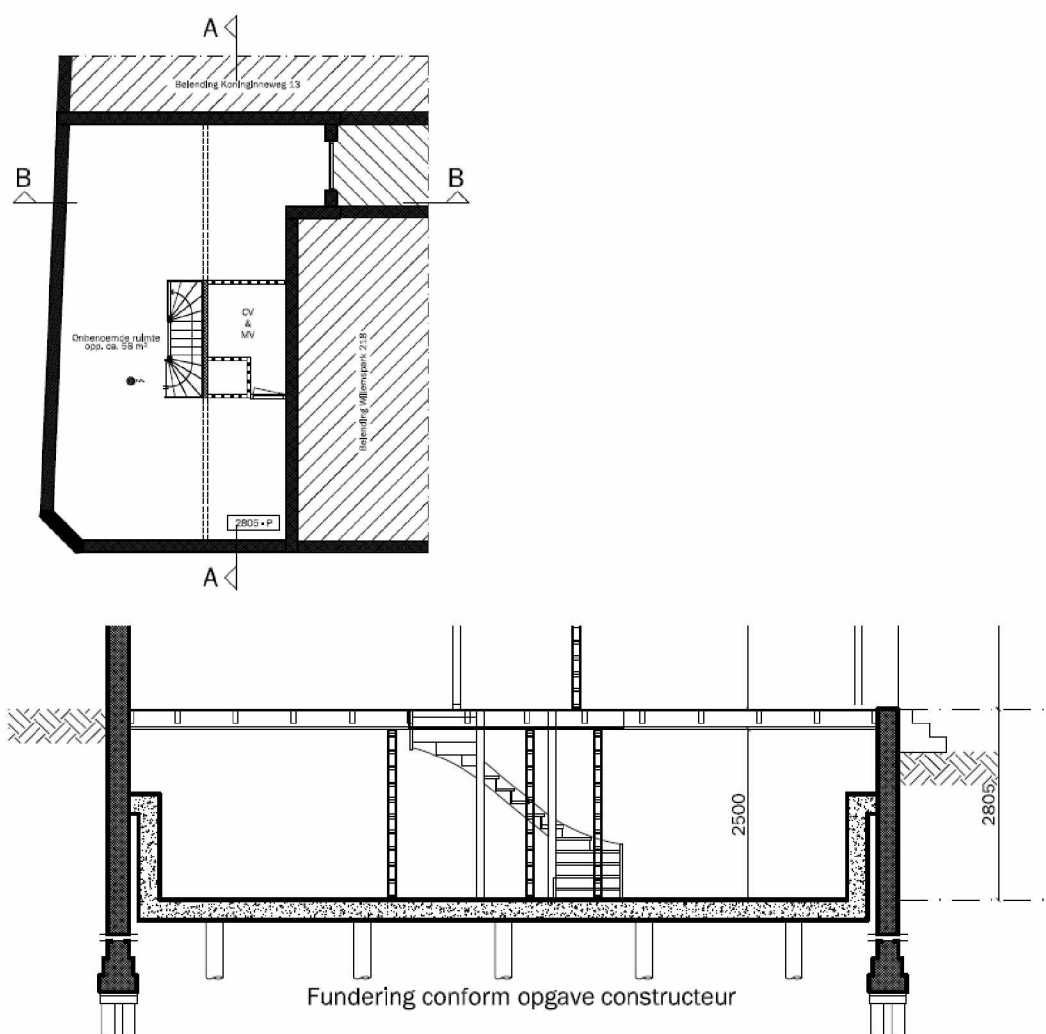
Tabel 1-1: Afmetingen en aanlegniveau's.

Onderdeel	Afmetingen [ca. m x m]	Aanlegniveau ¹	
		[Peil m]	[NAP m]
Bestaande kelder	11,6 x 6,9	-2,7 à -3,0	Ca. -2,4 à -2,7
Nieuwe kelder	11,6 x 6,9	-3,1	Ca. -2,8

¹ Als aanlegniveau wordt de onderzijde van de vloer of het betreffende onderdeel beschouwd.



Afbeelding 1-2: plattegrond en doorsnedetekening A-A' van de bestaande situatie.



Afbeelding 1-3: plattegrond en doorsnedetekeningen A-A' van de nieuwe situatie.

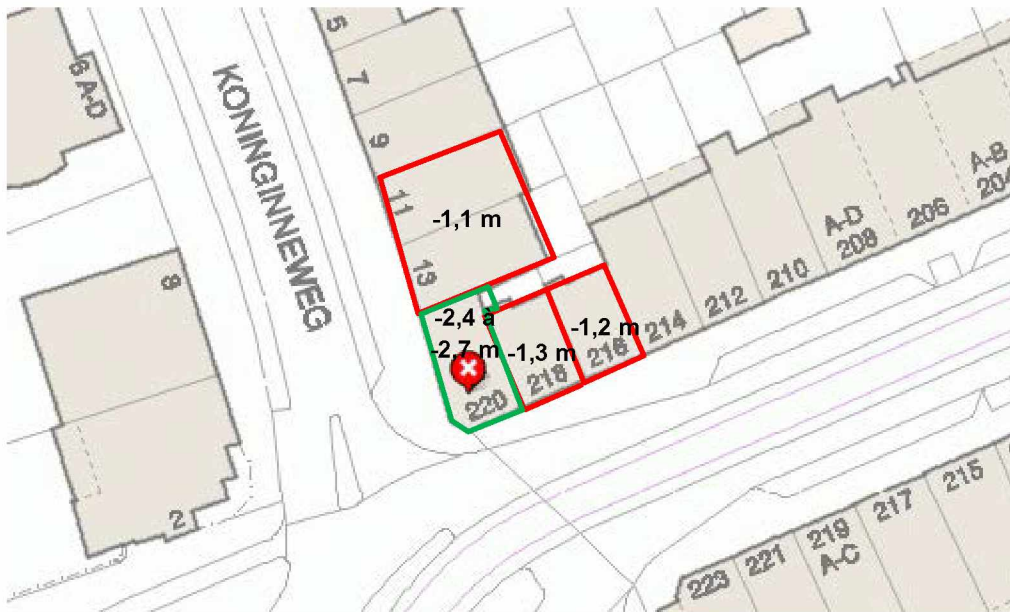
Omgevingsaspecten

Belendingen

Door Fugro is een archiefonderzoek uitgevoerd naar de aanwezigheid van kelders en het type fundering bij de naastgelegen panden Koninginneweg 11 en 13 en Willemsparkweg 216 en 218. Op basis van het archiefonderzoek kan het volgende worden geconcludeerd:

- De onderzochte panden hebben een houten fundering. Het peil van het bovenste funderingshout bedraagt volgens de archieftekeningen ca. NAP -2,2 m;
- De onderzochte panden hebben allemaal een kelder/souterrain. Het niveau van de onderkant van de kelders/souterrains bedraagt ca. NAP -1,1 à -1,3 m.

Opgemerkt wordt dat de bovengenoemde maten/niveaus een inschatting betreffen op basis van de archieftekeningen. De niveaus kunnen in werkelijkheid enigszins afwijken. De locatie van de kelders en een inschatting van de diepte t.o.v. NAP zijn weergegeven in figuur 1-4.



Afbeelding 1-4: Projectlocatie (huisnummer 220, groen omlijnd) en de belendingen (rood omlijnd) met de bestaande kelders. De aanlegniveaus van de ondergrondse bouwdelen zijn voor zover bekend weergegeven t.o.v. NAP.

Open water, riolering en drainage

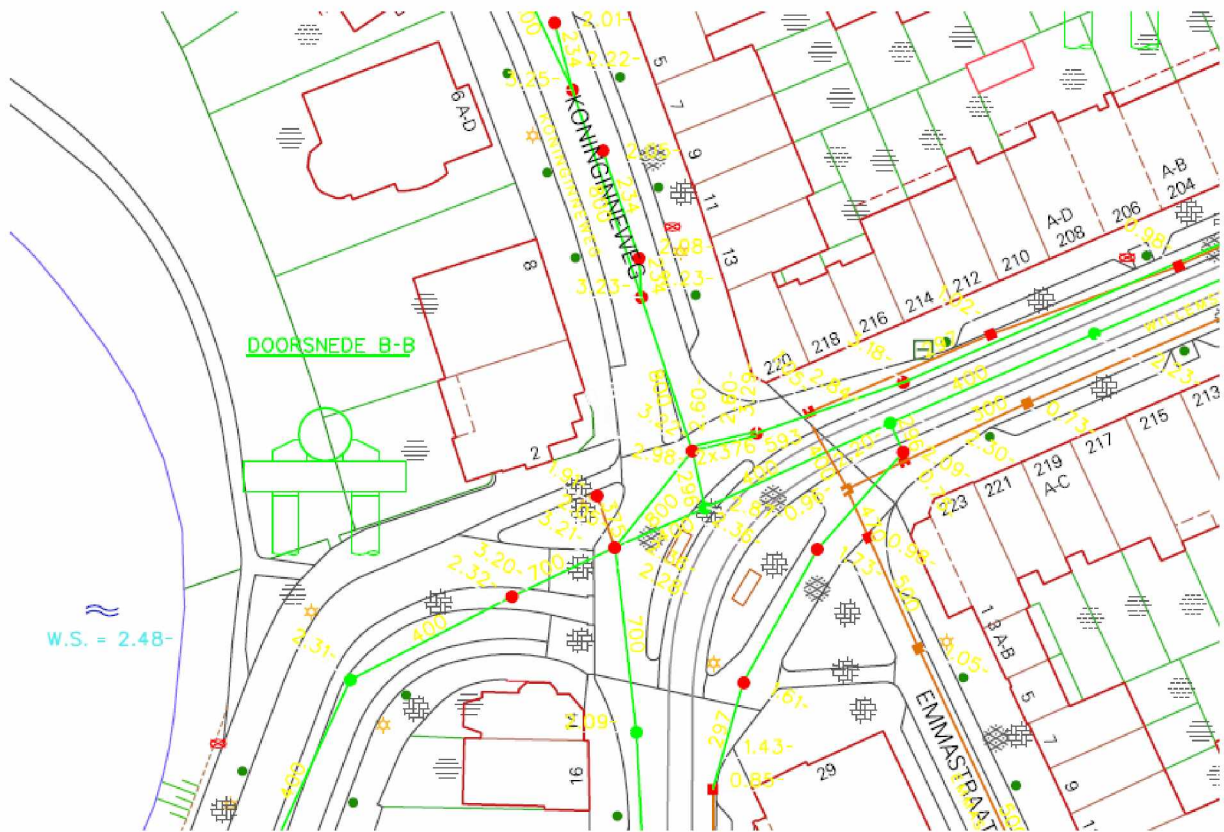
De projectlocatie ligt in een gebied met verschillende waterpeilen en ontwateringsmiddelen.

Ten noorden en oosten van de projectlocatie is het Vondelpark aanwezig. In dit park wordt een waterpeil van ca. NAP -2,48 m gehandhaafd. Ca. 70 m ten westen van de projectlocatie is in het Vondelpark een vijver aanwezig met dit waterpeil.

Door Waternet is een kaart beschikbaar gesteld met de aanwezige (polder)riolering in de omgeving, zie figuur 1-5. Door Waternet is aangegeven dat er in het openbare gebied veel polderriolen¹ aanwezig zijn. Een deel van deze polderriolering is recent vernieuwd. De polderriolen liggen op een diepte van b.o.b. ca. NAP -2,2 à -3,2 m.

Daarnaast is er een ondieper gelegen gemend rioolstelsel aanwezig (b.o.b. ca. NAP -1,0 m).

¹ Een polderriool is een soort buis in de grond die vroeger is aangebracht om de oorspronkelijke sloten die voor de afvoer van het water zorgden, te vervangen. Het systeem van polderriolen is dus een erfenis uit het verleden. Het polderriool zorgt doorgaans voor het draineren van het grondwater en van het hemelwater. De polderriolen kunnen op particulier terrein (in de achtertuinen) of in het openbare gebied liggen (bron: www.waternet.nl).



Afbeelding 1-5: Rioleringstekening Waternet met gemengde riolering (bruin) en polderriolering (groen). De recent vernieuwde delen zijn aangegeven met rode punten (putten).

2. BODEMOPBOUW EN GEOHYDROLOGISCHE GESTELDHEID

2.1. Algemeen

Het grondonderzoek voor dit project heeft bestaan uit 3 diepsonderingen met meting van de plaatselijke wrijvingsweerstand (code DKM) tot maximaal circa 25 m diepte. Hierbij is, wegens een obstakel in de bodem, DKM2 niet geheel op diepte gekomen. Daarnaast is een handboring met peilbuis geplaatst.

De resultaten hiervan, eventuele afwijkingen van de opdracht en opmerkingen zijn gepresenteerd in de bijlage "Rapportage Geotechnisch Veldwerk".

2.2. Globale bodemgesteldheid

De maaiveldniveaus ter plaatse van de sondeerlocaties varieerden ten tijde van het onderzoek van NAP +0,33 m tot NAP +0,22 m.

Op basis van de bovenstaande informatie en het geohydrologische model Regis II.I (TNO) is de bodemopbouw geohydrologisch geschematiseerd zoals weergegeven in tabel 2-1.

Tabel 2-1: Bodembeschrijving projectlocatie.

Diepte [ca. NAP m]	Bodembeschrijving	Typering
+0,2 à +0,3	Maaiveld	Infiltratieoppervlak
+0,3 à +0,2 tot -1,7 à -1,9*	Verharding en Zand (ophoog laag)	Watervoerende laag
-1,7 à -1,9 tot -5,0	Veen	Waterremmende laag
-5,0 tot -7,5	Klei	
-7,5 tot -9,5	Wadzand	Beperkt watervoerende laag
-9,5 tot -12,0	Klei, met basisveen	Waterremmende laag
-12,0 tot -24**	Zand doorsneden met kleilagen	Watervoerende laag

* Ter plaatse van het wegcunet is lokaal tot dieper zand aangetroffen.

** Maximaal verkende diepte op projectlocatie: NAP -24 m.

Op basis van archief-informatie (ophoogkaart van Amsterdam) is dit specifieke gebied niet integraal opgehoogd. De sonderingen zijn uitgevoerd in het openbare gebied. Onbekend is of onder de bestaande kelders nog een laag zand aanwezig is of dat hieronder direct het veen begint.

Grondwaterstand

Om inzicht te krijgen in de grondwaterstand is door Fugro op en in de omgeving van de projectlocatie 2 keer de grondwaterstand gemeten. De grondwaterstand wordt nog 1 keer gemeten, deze metingen worden in een volgende versie van dit rapport gepresenteerd.

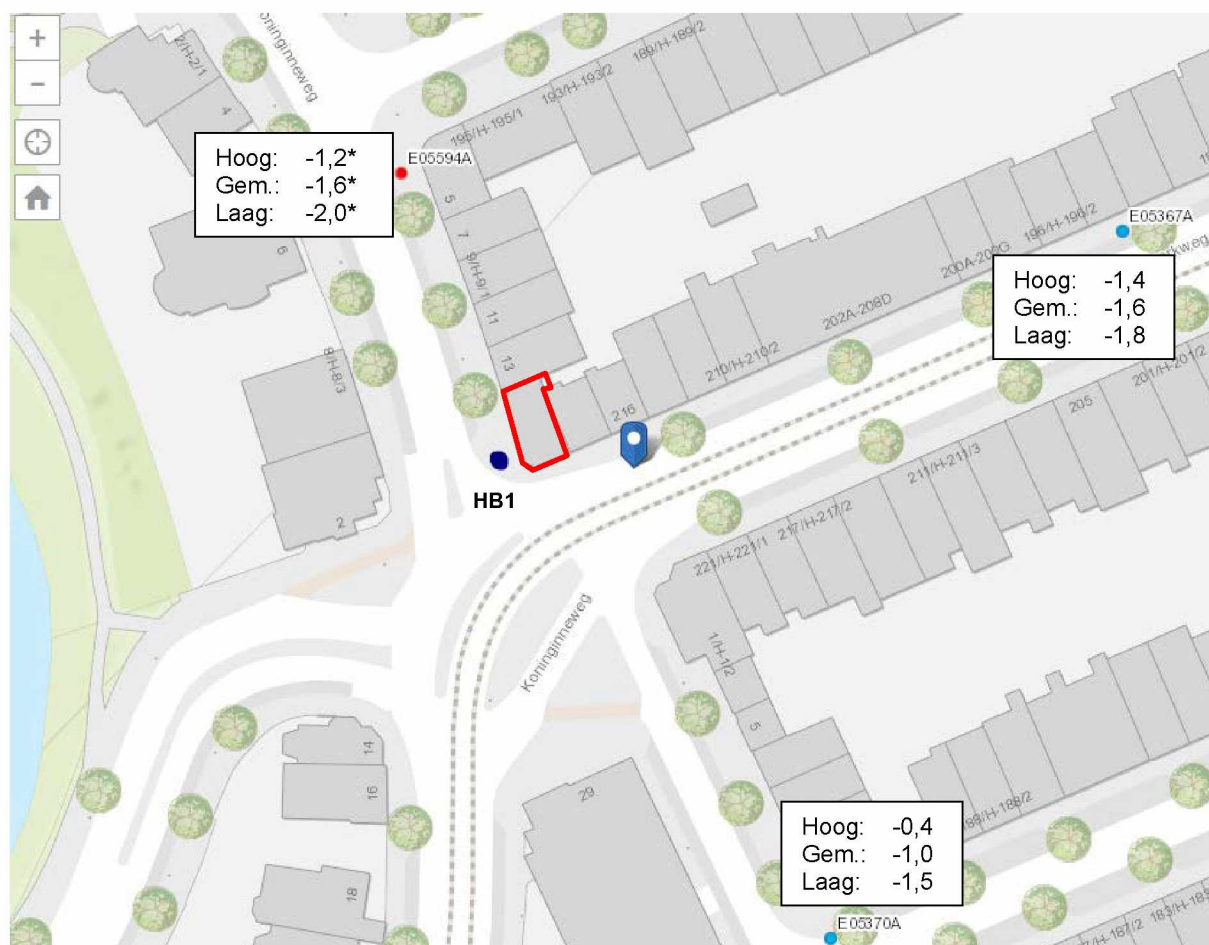
Om de grondwaterstand op de projectlocatie te meten is gebruik gemaakt van een peilbuis aan de voorzijde van het pand. Daarnaast zijn handwaarnemingen uitgevoerd in enkele peilbuizen van Waternet. De resultaten van de handwaarnemingen zijn gepresenteerd in tabel 2-2.

Tabel 2-2: Handwaarnemingen grondwaterstand.

Peilbuis	Maaiveld [ca. NAP m]	Bovenkant PB [ca. NAP m]	Filterafstelling [ca. NAP m]	Grondwaterstand [ca. t.o.v. NAP in m]		
				16-08-2016	22-08-2016	-2016
HB1	+0,31	+0,21	-1,7 à -2,7	-1,7	-1,6	Nog niet gemeten
E05367	+0,57	+0,42	-2,0 à -3,0	droog	-1,5	
E05594 (afgesloten)	+0,22	+0,15	-2,3 à -3,3	-1,5	-1,4	
E05370	+0,52	+0,47	-2,1 à -3,1	-1,1	-1,0	

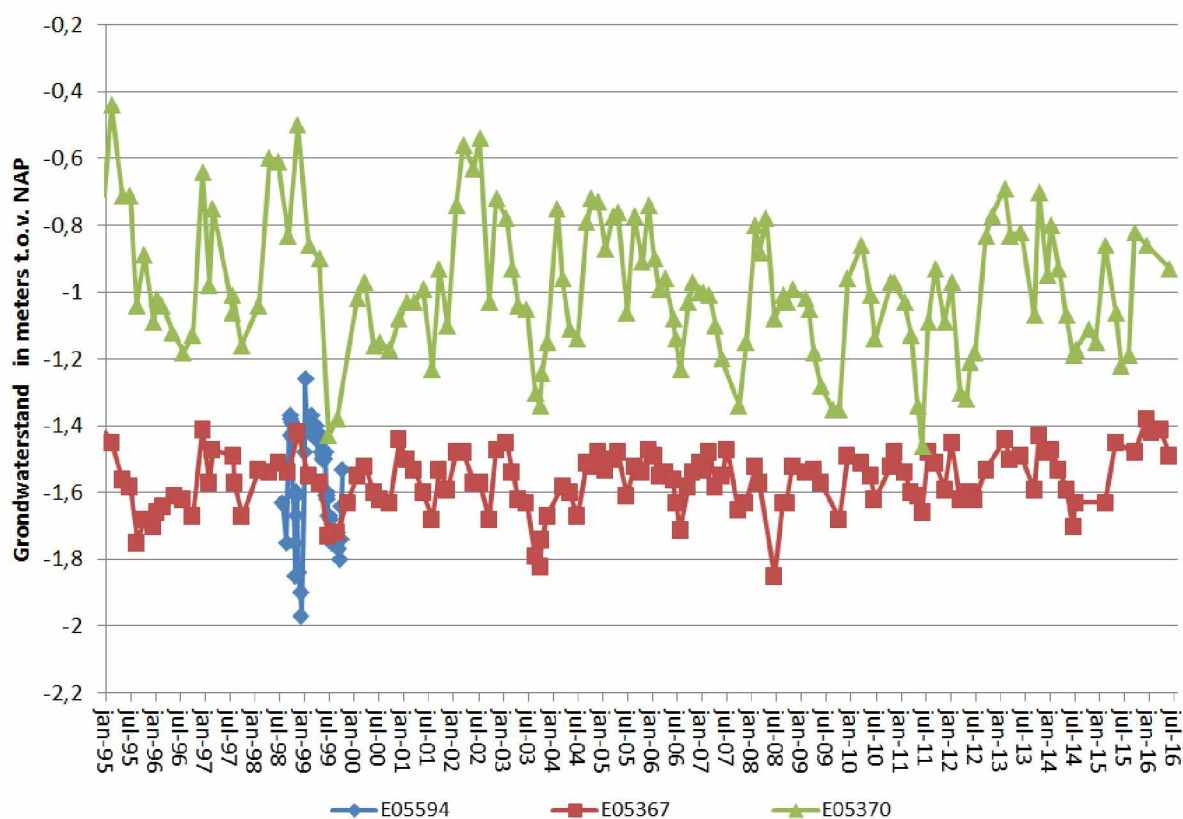
Om inzicht te krijgen in de fluctuatie van de grondwaterstand in de omgeving van de projectlocatie is grondwaterdata gedownload uit de Waternet database. De locaties van de Waternet peilbuizen zijn weergegeven in afbeelding 2-1. Bij een aantal peilbuizen is de lage, gemiddelde en hoge grondwaterstand aangegeven, deze waarden zijn niet gebaseerd op een statistische analyse. De grafieken van de grondwaterstand zijn weergegeven in afbeelding 2-2.

Uit stijghoogtemetingen van Waternet in het 1^e watervoerend pakket blijkt dat in de omgeving van de projectlocatie sprake is van een wegzijgingssituatie.



Afbeelding 2-1: Waternet peilbuizen in de omgeving van de projectlocatie met de hoge, gemiddelde en lage grondwaterstand [NAP m]. De projectlocatie is aangegeven met rood.

*Van peilbuis E05594 is een relatief korte meetreeks beschikbaar van juli 1998 t/m oktober 1999.



Afbeelding 2-2: Meetreeksen Waternet freatische grondwaterstand vanaf 1995.

Grondwaterstroming

De grondwaterstroming wordt in dit gebied beïnvloed door het laaggelegen Vondelpark en de aanwezige polderriolen. Uit de gegevens van de grondwaterstanden blijkt dat de grondwaterstroming richting het Vondelpark is gericht. De stromingsrichting is richting het noord/noordwesten. Op basis van de 2 beschikbare handwaarnemingen wordt een verhang verwacht van ca. 0,2 m op 50 m (1/250).

3. ANALYSE BARRIEREWERKING

Bij barrièrewerking wordt de grondwaterstroming lokaal gehinderd door ondergrondse constructies. Hiermee treedt opstuwing op aan de bovenstroomse zijde van de kelder en een verlaging van de grondwaterstand aan de benedenstroomse zijde. Door de aanleg van een kelder op de projectlocatie kan mogelijk barrièrewerking optreden. Of en in welke mate barrièrewerking zal optreden wordt in deze paragraaf getoetst.

Uit de toelichting van de theoretische achtergrond (Appendix barrièrewerking) volgt dat het risico voor barrièrewerking in de onderhavige situatie af zal hangen van de volgende factoren:

1. De omvang van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de stromingsrichting van het grondwater;
2. De diepte van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de bodemgesteldheid en de mate waarin de ondergrondse bouwdelen watervoerende lagen doorsnijden;
3. De bodemgesteldheid (de verticale doorlatendheid) van de lagen onder de barrière;
4. De lokale grondwaterstandsituatie (is er sprake van een significant stijghoogte-/grondwatersverschil).

Pas wanneer alle vier de factoren ongunstig zijn, zal significante opstuwing en daling van de grondwaterstand optreden in de omgeving van de kelder. Bovenstaande punten worden hierna kort toegelicht.

Factoren 1 en 2

In de huidige situatie kunnen de kelders van de Koninginneweg 11 en 13 en Willemsparkweg 216 t/m 220 als 1 object worden beschouwd, deze liggen namelijk tegen elkaar aan. Op basis van het beschikbare grondonderzoek wordt verwacht dat onder de huidige kelder van Willemparkweg 220 in ieder geval geen zand aanwezig is, omdat deze dieper is gelegen (onderkant kelder ca. NAP -2,7 à -3,0 m) dan de naastgelegen kelders. Onbekend is of er onder de naastgelegen kelders nog een zandlaag aanwezig is.

Wanneer een zandlaag aanwezig is onder de huidige kelders van de naastgelegen panden

De huidige kelder van Willemsparkweg 220 vormt al een barrière omdat deze dieper is en de bovenste zandlaag volledig afsluit. Wanneer nog een zandlaag onder de naastgelegen kelders aanwezig is, kan grondwater onder de naastgelegen kelders door stromen. In dat geval vormen deze kelders in de huidige situatie geen barrière voor grondwaterstroming.

De breedte van de bestaande en nieuwe kelder dwars op de stromingsrichting van het grondwater bedraagt ca. 12 m. Vanwege de beperkte omvang van de kelder zal deze in de huidige en toekomstige situatie geen noemenswaardige barrièrewerking veroorzaken. Het verdiepen van de nieuwe kelder en aanbrengen van de damwand bij Willemsparkweg 220 maakt geen verschil.

Wanneer geen zandlaag aanwezig is onder de kelders van de naastgelegen panden

Wanneer onder de naastgelegen kelders geen zand aanwezig is, maar veen, dan vormen de kelders in de huidige situatie al een barrière. Grondwater stroomt namelijk alleen horizontaal door zand, en niet door klei en veen. Het verdiepen van de kelder en aanbrengen van de damwand bij Willemsparkweg 220 maakt geen verschil.

Factor 3

De verticale doorlatendheid van de bodemlagen direct onder het inheinniveau van de damwandplanken is naar verwachting beperkt. Dit zorgt ervoor dat het grondwater niet of nauwelijks onder de kelder door kan stromen, waardoor potentieel barrièrewerking kan optreden.

Factor 4

De projectlocatie is gelegen nabij het Vondelpark met een lager waterpeil. Hierdoor is sprake van een grondwaterverhang richting het vondelpark. Dit zorgt voor een grondwaterverhang over de projectlocatie waardoor potentieel barrièrewerking kan optreden.

Conclusie

Op basis van de bovenstaande analyse wordt verwacht dat het verdiepen van de kelder en aanbrengen van de damwanden onder de Willemsparkweg 220 geen barrièrewerking zal veroorzaken en daarmee geen invloed heeft op de grondwaterstand in de omgeving.

De huidige kelder is al relatief diep en doorsnijdt de aanwezige zandlaag al volledig. Het verdiepen van de nieuwe kelder en aanbrengen van de damwand bij Willemsparkweg 220 maakt geen verschil. Onbekend is of onder de naastgelegen kelders nog een zandlaag aanwezig is. In beide gevallen (wel of geen zand) heeft de toekomstige kelder geen negatieve invloed op de grondwaterstand.

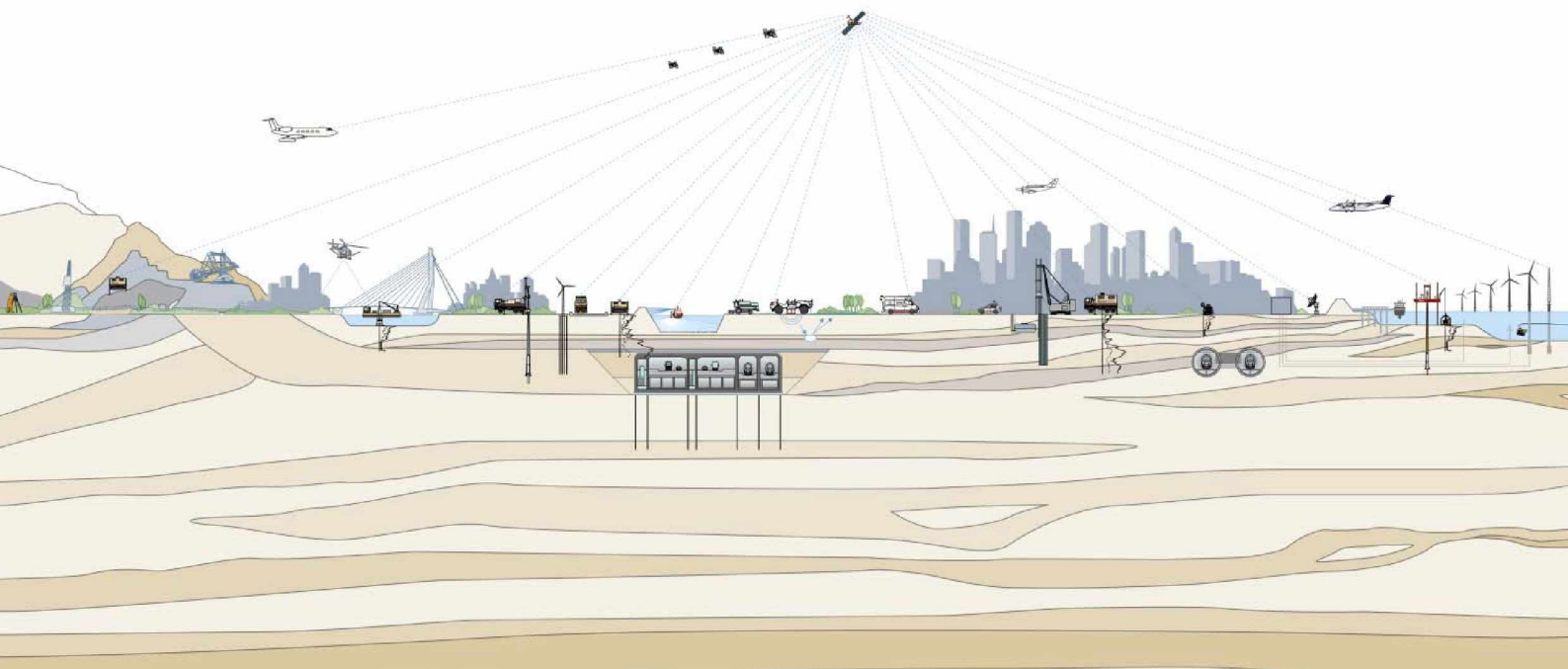
Opgemerkt wordt dat indien er toch enige opstuwing en/of verlaging van de grondwaterstand optreedt, als gevolg hiervan geen nadelige effecten worden verwacht. Gezien de huidige ontwateringscondities (ontwatering minimaal MV -1,5 m) zal een opstuwing van enkele centimeters niet leiden tot grondwateroverlast. Een verlaging van enkele centimeters zal niet leiden tot droogstand van funderingshout.

RAPPORTAGE

GEOTECHNISCH VELDWERK
betreffende

WILLEMSPARKWEG 220 TE AMSTERDAM

Opdrachtnummer: 1016-0552-000



RAPPORTAGE
GEOTECHNISCH VELDWERK
betreffende
WILLEMSPARKWEG 220 TE AMSTERDAM

Opdrachtnummer: 1016-0552-000

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	24 augustus 2016		FCS

FILE: 1016-0552-000_21.KRV01.doc

RAPPORTAGE GEOTECHNISCH VELDWERK

Project	Willemsparkweg 220 te Amsterdam	Opdrachtnummer	1016-0552-000
Opdrachtgever	HouseCheck Max Euweplein 30 A 1017 MB Amserdam	Datum rapportage	24 augustus 2016
		Uitvoeringsperiode	10 augustus 2016
Opgesteld door	G. Hofstede		
Gecontroleerd door	[REDACTED]		
Projectleider	ir. [REDACTED]		
Documentnaam	1016-0552-000_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
- Sonderingen
- Veldboorstaten
- Continu Elektrisch Sonderen
- Legenda Terreinproeven en Grondsoorten

1. GEOTECHNISCH VELDWERK

Het geotechnisch veldwerk voor dit project heeft bestaan uit:

- 3 sonderingen met meting van de plaatselijke wrijvingsweerstand;
- 1 handboring, inclusief het plaatsen van een peilbuis.

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.

Tijdens de uitvoering van het onderzoek is een nabijgelegen put ingemeten. De locatie met betreffende NAP-hoogte is aangegeven op de situatietekening.

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".

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

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

4. BOREN

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

De werkzaamheden zijn uitgevoerd conform de NEN-EN-ISO 22475-1. De classificatie van de grond is uitgevoerd conform NEN 5104.

De in het boorgat geïnstalleerde peilbuis is geplaatst conform NEN-EN-ISO 22475-1. De filterdiepte, omstorting en afdichting zijn aangegeven op de betreffende boorstaat. De boring met peilbuis is met bijbehorend symbool aangegeven op de situatietekening.

5. (GROND)WATERSTAND

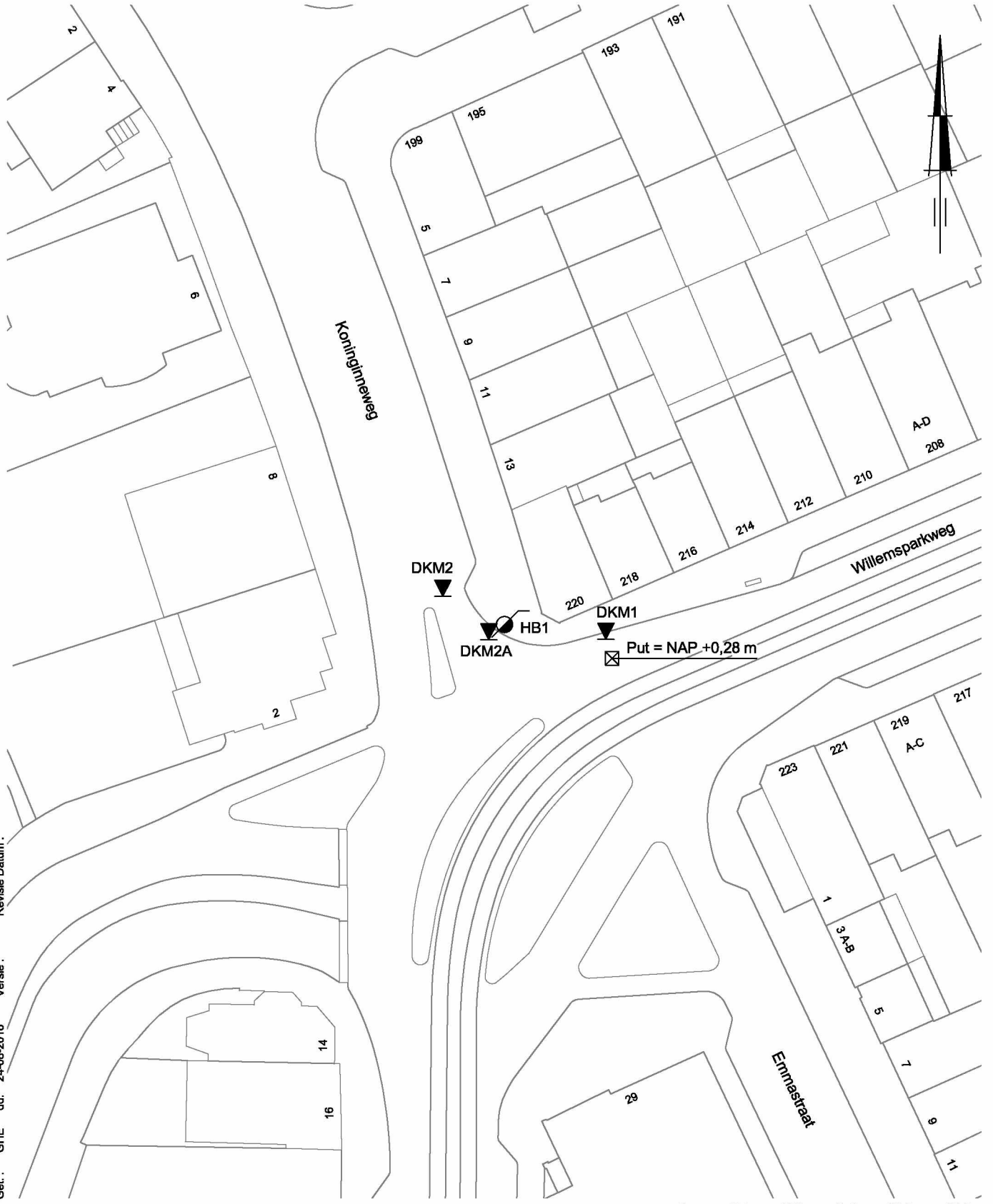
Tijdens de uitvoering van het grondonderzoek is de grondwaterstand in de peilbuis aangetroffen op 2,7 m beneden maaiveld, hetgeen overeenkomt met circa NAP -2,4 m. Deze grondwaterstand is een eenmalige opname en bedoeld als een oriënterend gegeven. De grondwaterstand kan in de tijd fluctueren onder invloed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

\\fsgbv-fs01.fugro.nl.local\FGSBV-data\Projecten\10\1016-0552-000\21_Uitvoering_terreinonderzoek\1016-0552-000.dwg

Get.: GHE dd: 24-08-2016 Versie: Revisie Datum:

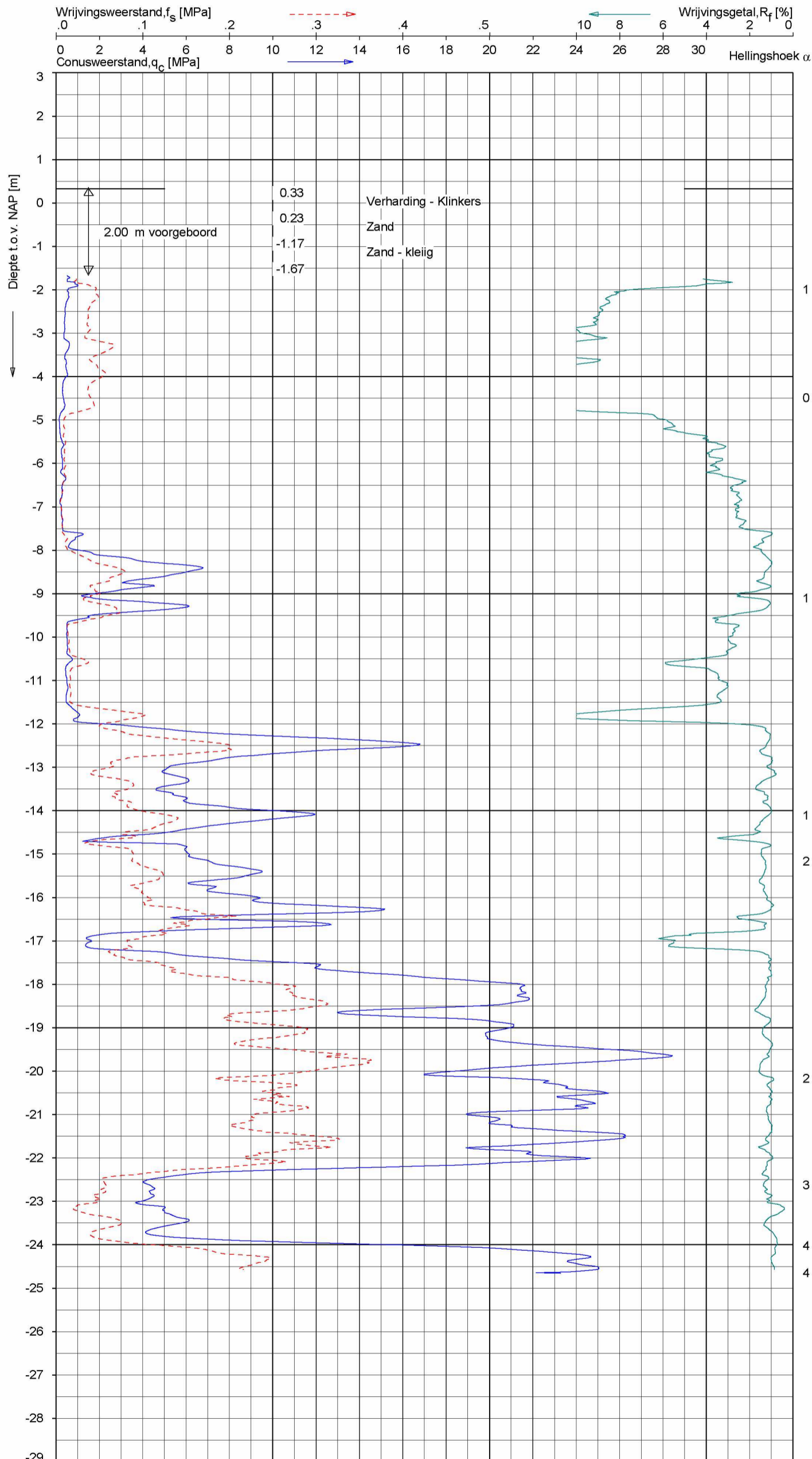


SITUATIE

WILLEMSPARKWEG 220 TE AMSTERDAM

Opdr.: 1016-0552-000

Bijl.: 1



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

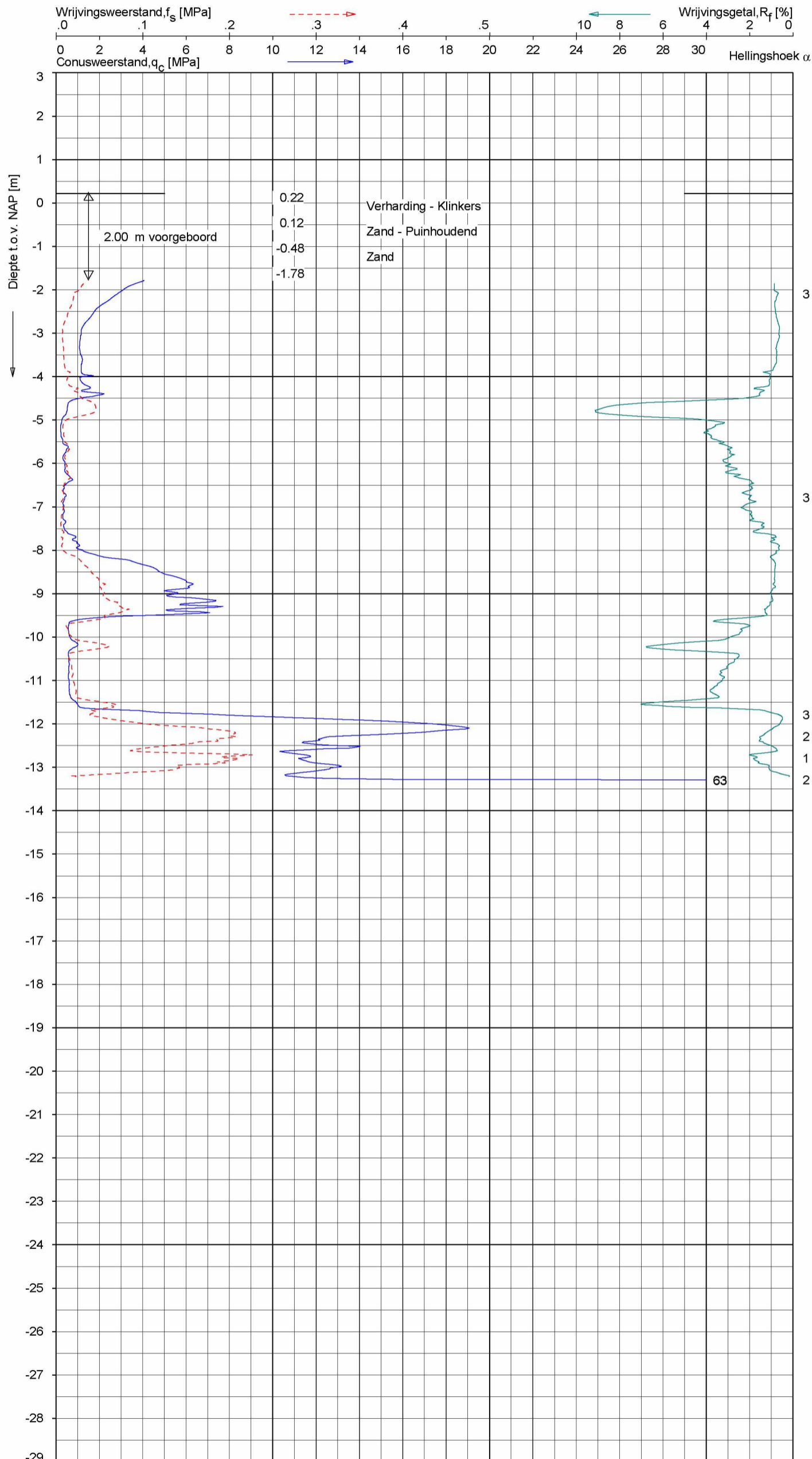


Opg.: DRD/JBL d.d. 10-aug-2016 Coord.: X=119636.5m Y= 485403.1m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: NIKKELSU d.d. 15-aug-2016 MV = NAP +0.33m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2624 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510mm²; A_s = 19895mm²

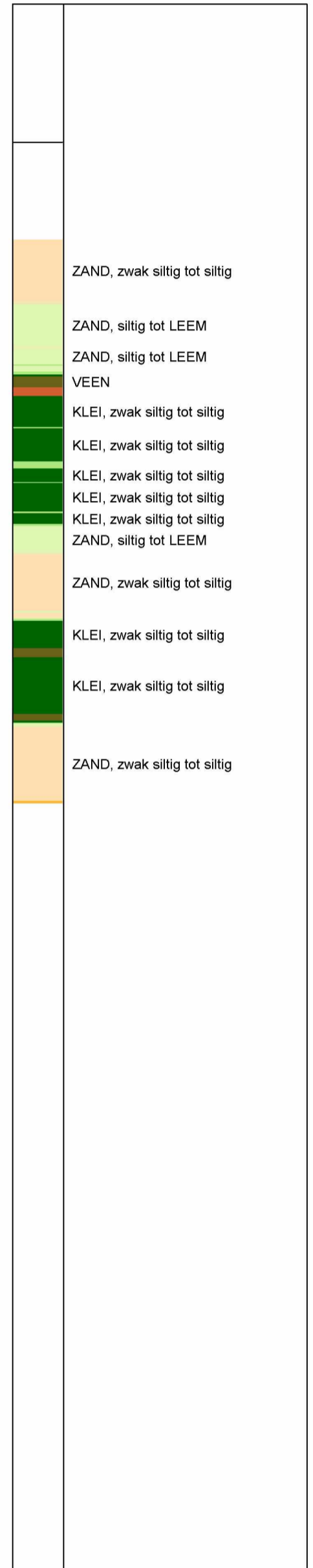
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

WILLEMSPARKWEG 220 TE AMSTERDAM

Opdr. 1016-0552-000
 Sond. DKM1



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

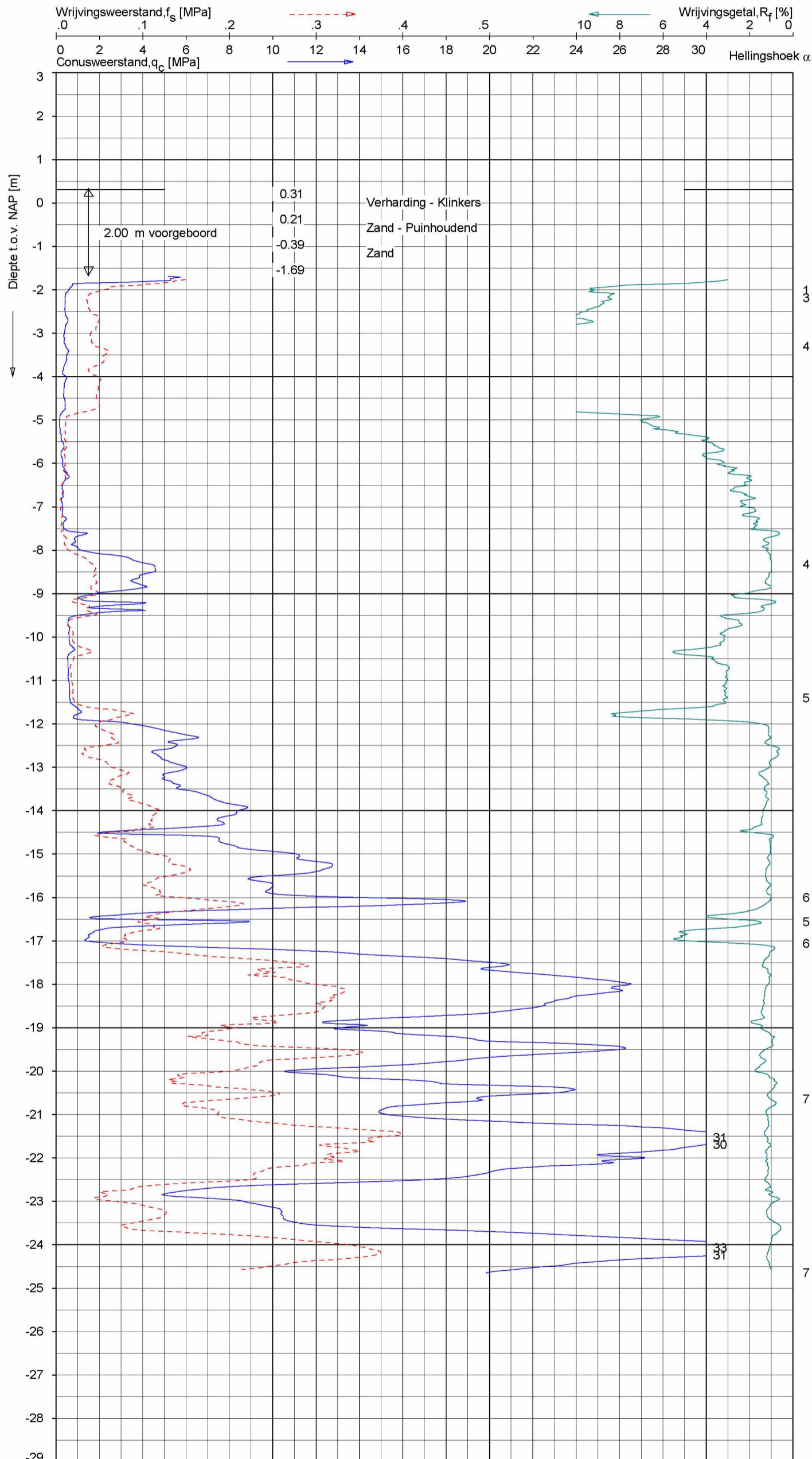


Opg.: DRD/JBL d.d. 10-aug-2016 Coord.: X=119621.4m Y= 485407.1 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: NIKKELSU d.d. 15-aug-2016 MV = NAP +0.22 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2624 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510mm²; A_s = 19895mm²

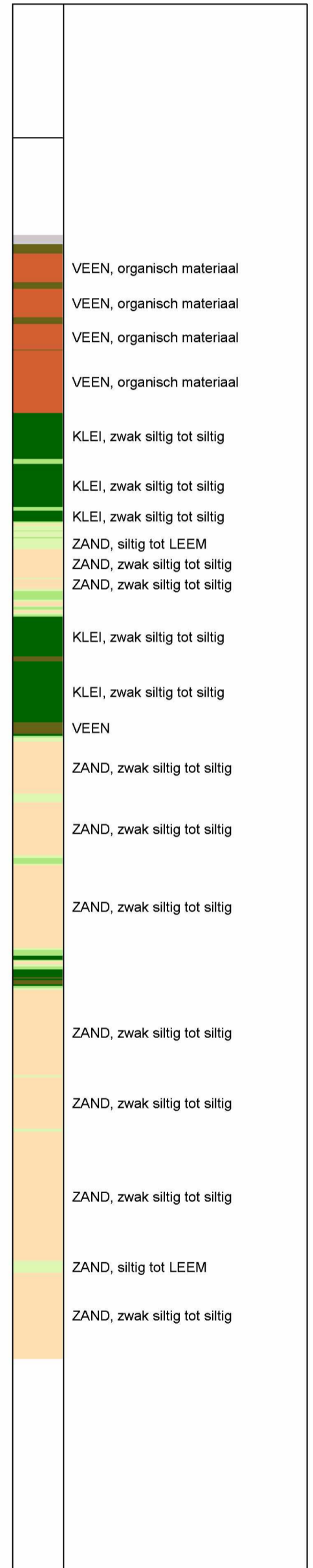
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

WILLEMSPARKWEG 220 TE AMSTERDAM

Opdr. 1016-0552-000
 Sond. DKM2



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



Opg.: DRD/JBL d.d. 10-aug-2016 Coord.: X=119625.6m Y= 485403.1m Systeem: RD
 Get.: NIKKELSU d.d. 15-aug-2016 MV = NAP +0.31 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2624
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

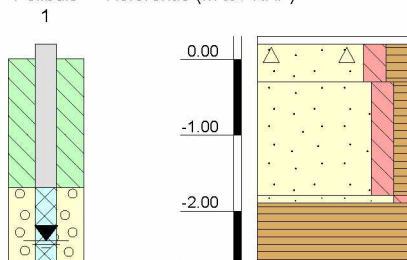
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

WILLEMSPARKWEG 220 TE AMSTERDAM

Opdr. 1016-0552-000
 Sond. DKM2A

Boring: HB1

Peilbuis 1 Referentie (m tov NAP)



Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104

0.31 tot 0.21	Verharding, tegel
0.21 tot -0.29	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, resten puin grijs-bruin
-0.29 tot -1.79	Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus grijs
-1.79 tot -1.89	Zand, matig fijn, zwak siltig grijs
-1.89 tot -2.69	Veen, mineraalarm, stevig bruin

Algemene opmerking:

X: 119625.6

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 0.31

bk PB1 (m tov NAP): 0.21

Boorloeistof:

WS PB1 (m tov NAP): -2.39

Datum uitvoering: 15-05-2016

Y: 485403.1

GHG (m tov NAP):

bk PB2 (m tov NAP):

WS PB2 (m tov NAP):

Boormeester: ahd

Coördinatenstelsel: RD

GLG (m tov NAP):

bk PB3 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

Geclassificeerd door:

bk PB4 (m tov NAP):

WS PB4 (m tov NAP):

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

Willemsparkweg 220 te Amsterdam

1016-0552-000

Meettechniek

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

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

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

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

Afwijking van de conus met de verticaal worden continu geregistreerd, waarmee bij de uitwerking de diepte wordt gecorrigeerd en zo een onjuiste 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.

CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

Presentatie sondeergegevens

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

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

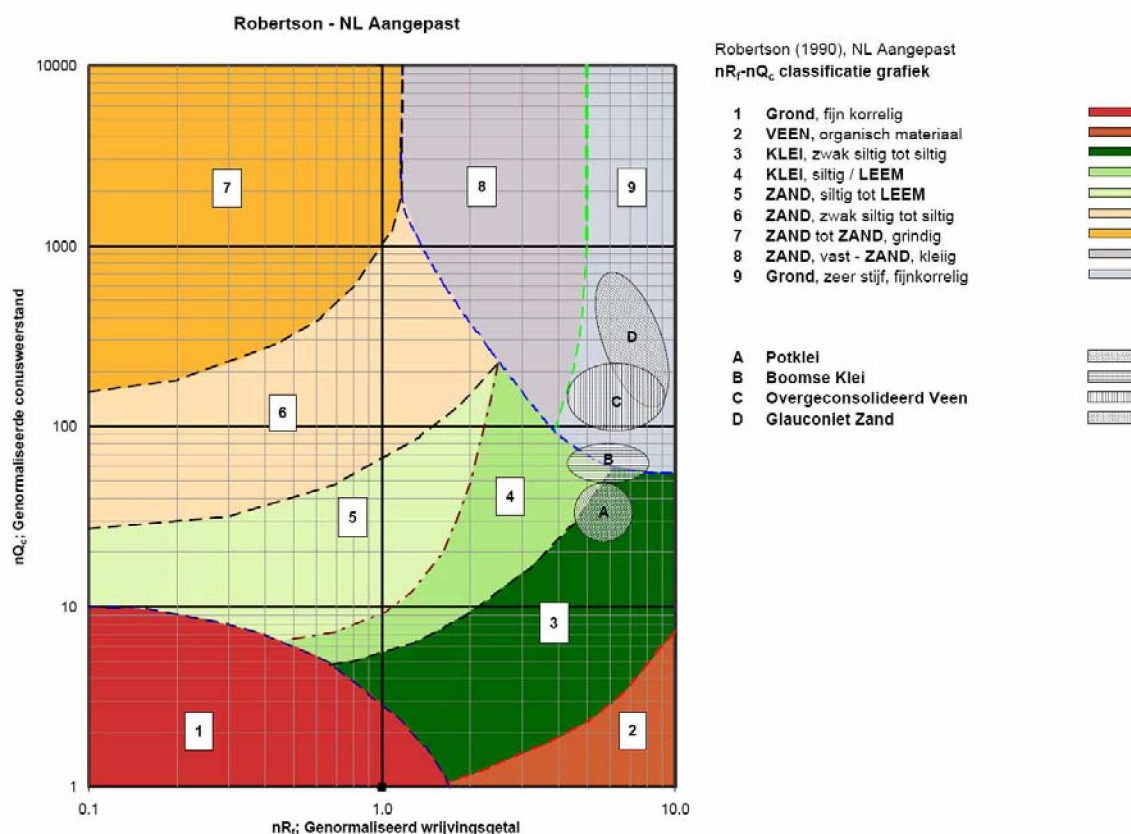
Genormaliseerde conusweerstand:
$$nQ_c = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$

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

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

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

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



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

² Robertson, P.K. [1990] "Soil Classification using the cone penetration test". Canadian Geotechnical Journal, 27(1), 151-8²

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.

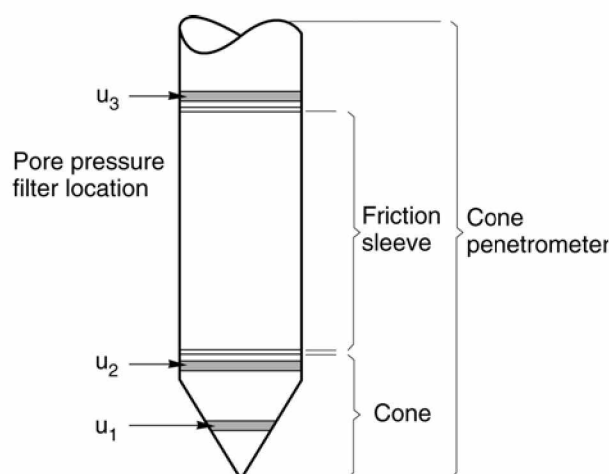
Andere conustypen

Naast de meting van conusweerstand en plaatselijke wrijving is het mogelijk extra (combinaties van) metingen uit te voeren. In onderstaand schema zijn enkele mogelijkheden aangegeven. Indien gewenst kan nadere informatie over metingen en toepassingsmogelijkheden worden verschaft.

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

Waterspanningssonderingen

Naast registratie van conusweerstand en plaatselijke wrijvingsweerstand wordt bij een groot deel van de sonderingen waterspanning geregistreerd. Een waterspanningsconus (*piëzo-conus*) 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 (zie figuur 1). Positie u_3 wordt zelden toegepast. Slechts een kleine hoeveelheid water ($0,2 \text{ mm}^3$) is nodig om een nauwkeurige waterdruk te meten. Het meetbereik kan worden gekozen afhankelijk van de te verwachten wateroverspanning. In stijve kleien kan deze oplopen tot meer dan 3 MPa.



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:

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

waarin:

- β = factor voor de verschillende grondsoorten voor omrekening van u_1 naar u_2 ; standaard wordt hiervoor aangehouden 0,8, zijnde normaal geconsolideerde kleien (zie hierna volgende tabel);
- q_{net} = $q_t - \sigma_{v0}$ = netto conusweerstand;
- q_t = $q_c + (1-a) \cdot \{\beta \cdot (u_1 - u_0) + u_0\}$ voor een filter in de conuspunt;
- q_t = $q_c + (1-a) \cdot u_2$ 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 dilatant 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 wateroverspanning tenminste met 50 % is afgenomen. In de praktijk komt dat in zand overeen met circa 1/2 uur à 3/4 uur. Uit berekeningen en kwalitatieve vergelijking van de metingen wordt inzicht verkregen in het consolidatiegedrag van de grond. Voor het vaststellen van de heersende hydrostatische waterspanning in kleilagen is de dissipatietest in de meeste gevallen weinig geschikt, vanwege de benodigde lange aanpassingstijd en de onnauwkeurigheid.

Klassenindeling EN-ISO 22476-1

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

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

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

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 $5 \text{ MPa} \leq q_c < 10 \text{ MPa}$) C Gemengde bodemprofielen met stijve kleien (conusweerstand $1,5 \text{ MPa} \leq q_c < 3 \text{ MPa}$) en zeer dichte zanden ($q_c > 20 \text{ MPa}$) D Zeer stijve tot harde kleien ($q_c \geq 3 \text{ MPa}$) en zeer vaste grove gronden ($q_c \geq 20 \text{ MPa}$) ^c G vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een laag niveau van onzekerheid G* indicatieve vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een hoog niveau van onzekerheid H interpretatie met betrekking tot ontwerp met een laag niveau van onzekerheid H* interpretatie met betrekking tot ontwerp met een hoog niveau van onzekerheid ^d Waterspanning kan alleen worden gemeten als TE2 wordt toegepast.						

Voor projecten, waarbij parameters op basis van Tabel 2.b NEN 9997-1 worden afgeleid, is een hoge nauwkeurigheidsklasse gewenst. Het is echter in een bodemgesteldheid met zowel zeer slappe grondlagen als zeer vaste zandlagen met hoge conusweerstand onmogelijk om aan de eisen van toepassing klasse 1 voldoen zoals ook blijkt uit de bovenstaande tabel. Het bij Fugro gehanteerde 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 voor het overgrote deel (>95%) in toepassingsklasse 2 vallen. 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. Toepassingklasse 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

Legenda / Terminologie

- | | |
|-----------------------|-----------------------------|
| Grind | Klei |
| Grind, siltig | Klei, zwak siltig |
| Grind, zwak zandig | Klei, matig siltig |
| Grind, matig zandig | Klei, sterk siltig |
| Grind, sterk zandig | Klei, uiterst siltig |
| Grind, uiterst zandig | Klei, zwak zandig |
| Zand | Klei, matig zandig |
| Zand, kleilig | Klei, sterk zandig |
| Zand, zwak siltig | Leem |
| Zand, matig siltig | Leem, zwak zandig |
| Zand, sterk siltig | Leem, sterk zandig |
| Zand, uiterst siltig | Overige toevoegingen |
| Veen | Zwak humeus |
| Veen, mineraalarm | Matig humeus |
| Veen, zwak kleilig | Sterk humeus |
| Veen, sterk kleilig | Zwak grindig |
| Veen, zwak zandig | Matig grindig |
| Veen, sterk zandig | Sterk grindig |
| | Puin |

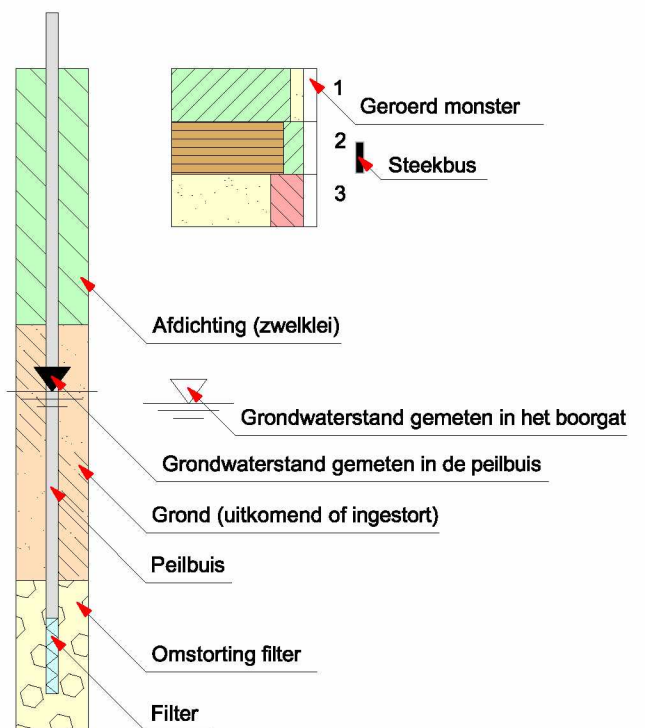
Sonderingen

- 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

Peilbuis



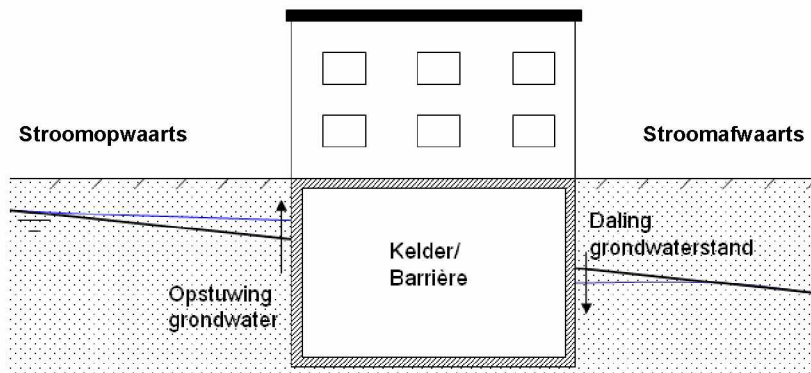
THEORETISCHE ONDERBOUWING BARRIÈREWERKING

Deze bijlage geeft een uitleg van het begrip barrièrewerking en van de omstandigheden die nodig zijn om barrièrewerking te laten optreden.

Definitie barrièrewerking

Barrièrewerking is het fenomeen waarbij de grondwaterstand (of stijghoogte) wordt beïnvloed door een ondergrondse waterdichte of slecht doorlatende constructie. Bij een ondergrondse constructie kan gedacht worden aan een kelder of een damwand.

Grondwater stroomt. Dit kan zijn op lokale schaal, waarbij regenwater in de grond zakt en afstroomt richting de omliggende watergangen, of op grotere schaal, waarbij regenwater na infiltratie in diepere grondlagen tientallen kilometers stroomt richting de zee. Door het plaatsen van een waterdichte ondergrondse constructie kan die stroming in een bepaalde zone worden gehinderd. Het hinderen van de grondwaterstroming leidt tot hogere grondwaterstanden aan de bovenstroomse zijde (linkerzijde figuur 1) en lagere grondwaterstanden aan de benedenstroomse zijde (rechterzijde figuur 1).



Figuur 1: Principe barrièrewerking

De mate waarin barrièrewerking optreedt, is afhankelijk van een viertal factoren:

1. De omvang van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de stromingsrichting van het grondwater;
2. De diepte van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de bodemgesteldheid en de mate waarin de ondergrondse bouwdelen watervoerende lagen doorsnijden;
3. De bodemgesteldheid (de verticale doorlatendheid) van de lagen onder de barrière;
4. De mate van de horizontale grondwaterstroming.

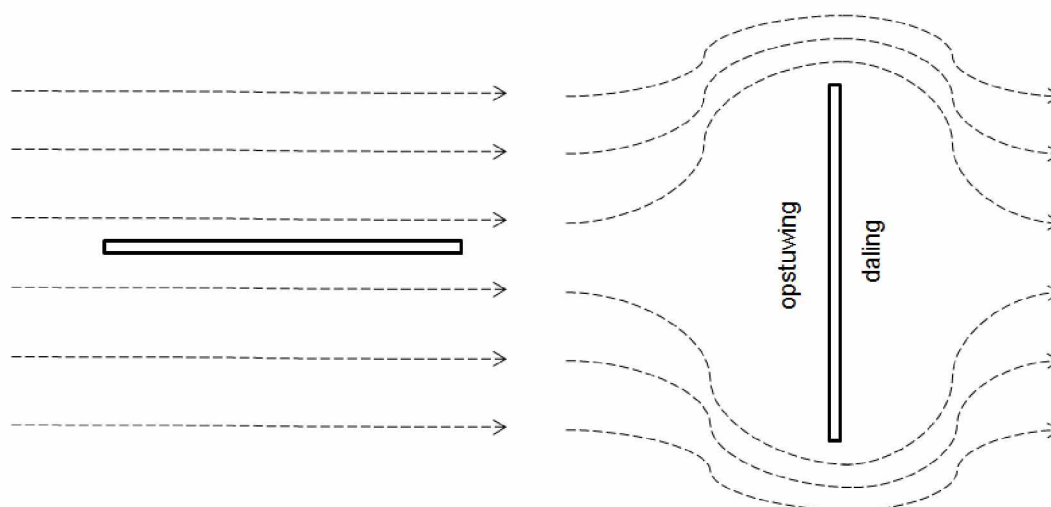
Pas wanneer alle vier de factoren ongunstig zijn, zal significante opstuwung en daling van de grondwaterstand optreden in de omgeving van de ondergrondse constructie. De vier factoren worden kort toegelicht.

1. Omvang en oriëntatie barrière

De grootte van de constructie (grondoppervlak) bepaalt de mate waarin het grondwater wordt gehinderd.

Kleine kelders (bijvoorbeeld onder een normale rijtjeswoning van ca. 5 x 10 m) hebben op zichzelf geen significante invloed op de grondwaterstroming. Het water kan namelijk makkelijk om de barrière heen stromen. Grote kelders, of dicht naast elkaar gelegen kleine kelders, kunnen wel barrièrewerking tot gevolg hebben.

Naast de omvang van de kelder is ook de oriëntatie van de kelder in relatie tot de stromingsrichting van het grondwater van belang (zie figuur 2). Lange en smalle kelders of tunnels die parallel aan de grondwaterstromingsrichting liggen hebben slechts een beperkte invloed. De rede is dat het grondwater niet om de constructie heen hoeft te stromen, maar langs de constructie zijn weg kan vervolgen en zodoende minimaal gehinderd wordt. Bij constructies die grotere afmetingen hebben dwars op de stromingsrichting, moet het grondwater een veel langere weg afleggen na het plaatsen van de barrière, waardoor opstuwing en daling van de grondwaterstand kan optreden.

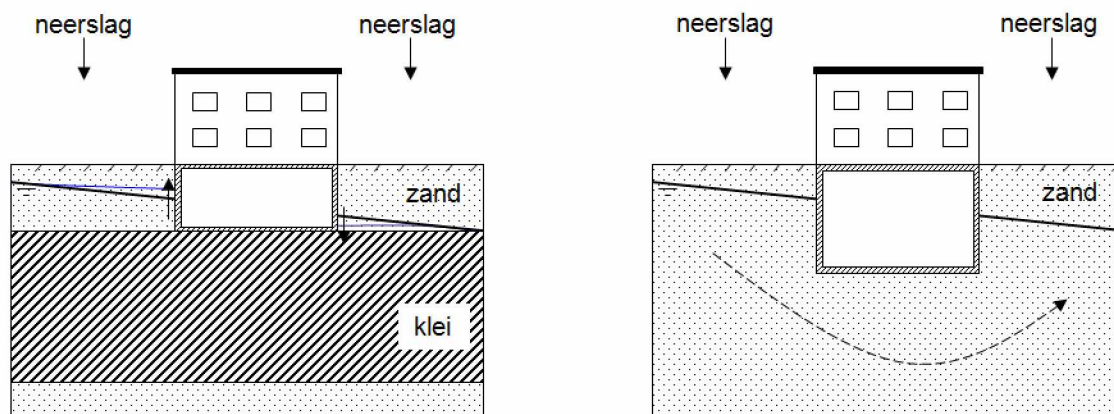


Figuur 2: Bovenaanzicht barrière; De oriëntatie van de barrière ten opzichte van de grondwaterstromingsrichting bepaalt de hinder, en daarmee de opstuwing, van het grondwater.

2. Diepte barrière

De hinder van de barrière is gerelateerd aan de diepte van de kelder in combinatie met de lokale bodemopbouw. Uit door Fugro gemaakte berekeningen volgt, dat een ondergrondse constructie de grondwaterstroming pas echt hindert, wanneer een groot deel (ongeveer 70%) van een watervoerende zandlaag wordt afgesloten.

Figuur 3 geeft hiervoor 2 voorbeelden. Aan de linkerkant sluit een 1-laags kelder een zandlaag volledig af, waardoor het grondwater niet meer onder de kelder door kan stromen. De rechterzijde toont een diepere 3-laags kelder, welke slechts een deel van de zandlaag afsluit. In de laatste situatie kan het grondwater via een relatief korte omweg onder de kelder doorstromen en ontstaat geen overlast.

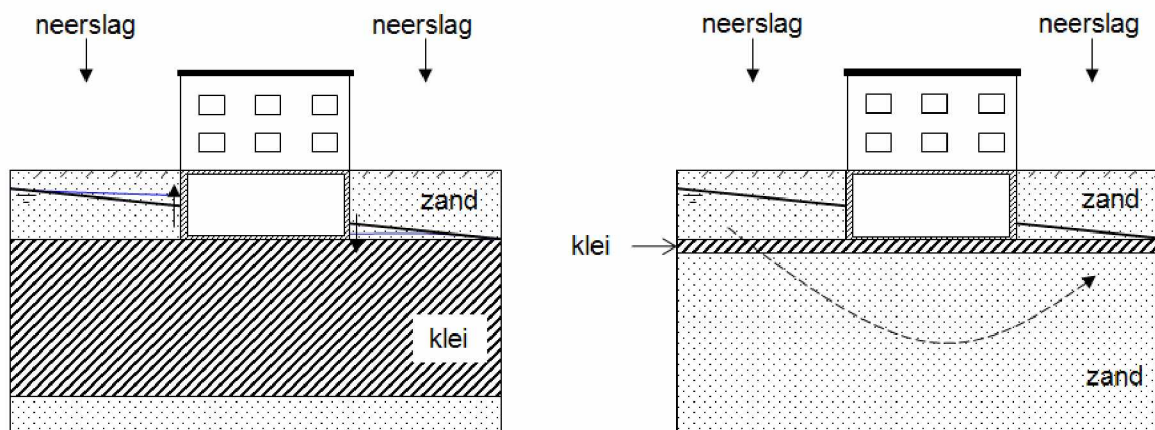


Figuur 3: Merkbare opstuwning kan pas optreden wanneer een kelder ongeveer 70% van een watervoerende zandlaag afsluit.

3. Dikte van ondiepe klei-/veenlagen

Wanneer een kelder een groot deel van een watervoerende zandlaag afsluit, is de mate van barrièrewerking gerelateerd aan de dikte (weerstand) van de onderliggende waterremmende bodemlagen.

Klei- en veenlagen belemmeren verticale stroming, waardoor grondwater moeilijker onder de constructie door kan stromen. Dikkere klei-/veenlagen (met een hogere weerstand) zorgen voor een grotere belemmering van de verticale stroming en daarmee voor meer risico op barrièrewerking (zie figuur 4).

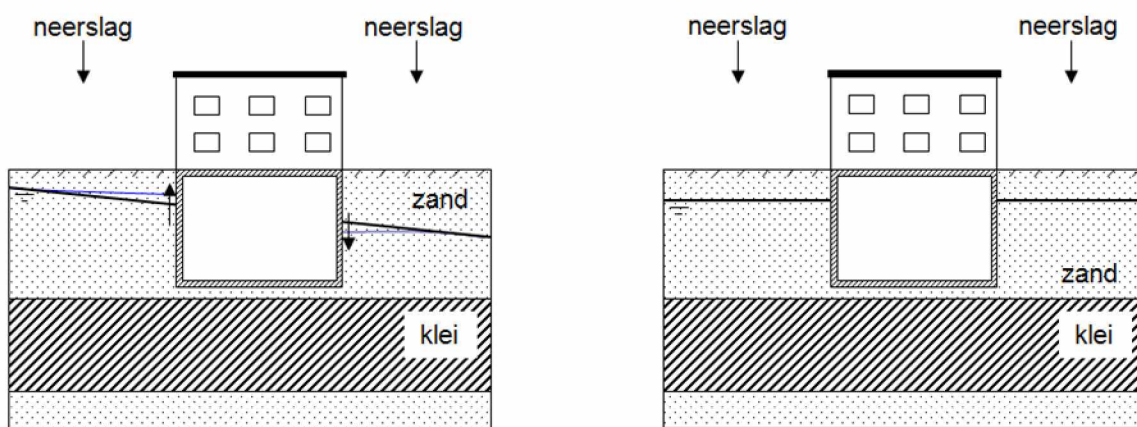


Figuur 4: De mate van barrière werking is afhankelijk van de dikte van onderliggende klei-/veenlagen

4. Grondwaterstroming

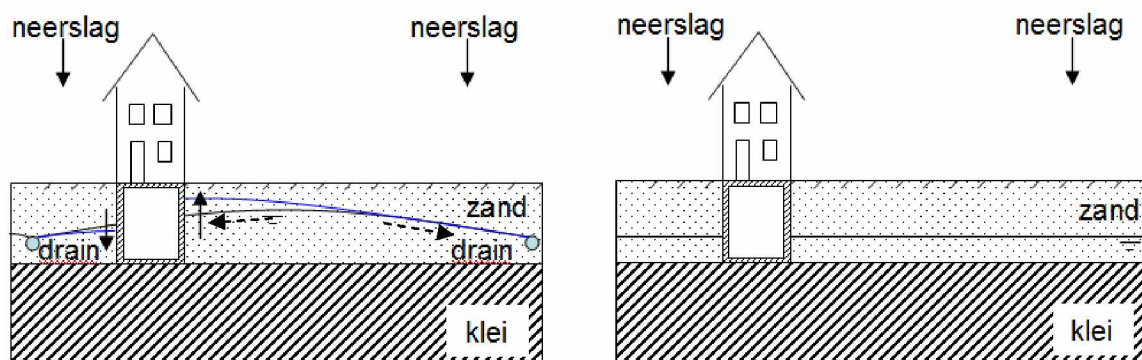
Barrièrewerking is het hinderen van de natuurlijke grondwaterstroming. Een sterkere horizontale grondwaterstroming zorgt zodoende voor meer opstuwing en daling van de grondwaterstand.

Horizontale grondwaterstroming ontstaat door verschillen in de grondwaterstand in de omgeving van de projectlocatie. Water stroomt van een hoge grondwaterstand (of stijghoogte) naar een lagere grondwaterstand (of stijghoogte). Wanneer de grondwaterstandsverschillen in de omgeving minimaal zijn, ontstaat geen opstuwing en daling van de grondwaterstand.



Figuur 5: Opstuwing is afhankelijk van de horizontale grondwaterstroming/ grondwaterstandsverschillen.

In veel bebouwde gebieden bestaat de grondwaterstroming hoofdzakelijk uit neerslag die afstroomt richting nabij gelegen ontwateringsmiddelen (zoals drainage of watergangen). Tussen de ontwateringsmiddelen ligt de grondwaterstand hoger, dit wordt opbolling genoemd. Wanneer de opbolling significant is kan door het plaatsen van een kelder eveneens opstuwing ontstaan (figuur 6 links). Bij beperkte opbolling is de grondwaterstroming minimaal en heeft het plaatsen van een kelder weinig effect op de grondwaterstand (figuur 6 rechts).



Figuur 6: Opstuwing is afhankelijk van de grondwaterstroming/ grondwaterstandsverschillen, welke wordt beïnvloed door drainage en sloten.