



Melkveebedrijf Zant-den Hartog
t.a.v. Arjan Zant
Nieuwe Gouw 29
1028AX Amsterdam

Haalbaarheidsonderzoek

Datum: 4 november 2021
Betreft: nieuwe kelder(s) Nieuwe Gouw 29 te Amsterdam
Uw adviseur: ing. E.J. Loots (06-53392188)
Ons projectnummer: 10280221B.1
Versie: 1
Uw referentie:

Geachte heer Zant,

Bij deze stuur ik u de resultaten uit het geohydrologisch haalbaarheidsonderzoek voor kelderbouw (tot 3 m diep) op het adres Nieuwe Gouw 29 te Amsterdam.

Inhoud:

1. Situatie (analyse geohydrologische/-technische bodemeigenschappen en grondwaterstanden);
2. Berekeningsresultaten barrièrewerking kelderbak;
3. Berekeningsresultaten verticaal evenwicht polderbodem tijdens ontgraven;
4. Conclusie.

Het advies en de berekeningen zijn opgesteld conform de onderstaande wetgeving, normen, richtlijnen en protocollen:



Eurocode 7: Geotechniek
NEN 9997-1+C1:2012



Wetgeving Rijksoverheid
Waterwet



SBR190.03 Bemaling van bouwputten

SBR273.98 Leidraad voor het onderzoek naar de invloed van een grondwaterstandsaling op de bebouwing

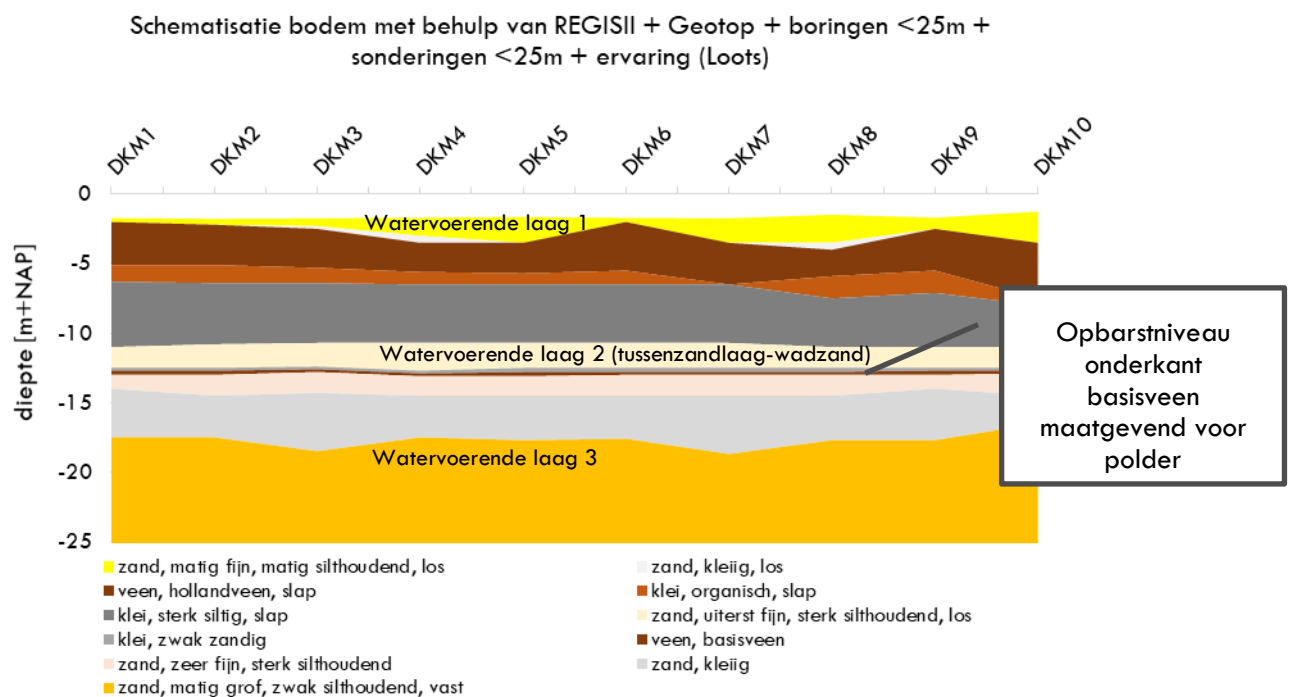
Op alle, door Loots Grondwatertechniek uitgebrachte adviezen en berekeningen, is de DNR 2011 van toepassing.

1 Situatie

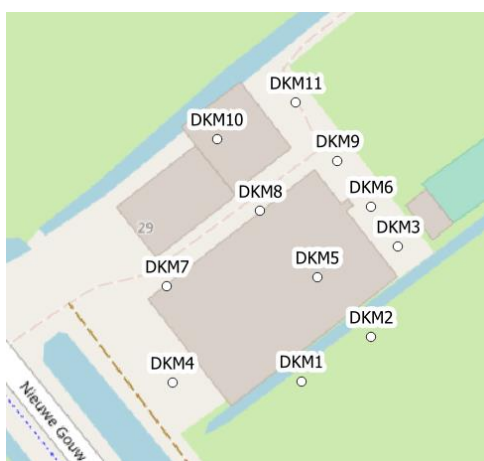
De projectlocatie is gelegen in een gebied welke (afwegingskader grondwaterneutrale kelders) aangemerkt staat als zeer hoog risico beschadiging deklaag door opbarsten.

1.1 Bodemopbouw

Bij het analyseren van de 11 sonderingen op de projectlocatie worden drie watervoerende lagen gevonden. Waarbij het opbarstniveau ter plaatse van bovenzijde watervoerende laag 3 maatgevend is wegens de slecht doorlatende eigenschappen van basisveen.



Figuur 1 - schematisatie bodem



Figuur 2 - locatie grondonderzoek

In tabellen 1 en 2 zijn de afgeleide bodemparameters weergegeven. In bijlage 1 staan de sonderingen.

Tabel 1

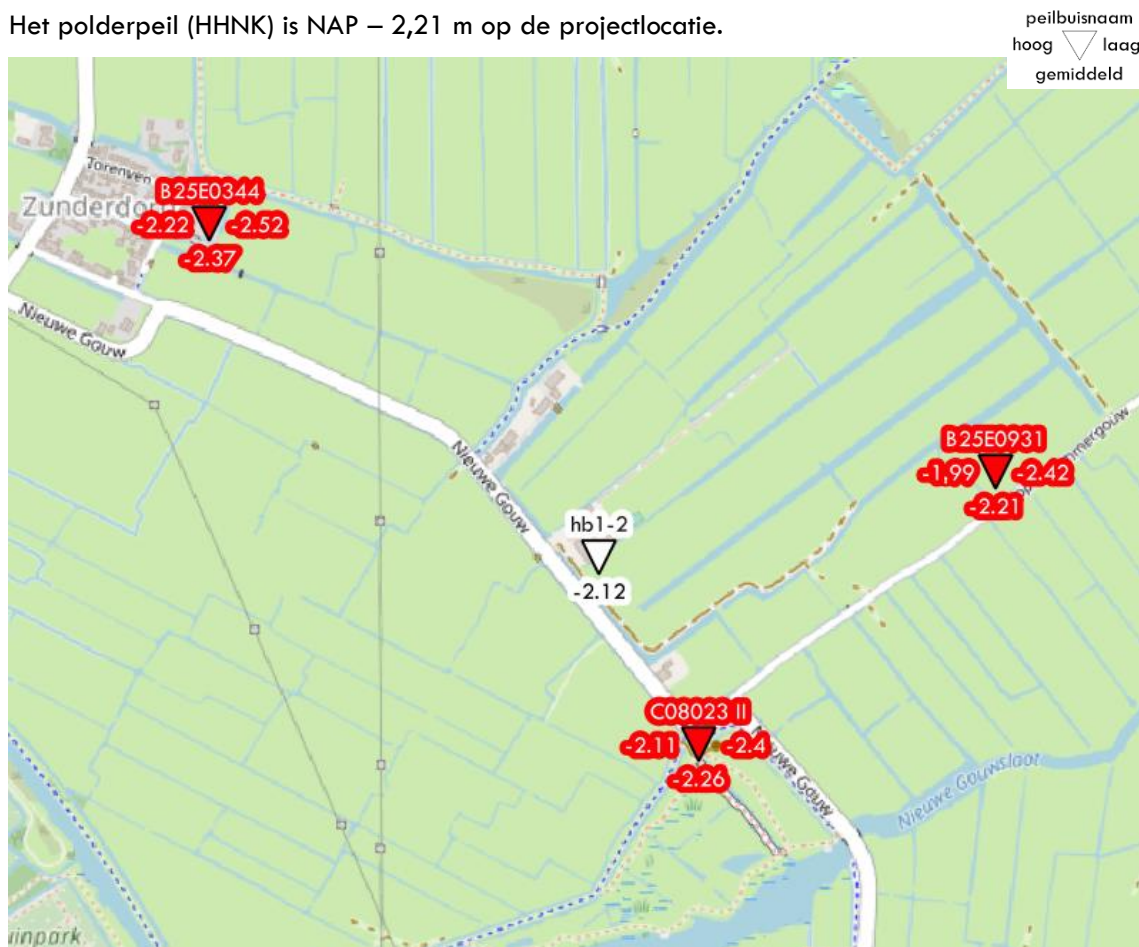
geotechnische omschrijving Amsterdam	top gemiddeld (σ) [m+NAP]	Dikte gemiddeld (σ) [m]	γ_d [kN/m ³]	γ_w [kN/m ³]
zand, matig fijn, matig silthoudend, los	-1,66 (0,16)	1,12 (0,74)	17 (0,425)	19 (0,475)
zand, kleiig, los	-2,77 (0,64)	0,11 (0,2)	17 (0,425)	19 (0,475)
veen, hollandveen, slap	-2,88 (0,72)	2,94 (0,68)	10 (0,25)	10 (0,25)
klei, organisch, slap	-5,82 (0,71)	1,02 (0,47)	13 (0,325)	13 (0,325)
klei, sterk siltig, slap	-6,84 (0,59)	4,01 (0,49)	14 (0,35)	14 (0,35)
zand, uiterst fijn, sterk silthoudend, los	-10,85 (0,15)	1,66 (0,17)	17 (0,425)	19 (0,475)
klei, zwak zandig	-12,51 (0,07)	0,24 (0,05)	18 (0,45)	18 (0,45)
veen, basisveen	-12,75 (0,08)	0,25 (0,05)	11 (0,275)	11 (0,275)
zand, zeer fijn, sterk silthoudend	-12,99 (0,08)	1,37 (0,21)	18 (0,45)	20 (0,5)
zand, kleiig	-14,36 (0,21)	3,2 (0,71)	18 (0,45)	20 (0,5)
zand, matig grof, zwak silthoudend, vast	-17,56 (0,7)	27,44 (0,7)	19 (0,475)	21 (0,525)

Tabel 2

geohydrologische omschrijving Amsterdam	top gemiddeld (σ) [m+NAP]	k_h (σ) [m/d]	k_v (σ) [m/d]	P [-]
zand, matig fijn, matig silthoudend, los	-1,66 (0,16)	5 (0,75)	3,125 (0,4688)	0,3 (0,03)
zand, kleiig, los	-2,77 (0,64)	0,1 (0,015)	0,025 (0,0038)	0,1 (0,01)
veen, hollandveen, slap	-2,88 (0,72)	0,01 (0,002)	0,0025 (0,0004)	0,3 (0,03)
klei, organisch, slap	-5,82 (0,71)	0,1 (0,015)	0,0167 (0,0025)	0,3 (0,03)
klei, sterk siltig, slap	-6,84 (0,59)	0,005 (0,001)	0,005 (0,0008)	0,33 (0,03)
zand, uiterst fijn, sterk silthoudend, los	-10,85 (0,15)	0,5 (0,075)	0,125 (0,0188)	0,12 (0,01)
klei, zwak zandig	-12,51 (0,07)	0,01 (0,002)	0,002 (0,0003)	0,33 (0,03)
veen, basisveen	-12,75 (0,08)	0 (0)	0.00001 (0)	0,1 (0,01)
zand, zeer fijn, sterk silthoudend	-12,99 (0,08)	1 (0,15)	0,2 (0,03)	0,12 (0,01)
zand, kleiig	-14,36 (0,21)	0,1 (0,015)	0,02 (0,003)	0,1 (0,01)
zand, matig grof, zwak silthoudend, vast	-17,56 (0,7)	20 (3)	7,5 (1,125)	0,3 (0,03)

1.2 Grondwaterstand per watervoerende laag

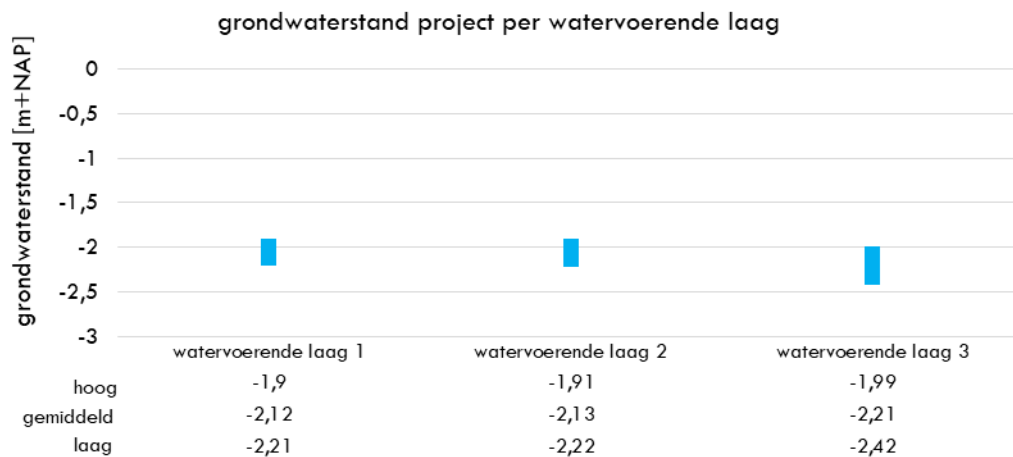
Het polderpeil (HHNK) is NAP – 2,21 m op de projectlocatie.



Figuur 3 - grondwaterstand t.o.v. NAP per geanalyseerde peilbuis (wit = freatisch/watervoerende laag 1, rood = watervoerende laag 3)

In de onderstaande grafiek is per watervoerende laag de maatgevend (hoog, gemiddeld, laag) grondwaterstand ten opzichte van NAP weergegeven. Onder elke kolom in de grafiek is het onderdeel en de maatgevende waarde in tabelvorm weergegeven. In bijlage 1 staat de analyse van peilbuismeetreeksen.

Grafiek 1



2 Berekeningsresultaten barrièrewerking

Uit het grondonderzoek afgeleide parameters (tabel 2) en grondwaterstanden (grafiek 1) blijkt een watervoerende laag 1 (freatisch) van circa NAP – 2,12 m tot NAP – 2,77 m (0,65 m dik gemiddeld). De kD -waarde van deze watervoerende laag is ingeschat op $0,65 \text{ m} \times 3 \sim 7 \text{ m/dag} = 2 \text{ à } 4,5 \text{ m}^2/\text{dag}$.

Dit soort kelders wordt vrijwel altijd gebouwd zonder achterblijvende damwanden. Daarom is het omstorten van de kelder met 0,3 m grondverbetering de oplossing. Om te voorkomen dat er barrièrewerking optreedt is het voldoende om de kelder te omstorten met een grondverbetering van $4,5 \text{ m}^2/\text{dag} / 0,3 \text{ m} = 15 \text{ m/dag}$. Dat is een grondverbetering welke bestaat uit bijvoorbeeld matig grof zand.

Het voorkomen van barrièrewerking is goed mogelijk zonder dat de polderbodem lek wordt gemaakt. De onderzijde van de kelder + grondverbetering bij een 3 m diepe kelder is op NAP – 1,7 m (gemiddeld maaiveldniveau) – 3 m (hoogte kelder) – 0,3 m (grondverbetering) = NAP – 5 m. De onderzijde van de polderbodem (basisveenlaag) is op circa NAP – 13 m, dit is circa 8 m lager en betekent dat de aanleg van de kelder geen kortsluiting (vergraven polderbodem) zal veroorzaken.

3 Verticaal evenwicht bouwphase

Tijdens de bouwphase verandert het evenwicht van de polderbodem. Doordat grond ontgraven wordt neemt het gewicht van de polderbodem af, dit terwijl de waterdruk (zonder maatregelen) onder de polderbodem gelijk blijft. In dit hoofdstuk is gekeken (conform Eurocode 7 geotechniek) of er sprake is van een veilige situatie tijdens de bouwphase en welke maatregelen noodzakelijk zijn.

Watervoerende laag 2

In deze tussenzandlaag (wadzand) is een ontlastbemaling noodzakelijk ter voorkoming van opbarsten vanaf deze laag, verlagen van de grondwaterstand naar NAP – 4 m gewenst. Een laag debiet uit de ontlastbemaling ($0,1 \sim 0,5 \text{ m}^3/\text{uur}$) is van toepassing omdat deze tussenzandlaag veel bijmenging met klei heeft (lage doorlatendheid) en dun is. Gezien de locatie (vrijwel geen derden in invloedssfeer) is de haalbaarheid van een ontlastbemaling zonder negatieve effecten zeer groot.

Watervoerende laag 3

Dit opbarstniveau is zeer belangrijk voor het functioneren van de polder. Wanneer opbarsten optreedt vanaf dit niveau zal het waterbezwaar uit de polder toenemen (ook eerder verzilting in de toekomst). Opbarsten moet dus voorkomen worden door toepassen berekening verticaal evenwichtsberekening (met partiële materiaalfactor 0,9).

In tabel 3 is per sondering en per ontgravingsniveau ($2,5^1 \text{ m}$ en 3^2 m diep) weergegeven of er maatregelen noodzakelijk zijn (meest rechter kolom conclusie). De veiligheidsfactor is inclusief partiële materiaalfactor.

In tabel 4 is de veiligheidsfactor weergegeven na grondverbetering van zand.

In bijlage 2 zijn verticaal evenwichtsberekeningen bijgevoegd.

¹ $2,5 \text{ m} + 0,3 \text{ m}$ grondverbetering in stroken van 2 m breed, onderzijde grondverbetering is dus $2,8 \text{ m}$ – maaiveld

² $3 \text{ m} + 0,3 \text{ m}$ grondverbetering in stroken van 2 m breed, onderzijde grondverbetering is dus $3,3 \text{ m}$ – maaiveld

Tabel 3 – veiligheid tijdens grondverbetering

verticaal evenwicht per onderdeel watervoerende laag 3	opbarst-niveau (ON) [m+NAP]	materiaal-factor	kritieke grond-water-stand [m+NAP]	gronddruk ON (inclusief materiaal-factor) [kN/m ²]	waterdruk (hoog) ON [kN/m ²]	waterdruk (hoog) ON [kN/m ²]	Veiligheids-factor GWS hoog	Veiligheids-factor GWS AVG	conclusie
kelder 3 m diep - DKM1	-13	0,9	-1,96	108,29	110,11	107,94	0,98	1,00	spanning stand-by
kelder 3 m diep - DKM2	-13	0,9	-1,87	109,11	110,11	107,94	0,99	1,01	spanning stand-by
kelder 3 m diep - DKM3	-12,8	0,9	-1,96	106,30	108,11	105,94	0,98	1,00	spanning stand-by
kelder 3 m diep - DKM4	-13,1	0,9	-1,82	110,57	111,11	108,94	1,00	1,01	geen
kelder 3 m diep - DKM5	-13,1	0,9	-1,93	109,50	111,11	108,94	0,99	1,01	spanning stand-by
kelder 3 m diep - DKM6	-13	0,9	-1,88	109,01	110,11	107,94	0,99	1,01	spanning stand-by
kelder 3 m diep - DKM7	-13	0,9	-2,16	106,33	110,11	107,94	0,97	0,99	spanning stand-by
kelder 3 m diep - DKM8	-13	0,9	-2,22	105,72	110,11	107,94	0,96	0,98	spanning stand-by
kelder 3 m diep - DKM9	-13	0,9	-2,14	106,50	110,11	107,94	0,97	0,99	spanning stand-by
kelder 3 m diep - DKM10	-12,9	0,9	-2,77	99,32	109,11	106,94	0,91	0,93	spanning
kelder 3 m diep - DKM11	-13	0,9	-2,40	103,98	110,11	107,94	0,94	0,96	spanning
kelder 2,5 m diep - DKM1	-13	0,9	-1,72	110,59	110,11	107,94	1,00	1,02	geen
kelder 2,5 m diep - DKM2	-13	0,9	-1,64	111,40	110,11	107,94	1,01	1,03	geen
kelder 2,5 m diep - DKM3	-12,8	0,9	-1,72	108,61	108,11	105,94	1,00	1,03	geen
kelder 2,5 m diep - DKM4	-13,1	0,9	-1,59	112,87	111,11	108,94	1,02	1,04	geen
kelder 2,5 m diep - DKM5	-13,1	0,9	-1,70	111,79	111,11	108,94	1,01	1,03	geen
kelder 2,5 m diep - DKM6	-13	0,9	-1,65	111,31	110,11	107,94	1,01	1,03	geen
kelder 2,5 m diep - DKM7	-13	0,9	-1,92	108,63	110,11	107,94	0,99	1,01	spanning stand-by
kelder 2,5 m diep - DKM8	-13	0,9	-1,98	108,02	110,11	107,94	0,98	1,00	spanning stand-by
kelder 2,5 m diep - DKM9	-13	0,9	-1,91	108,80	110,11	107,94	0,99	1,01	spanning stand-by
kelder 2,5 m diep - DKM10	-12,9	0,9	-2,54	101,63	109,11	106,94	0,93	0,95	spanning
kelder 2,5 m diep - DKM11	-13	0,9	-2,16	106,28	110,11	107,94	0,97	0,98	spanning stand-by

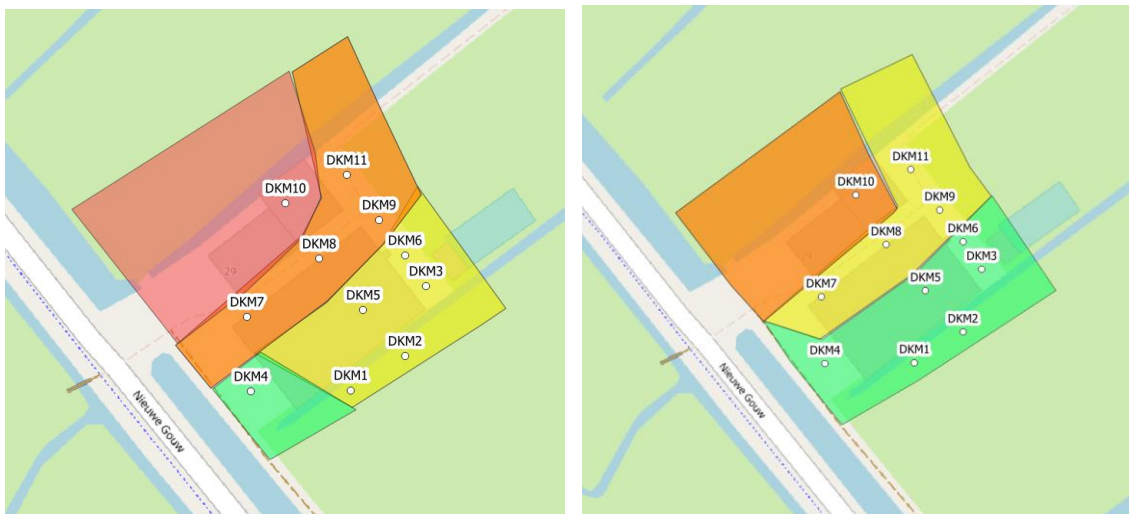
Tabel 4 – veiligheid na grondverbetering

verticaal evenwicht per onderdeel watervoerende laag 3	opbarst-niveau (ON) [m+NAP]	materiaal-factor	kritieke grond-water-stand [m+NAP]	gronddruk ON (inclusief materiaal-factor) [kN/m ²]	waterdruk (hoog) ON [kN/m ²]	waterdruk (hoog) ON [kN/m ²]	Veiligheids-factor GWS hoog	Veiligheids-factor GWS AVG	conclusie
kelder 3 m diep - DKM1	-13	0,9	-1,71	110,68	110,11	107,94	1,01	1,03	geen
kelder 3 m diep - DKM2	-13	0,9	-1,63	111,49	110,11	107,94	1,01	1,03	geen
kelder 3 m diep - DKM3	-12,8	0,9	-1,72	108,70	108,11	105,94	1,01	1,03	geen
kelder 3 m diep - DKM4	-13,1	0,9	-1,58	112,96	111,11	108,94	1,02	1,04	geen
kelder 3 m diep - DKM5	-13,1	0,9	-1,69	111,88	111,11	108,94	1,01	1,03	geen
kelder 3 m diep - DKM6	-13	0,9	-1,64	111,40	110,11	107,94	1,01	1,03	geen
kelder 3 m diep - DKM7	-13	0,9	-1,91	108,72	110,11	107,94	0,99	1,01	spanning stand-by
kelder 3 m diep - DKM8	-13	0,9	-1,98	108,11	110,11	107,94	0,98	1,00	spanning stand-by
kelder 3 m diep - DKM9	-13	0,9	-1,90	108,89	110,11	107,94	0,99	1,01	spanning stand-by
kelder 3 m diep - DKM10	-12,9	0,9	-2,53	101,71	109,11	106,94	0,93	0,95	spanning
kelder 3 m diep - DKM11	-13	0,9	-2,15	106,37	110,11	107,94	0,97	0,99	spanning stand-by
kelder 2,5 m diep - DKM1	-13	0,9	-1,25	115,18	110,11	107,94	1,05	1,07	geen
kelder 2,5 m diep - DKM2	-13	0,9	-1,17	115,99	110,11	107,94	1,05	1,07	geen

verticaal evenwicht per onderdeel watervoerende laag 3	opbarst-niveau (ON) [m+NAP]	material-factor	kritieke grondwaterstand [m+NAP]	gronddruk ON (inclusief materiaal-factor) [kN/m ²]	waterdruk (hoog) ON [kN/m ²]	waterdruk (hoog) ON [kN/m ²]	Veiligheids-factor GWS hoog	Veiligheids-factor GWS AVG	conclusie
kelder 2,5 m diep - DKM3	-12,8	0,9	-1,26	113,20	108,11	105,94	1,05	1,07	geen
kelder 2,5 m diep - DKM4	-13,1	0,9	-1,12	117,46	111,11	108,94	1,06	1,08	geen
kelder 2,5 m diep - DKM5	-13,1	0,9	-1,23	116,39	111,11	108,94	1,05	1,07	geen
kelder 2,5 m diep - DKM6	-13	0,9	-1,18	115,90	110,11	107,94	1,05	1,07	geen
kelder 2,5 m diep - DKM7	-13	0,9	-1,45	113,23	110,11	107,94	1,03	1,05	geen
kelder 2,5 m diep - DKM8	-13	0,9	-1,52	112,62	110,11	107,94	1,02	1,04	geen
kelder 2,5 m diep - DKM9	-13	0,9	-1,44	113,39	110,11	107,94	1,03	1,05	geen
kelder 2,5 m diep - DKM10	-12,9	0,9	-2,34	103,52	109,11	106,94	0,97	0,99	spanning stand-by
kelder 2,5 m diep - DKM11	-13	0,9	-1,97	108,17	110,11	107,94	1,01	1,03	geen

Wanneer de verticaal evenwichtsberekeningen visueel weergegeven worden dan gelden de onderstaande figuur 4, waarbij:

- Rood = altijd maatregelen noodzakelijk (= kleine³ spanningsbemaling);
- Oranje = alleen bij hoge stijghoogte aanvullende maatregelen noodzakelijk. Dat is een kleine spanningsbemaling
- Geel = alleen bij hoge stijghoogte tijdens grondverbetering aanvullende maatregelen noodzakelijk. Dat kan zijn kleine spanningsbemaling OF het uitvoeren van een (zwaardere) grondverbetering vanaf hoger niveau⁴.
- Groen = geen maatregelen noodzakelijk.



Figuur 4 - links resultaten bij kelder 3 m diep en rechts resultaten bij kelder 2,5 m diep

³ Verlaging voor/na grondverbetering is tot NAP – 2,77m / NAP – 2,53 m (maximaal 0,35 m / 0,11 m beneden de natuurlijk lage grondwaterstand) waardoor effecten door spanningsbemaling op omgeving niet aan de orde zijn, debiet spanningsbemaling < 35 m³/uur verwacht. Het zoet-brak grensvlak is op NAP – 60 m, dat betekent dat het grondwater uit de kleine spanningsbemaling niet brak of zout zal zijn.

⁴ Bijvoorbeeld ontgravingsniveau is 3 m, er wordt vanaf ontgravingsniveau 2,5 m-maaiveld in stroken gegraven naar 3,3 m diepte en vervolgens wordt een zwaar materiaal (17 kN/m³) goed doorlatend materiaal aangebracht. Wanneer grondverbetering van links naar rechts (of voor naar achter) in de bouwput uitgevoerd wordt en direct (binnen kwartier) na ontgraven de grondverbetering wordt aangebracht.

4 Conclusie

Er zijn feitelijk drie geohydrologische criteria wat betreft haalbaarheid. Alle drie worden positief beoordeeld. Dat betekent dat uit de haalbaarheidsstudie volgt dat wat betreft geohydrologie een kelderbak mogelijk is onder bepaalde voorwaarden in H4.1.

1 barrièrewerking door kelderbak

Dit is simpel op te lossen door 0,3 m grondverbetering van matig grof zand onder en naast de kelder aan te brengen. Dit wordt beschouwd als haalbaar.

2 kortsluiting door kelderbak voorkomen

De maximale ontgravingsdiepte van kelderbak inclusief grondverbetering is NAP – 5 m. Dit is circa 8 m boven onderzijde polderbodem. Dat betekent dat de kelderbak geen kortsluiting veroorzaakt. Er zijn wat betreft dit criterium dus geen negatieve effecten.

3 verticaal evenwicht bouwfase (voorkomen opbarsten)

Er volgt een klein risico tot opbarsten, dit risico is niet overal aanwezig en zal aan de hand van sonderingen en locatie kelder nader bepaald worden. Echter bij zowel slechte sondering en diepe kelder is het haalbaar (met behulp van kleine spanningsbemaling) een kelder aan te leggen.

4.1 Voorwaarden waaronder kelder gebouwd kan worden

- De kelder wordt aangelegd op 0,3 m grondverbetering, kelderwanden worden tot polderpeil omstort met 0,3 m grondverbetering;
- Ter plaatse van de kelder worden sonderingen uitgevoerd en een peilbuis gedrukt (door sondeerwagen) met een filter van NAP – 13,5 m tot NAP -14,5 m;
- Met behulp van sondering verticaal evenwichtsberekening ter plaatse van kelder uitvoeren. Tijdens werk controleren of grondwaterstand in diepe peilbuis voldoende laag is om te graven. Bij te hoge grondwaterstand passende maatregelen (bijvoorbeeld kleine spanningsbemaling) ter voorkoming van opbarsten polderbodem.

Mocht u naar aanleiding van deze memo nog vragen hebben dan kunt u contact opnemen met ing. E.J. Loots via telefoon (06-53392188) en/of email (erik@lootsgwt.com).

Met vriendelijk groet,

ing. Erik Loots

bijlagen:

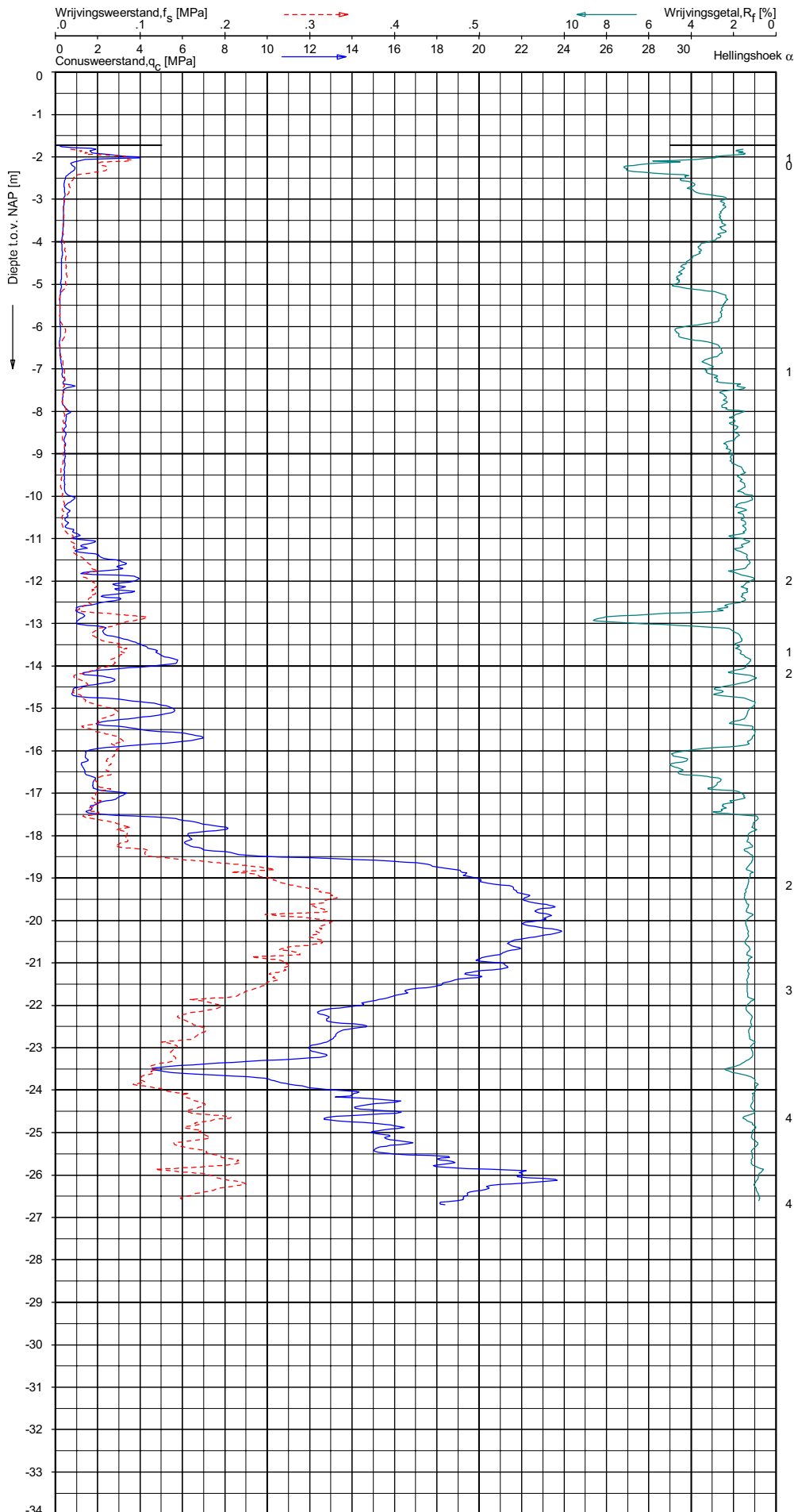
- Sonderingen en analyse peilbuisgegevens
- Verticaal evenwichtsberekening

Bijlage 1

UNIPLOT 05.26.nl / QdFClass-N3.cml / 2014-08-08 14:00:01

7214-0219-000

DKM1 - 1



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



Opg.: JWW/JSK d.d. 06-aug-2014 Coord.: X=127039.8m Y=490591.7m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: BELJAARS d.d. 08-aug-2014 MV = NAP -1.72m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2617 Toepassingsklasse 2 Test type TE1
Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19695 \text{ mm}^2$



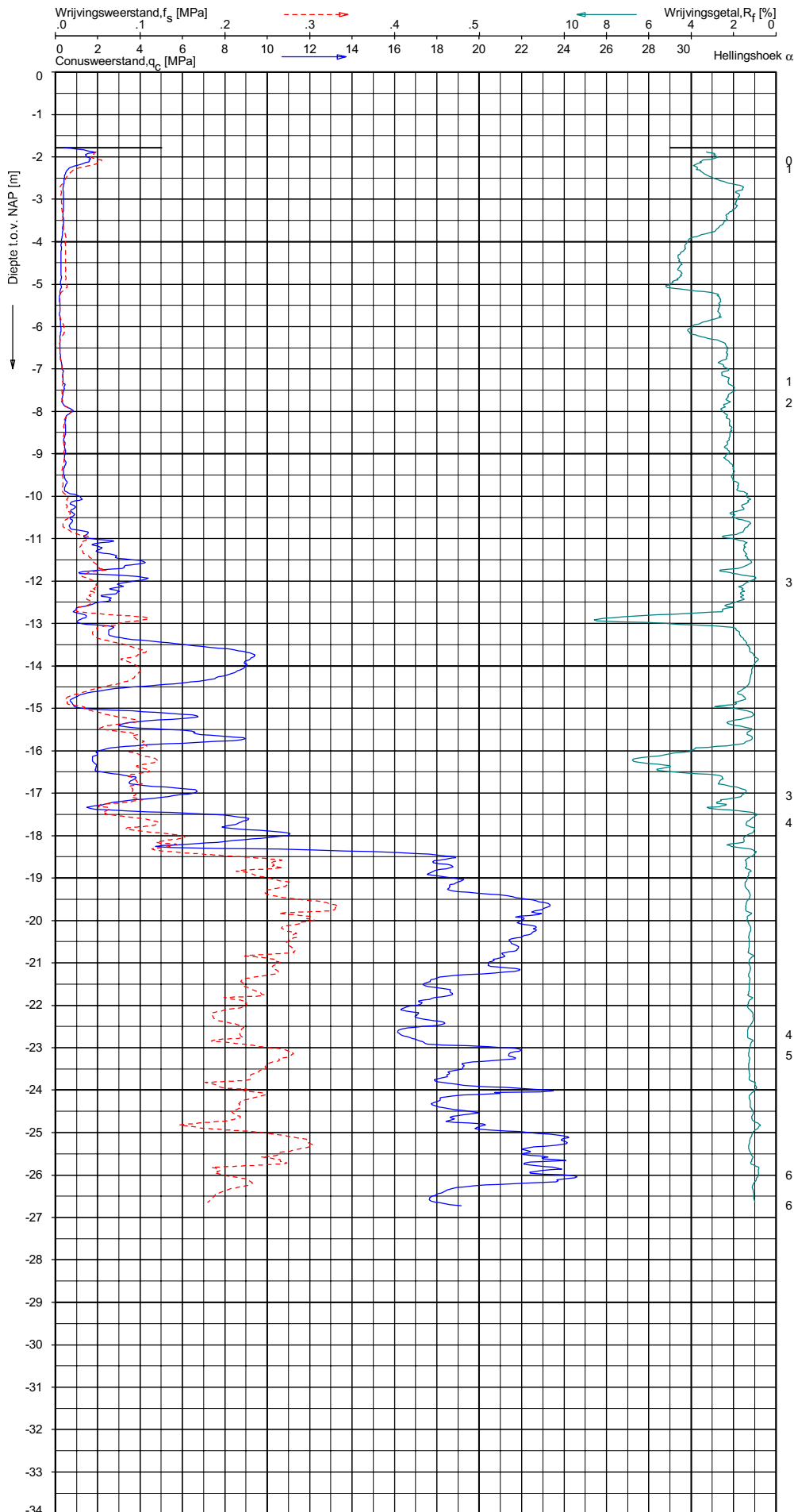
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
LIGBOXENSTAL AAN DE NIEUWE GOUW 29 TE AMSTERDAM

Opdr. 7214-0219-000
Sond. DKM1

UNIPLOT 05.26.nl / QdFClass-N3.cml / 2014-08-08 14:00:04

7214-0219-000

DKM2 - 1



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



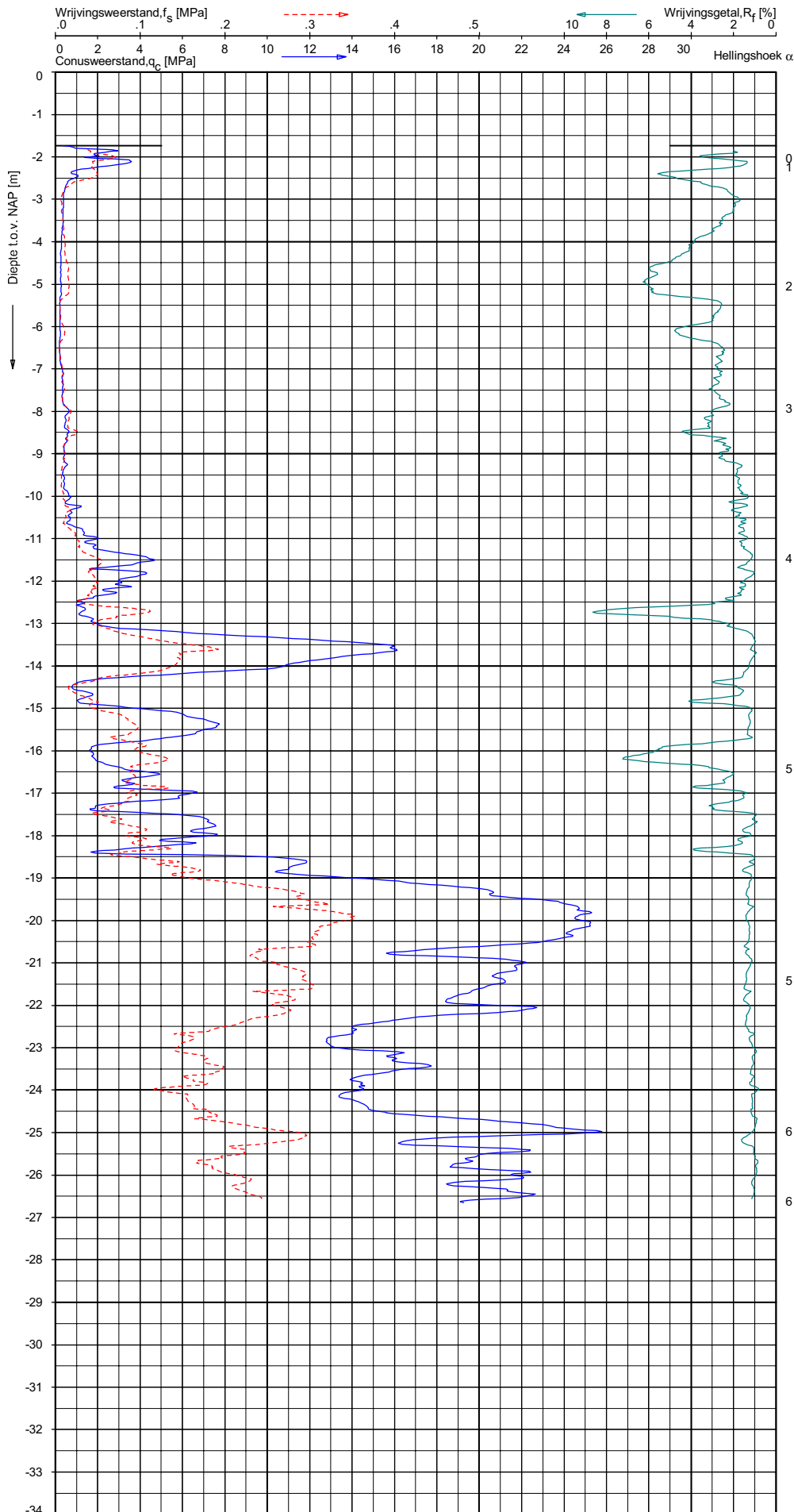
Opg.: JVV/JSK d.d. 06-aug-2014 Coord.: X=127058.6m Y=490603.6m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: BELJAARS d.d. 08-aug-2014 MV = NAP -1.78m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2617 Toepassingsklasse 2 Test type TE1
Conus type: $A_{cs} = 1510 \text{ mm}^2$; $A_{cs} = 19695 \text{ mm}^2$



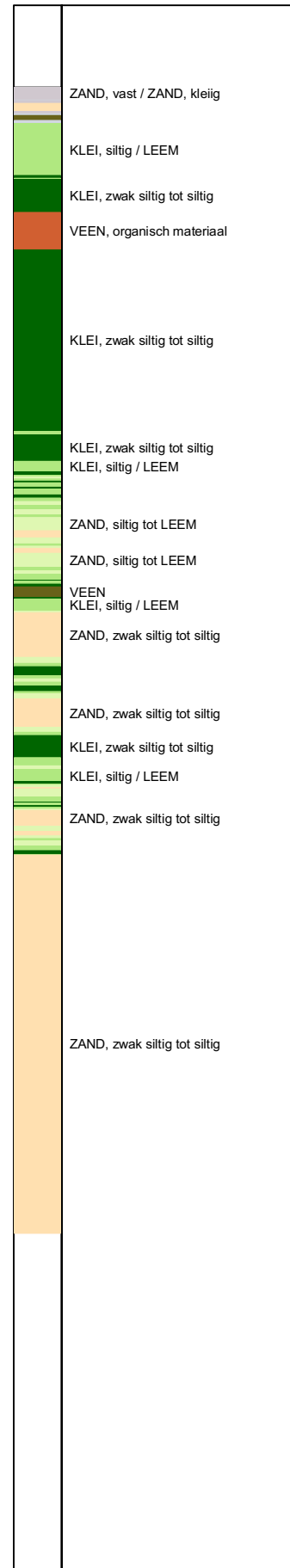
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

LIGBOXENSTAL AAN DE NIEUWE GOUW 29 TE AMSTERDAM

Opdr. 7214-0219-000
Sond. DKM2



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



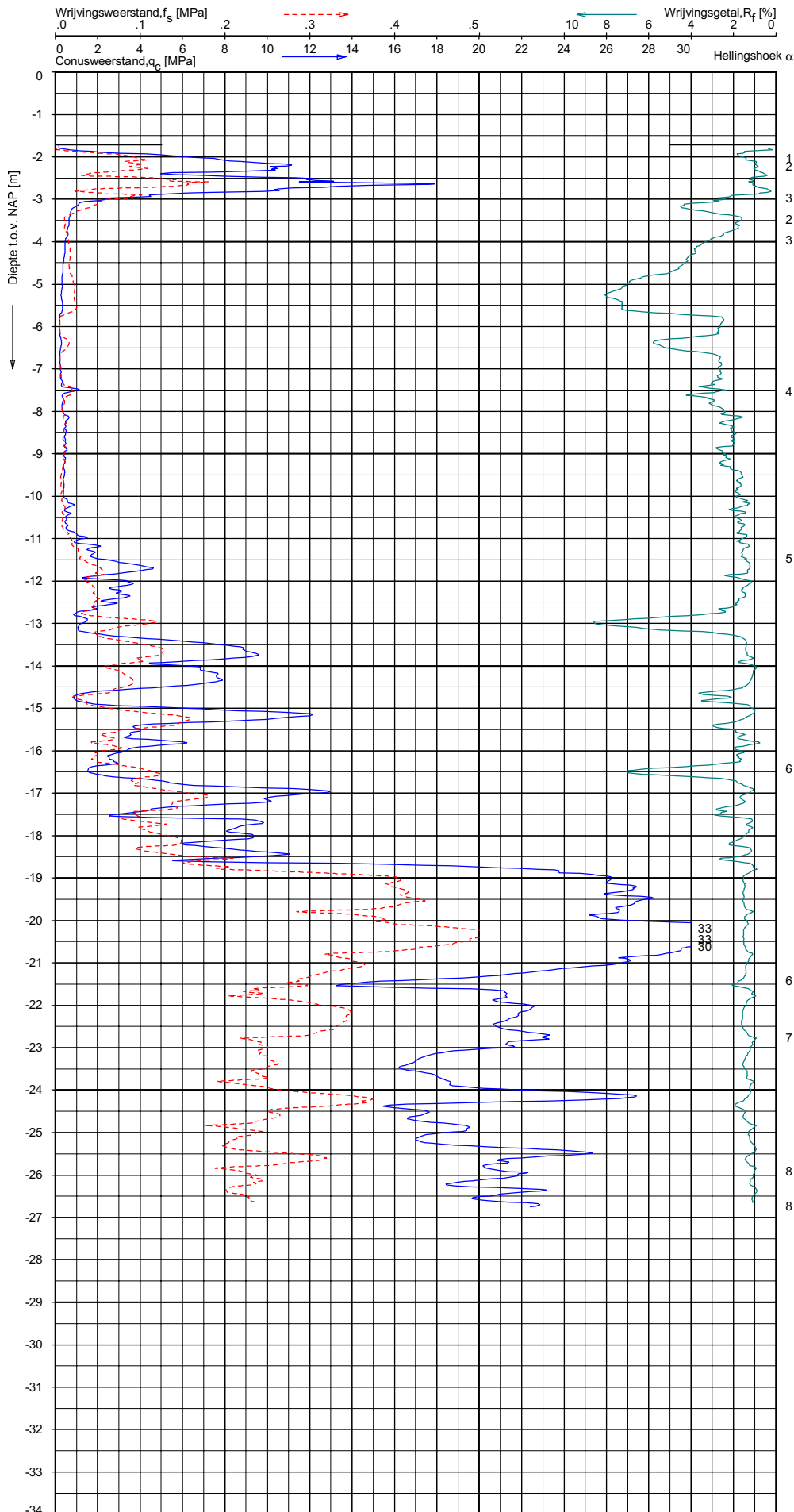
Opg.: JVV/JSK d.d. 06-aug-2014 Coord.: X=127065.9m Y=490627.9m Systeem: RD
Get.: BELJAARS d.d. 08-aug-2014 MV = NAP -1.74 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2617
Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2 Test type TE1
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$



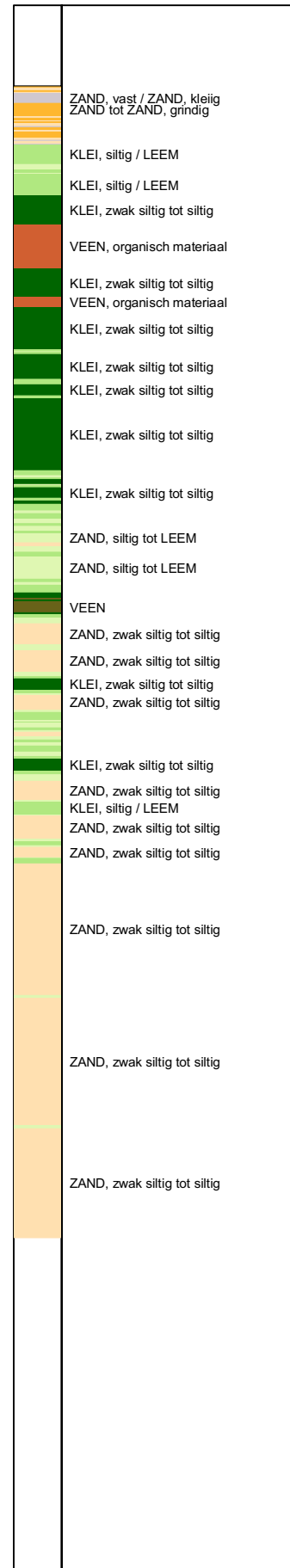
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

LIGBOXENSTAL AAN DE NIEUWE GOUW 29 TE AMSTERDAM

Opdr. 7214-0219-000
Sond. DKM3



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



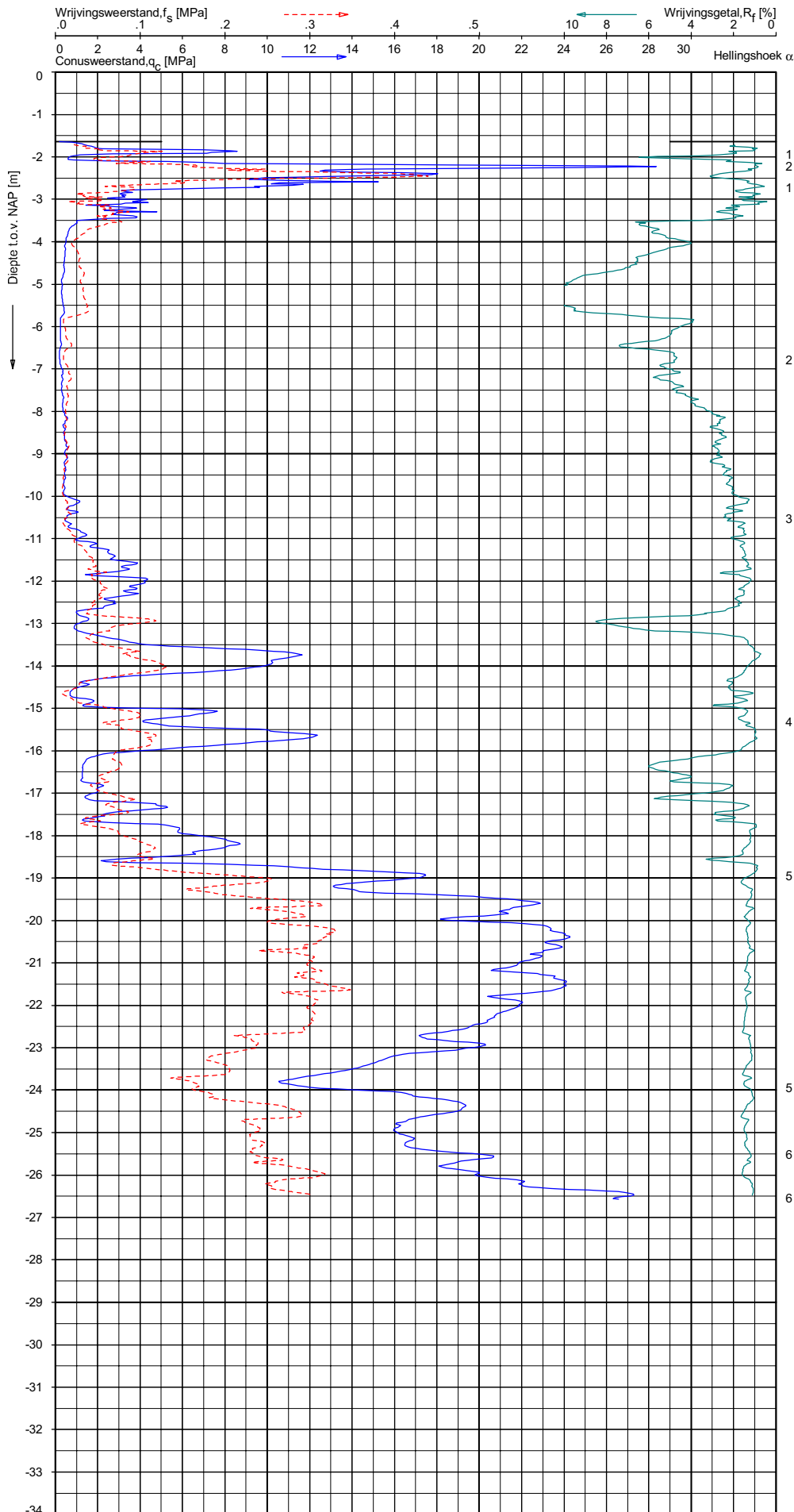
Opg.: JVV/JSK d.d. 06-aug-2014 Coord.: X=127005.1m Y=490591.3m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: BELJAARS d.d. 08-aug-2014 MV = NAP -1.72m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2617 Toepassingsklasse 2 Test type TE1
Conus type: $A_{cs} = 1510 \text{ mm}^2$; $A_{cs} = 19695 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

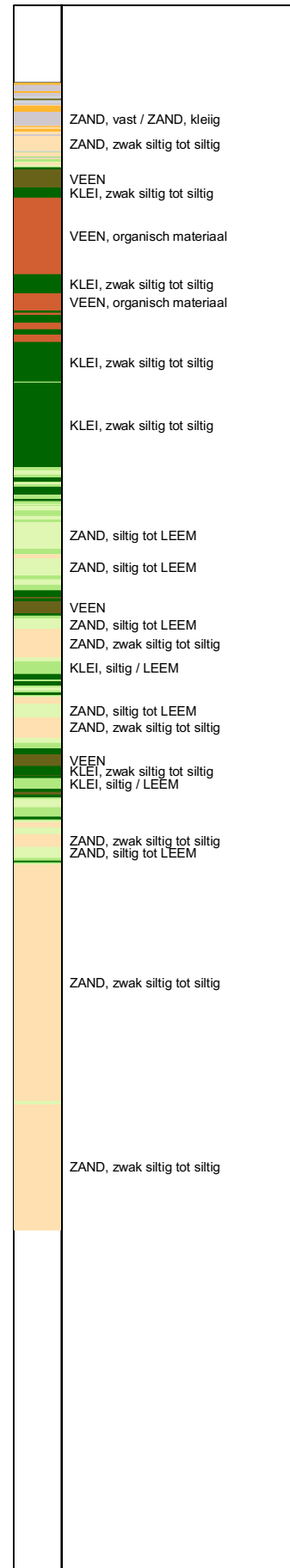
LIGBOXENSTAL AAN DE NIEUWE GOUW 29 TE AMSTERDAM

Opdr. 7214-0219-000
Sond. DKM4





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

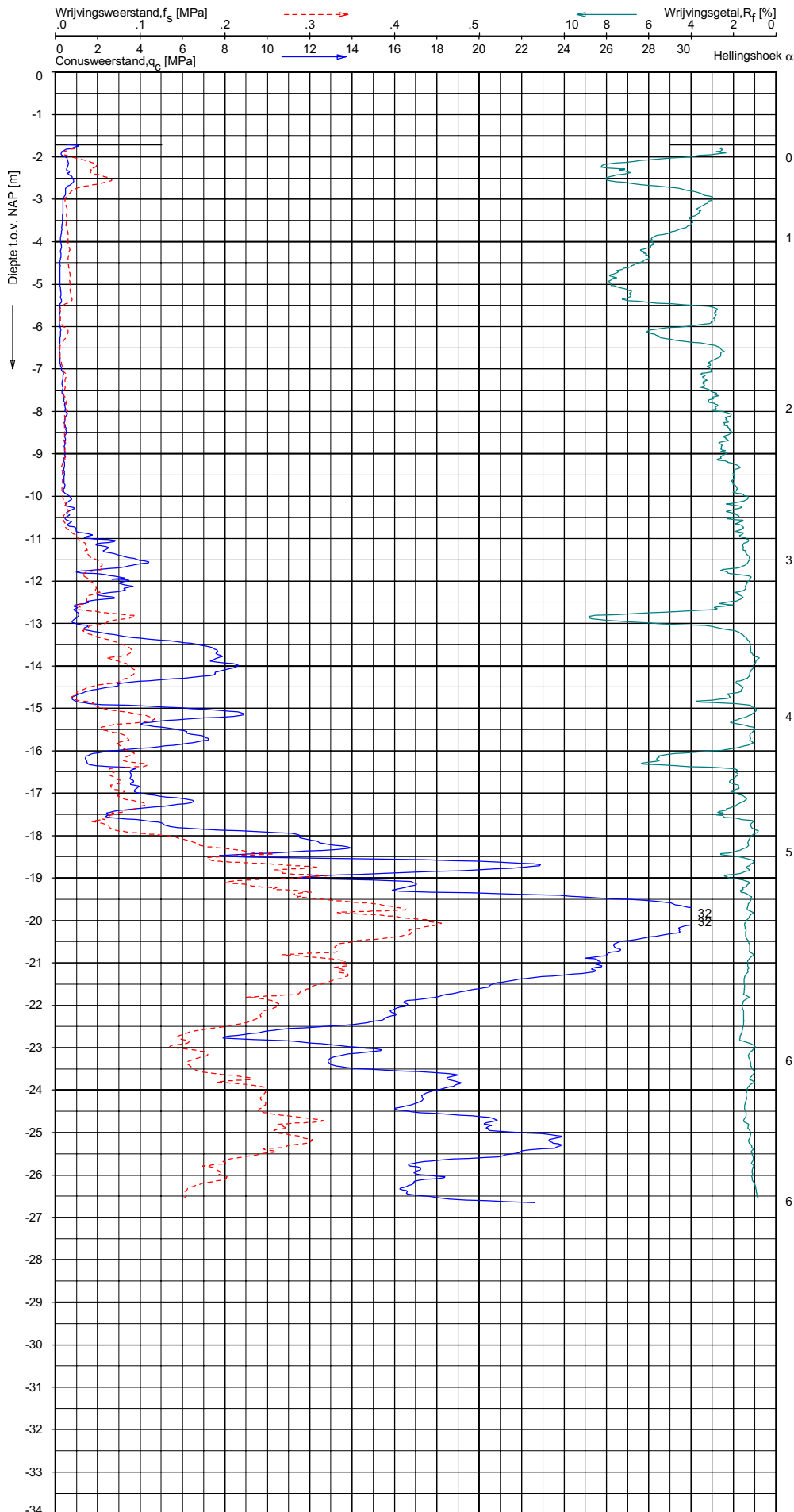


Opg.: JVV/JSK d.d. 06-aug-2014 Coord.: X=127044.1m Y=490619.6m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: BELJAARS d.d. 08-aug-2014 MV = NAP -1.64 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2617 Toepassingsklasse 2 Test type TE1
Conus type: $A_{cs} = 1510 \text{ mm}^2$; $A_{cs} = 19695 \text{ mm}^2$

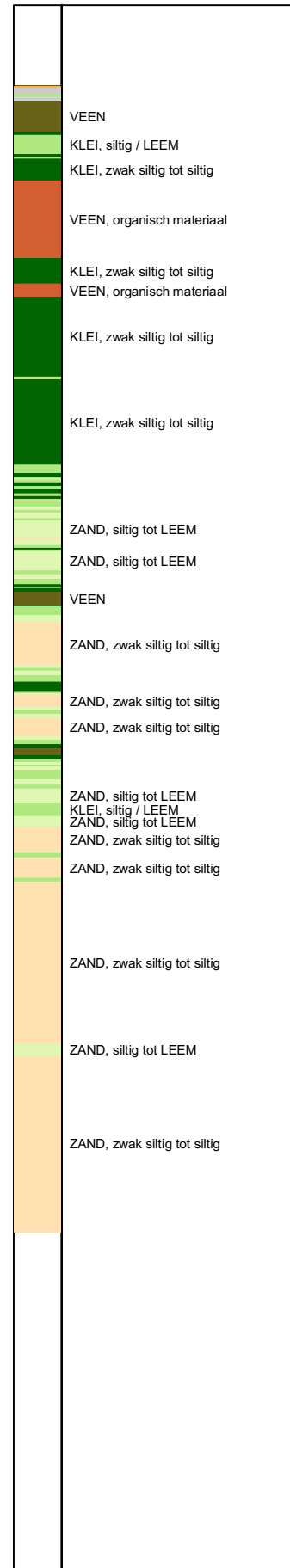
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

LIGBOXENSTAL AAN DE NIEUWE GOUW 29 TE AMSTERDAM

Opdr. 7214-0219-000
Sond. DKM5



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



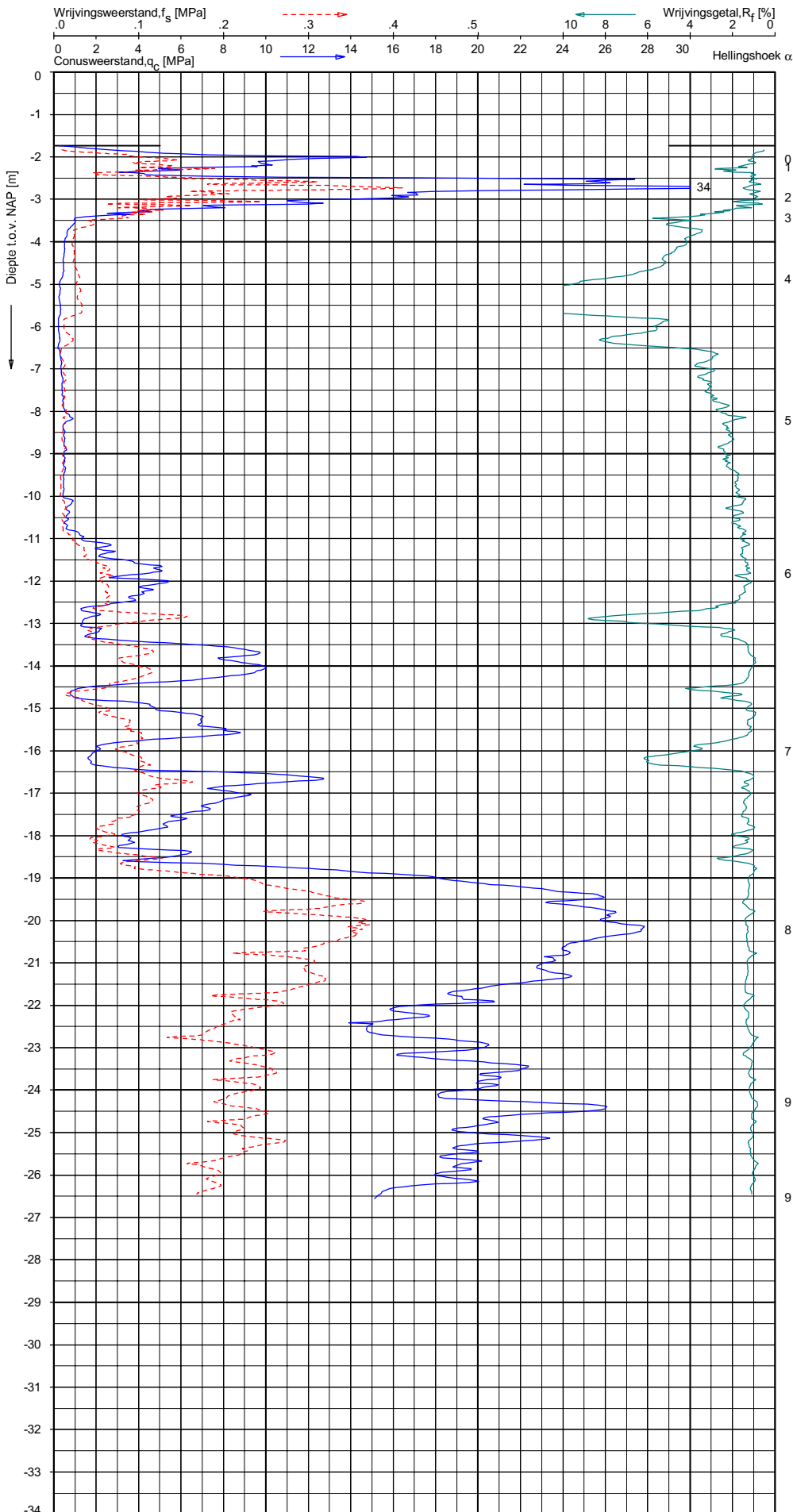
Opg.: JVV/JSK d.d. 06-aug-2014 Coord.: X=127058.6m Y=490638.6m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: BELJAARS d.d. 08-aug-2014 MV = NAP -1.71 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2617 Toepassingsklasse 2 Test type TE1
Conus type: $A_{cs} = 1510 \text{ mm}^2$; $A_{cs} = 19695 \text{ mm}^2$



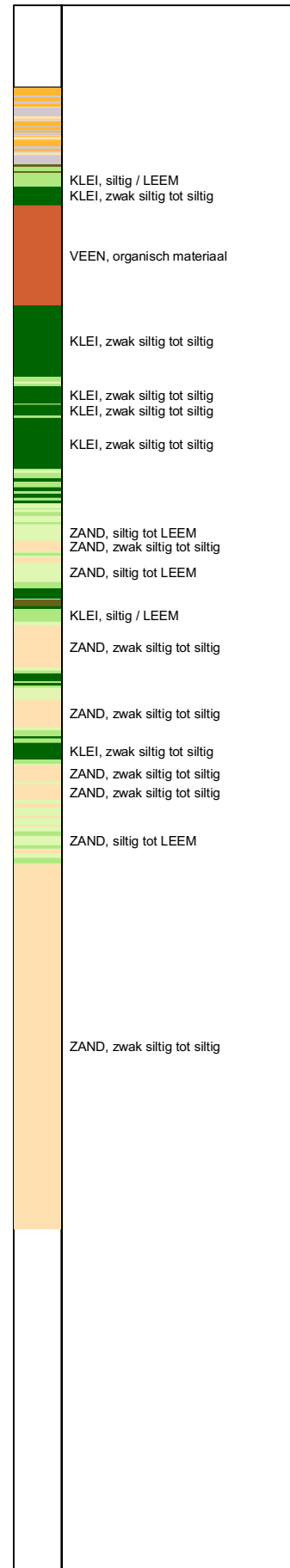
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

LIGBOXENSTAL AAN DE NIEUWE GOUW 29 TE AMSTERDAM

Opdr. 7214-0219-000
Sond. DKM6



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



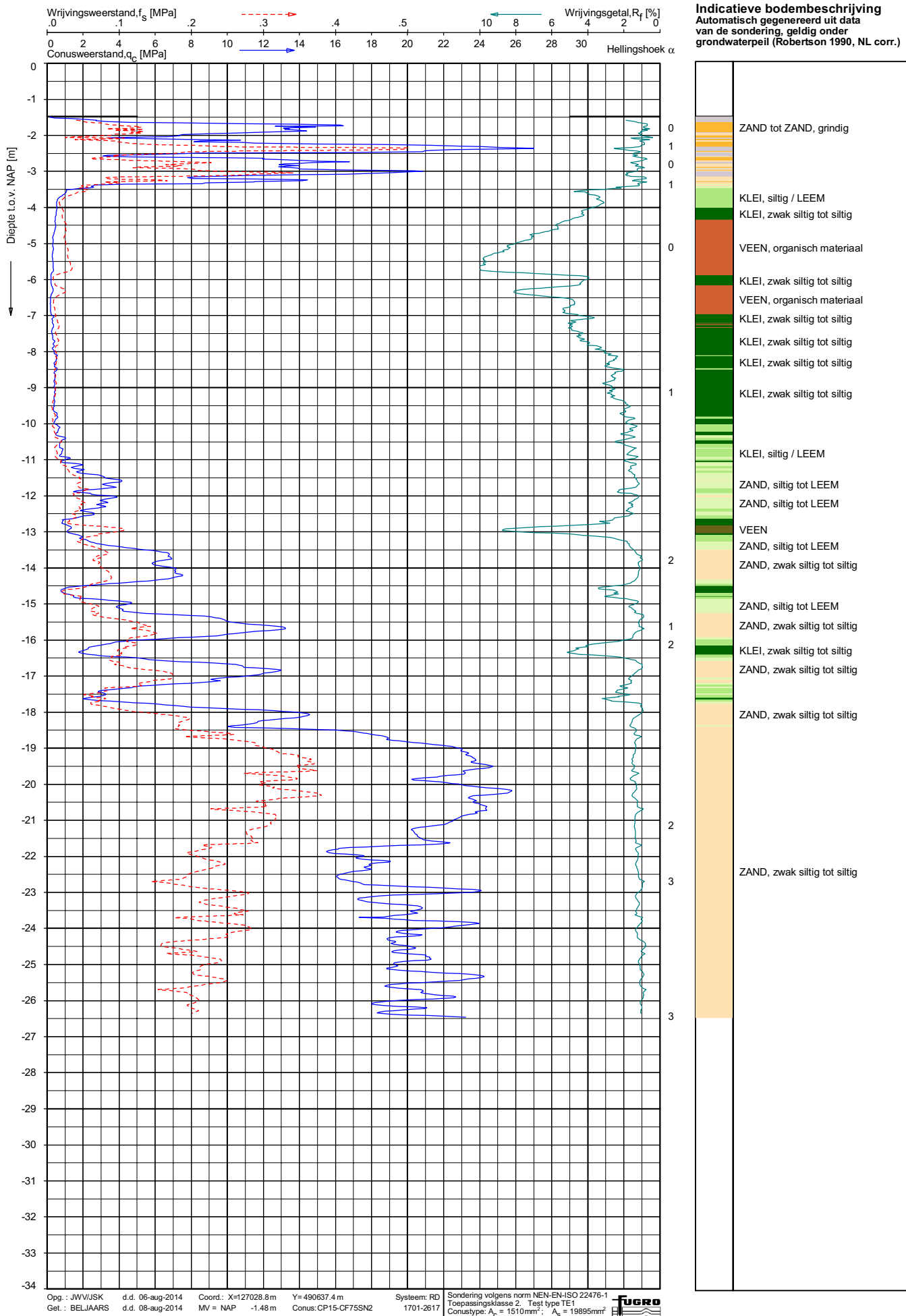
Opg.: JWW/ d.d. 06-aug-2014 Coord.: X=127003.7m Y=490617.2m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: BELJAARS d.d. 08-aug-2014 MV = NAP -1.74 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2617 Toepassingsklasse 2 Test type TE1
Conus type: A₀ = 1510mm²; A₁ = 19695mm²



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

LIGBOXENSTAL AAN DE NIEUWE GOUW 29 TE AMSTERDAM

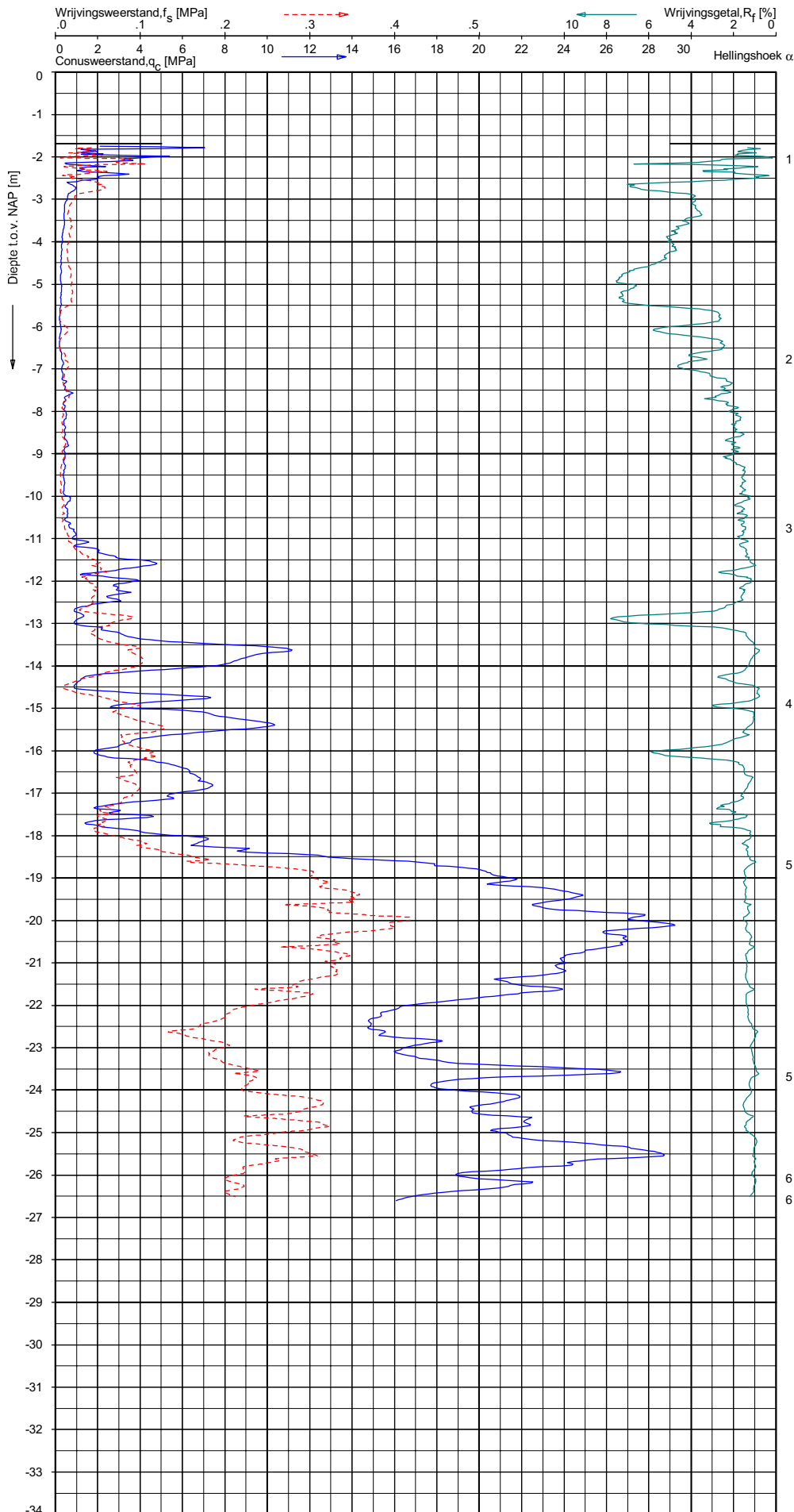
Opdr. 7214-0219-000
Sond. DKM7



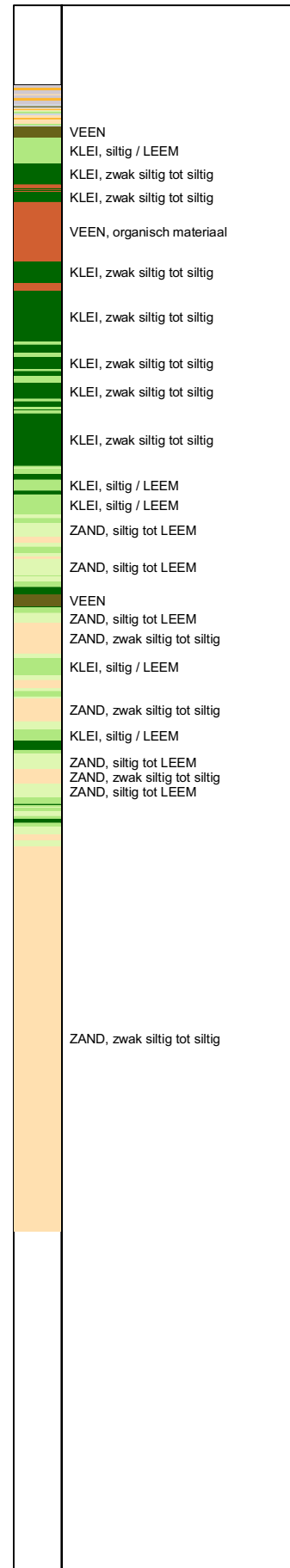
UNIPLOT 05.26.nl / QdFClass-N3.cmd / 2014-08-08 14:00:21

7214-0219-000

DKM9 - 1



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



Opg.: JVV/JSK d.d. 06-aug-2014 Coord.: X=127049.6m Y=490650.9m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: BELJAARS d.d. 08-aug-2014 MV = NAP -1.69m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2617 Toepassingsklasse 2 Test type TE1
 Conus type: A₀ = 1510mm²; A₀ = 19895mm²



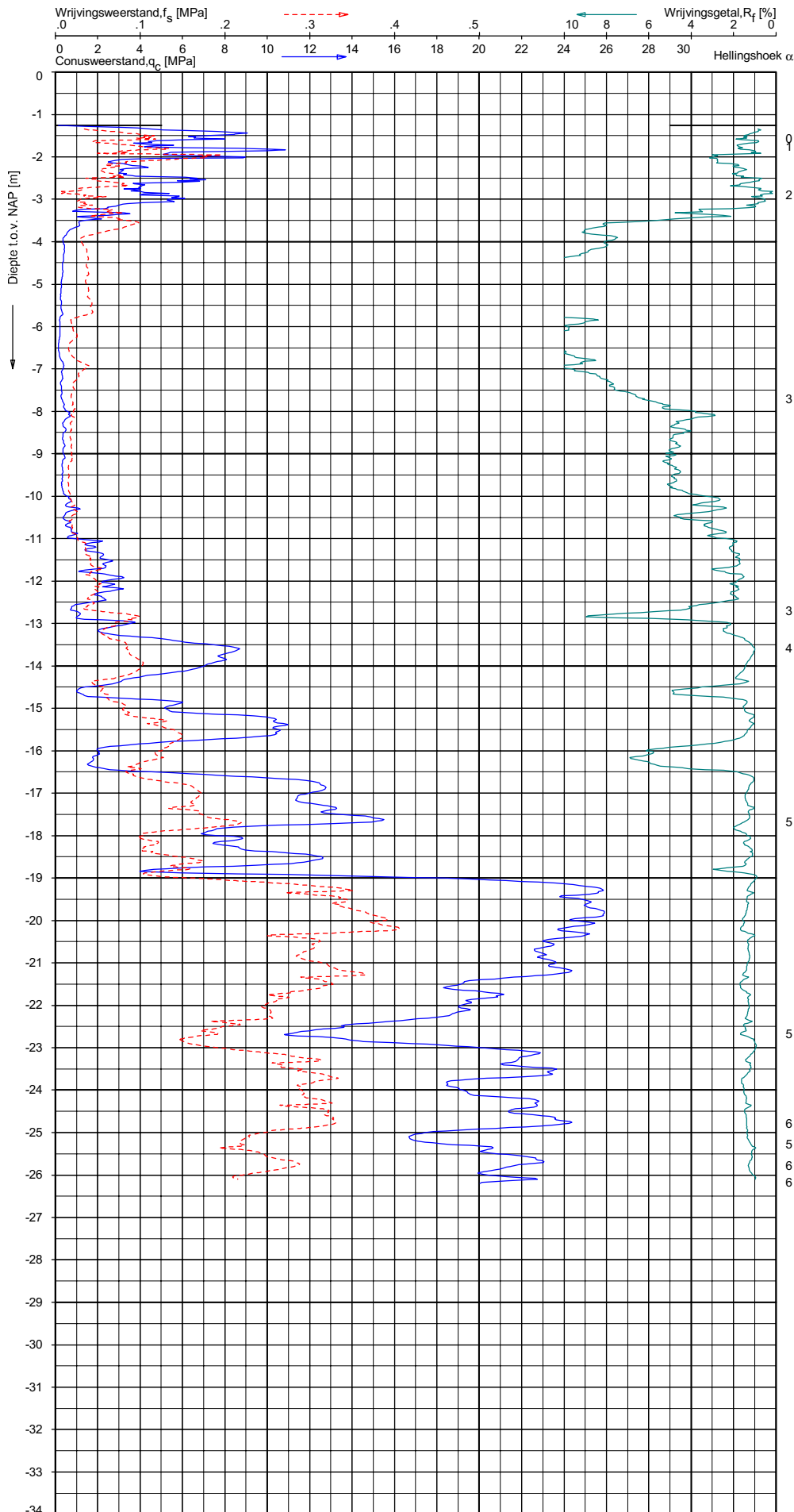
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 LIGBOXENSTAL AAN DE NIEUWE GOUW 29 TE AMSTERDAM

Opdr. 7214-0219-000
 Sond. DKM9

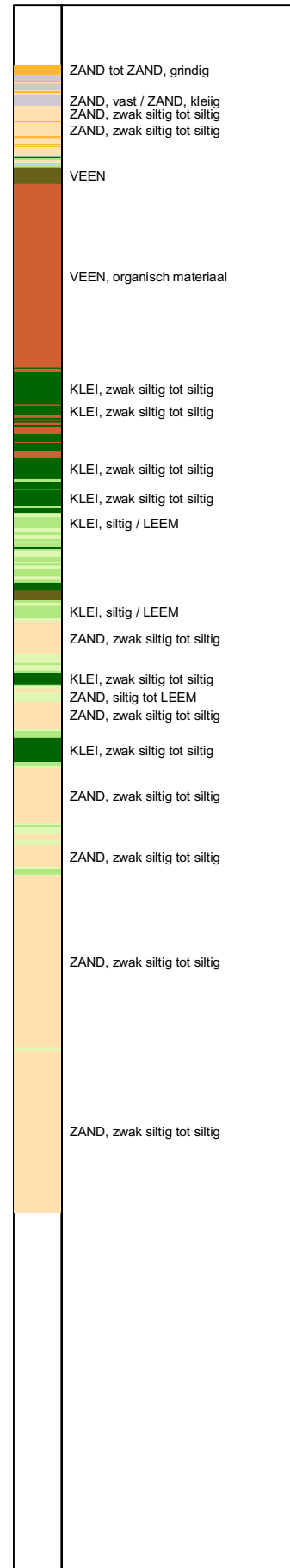
UNIPLOT 05.26.nl / QdFClass-N3.cml / 2014-08-08 14:00:23

7214-0219-000

DKM10 - 1



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



Opg.: JVV/JSK d.d. 06-aug-2014 Coord.: X=127017.1 m Y=490656.7 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: BELJAARS d.d. 08-aug-2014 MV = NAP -1.26 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2617 Toepassingsklasse 2 Test type TE1
Conus type: A_{cs} = 1510 mm²; A_{cs} = 19695 mm²



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

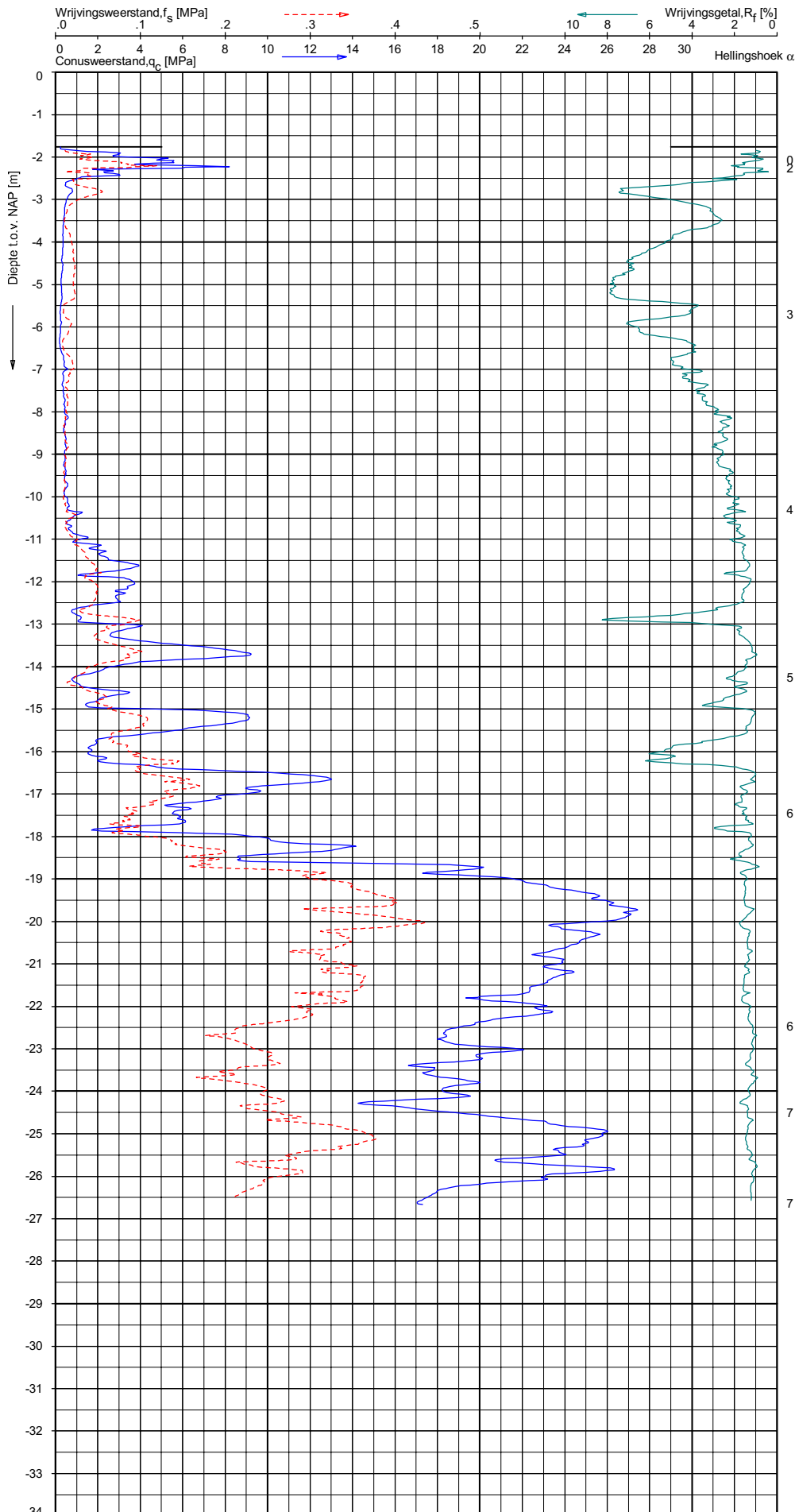
LIGBOXENSTAL AAN DE NIEUWE GOUW 29 TE AMSTERDAM

Opdr. 7214-0219-000
Sond. DKM10

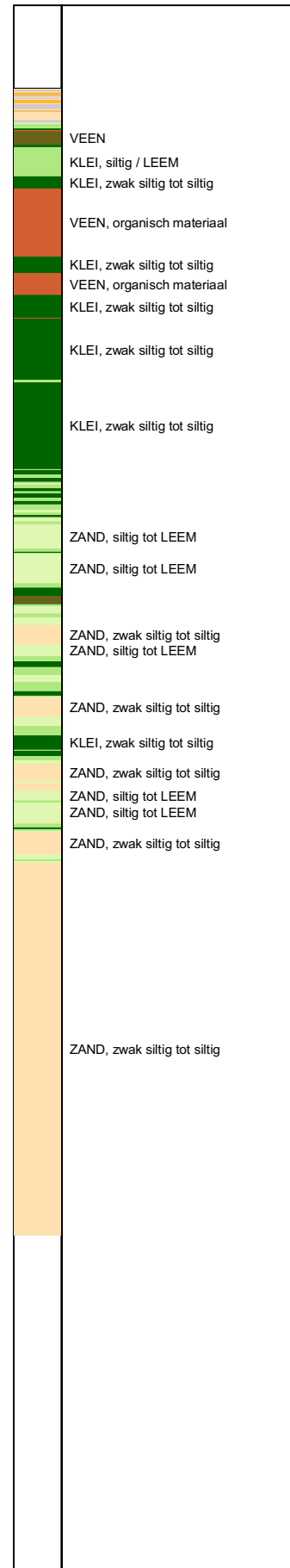
UNIPLOT 05.26.nl / QdFClass-N3 cmd / 2014-08-08 14:00:26

7214-0219-000

DKM11 - 1



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



Opg.: JVV/JSK d.d. 06-aug-2014 Coord.: X=127038.4m Y=490666.5m Systeem: RD
 Get.: BELJAARS d.d. 08-aug-2014 MV = NAP -1.77m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2617
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$



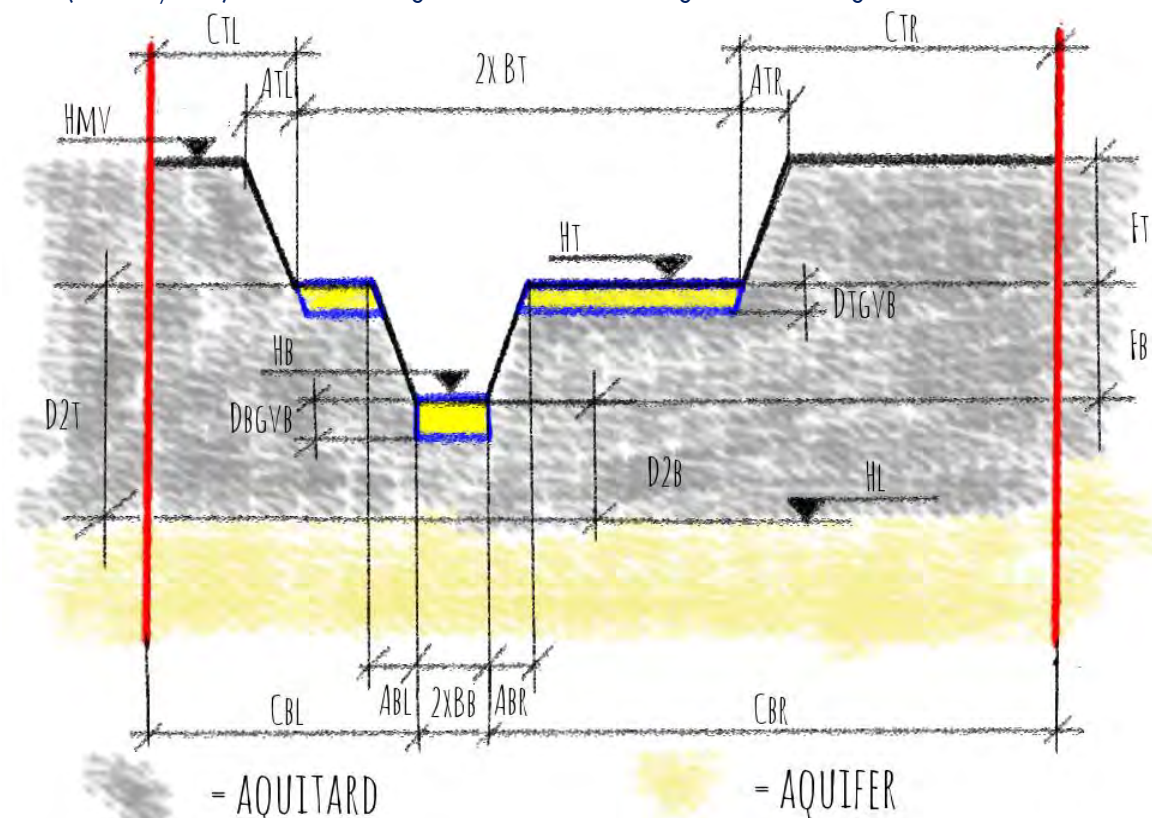
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 LIGBOXENSTAL AAN DE NIEUWE GOUW 29 TE AMSTERDAM

Opdr. 7214-0219-000
 Sond. DKM11

Bijlage 2

Toelichting berekening verticaal evenwicht Loots

Bij het ontgraven in een slappe deklaag kan de bodem (door waterdruk) omhoog worden gedrukt. Daarom dient gecontroleerd te worden of de bodem tijdens de ontgraving niet zal opdrijven/-barsten. Het opbarsten is ongewenst voor het milieu, echter het onnodig uitvoeren van een bemaling is eveneens ongewenst voor het milieu. De verticaal evenwicht berekening houdt rekening met het effect van gronddruk naast de ontgraving (berekening Boussinesq), houdt rekening met effect damwanden (indien van toepassing), houdt rekening met het verschil van de vorm (vierkant/sleuf) en houdt rekening met het effect van een grondverbetering.



CTL= afstand tot limiet bovenste trap aan linkerzijde
 CTR= afstand tot limiet bovenste trap aan rechterzijde
 CBL= afstand tot limiet onderste trap aan linkerzijde
 CBR= afstand tot limiet onderste trap aan rechterzijde
 BT= helft breedte ontgraving bovenste trap
 BB= helft breedte ontgraving onderste trap
 HMV= hoogte maaiveld t.o.v. referentie (NAP)
 HB= hoogte ontgraving onderste trap t.o.v. referentie (NAP)
 Dbgvb= dikte grondverbetering beneden de onderste trap
 D2T= d_{2t} = dikte grond tussen ontgravings- en opbarstniveau bij bovenste trap
 D2B= d_{2b} = dikte grond tussen ontgravings- en opbarstniveau bij onderste trap

ATL= breedte talud bovenste trap aan linkerzijde
 ATR= breedte talud bovenste trap aan rechterzijde
 ABL= breedte talud onderste trap aan linkerzijde
 ABR= breedte talud onderste trap aan rechterzijde
 FT= factor Boussinesq bovenste trap
 FB= factor Boussinesq onderste trap
 HT= hoogte ontgraving bovenste trap t.o.v. referentie (NAP)
 HL= hoogte opbarstniveau t.o.v. referentie (NAP)
 Drgvb= dikte grondverbetering beneden de onderste trap

formule van Boussinesq

Voor het berekenen van het effect van grond naast de sleuf wordt gebruik gemaakt van de formules van Boussinesq. Deze berekening wordt voorgeschreven in Eurocode NEN9997-1+c1:2012, daarnaast is gebleken (geotechniek publicatie april 2010) dat deze analytische berekening overeenkomt met de resultaten van een eindig elementen berekening. De formules (1 en 2) van Boussinesq zijn hieronder weergegeven.

$$(1) f = \frac{2}{\pi} \left(\left(1 + \frac{b}{a} \right) \times \arctan\left(\frac{d_2}{a+b}\right) - \frac{b}{a} \times \arctan\left(\frac{d_2}{b}\right) \right)$$

$$(2) f_{\text{vierkant}} = \frac{d_2^3}{\left(d_2^2 + \frac{(a+2b)^2}{\pi} \right)^{\frac{3}{2}}}$$

De formule van Boussinesq gaat uit van een symetrische ontgraving (gelijke taluds) en één ontgravingstrap. Daarnaast gaat de formule van Boussinesq uit dat de grond naast de sleuf tot grote afstand aanwezig is. Aanvullende berekeningen zijn noodzakelijk voor het effect van verschillende taluds (links en rechts), het effect van damwanden en het effect van twee trappen.

Toelichting (1) berekening verschillend talud links en rechts

Het effect van twee verschillende taluds (links en rechts), bijvoorbeeld talud 1:1 links en talud 1:2 rechts. Om het effect uit te rekenen moet de formule van Boussinesq worden toegepast bij talud 1:1 (uitkomst factor F van bijvoorbeeld 0.8) en bij talud 1:2 (uitkomst factor F van bijvoorbeeld 0.7). Vervolgens moet van elke berekening (formule Boussinesq) de factor F gedeeld worden door twee en de uitkomst van beide formules moet bij elkaar worden opgeteld, in dit voorbeeld: $0.8/2 + 0.7/2 = 0.4 + 0.35 = 0.75$, ofwel de conclusie is de factor F is 0.75 bij een talud van 1:1 links en 1:2 rechts.

Toelichting (2) berekening effect limiet (damwand)

Een limiet, bijvoorbeeld een verticale damwand, zorgt voor een snijvlak waardoor de grond achter de limiet geen neerwaartse druk (naastgelegen grond) kan realiseren. Om dit effect te berekenen wordt het volgende uitgevoerd per zijde (links of rechts van ontgraving). In het voorbeeld wordt de linkerzijde (van de bovenste trap) toegelicht. Eerst wordt de factor F uitgerekend talud 1:1, de factor F in het voorbeeld is 0.8, echter omdat dit een zijde betreft moet factor F worden gedeeld door twee, ofwel $F = 0.4$ voor de linkerzijde. De damwand is op bijvoorbeeld 4 m afstand, vervolgens moet een tweede berekening met behulp van Boussinesq worden uitgevoerd waarbij de bodembreedte 4 m groter is en het talud 1:0.0001, hieruit volgt een factor F van 0.2, ofwel (gedeeld door twee) 0.1 voor de linkerzijde, dit is de bodemdruk van achter de damwand (in het geval dat er geen limiet zou zijn), echter de damwand is een limiet, dus dit betekent dat 0.1 (factor F) niet meegeteld mag worden, ofwel factor F aan de linkerzijde is $0.4 - 0.1 = F = 0.3$. Indien bij de rechterzijde achter de damwand een factor F is van 0.1 (gedeeld door twee) 0.05, dan is factor F aan de rechterzijde $0.35 - 0.05 = 0.3$. De totale factor F (rekenwaarde voor links en rechts) is $0.3 + 0.3 = 0.6$.

Toelichting (3) berekening twee trappen

Bij de bovenste trap moet gerekend worden met de volgende parameters:

a= ATL en ATR

b= BT en (indien limiet) BT + CTL en BT + CTR

d₂= D2T

Bij de onderste trap moet gerekend worden met de volgende parameters:

a= ABL en ABR

b= BB en (indien limiet) BB + CBL en BB + CBR

d₂= D2B

Toelichting (4) grondverbetering

Het toepassen van een grondverbetering gebeurt beneden het ontgravingsniveau. Stel een ontgravingsniveau van NAP - 5 m is noodzakelijk. Een grondverbetering van 0,5 m wordt toegepast. De deklaag heeft een volumiek gewicht van 14 kN/m³ en de grondverbetering heeft een volumiek gewicht van 18 kN/m³. In dit voorbeeld zal 0,5 m x 18 kN/m³ aangebracht worden en 0,5 m x 14 kN/m³ worden verwijderd. Effectief is de toename neerwaartse druk = $0,5 \times 18 - 0,5 \times 14 = 9 - 7 = 2 \text{ kN/m}^2$.

Toelichting (5) veiligheidsfactor

De veiligheidsfactor voor een verticaal evenwichtsberekening wordt voorgeschreven in de Eurocode NEN9997-1+c1:2012. De Eurocode schrijft voor om het volumiek gewicht van de bodem te vermenigvuldigen met 0.9 en de waterdruk te vermenigvuldigen met 1.1. De waterdruk kan ook (indien een meetreeks beschikbaar is) bepaald worden met een "maatgevend hoogste grondwaterstand"-analyse (normaliter gemiddelde grondwaterstand + 2 keer standaarddeviatie).

Bij gebruik making van tabel 2.b - Karakteristieke waarden van grondeigenschappen in de Eurocode NEN9997-1+c1:2012, wordt gesteld dat de representatieve waarden (bijvoorbeeld 20 kN/m³ voor zand, vast, verzadigd) het representatief gemiddelde is. De standaarddeviatie is aangenomen op 2,5% van het representatief gemiddeld, indien er voldoende steekmonsters zijn dan wordt de standaarddeviatie uitgerekend. Bij een standaarddeviatie welke gelijk is aan 2,5% van het representatief gemiddelde is de kans op overschrijding 0.5 % (gemiddelde minus 4x standaarddeviatie) bij veiligheidsfactor 1.1 ($1 + 4 \times 0.025$). Een kans op overschrijding van 0.5% (1/200) wordt beschouwd als statistisch correct bij een veiligheidsfactor van 1.1.

De kritieke grondwaterstand per watervoerende laag bij een hogere faalkans (lagere veiligheidsfactor) is ook weergegeven. Dit is met als doel het duidelijk maken van risico's bij het onjuist toepassen van maatregelen. Tot slot is de veiligheidsfactor bij de maatgevend hoge grondwaterstand weergegeven per watervoerende laag, bij een veiligheidsfactor lager dan 1.1 zijn maatregelen noodzakelijk.

Toelichting (6) berekening totale gronddruk

Als voorbeeld wordt hieronder een berekening toegelicht. In dit voorbeeld geldt: $f_t = 0,7$ (factor Boussinesq -

watervoerende laag 2 - bovenste trap), $f_b = 0,65$ (factor Boussinesq - watervoerende laag 2 - onderste trap) en volumiek gewicht grondverbetering = 20 kN/m^3 .

Het ontgravingsniveau is NAP - 5,0 m, dit betekend dat de bovenzijde van watervoerende laag 2 (NAP - 7,0 m) een opbarstniveau is. Daarnaast geldt dat watervoerende laag 1 niet getoetst dient te worden te aanzien van verticaal evenwicht (doordat deze laag boven het ontgravingsniveau is gelegen en de laag is freatisch).

grondbeschrijving	γ (σ) [kN/m ³]	top [m+REF]	type	ft [m]	fb [m]	d_{2b} [m]	gvb	gronddruk op watervoerende laag [kN/m ²]				
								WVL1	WVL2	WVL3	WVL4	WVL5
zand, matig fijn, zwak silthoudend, lo:	17 (0,43)	-1,00	WVL1	2,5	0,5			0	35,28			
klei, sterk zandig, slap	15 (0,38)	-4,00			0,05			0	0,49			
veen, gemiddelde doorlatendheid	11 (0,28)	-4,05			0,05			0	0,36			
klei, sterk zandig	18 (0,45)	-4,10			0,9	1,5	0,5	0	47,53			
zand, matig fijn, sterk silthoudend	20 (0,5)	-7,00	WVL2									

Eerste regel (zand, matig fijn, zwak ...) is de bovenste trap $2,5 \text{ m}$ dik $\times 17 \text{ kN/m}^3 \times 0,7$ (ft) = $29,75 \text{ kN/m}^2$. Daarnaast is de onderste trap ook in deze grondlaag, daarbij geldt $0,5 \text{ m}$ dik $\times 17 \text{ kN/m}^3 \times 0,65$ (fb) = $5,525 \text{ kN/m}^2$. De totale neerwaartse druk is $29,75 + 5,525 = 35,28 \text{ kN/m}^2$. De standaarddeviatie van neerwaartse druk is $35,28 / 17 \times 0,43 = 0,89 \text{ kN/m}^2$.

Tweede regel (Klei, sterk ...) is de onderste trap $0,05 \text{ m}$ dik $\times 15 \text{ kN/m}^3 \times 0,65$ (fb) = $0,4875 \text{ kN/m}^2$. De standaarddeviatie van neerwaartse druk is $0,49 / 15 \times 0,38 = 0,012 \text{ kN/m}^2$.

Derde regel (Veen, gemiddelde ...) is de onderste trap $0,05 \text{ m}$ dik $\times 11 \text{ kN/m}^3 \times 0,65$ (fb) = $0,3575 \text{ kN/m}^2$. De standaarddeviatie van neerwaartse druk is $0,36 / 11 \times 0,28 = 0,009 \text{ kN/m}^2$.

Vierde regel (klei, ...) is de onderste trap $0,9 \text{ m}$ dik $\times 18 \text{ kN/m}^3 \times 0,65$ (fb) = $10,53 \text{ kN/m}^2$. Daarnaast is deze slecht doorlatende grondlaag ook aanwezig onder het ontgravingsniveau (2 m dik), daarbij geldt $0,5 \text{ m}$ grondverbetering $\times 20 \text{ kN/m}^3 = 10 \text{ kN/m}^2$ en $1,5 \text{ m}$ klei sterk zandig $\times 18 \text{ kN/m}^3 = 27 \text{ kN/m}^2$. De totale neerwaartse druk is $10,53 + 10 + 27 = 47,53 \text{ kN/m}^2$. De standaarddeviatie van neerwaartse druk is $(10,53+27) / 18 \times 0,45 = 0,94 \text{ kN/m}^2$.

Uz;d som $\gamma \times d$	0,00	83,65	0,00	0,00	0,00
Uz;d som $\gamma \sigma \times d$	0,00	1,85	4,50	0,00	0,00
kritieke grondwaterstand [m+REF] faalkans 50%, veiligheidsfactor 1,0		1,53			
kritieke grondwaterstand [m+REF] faalkans 16%, veiligheidsfactor 1,025		1,34			
kritieke grondwaterstand [m+REF] faalkans 2,5%, veiligheidsfactor 1,05		1,15			
Eurocode kritieke grondwaterstand [m+REF] faalkans 0,5%, veiligheidsfactor 1,1		0,78			
maatgevend hoge grondwaterstand [m+REF]	-1,50	-1,00			
veiligheidsfactor bij maatgevend hoge grondwaterstand	0,00	1,39			

Bij "U z;d Y x d" is de som van de neerwaartse druk van de bodemlagen weergegeven. Dit is in dit geval $35,28 + 0,49 + 0,36 + 47,53 = 83,65 \text{ kN/m}^2$. De totale standaarddeviatie van de neerwaartse druk "U z;d Y σ x d" is $0,89 + 0,012 + 0,009 + 0,94 = 1,85 \text{ kN/m}^2$.

De kritieke grondwaterstand met lage faalkans (0,5%) conform Eurocode (1.1 veiligheid) is NAP - 7,0 m + $(83,65 - 4 \times 1,85)/9,81 = -7 + 7,78 = \text{NAP} + 0,78 \text{ m}$. Veiligheidsfactor conform eurocode is gelijk aan som minus $4 \times$ standaarddeviatie volumiek gewicht: $(83,65-10) \times 0,9 + 10 = 83,65 - 4 \times 1,85 = 76,25$.

De kritieke grondwaterstand met hoge faalkans (50%) is NAP - 7,0 m + $(83,65)/9,81 = -7 + 8,53 = \text{NAP} + 1,53 \text{ m}$.

De veiligheidsfactor wordt uitgerekend door de waterdruk te bepalen bij de maatgevend hoge grondwaterstand (NAP - 1,0 m). Bij opbarstniveau NAP - 7,0 m is er 6 m waterkolom, ofwel $6 \times 10 \text{ kN/m}^3 = 60 \text{ kN/m}^2$ opwaartse druk. De neerwaartse druk is $83,65 \text{ kN/m}^2$, de veiligheidsfactor is $83,65/60 = 1,39$. Geconcludeerd wordt (in dit voorbeeld) dat er geen maatregelen noodzakelijk zijn voor het verticaal evenwicht, de veiligheidsfactor is namelijk groter dan 1.1.

!!! De berekeningen in de toelichting (en op deze pagina) zijn fictief en dienen alleen als toelichting op de rekenmethodiek. De project gerelateerde berekeningen en resultaten zijn verder bijgevoegd !!!

$$f(\text{Boussinesq}) = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

$$f(\text{Boussinesq}) = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

$$f_{\text{(Boussinesq)}} = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

$$f(\text{Boussinesq}) = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

REF=NAP

gvb=grondverbetering

$$f(\text{Boussinesq}) = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

$$f(\text{Boussinesq}) = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

REF=NAP

gvb=grondverbetering

$$f(\text{Boussinesq}) = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

REF=NAP

gvb=grondverbetering

$$f(\text{Boussinesq}) = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

REF=NAP

gvb=grondverbetering

$$f(\text{Boussinesq}) = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

$$f(\text{Boussinesq}) = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

$$f(\text{Boussinesq}) = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

$$f(\text{Boussinesq}) = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

$$f(\text{Boussinesq}) = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

REF=NAP

gvb=grondverbetering

$$f_{\text{(Boussinesq)}} = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

$$f(\text{Boussinesq}) = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

$$f(\text{Boussinesq}) = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

REF=NAP

gvb=grondverbetering

$$f_{\text{(Boussinesq)}} = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

$$f(\text{Boussinesq}) = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

$$f(\text{Boussinesq}) = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

$$f(\text{Boussinesq}) = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

$$f(\text{Boussinesq}) = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

