



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS



Raadgevend Ingenieursbureau
Wiertsema & Partners B.V.
Feithspark 6, 9356 BZ Tolbert
Postbus 27, 9356 ZG Tolbert
Tel.: 0594 51 68 64
Fax: 0594 51 64 79
E-mail: info@wiertsema.nl
Internet: www.wiertsema.nl

Taludontwerp

Uitbreiding zandwinning Echten

VN-64956-2 | 31 maart 2017



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

Raadgevend Ingenieursbureau
Wiertsema & Partners B.V.
Feithspark 6, 9356 BZ Tolbert
Postbus 27, 9356 ZG Tolbert
Tel.: 0594 51 68 64
Fax: 0594 51 64 79
E-mail: info@wieritsema.nl
Internet: www.wieritsema.nl

Onderwerp: Uitbreiding zandwinning Echten
Projectnummer: VN-64956-2
Opdrachtgever: Echten VOF
Postbus 22
7683 ZG Den Ham
Nr. opdrachtgever:
Datum: 31 maart 2017

Versie	Datum	Omschrijving wijziging
1	31 maart 2017	Concept, interne controle (YHOU)

Opgesteld door:	ing. R. Barth
Handtekening:	
Documentnummer:	R49072
Status:	concept
Vrijgegeven door:	ing. R. Barth




Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

1	Inleiding	6
1.1	Aanleiding en doel.....	6
1.2	Kwaliteitswaarborging	6
1.3	Leeswijzer	6
1.4	Referenties.....	7
1.5	Symbolen en afkortingen.....	7
1.6	Begrippenlijst.....	7
2	Projectgegevens	8
2.1	Projectlocatie	8
2.2	Scope werkzaamheden	9
3	Grondonderzoek	10
3.1	Bestaand grondonderzoek	10
3.2	Toetsing beschikbaar grondonderzoek.....	11
3.3	Geologische beschouwing	11
3.4	Lokale bodemopbouw.....	11
3.5	Waterstanden	13
3.6	Belendingen.....	13
4	Uitgangspunten	14
4.1	Veiligheidsklasse	14
4.2	Normen en richtlijnen	14
4.3	Programmatuur	14
4.4	Belastingen	14
4.5	Berekeningsmethode	15
5	Uitgangspunten huidige situatie	18
5.1	Bepaling representatieve grondparameters.....	18
5.2	Bepaling rekenwaarden.....	18
5.3	Overige uitgangspunten.....	19
6	Taludontwerp	20
6.1	Gedetailleerde analyse.....	20
6.2	Statische stabiliteitsanalyse	24
7	Conclusies en aanbevelingen.....	26
7.1	Conclusies.....	26
7.2	Aanbevelingen.....	27



Bijlagen:

- 1 Sonderingen met relatieve dichtheid (Baldi)



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

1 Inleiding

In opdracht van VOF Echten heeft Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. een taludontwerp opgesteld voor de uitbreiding van de zandwinning te Echten.

De werkzaamheden zijn verricht in aanvulling op het eveneens door ons bureau uitgevoerde geotechnisch onderzoek veldonderzoek gerapporteerd onder 'Geotechnisch onderzoek' (zie ons projectnummer VN-64956-1, rapportnummer R46869, d.d. 2016-12-15).

1.1 Aanleiding en doel

Het onderzoek is uitgevoerd in verband met de voorgenomen uitbreiding van de bestaande zandwinplas in westelijke richting over een oppervlakte van circa 10 hectare. Voornemen is om in dit terrein dezelfde winningsdiepte (NAP -39 m) aan te houden als in de bestaande zandwinplas; dit komt neer op een diepte van circa 47 m ten opzichte van het huidige maaiveldniveau.

Voor de uitbreiding zal een nieuwe of een wijziging van de bestaande ontgrondingsvergunning worden aangevraagd. Hiervoor wordt door de provincie een stabiliteitsanalyse van het onderwatertalud vereist volgens de CUR-Aanbeveling 113: 'Oeverstabiliteit bij zandwinputten'.

Doel van dit rapport is het opstellen van een taludontwerp voor de uitbreiding conform de CUR113 (Ref 1).

1.2 Kwaliteitswaarborging

De werkzaamheden zijn verricht onder ons kwaliteitssysteem NEN-EN-ISO-9001 en ons milieu-managementsysteem NEN-EN-ISO-14001. Wiertsema & Partners B.V. is in het bezit van een VGM-beheersysteem VCA**.

1.3 Leeswijzer

Na de inleiding in dit eerste hoofdstuk volgt in het tweede hoofdstuk een overzicht van de beschikbare projectgegevens. In hoofdstuk 3 staat het beschikbare grondonderzoek beschreven. Vervolgens staan in hoofdstuk 4 en 5 de uitgangspunten van de berekening. In hoofdstuk 6 volgt de berekening van het taludontwerp. Tot slot staan in hoofdstuk 7 de conclusies en aanbevelingen.



1.4 Referenties

De volgende referenties zijn gehanteerd in onderliggende rapportage.

- ▲ [1] CUR Aanbeveling 113 – Oeverstabiliteit bij zandwinputten.
- ▲ [2] Analyse bres, 66500-1 R46042, 7 november 2016, Wiertsema & Partners.
- ▲ [3] Geotechnisch grondonderzoek, 64956-1 R46013, 12 december 2016, Wiertsema & Partners.
- ▲ [4] Geotechnisch grondonderzoek, 26422, 8 september 2003, Wiertsema & Partners.
- ▲ [5] Peiling 22 februari 2017, 2017-013, Meet bv.
- ▲ [6] Peiling 13 september 2016, 2016-09-13, Meet bv.
- ▲ [7] Situatietekening retentiegebied - SI01-C06-21094103, 17-01-2014.
- ▲ [8] Memo voortzetting winning Fase 1 rev1 - 66500-3 R48747 – 20 maart 2017 – Wiertsema.

1.5 Symbolen en afkortingen

De volgende referenties zijn gehanteerd in onderliggende rapportage:

N.A.P Normaal Amsterdams Peil

γ_{sat}	Het volumegewicht van volledig verzadigde grond	[kN/m ³]
γ	Het volumegewicht van volledig onverzadigde grond	[kN/m ³]
φ'	Effectieve hoek van inwendige wrijving	[°]
c'	Effectieve cohesie	[kN/m ²]
D_{50}	Gemiddeld 50% van de korreldiameter is kleiner	[μm]
D_{15}	Gemiddeld 15% van de korreldiameter is kleiner	[μm]

1.6 Begrippenlijst

Hieronder vindt men een overzicht van begrippen gehanteerd in deze rapportage:

Bresvloeiing	Bezwijken van een talud door gestaag wegstromen van zandlagen, gevoed door een steil stroomopwaarts bewegende verstoring.
Insteek	Rand van de winput tijdens de zuigwerkzaamheden.
Taludontwikkeling	Verandering van het talud in de tijd onder invloed van het zuig- bres proces.
Verwekingsvloeiing	Bezwijken van het talud door plotseling wegstromen van verweekt zand.
Zettingsvloeiing	Verzamelterm voor de mechanismen verwekingsvloeiing en bresvloeiing.

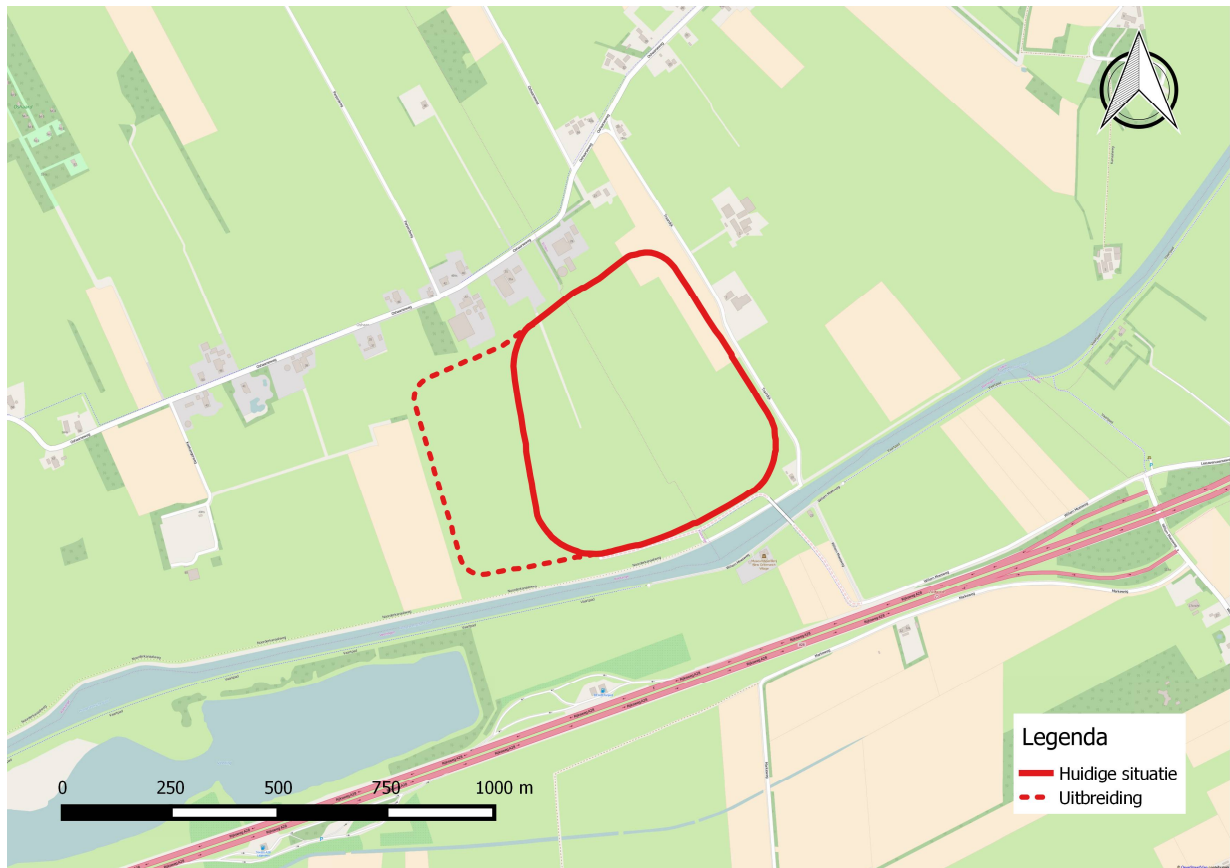


Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

2 Projectgegevens

2.1 Projectlocatie

De zandwinning Echten, zie Figuur 2-1, is gelegen in de buurt van Echten tussen Meppel en Hoogeveen.



Figuur 2-1 – Locatie zandwinning met uitbreiding

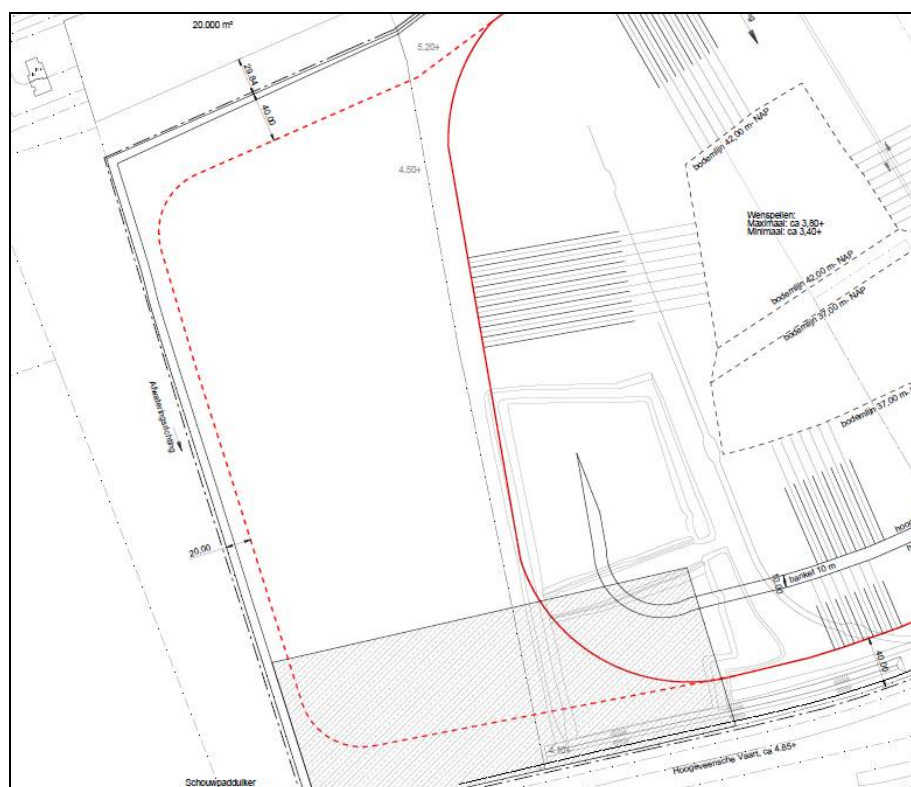
De huidige zandwinplas heeft een oppervlakte van circa 450m x 600m (ca. 27 hectare). De maximale winddiepte van de huidige put ligt op N.A.P. -39m. De uitbreiding betreft een oppervlakte van circa 200m x circa 500m (ca. 10 hectare) met een oeverlengte van circa 900 meter.



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Op basis van de resultaten van het uitgevoerde en beschikbare grondonderzoek is een geotechnisch bodemprofiel van de ondergrond geschematiseerd voor de uitbreiding (zie Figuur 2-2). Tevens zijn de grondparameters conform de NEN-9997-1+C1 vastgesteld. Op basis van deze gegevens is door ons bureau een taludontwerp beschouwd voor 1 representatieve bodemopbouw en is een advies opgesteld. Resumerend zijn de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

- Opstellen van een geotechnisch bodemprofiel inclusief parameterbepaling,
- Opstellen van een karakteristieke korrelverdeling naar diepte,
- Talud stabiliteitsberekening met behulp van D-Geo stability voor 1 profiel,
- Een analyse ten behoeve van de kans op verwekingsvloeiingen,
- Het opstellen van een eenvoudige geotechnische risicoanalyse voor 1 profiel.



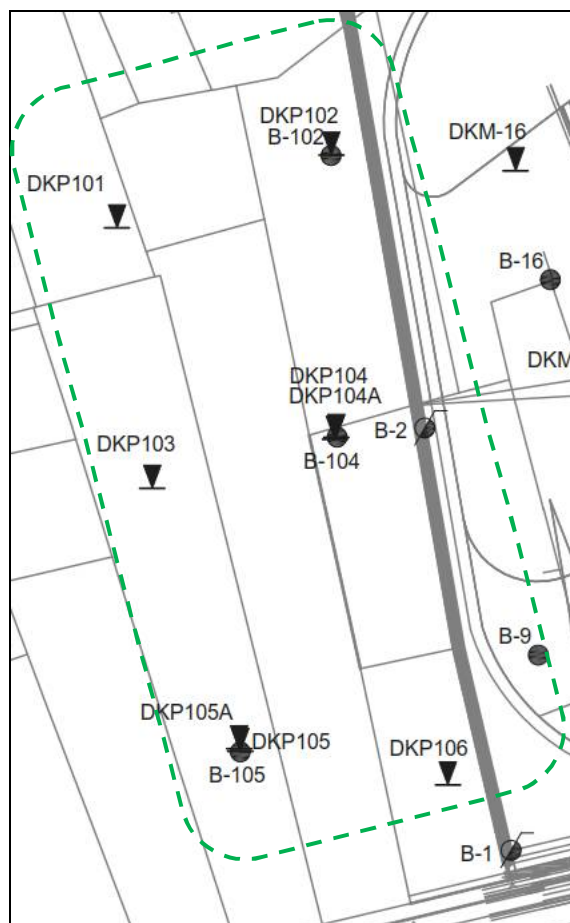
Figuur 2-2 – Locatie uitbreiding

3 Grondonderzoek

3.1 Bestaand grondonderzoek

Recente veldwerkzaamheden t.b.v. de uitbreiding zijn uitgevoerd op 12-12-2016 (ref 3) en hebben bestaan uit het verrichten van 6 sonderingen tot een diepte van gemiddeld N.A.P. -49m en 2 sonderingen tot een diepte van gemiddeld N.A.P. -66m nadat er tot 42 meter is voorgeboord. Tevens zijn er 3 pulsboringen uitgevoerd tot een gemiddelde diepte van N.A.P.-50m. Er zijn bij de 3 boringen geroerde en ongeroerde monsters genomen, waarop 75 maal een natte zeping en 2 maal een enkeltraps isotroop CU triaxiaalproef is uitgevoerd.

In Figuur 3-1 is het beschikbare grondonderzoek ter plaatse van de uitbreiding weergegeven. DKP101, DKP102, DKP103, DKP104, DKP104A, DKP105, DKP105A en DKP106 zijn sonderingen (ref 3) en B102, B104 en B105 zijn boringen (ref 3). Sonderingen en boringen met ene nummer kleiner dan 100 hebben betrekking op de bestaande put en zijn uitgevoerd in 2001.



Figuur 3-1 – Grondonderzoek ter plaatse van de uitbreiding



3.2 Toetsing beschikbaar grondonderzoek

Volgens de richtlijnen van de CUR113 [ref 1] is er voor een beschouwing van een taludontwerp een analyse benodigd op de kans op verwekingsvloeiing, bresvloeiing en afschuiving. Voor analyse van de faalmechanismen op eenvoudig niveau zijn minimaal 3 sonderingen en 1 boring benodigd, gerelateerd aan de te beschouwen oeverlengte van 900 meter. Het beschikbare grondonderzoek ter plaatse bestaat uit meerdere sonderingen en boringen die aan de minimale eisen voldoen, waardoor het beschikbare grondonderzoek voldoet aan de CUR Aanbeveling 113.

3.3 Geologische beschouwing

De opbouw bestaat, in het zuidelijke deel van de uitbreiding, vanaf het maaiveld uit een holocene afzettingen tot een dikte van maximaal 2 meter. Hieronder bevindt zich de Formatie van Boxtel, welke in het midden en noordelijke deel van de uitbreiding tot het maaiveld reikt. De Formatie van Boxtel bestaat hoofdzakelijk uit fijn tot grof zand met mogelijk voorkomen van enkele lagen leem. De laag varieert in diepte van N.A.P. +2m tot N.A.P. 0m. Hieronder vindt men de Formatie van Urk tot een diepte van N.A.P. -24m. Deze formatie bestaat uit fluviatiele zandafzettingen en varieert in gradatie van fijn tot uiterst grof. De ondergrens met de Formatie van Appelscha wordt gekenmerkt door een 'groene bank', die uit klei en fijn zand bestaat. De Formatie van Appelscha bestaat voornamelijk uit fijn tot uiterst grof zand tot een diepte van N.A.P. -42m. Hieronder bevinden zich de Formatie van Peize en de Formatie van Waalre welke vertand voorkomen tot grotere diepte, bestaande uit zand en lokaal dikke kleilagen. Op de overgang op N.A.P. -42m kunnen lokaal relatief fijne afzettingen voorkomen van de Formatie van Waalre.

3.4 Lokale bodemopbouw

De maaiveldhoogtes ter plaatse liggen tussen de N.A.P. +3,95m en N.A.P. +4,63m volgens het laatste uitgevoerde grondonderzoek (Ref 3). Als gemiddelde maaiveldhoogte wordt N.A.P. +4,29m gehanteerd. DKP106 laat een bovenlaag zien van matig stevige klei tot N.A.P. +2,00m. De overige sonderingen tonen een zandpakket, met variërende pakking, tot een diepte van ongeveer N.A.P. -37,50m. DKP104 en B104 laten een matig stevige leemlaag zien op N.A.P. -15,20m tot N.A.P. -16,00m, welke ook in DKP105 is te zien. Vanaf N.A.P. -38,00m laten DKP104 en B104 een sterk gelaagd stevig kleipakket zien van enkele meters dik. De sonderingen DKP101 en DKP102 en boring B102 laten een zandpakket zien tot N.A.P. -42m, waar de overige boringen en sonderingen erg variëren in opbouw tussen klei en zandlagen. Vanaf N.A.P. -42,00m laat DKP104 en B104 een vast gepakt zandpakket zien tot een diepte van N.A.P. -66m. DKP104 en B104 zijn meest representatief voor het diepe gedeelte van de winning rekening houdend met de taludhelling vanaf de insteek.

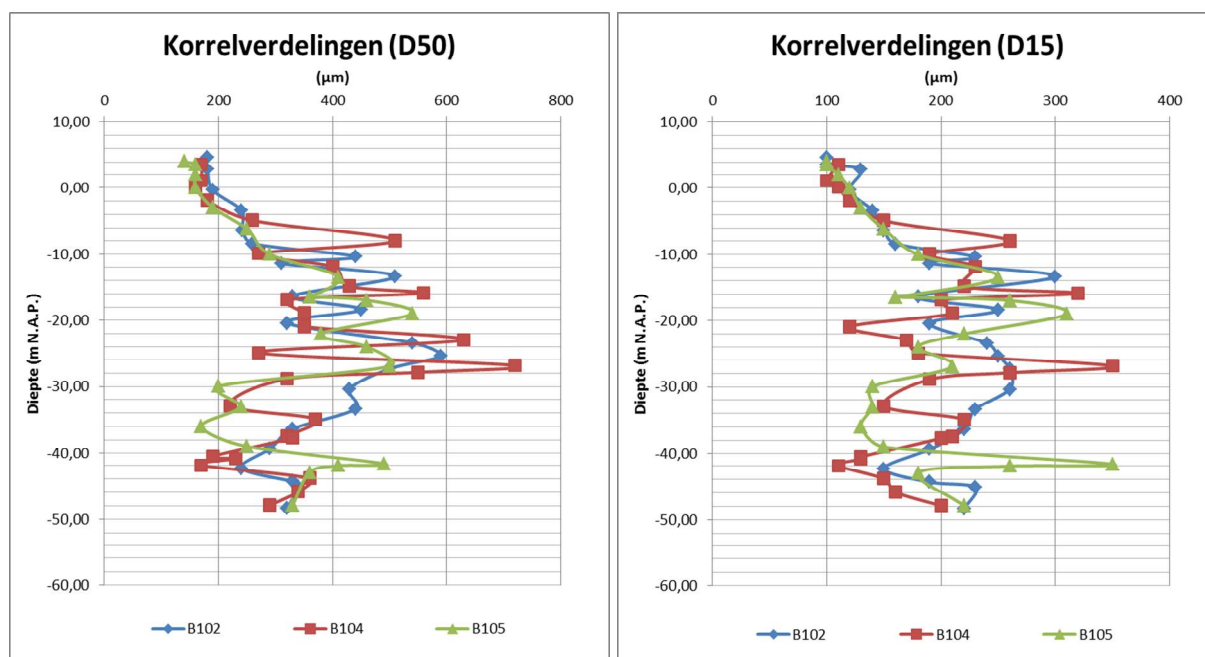


Op basis van de sonderingen en boringen is hieronder de maatgevende bodemopbouw weergegeven (zie Tabel 3-1).

Tabel 3-1 - Maatgevende bodemopbouw

Laag	Diepte [m N.A.P.]	Diepte [m N.A.P.]	Omschrijving
1	+4,29	+2,00	Klei, organisch, matig gepakt
2	+2,00	-6,00	Zand, schoon, vast gepakt
3	-6,00	-15,20	Zand, schoon, los tot matig gepakt
4	-15,20	-15,80	Leem, zwak zandig, matig stevig
5	-15,80	-19,00	Zand, schoon, los gepakt
6	-19,00	-38,00	Zand, schoon, vast gepakt
7	-38,00	-40,50	Klei, stevig
8	-40,50	-42,00	Zand, sterk siltig (zeer gelaagd zand/klei)
9	-42,00	-66,00	Zand, vast gepakt

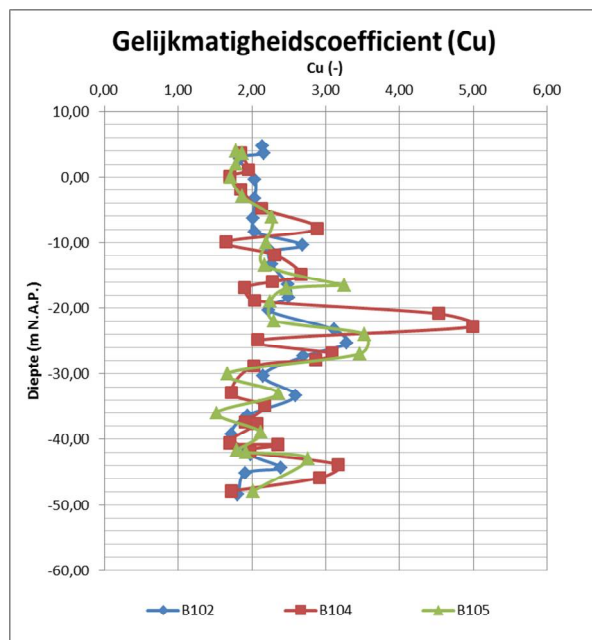
Op basis van de korrelverdelingenopbouw (zie Figuur 3-2 en Figuur 3-3) kunnen de zandlagen tot N.A.P. -8m als matig fijn tot matig grof zand worden geclassificeerd en tot N.A.P. -25m als zeer grof tot uiterst grof zand. Vanaf N.A.P. -25m tot N.A.P. -42m wordt het zand als matig grof aangeduid.



Figuur 3-2 – Korrelverdelingenopbouw (D50 en D15)



De gelijkmatigheidscoëfficiënt geeft de mate van spreiding van het zand weer. Deze is voor alle 3 boringen ongeveer gelijk en geeft een matig kleine tot matig grote spreiding weer. Zand met een grote spreiding zal bij een bresvloeiing eerder verzanden dan een zand met een kleine spreiding.



Figuur 3-3 – Korrelverdelingenopbouw (gelijkmatigheidscoëfficiënt)

3.5 Waterstanden

Het plaspeil is maximaal N.A.P. + 3,80m en minimaal N.A.P. +3,40m [ref 7]. Het gemiddelde plaspeil ligt op N.A.P. +3,60m [ref 7]. De achterliggende watergang wordt op N.A.P. +3,60m gehouden [ref 7]. Tijdens retentiefunctie zal het waterpeil maximaal N.A.P. +5,00m zijn [ref 7].

De gemiddelde grondwaterstand ter plaatse van de uitbreiding varieert tussen N.A.P. 3,00m en N.A.P. 3,80m gebaseerd op peilbuisgegevens. Op basis van het peilbuisnetwerk wordt aangenomen dat het grondwaterpeil gelijk aan of lager is dan het plaspeil.

3.6 Belendingen

Onder belendingen wordt verstaan de infrastructuur of onroerend goed in de buurt van de oever.

Aan de noordzijde van de uitbreiding bevindt zich bebouwing met permanente bewoning en aan de zuidelijke zijde bevindt zich de Hoogeveense Vaart.



4 Uitgangspunten

4.1 Veiligheidsklasse

Bij de beschouwing van het talud wordt uitgegaan van de NEN 9997-1+C1 eisen waarbij voor algehele stabiliteit van taluds de onderstaande partiële factoren (zie Tabel 4-1), volgens veiligheidsklasse RC1, worden toegepast op de representatieve waarden.

Tabel 4-1 - Partiële factoren voor grondparameters

Grondparameter	Veiligheidsklasse	Partiële factor
Hoek van inwendige wrijving (op de Tangens van de hoek)	RC1	1,2
Effectieve cohesie	RC1	1,3
Volumiek gewicht	RC1	1,0

Representatieve geotechnische belastingen (zoals verkeer) die in de berekeningen worden meegenomen vallen onder ontwerpbenadering 3 (zie NEN 9997-1+C1 art. 2.4.7.3.4.4) en moeten worden vermenigvuldigd met uit Tabel 4-2 vermelde partiële factor.

Tabel 4-2 - Partiële factoren voor belastingen

Grondparameter	Veiligheidsklasse	Partiële factor
Veranderlijk ongunstig	RC1	1,17

4.2 Normen en richtlijnen

De berekeningen zijn uitgevoerd conform de Eurocode NEN-EN 1990 en de geotechnische ontwerpnorm NEN 9997-1+C1:2012. Deze laatste ontwerpnorm is een samenvoeging van de normen NEN-EN 1997-1, de nationale bijlage (NB) en de Nederlandse geotechnische normen en CUR-publicaties, voor zover niet in strijd met de NEN 1997-1. Tevens is de CUR-Aanbeveling 113 'Oeverstabiliteit bij zandwinputten' gehanteerd voor het opstellen van de rapportage.

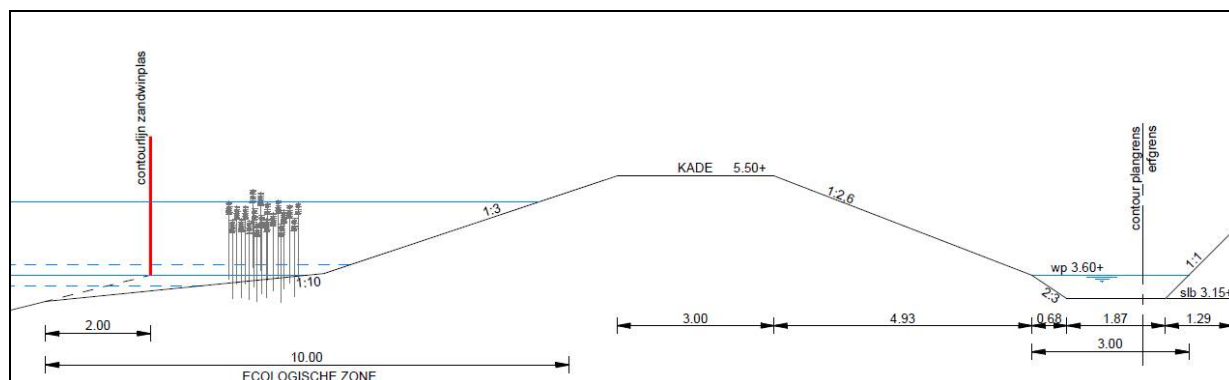
4.3 Programmatuur

De stabiliteitstoetsingen van de taluds zijn uitgevoerd met behulp van een computerprogramma (D-Geo Stability 16.1), waarbij gekozen is voor de methode van Bishop.

4.4 Belastingen

Aangenomen is dat er door de werkzaamheden, graafmachine en dumpers, op de insteek van het talud een belasting wordt meegenomen van een ongunstige en tijdelijke aard ter grootte van 10 kN/m², over een breedte van 10m. Tevens wordt er in de berekening rekening gehouden met de toekomstige retentiefunctie [ref 7] van de zandwinplas en bijbehorende inrichting. Hierbij wordt de zandwinplas omringd door een kade van gebiedseigen materiaal met een kruinhoogte van N.A.P. +5.50m, kruinbreedte van 3 meter en taludhelling van 1:3 (zie Figuur 4-1). Ter plaatse van het te beschouwen talud ligt het maaiveld tussen de N.A.P. +3,95m en N.A.P. +4,63m, waardoor maximaal een kade van 1,50m hoogte dient te worden aangebracht.





Figuur 4-1 – Retentievoorzieningen (concept [ref 7])

Een analyse van de taludstabiliteit inzake de kans op een verweking als gevolg van een aardbeving valt buiten de scope van onze werkzaamheden.

4.5 Berekeningsmethode

De stabiliteit en de kans op zettingsvloeiingen (verwekingsvloeiing en bresvloeiing) van de ondergrond wordt gecontroleerd op basis van geconsolideerde omstandigheden. Uit de sonderingen blijkt dat de grond overwegend uit zand bestaat zodat zettingen minder of niet van belang zijn.

4.5.1 Macrostabiliteit

Bij de macrostabiliteitsberekeningen wordt uitgegaan van cirkelvormige glijvlakken, waarbij het grondmassief voor de berekening in verticaal gescheiden lamellen wordt verdeeld. Het gewicht van de grond en de belastingen daarop aan de actieve zijde van het schuifvlak vormen de aandrijvende krachten. De tegenwerkende krachten bestaan uit het gewicht van de grond en de belastingen daarop aan de passieve zijde en de schuifweerstand langs het gehele glijvlak.

De verhouding tussen de tegenwerkende en aandrijvende krachten is een maat voor de veiligheid van het talud. Een voldoende veilig talud bezit een veiligheidsfactor van tenminste 1,00 gebaseerd op de rekenwaarden van de grondparameters en belastingen.

4.5.2 Microstabiliteit

Hieronder wordt verstaan de stabiliteit van individuele zandkorrels die negatief wordt beïnvloed wanneer er sprake is van uitredend water uit het talud als gevolg van een peil in de zandwinplas dat lager is dan de omringende grondwaterstand.

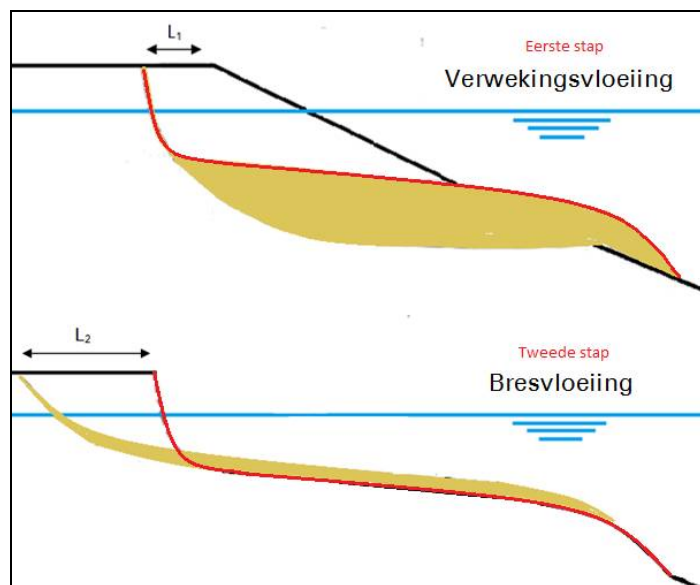
4.5.3 Zettingsvloeiingen

Zettingsvloeiingen zijn onder te verdelen in verwekingsvloeiingen en bresvloeiingen.

Verwekingsvloeiingen kunnen voorkomen in losgepakte zanden. Een maat voor verwekingsgevoeligheid van zand is de relatieve dichtheid (R_n). Bij een relatieve dichtheid kleiner dan 50% wordt gesproken van een 'losse pakking' van het korrelskelet. Losgepakte zandlagen met een dikte van meer dan 1 m zijn gevoelig voor grondwaterdrukverschillen en/of dynamische



belastingen. Door één van deze fenomenen of een combinatie daarvan kan een verkleining van het volume optreden. Het verkleinen van het volume veroorzaakt vervolgens verhoogde waterspanningen. De hogere waterspanningen zorgen op hun beurt voor het verlagen van de korreldrukken. In het geval van een verwekingsvloeïing zijn de korreldrukken zo laag dat de zanddeeltjes gaan 'zweven', met als gevolg dat de betreffende laag gaat vervloeien ofwel 'verweken,' zie eerste stap Figuur 4-2. De geel gemarkeerde zone in deze figuur, betreft de zandlagen die door de verweking worden beïnvloed (verweken en/of afschuiven). de rode lijn is de taludhelling die na optreden van de verweking resteert.



Figuur 4-2 – Zettingsvloeïingsproces (links verwekingsvloeïing, rechts bresvloeïing) (Bron: Deltares)

Het afgeschoven profiel blijft veelal aan de bovenkant van het talud (te) steil staan. Dit is een tijdelijk effect onder invloed van dilatant gedrag (negatieve waterspanning). Bij het terug treden van de negatieve waterspanning laten de zandkorrels los van de oppervlakte (zandskelet) en zorgen hierdoor voor een suspensiestroom langs het talud, wat erosie tot gevolg heeft (bresvloeïing). Het proces stopt wanneer het talud dermate flauw is dat de suspensie niet meer weg wil stromen, zie Figuur 4-2 tweede stap.

De hierboven genoemde twee processen samen resulteren in een inscharing over een lengte van $L_1 + L_2$. Deze lengten zijn van vele factoren afhankelijk (waaronder de laagdikte en de hoogte van het talud) en kunnen daardoor per situatie sterk variëren.

In dit rapport is de kans op verwekingsvloeïingen getoetst aan de CUR-Aanbeveling 113. Op basis van de conusweerstand is een schatting van de relatieve dichtheid gemaakt. Daarbij is gebruik gemaakt van de correlatie tussen de relatieve dichtheid en de conuswaarde (q_c) volgens Baldi et al. De CUR-Aanbeveling 113 geeft aan dat er een eenvoudige toetsing kan plaats vinden indien uit de sonderingen en boringen blijkt dat, het zand redelijk vastgepakt en niet te fijn is en wanneer er gekozen wordt voor een conservatief ontwerp (relatief geringe putdiepte, flauwe taludhellingen en brede randstroken).



Met de zettingsvloeiingsanalyse wordt gecontroleerd en/of bepaald welke randstrookbreedte benodigd is om te voldoen aan de voorgeschreven veiligheidsklasse RC1 (een kans op voorkomen van 1 op 5×10^{-4}). De kans op verweking als gevolg van een aardbeving en/of trillingen en/ of als gevolg van bouwverkeer valt buiten de scope van onze werkzaamheden.



5 Uitgangspunten huidige situatie

5.1 Bepaling representatieve grondparameters

Voor de stabiliteitsberekening is op basis van eerder verricht grondonderzoek een bodemopbouw geschematiseerd zoals weergegeven in tabel 3.1. In Tabel 5-1 zijn hiertoe grondmechanische parameters toegekend conform de NEN 9997-1+C1 tabel 2.b en resultaten van het laboratorium onderzoek [ref 3].

Tabel 5-1 - Maatgevende bodemopbouw (representatieve waarden)

Laag	Diepte [m N.A.P.]	Diepte [m N.A.P.]	Grondsoort	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	φ' [°]	c' [kPa]
1	+4,29	+2,00	Klei, organisch, matig gepakt	15	15	15	1
2	+2,00	-6,00	Zand, schoon, vast gepakt	19	21	35	0
3	-6,00	-15,20	Zand, schoon, los tot matig gepakt	17	19	30	1
4	-15,20	-15,80	Leem, zwak zandig, matig stevig	20	20	27.5	1
5	-15,80	-19,00	Zand, schoon, los gepakt	17	19	30	0
6	-19,00	-38,00	Zand, schoon, vast gepakt	18	19	32,5	0
7	-38,00	-40,50	Klei, vast	15.3	15.3	18.7	46
8	-40,50	-42,00	Zand, sterk siltig (sterk gelaagd zand/klei)	18	20	25	0
9	-42,00	-66,00	Zand, vast gepakt	18	19	32.5	0

5.2 Bepaling rekenwaarden

Rekenwaarden die als invoer voor de berekeningen worden gebruikt zijn in tabel 5.2 en tabel 5.3 weergegeven. Deze rekenwaarden zijn de representatieve waarden gedeeld door de veiligheidsfactoren (representatieve waarde van de tangens van de hoek van inwendige wrijving wordt gedeeld door de veiligheidsfactoren).

Tabel 5.2 - Rekenwaarden grondparameters

Laag	Diepte [m N.A.P.]	Diepte [m N.A.P.]	Grondsoort	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	φ' [°]	c' [kPa]
1	+4,29	+2,00	Klei, organisch, matig gepakt	15	15	12.6	0.75
2	+2,00	-6,00	Zand, schoon, vast gepakt	19	21	30.2	0
3	-6,00	-15,20	Zand, schoon, los tot matig gepakt	17	19	25.7	0.75
4	-15,20	-15,80	Leem, zwak zandig, matig stevig	20	20	23.5	0.75
5	-15,80	-19,00	Zand, schoon, los gepakt	17	19	25.7	0
6	-19,00	-38,00	Zand, schoon, vast gepakt	18	19	28	0
7	-38,00	-40,50	Klei, vast	15.3	15.3	15.7	35
8	-40,50	-42,00	Zand, sterk siltig (zeer gelaagd zand/klei)	18	20	21.2	0
9	-42,00	-66,00	Zand, vast gepakt	18	19	28	0



Tabel 5.3 - Rekenwaarden belastingen

Omschrijving	
Tijdelijke ongunstige belasting	11,7 kN/m ²

5.3 Overige uitgangspunten

In de berekening zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- ▲ Voor de veiligheidsklasse van de belending wordt RC1 aangehouden, bijbehorende faalkans is 5×10^{-4} .
- ▲ Ten behoeve van onderhoud van de oever wordt in de berekening gerekend met een representatieve belasting van 10 kN/m² (1 ton/m²) over een werkende breedte van 10m tijdens de beheer- en exploitatiefase.
- ▲ Voor de zandwinning wordt een diepte van N.A.P. -39m aangehouden.
- ▲ Oevererosie ten gevolge van golfslag wordt in deze rapportage buiten beschouwing gelaten.
- ▲ De zandwinning is aangeduid als retentiegebied. Hiervoor zal op de insteek een kade worden aangebracht van maximaal 1,50m hoogte van gebiedseigen materiaal.



6 Taludontwerp

In dit hoofdstuk wordt op basis van 1 bodemopbouw en 1 korrelverdeling een taludontwerp beschouwd welke voldoet aan de richtlijnen van de CUR113.

Op basis van een analyse van de kans op zettingsvloeiingen en de statische stabiliteitsanalyse wordt het taludontwerp berekend. Hierbij wordt gecontroleerd of de kans op overschrijding van de voorgestelde randstrookbreedte niet te groot is of er wordt bij de toelaatbare kans de minimaal benodigde randstrookbreedte weergegeven.

De CUR113 geeft aan dat er een eenvoudige toetsing kan plaats vinden indien uit de sonderingen en boringen blijkt dat, het zand redelijk vastgepakt en niet te fijn is en wanneer er gekozen wordt voor een conservatief ontwerp (relatief geringe putdiepte, flauwe taludhellingen, brede randstroken). Indien niet aan bovengenoemde voorwaarden wordt voldaan dient er een gedetailleerde analyse van de mogelijke faalmechanismen te worden uitgevoerd.

Omdat dit rapport een beschouwing is van een niet conservatief ontwerp wordt ervoor gekozen een gedetailleerde analyse uit te voeren.

6.1 Gedetailleerde analyse

Zoals reeds in paragraaf 4.5.3 is beschreven, kunnen verwekingvloeiingen voorkomen in losgepakte zanden. Een maat voor verwekingsgevoeligheid is de relatieve dichtheid (R_n) van zand.

6.1.1 Verwekingsanalyse

Uit de analyse van de sonderingen blijkt dat er verwekingsgevoelige lagen aanwezig zijn (zie bijlage 1). In onderstaande tabel zijn de verwekingsgevoelige lagen weergegeven.

Tabel 6-1 – Verwekingsgevoelige lagen

Laagnummer	Sondering	Diepte [m N.A.P.]	Diepte [m N.A.P.]	Relatieve dichtheid [%]	Dikte [m]
1	DKP101	-25.00	-29.00	35	4
2	DKP103	-13.00	-19.00	30	6
3	DKP104	-21.00	-23.00	45	2

Voor het ontstaan van een afschuiving als gevolg van verweken, dient er een triggermechanisme aanwezig te zijn in de vorm van aardbevingstrillingen, trillingen als gevolg van bouwwerkzaamheden en/of baggerwerkzaamheden. Indien er een inscharing plaats vindt verplaatst de insteek van het talud zich. De afstand tussen de insteek voor en na de opgetreden inscharing wordt gedefinieerd als inscharringslengte ofwel verloren randstrookbreedte.

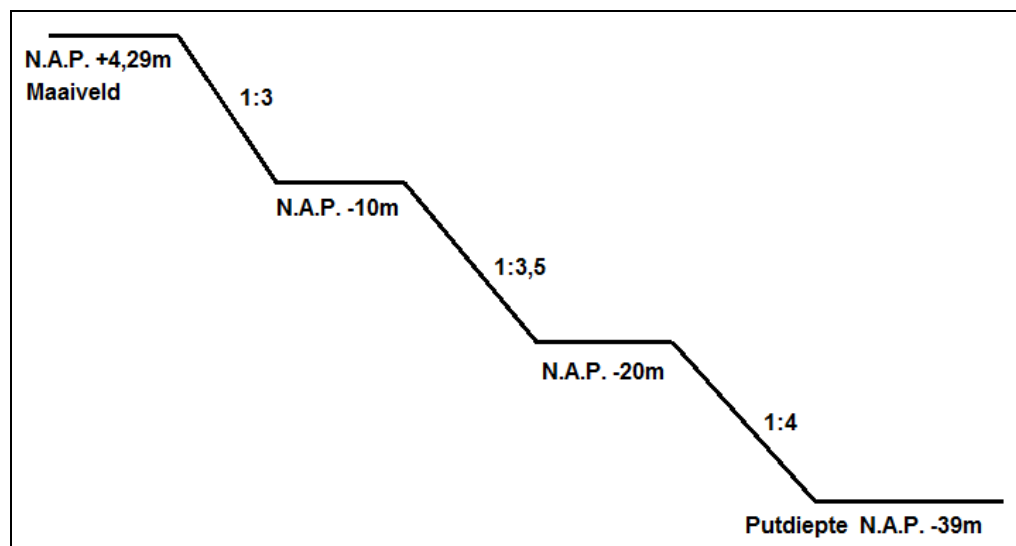


Risico op verwekingsvloeiing is zeer aannemelijk op de hierboven vermelde dieptes uit Tabel 6-1. In het ontwerp wordt hier rekening mee gehouden door het realiseren van tussenbermen aan de bovenkant van de verwekingsgevoelige lagen.

6.1.2 Taludgeometrie

Het taludontwerp is opgesteld op basis van een verwekingsanalyse, een risicoanalyse en de CUR-113 richtlijn. De CUR-113 richtlijn geeft aan dat bij een bodemopbouw met grof zand ($D_{50} > 200\mu\text{m}$ en $D_{15} > 100\mu\text{m}$) en een putdiepte van ongeveer 40m een gemiddelde taludhelling van 1:4 met 2 tussenbermen gehanteerd kan worden. Hierbij wordt een 'hol' talud aangehouden, waarbij de taludhellingen over de diepte toenemen. De taludhellingen en randstrookbreedte/tussenberm zijn in de risicoanalyse aan elkaar gekoppeld.

De diepte van de tussenbermen zijn op basis van de verwekingsanalyse bepaald. Deze zijn gepositioneerd aan de bovenzijde van de verwekingsgevoelige lagen nummer 2 en 3 (zie Tabel 6-1).



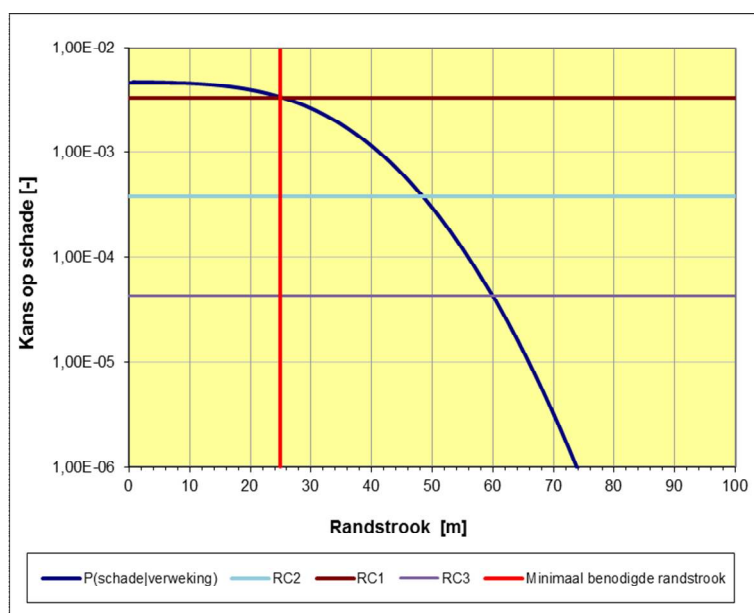
Figuur 6-1 - Taludgeometrie



6.1.3 Randstrookbreedte

In deze beschouwing wordt aan de hand van de verwekingsanalyse, het taludontwerp en veiligheidsklasse RC1 een uitspraak gedaan over de minimaal benodigde randstrookbreedte.

De benodigde randstrookbreedte is bepaald op basis van de pakking van het zand volgens de in de CUR113 aangegeven methodiek. De benodigde randstrookbreedte is afhankelijk van de kans op schade bij een oeverinscharing. De te hanteren kans op schade bij een veiligheidsfactor RC1 is $5 \cdot 10^{-4}$. Voor de put geometrie weergegeven in Figuur 6-1 is een randstrookbreedte van 25m benodigd, zie Figuur 6-2.



Figuur 6-2 - Randstrook bepaling verwekingsgevoelige laag

Conclusie

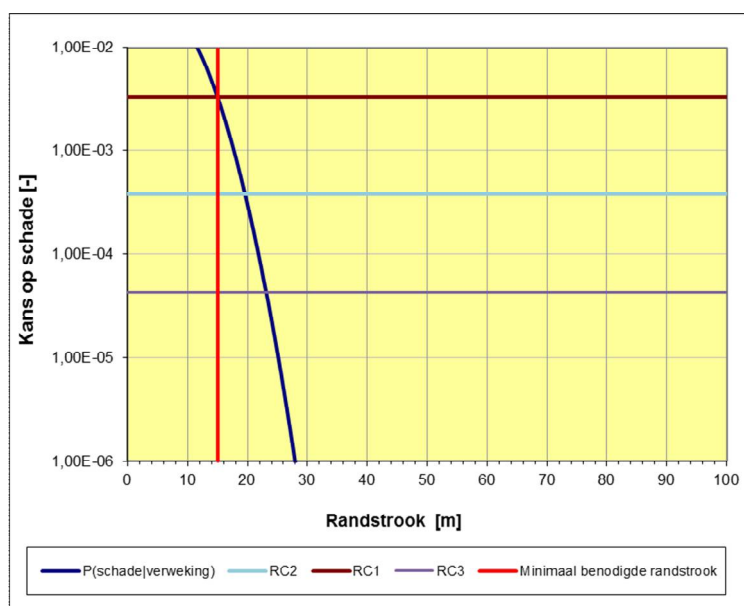
Er kan worden geconcludeerd dat voldoende veiligheid kan worden verkregen wanneer de randstrookbreedte bij de insteek op N.A.P. +4.29m minimaal 25 meter bedraagt.



6.1.4 Tussenberm op N.A.P. -10m

In deze beschouwing is aan de hand van de verwekingsanalyse, het taludontwerp en veiligheidsklasse RC1 een uitspraak gedaan over de minimaal benodigde breedte van de tussenberm op N.A.P. -10m.

De benodigde tussenberm breedte t.a.v. de verwekingsgevoelige laag wordt bepaald op basis van de in de CUR113 aangegeven methodiek. De tussenberm breedte wordt bepaald op basis van de kans op schade bij een oeverinschaling. De te hanteren kans op schade bij een veiligheidsfactor RC1 is $5 \cdot 10^{-4}$. Voor de talud geometrie, zoals weergegeven in Figuur 6-1, is een tussenberm breedte op N.A.P. -10m van 15m benodigd, zie Figuur 6-3.



Figuur 6-3 – Tussenberm breedte op N.A.P. -10m

Conclusie

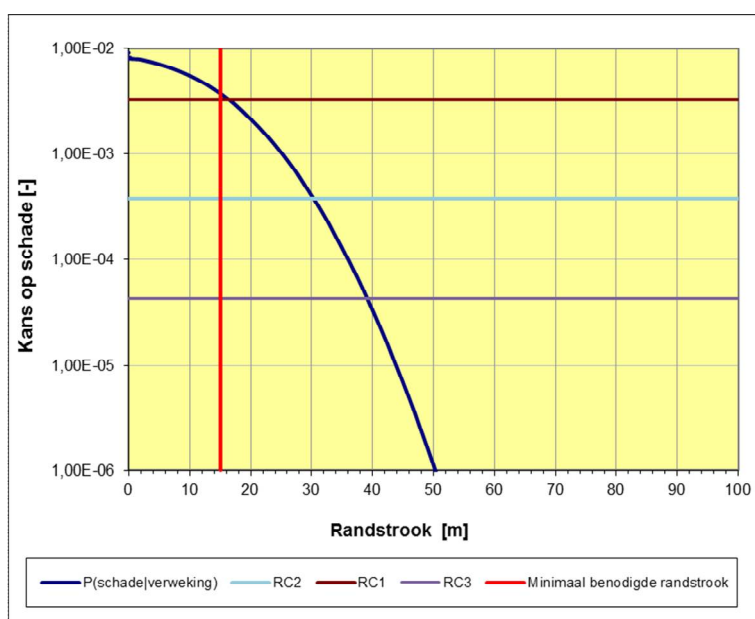
Er kan worden geconcludeerd dat er voldoende veiligheid kan worden verkregen wanneer de tussenberm op N.A.P. -10m een breedte heeft minimaal 15 meter.



6.1.5 Tussenberm op N.A.P. -20m

In deze beschouwing wordt aan de hand van de verwekingsanalyse, het taludontwerp en veiligheidsklasse RC1 een uitspraak gedaan over de minimaal benodigde tussenberm breedte op N.A.P. -20m.

De benodigde tussenberm breedte t.a.v. de verwekingsgevoelige laag wordt bepaald op basis van de in de CUR113 aangegeven methodiek. De tussenberm breedte wordt bepaald op basis van de kans op schade bij een oeverinscharing. De te hanteren kans op schade bij een veiligheidsfactor RC1 is $5 \cdot 10^{-4}$. Voor de put geometrie weergegeven in Figuur 6-1 is een tussenberm breedte op N.A.P. -20m van 15m benodigd, zie Figuur 6-4.



Figuur 6-4 – Tussenberm breedte op N.A.P. -20m

Conclusie

Er kan worden geconcludeerd dat er voldoende veiligheid kan worden verkregen wanneer de tussenberm op N.A.P. -20m minimaal een breedte heeft van 15 meter.

6.2 Statische stabiliteitsanalyse

Voor de statische stabiliteit van een talud kan men twee stabiliteitscriteria onderscheiden, namelijk macrostabiliteit en microstabiliteit. Voor de controle van deze twee criteria wordt uitgegaan van de geometrie op basis van zettingsvloeiing. Het taludontwerp (Figuur 6-1) zal worden getoetst op de veiligheid tegen afschuiven onder statische condities (DGeo-Stability 16.1). Er wordt geen rekening gehouden met dynamische effecten zoals aardbevingen en of trillingen als gevolg van bouwactiviteiten.

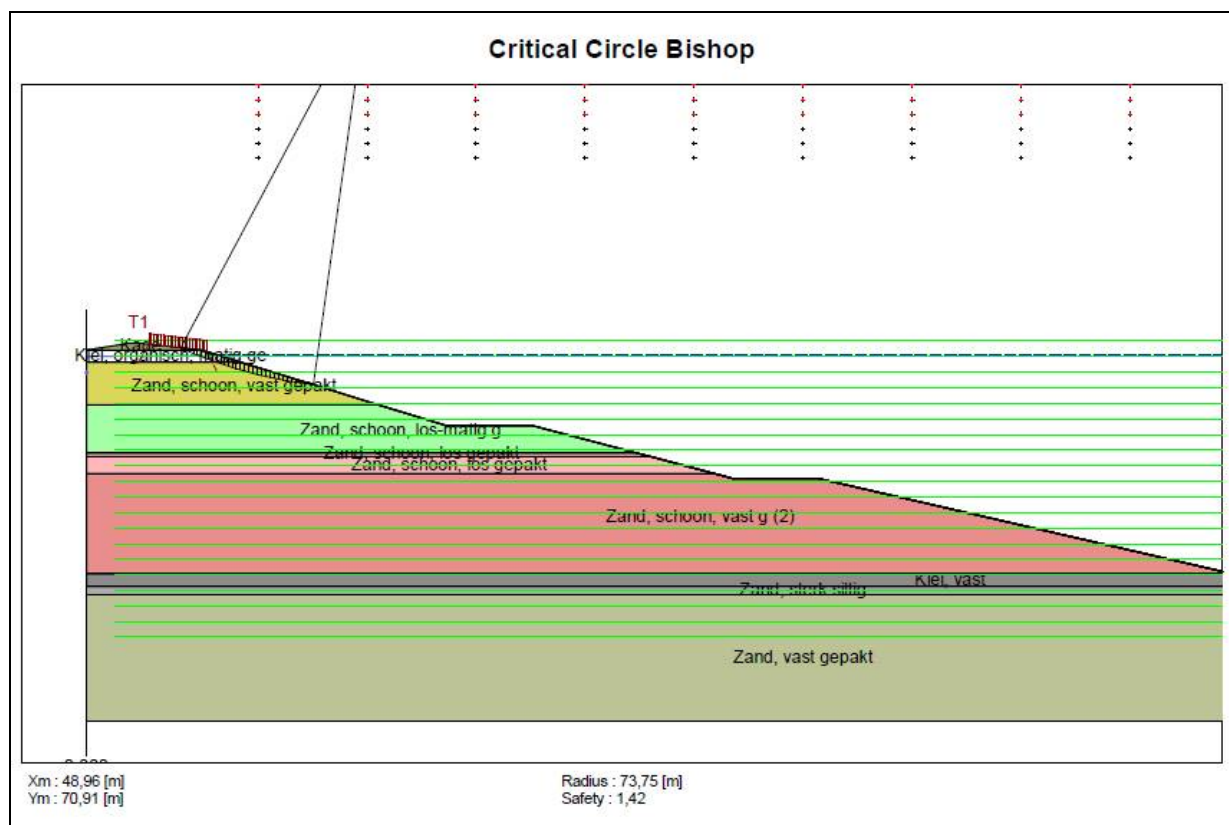


Macrostabiliteit

De stabiliteit en het draagvermogen van de ondergrond wordt gecontroleerd op basis van normaal geconsolideerde omstandigheden. De statische stabiliteit van het talud met bovenbelasting is getoetst op de kans op afschuiving aan de hand van de methode van Bishop. Bij het invoeren van de rekenwaarden van de grondparameters en de toegepaste belastingen is volgens de norm een veiligheidsfactor (SF) van 1,0 voldoende. Bij een veiligheidsfactor groter dan 1,0 is het talud voldoende veilig tegen statisch afschuiven.

Resultaten stabiliteitsberekening:

Uit de analyse blijkt dat de geometrie voldoende veilig is tegen afschuiving (SF =1,42).



Figuur 6-5 - Stabiliteitsbeschouwing talud met bovenbelasting

Microstabiliteit

Hieronder wordt verstaan de stabiliteit van individuele zandkorrels die negatief wordt beïnvloed wanneer er sprake is van uittredend water uit het talud als gevolg van een peil in de zandwinning dat lager is dan de omringende grondwaterstand. Er moet sprake zijn van een voldoende groot verhang in de grondwaterstanden wil er evenwichtsverlies optreden. In dit geval is het plaspeil hoger dan de grondwaterstand, waardoor uittredend water niet zal optreden en de microstabiliteit dus kan worden gegarandeerd.



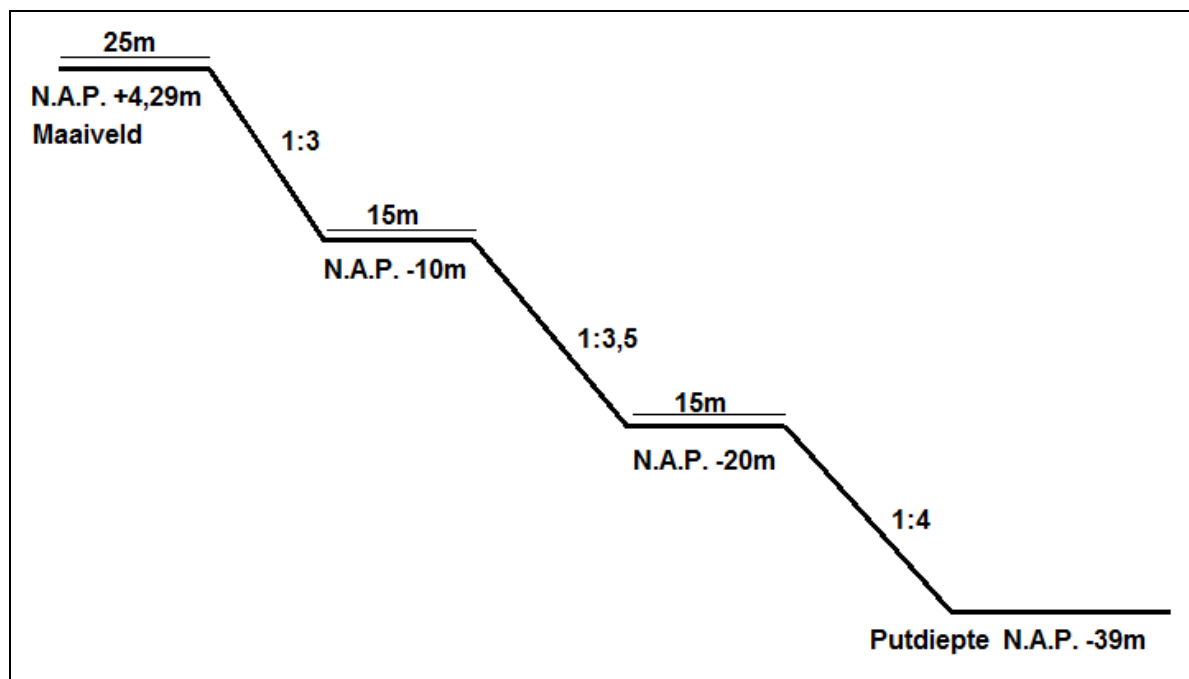
7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Op basis van de beschouwing van het taludontwerp, zie Figuur 7-1, voor de uitbreiding wordt geconcludeerd dat deze voldoende veilig is en voldoet aan de CUR113 richtlijn.

Het taludontwerp is opgesteld op basis van een verwekingsanalyse, een risicoanalyse en de CUR-113 richtlijn. De CUR-113 richtlijn geeft aan dat bij een bodemopbouw met grof zand ($D_{50} > 200\mu\text{m}$ en $D_{15} > 100\mu\text{m}$) en een putdiepte van ongeveer 40m een gemiddelde taludhelling van 1:4 met 2 tussenbermen gehanteerd kan worden. Hierbij wordt een 'hol' talud aangehouden, waarbij de taludhellingen over de diepte toenemen. De taludhellingen en randstrookbreedte/tussenberm breedte zijn in de risicoanalyse aan elkaar gekoppeld.

De diepte van de tussenbermen zijn op basis van de verwekingsanalyse bepaald. Deze zijn gerealiseerd aan de bovenzijde van de verwekingsgevoelige lagen. De breedte van de tussenbermen zijn aan de van de risicoanalyse bepaald.



Figuur 7-1 – Taludontwerp uitbreiding

Het taludontwerp biedt voldoende weerstand tegen statisch afschuiven met een overall veiligheidsfactor van 1,42.

Het plaspeil is hoger dan de grondwaterstand, waardoor uitredend water niet zal optreden en de microstabiliteit kan worden gegarandeerd.



7.2 Aanbevelingen

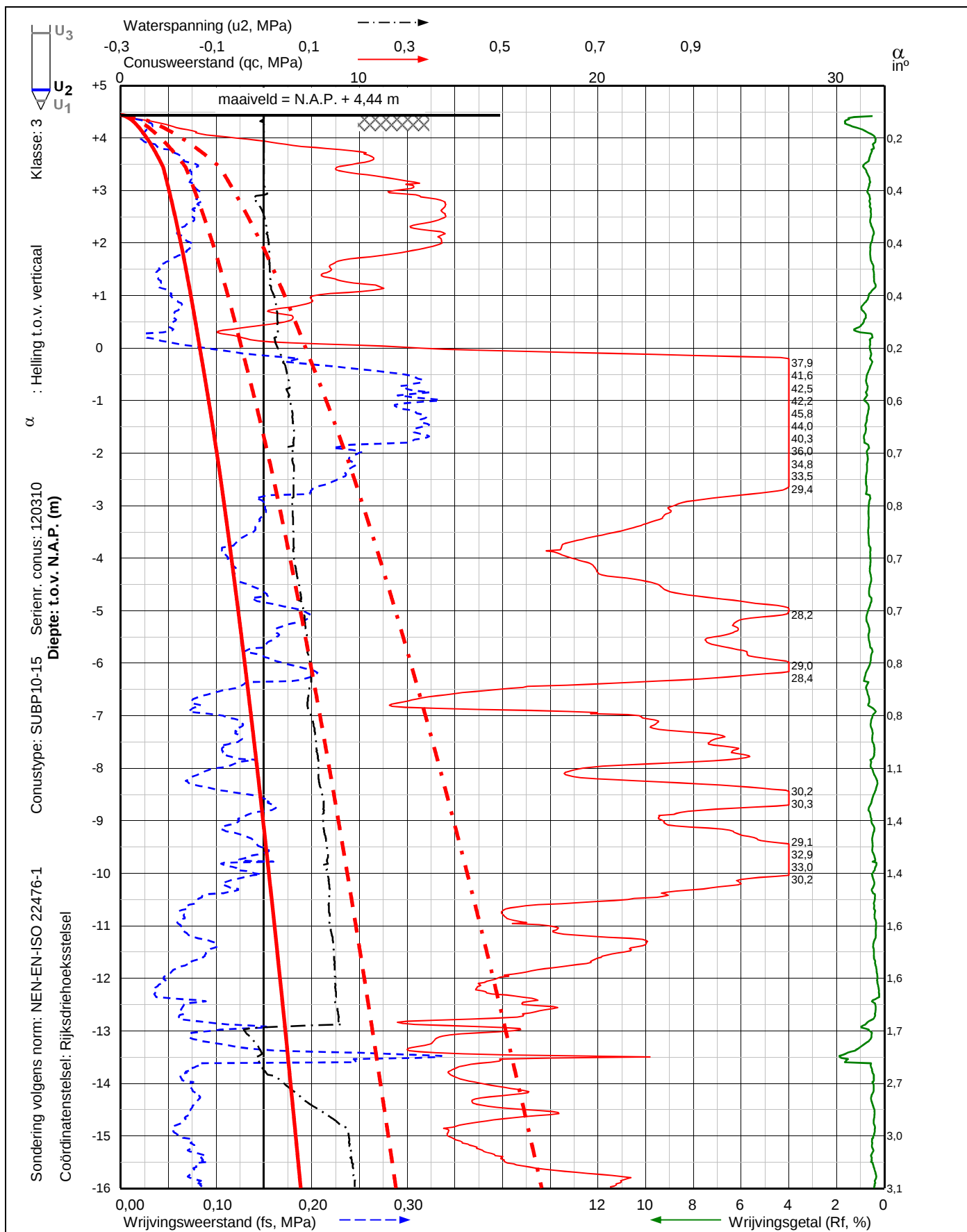
Voor de taludstabiliteit is de opbouw van het talud van belang. De dynamische stabiliteit, welke vooral van belang is tijdens de exploitatiefase wordt behandeld in een winplan. Hierbij wordt gekeken naar de minimale afstand die gehanteerd moet worden tussen het talud en de insteeklocatie van de zuigbuis. Aangenomen wordt dat de aannemer er zorg voor draagt dat de bresvorming die tijdens het winnen ontstaat, niet door het ontwerptalud heen gaat en na het winnen een taludopbouw achterlaat die niet bresgevoelig is.



Bijlage 1




Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS



Project: Uitbreiding zandwinning Echten Lijn Dr = 33% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand)

Projectplaats: Echten Lijn Dr = 50% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand)

Lijn Dr = 67% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand)

Soniering: **DKP101**



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

X = 221.069

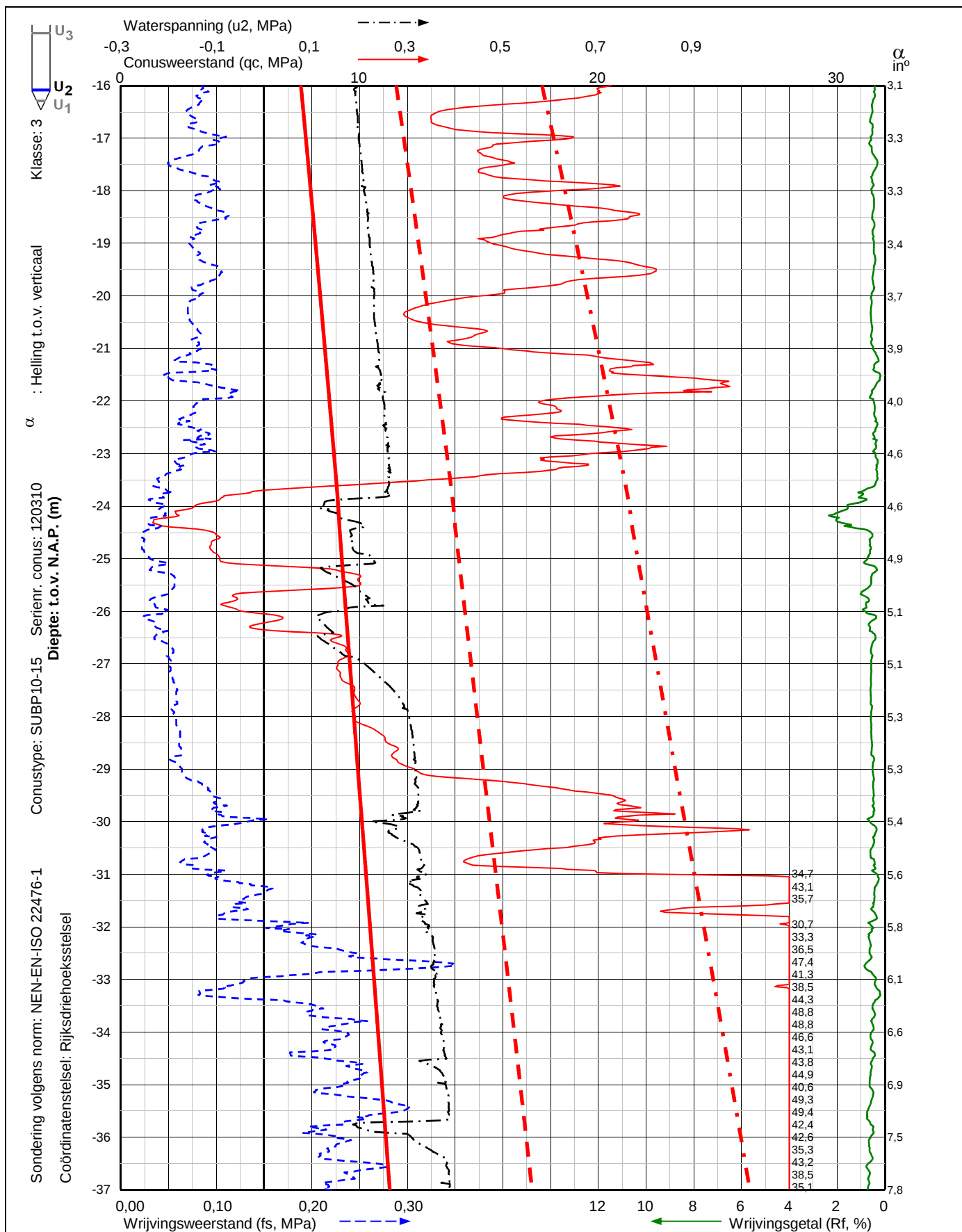
Y = 522.838

Blad: 1 van 3

Opdrachtnr.: VN-64956-1

Datum: 1-8-2016





Project: Uitbreiding zandwinning Echten
 Projectplaats: Echten
 Lijn Dr = 33% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand)
 Lijn Dr = 50% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand)
 Lijn Dr = 67% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand)

Sonering: **DKP101**



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

X = 221.069

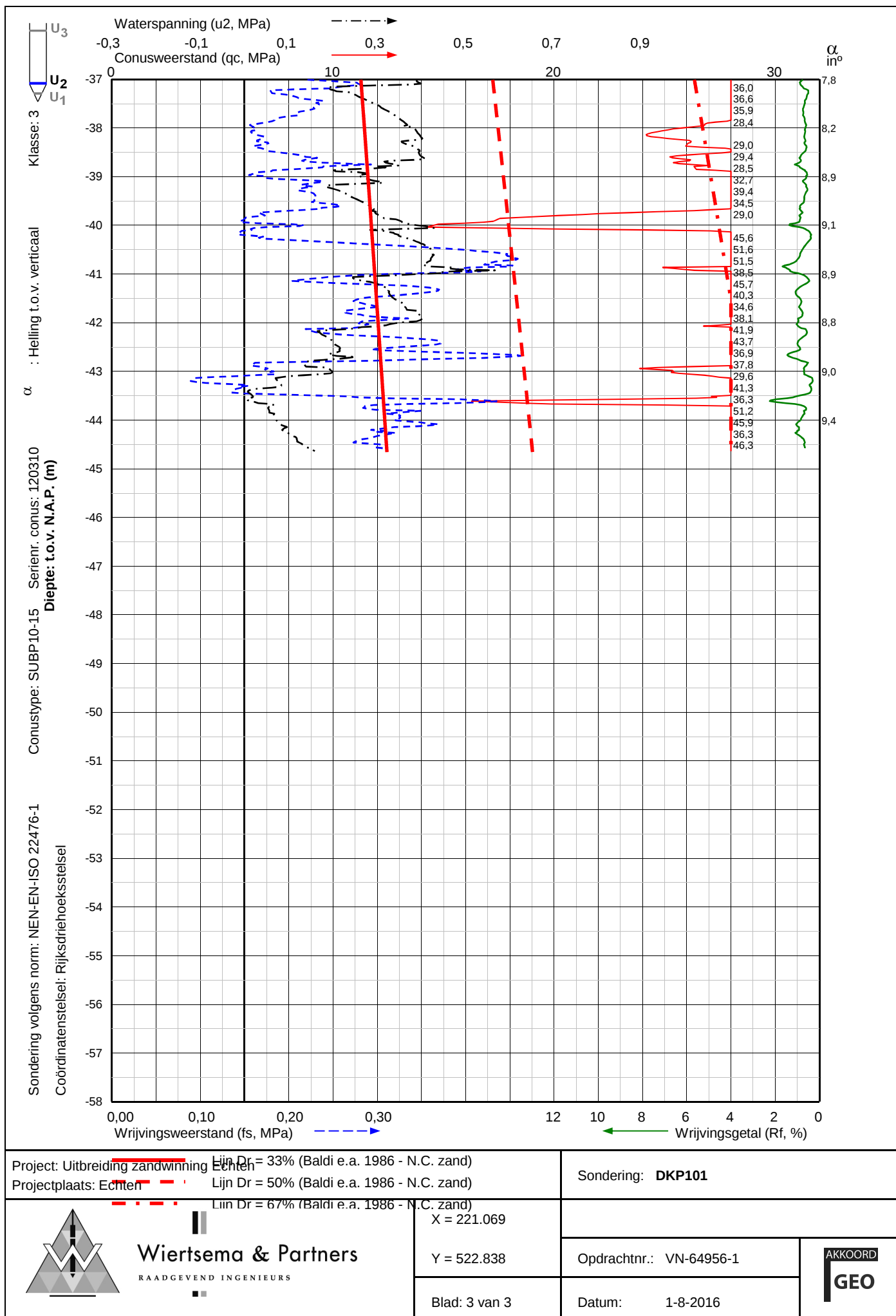
Y = 522.838

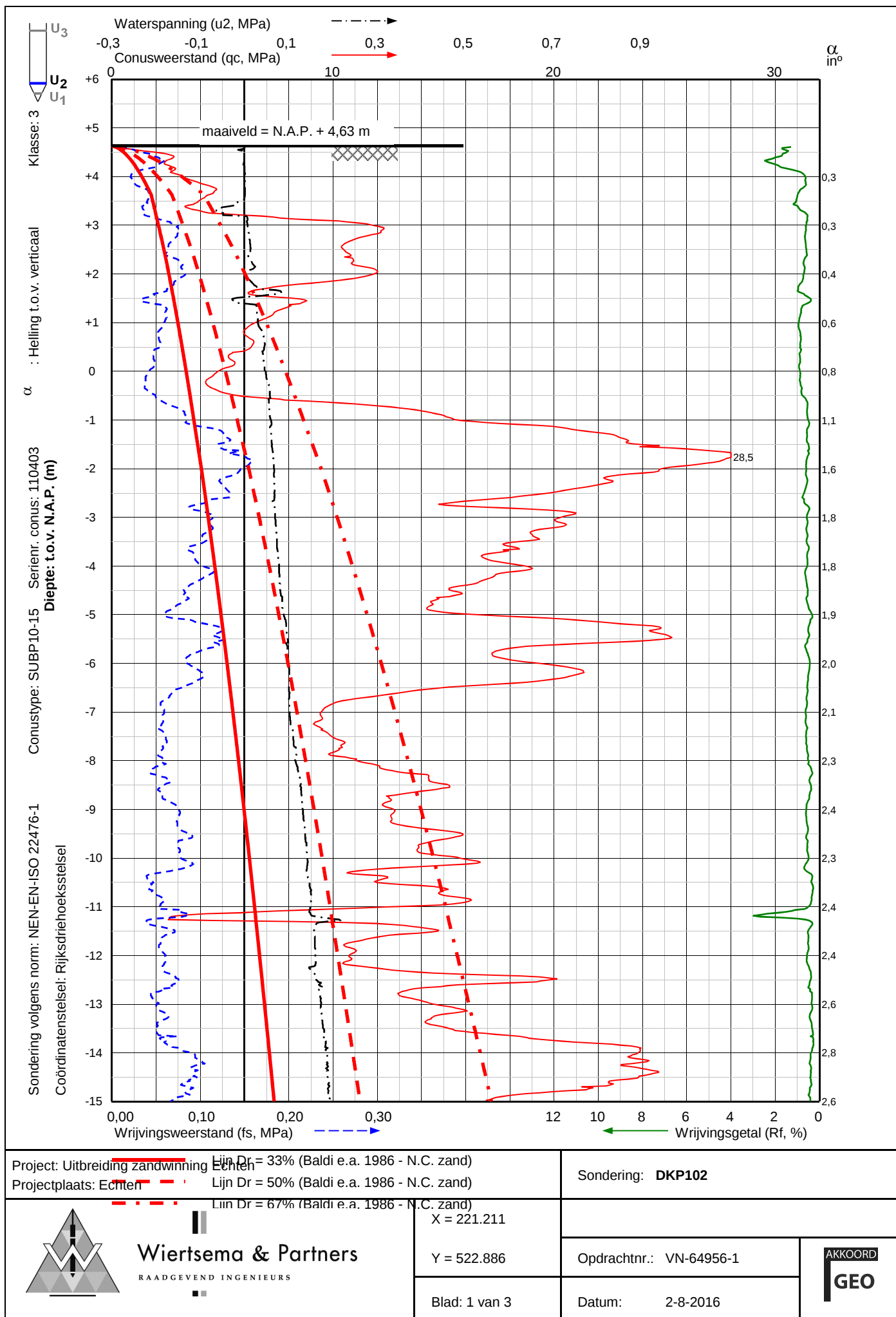
Blad: 2 van 3

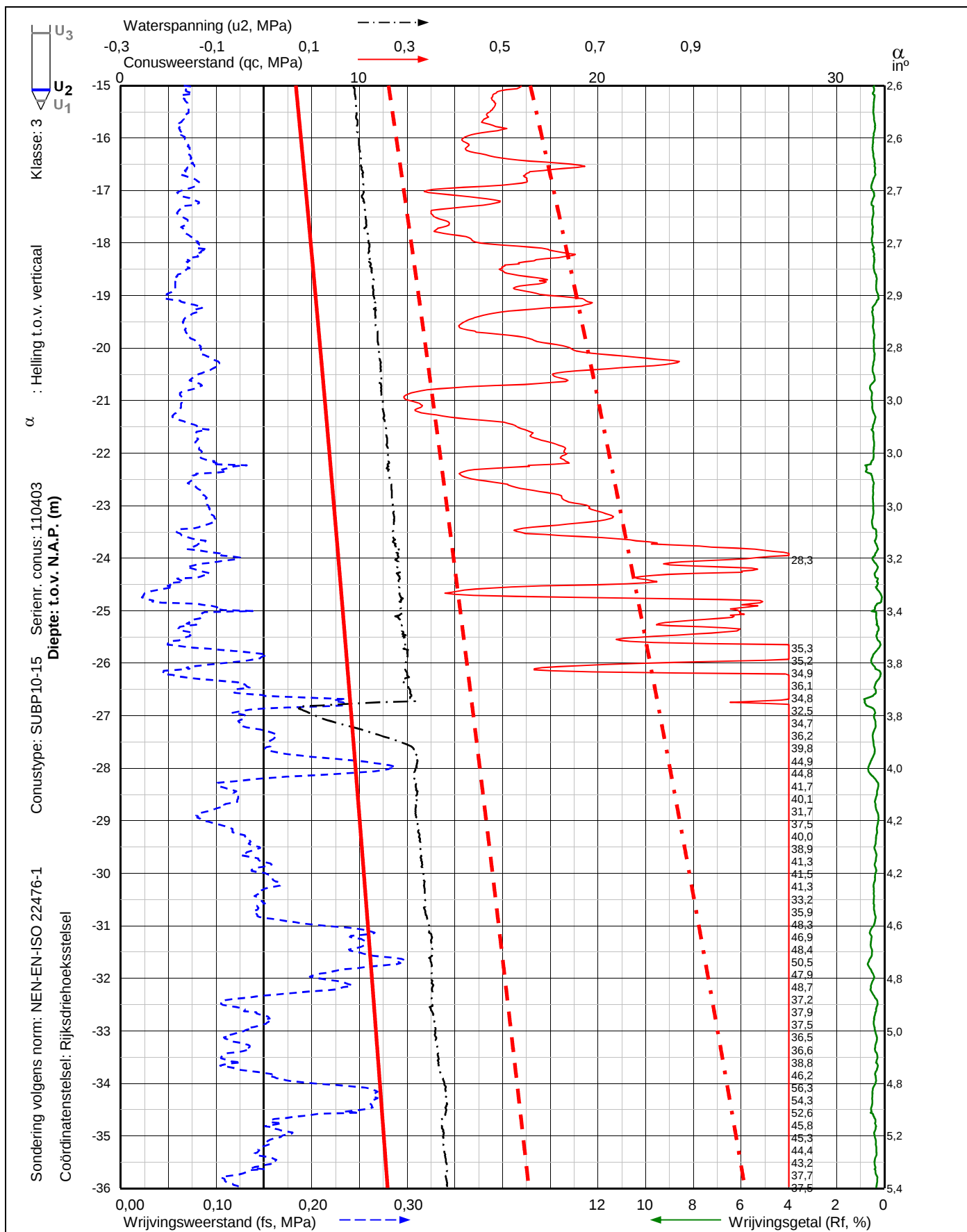
Opdrachtnr.: VN-64956-1

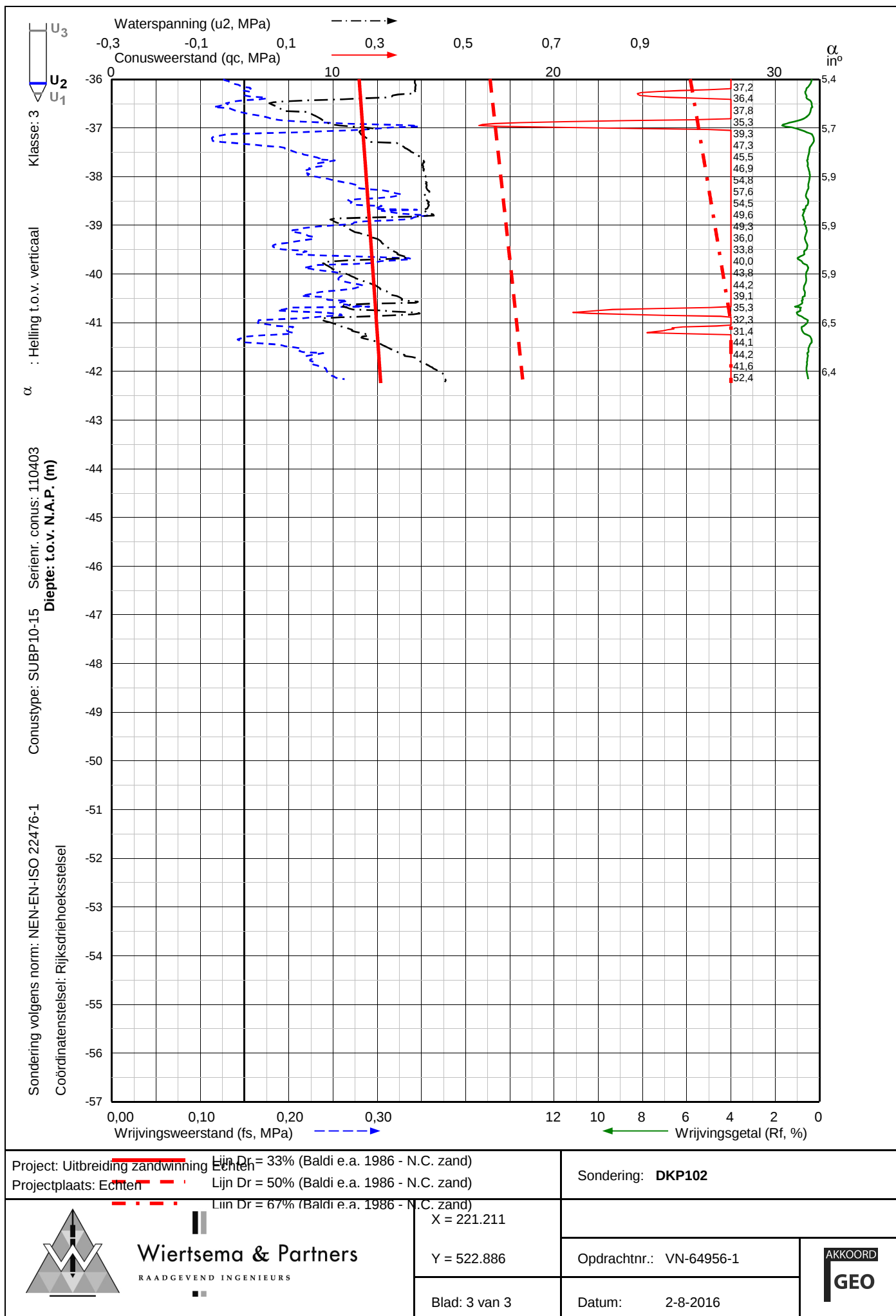
Datum: 1-8-2016

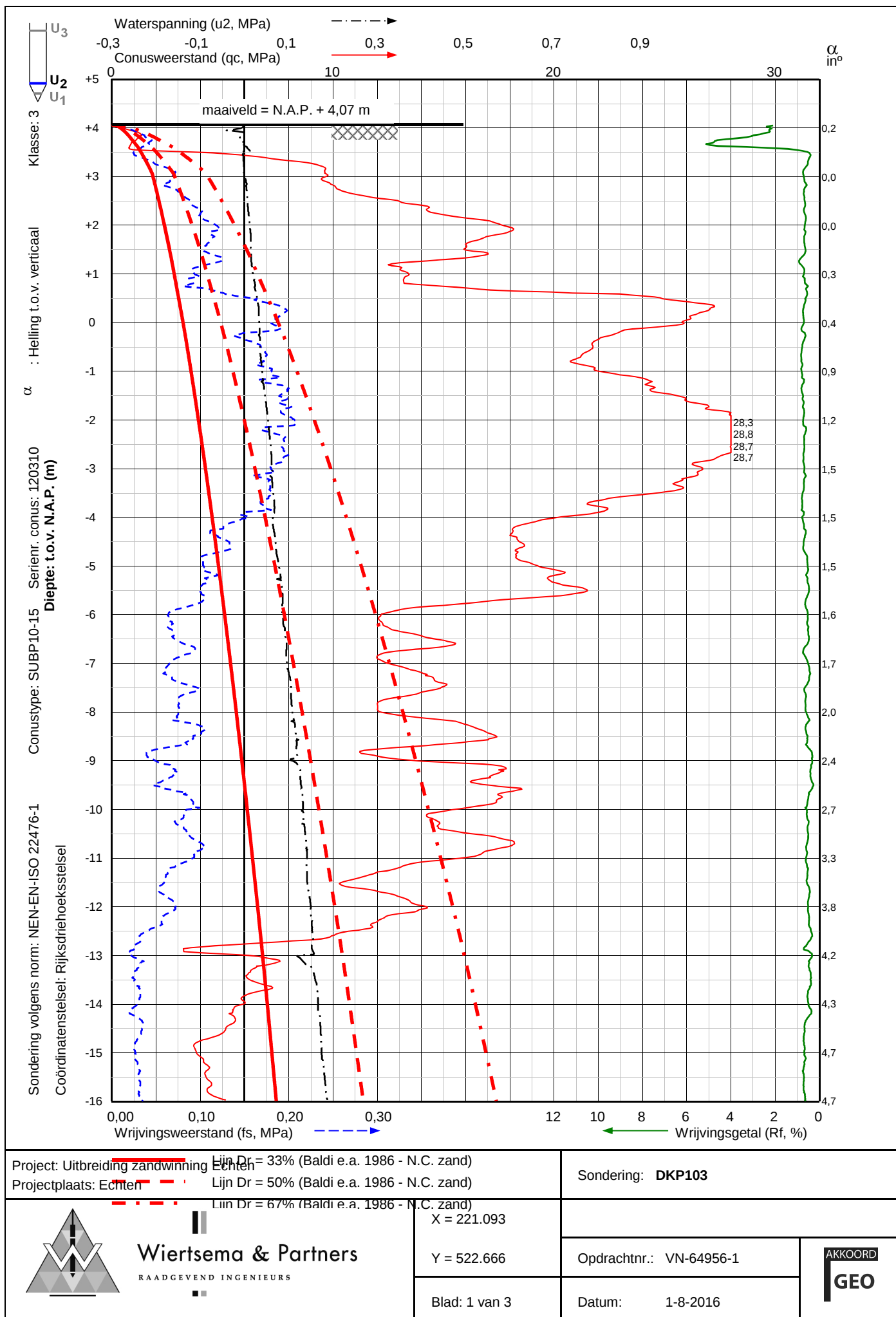


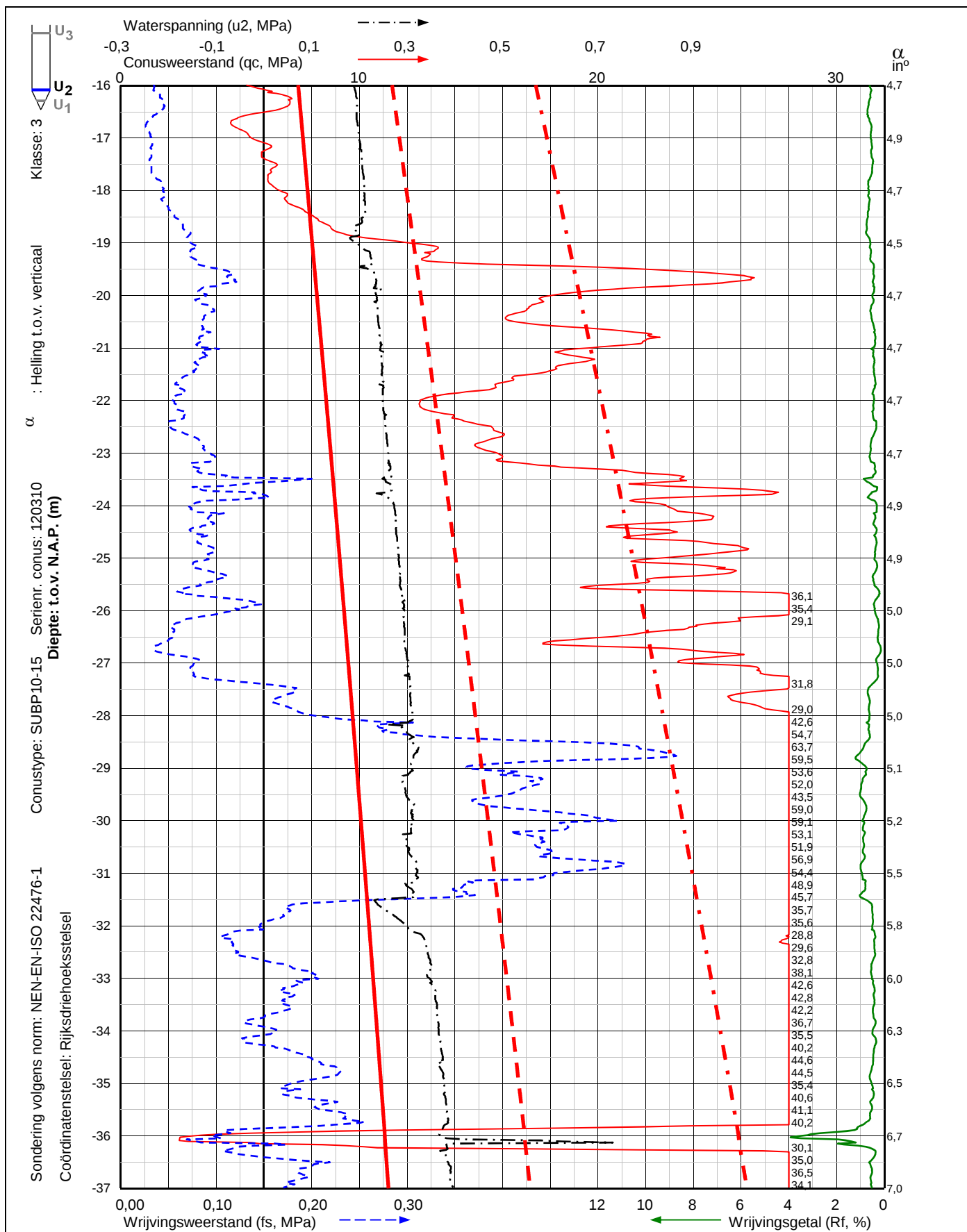












Project: Uitbreiding zandwinning Echten
 Projectplaats: Echten
 Lijn Dr = 33% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand)
 Lijn Dr = 50% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand)
 Lijn Dr = 67% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand)

Sondering: **DKP103**



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

X = 221.093

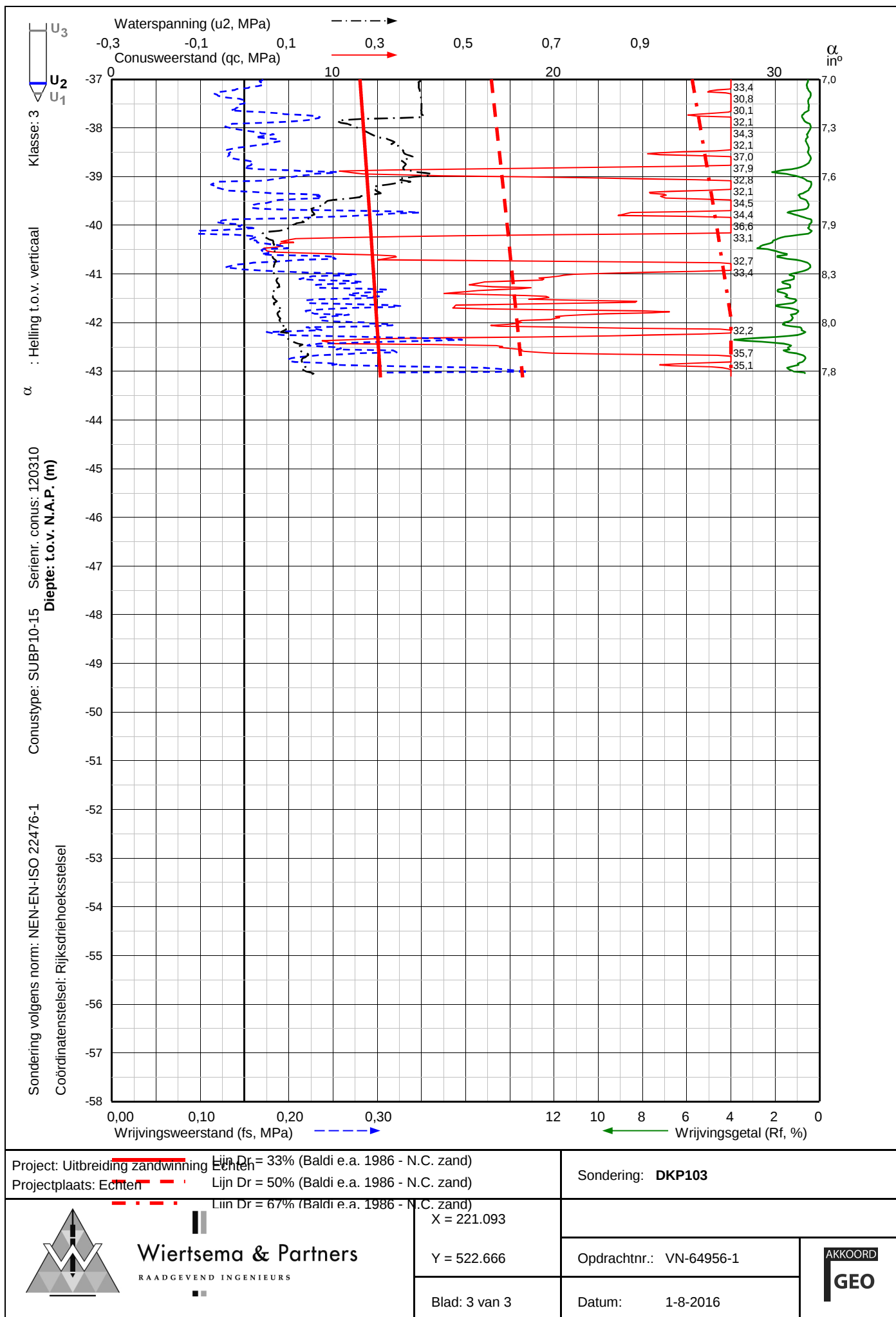
Y = 522.666

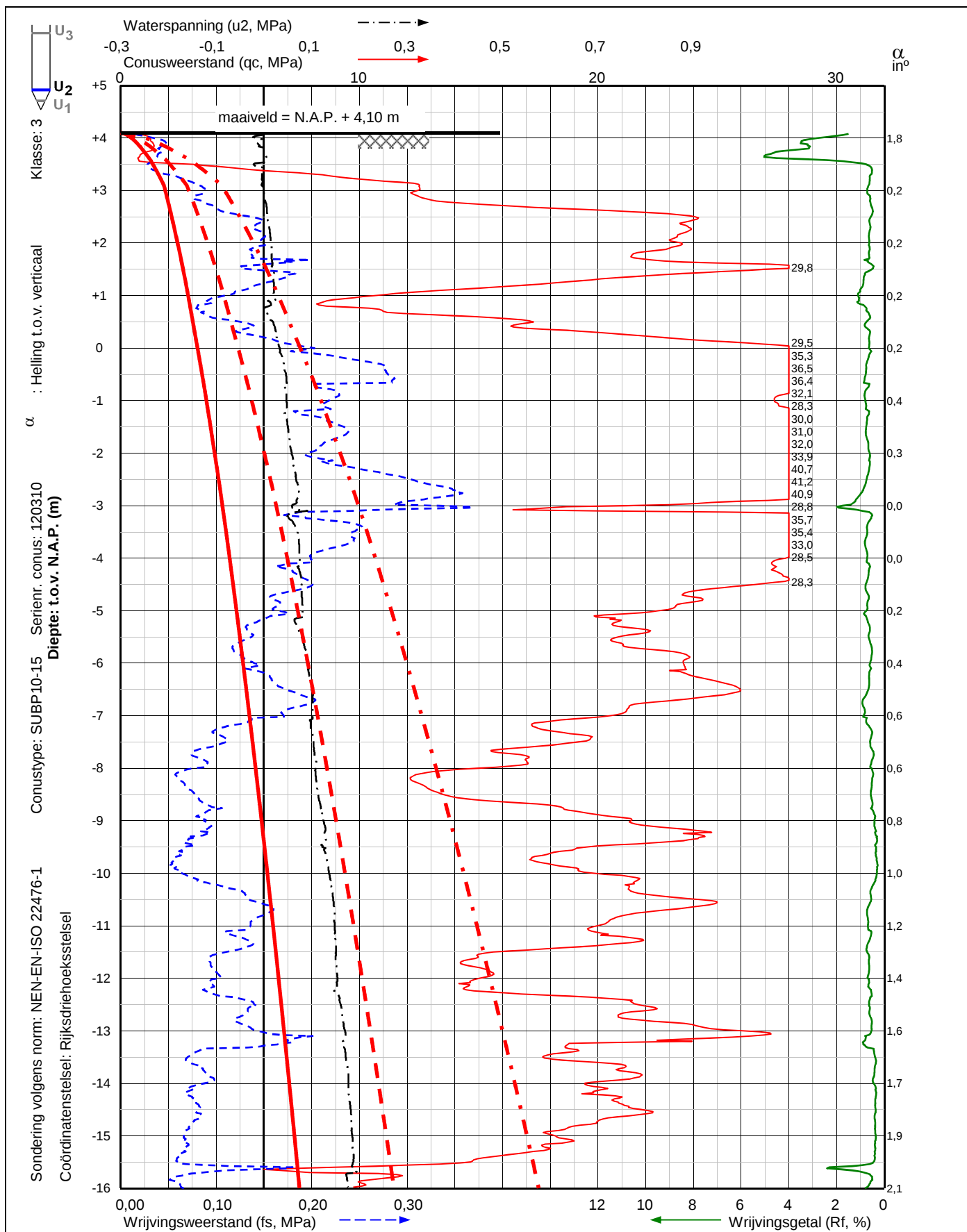
Blad: 2 van 3

Opdrachtnr.: VN-64956-1

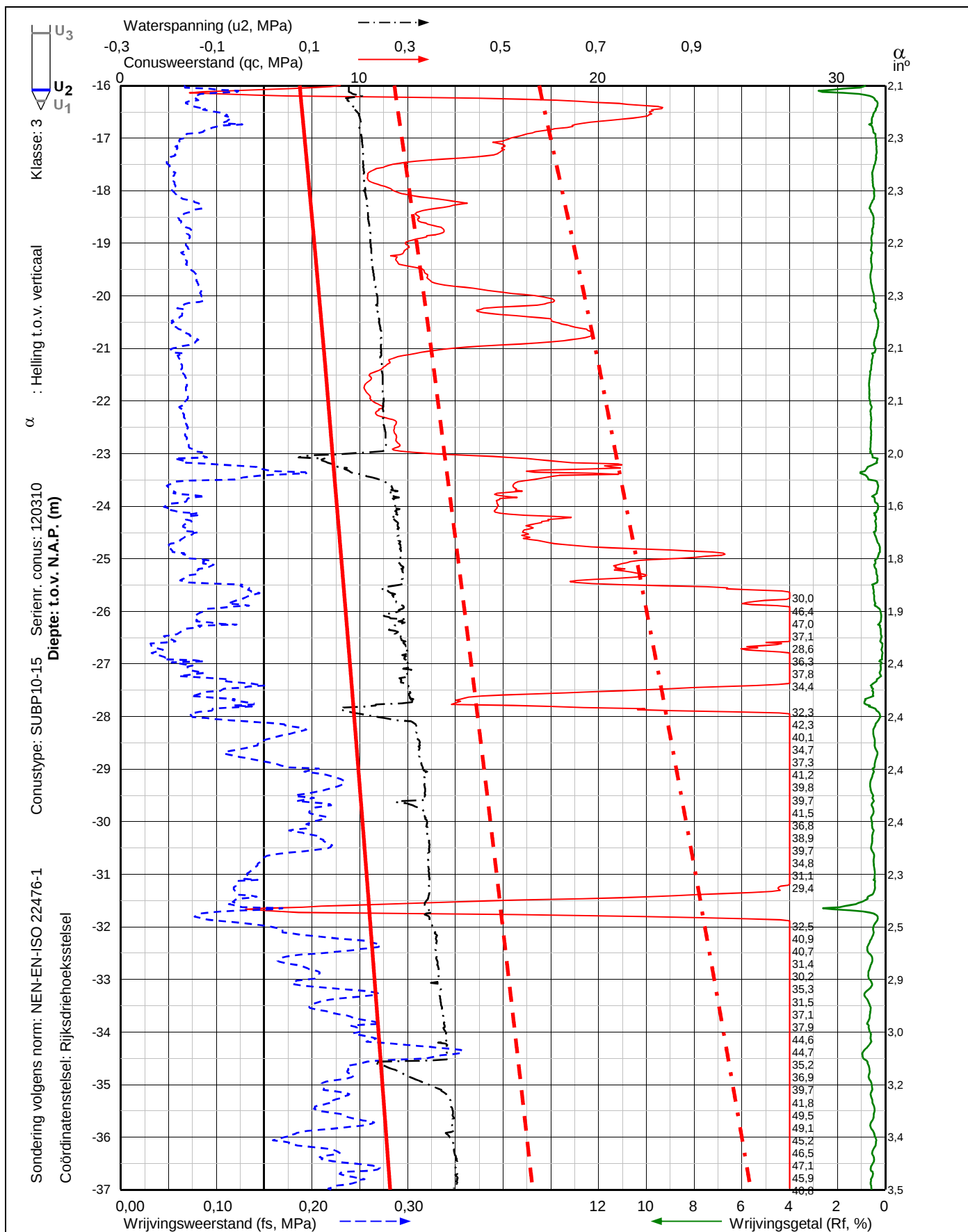
Datum: 1-8-2016







 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS		Project: Uitbreiding zandwinning Echten Projectplaats: Echten Lijn Dr = 33% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand) Lijn Dr = 50% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand) Lijn Dr = 67% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand)		Soniering: DKP104	
		X = 221.213 Y = 522.699		Opdrachtnr.: VN-64956-1	
		Blad: 1 van 3		Datum: 2-8-2016	
					



Project: Uitbreiding zandwinning Echten Lijn Dr = 33% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand)

Projectplaats: Echten Lijn Dr = 50% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand)

Lijn Dr = 67% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand)

Sondering: **DKP104**



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

X = 221.213

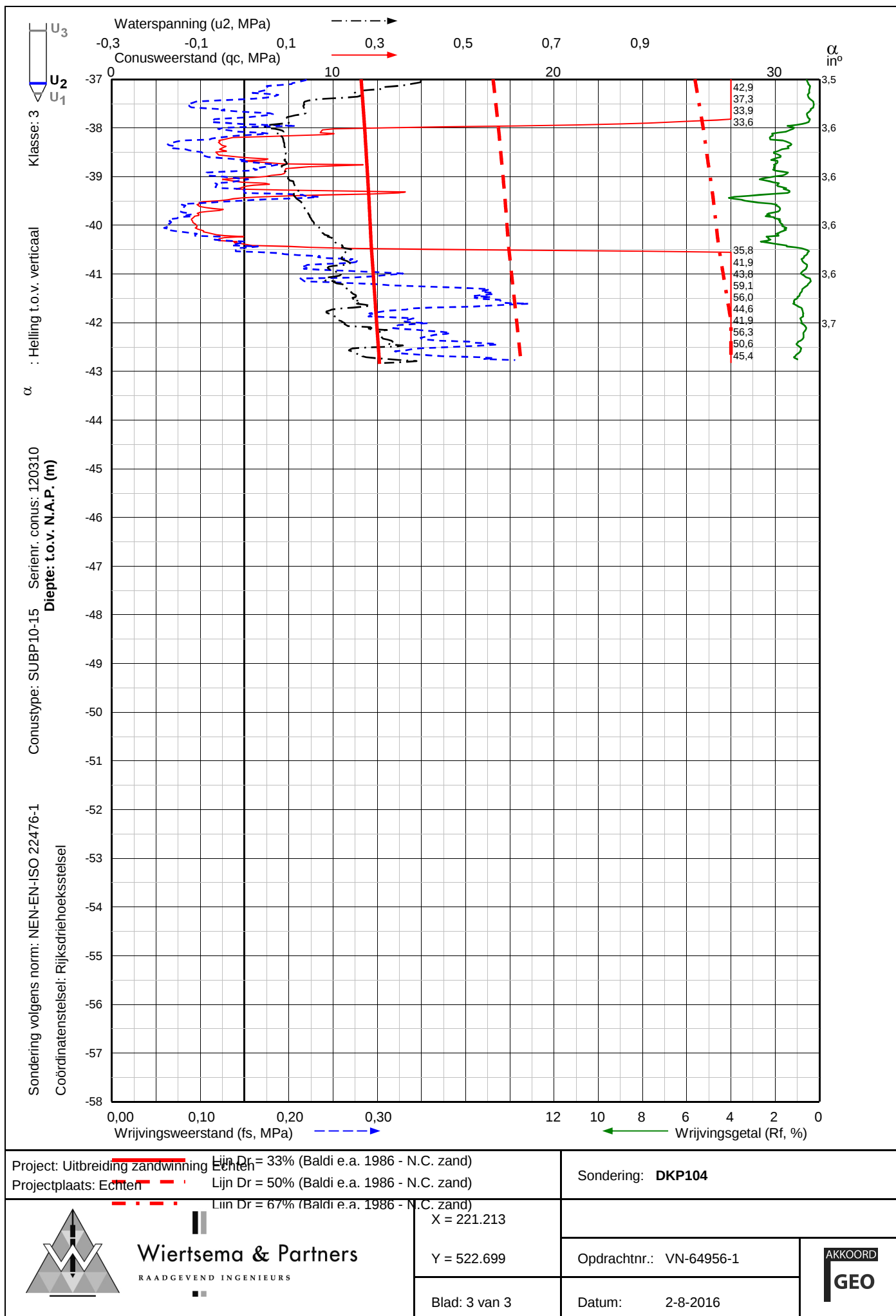
Y = 522.699

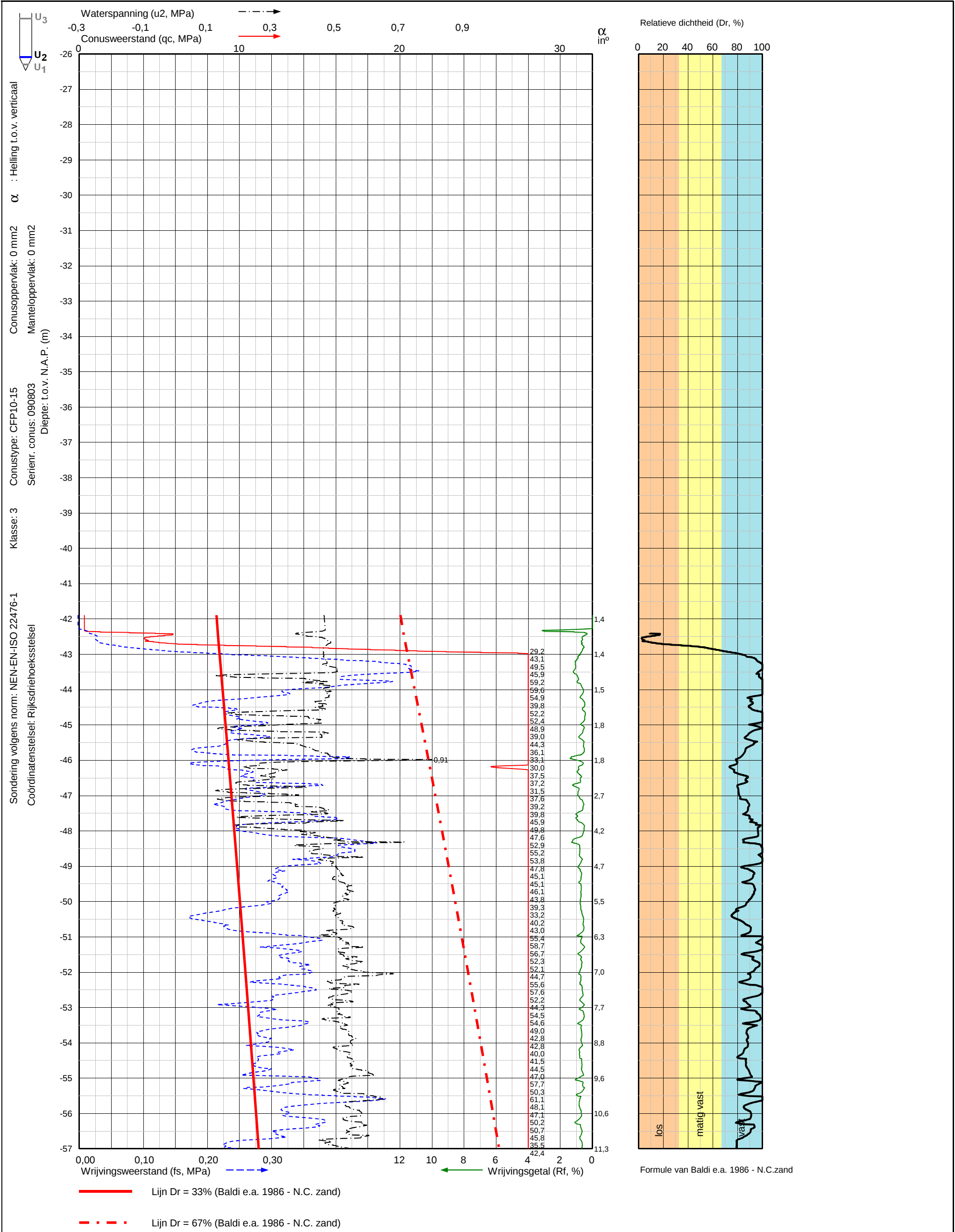
Blad: 2 van 3

Opdrachtnr.: VN-64956-1

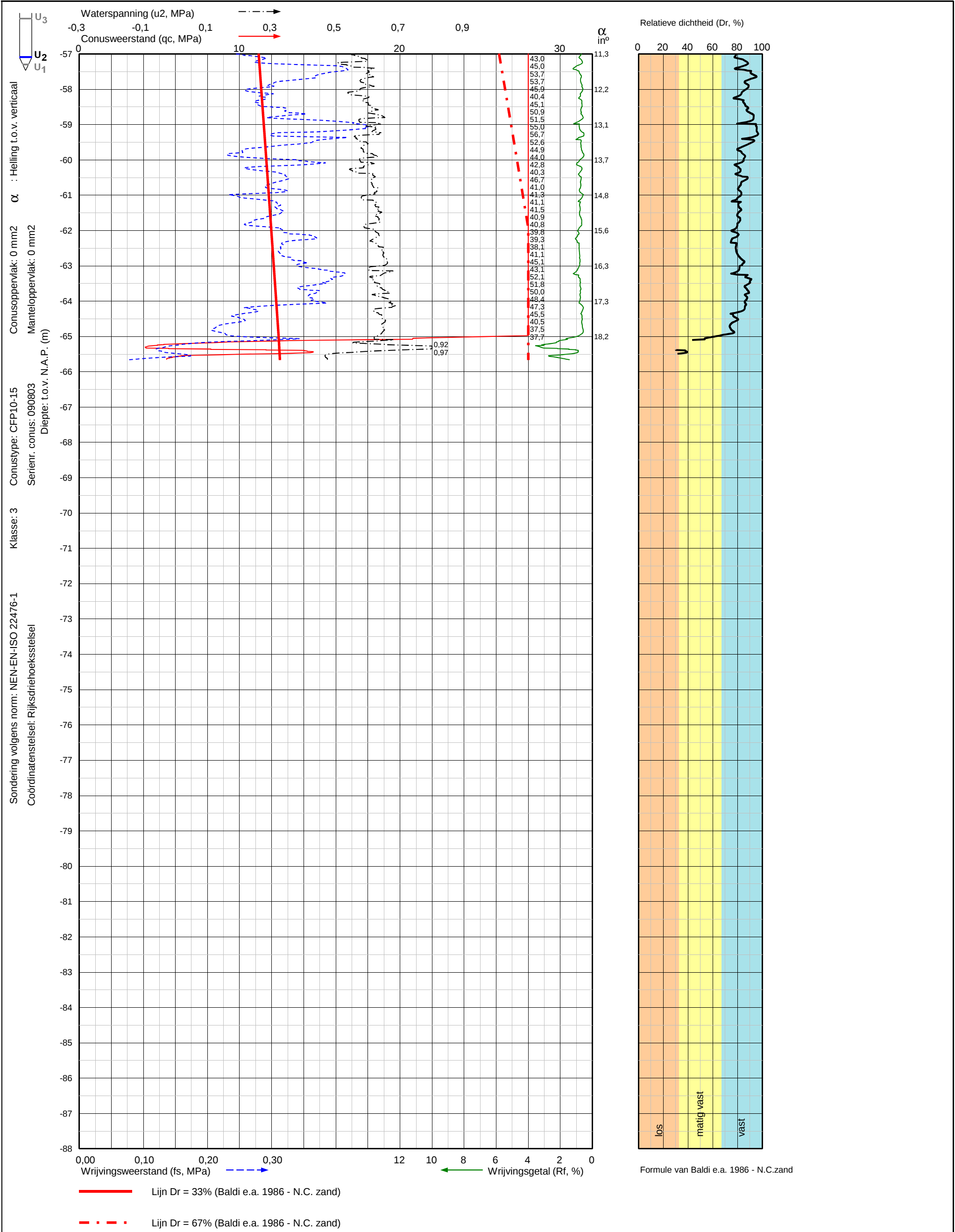
Datum: 2-8-2016



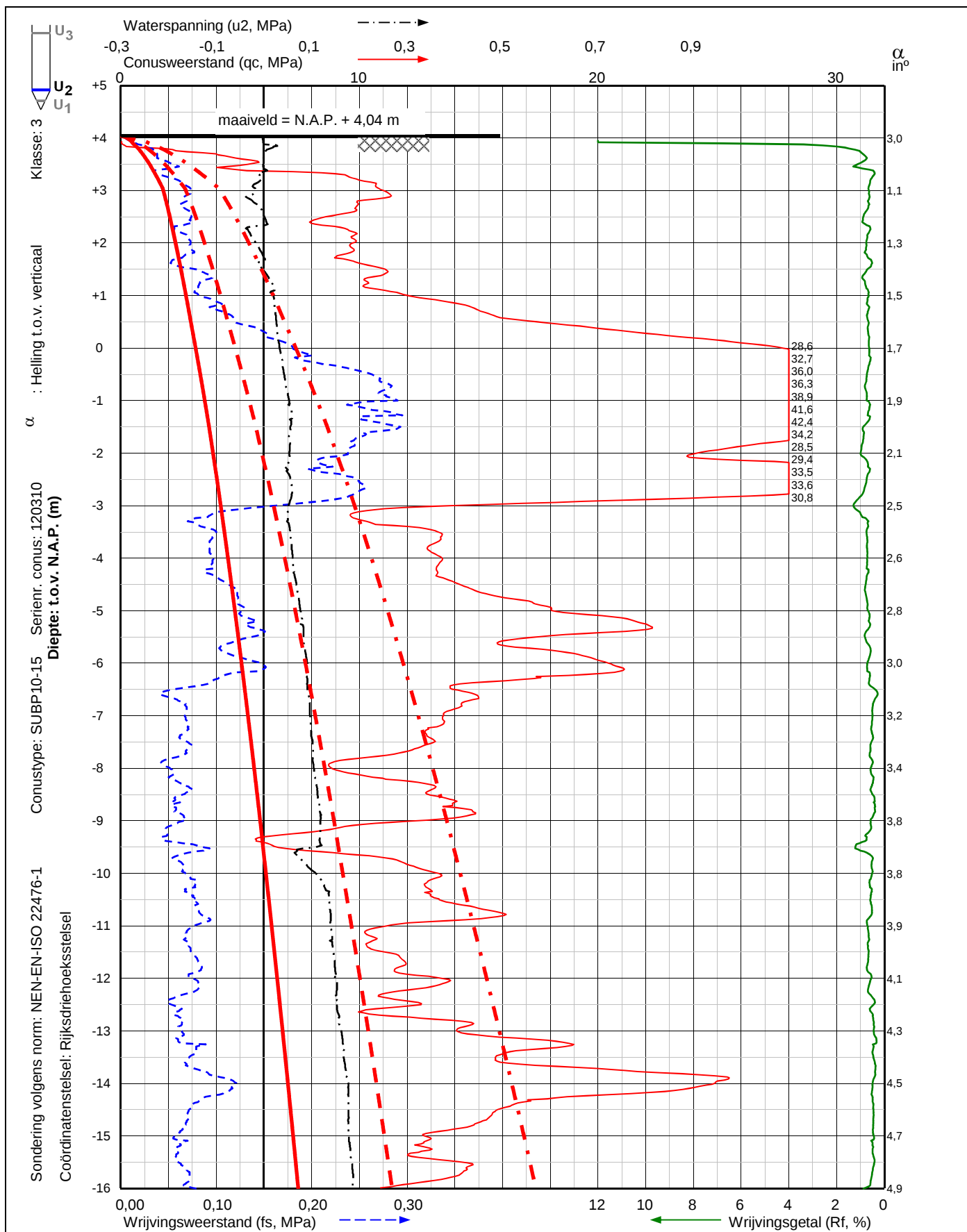




Project: Uitbreiding zandwinning Echten Projectplaats: Echten		Sondering: DKP104A	
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	X = 221.215	Opdrachtnr.: VN-64956-1 AKKOORD GEO	
	Y = 522.700		
	Blad: 2 van 3	Datum: 3-10-2016	



Project: Uitbreiding zandwinning Echten Projectplaats: Echten		Sondering: DKP104A	
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	X = 221.215	Opdrachtnr.: VN-64956-1	
	Y = 522.700		
	Blad: 3 van 3	Datum: 3-10-2016	AKKOORD GEO



Project: Uitbreiding zandwinning Echten
 Projectplaats: Echten
 Lijn Dr = 33% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand)
 Lijn Dr = 50% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand)
 Lijn Dr = 67% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand)

Sonering: **DKP105**



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

X = 221.150

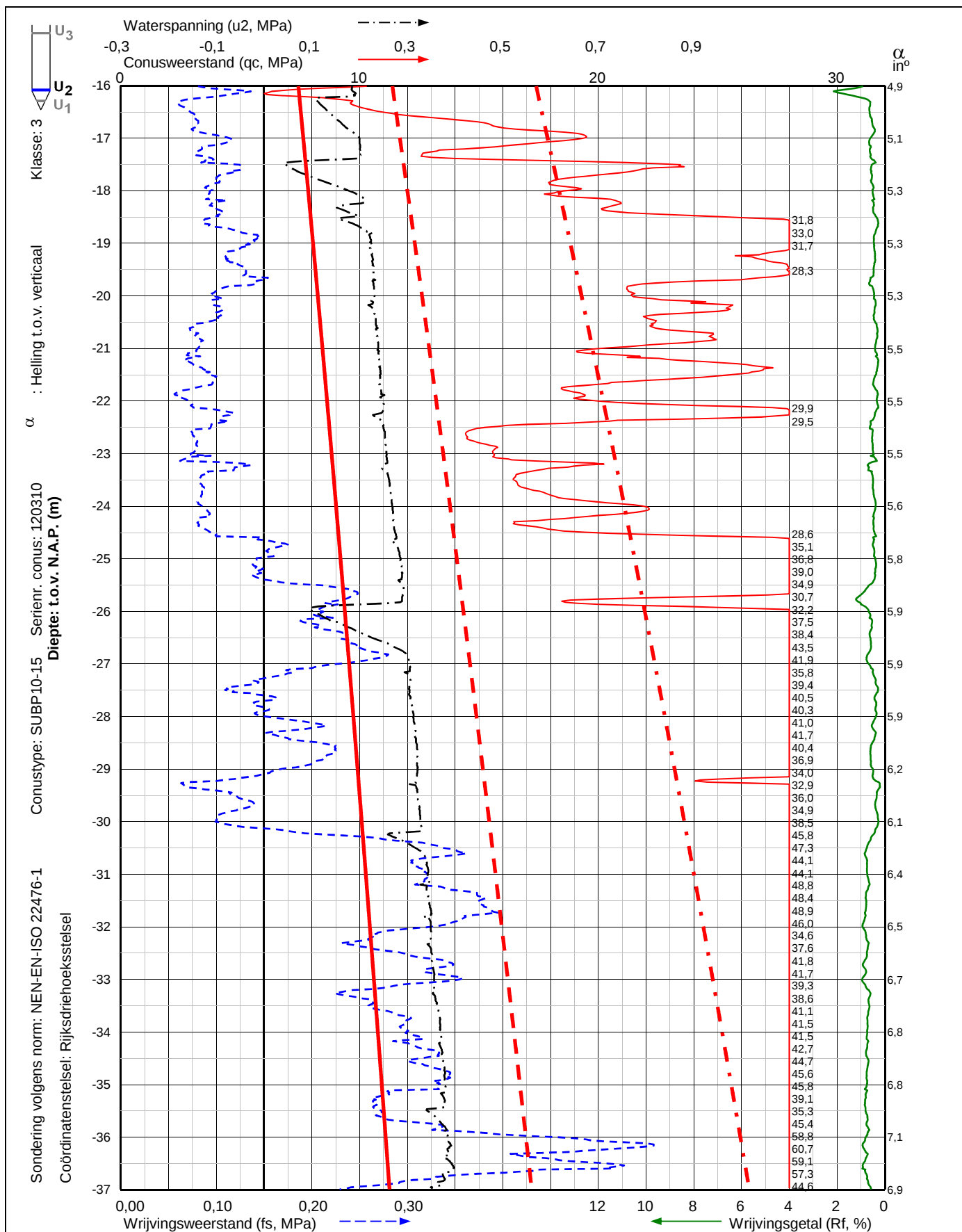
Y = 522.494

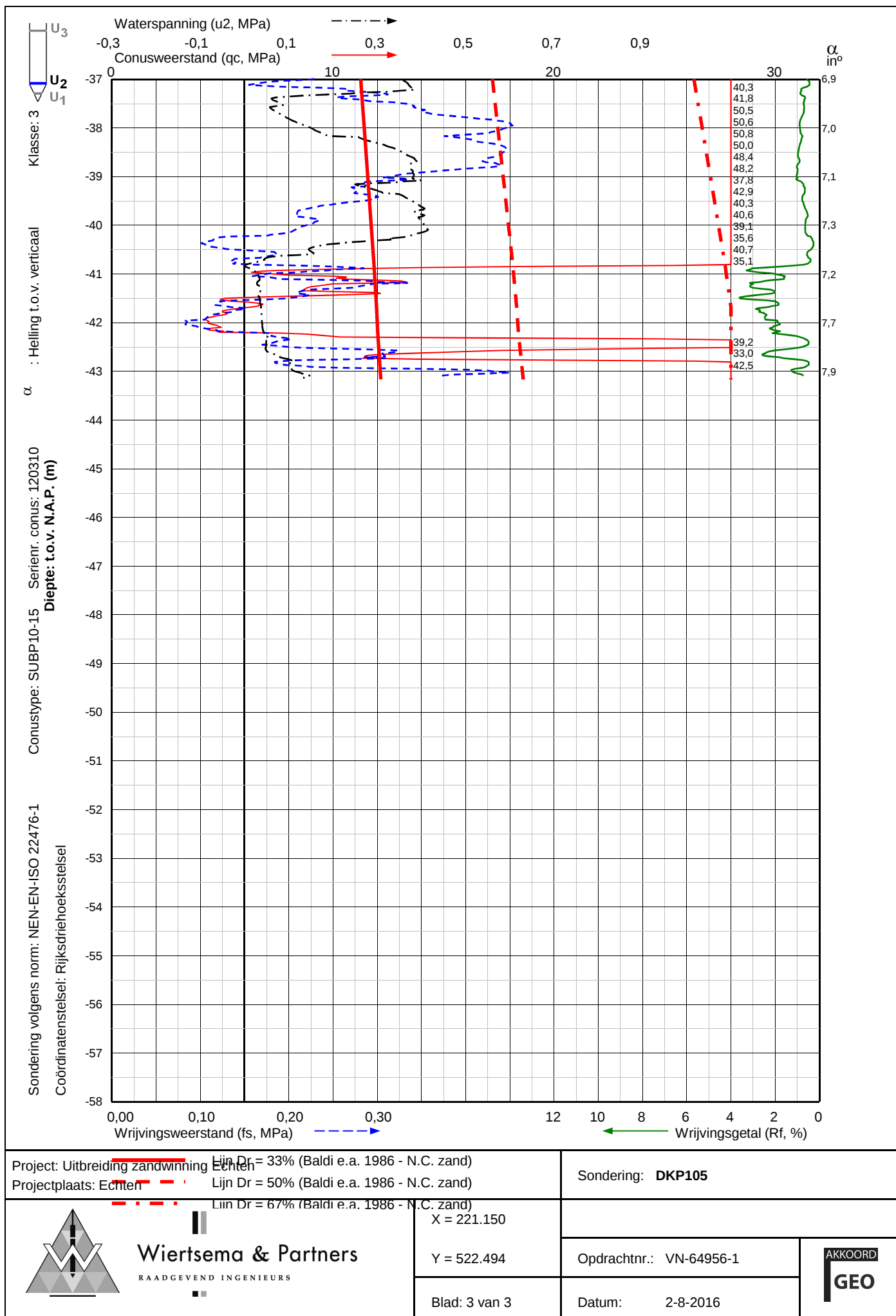
Blad: 1 van 3

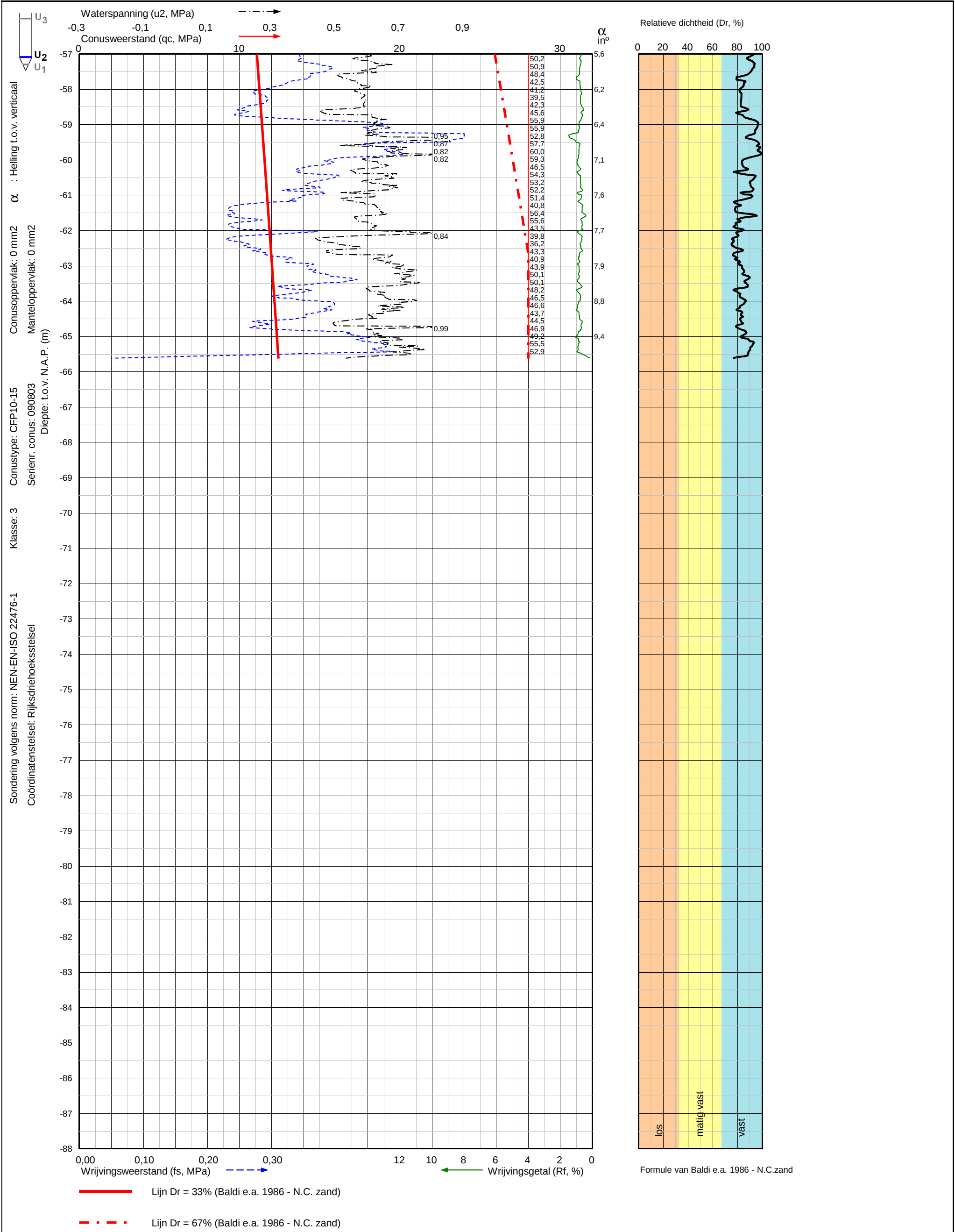
Opdrachtnr.: VN-64956-1

Datum: 2-8-2016

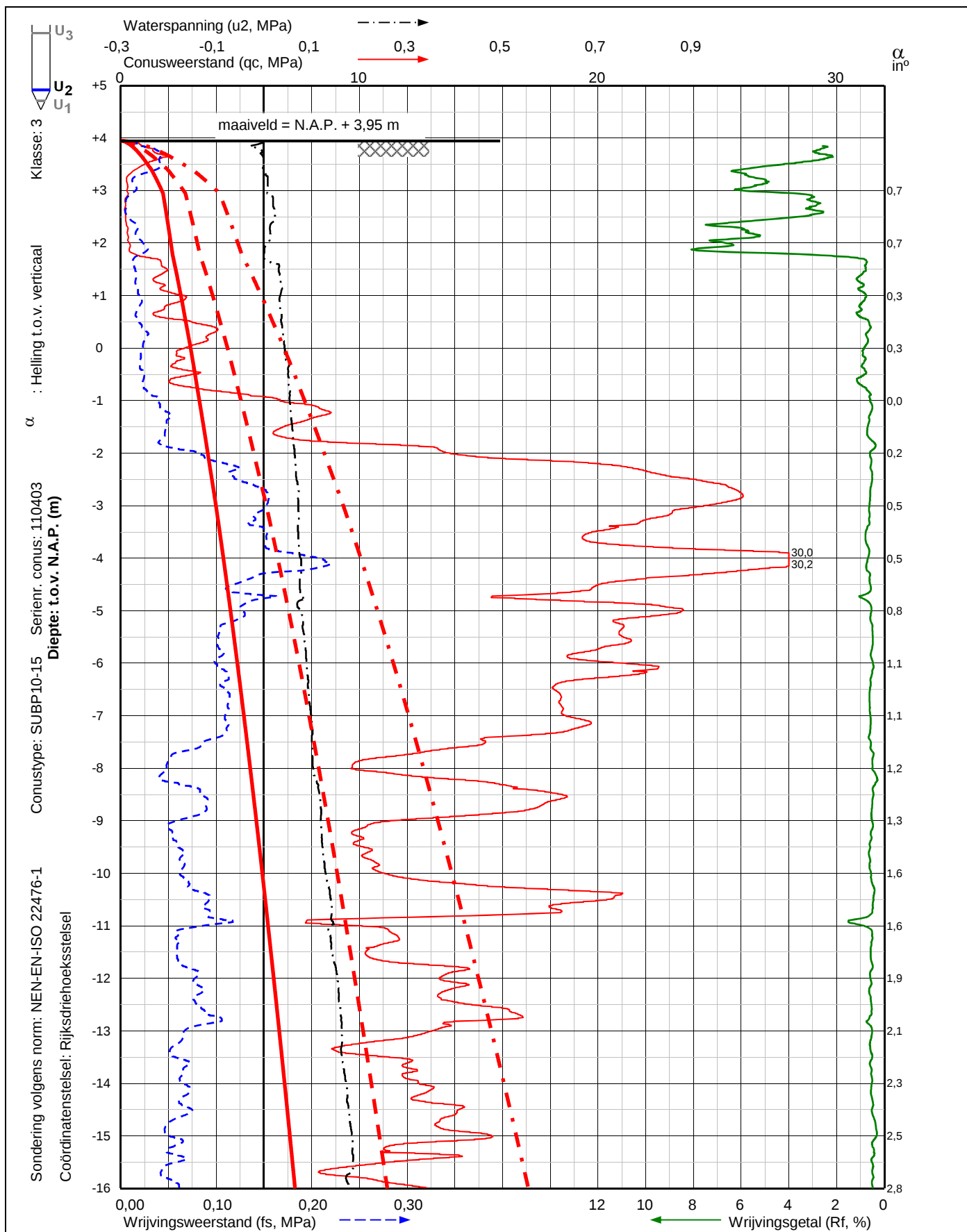
AKKOORD
GEO







Project: Uitbreiding zandwinning Echten Projectplaats: Echten		Sondering: DKP105A	
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	X = 221.151		
	Y = 522.492	Opdrachtnr.: VN-64956-1	AKKOORD GEO
	Blad: 3 van 3	Datum: 10-10-2016	



Project: Uitbreiding zandwinning Echten
 Projectplaats: Echten
 Lijn Dr = 33% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand)
 Lijn Dr = 50% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand)
 Lijn Dr = 67% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand)

Sondering: **DKP106**



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

X = 221.288

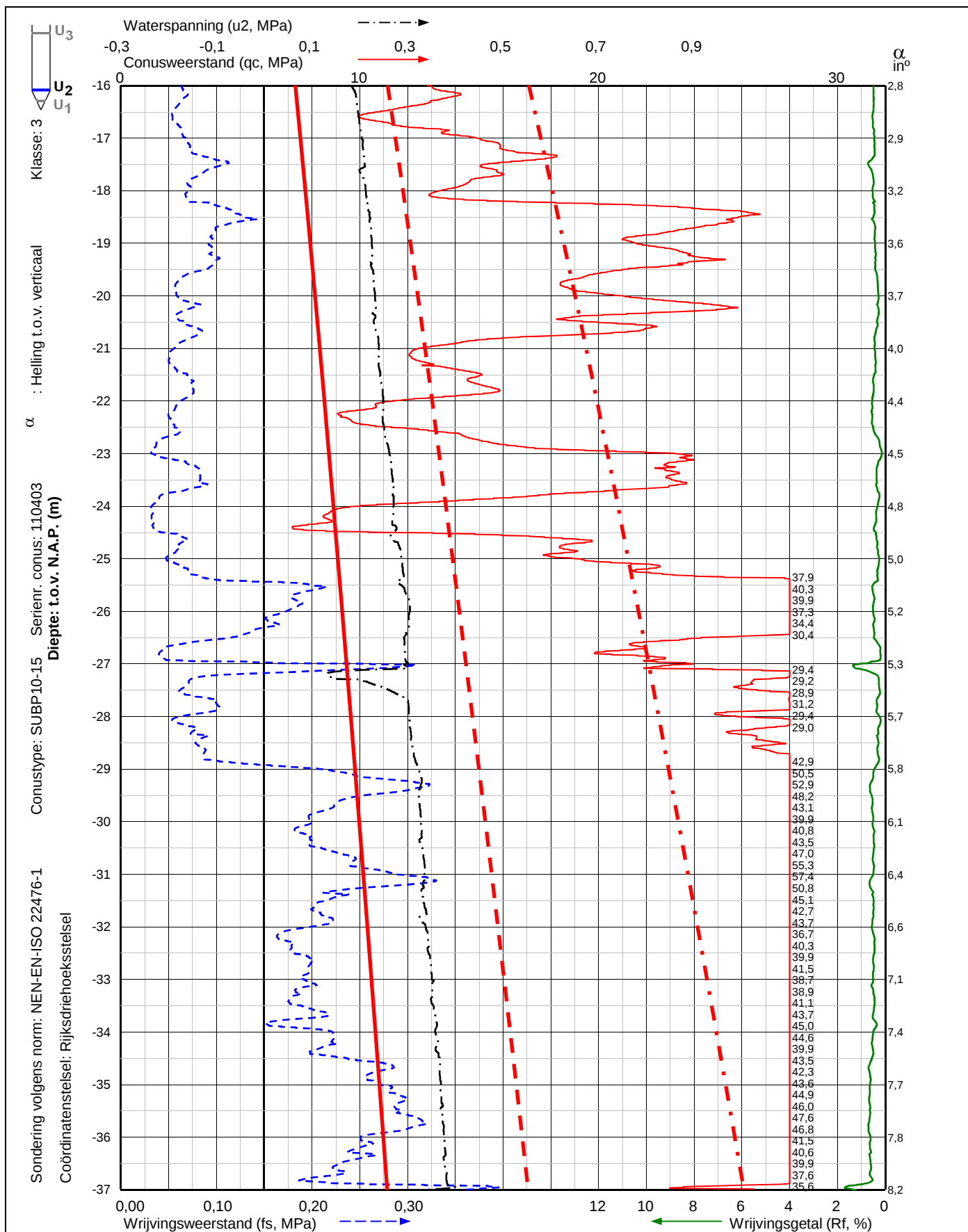
Y = 522.470

Blad: 1 van 3

Opdrachtnr.: VN-64956-1

Datum: 2-8-2016





Project: Uitbreiding zandwinning Echten
 Projectplaats: Echten
 Lijn Dr = 33% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand)
 Lijn Dr = 50% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand)
 Lijn Dr = 67% (Baldi e.a. 1986 - N.C. zand)

Sondering: **DKP106**



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

X = 221.288

Y = 522.470

Blad: 2 van 3

Opdrachtnr.: VN-64956-1

Datum: 2-8-2016

AKKOORD
GEO

