



FUGRO

Sellingerbeetse

Uitbreiding zandwinning de Beetse

Uitbreiding & Verdieping Noordplas zandwinning de Beetse | Sellingen

1321-196096.R01 02 | 28 Januari 2022

Definitief

Kremer Zand en Grind B.V.



Documentbeheer

Documentgegevens

Projectnaam	Zandwinning de Beetse
Documentnaam	Uitbreiding zandwinning de Beetse
Fugro-projectnr.	1321-196096
Fugro-documentnr.	1321-196096.R01
Versienummer	02
Versiestatus	Definitief
Fugro entiteit	Fugro NL Land B.V.
Adres Fugro-kantoor	Pop Dijkemaweg 72a, 9731 BG Groningen, Postbus 9440, 9703 LP Groningen, Nederland

Klantgegevens

Klant	Kremer Zand en Grind B.V.
Adres klant	Pieter de Keyserstraat 3 7825VE Emmen
Contactpersoon klant	dhr. C. Kremer

Versiebeheer

Versie	Datum	Status	Omschrijving	Opgesteld door	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
01	06-01-2022	Concept	Initiële versie	RMA	RBA	RBA
02	28-01-2022	Definitief	Opmerkingen + resultaten aanvullend grondonderzoek Noordoever verwerkt	RMA	RBA	RBA

Projectteam

Initialen	Naam	Rol
RMA	R. Meinsma	Adviseur Waterbouw
RBA	R. Barth	Project Manager

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	i
1. Introductie	1
1.1 Inleiding	1
1.2 Projectbeschrijving	1
1.3 Scope	2
1.4 Beschikbare informatie	3
1.5 Normen	3
1.6 Referenties	4
1.7 Veiligheidsfilosofie	4
1.8 Doel	5
2. Terrein en bodemgesteldheid	5
2.1 Beschikbaar grondonderzoek	5
2.2 Beoordeling omvang grondonderzoek	6
2.3 Geologie	9
2.4 Globale geotechnische bodemgesteldheid	10
2.5 Geometrie	13
3. Afschuiving	14
3.1 Mechanisme beschrijving	14
3.2 Uitgangspunten	14
3.2.1 Geometrie	14
3.2.2 Bodemopbouw	14
3.2.3 (Grond) waterstand	15
3.2.4 Grondparameters	16
3.2.5 Belastingen	16
3.3 Berekeningsresultaten	18
3.4 Microstabiliteit	18
3.5 Randzone	19
4. Verweking	20
4.1 Inleiding	20
4.2 Beoordeling verwekingsvloeiing	20
4.3 Randzone	24
5. Taludstabiliteit gedurende de uitvoering van de (zandwinning) werkzaamheden	24
5.1 Inleiding	24
5.2 Beheerst bressen	25
5.3 Taludontwikkeling	26

5.3.1	Winzuiger & Putproductie	26
5.3.2	Berekening	27
5.3.3	Werkplan (uitvoeringsplan)	30
6.	Randzone	33
6.1	Inleiding	33
6.2	Berekening	37
6.2.1	Uitgangspunten	38
6.2.2	Resultaten	39
7.	Conclusies	43
8.	Aanbevelingen	44
9.	Hoeveelheden	44
Bijlagen		45
A.1	Verweking	46
A.2	Ontwerp	48
A.3	Grondonderzoek	50

1. Introductie

1.1 Inleiding

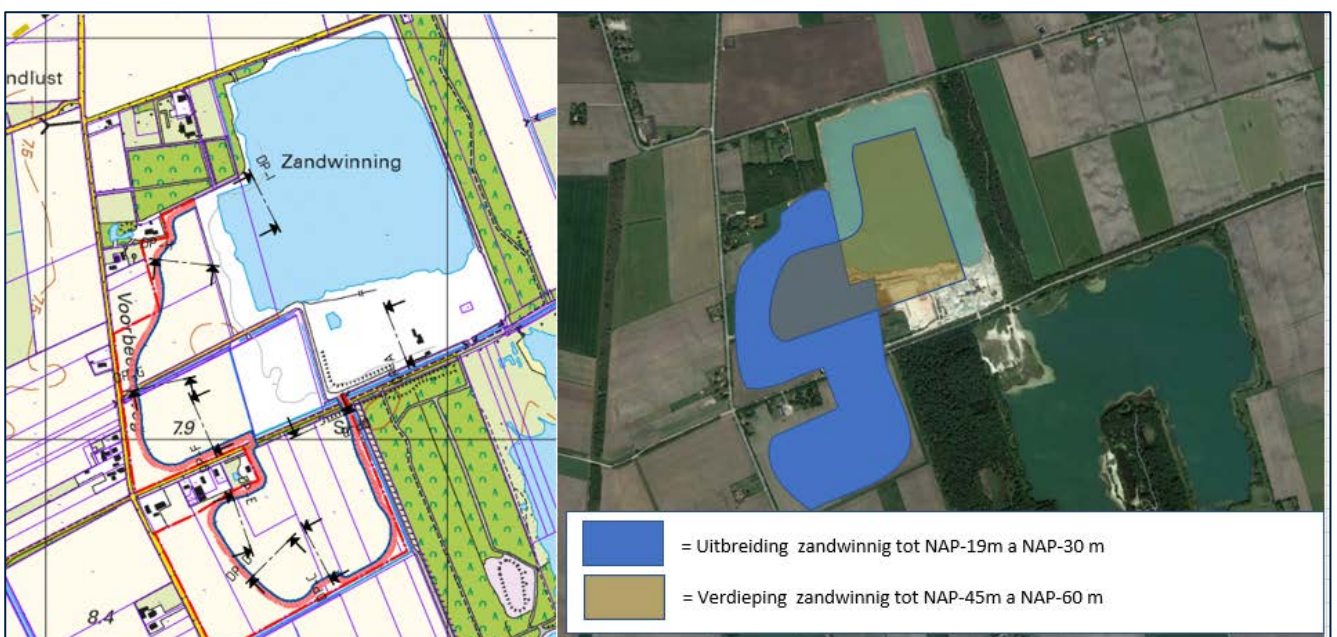
In opdracht van Kremer Zand en Grind B.V. (verder: Kremer) is een stabiliteitsanalyse uitgevoerd. Kremer is gespecialiseerd in het winnen en klasseren van zand en grind uit open winning. Kremer exploiteert de zandwinning "De Beetse" te Sellingerbeetse aan de Beetserwijk 10. Kremer wil de bestaande Noordplas verdiepen en de plas met 25 hectare uitbreiden. In dit rapport zullen de geotechnische aspecten over de verdieping en uitbreiding worden besproken op basis van de CUR-aanbeveling 113 "Oeverstabiliteit bij zandwinningen" met als uitgangspunt de eenvoudige methode.

Dit rapport bevat:

- een korte projectomschrijving en overzicht van de versterkte gegevens;
- een omschrijving van de terrein- en bodemgesteldheid (Hfst 2);
- beoordeling op taludafschuiving van het onderwatertalud (Hfst 3);
- beoordeling op verwekingsvloeiing van het onderwatertalud (Hfst 4);
- beoordeling op bresvloeiing van het onderwatertalud (Hfst 5);
- conclusies (Hfst 6).

1.2 Projectbeschrijving

Het project omvat een uitbreiding en een verdieping van de in bedrijf zijnde zandwinning de Beetse. Het doel van de uitbreiding en de verdieping is het continuering van de bedrijfsvoering. Hiertoe is voor het bewaken van de veiligheid in relatie tot afschuiven van het onderwaterprofiel een stabiliteitsanalyse uitgevoerd. Uitgangspunt van de stabiliteitsanalyse is dat het zand wordt gewonnen door middel van een winzuiger. In figuur 1-1 is van de projectlocatie een schematische weergave van de uitbreiding en verdieping weergegeven.



Figuur 1-1 Projectlocatie

1.3 Scope

De toetsing van de oevertaluds is uitgevoerd conform CUR-aanbeveling 113 'Oeverstabiliteit bij zandwinputten'. Voor de analyse van de stabiliteit van het onderwatertalud dienen 3 faalmechanismen te worden beschouwd, te weten:

- taludafschuiving bij cirkelvormige glijvlakken (macrostabiliteit);
- verwekingsvloeiing;
- bresvloeiing.

Voor de faalmechanismen is de beoordeling uitgevoerd volgens de eenvoudige methode van CUR-aanbeveling 113. De beoordeling voor oeverstabiliteit is uitgevoerd voor zowel de uitvoeringssituatie (zandwinning) als de gebruikssituatie (recreatieplas).

Ten behoeve van de bestaande belendingen wordt naast de beoordeling van de stabiliteit een risicoanalyse uitgevoerd volgens de CUR-aanbeveling 113 (gedetailleerde methode).

De wijze van winning bepaalt in sterke mate de veiligheid tijdens de uitvoering (langs de oever). Dit dient vooraf te worden vastgelegd in een (zandwinning) werkplan. In dit rapport worden alleen aanwijzingen gegeven waaraan het werkplan moet voldoen of waar in de uitvoering van de zandwinningwerkzaamheden rekening mee moet worden gehouden.

1.4 Beschikbare informatie

Voor het uitwerken van onderhavige rapportage zijn de gegevens gebruikt zoals weergegeven in:

1. Tekening Ontwerp eindsituatie zandwinning Sellingebeetse Noordplas, RHDHV, BF8316-102-101-TE-VG-061, versie 3, datum 13-11-2020
2. Peiling zandwinning Noordplas, G2 survey, Datum 14-10-2021
3. Peiling zandwinning Noordplas, G2 survey, Datum 03-02-2021
4. Hydrologische inventarisatie De Beetse, RHDHV, BH5938-103-104I&BRP001F01, versie01, status definitief, datum 14-07-2021
5. Herstelplan inscharing Oostzijde Noordplas, W&P, VN69038-1, status definitief, versie 2, datum 11-04-2018
6. Grondonderzoek Sonderingen DKM01 t/m DKM14a, Fugro, 1321-196096-21-R01-v2.0, januari 2022
7. Grondonderzoek, Boringen, korrelverdelingen , B1 t/m B2, Haitjema,/ Kremer zand en grind 2020
8. Grondonderzoek, Boringen, korrelverdelingen , B2 t/m B4, Rossingh,/ Kremer zand en grind 2020
9. Grondonderzoek Sonderingen DKM1 t/m DKM3, W&P, VN62078, 2015
10. Grondonderzoek Sonderingen DKM001 t/m DKM006, W&P, VN69038, 2018
11. Verkennend bodemonderzoek, Ecoconsultancy, Rapport VLW.RHD.NEN 14085971, versie D1, status eindrapportage, Datum 26 januari 2015
12. Chemische, fysische en petrografische analyse van alternatief filterzand, TNO 2013 R11900, Rapport, 0100003149, Datum 04-12-2013
13. Glauconiet houdende zanden, G. Van Alboom (Vlaamse overheid afdeling geotechniek), H. Dupont (TUC rail), J.Maertens (BVBA en KU Leuven), K. Haelterma (Vlaamse overheid afdeling geotechniek) Geotechniek, april 2012

Fugro staat niet in voor de juistheid en/of volledigheid van de door derden verstrekte informatie en gegevens.

1.5 Normen

Voor het opstellen van het advies zijn de volgende normen in acht genomen:

- i. [CUR 113] CUR-aanbeveling 113, Oeverstabiliteit bij zandwinputten, CUR, Gouda, 2008
- ii. [NEN 1998-1] Eurocode 8, Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies Deel 1: Algemene regels, seismische belastingen en regels voor gebouwen, april 2005
- iii. [NEN 9997-1] Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1, algemene regels, november 2017
- iv. [SHZV, 2019] Schematiseringshandleiding Zettingsvloeiing van Rijkswaterstaat in het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium, 2019
- v. [HRTZV, 2012] Handreiking toetsing voorland Zettingsvloeiing, RWS, 2012

1.6 Referenties

- vi. [BALDI 1986] Baldi et al., Interpretation of CPT's an CPTU's, Proceedings of the Fourth International Geotechnical Seminar Field Instrumentation and In-Situ Measurement, 143-156, Singapore 1986
- vii. [Crook 1996] Th. Crook, A seismic zoning map conforming to Eurocode 8, and practical earthquake parameter relations for the Netherlands, Geologie en Mijnbouw 75: 11-18, 1996
- viii. HFM] Hydraulic Fill manual, Jan van't Hoff, Art Nooy van der Kolff Royal Boskalis Curnet 2012
- ix. <https://seismischekrachten.nen.nl/map.php>
- x. Slope Failure by unstable breaching, Maritime engineering, Paper by Cees van Rhee Professor, Delft University of Technology, Faculty of Mechanical, Maritime and Materials Engineering, Section of Dredging Engineering, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, d.d.12-02-2015;
- xi. Oeverstabiliteit Bij verdieping waterbodems, rekenmodel HMBreach, Deltares september 2009;
- xii. Bresvloeiing in zand Mastbergen et al, Geotechniek juli 2009
- xiii. Pseudostatic slope stability procedure; D.Bray / T Travasarou, Paper, 5th international conference on earthquake geotechnical engineering, jan 2011 Chile
- xiv. Handreiking Fase2 voor het uitvoeren van studies naar het effect van aardebevingen voor bedrijven in de industriegebieden in Groningen, TNO/Deltares, juni 2018
- xv. Compendium Geo-Tubomechanica, Deel 1 Grondmechanica , 1972

1.7 Veiligheidsfilosofie

Het project is ingedeeld in veiligheidsklasse RC1 uit [NEN 9997-1]. Dit betekent dat voor de macro-instabiliteit wordt uitgegaan van geringe gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, en/of kleine of verwaarloosbare economische of sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving.

Met betrekking tot het beheersen van uitvoeringsrisico's zoals bres -en of verwekingsvloeiingen wordt als uitgangspunt genomen dat de uitvoering (werkwijze) wordt afgestemd op functie een gebruik van de oever. In dit rapport wordt ervan uitgegaan dat bij het winnen van zand nabij oevers die grenzen aan gebouwen, huizen en wegen voldaan wordt aan een RC1 veiligheidsniveau . De bijbehorende faalkanseis ($P_{feis/50jr} = 4,83^{E-04}$). Voor oevers die grenzen aan landbouw en of natuurpercelen moet de werkwijze/ werktalud voldoen aan de CUR 113 aanbeveling gestelde veiligheidseis van $P_{feis} = 0,1$ per km oever.

De hiervoor genoemde veiligheidsoverweging dient door de opdrachtgever en de vergunningverlener te worden geverifieerd.

1.8 Doel

Doel van het rapport is om de ontwerptaludhelling van de verdieping te bepalen in overeenstemming de eenvoudige beoordeling zoals voorgeschreven in [CUR113], voor de faalmechanismen taludafschuiving, verwekingsvloeiing en bresvloeiing.

Indien nodig zal een gedetailleerde bresanalyse worden uitgevoerd om tot een veilige werkmethode te komen voor het winnen van zand.

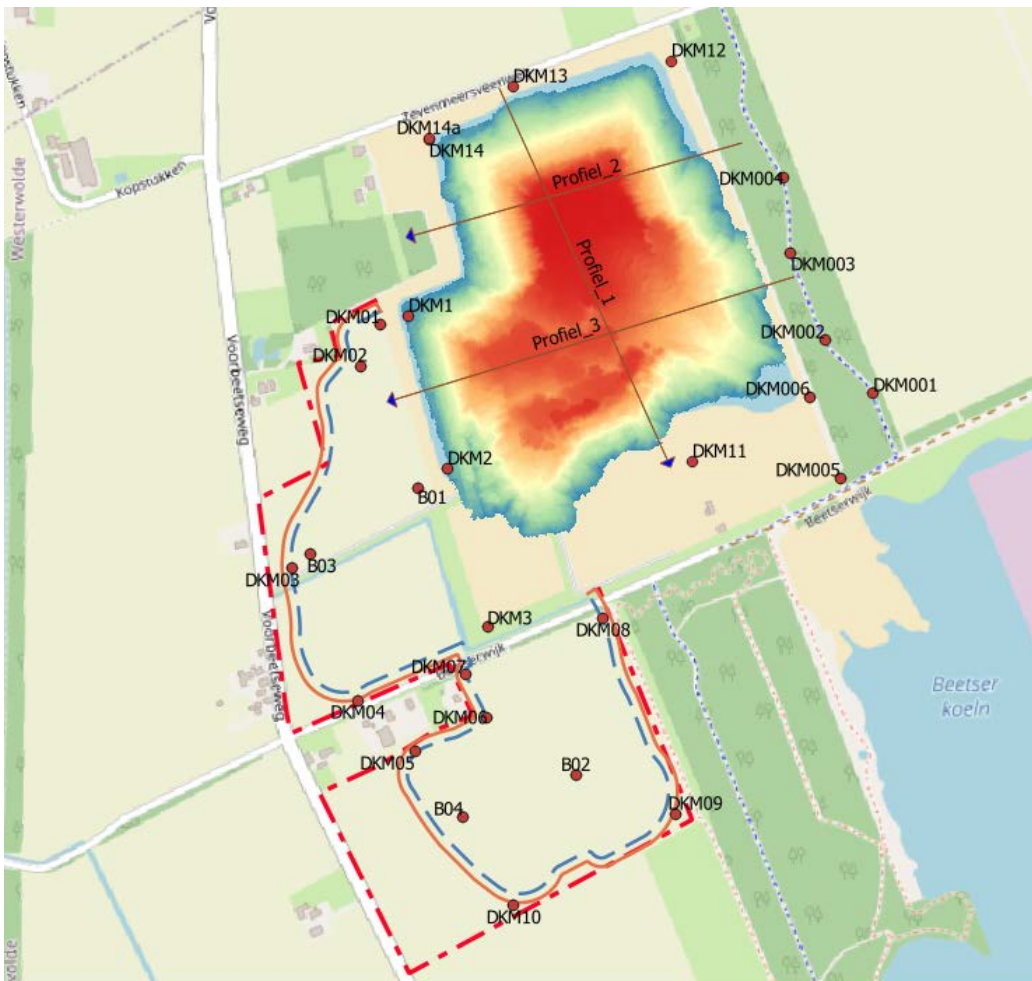
2. Terrein en bodemgesteldheid

2.1 Beschikbaar grondonderzoek

In Tabel 2-1 zijn de sonderingen en boringen genoemd die de basis vormen voor het in kaart brengen van de lokale ondergrond. Door Fugro zijn het kader van de voorgenomen uitbreiding aanvullende sonderingen uitgevoerd [6]. Daarnaast is gebruik gemaakt van de door de opdrachtgever aangeleverde data [7 t/m 10]. In figuur 2-1 zijn de locaties van de in dit rapport gebruikte grondonderzoekspunten weergegeven.

Tabel 2-1 Overzicht onderzoekspunten

ITEM	Project	jaar	Bedrijf	RD coördinaten [m]		Hoogte [m NAP]	Einddiepte [m NAP]	Opmerking
				x	y			
DKM01	1321-196096	2021	FUGRO	268373.9	552557.3	+8.57	-50.0	Gestaakt, max. totaaldruk
DKM02	1321-196096	2021	FUGRO	268340.7	552487.7	+7.71	-32.0	
DKM03	1321-196096	2021	FUGRO	268226.8	552146.1	+7.92	-52.0	
DKM04	1321-196096	2021	FUGRO	268336.4	551923.2	+8.23	-49.0	
DKM05	1321-196096	2021	FUGRO	268432.3	551837.2	+8.41	-37.0	
DKM06	1321-196096	2021	FUGRO	268554.8	551895.4	+8.69	-32.0	
DKM07	1321-196096	2021	FUGRO	268518.5	551966.8	+8.30	-32.0	Gestaakt, max. totaaldruk
DKM08	1321-196096	2021	FUGRO	268750.2	552062.0	+8.68	-41.0	Gestaakt, max. totaaldruk
DKM09	1321-196096	2021	FUGRO	268871.4	551731.6	+8.34	-44.0	
DKM10	1321-196096	2021	FUGRO	268599.4	551577.3	+7.64	-54.0	Gestaakt, max. totaaldruk (sondeerstang gebroken)
DKM11	1321-196096	2021	FUGRO	268900.9	552326.2	+8.68	-51.0	Gestaakt, max. totaaldruk
DKM12	1321-196096	2021	FUGRO	268865.5	553002.3	+9.30	-46.0	
DKM13	1321-196096	2021	FUGRO	268598.5	552959.1	+8.59	-48.0	Gestaakt, max. totaaldruk
DKM14	1321-196096	2021	FUGRO	268456.7	552870.7	+6.71	-20.0	Gestaakt, max. totaaldruk
DKM14a	1321-196096	2021	FUGRO	268456.2	552871.7	+6.75	-28.0	Gestaakt, max. totaaldruk
DKM1	VN62078-1	2015	W&P	268422.0	552572.0	+8.52	-31.0	
DKM2	VN62078-1	2015	W&P	268488.0	552314.0	+7.82	-32.0	
DKM3	VN62078-1	2015	W&P	268555.0	552049.0	+8.16	-36.0	
DKM001	VN69038-2	2018	W&P	269206.1	552442.2	+8.09	-39.0	
DKM002	VN69038-2	2018	W&P	269124.5	552531.9	+8.27	-39.0	
DKM003	VN69038-2	2018	W&P	269067.1	552679.2	+8.03	-39.0	
DKM004	VN69038-2	2018	W&P	269054.5	552804.8	+8.06	-39.0	
DKM005	VN69038-2	2018	W&P	269150.0	552299.0	+8.13	-31.0	
DKM006	VN69038-2	2018	W&P	269099.0	552436.0	+7.93	-40.0	
B01		2020	Haitjema	268437.0	552281.0	+7.50	-26.3	mv hoogte AHN2
B02		2020	Haitjema	268704.0	551797.0	+8.50	-31.5	mv hoogte AHN2
B03		2020	Rossingh	268257.0	552170.0	+7.80	-34.2	mv hoogte AHN2
B04		2020	Rossingh	268514.0	551727.0	+8.00	-52.0	mv hoogte AHN2



Figuur 2-1 Locatie beschikbaar grondonderzoek

2.2 Beoordeling omvang grondonderzoek

Sonderingen

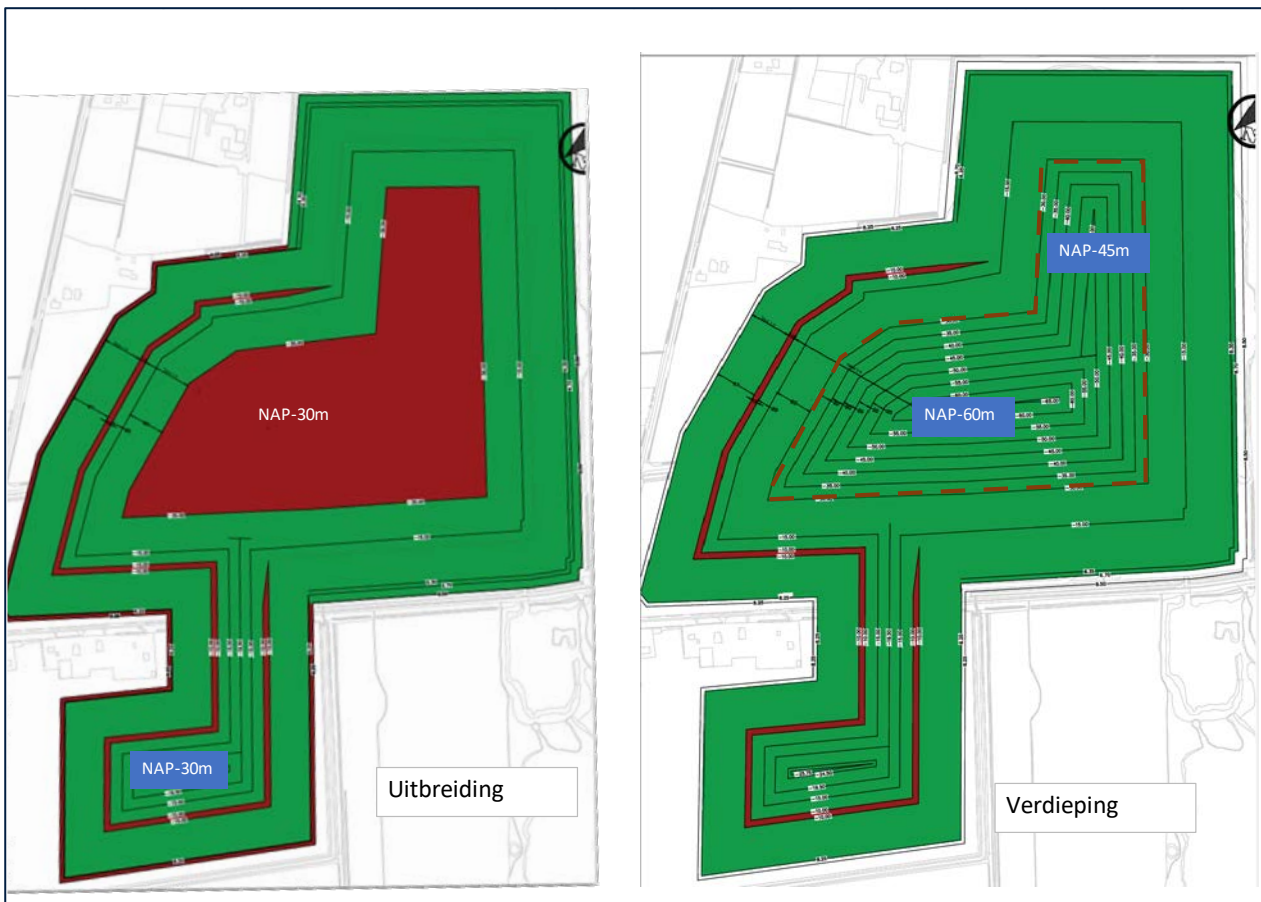
Volgens [CUR113] is bij iedere 0,3 à 0,5 km oever een sondering tot een diepte van minimaal 0,5HR onder de putbodernodig, met een minimum van 4 sonderingen.

Uitbreiding

De Noordplas zal met ongeveer 25 ha worden uitgebreid tot een diepte van NAP-19 m tot NAP -30 m. (figuur 2-2). De uitbreiding sluit aan op de bestaande huidige vergunningsdiepte van de Noordplas NAP-30 m.

Verdieping

De verdieping betreft een zandwinning in de diepte van de Noordplas en een deel van de uitbreiding. Er wordt zand gewonnen vanaf NAP -30 m tot een maximale diepte van NAP-60 m (midden van de Noordplas/uitbreiding (figuur 2-2).



Figuur 2-2 Schematische voorstelling Uitbreiding en verdieping

Uitgaande van een mogelijke voorziene maximale plasdiepte van NAP-60 m, en een maaiveldniveau van NAP+8 m en waterpeil van ongeveer NAP+6,3 m, bedraagt de rekenputdiepte (Hr) volgens de CUR 113 aanbeveling 67m. De sonderingen dienen volgens de CUR113 richtlijn de bodemopbouw tot een diepte van ca. NAP-98 m (mv – 106 m) te verkennen.

Tabel 2-1 geeft aan dat er 9 sonderingen beschikbaar zijn. Dit betreft sonderingen tot diepten van NAP-30 m. In het aanvullend grondonderzoek [4] zijn 14 extra sonderingen uitgevoerd met als doel de bodem zo diep mogelijk te verkennen. Vanwege de sterk toenemend sondeerdrücken zijn de sonderingen gestaakt tot verkende diepten van gemiddeld NAP-45 m.

Op basis van data afkomstig van het dinoloket (figuur 2-3) blijkt dat de sonderingen vanwege de hoge sondeerdrücken stuiten op de vastgepakte zandlagen van de formatie van Appelscha . De lithologische beschrijving van de formatie geeft aan dat er sprake is van Lichtgrijs tot lichtgeel matig fijn tot uiterst grof zand (150-2000 μm), kalkloos, grindig en in mindere mate fijn (zie ook paragraaf 2.3). De combinatie van gepaktheid en de grofheid van het (tertiaire) zand maakt dat het zand in principe niet gevoelig is voor verweken.

Nu is het aspect (risico op) verweken de hoofdreden waarom het gewenst is om sonderingen tot 1,5 keer de vergunde diepte door te zetten om te kijken of er sprake is van losgepakte fijne zandlagen die mogelijk een risico vormen voor het faalmechanisme verweken.

Op basis van de hoge sondeerwaarden en de geologische beschrijving van het zandpakket wordt verwacht dat de zandlagen tussen NAP-40 m en NAP-90 m niet gevoelig zullen zijn voor verweken.

Echter er kan geen uitspraak worden gedaan over het voorkomen van mogelijke klei en of leemlagen, ook wel stoorlagen genoemd.

Voor het analyseren van de zandlagen vanaf maaiveld (NAP+8 m) tot NAP-50 m op het risico van verweking en in beperkte mate ook het risico van onbeheerst bressen is voldoende sondeerdata beschikbaar.

Concluderend kan onzes inziens worden gesteld dat de combinatie van informatie afkomstig van het Dinoloket en het uitgevoerde grondonderzoek voldoende informatie geeft voor een gefundeerd stabiliteitsadvies.

Boringen

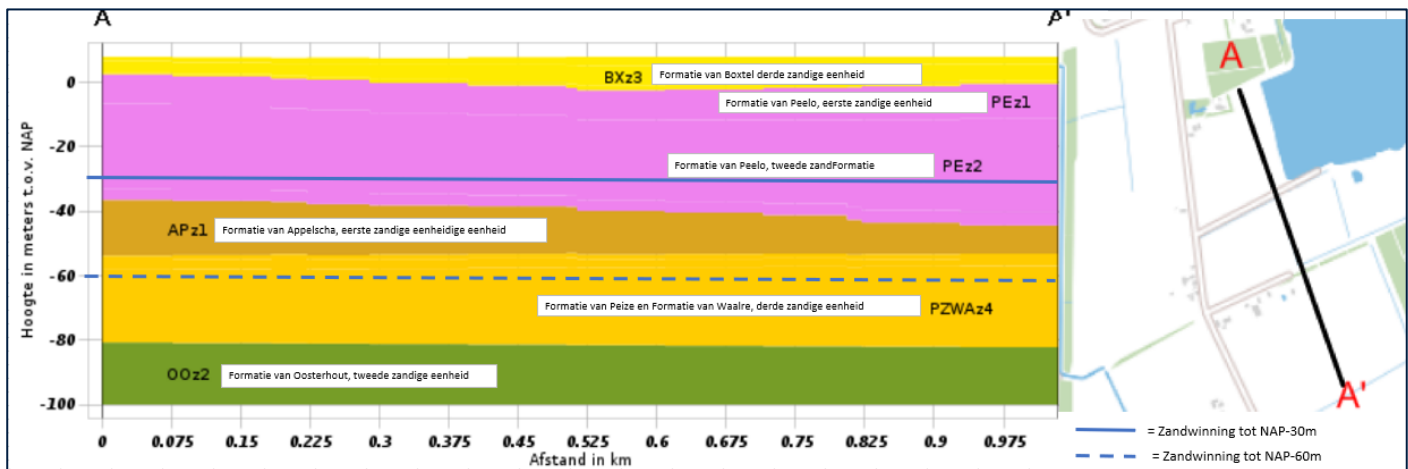
Volgens [CUR 113] is bij iedere 0,3 à 1,0 km oever een boring met classificatieproeven en korrelverdelingen tot putbodem nodig, met een minimum van 3 boringen per put.

Voor de uitbreiding en de verdieping zijn drie aanvullende boringen uitgevoerd tot een diepte van ca. NAP-60 m. Verder zijn 4 Dinoloket boringen beschikbaar tot diepten van NAP -23 m.

Dit geeft voldoende informatie om in overeenstemming met de CUR Aanbeveling 113 te voorspellen hoe de taludontwikkeling mogelijk zal zijn bij het winnen van zand op grote diepten. De nauwkeurigheid van de voorspelling hangt uiteraard samen met de kwaliteit van het uitgevoerd grondonderzoek. Het effect van de kwaliteit van het beschikbare grondonderzoek op het diepzuigen zal in de betreffende hoofdstukken verder worden besproken

2.3 Geologie

De geologie is geschematiseerd op basis van gegevens uit het DINO-loket en het beschikbare grondonderzoek. Een doorsnede van de schematisatie is weergegeven in figuur 2-3.



Figuur 2-3 Schematische geologie, Bron : DINO-loket

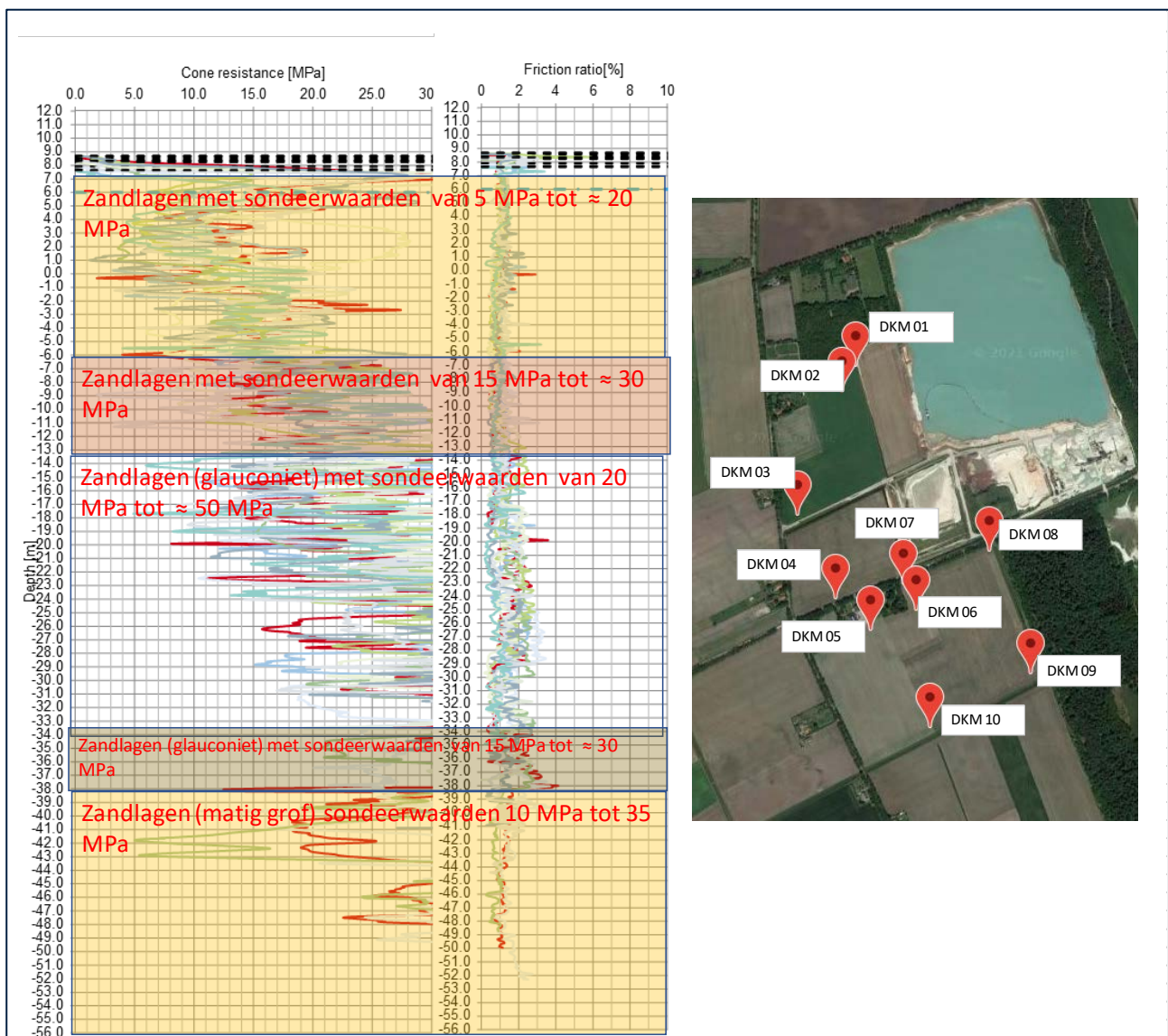
De ondergrond van projectlocatie op een diepte NAP-40 m bestaat hier tot een diepte van enkele tientallen meters uit grove, kwartsrijke witte zanden. In het verkennend bodemonderzoek uitgevoerd door Econsultancy [11] wordt aangegeven dat deze zanden in het Cromerien zijn afgezet door het Eridanos riviersysteem, en worden gerekend tot de Formatie van Appelscha. In [11] wordt aangegeven dat in het Cromerien, Nederland buiten de invloedsfeer van het Eridanos systeem kwam, zodat in het zuidelijke en westelijke deel van het Noord-Nederlands zandgebied sedimenten van de Rijndelta werden afgezet. In het Elsterien werden afzettingen gesedimenteerd die verband houden met de IJskap. Deze sedimenten bestaan voornamelijk uit kleien en fijne zanden (formatie van Peelo). Vervolgens zijn deze afgedekt met een pakket afzettingen van de Formatie van Boxtel bestaande uit zand fijn tot matig grof.

In de Formaties van Peize, Appelscha, Peelo en Boxtel worden gezien als het eerste watervoerende pakket (WVP1). Binnen de formatie van Peelo bevindt zich, op een diepte van ongeveer 20 m -mv, een ongeveer 5 m dikke leemlaag. Deze leemlaag vormt een slecht doorlatende laag, maar is niet doorlopend en slechts binnen een deel van het plangebied aanwezig. Deze laag vormt dan ook geen scheidende laag. Het WVP1 wordt aan de onderzijde begrensd door slecht doorlatende, mariene afzettingen van de Formatie van Oosterhout.

2.4 Globale geotechnische bodemgesteldheid

Sonderingen

Het maaiveldniveau in het projectgebied varieert tussen NAP +7,0 m en NAP +8,5 m met een gemiddeld maaiveldniveau van NAP +8,0 m. Het grondonderzoek toont een opbouw aan, bestaande uit overwegend zand¹ tot maximaal verkende onderzoek diepte van ongeveer NAP -54 m. Over de diepte komen dunne sterk siltige zand tot zandige leemlaagjes voor van beperkte dikte. Deze zijn van dermate beperkte dikte (< 0,5 m) dat ze niet als maatgevend zijn meegenomen. Tot diepten van NAP-10 m a NAP -15 m varieert de pakking (5 MPa – 30 MPa) over de diepte per sondering maar ook tussen de sonderingen onderling. In de ondergelegen zandlagen tot ongeveer NAP-40 m worden vooral hoge sondeerwaarden gemeten tot (50 MPa) gemeten. Vanaf NAP-40 m tot een verkende diepte van NAP-54 m varieert de gemeten sondeerwaarde van de zandlagen tussen 10 MPa à 35 MPa. In figuur 2-4 is het resultaat weergegeven van het schematiseren van de bodemopbouw van de uitbreiding .



Figuur 2-4 Voorbeeld schematisering bodemopbouw uitbreiding

¹ Uit de rapportage van TNO [12] blijkt dat het zand glauconiet bevat, wat volgens [13] een relatief hoog wrijvingsgetal (NAP -14m tot NAP-38m) van de sonderingen verklaart.

Op basis van het uitgevoerd grondonderzoek is in tabel 2-2 de bodemopbouw van de Noordplas +uitbreiding geschematiseerd.

Tabel 2-2 Globale laagopbouw Noordplas + uitbreiding.

Bovenkant laag [m NAP]	Omschrijving	Opmerking
+8,00 a +8,50	Maaiveld	
+7,0	Cohesieve leeflaag	Aangemerkt als klei humeus
+6,00	Zand (matig grof), matig gepakt	Sondeerwaarden variabel ca 10 MPa à 20 MPa
-6,00	Zand (matig grof), vastgepakt	Sondeerwaarden variabel ca 15 MPa à 35 MPa
-13,0	Zand (grof), vastgepakt	Sondeerwaarden variabel ca 20MPa à 50 MPa (glauconiet houdend)
-34,0	Zand (grof) matig tot vastgepakt	
-38	Zand (grof), matig gepakt	
-51,0	Maximaal verkende diepte	1321-196096 DKM03
-51,0	Zand (grof), matig gepakt	Op basis van geologisch beschrijving

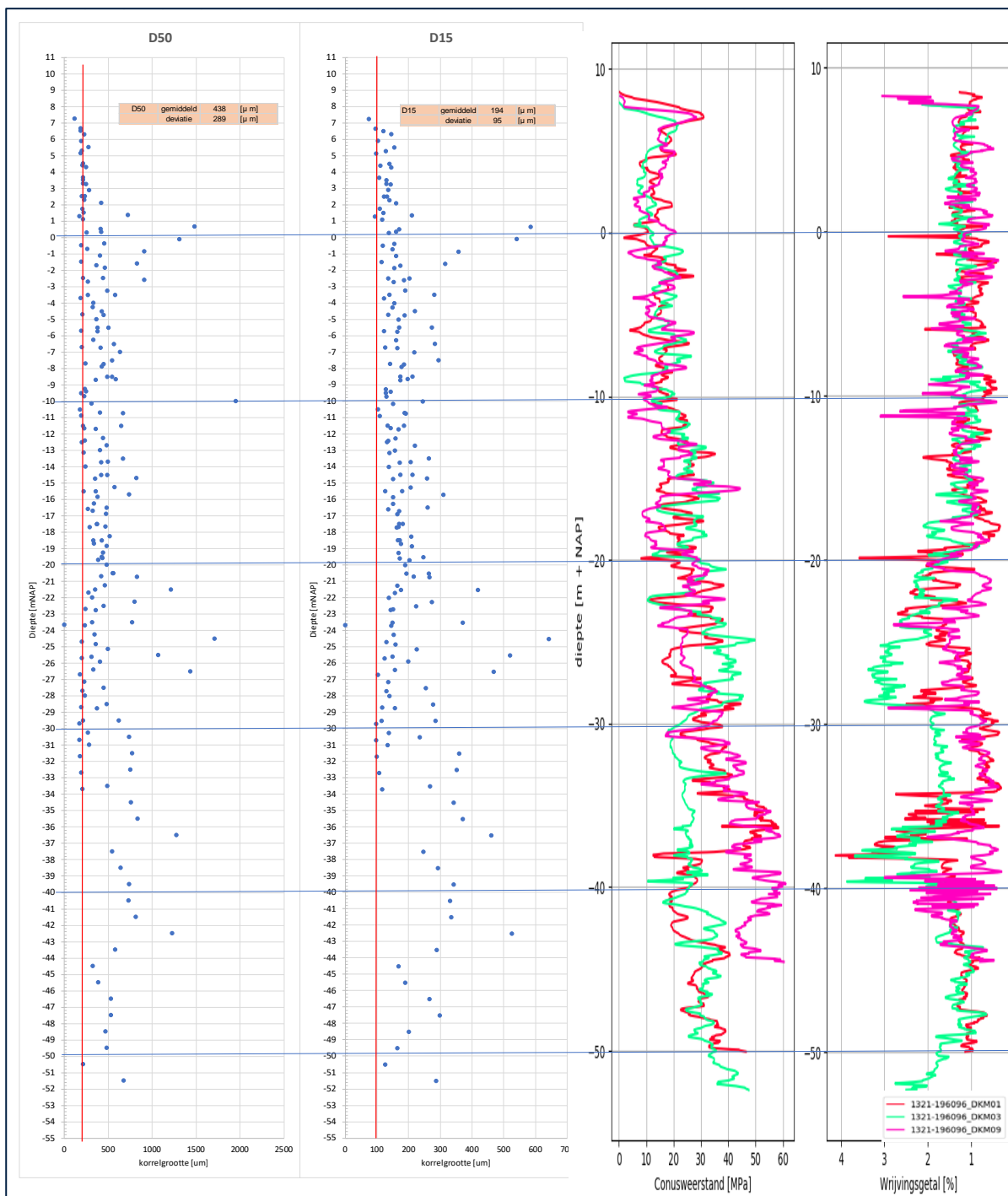
Boringen

De aangetroffen maaiveldhoogten ter plaatse van de boringen van het beschikbaar gesteld grondonderzoek [7] en [8] varieert tussen NAP +7,0 m en NAP +8,5 m. De maximaal verkende diepte van de boringen is ongeveer NAP -51 m. De aangeleverde data van de boringen betreft alleen korrelverdelingen. Het sondeeronderzoek laat zien dat er sprake is van een overwegend homogene zandlaagopbouw (figuur 2-4). Op basis van de korrelverdelingscurven is schematisch een laag (bodem) profiel samengesteld waarin een relatie is gelegd tussen de diepte en de korrelgrootte d_{50} en de d_{15} (figuur 2-5) die van belang zijn voor de taludontwikkeling tijdens het baggeren, het zogenaamd beheerst bressen.

Uit de figuur is op te maken dat de zandlagen voornamelijk uit matig grof tot grof zand bestaat met een gemiddelde d_{50} van 438 μm en een d_{15} van 194 μm . Na NAP -34 m tot NAP -52 m lijkt er sprake te zijn van een grover zand. Dit betreft vooral data afkomstig van (spoel²) boring 4 (Rossingh).

Vanaf NAP-52 m tot NAP-65 m zijn geen korrelverdelingen en of sondeerdata beschikbaar. Op basis van de geologische beschrijving wordt verwacht dat het zand tot een diepte van NAP-65m voornamelijk grof zand zal zijn met een $d_{50} \geq 200 \mu\text{m}$ en een $d_{15} \geq 100 \mu\text{m}$. Voor de taludontwikkeling tijdens het baggeren wordt in deze rapportage aangenomen dat het zand vanaf NAP-52 m tot NAP-65 m een d_{50} heeft van 200 μm en een d_{15} van 100 μm .

² Bekend is dat spoelboringen een iets grover beeld weergeven van de genomen zandmonsters ten opzichte van zandmonsters genomen van een avegaar en of puls boring.



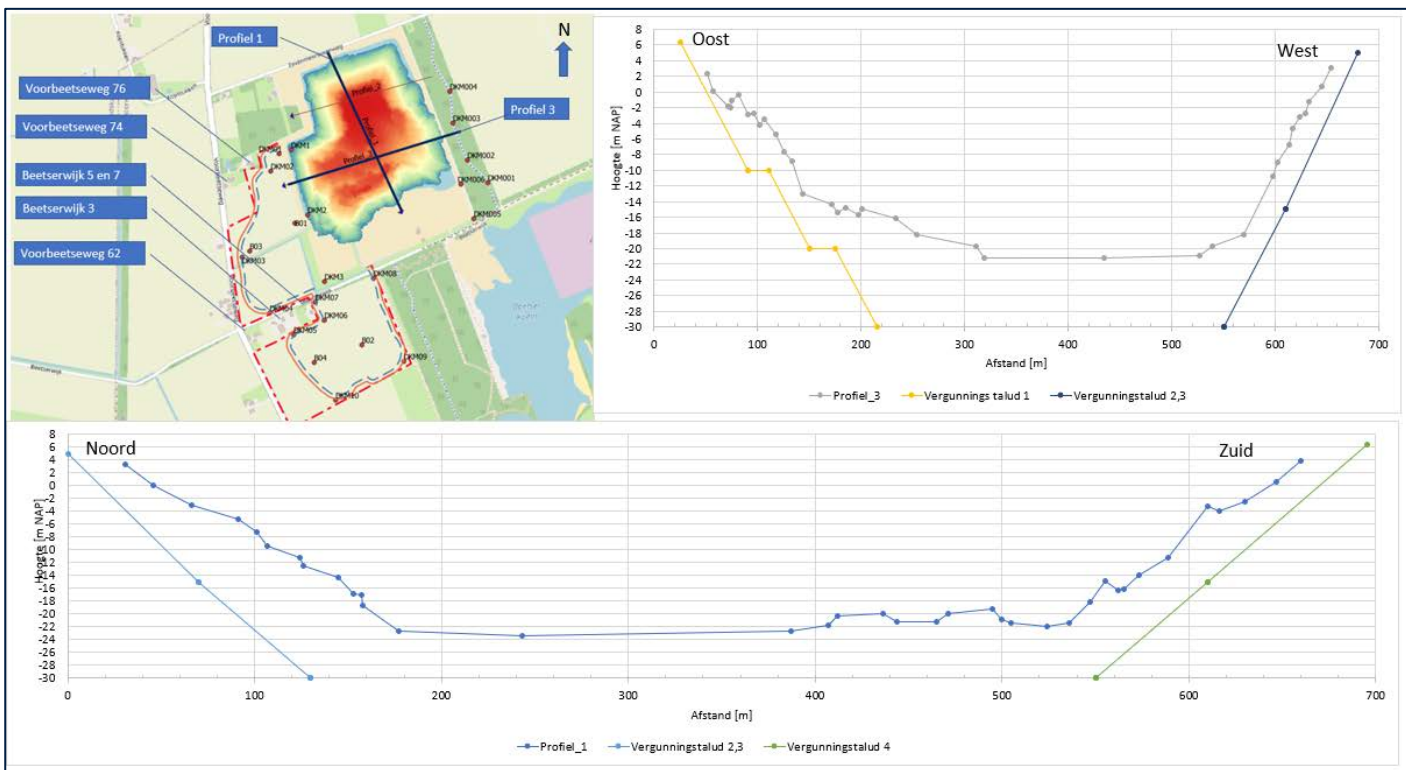
Figuur 2-5 Laagprofiel samengestelde korrelgrootte

2.5 Geometrie

Op basis van een globale inventarisatie zijn de volgende belendingen aan de zandwinning geïdentificeerd. Hierbij is de ligging van kabels en leidingen voorsnog niet beschouwd. Deze inventarisatie dient door de opdrachtgever geverifieerd en waar nodig aangevuld te worden.

De (huidige) zandwinning wordt begrensd door laanstructuren, houtwallen en bospartijen. Aan de noordzijde bevindt zich de Zevenmeersveenweg, De oostzijde van de zandwinning wordt begrensd door een bos partij Bont zandoogje. Aan de west- en zuidzijde de, Voorbeetseweg en de Beetserwijk.

De uitbreiding is westzuidwest georiënteerd richting de Voorbeetseweg. Hier bevinden zich een aantal woningen, Voorbeetseweg 62, 74 en 76 en aan de Beetserwijk 3, 5 en 7 (figuur 2-6). Aan de zuidzijde van de uitbreiding zijn voornamelijk landbouw percelen gesitueerd. In de figuur is ook schematische de huidige onderwatergeometrie van zandwinning weergegeven. Hieruit volgt dat de huidige diepte van de Noordplas circa NAP -22 m bedraagt. De gemeten onderwatertaludhelling bedraagt over het algemeen ongeveer 1v : 3h tot 1v : 4h. Daar waar in het verleden een inscharing is opgetreden [5] varieert de gemeten taludhelling van 1v :3h naar 1v :7h.



Figuur 2-6 Geometrie Noordplas Sellingebeetse op basis van peiling d.d.14-10-2021 [2]

De voorgestelde verdieping betreft een verdieping van NAP-30 m tot ongeveer NAP -60 m. Voor de uitbreiding wordt uitgegaan van een zandwindiepte tot NAP-30 m. Voor het theoretisch vergunningstalud wordt als startpunt uitgegaan van een talud met een helling van minimaal 1v : 3h à 1v : 4h.

3. Afschuiving

In dit hoofdstuk komt de beschouwing van het mechanisme taludafschuiving aan de orde.

3.1 Mechanisme beschrijving

Bij verlies van macrostabiliteit is sprake van een evenwichtsverlies of afschuivingen langs een min of meer cirkelvormig schuifvlak. Oorzaken van het optreden van een afschuiving kunnen onder andere een bovenbelasting of een te steile taludhelling zijn.

De stabiliteitsberekeningen van het onderwatertalud zijn uitgevoerd met behulp van een computerprogramma D-GeoStability, waarbij gekozen is voor de methode van Bishop om de macrostabiliteit van de taluds te toetsen. Bij deze methode 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 momenten. De tegenwerkende momenten 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 momenten is een maat voor de veiligheid van het talud.

3.2 Uitgangspunten

3.2.1 Geometrie

Voor het talud is een helling van 1:3 of flauwer gewenst. Daarom is in de statische stabiliteitsanalyse uitgegaan van een talud van 1:3 tot putdiepte. Deze putdiepte is maximaal NAP -60 m. Hierbij wordt uitgegaan van een maatgevende bodemopbouw. Wanneer deze situatie statisch voldoende stabiel is, dan zal een eventueel flauwer of minder diep werktalud, waarin de dynamische invloeden van het winningsproces in zijn verwerkt, statisch zeker voldoen.

3.2.2 Bodemopbouw

Op basis van het beschikbare grondonderzoek is een bodemschematisatie opgesteld (figuur 2-4). Zie ook tabel 2-2. De in de tabel aangegeven bodemopbouw is als uitgangspunt genomen voor de stabiliteitsanalyse

3.2.3 (Grond) waterstand

Grondwaterstand

In [4] wordt aangegeven dat de (gemeten) grondwaterstand normaal fluctueert als gevolg van het seizoensgebonden neerslagtekort en –overschot. De grondwaterstand varieert tussen globaal NAP+5,90 m en NAP+7,20 m.

Oppervlaktewater

Uit de aangeleverde hydrologische verkenning [4] wordt aangegeven dat er geen watergangen in verbinding staan met de zandwinplas. De waterplas ligt hierdoor gescheiden van het oppervlaktewaterstelsel. De gehanteerde zomer- en winterpeilen voor het oppervlaktewaterstelsel in het gebied waar de zandwinning is gelegen bedragen respectievelijk NAP+6,7 m en NAP+6,3 m.

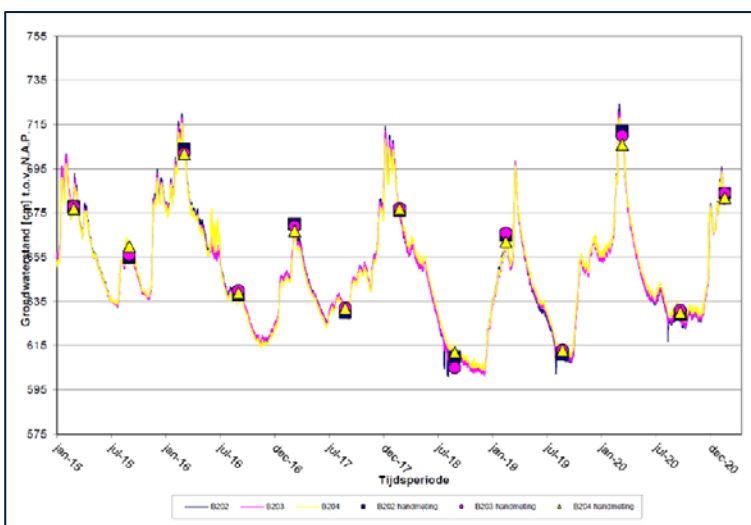
Verder wordt in de hydrologische verkenning [4] genoemd dat waterstand van het eerste watervoerende pakket regionaal gezien tussen circa 0,8 m -mv tot 1,7 m –mv ligt. Regionaal gezien is de stromingsrichting van het freatisch grondwater in het eerste watervoerend pakket noordwestelijk gericht. Er is dus sprake van inzijging.

Voor schatten van het verhang (verschil grondwaterstand / plaspeil) voor het beoordelen van microstabiliteit is op basis van de in [4] genoemd gemeten grondwaterstanden (figuur 3-1) het verhang geschat. In tabel 3-1 zijn de belangrijkste resultaten uit [4] weergegeven. Wanneer wordt uitgegaan van een laagst gemeten plaspeil (NAP+6,3 m) dan kan een maximaal verhang (i) worden verwacht van 0,0131

Tabel 3-1 Resultaten samenvatting grondwaterstand metingen Bron RHDHV [4]

Nr. Peilbuis Uit [4]	Periode meting		Niveau maaiveld [m NAP]	Grondwaterstand [m NAP]			Afstand tot oever zandwinning [m]	Verhang* [-]
	Van	Tot		Hoogste	Gemiddeld	Laagste		
B202	Jan 2015	December 2020	+7,7	+7,15	+6,55	+6,0	65	0,0131
B203								
B204								

* verhang bepaald bij een plaspeil van NAP+6,3m



Figuur 3-1 Resultaten peilbuismetingen Bron: Rapport RHDHV [4]

Voor het beoordelen van de statische stabiliteit van het onderwatertalud wordt uitgegaan van een (conservatief) freatische verloop van NAP+7,2 m (omliggend gebied) naar NAP+6,3 m (minimaal plaspeil). Voor de stijghoogte in het watervoerend pakket wordt aangenomen dat deze gelijk is aan het freatische verloop.

3.2.4 Grondparameters

De grondparameters zijn herleid op basis van correlatie met de conusweerstand op basis van tabel 2.b van [NEN 9997-1].

De [CUR 113] geeft aan dat voor een eenvoudige analyse een evenwichtsfactor van minimaal 1,3 moet worden gehanteerd, als gebruik wordt gemaakt van de karakteristieke waarden zoals aangeven in de NEN 6740. Aangezien NEN 6740 is vervallen, is uitgegaan van [NEN-9997-1], waarbij de evenwichtsfactor tenminste 1,0 moet bedragen bij rekenwaarden van de grondparameters.

Zandwinputten zijn normaliter ingedeeld in veiligheidsklasse RC1 uit [NEN 9997-1]. Dit betekent dat na macro-instabiliteit wordt uitgegaan van geringe gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, en/of kleine of verwaarloosbare economische of sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving. De rekenwaarden voor de grondparameters zijn verkregen door de representatieve waarden te delen door de materiaalfactoren voor RC1 volgens tabel A.2 uit [NEN 9997-1]. De rekenwaardes die hieruit volgen zijn weergegeven in tabel 3-2.

Tabel 3-2 Sterkteparameters

Grondsoort [-]	γ/γ_{sat} [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ [°]	c'_d [kPa]	ϕ_d [°]
Klei organisch leeflaag	15/16	2,0	15,0	1,5	13,0
Zand (matig grof), matig gepakt	18/20	-	32,5	-	27,1
Zand (matig grof), vastgepakt	19/20	-	35,0	-	29,2
Zand (grof), vastgepakt	19/20	-	32,5	-	27,1
Zand (grof) matig gepakt	18/20	-	35,0	-	29,2

Opmerkingen:
 γ en γ_{sat} = volumiek gewicht; sat = verzadigd
 c' = effectieve cohesie (representatieve waarde)
 ϕ' = effectieve hoek van inwendige wrijving (representatieve waarde)
 c'_d = effectieve cohesie (rekenwaarde)
 ϕ'_d = effectieve hoek van inwendige wrijving (rekenwaarde)

3.2.5 Belastingen

Voor de terrein- en bovenbelastingen is uitgegaan van een (werk-)verkeersbelasting en een aardbevingsbelasting.

Representatieve geotechnische belastingen (zoals verkeer) die tijdens de verschillende werkgangen worden meegenomen vallen onder ontwerpbenadering 3 (zie NEN 9997-1:2016 Tabel A.3: $\gamma_Q = 1,3 * 0,9 = 1,17$). Dit geeft een partiele ontwerpfactor van 1,17.

In dit rapport wordt gerekend met een bovenbelasting van $5 \text{ kN/m}^2 \times 1,17 \approx 6 \text{ kN/m}^2$ (licht verkeer + onderhoud) werkend over een breedte van 2 m gerekend op een afstand van 2,0 m vanaf de oeverlijn, gebaseerd op mogelijke aanwezigheid van voetgangers of licht verkeer (personenwagens onderhoudswerkzaamheden, e.d.).

Aardbevingsbelastingen (ontwikkeling seismische dreiging):

Op de website van NEN (<https://seismischekrachten.nen.nl/>) is te zien dat zandwinning buiten de seismische dreiging valt behorende bij de NPR 9998:2020. In de stabiliteitsanalyse wordt geen rekening gehouden met aardbevingen die door het winnen van aardgas wordt opgewekt.

Echter volgens de CUR113 Aanbeveling moet men in de gebruikssituatie rekening houden met mogelijk (tektonische) aardbevingsbelastingen. In dit rapport is een aardbevingsbelasting in rekening gebracht. De intensiteit is bepaald op basis van figuur 2 uit Th. Crook (1996) 'A seismic zoning map conforming to Eurocode 8, and practical earthquake parameter relations for the Netherlands', Geologie en Mijnbouw 75: 11-18, 1996 [iv]. Hieruit blijkt dat de projectlocatie in een gebied ligt waarvoor een horizontale piekversnelling van $0,1 \text{ m/s}^2$ ($0,010g$) geldt bij een overschrijdingskans van 10% in een periode van 50 jaar. Deze ontwerpversnelling komt overeen met de het betrouwbaarheidsniveau zoals beschreven in par. 2.1 van Eurocode 8, deel 1 [NEN 1998-1, 2005]. De invloed van deze versnelling zal, met behulp van de pseudo-statische methode conform par. 4.1.3.3 uit Eurocode 8, deel 5 [NEN 1998-1, 2005], in D-GeoStability worden verdisconteerd. De horizontale traagheidskracht op het grondmassief kan berekend worden volgens: $F_h = 0,5 \alpha S W$

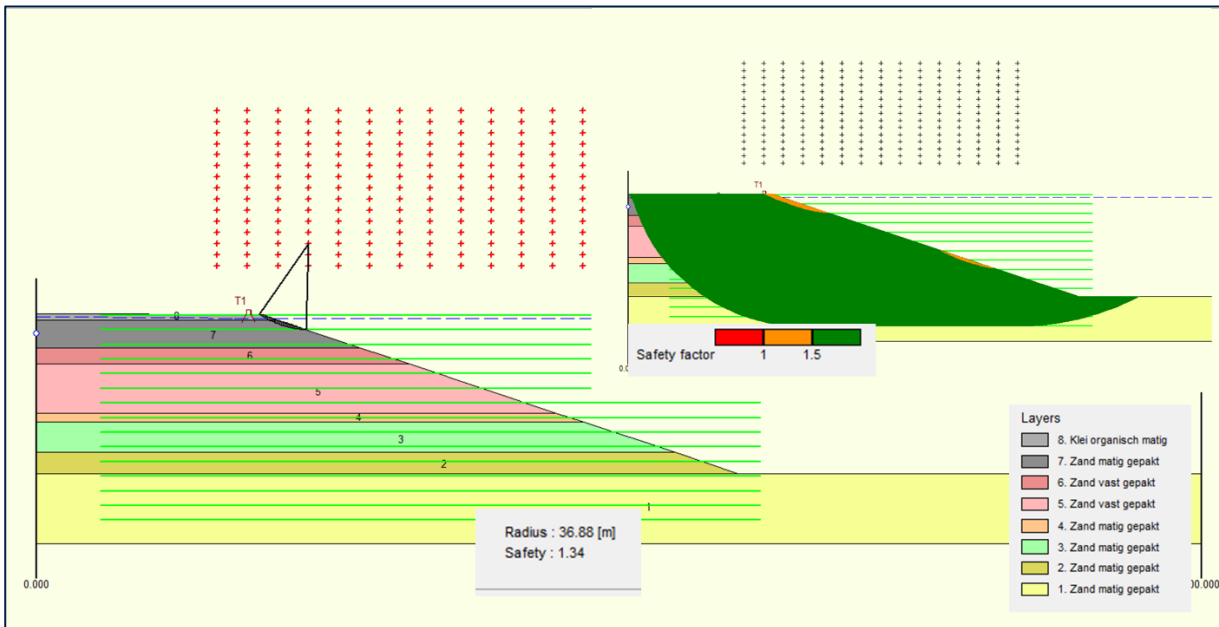
Waarin:

- α : ratio tussen de ontwerp grondversnelling (ag) en de gravitatieconstante (g);
- S : grondparameter volgens EN 1998-1:2004, par. 3.2.2.2;
- W : gewicht van de grondmassa.

In dit geval geldt dat $\alpha = 0,010 g$. De grondparameter is in dit geval, volgens tabel 3.3 uit Eurocode 8, deel 1, gelijk aan $S = 1,5$. Hierbij is ervan uitgegaan dat de magnitude M_s kleiner is dan 5,5 (Type 2 spectrum) en de bodem in het talud uit voornamelijk vast tot matig vast zand (Grondtype C) bestaat. De versnellingscoëfficiënt is in dit geval gelijk aan $a_h = 0,5 \alpha S = 0,0075 g$.

3.3 Berekeningsresultaten

Op basis van een verwachte grondopbouw ter plaatse van de zandwinning is een statische stabiliteitsanalyse uitgevoerd voor de uiterste grenstoestand (UGT) met de rekenwaarde van de sterkteparameters voor een diepte tot NAP-65 m . De minimaal vereiste stabiliteitsfactor (SF_{min}) moet minimaal 1,0 bedragen. De berekende stabiliteitsfactor is grafisch weergegeven in de onderstaande figuur. Te zien is dat de berekende Stabiliteitsfactor $SF \geq 1$ bij een talud met een helling van 1v :3h.



Figuur 3-2 Resultaat Statische stabiliteit taludhelling 1v :3h

De berekening geeft aan dat voor alle situaties aan de stabiliteitseis ten aanzien van taludafschuiving wordt voldaan bij een talud 1v: 3h of flauwer tot aan putbodem (NAP -60 m).

3.4 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 zandwinput dat lager is dan de omringende grondwaterstand. Er moet sprake zijn van een voldoende groot verhang in de grondwaterstanden wil er een verlies aan evenwicht optreden. In paragraaf 3.2.3 is aangegeven dat een verhang (i) kan optreden van 0.131

Het berekende verhang kan invloed hebben op de (micro) stabiliteit van het talud. Figuur 3-3 laat de uitkomsten zien van een indicatieve toetsing waarbij het rekentalud (1:3) is getest op taluderosie volgens Bernatzik en Schultze [xviii].

4. Verweking

4.1 Inleiding

De term verwekingsvloeiing kan worden omschreven als een verschijnsel waarbij een verzadigd pakket los gepakt zand plotseling verweekt: er ontstaat een soort drijfzand. Verweking impliceert een dramatische vermindering van het onderlinge contact tussen de zandkorrels en van de schuifsterkte van het zandlichaam. Als het zandpakket oorspronkelijk in een helling aanwezig is, dan zal de verweekte massa naar beneden vloeien en pas weer onder een zeer flauwe helling tot rust komen. De mate van verweking waarbij de zandkorrels in het geheel geen onderling contact meer hebben (volledige verweking), treedt niet zo vaak op. Maar gedeeltelijke verweking kan het vermogen van het zand om schuifspanning op te nemen al zodanig doen verminderen dat het talud instabiel wordt en er een grote massa zand naar beneden vloeit.

Als de verweking aan de teen van het talud begint, zal het zand eerst daar wegvloeien. Doordat de steun van de teen dan verloren gaat, is de kans groot dat ook hoger gelegen delen instabiel worden. Op deze wijze ontstaat een terugschrijdend proces, ervaringen uit de praktijk onderschrijven dit proces.

4.2 Beoordeling verwekingsvloeiing

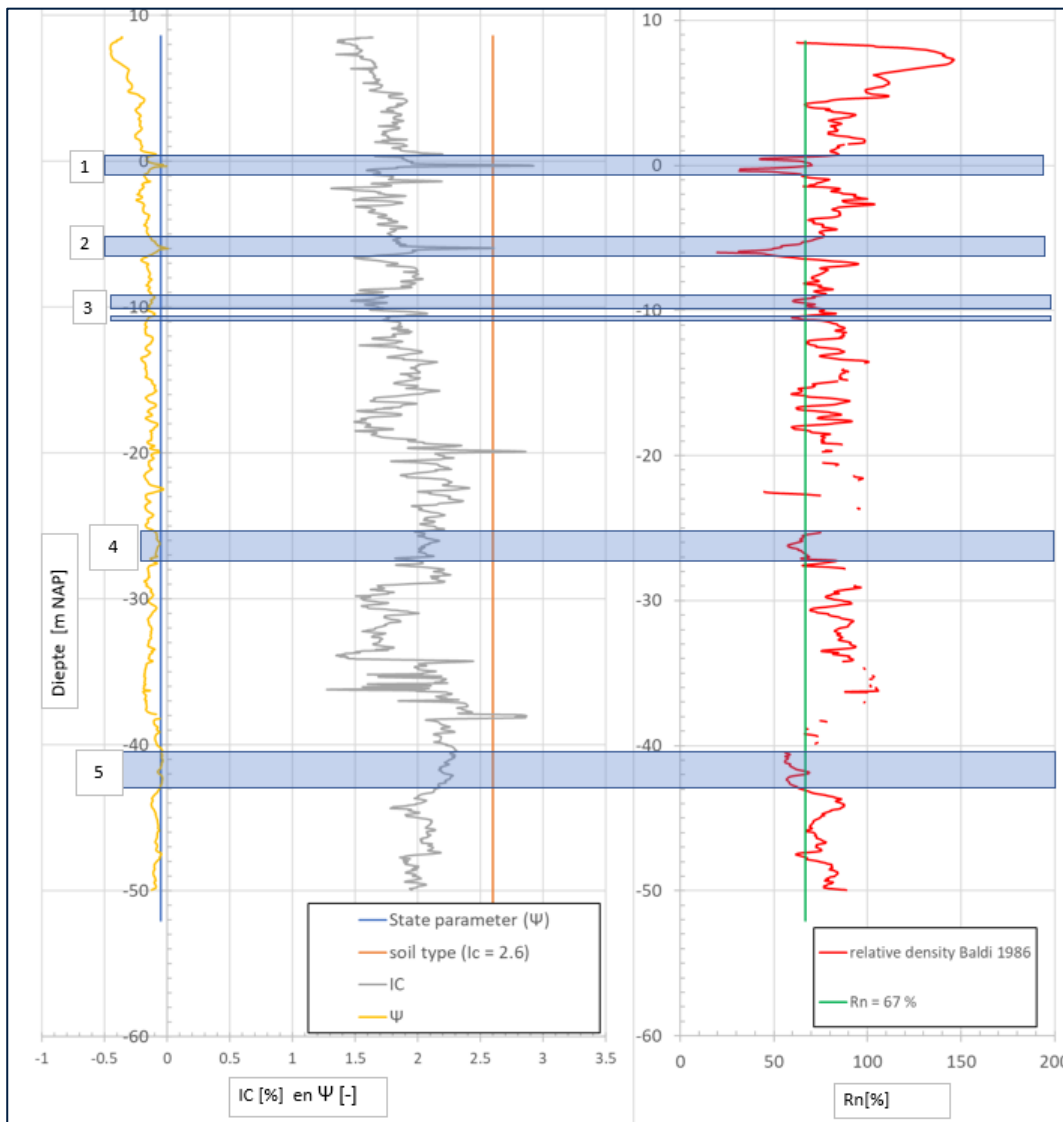
In dit rapport is gekozen om de grondlagen aan de hand van het critical state concept (zie kader) te toetsen op de gevoeligheid van verweken. Voor het toetsen van grondlagen volgens het concept critical state worden grondlagen gefilterd aan de hand van volgende criteria:

- Een minimale laagdikte gelijk aan 3m worden vooropgesteld, Zeer dunne zandlenzen (<0,5m) worden niet beschouwd.
- Zandlagen met relatieve dichtheden groter dan 67% worden verondersteld niet gevoelig te zijn voor verweking. Voor dit filtercriterium wordt de relatieve dichtheid berekend met de correlatie Baldi (1986) conform de CUR113 Aanbeveling.
- De grondlaag bestaat uit zand en wordt bepaald met een 'soil type index' $I_c > 2,6$ bepaald met de correlatie van Jefferies en Davies [Vii].
- De grondlaag is quartair. Tertiaire zandlagen zoals bijvoorbeeld glauconiet houdende zanden worden als niet verwekingsgevoelig beschouwd;

In figuur 4-1 is een voorbeeld gegeven van de hiervoor genoemde filtercriteria. Uit de sondering (DKM01) blijkt dat er vier grondlagen zijn die mogelijk gevoelig zijn voor verweking en tot een verwekingsvloeiing kunnen leiden.

- Grondlaag 1, laagdikte kleiner dan 3m, I_c groter dan 2,6 (grondtype is cohesief), R_n en Ψ niet relevant. Geen kans op verweken;
- Grondlaag 2, laagdikte kleiner dan 3m, I_c groter dan 2,6 (grondtype is cohesief), R_n en Ψ niet relevant. Geen kans op verweken;
- Grondlaag 3, laagdikte kleiner dan 3m, I_c kleiner dan 2,6 (grondtype is zand), $R_n < 67\%$ en $\Psi < -0,05$. Geen kans op verweken;
- Grondlaag 4, laagdikte kleiner dan 3m, I_c kleiner dan 2,6 (grondtype is zand), $R_n < 67\%$ en $\Psi = -0,05$, Geen kans op verweken;

- Grondlaag 5, laagdikte $\approx 3\text{m}$, I_c kleiner dan 2,6 (grondtype is zand), $R_n < 67\%$, zandlaag beoordelen op critical state. De critical state van de laag $\Psi = -0,05$. De zandlaag is in potentie gevoelig voor verweken. Echter volgens [12] is er sprake van glauconiet houdend zand, wat duidt op tertiaire zanden, die weer als niet verwekingsgevoelig worden beschouwd en dus een geen kans op verweking geven.



Figuur 4-1 Voorbeeld Filtering gevoeligheid voor verweken

Uitbreiding

In tabel 4-2 zijn de resultaten van de beoordeling gepresenteerd voor de zandlagen ter plaatse van de uitbreiding die vanaf het maaiveld tot een verkende diepte van circa NAP -52 m in de sonderingen zijn aangetroffen. Uit de tabel blijkt dat met uitzondering van DKM01 de beoordeelde (zand) lagen niet gevoelig zijn voor verweken. Zie bijlage A voor grafisch weergave.

Op basis van een de uitgevoerde analyse "kans op verweking van de zandlagen" is de kans op verweking ter plaatse van de uitbreiding klein. De uitgevoerde analyse laat zien dat het zand voornamelijk dilatant gedrag zal vertonen waardoor verweking onzes inziens wordt uitgesloten.

Tabel 4-1 Resultaten eenvoudige beoordeling voorwaarde verweken (Uitbreiding)

Uitbreiding							
Sondering	Einddiepte [m NAP]	B.k.l [m NAP]	Laag ≥ 3m [ja/ nee]	IC <2,6 [ja/nee]	Rn < 67% [ja/nee]	$\Psi \geq -0,05$ [ja/ nee]	Kans op verweken
DKM01	-50	0	nee	nee	n.v.t.	n.v.t.	nee
		-5	nee	nee	n.v.t.	n.v.t.	nee
		-9	nee	ja	ja	nee	nee
		4	nee	ja	ja	nee	nee
		-40	ja	ja	ja	ja	ja (klein)
DKM02	-32	1	ja	nee	ja	n.v.t.	nee
		-14	ja	ja	ja	nee	nee
		-28	nee	ja	ja	nee	nee
DKM03	-52	-8	nee	nee	ja	nee	nee
		-16	nee	ja	ja	nee	nee
		-40	nee	ja	ja	nee	nee
DKM04	-49	3	ja	ja	ja	nee	nee
		-33	nee	ja	ja	nee	nee
		-41	ja	nee	n.v.t.	n.v.t.	nee (klei)
DKM05	-37	-	ja	ja	nee	nee	nee
DKM06	-32	-	ja	ja	nee	nee	nee
DKM07	-32	0	ja	ja	ja	nee	nee
DKM08	-41	3	ja	nee	n.v.t.	n.v.t.	nee (klei)
		0	ja	ja	ja	nee	nee
DKM09	-44	2	nee	ja	ja	nee	nee
		-1	nee	ja	ja	nee	nee
		-4	nee	nee	ja	nee	nee
		-16	ja	ja	ja	nee	nee
DKM10	-54	4	ja	ja	ja	nee	nee
		-13	nee	ja	ja	nee	nee
		-18	nee	ja	ja	nee	nee
		-22	ja	ja	ja	nee	nee

Verdieping

In tabel 4-2 zijn de resultaten weergegeven van de beoordeling van de zandlagen ter plaatse van de Noordplas.

Uit de resultaten blijkt dat de sonderingen aangeven dat zandlagen ter plaatse van de huidige Noordplas tot een diepte NAP-30 m gevoelig zijn voor verweken. Voor de dieper gelegen vastgepakte (tertiaire) zandlagen wordt de kans op verweken klein tot nihil verwacht.

Critical State Concept'

De analyse op basis van de state parameter is gebaseerd op het 'Critical State Concept'. Daarbij wordt de spanningstoestand van grond (in dit geval zand) gerelateerd aan het effectieve volume of het poriëngetal. Een verandering in die spanning leidt tot een verandering in het volume tot dat de 'Critical State' wordt bereikt. Vereenvoudigd wordt gesteld dat los gepakt zand bij toenemende (schuif)spanning in volume afneemt of samendrukt, waardoor het poriënvolume afneemt en wateroverspanning optreedt en mogelijk verweking. Dit wordt ook wel contractant gedrag genoemd. Vastgepakt zand zal bij het aanbrengen van schuifspanningen juist eerst in volume toenemen (dilatant gedrag), waardoor geen wateroverspanningen optreden en derhalve geen verweking.

Om te bepalen of de grond zich contractant of dilatant gedraagt kan de State Parameter Ψ worden bepaald. Voor de sonderingen zijn eveneens de state parameter bepaald, volgens de methode van de Schematiseringshandleiding Zettingsvloeiing van Rijkswaterstaat in het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium [SH, 2016]. Bij een positieve waarde van Ψ is het zand contractant en derhalve verwekingsgevoelig en bij een negatieve waarde is het gedrag dilatant en niet verwekingsgevoelig.

Voor de beoordeling op verwekingsvloeiing worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Voor zand met een $\Psi > -0,05$ dient rekening te worden gehouden met een risico op verweking, conform de werkwijze in de Hydraulic Fill Manual [HFM, 2012].
- Verwekingsvloeiing treedt op bij zandlagen met voldoende dikte, veelal 3 tot 5 m. Voor deze gedetailleerde beschouwing wordt een zandlaag als verwekingsgevoelig beschouwd bij een laagdikte > 3 m met een waarde $\Psi > -0,05$.

Tabel 4-2 Resultaten eenvoudige beoordeling voorwaarde verweken (verdieping Noordplas)

Verdieping Noordplas							
Sondering	Einddiepte [m NAP]	B.k.l [m NAP]	Laag ≥ 3m [ja/nee]	IC <2,6 [ja/nee]	Rn < 67% [ja/nee]	Ψ ≥-0.05 [ja/ nee]	Kans op verweken
DKM001	-39	-1	nee	ja	ja	nee	nee
		-8	ja	ja	ja	nee	nee
		-19	ja	ja	ja	nee	nee
		-23	ja	ja	ja	ja	ja
		-27	ja	ja	ja	ja	ja
		-29	nee	nee	n.v.t.	n.v.t.	nee (klei)
		-30	ja	ja	ja	ja	ja
		-36	nee	ja	ja	ja	ja (klein)
DKM002	-39	0	nee	ja	ja	nee	nee
		-9	nee	ja	ja	nee	nee
		-17	ja	ja	ja	ja	ja
		-24	nee	ja	ja	nee	nee
		-35	nee	ja	ja	ja	ja(klein)
DKM003	-39	2	ja	ja	ja	nee	nee
		-4	nee	nee	n.v.t.	n.v.t.	nee (klei)
		-22	nee	ja	ja	nee	nee
		-32	ja	ja	ja	ja	ja
DKM004	-39	-5	nee	ja	ja	nee	nee
		-27	ja	nee	n.v.t.	n.v.t.	nee (klei)
DKM005	-31	1	nee	nee	n.v.t.	n.v.t.	nee (klei)
		-27	nee	ja	ja	ja	ja
DKM006	-40	-2	nee	ja	ja	nee	nee
		-7	ja	ja	ja	nee	nee
		-10	ja	ja	ja	ja	ja
		-21	ja	ja	ja	ja	ja
		-30	nee	nee	n.v.t.	n.v.t.	nee (klei)
DKM1	-30	-2	nee	ja	ja	nee	nee
		-11	nee	ja	ja	nee	nee
		-20	nee	ja	ja	nee	nee
		-24	nee	ja	ja	ja	nee
		-27	nee	ja	ja	ja	nee
DKM2	-34	7	nee	ja	ja	nee	nee
		-27	nee	ja	ja	ja	nee
DKM3	-36	4	nee	ja	ja	ja	nee
		-32	nee	ja	ja	ja	nee
DKM11	-52	-14	nee	nee	n.v.t.	n.v.t.	nee (klei)
		-22	nee	ja	ja	ja	nee
DKM12	-47	-14	nee	nee	n.v.t.	n.v.t.	nee (klei)
		-31	nee	nee	n.v.t.	n.v.t.	nee (klei)
		-35	nee	ja	ja	ja	ja (klein)
		-41	nee	nee	n.v.t.	n.v.t.	nee (klei)
DKM13	-50	15	nee	ja	ja	ja	ja (klein)
		-34	nee	nee	n.v.t.	n.v.t.	nee (klei)
DKM14a	-29	-2	nee	nee	n.v.t.	n.v.t.	nee (klei)

Resumerend kan wordt gesteld dat het vergunningsprofiel voor de uitbreiding er geen rekening hoeft te worden gehouden met het faalmechanisme verwekingsvloeiing. Voor de verdieping van de huidige Noordplas en dan met name de zandlagen vanaf maaiveld tot een diepte van NAP-40 m moet wel rekening worden gehouden met het faalmechanisme verwekingsvloeiing. Opgemerkt wordt dat sondering DKM13 (noordoever huidige Noordplas) op een diepte van NAP -34m een kleilaag (stoorlaag) heeft gedetecteerd met een dikte van 2m. In de overige sonderingen is de betreffende kleilaag niet aangetroffen.

4.3 Randzone

Er zijn ter plaatse van de huidige noordplas in potentie verwekingsgevoelige zandlagen aangetroffen. Bij een verdieping dient conform [CUR 113] vanuit het faalmechanisme verwekingsvloeiing eisen te worden gesteld ten aanzien van de te hanteren randzone en of bermen. Zie hoofdstuk 6

5. Taludstabiliteit gedurende de uitvoering van de (zandwinning) werkzaamheden

5.1 Inleiding

Bij het winnen van zand wordt normaliter gebruik gemaakt van een winzuiger. Het op deze manier winnen van zand heeft als voordeel, dat het zandpakket in zijn geheel wordt aangezogen, waardoor men zand met een gemengde korrelopbouw opzuigt. Wat weer van essentieel belang is voor het leveren van kwalitatief goed zand. Een nadeel van de winmethode is het risico van taludvorming buiten het gewenste (vergunning) talud. Wanneer de begrenzing van de winput voldoende ruimte biedt om variatie van het oevertalud toe te staan, zal een zekere onnauwkeurigheid bij de vorming van het talud geen probleem vormen. Echter wanneer de zandwinput in de nabijheid van infrastructuur zoals huizen, wegen en/of recreatiegebieden is gelegen, worden er met betrekking tot de veiligheid strengere eisen gesteld aan de variatie van het op te leveren profiel (lees steilte van het zuigtalud). In de praktijk betekent dit dat het gewenste minimaal profiel (lees vergunningstalud) niet mag worden overschreden en dat het uiteindelijke onderwatertalud niet te steil is waardoor de kans op een afschuiving in de beheerfase eventueel kan toenemen.

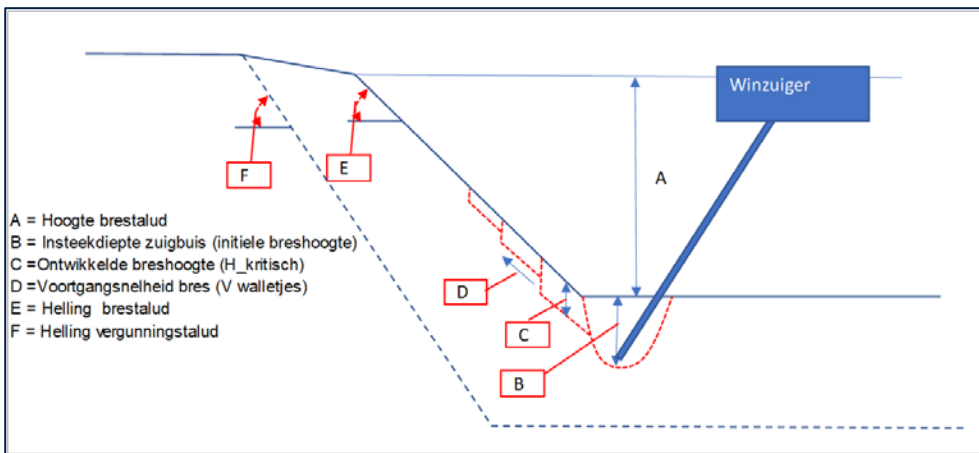
Het feit dat het gewenste (vergunde) profiel niet mag worden overschreden, heeft tot gevolg dat er een zekere marge ontstaat met betrekking tot het toegestane profiel en het uiteindelijk opgeleverde (gezogen) profiel. Om het verschil tussen het vergunde profiel en het gerealiseerde profiel te verkleinen en de kans op het overschrijden van het vergunde talud te reduceren heeft de CUR-Aanbeveling 113 richtlijnen opgesteld voor het ontwerpen van een veilig (maakbaar) onderwatertalud.

Daarnaast zijn er door de CUR-Aanbeveling 113 voorwaarden gesteld waaraan moet worden voldaan om een beheerst bresproces te kunnen garanderen. En dus het risico op een onbeheerst bresproces te minimaliseren. Deze voorwaarden betreffen:

- De grondgesteldheid.
- De wijze van uitvoering van de zandwinning.
- Controle van de uitvoering en de taludontwikkeling.

In de volgende paragrafen zal worden beschouwd of de voorwaarden aanwezig zijn voor een beheerst bresproces. Vervolgens zal worden ingaan op de taludontwikkeling bij beheerst bressen en hoe de geschatte (voorspelde) taludontwikkeling kan worden geïntegreerd in een taludontwerp/werkmethode voor de uitbreiding en het verdiepen van de Noordplas.

Voor het beschrijven van de taludontwikkeling tijdens het winnen van zand wordt in dit rapport de volgende definities gebruikt zoals aangegeven in figuur 5-1.



Figuur 5-1 Definities talud ontwikkeling

5.2 Beheerst bressen

Om de kans op een beheerst bresproces (van het winzuigen) te vergroten moeten conform de CUR113 aan de volgende voorwaarden worden voldaan:

1. Voldoende taludstabiliteit voor afschuiving en/of verweking;
2. De grondlagen moeten zodanig zijn, dat een regelmatig bresproces mogelijk is;
3. Bij de uitvoering dient rekening te worden gehouden met het type materieel (zuiger) en de wijze waarop deze in relatie tot de maakbaarheid van het (ontwerp) talud wordt ingezet.

Ad 1 Taludstabiliteit

Uit paragraaf 3.3 en 4.2 blijkt dat:

- Taluds met een helling van minimaal 1v :3h qua macrostabiliteit voldoen aan een stabiliteitsfactor groter of gelijk aan 1 ($F_{\min} \geq 1$).
- De kans op verweken nihil is ter plaatse van de uitbreiding
- De kans op verweken klein is ter plaatse van de huidige Noordplas voor zandlagen tot een diepte van NAP -35m .

Ad 2 Grondlagen

Voorwaarden die aan de grond worden gesteld voor een beheerst bresproces zijn dat:

- De grond uit niet cohesief bressend materiaal bestaat.
- Er een horizontale laagopbouw van de grond aanwezig is.
- De dikte van de stoorlagen van klei of veen ten hoogste 0,5 m bedraagt.
- Het zand een:
 - d_{50} heeft van minimaal 200 μm ;
 - d_{15} heeft van minimaal 100 μm .

Uit het grondonderzoek [6 t/m 10] blijkt dat er sprake is van een homogene grondopbouw van grove zandlagen waarvan de gepaktheid wisselt. Uit analyse van de korrelverdelingen grondonderzoek blijkt dat er sprake is van zand met een gemiddelde korrelgrootte d_{50} van circa 438 μm en een d_{15} van circa

194 µm. Het zand valt onder geologische Formaties van Peelo, Appelscha en Peize/Waalre. Het zand kan worden omschreven als matig grof zand.

Voor de uitbreiding zijn geen relevante stoor(klei) lagen in het zandpakket gedetecteerd die het bres en of winproces negatief kunnen beïnvloeden. Ten behoeve van de verdieping is alleen aan de noordoever ter plaatse van DKM13 een klei leemlaag gedetecteerd met een dikte van 2m. De ruimtelijke ligging (breedte) van de laag is onbekend aangezien in de overige sonderingen geen significante kleilagen zijn waargenomen. Verwacht wordt dat de betreffende laag mogelijk het bresproces kan verstoren.

Op basis van de CUR-Aanbeveling 113 kan worden gesteld, dat:

- de kans op een bresvloeiing voor de uitbreiding nihil is;
- Voor de verdieping van de huidige Noordplas:
 - is een klein kans aanwezig dat bij het winnen van zand op diepten groter dan NAP-31 er een bresvloeiing kan ontstaan wanneer de bovengelegen losgepakte zandlagen worden geactiveerd. Het zogenaamd meebres effect. In 2018 heeft dit meebres effect geleid tot een onbeheerst bres met als resultaat een inscharing van de oostoever [5]
 - kan het bresproces aan de noordoever worden verstoord door de aanwezigheid van stoorlaag met een dikte van 2m.

Uiteraard speelt de wijze van uitvoering ook een zeer grote rol in het wel of niet optreden van een onbeheerst bresproces. Om te kijken wat het effect is van het profilerend winnen van zand op de taludontwikkeling, zijn er in HMBreach berekeningen uitgevoerd.

5.3 Taludontwikkeling

In dit rapport is met behulp van HMBreach een taludontwikkeling geschematiseerd zoals die door een profielzuiger kan worden gemaakt. De methode is, volgens de CUR-Aanbeveling 113, gebaseerd op praktijkervaringen voor winnen van middelfijn zand. De berekeningen zijn gebaseerd op de volgende uitgangspunten.

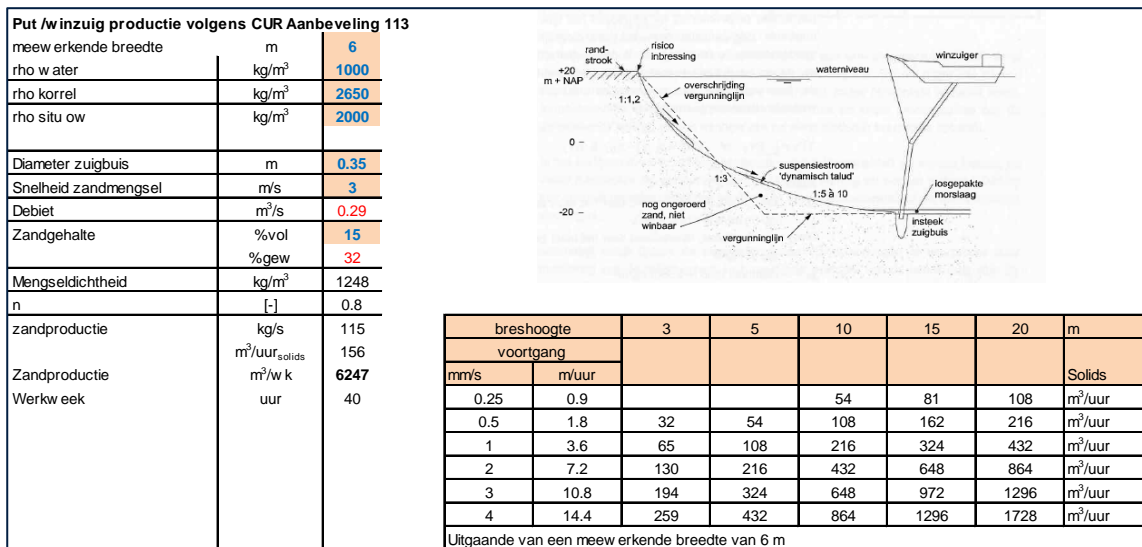
5.3.1 Winzuiger & Putproductie

Winzuiger

In dit rapport is uitgegaan van een (win) zuiger met een zandproductie van 200 m³/uur à 350 m³/uur in situ.

Putproductie

Nu is het principe van het winnen (baggeren) van zand met een winzuiger zo dat de winzuiger lokaal een verstoring in de het zandpakket aanbrengt, waardoor het zand onder natuurlijke wijze naar de zuigmond toestroomt (figuur 5-2). Dit natuurlijk proces noemt men ook wel de putproductie waarop de winzuiger is afgestemd om te komen tot een gecontroleerd baggerproces.



Figuur 5-2 Schematische weergave taludontwikkeling & productie. Zie CUR Aanbeveling 113

Uitgaande van een stationaire situatie (zuigbuis op diepte, talud constante vorm) kan de theoretische putproductie worden berekend als functie van de horizontale verplaatsing van de zuigbuis (verhaalsnelheid) en de diepte van de zuigbuis. Op basis van CUR-Aanbeveling 113 is globaal de theoretische putproductie berekend bij verschillende verhaalsnelheden (figuur 5-2).

Bij toepassing van een winzuiger met een lagere zandproductiecapaciteit dan de optredende ingeschatte putproductie, zal het overtollige zand niet opgezogen worden en als losgepakte morslaag in de dieper gelegen delen van de put bezinken. Wanneer de winzuiger een aanzienlijk grotere productiecapaciteit heeft ten opzichte van de putleverantie, dan bestaat het risico dat het talud te snel wordt verstoord waardoor het bresproces versneld met als resultaat een onbeheersbaar baggerproces met nabressen tot gevolg. Het nabresproces zal dan nog een geruime tijd kunnen doorgaan en kan uiteindelijk tot een oeverinscharing leiden.

Om het risico van ongewenst nabressen te beperken is het aan te bevelen dat de capaciteit van de winzuiger wordt afgestemd op de verwachte putleverantie. Uit figuur 5-2 blijkt dat bijvoorbeeld bij een verhaalsnelheid van ongeveer 4 m/uur (1mm/s) de putproductie theoretisch circa 65 m³/uur a 216 m³/uur aan vaste stof kan bedragen. Een (win) zuiger met buisdiameter van ongeveer 0,38 m zou dan in staat moeten zijn om bij de genoemde verhaalsnelheid het zand voor groot deel te baggeren. Kortom de put en zuigerproductie zijn dan in balans. In dit rapport wordt voor taludontwikkeling ervan uitgegaan dat de verhaalsnelheid van de winzuiger globaal 4 m/uur zal bedragen. Let wel dit is ruwe schatting op basis van alleen de CUR- Aanbeveling 113.

5.3.2 Berekening

Ten behoeve van een fit van de HMBreach-berekening is op basis van de resultaten van de boringen een representatieve korrelopbouw per zandlaag een diepte opgesteld. Voor de zandlagen vanaf maaiveld tot een diepte NAP -52 m zijn de d₅₀ en de d₁₅ waarden van het zand bepaald (figuur 2-5 en figuur 5-3). Vanaf NAP-52 m tot een diepte van NAP -60 m is de d₅₀ en de d₁₅ geschat op respectievelijk 450 µm en 200 µm.

Taludontwikkeling tijdens zuigen

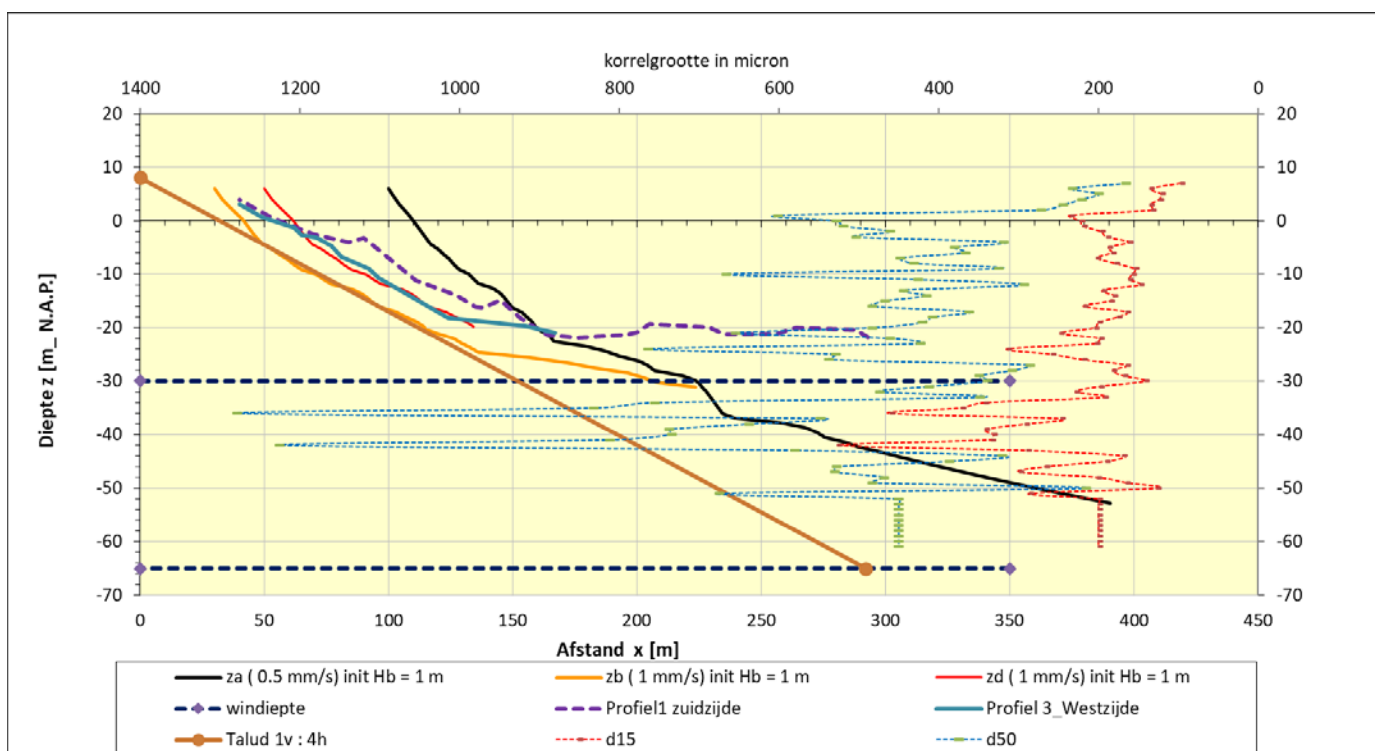
Uitbreiding

De resultaten van de taludberekeningen op basis van het grondonderzoek zijn weergegeven in figuur 5-3. In het figuur is de verwachte taludontwikkeling te zien van een winzuiger werkend op een diepte variërend van NAP -20 m (zd) tot NAP -30 m (zb) de huidige vergunde diepte. De voortgangssnelheid waarmee is gerekend bedraagt van ongeveer 4 m/uur. De simulatie is vergeleken met de resultaten van de taludpeiling waarvan wordt aangenomen dat hier de winzuiger min of meer op een diepte van NAP-20m zand heeft gewonnen. Duidelijk is te zien dat:

- De simulatie redelijk overeenkomt met het gemeten taludprofiel. En dat mag worden verwacht het brestalud tot NAP-20 m een helling heeft met een steilte van 1v :3h a 1v:4h.
- Bij het gelijk winnen van zand op een volle diepte van NAP-30 m er een sterke verflauwing van het brestalud optreedt tussen NAP-20 m en NAP-30 m. Dit wordt onder ander veroorzaakt door een afname van de zandgrofte van de zandlagen tussen NAP-20 m en NAP-30 m. Een simulatie met sterke verflauwing van het brestalud duidt op een toename van de kans op onbeheerst bressen bij het winnen van zand op volle diepte. Bovendien kunnen mogelijke stoorlagen ter plaatse van de noordoever het bresproces negatief beïnvloeden wat zorgt voor een kanstoename van het onbeheerst bressen.

Verdieping

Wanneer zand op een diepte van NAP- 65 m wordt gewonnen dan laat simulatie (za figuur 5-3) het effect van meewerkend bressen zien. Door een combinatie van het meewerkend bressen van de zandlagen gelegen op diepten tot NAP-30 m en de wisselende korrelgrootte treedt er en sterk verflauwing van het brestalud op. En is er sprake van een sterke toename van het zandtransport (Sz). Dit zijn indicatoren voor een niet stabiele taludontwikkeling zodat de kans op onbeheerst bressen reëel is wanneer er bij een verdieping sprake is van meewerkend bressen en of een onregelmatig bresproces.

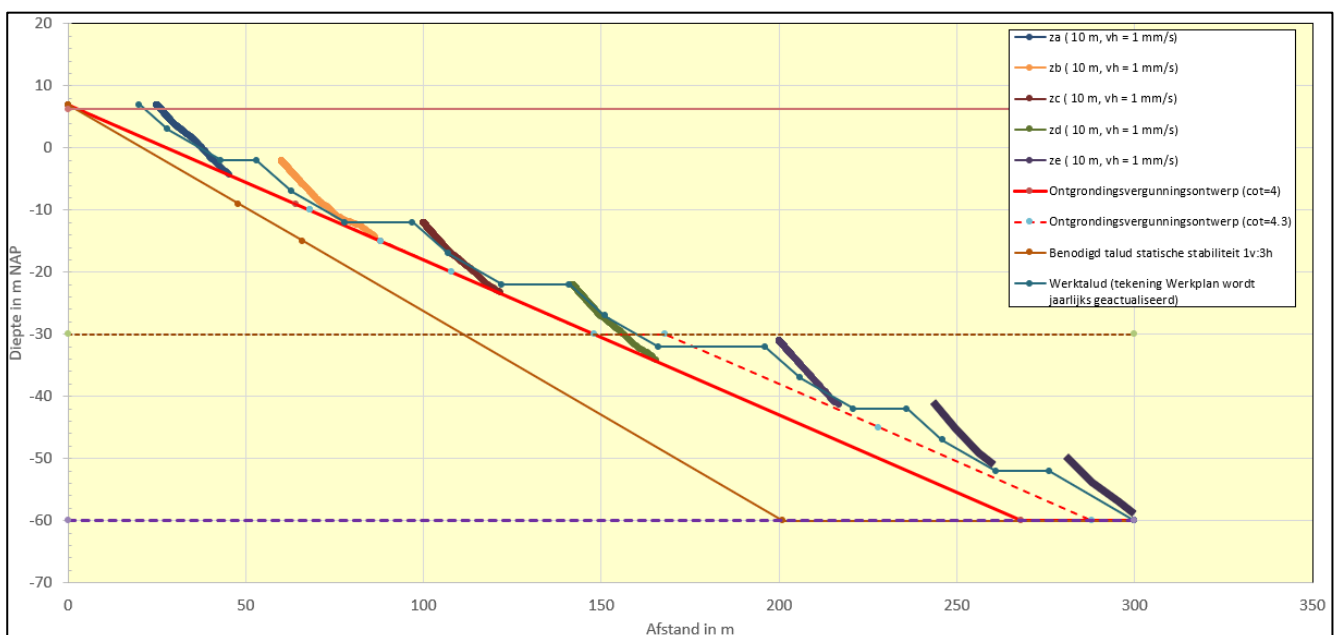


Figuur 5-3 HMBreach simulatie werkend op volle diepte NAP-30 m en NAP- 60 m

Het hiervoor omschreven bresproces speelt vooral een rol ter plaatse van de oevers van de zandwinning. De peiling laat zien dat in het midden van de zandwinning het huidige bodemniveau ongeveer NAP -25 m bedraagt. Wanneer nu de zandwinning wordt uitgebreid (verdiept) naar NAP-45 m à NAP-60 m kan in het midden van de zandwinning een zandlaag met brestaludhoogte van 20 m à 40 m worden aangezogen die naar de oevers kan uitlopen tot een brestalud met een hoogten van ongeveer 50 m à 70 m.

Voor het realiseren van de verdieping en in minder mate de uitbreiding is dus een zaak om meewerken bressen te voorkomen. Geadviseerd wordt om ter plaatste van het talud het zand laagsgewijs te baggeren. Om dit risico van meewerkend bressen (lees onbeheerst bressen) te beheersen zijn aanvullende HMBreach simulaties uitgevoerd om te komen tot een werkbare (veilige) winmethodiek waarbij het zand nabij de oevers van de zandwinput laagsgewijs wordt ontgraven

In figuur 5-4 is een simulatie weergegeven van het winzuigen van zand in lagen van 10 m.



Figuur 5-4 HMBreach simulatie voor het baggeren van zandlagen met een dikte van 10 m

De simulaties (za t/m ze in figuur 5-4) laten zien dat mag worden verwacht dat het brestalud (taludontwikkeling) vrij steil zal zijn. De verwachte taludhelling bij het aanzuigen van zandlagen met een dikte van 10m zal in orde grootte liggen van 1v :3h. Dit betekent dat bij het aanzuigen van de daaropvolgende ondergelegen zandlagen de kans kan toenemen op bresvloeiingen en meewerkend bressen. Met ander woorden, het kan zijn dat dan het oevertalud mee kan gaan bressen. Wanneer het bovengelige talud een taludhelling heeft die steiler is 1v : 3h dan neemt de kans op onbeheerst bressen toe. Volgens het model Van Rhee [ix] neemt dan kans op meewerkende bressen sterk toe wanneer er bij een verdieping sprake is van een bovengelige oevertalud met een hellingen van 1v: 2h. Het omgekeerde geldt uiteraard ook. Wanneer er sprake is van bovengelige taludhellingen van 1v : 3h of flauwer dan is de kans op meewerkende bressen nihil. (zie figuur 5-7).

Om het de kans op een onbeheerst bresproces bij het uitbreiden en het verdiepen van de Noordplas te voorkomen wordt geadviseerd om onder voorwaarden het taludontwerp (lees vergunningsprofiel) laagsgewijs aan te baggeren. Onder voorwaarden wordt bedoeld dat een (zandwinning) werkplan wordt opgesteld, waarin staat aangegeven hoe men zand gaat winnen en hoe men rekening houdt

met een toenemende kans op onbeheerst en/of meewerkend bressen wanneer men zand wil winnen op diepten groter dan NAP-30 m. In figuur 5-4 is hier al een voorbeeld gegeven hoe zo een werkplan (lees werktalud) van de zandwinning eruit zou kunnen zien.

5.3.3 Werkplan (uitvoeringsplan)

Uit de statische stabiliteitsanalyse blijkt dat een vergund talud een taludhelling heeft van 1v :3h tot een diepte van NAP-60 m statisch voldoende stabiel is. Echter vanwege de wijze van het baggeren (winzuigen) en om enige buffer te houden tussen het statisch benodigd taludprofiel en het te maken taludprofiel wordt een talud met een helling heeft van 1v :4h tot een maximale diepte van NAP-60 m als goed winbaar geacht.

Om te voorkomen dat gedurende de uitvoering van de baggerwerkzaamheden het vergunde talud wordt overschreden en of een steiler talud achter wordt gelaten dan de vereiste helling is een werkplan noodzakelijk, waarin is aangegeven welke uitvoeringsmethode wordt gehanteerd en met wat voor werktalud (ook wel snedeschema genoemd), de uitbreiding / verdieping wordt gerealiseerd. In dit rapport is een eerste aanzet gegeven hoe zo een snedeschema (behorend bij het werkplan) eruit zou kunnen zien.

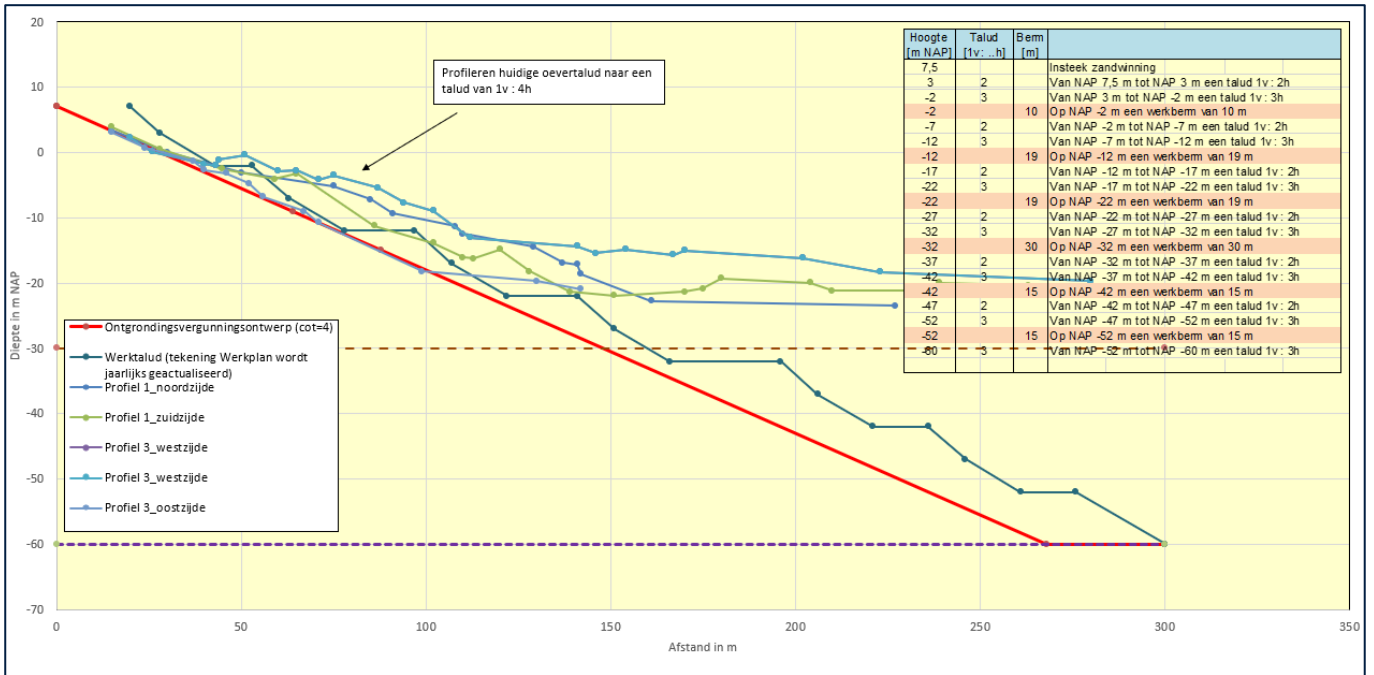
Er is op basis van HMBreach simulaties (figuur 5-4) gekozen om aan de hand van 2 a 3 winslagen een zandwinontwerptalud (1v : 4h) te realiseren voor de uitbreiding. Wanneer een deel van de uitbreiding en de huidige Noordplas geheel op een diepte van NAP-30 m en de onder profiel³ is gebracht kan er worden getart met het winnen van zand uit de verdieping door middel van 3 winslagen.

Als hulpmiddel voor het laagsgewijs winnen wordt sterk geadviseerd om in het werkplan een werktalud (werktekening) op te stellen voor de uitvoering van de werkzaamheden. Werktekening en winplan dienen jaarlijks te worden geactualiseerd en overlegd met het bevoegd gezag.

In dit rapport is een werktalud met bermen toegepast (figuur 5-5). Doel van de berm is om gedurende de exploitatiefase een meewerkende bres te voorkomen. Zodoende kunnen de (bres) taluds boven en onder de berm als separate taluds worden beschouwd.

Verder geldt dat bij het zuigen van een volgende laag er niet meer in de 'afgewerkte' bovengelegen taluds wordt gewerkt. Als alternatief kan men ook kiezen om het talud op een ander wijze te baggeren waarbij het zand halend wordt gebaggerd. Met ander woorden een methode waar bresvloeiing niet relevant is. Er hoeft dan in het werktalud geen bermen te worden toegepast. Wel dient een winplan inzicht te geven hoe stabiliteit van het werktalud wordt gewaarborgd bij het laagsgewijs ontgraven van het zand. Bijvoorbeeld het wel of niet toepassen van box cut methode.

³ Hiermee wordt bedoeld dat op basis van controle peilingen het oevertalud wordt gemonitord dat er geen lokale taludhellingen aanwezig zijn die steiler zijn dan 1v: 3h zie kader Figuur 5-7



Figuur 5-5 Voorstel Ontgrondingsvergunningontwerp & werktalud

Om bresvloeiingen te voorkomen:

- mag de initiële verstoring niet meer dan 1m bedragen (zie figuur 5-7) ;
- wordt er gebaggerd aan de hand van een werktalud (werktekening) waarbij op diverse niveaus een berm is geschematiseerd om meewerkende bressen te voorkomen.

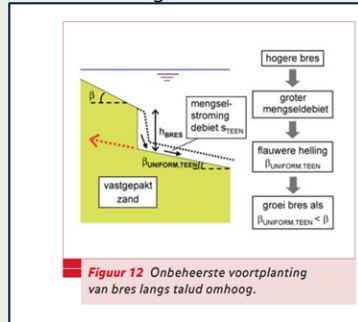
De hiervoor omschreven taludgeometrie van het werktalud is gebaseerd op simulaties en dient als hulpmiddel om bresvloeiingen met als gevolg oeverinscharingen (figuur 5-6) te voorkomen. Het plan (werktalud) is een dynamisch hulpmiddel en dient gedurende de uitvoering van de werkzaamheden op basis van peilingen te worden geactualiseerd aan de veranderende omstandigheden.



Figuur 5-6 Voorbeeld Oeverinscharing Bron Geotechniek Juli 2009 [x]

Bepaling kritische initiële verstoring (B in figuur 5 1)

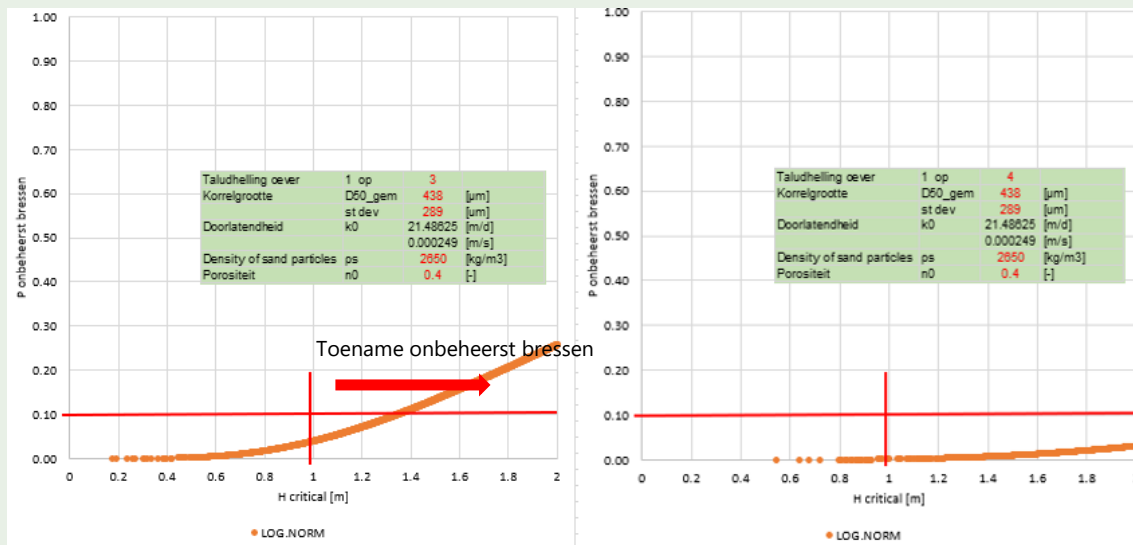
In de HMBreach simulaties is uitgegaan dat de (win) zuiger een initiële verstoring (B in figuur 5 1) van 1m aanbrengt. Met andere woorden de zuigbuis wordt ongeveer 1 m diep in het zand gestoken om zo een initiële bres te creëren die langzaam aan het talud oploopt. Als het een beheerst proces is dan dempt de bres uiteindelijk uit (figuur 1a). Echter wanneer de initiële bres te diep is in relatie tot het aanwezige brestalud dan ontstaat er een onbeheerste situatie en is er sprake van een onbeheerst bresproces (figuur 1b).



Figuur 1 Voorbeeld modellering onbeheerst bressen. Bron Geotechniek 2009, Mastbergen & De Groot

Met behulp van het bresmodel van Van Rhee [ref xiii] is vervolgens de gevoeligheid van de insteek diepte ($H_{critical}$) bepaald. De reden om dit model te gebruiken is om meer inzicht te krijgen in de kans van optreden van een bresvloeiing bij het kiezen van een insteekdiepte van de zuigbuis gegeven de grondopbouw en de verwachte (huidige) onderwatertaludhelling van de huidige oever.

Hiertoe is het gemiddelde en de standaarddeviatie van de d_{50} en de d_{50}/d_{15} correlatie van de zandlagen van NAP 7 m tot NAP-51 m bepaald. De initiële (oever) taludhelling is aan de hand van de peilingen/HMBreach simulaties geschat op een helling van 1v : 3h. In figuur 2 zijn de resultaten weergegeven voor het winnen van zand. Uitgaande van een overtaludhelling van 1v op 3h blijkt dat als er wordt gewerkt met een insteekdiepte van ongeveer 1 m (B figuur 5-1) de kans op een onbeheerst bresproces klein is ($P_{onbeheerst bressen} < 10\%$ rode lijn in figuur 2). Ook is in figuur 2 te zien dat bij een kleine toename van de initiële insteekdiepte ($H_{critical}$) de kans op onbeheerst bressen toeneemt. En dat bij een afname in steilte van het huidige overtalud de kans op onbeheerst bressen en of meewerkend bressen sterk wordt verminderd.



Figuur 2 Resultaat kritische initiële bres analyse voor zandlagen Sellingebeetse. Taludhelling oever 1v:3h en 1v:4h

Figuur 5-7 Bepaling kritische initiële verstoring (B in figuur 5 1))

6. Randzone

6.1 Inleiding

De in de CUR Aanbeveling 113 aangegeven methodiek "eenvoudige risicoanalyse" geeft aan dat het risico op schade klein wordt geacht als er op een afstand van 2 à 3 maal de winningsdiepte (gerekend vanaf de insteek diepe zandwinning) geen permanente belendingen aanwezig zijn van bijzondere waarde.

Voor de faalmechanismen stabiliteit en verweking, hoeft er voor dit project in overeenstemming met [CUR 113] geen eisen te worden gesteld ten aanzien van de te hanteren veiligheidszone. Echter gezien de in het verleden opgetreden inscharingsschade [5] kan een bresvloeiing niet worden uitgesloten.

Om schade ten gevolge van bresvloeiingen aan de omliggende objecten (huizen, wegen) te voorkomen wordt in eerste instantie op basis van de CUR-richtlijn een veiligheidszone ook wel randstrookbreedte genoemd van 136 m [2 x de maximale putdiepte (68 m – mv) voor de verdieping en (circa 75 m) voor de uitbreiding vastgesteld. Echter gezien de ligging van de zandwinning ten opzichte van omgevingen kan hier niet aan worden voldaan aan de eenvoudige veiligheidseis volgens de CUR113.

Om te beoordelen of de zandwinactiviteiten enig effect hebben op de standzekerheid van de omliggende belendingen (huizen, wegen) is gekozen om de methodiek van een gedetailleerde toets toe te passen zoals deze destijds (2008) in de CUR113 Aanbeveling is genoemd⁴. De gedetailleerde methode standzekerheid is in de periode 2008 - 2019 verder uitgewerkt in het kader van het project "beoordelingsinstrumentarium waterveiligheid primaire keringen" en verwoord in de schematiseringshandleiding zettingsvloeiing [SHZV 2019].

In SHZV 2019 wordt aangegeven dat voor het optreden van een zettingsvloeiing er een inleidend mechanisme moet zijn. Dit kan een geleidelijke, ongunstige verandering van de vorm van het onderwatertalud zijn of verplaatsing van het gehele onderwatertalud richting oever of juist daar vandaan, het gevolg van erosie- of sedimentatieprocessen, samen te vatten als morfodynamische processen. Het inleidend mechanisme kan ook een kortdurende belasting zijn, zoals een flinke trilling door een aardbeving, baggerwerkzaamheden, heiwerkzaamheden of seismische sonderingen, of door een kleine afschuiving ergens in het onderwatertalud of een snelle daling van de waterstand.

Nu is in de SHZV 2019 omschreven methode specifiek opgesteld voor het beoordelen van de standzekerheid van het voorland van primaire keringen. Voor het beoordelen van de standzekerheid van belendingen om en nabij zandwinputten is tot op heden nog geen uniforme gedetailleerde methode ontwikkeld. Om toch inzicht te krijgen in de standzekerheid van belendingen in de omgeving en de afstand (randzone) tussen object en zandwinning die noodzakelijk is om de standzekerheid te borgen, is in dit rapport de SHZV2019 methodiek als basis genomen voor het bepalen van de benodigde randzones.

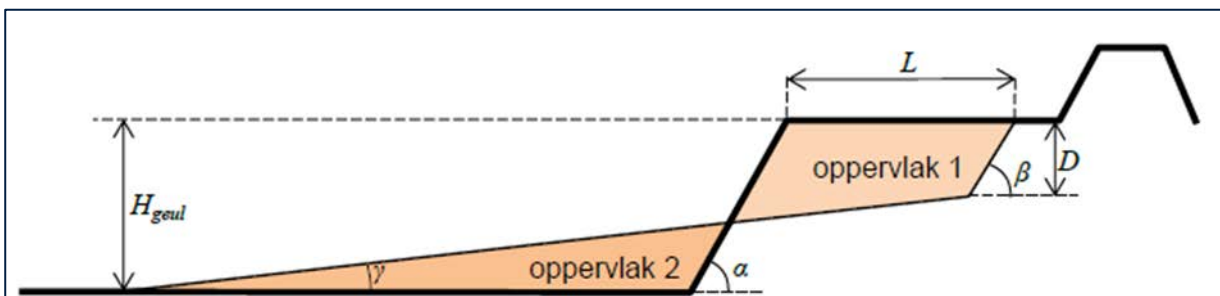
⁴ In 2012 is in navolging van de CUR113 door RWS/ Deltares een handreiking toetsen voorland Zettingsvloeiing t.b.v. derde toetsronde opgesteld waarin het risico op verweken o.a. gekoppeld is aan de correlatie relatieve dichtheid / sondeerwaarde verder is uitgewerkt. In SHZV2019 is de koppeling met de relatieve dichtheid vervangen door de state parameter.

Immers winzuigen zorgt voor een (geleidelijke) verandering van het onderwatertalud wat kan leiden tot een combinatie van ondergrond en geometrie die kritiek is voor het optreden van verweking of het ontstaan van een bresvloeiing. Dit kan zijn door:

- (1) versteiling of verhoging van het onderwatertalud door erosie aan de teen (toename zandwinproductie), of
- (2) terugschrijding van het gehele talud naar een gedeelte van de ondergrond waar de grondcondities minder gunstig zijn (lossere pakking, fijnere korreldiameter, meer stoorlaagjes) of
- (3) transgressie van het gehele talud, door aanzanding (lozing van fijn zand afkomstig van zandverwerkingsinstallatie) waarbij het aangezande materiaal minder gunstige grondcondities heeft.

Daarnaast kan in een ondergrond met afwisselend erosiegevoelige en erosiebestendige laagjes geleidelijke verandering leiden tot een kleine lokale instabiliteit, die voldoende groot is om een vloeijing te initiëren. Voor de schematisering dient dus rekening te worden gehouden met de verwachte veranderingen in vorm en locatie van het onderwatertalud in de exploitatieperiode.

De methode die in bijlage C van de schematiseringshandleiding zettingsvloeiing [SHZV 2019] in paragraaf C.3 Stap C wordt omschreven komt onder andere voort uit de verouderde methode risicobeoordeling bressen zoals omschreven in de CUR Aanbeveling 113. De SHZV2019 gaat ervan uit dat aan de eisen wordt voldaan als de aanwezige breedte van het voorland (gebied L tussen geul (rivier) en de dijk groter is dan de benodigde (berekende) lengte (figuur 6-1).



Figuur 6-1 Gedetailleerde geometrische toets voor zettingsvloeiing Bron [SHV2019]

De kans dat een inscharing (vloeijing) groter is dan het aanwezige voorland exclusief marge wordt vervolgens vermenigvuldigd met de kans van voorkomen van een zettingsvloeiing. De totale kans dient kleiner te zijn dan de eis voor dit (indirecte) mechanisme (P_{feis}).

De hiervoor omschreven basismethodiek kan ook worden toegepast voor het bepalen van de benodigde randzone (voorland) van een zandwinput.

Nu is er een keuze in welke veiligheidseis en daaraan gekoppelde kans P_{feis} van toepassing is op de zandwinput Sellingerbeetse. Er zijn namelijk twee opties:

1. een veiligheid beoordeling volgens de Cur113 of
2. een veiligheidsbeoordeling waarbij de kans op een zettingsvloeiing kleiner of gelijk is aan de geldende faalkans behorende bij de veiligheidsklasse van de zandwinput en of de nabijgelegen belendingen.

ad 1

In de Cur 113 Aanbeveling wordt uitgegaan van een $P_{feis} = 0,1$ per km oever geldend voor een gemiddelde Nederlandse zandwininput. De SHZV gaat uit van een $P_{feis} = 0,01$ per km dijk

ad 2

Voor de uitbreiding & verdieping van de zandwinning Sellingerbeetse is voor de statische stabiliteitsanalyse uitgegaan van veiligheidsklasse RC1 uit [NEN 9997-1]. Hiervoor geldt een betrouwbaarheidsindex (β_{50jr}) van 3,3 ($P_{feis/50jr} = 4,83^{E-04}$)

Welke eis P_{feis} van toepassing is dient door het bevoegd gezag te worden vastgesteld.

In figuur 6-1 is schematisch het profiel voor en na een inscharing weergegeven. De omvang van de inscharing (L) hangt af van een aantal parameters, welke in meer of mindere mate onzeker zijn. Voor het bepalen van de kans op een bepaalde inscharing is echter met name de onzekerheid in de hoek γ van belang. Door Silvis en De Groot (1995) zijn meer dan 1100 vloeingen geanalyseerd en statistisch verwerkt en in SHZV2019 aangescherpt. De resultaten hiervan zijn in tabel 2 1 weergegeven.

Tabel 6-1 Geometrische eigenschappen dwarsprofiel na optreden vloeijing Bron [iv]

Parameter	Gemiddelde	90% range	σ_{cot}
Helling bovenste steilste deel $\cot(\beta)$	2,9	1,3 – 8	
Helling onderste uitvloeideel $\cot(\gamma)$	16,8	10 – 30	4,60
Relatieve hoogte bovenste deel D/H	0,43	0,3 – 0,55	
Verhouding oppervlak1 / oppervlak 2 (c)	1,40	1,20 – 1,40	

In de verdere analyses is alle onzekerheid in de parameter $\cot(\gamma)$ gestopt, waarvoor een normale verdeling met standaardafwijking $\sigma_{cot}(\gamma) = 4,60$ is gehanteerd.

Als een vloeijing plaatsvindt, zal een deel van het vervloeide materiaal naar de zijkanten afvloeien, door dit tweedimensionale effect zal de oppervlakte van de verdwenen grond boven in het dwarsprofiel ongeveer 20% tot wel 40% groter zijn dan de oppervlakte welke er aan de onderkant is bijgekomen. Hiervoor wordt een factor van 1,4 in de analyses meegenomen. De lengte (L) van de inscharing kan vervolgens worden berekend met de methodiek zoals omschreven in SHZV 2019 (figuur 6-2).

$L = ax - Db$ (C.5)

Met:

$$x = \frac{-cH + \sqrt{(cH)^2 + (1-c)\left(\frac{D^2b}{a} + H^2c\right)}}{(1-c)}$$

$a = \cot \gamma - \cot \alpha$
 $b = \cot \gamma - \cot \beta$

Waarin:

c verhouding tussen oppervlak 1 en oppervlak 2 ($A1 = cA2$) [-].
 H totale hoogte van het onderwatertalud, moet de werkelijke hoogte tot aan het voorland worden genomen (en dus niet fictieve rekenhoogte H_x) [m]. In geval van een onbestort onder water talud of als sprake is van een bestorting op een gedeelte van het talud, dat niet doorloopt tot in het diepste punt van de geul, geldt: $H = H_{geul}$. Indien er gedeeltelijk bestorting aanwezig is die begint in het diepste punt van de geul, geldt $H = H_{bestort}$.
 D steile gedeelte van het uitvloeingsprofiel [m].

Figuur 6-2 Stap C bepalen inscharingslengte Bron SHZV2019

De betrouwbaarheidsfunctie wordt in dit geval gegeven door:

$$Z = L - L_{\text{toelaatbaar}} \quad [m]$$

Waarin:

$$L = \text{lengte van de inscharing} \quad [m]$$

$$L_{\text{toelaatbaar}} = \text{toelaatbare lengte van de inscharing} \quad [m]$$

De kans op het optreden van schade t.g.v. een overschrijding van de toelaatbare inscharinglengte bij het optreden van en bresvloeiing kan berekend worden met:

$$P(L > L_{\text{toelaatbaar}} | ZV) = \Phi(-\beta) \quad [-]$$

Waarin:

$$\beta = \mu(Z) / \sigma(Z) \quad [-]$$

$$\mu(Z) = \text{verwachtingswaarde van de betrouwbaarheidsfunctie} \quad [m]$$

$$\sigma(Z) = \text{standaardafwijking van de betrouwbaarheidsfunctie} \\ \{ \sqrt{(\sigma \cot(\gamma))^2 \times dZ/d(\sigma \cot(\gamma))^2} \} / F \quad [m]$$

Vervolgens kan met Stap A de optredingskans (P(ZV) van een vloeiing worden bepaald (figuur 6-3).

Stap A - Bepaal optredingskans zettingsvloeiing per ondergrondscenario $P(ZV|S_i)$ voor het betreffende vak

Eerst wordt de frequentie van optreden $F(ZV|S_i)$ berekend met:

$$F(ZV | S_i) = \left(\frac{s}{\cot \alpha_R} \right)^5 \cdot L_{\text{vak}} \cdot \frac{V_{\text{lokaal}}}{V_{\text{zeeland}}} \cdot 0,025 \cdot \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot \left(\frac{H_R}{24} \right)^{2,5} \cdot \left(\frac{1}{10} \right)^{-10(0,05 + \psi_{5m, kar})} + \\ 0,5 \cdot \left(\frac{H_{\text{genl}}}{24} \right)^5 \cdot \left(\frac{2 \cdot 10^{-4}}{d_{50, \text{gemiddeld, kar}}} \right)^5 \cdot F_{\text{cohesivelayers}} \end{array} \right\} \quad (C.1)$$

Waarin:
 L_{vak} de lengte van het dijkvak [km]

Vervolgens kan de frequentie omgerekend worden in een kans van optreden $P(ZV|S_i)$ met:

$$P(ZV | S_i) = 1 - e^{-F(ZV|S_i)} \quad (C.2)$$

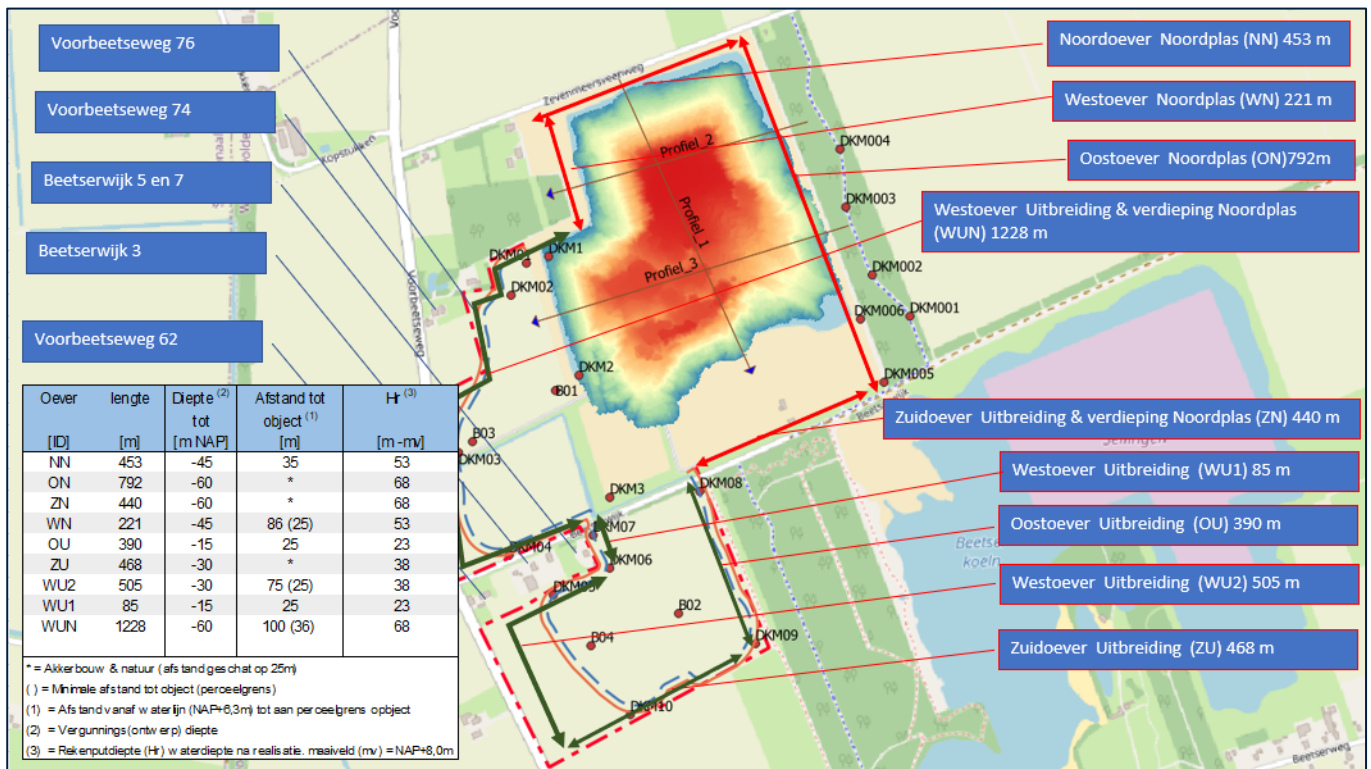
Figuur 6-3 Stap A bepalen Optredingskans Bron: SHZV2019

In het bepalen van een optredingskans (P(ZV) van een (bres) vloeiing voor een zandwinproject wordt voor L_{vak} in plaats van de oeverlengte (figuur 6-3) de invloedsbreedte (B) van winzuiger genomen aangezien de kans op een bresvloeiing volledig door de winzuiger wordt geïnitieerd en niet door natuurlijke morfodynamische processen zoals genoemd in SHZV2019.

6.2 Berekening

In figuur 6-4 zijn de afstanden, oeverlengten en diepten (rekenputdiepte Hr) van de uitbreiding en verdieping weergegeven.

In de figuur is te zien dat vooral westoever (WUN, WU1 en WU2) maatgevende zijn aangezien hier volgende de CUR 113 waardevolle belendingen (huizen) aanwezig zijn die mogelijk een risico lopen bij een optredende bresvloeiing. De overige oevers zijn min of meer gelegen aan natuurgebieden en of akkerbouw gronden die onzes inziens een aanmerkelijk lager risicoprofiel hebben voor ontstane schade door een bresvloeiing dan de west- en noordoever.

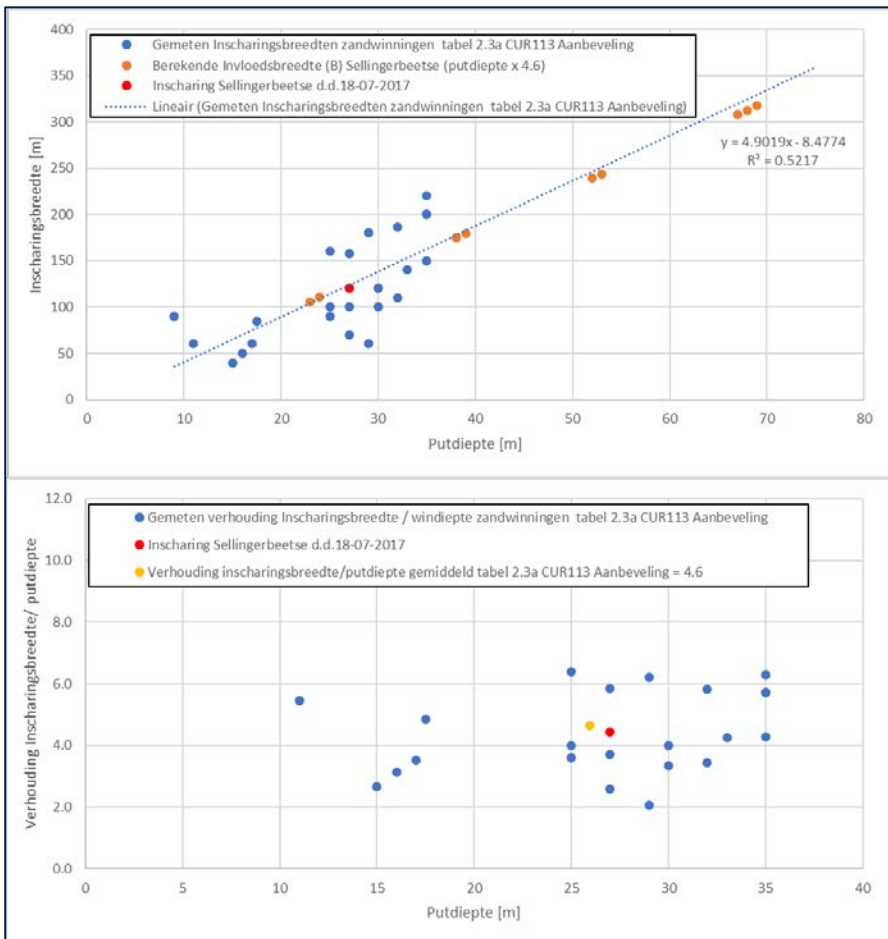


Figuur 6-4 Afstanden tot objecten & oeverlengten zandwinning.

6.2.1 Uitgangspunten

In het bepalen van een optredingskans (P(ZV) van een (bres) vloeïng voor een zandwinproject wordt voor L_{vak} in plaats van de oeverlengte (figuur 6-3) de invloedsbreedte (B) van winzuiger genomen aangezien de kans op een bresvloeïng volledig door de winzuiger wordt geïnitieerd en niet door natuurlijke morfodynamische processen zoals genoemd in SHZV2019.

Op basis van tabel 2.3a en 2.3b uit de Cur113 Aanbeveling wordt ervan uitgegaan dat de invloedsbreedte (B) ongeveer 4,6 keer de winddiepte bedraagt (figuur 6-5).



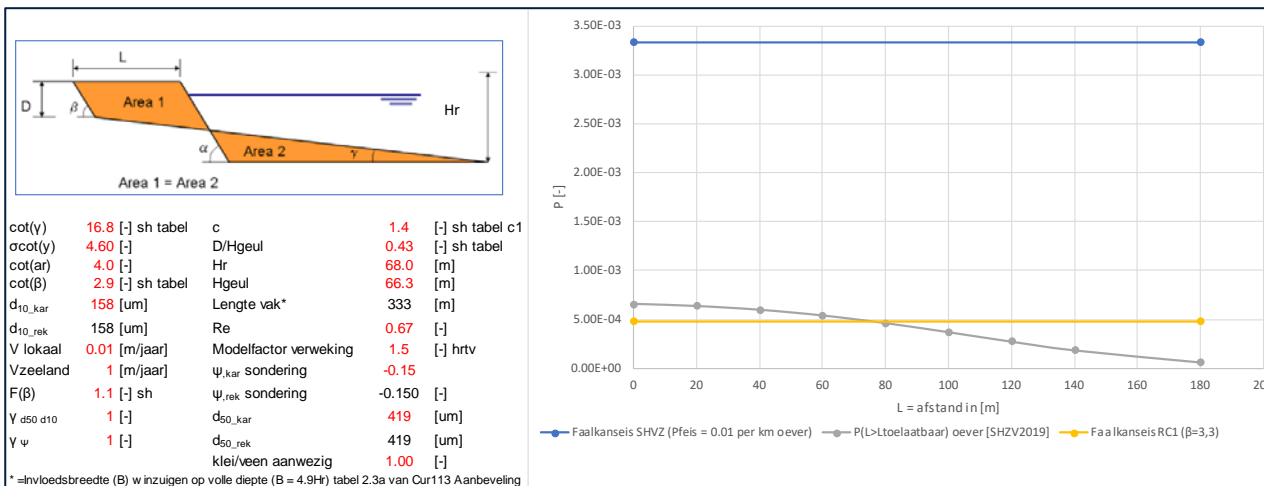
Figuur 6-5 Bepaling invloedsbreedte (B) zandwinnigen.

Voor het berekenen van kans ($P(L > L_{\text{toelaatbaar}})$ oever) zijn de volgende waarden als uitgangspunt genomen:

- De rekenputdiepte H_r varieert van 23m (WU1) tot 66 m (WUN). zie figuur 6-4.
- Voor het bepalen van de benodigde randzone wordt in de berekening ervan uitgegaan dat de oevers (taluds) laagsgewijs worden aangezogen volgens in dit rapport voorgestelde basis werkwijze en de daarbij behorende werktalud. Hierdoor is het mogelijk om in de berekening ervan uit te gaan dat de (opgeleverde) taluds afhankelijk van de diepte een helling kunnen hebben variërend van $1v : 3h$ tot $1v : 4,5h$.
- De taludhelling van het (vergunnings) talud $1v : 4h$ ($\cot(\alpha) = 4$);
- Bij een inscharing is de oppervlakte van de verdwenen grond boven in het dwarsprofiel ca. 40% groter dan de oppervlakte welke er aan de onderkant is bijgekomen volgens, in overeenstemming met SHZV2019;
- Schade treedt op als de inscharing de perceelgrens van het object bereikt.
- De lokale migratiesnelheid van onbeschermd oever is niet van toepassing en is in overeenstemming met SHZV2019 op een default waarde van 0,01 m/jaar gesteld.
- Op basis van het uitgevoerde stabiliteitsonderzoek zijn de volgende waarden bepaald :
 - De karakteristieke korrelgrootte voor $d_{10 \text{ kar}}$ en de $d_{50 \text{ kar}}$ is bepaald respectievelijk op 158 μm en 419 μm .
 - De karakteristieke waarde voor state parameter (Ψ_{kar}) is conform SHZV2019 bepaald op -0,151 voor de westoever en de uitbreiding. Voor de verdieping (oostoever noordplas) wordt uitgegaan van -0,133.
 - Er is een onzekerheid factor meegenomen $F(\beta)$ van 1.1 volgens SHZV2019
 - Een factor van 1 is meegenomen voor de aanwezigheid van kleilagen.
 - De karakteristieke relatieve dichtheid (Re) voor de zandlagen is gesteld op 0,67. NB: uit de stabiliteitsanalyse is gebleken dat de zandlagen voldoende bestand zijn tegen het mechanisme verweking.

6.2.2 Resultaten

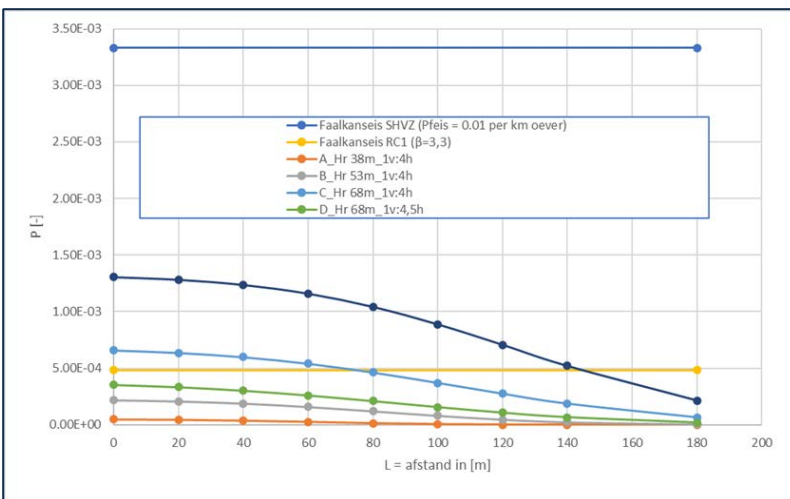
In figuur 6-6 is een voorbeeld van de berekening weergegeven voor de meest kritische fase van de zandwinning. In deze fase wordt zand gewonnen op een diepte van NAP-60 m ($hr = 68\text{m} - mv$). In de figuur zijn de faalkanseisen (P_{feis}) als horizontale lijnen weergegeven. De berekende faalkans ($P(L > L_{\text{toelaatbaar}})$) moet kleiner zijn dan de gestelde eis. Kortom de berekende eis moet in de figuur bij een $L=0$ lager liggen dan de gestelde eis. Wanneer dat niet het geval is dan moet er een randzone worden toegepast met een zodanige breedte (L) dat de berekende faalkans gelijk is aan de gestelde faalkanseis. In de figuur is te zien dat bij een RC1 situatie (gele horizontale lijn) er volgens de SHZV2019 methode een randstrook 70 m nodig is wil men voldoen aan RC1 veiligheidsniveau. Als wordt uitgegaan van P_{feis} van 0.01 km/oever (blauwe horizontale lijn) overeenkomstig de CUR113 Aanbeveling, dan wordt ruim voldaan aan de eis en zou een randstrook in principe niet nodig zijn.



Figuur 6-6 Resultaat berekening Bepaling randstrookbreedte (L) zandwinning tot NAP -60 m.

Wanneer er gekeken wordt naar het winnen van zand op diepten van NAP-15 m, NAP-30 m en NAP-45 m dan blijkt dat er voldaan wordt aan de eis (situatie A, B en C in figuur 6-7). Een randstrook zou op basis van de SHZV2019 en de CUR113Aanbeveling uitgebreide methode niet noodzakelijk zijn. In figuur zijn ook twee situaties weergegeven waarbij de steilte van opgeleverde bres talud flauwer (situatie D) en of steiler wordt (situatie E). Te zien dat de kans op een bresvloeiing significant toeneemt bij een vergaande verdieping met lokaal steile taludhellingen. Met als gevolg een toename in de randstrookbreedte (L) wil er worden voldaan aan de faalkanseis.

Kortom het statistisch vastleggen van een randstrookzone in het putontwerp heeft alleen zin als het gekoppeld wordt aan werkplan en een monitoringsplan



Figuur 6-7 Resultaat berekening Bepaling randstrookbreedte (L) zandwinning Sellingebeetse.

Op basis van de uitgevoerde risicobeschoouwing wordt geconcludeerd dat er theoretisch geen randstrookzone noodzakelijk is voor het winnen van zand tot een diepte van NAP-31 m ($H_r = 38m$), mits er ter plaatse van de oever het talud laagsgewijs wordt gebaggerd en dat het boventalud is afgewerkt met steilte van maximaal 1v :4h. Voor een verdergaande verdieping is in principe geen randstrook noodzakelijk voor oever waar geen bebouwing aanwezig is en of objecten die een lager veiligheidseis (faalkanseis) hebben dan 0,01 km oever.

Voor oevers waar bebouwing aanwezig is (Westoever) wordt op basis van de hiervoor uitgevoerde beschouwing geadviseerd om een randstrook van 80 m aan te houden daar waar er sprake is van een verdieping voor het winnen van zand tot NAP-60m.

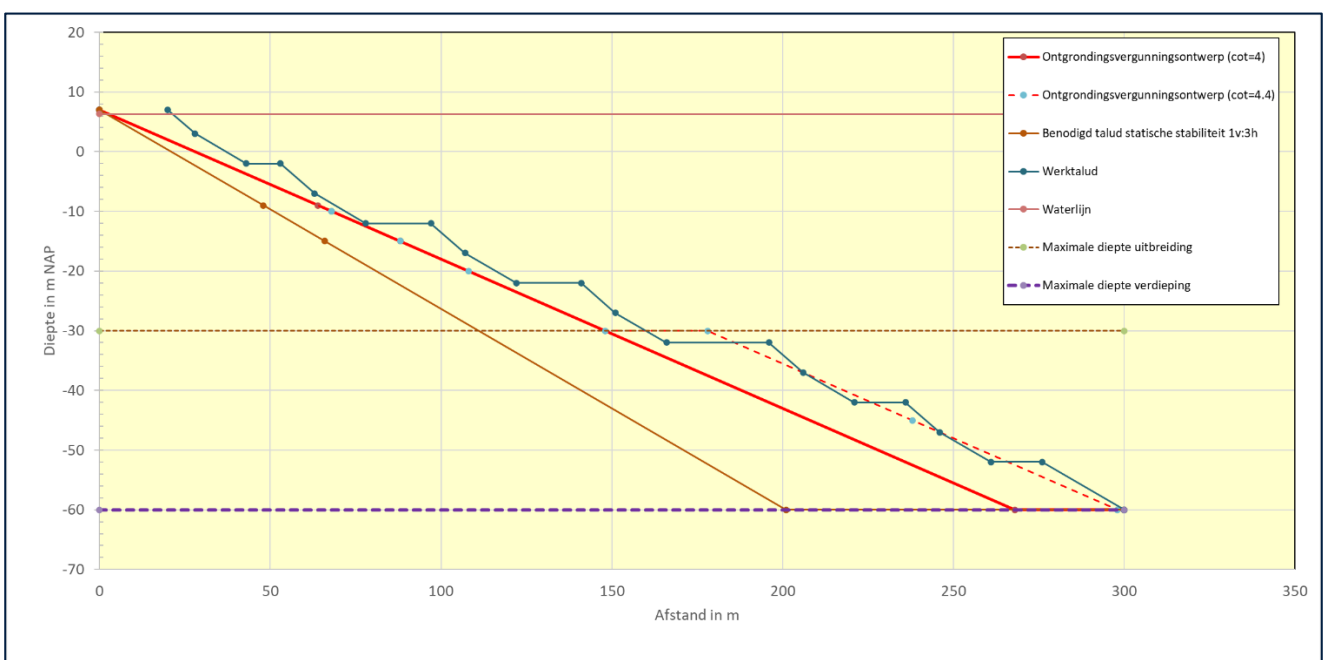
Uit figuur 6-4 blijkt dat het ruimtebeslag rondom de bebouwing ter plaatse van het toekomstige schiereiland krap is. Volgens de CUR Aanbeveling 113 mag de verdieping als een aparte put worden beschouwd wanneer in een winplan een voldoende brede berm wordt aangehouden en dat het boven talud is afgewerkt. De twee taluds (boven en onder de berm) kunnen dan in feite los worden beschouwd. Aangezien ter plaatse van het talud boven de berm niet meer gezogen wordt is de kans op bresvloeiing boven het niveau van de berm vanaf dit moment zeer klein.

De kans op een bresvloeiing op het niveau van de verdieping is wel aanwezig. Als hier een bresvloeiing optreedt is het belangrijk dat de inscharing van deze bres niet verder reikt dan het snijpunt van de berm met het talud boven de berm, of te wel de teen van het talud.

Op basis van de uitgevoerde HMBreach simulaties wordt geadviseerd om ter plaatse van de bebouwing en de noordoever in het werkplan een berm met een breedte van 30 m op te nemen als borg voor het tegengaan van het meewerkende bressen (figuur 6-8). Uiteraard dient het zand uit de verdieping ook laagsgewijs te worden ontgraven. Op verzoek van Kremer Zand is als extra zekerheid voor het veilig werken in het vergunningsontwerp een berm met een breedte van 10m opgenomen op een diepte van NAP-10 m en een berm met een breedte van 20 m opgenomen op een diepte van NAP -30m.

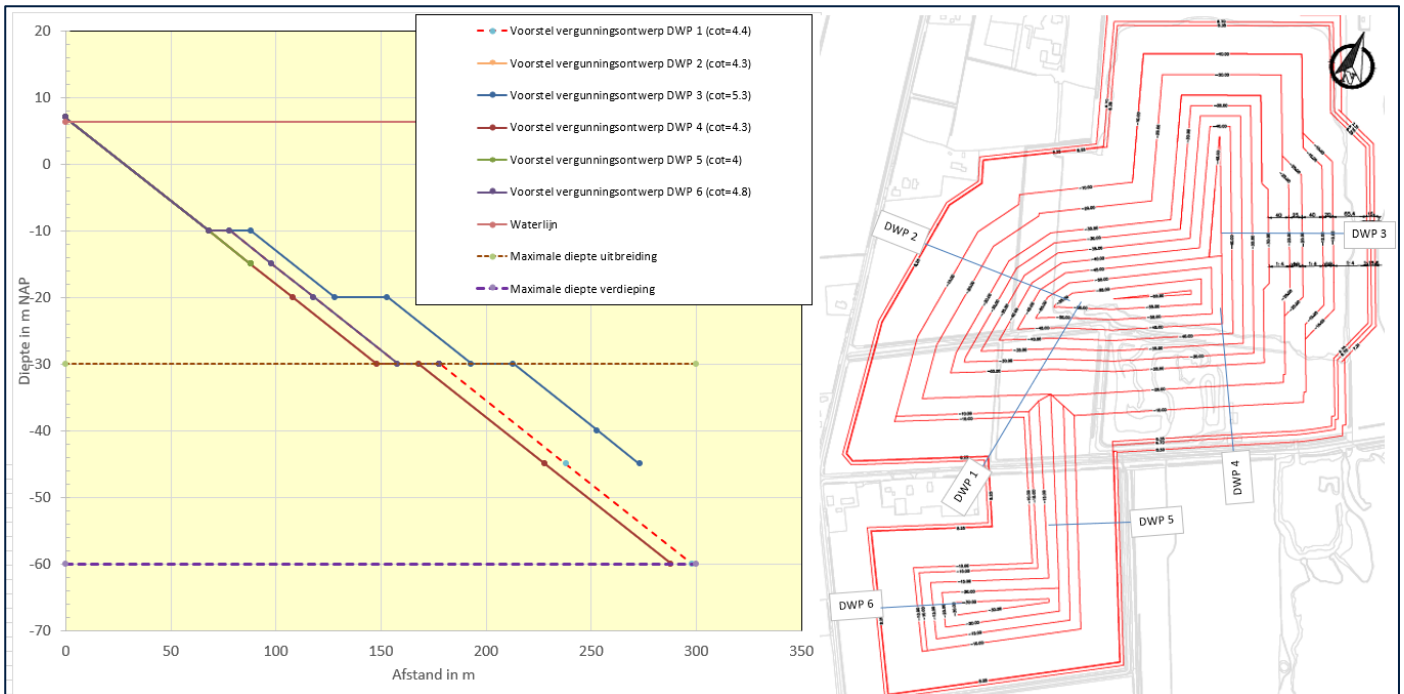
Wanneer een werkplan wordt gehanteerd zoals in dit rapport is omschreven waarbij gebruik wordt gemaakt van (werk) bermen om het meewerkend bressen te voorkomen, mag volgens de CUR 113 Aanbeveling de berm onderdeel uitmaken van de randzone, zodat kan worden voldaan aan het vereiste veiligheidsniveau (wordt door vergunningverlener bepaald).

Essentieel is dat voorafgaand aan de verdiepingswerkzaamheden een bagger technische beschouwing wordt uitgevoerd om te zien of de lokale taludhellingen tot NAP-30 m voldoende flauw zijn afgewerkt en voldoen aan de in dit rapport aangegeven 1v: 4h helling.



Figuur 6-8 vergunningsprofiel & werktalud.

In figuur 6-9 is op basis van het hiervoor omschreven bresonderzoek een ontwerpvoorstel weergegeven voor de uitbreiding en verdieping van de zandwinning de Beetse te Sellingen. Zie bijlage A2 voor de exacte maatvoering.



Figuur 6-9 Voorstel vergunningsprofiel.

Hoeveelheden

De inhoud van de uitbreiding en verdieping bedraagt theoretisch 13.036.143 m³. Met aftrek van de hoeveelheden vallend onder de huidige vergunning zal de inhoud voor de uitbreiding en verdieping theoretisch 7.893.394 m³ bedragen

7. Conclusies

Op basis van de uitgevoerde analyses blijkt dat de vergunningstaludgeometrie zoals hieronder is aangegeven statisch voldoende stabiel is. Het betreft een taludprofiel met de volgende kenmerken

- Talud 1:4 tussen NAP +7 m en NAP -60 m.
- Het betreft een uitbreiding en een verdiegingsprofiel voor het winnen van zand ten behoeve van industriezand.

Bresvloeiing is maatgevend voor de exploitatie van de verdieping. Dit betekent dat bij het realiseren van een statische stabiel zandwinning ontwerptalud met een 1 op 4 helling tot NAP-30 m à NAP-60m door middel van een profielzuiger een werkplan noodzakelijk is. In dit werkplan dient een werktalud te worden opgenomen waarin wordt aangegeven hoe een vergunningstalud kan worden gerealiseerd rekening houdend met de kans op onbeheerst bressen.

In dit rapport zijn op basis van HMBreach analyses voor de uitbreiding en verdieping een werkplan ontwikkeld, die als een eerste aanzet kan worden beschouwd. Het betreft een werktaludprofiel met de kenmerken zoals aangegeven in figuur 5-5.

De in figuur 5-5 omschreven taludgeometrie van het werktalud is gebaseerd op simulaties en dient als hulpmiddel om bresvloeiingen met als gevolg oeverinscheringen te voorkomen. Het plan (werktalud) is een dynamisch hulpmiddel en dient gedurende de uitvoering van de werkzaamheden op basis van peilingen te worden geactualiseerd aan de veranderende omstandigheden.

Uit de eenvoudige risicoanalyse blijkt dat er volgens de CUR113 gedurende de zandwinning moet worden uitgegaan van een maximale veiligheidszone van 136 m gerekend vanaf de oever (insteek zandwinning). Dan blijkt de afstand tussen de zandwinning en de nabijgelegen gebouwen niet voldoende te zijn. Een aanvullende uitgebreide randstrook beschouwing laat zien dat voor de verdieping uiteindelijk een randstrook nodig is met een breedte van 80m.

Wanneer in het werkplan rekening wordt gehouden met het effect van meewerkend bressen (door middel van het toepassen van bermen en het afwerken van het overtalud tot NAP -30 m) dan mag volgens de CUR113 de verdieping als een separate zandwinning worden beschouwd. Uitgangspunt hierbij is dat de waterbodem van de huidige Noordplas plus deel uitbreiding eerst op een diepte van NAP-30m is gebracht alvorens met start met de verdieping. Er mag dan worden uitgegaan van een veiligheidszone gerekend vanaf de insteek van de verdieping (NAP -30 m). Dan blijkt dat de afstand tussen de verdieping en nabijgelegen ruim voldoende is, en onzes inziens waarborg biedt aan het voorkomen van schade aan weg en bebouwing mits het werkplan in acht wordt gehouden en jaarlijks wordt geactualiseerd.

De basis van het vergunningstalud is een talud met een helling van 1v :4h vanaf de insteek NAP+6,35m tot een diepte van NAP -30m. Vanaf NAP-30m wordt een platberm met een breedte van 20m a 30m aangehouden waarna een talud met een helling van 1v: 4h wordt doorgezet naar een diepte van NAP-45m a NAP-60m. (zie bijlage A2 Tek G2).

8. Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om een werkplan & werktalud op te stellen waarin wordt aangegeven hoe de oeverwaluads laagsgewijs worden gebaggerd en hoe meewerkend bressen wordt voorkomen bij een verdergaande verdieping. In dit rapport is op basis van HMBreach simulaties een eerste aanzet gegeven voor het opstellen van een werktalud.

In dit rapport is aangegeven dat op basis van een theoretische beschouwing er in principe geen rand strook nodig is voor het winnen van zand tot NAP-30m. Op basis van ervaring [5] wordt aanbevolen om voor de uitbreiding minimaal een strook met een breedte van 20m aan te houden als bufferzone.

9. Hoeveelheden

De totale inhoud van de huidige vergunning, de uitbreiding en de verdieping t.o.v. de huidige peiling (Referentie 2) bedraagt theoretisch 13.036.143 m³.

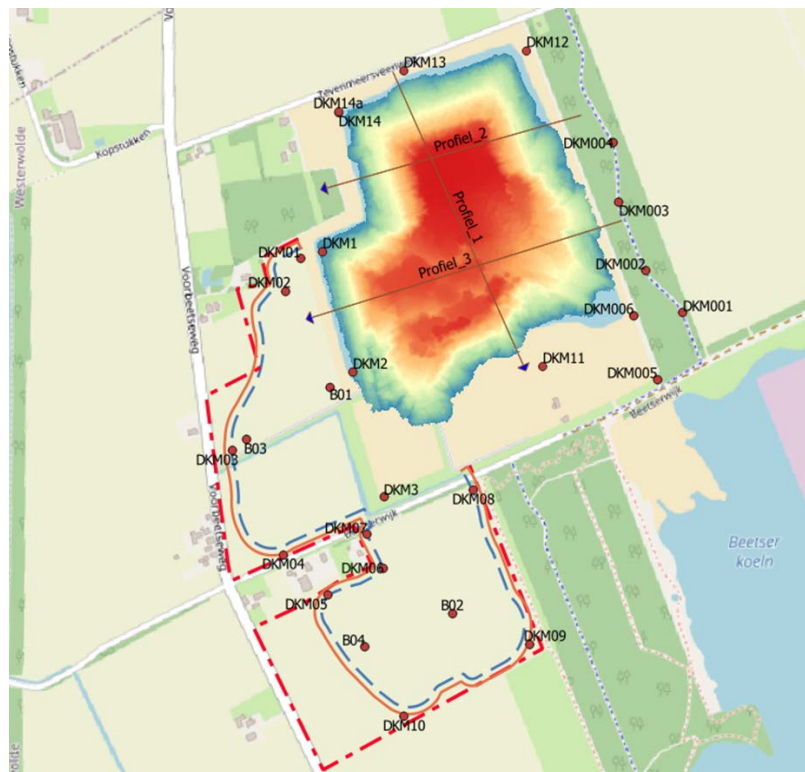
De inhoud van de uitbreiding en de verdieping t.o.v. de huidige peiling en vergunning bedraagt theoretisch 7.893.394 m³.

Bijlage A1 Verweking

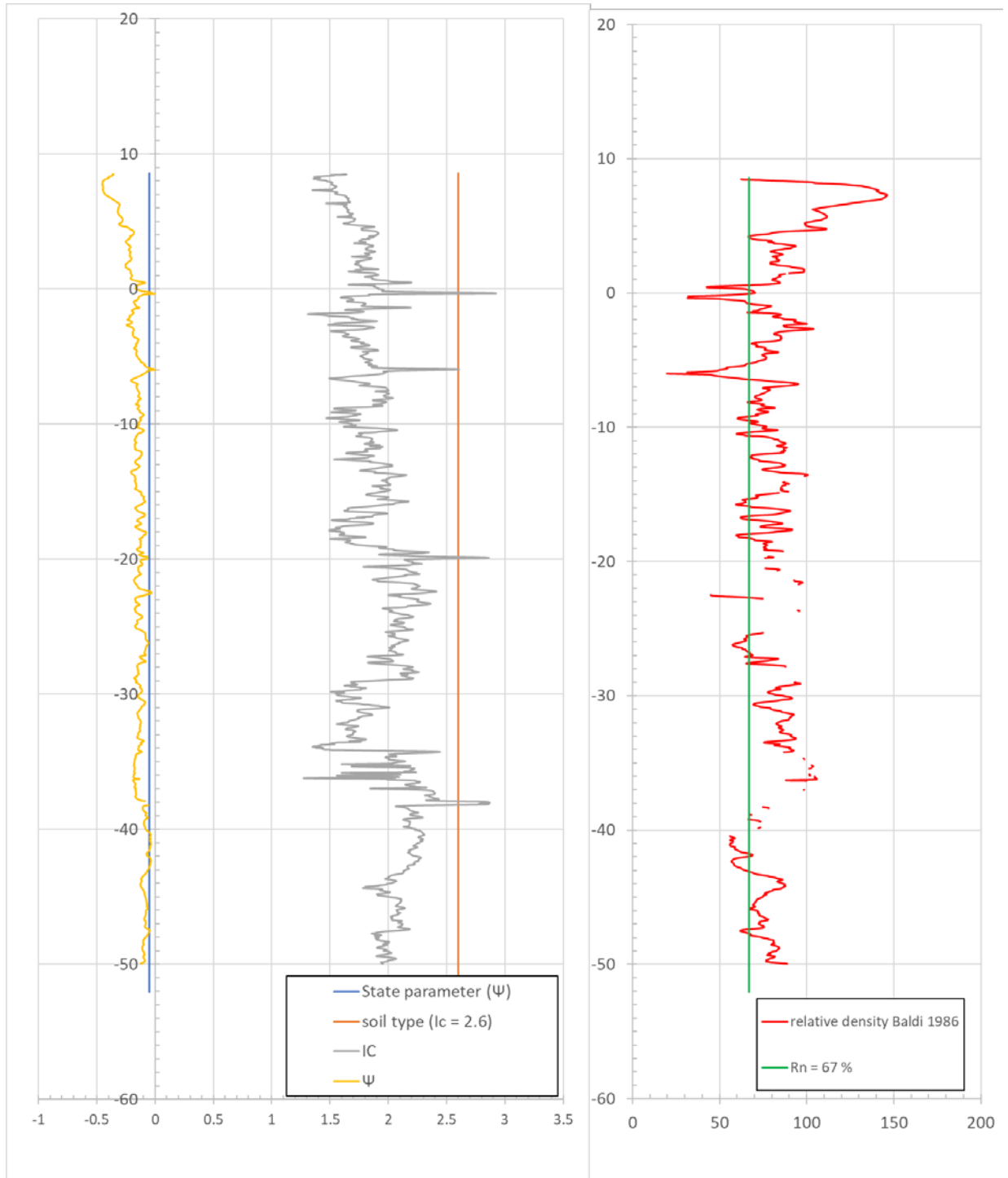
A.1 Verweking

Bijlage A1 onderzoek verweking Bepaling State parameter & Relatieve dichtheid

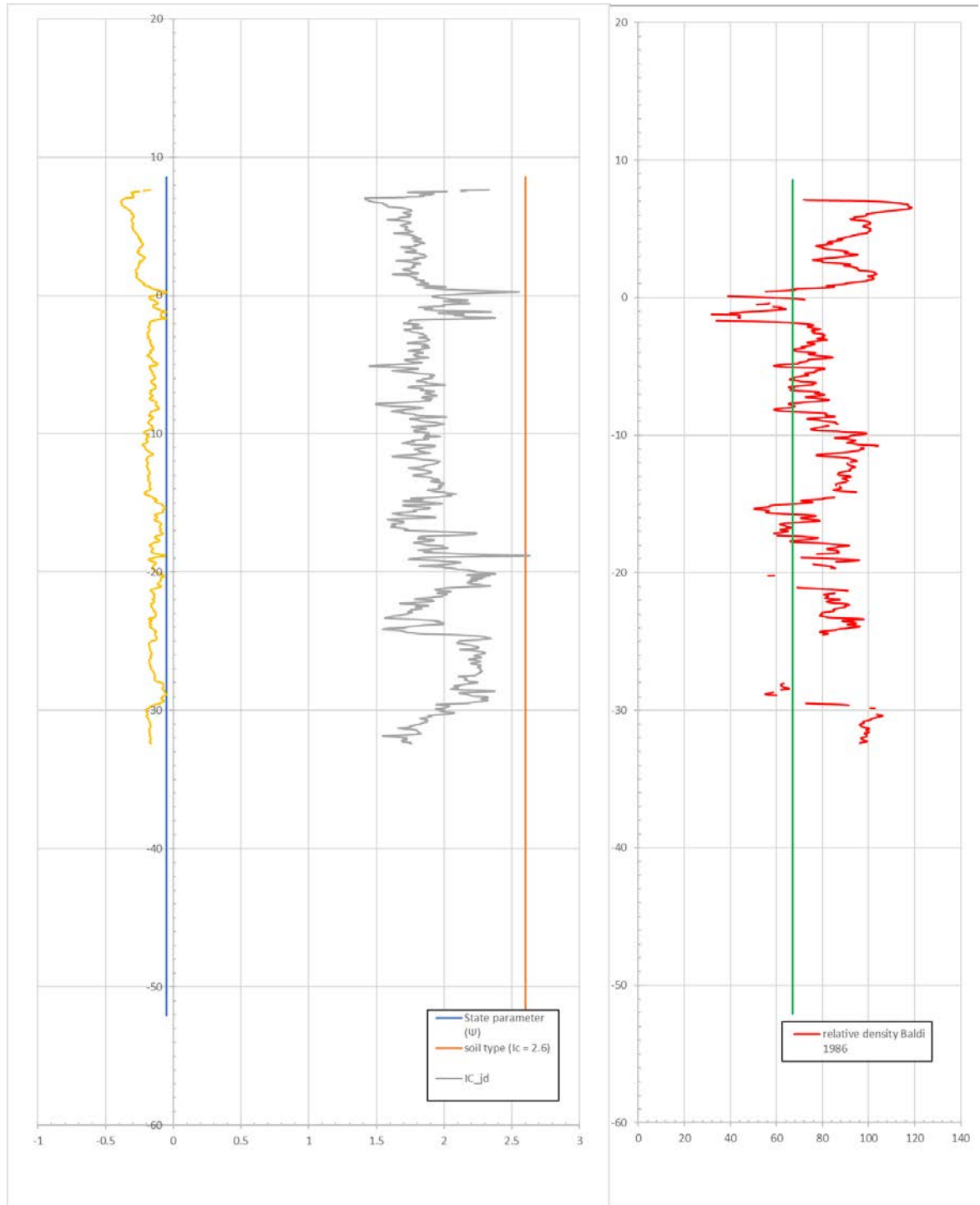
ITEM	Project	jaar	Bedrijf	RD coördinaten [m]		Hoogte [m NAP]	Einddiepte [m NAP]	Opmerking
				x	y			
DKM01	1321-196096	2021	FUGRO	268373.9	552557.3	+8.57	-50.0	Gestaakt, max. totaaldruk
DKM02	1321-196096	2021	FUGRO	268340.7	552487.7	+7.71	-32.0	
DKM03	1321-196096	2021	FUGRO	268226.8	552146.1	+7.92	-52.0	
DKM04	1321-196096	2021	FUGRO	268336.4	551923.2	+8.23	-49.0	
DKM05	1321-196096	2021	FUGRO	268432.3	551837.2	+8.41	-37.0	
DKM06	1321-196096	2021	FUGRO	268554.8	551895.4	+8.69	-32.0	
DKM07	1321-196096	2021	FUGRO	268518.5	551966.8	+8.30	-32.0	Gestaakt, max. totaaldruk
DKM08	1321-196096	2021	FUGRO	268750.2	552062.0	+8.68	-41.0	Gestaakt, max. totaaldruk
DKM09	1321-196096	2021	FUGRO	268871.4	551731.6	+8.34	-44.0	
DKM10	1321-196096	2021	FUGRO	268599.4	551577.3	+7.64	-54.0	Gestaakt, max. totaaldruk (sondeerstang gebroken)
DKM11	1321-196096	2021	FUGRO	268900.9	552326.2	+8.68	-51.0	Gestaakt, max. totaaldruk
DKM12	1321-196096	2021	FUGRO	268865.5	553002.3	+9.30	-46.0	
DKM13	1321-196096	2021	FUGRO	268598.5	552959.1	+8.59	-48.0	Gestaakt, max. totaaldruk
DKM14	1321-196096	2021	FUGRO	268456.7	552870.7	+6.71	-20.0	Gestaakt, max. totaaldruk
DKM14a	1321-196096	2021	FUGRO	268456.2	552871.7	+6.75	-28.0	Gestaakt, max. totaaldruk
DKM1	VN62078-1	2015	W&P	268422.0	552572.0	+8.52	-31.0	
DKM2	VN62078-1	2015	W&P	268488.0	552314.0	+7.82	-32.0	
DKM3	VN62078-1	2015	W&P	268555.0	552049.0	+8.16	-36.0	
DKM001	VN69038-2	2018	W&P	269206.1	552442.2	+8.09	-39.0	
DKM002	VN69038-2	2018	W&P	269124.5	552531.9	+8.27	-39.0	
DKM003	VN69038-2	2018	W&P	269067.1	552679.2	+8.03	-39.0	
DKM004	VN69038-2	2018	W&P	269054.5	552804.8	+8.06	-39.0	
DKM005	VN69038-2	2018	W&P	269150.0	552299.0	+8.13	-31.0	
DKM006	VN69038-2	2018	W&P	269099.0	552436.0	+7.93	-40.0	



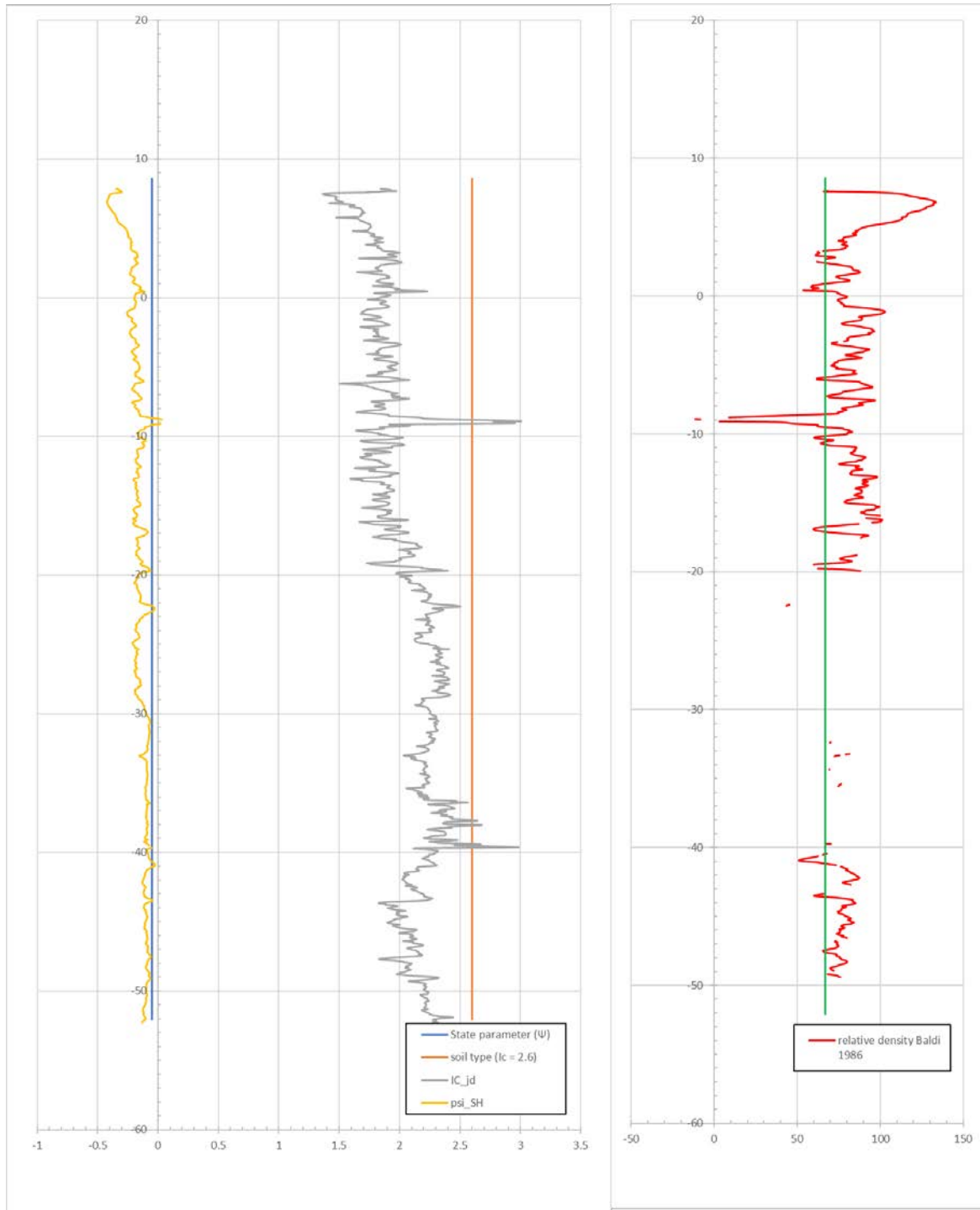
DKM01



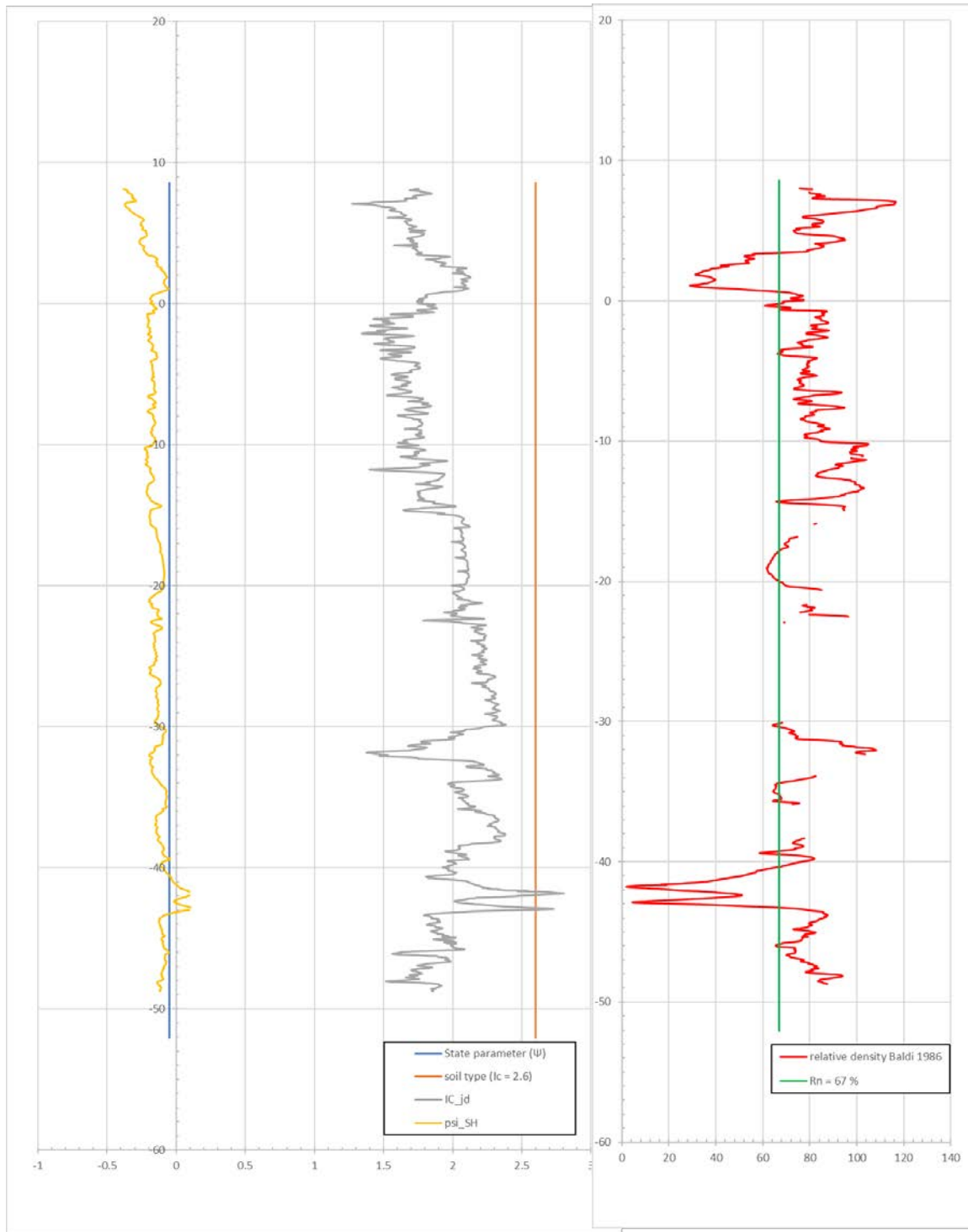
DKM02



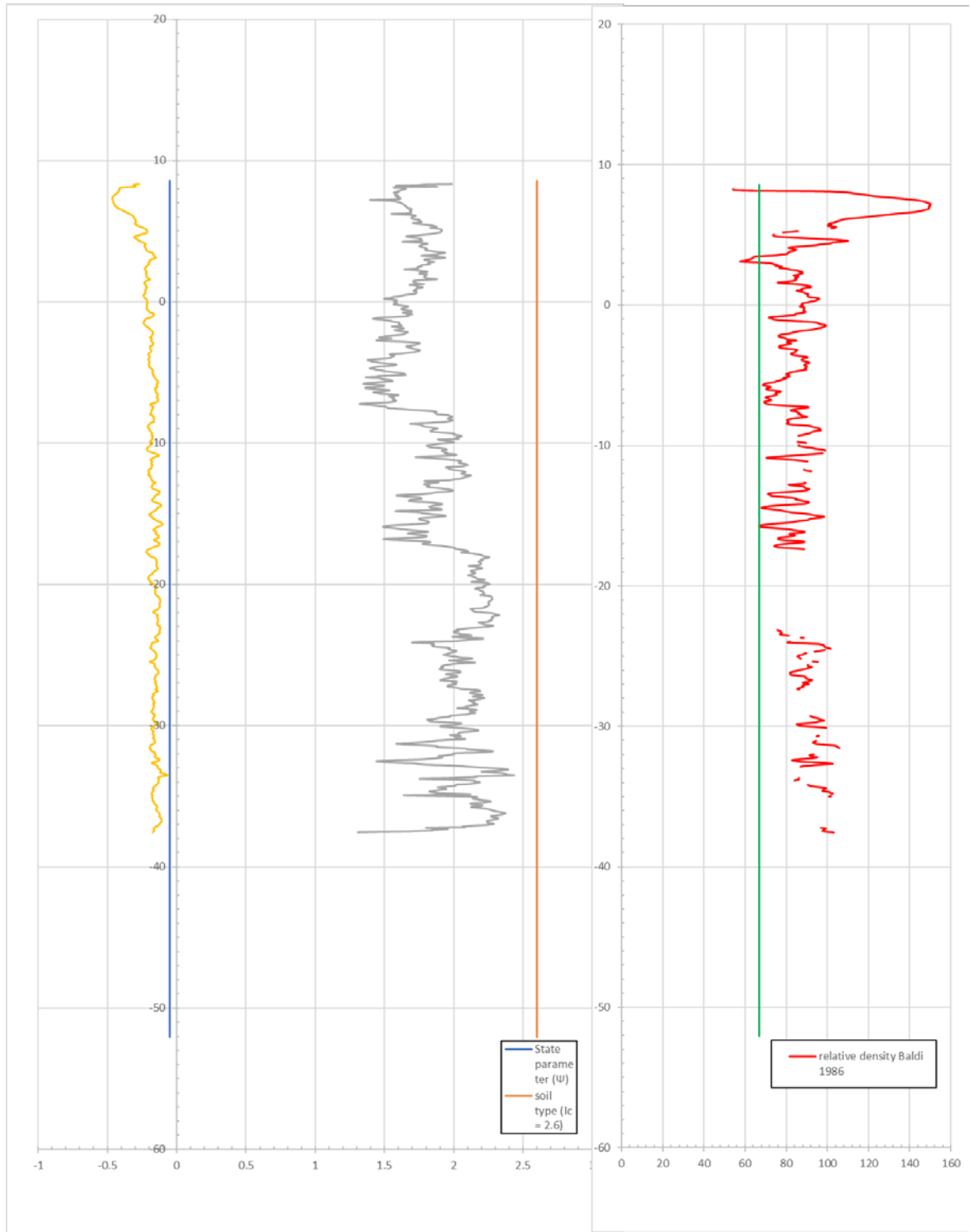
DKM03



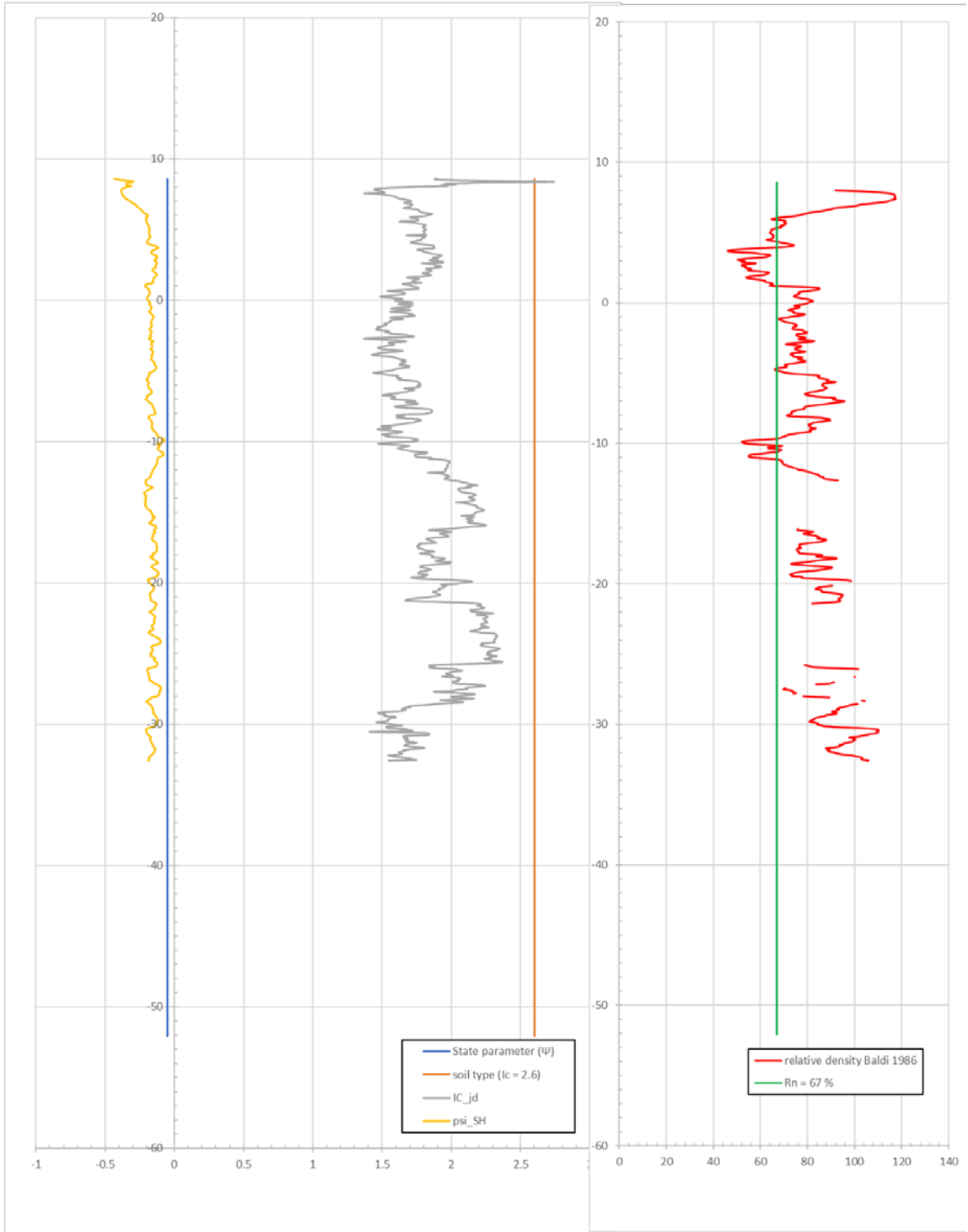
DKM04



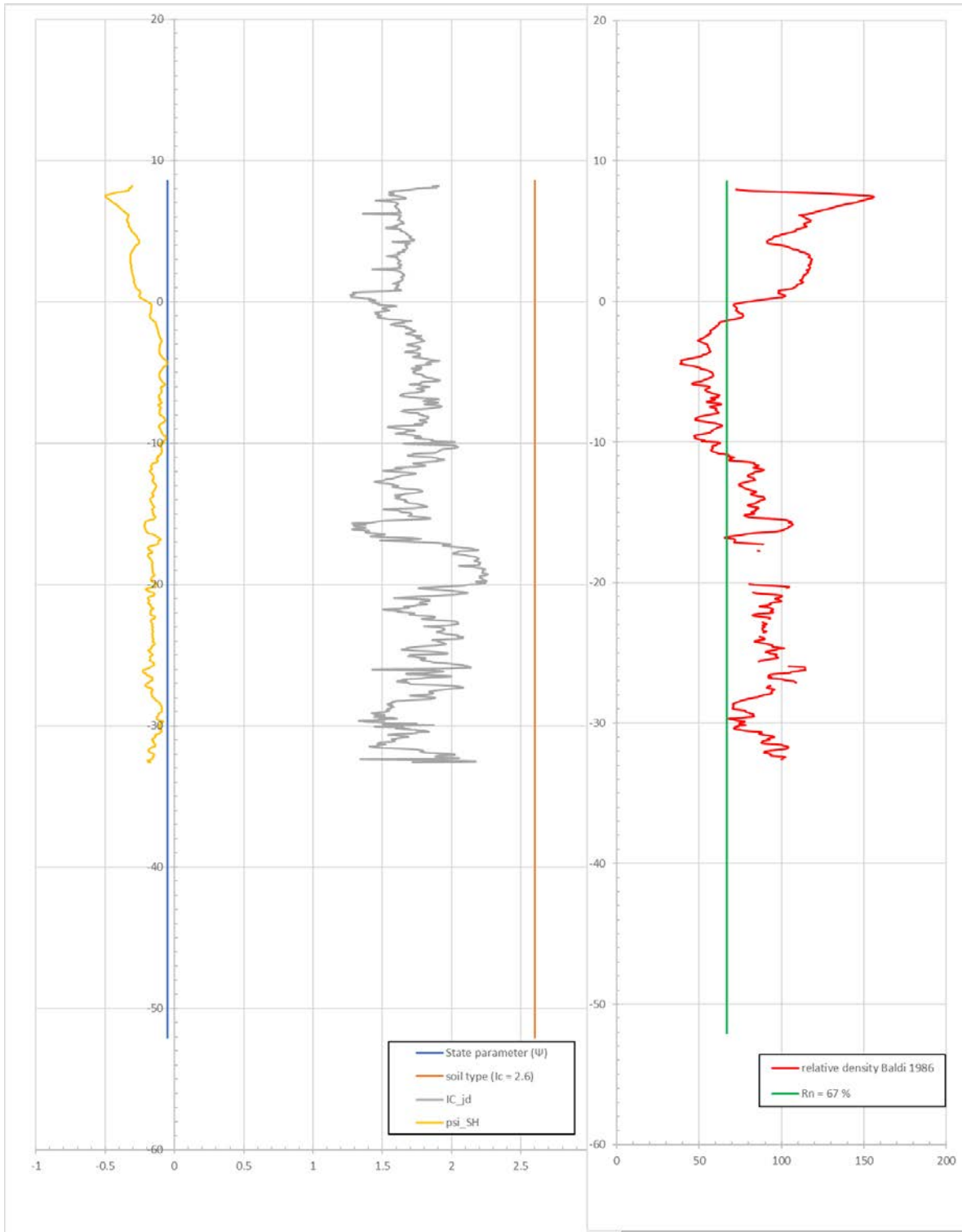
DKM05



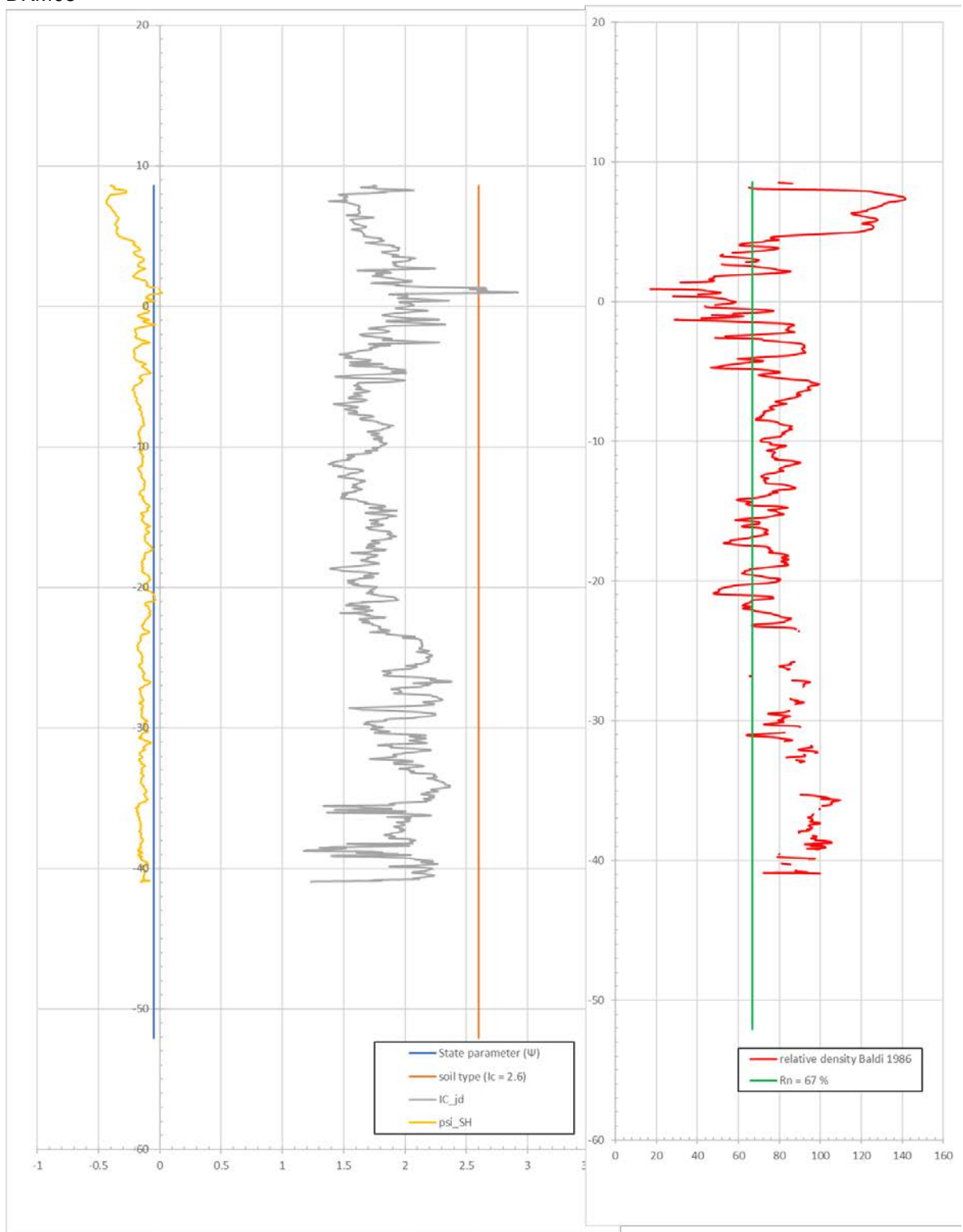
DKM06



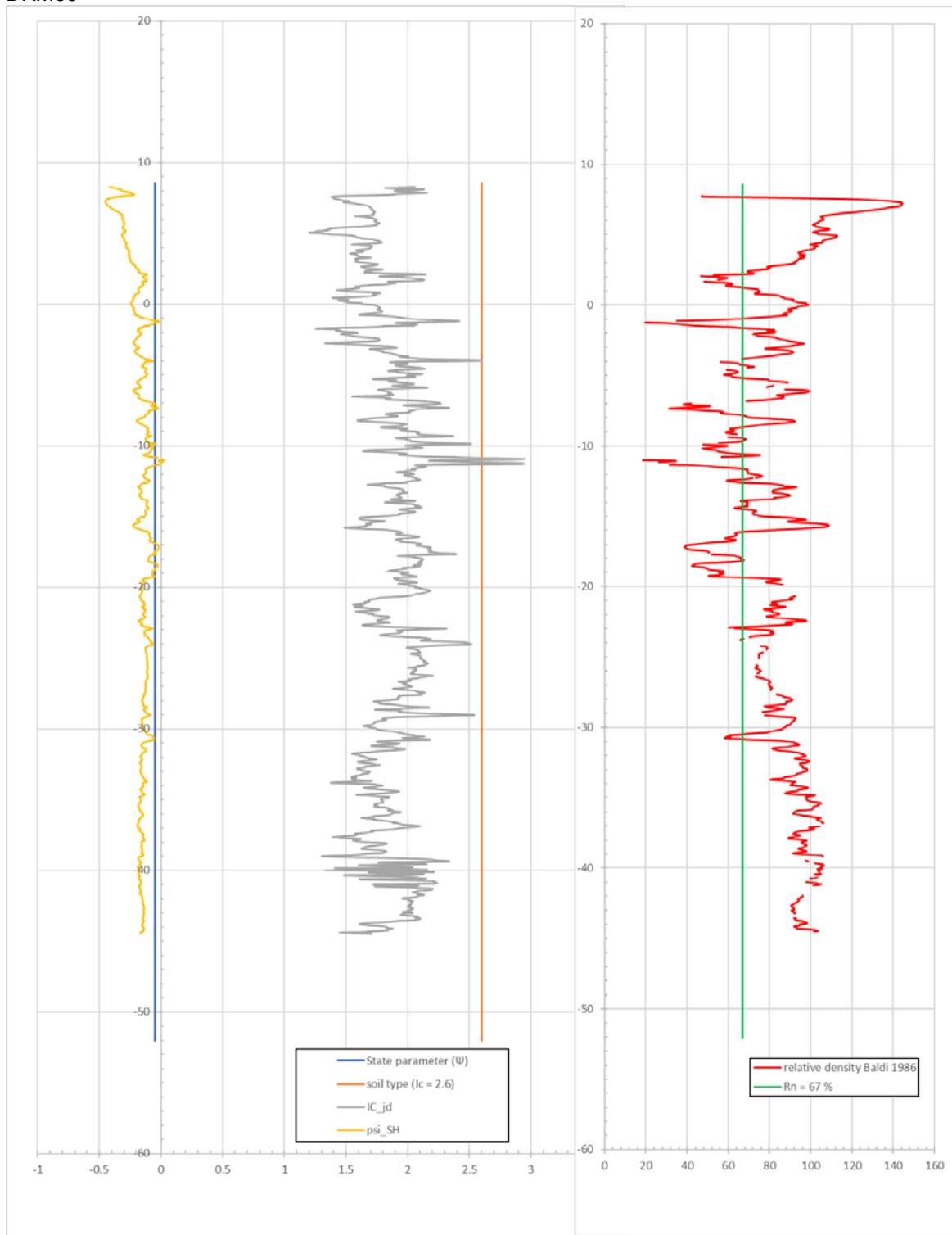
DKM07



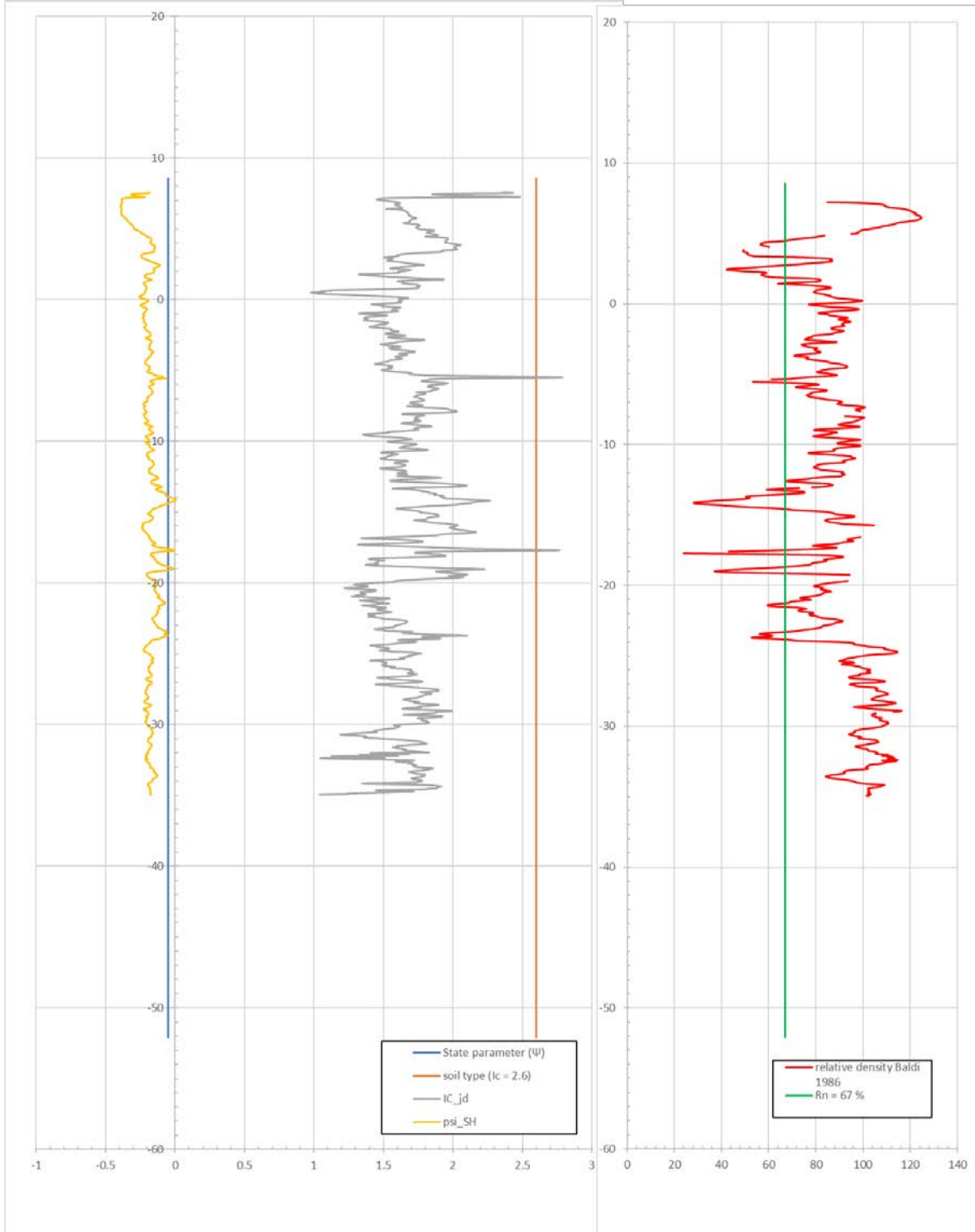
DKM08



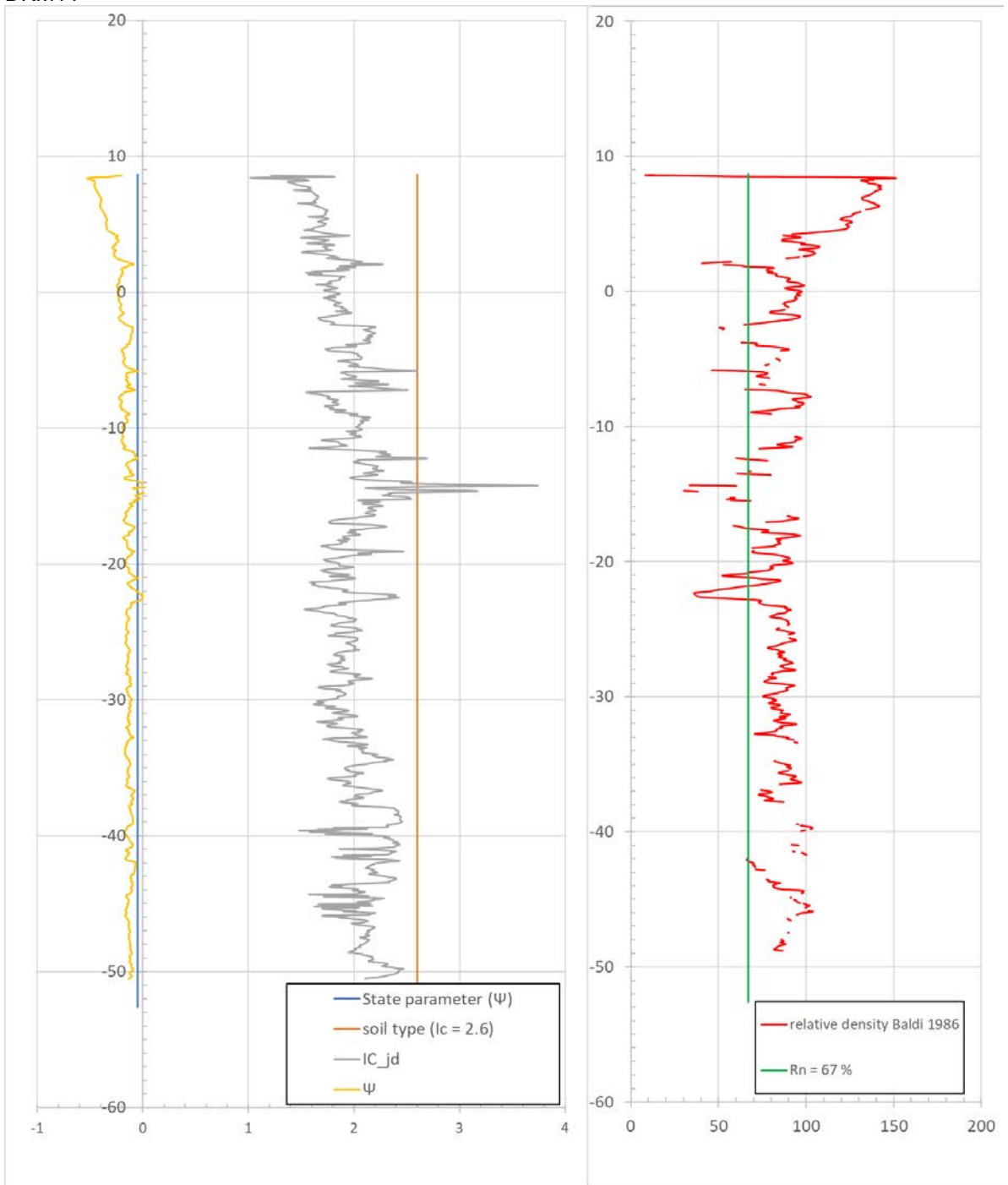
DKM09



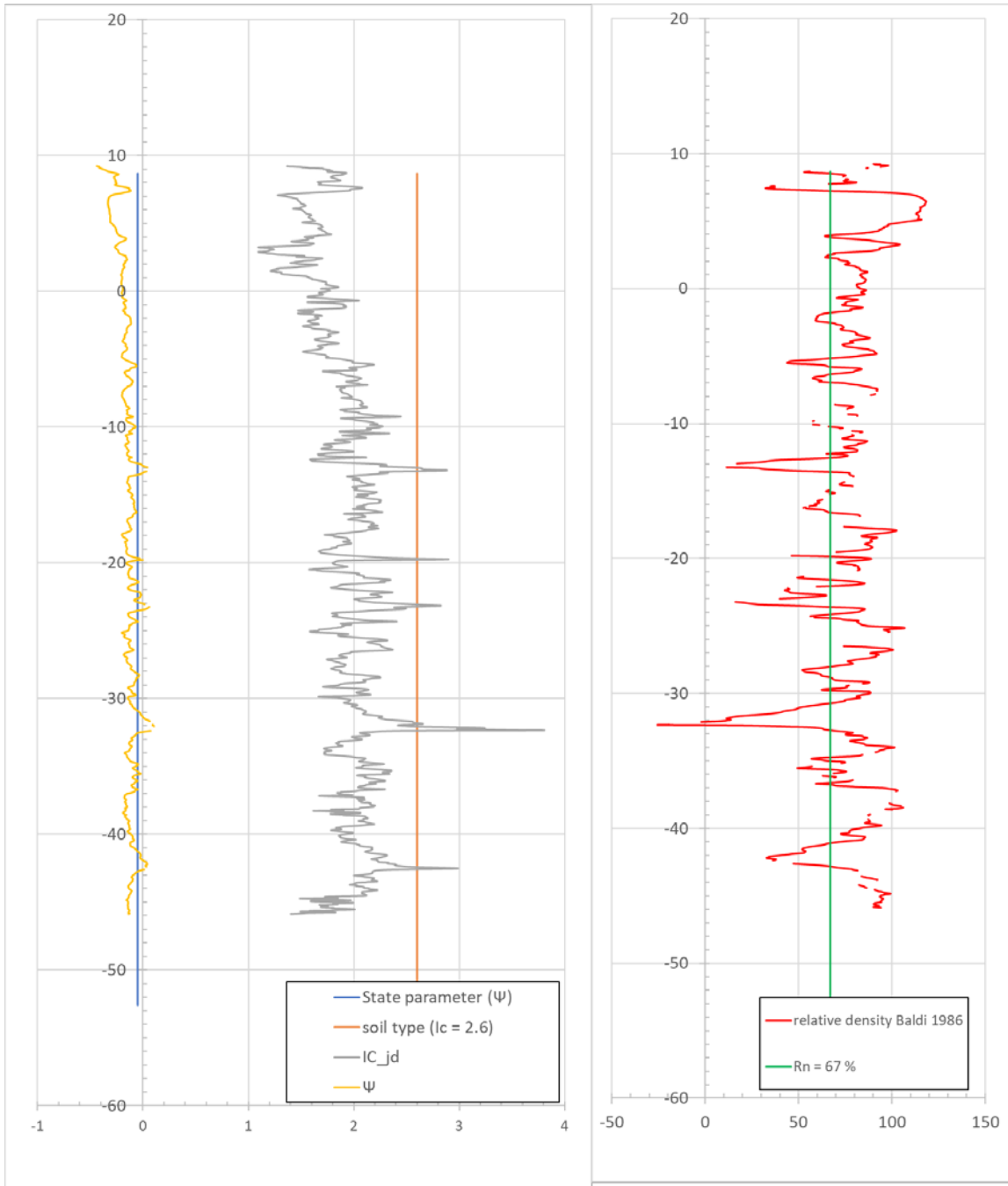
DKM10



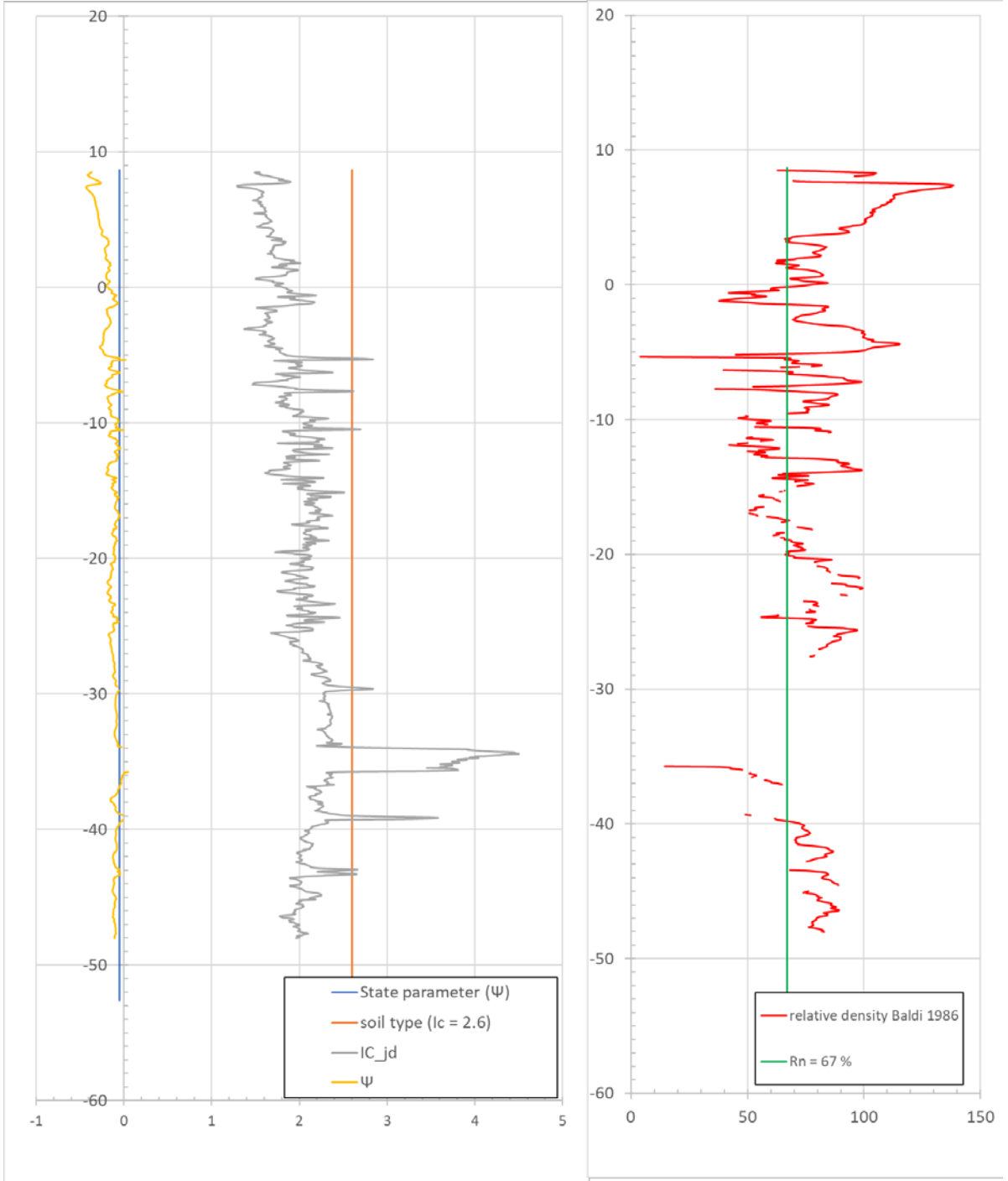
DKM11



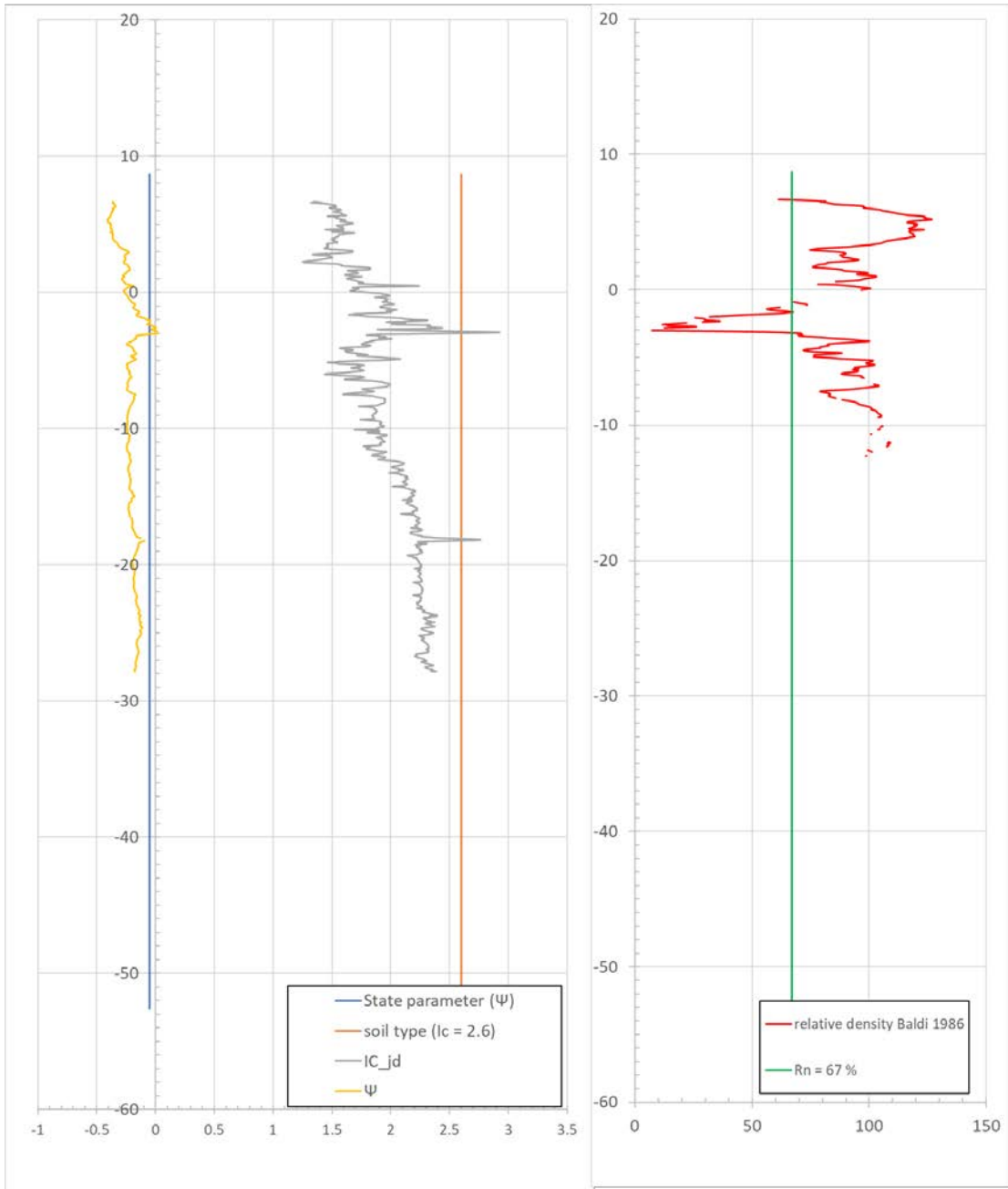
DKM12



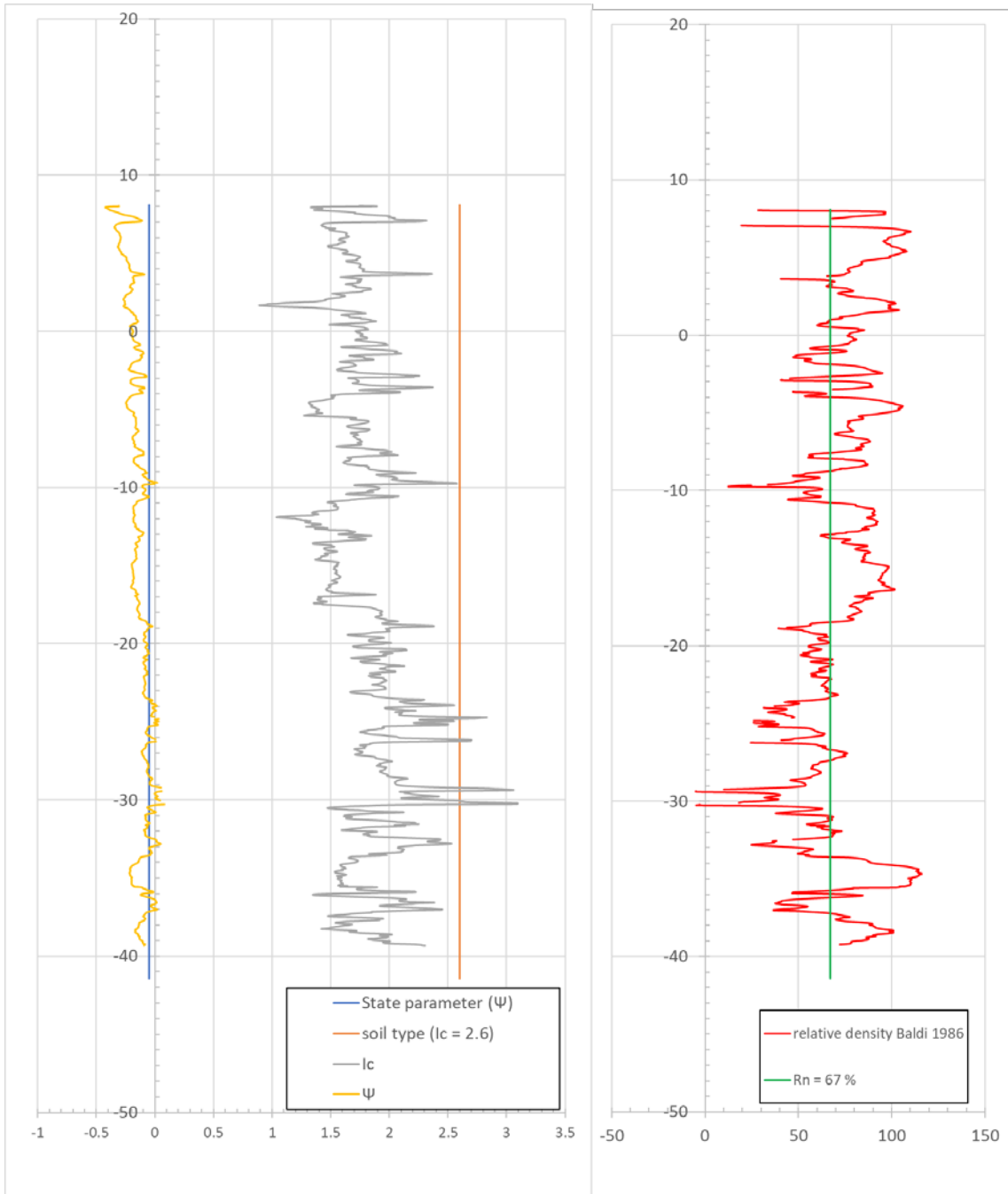
DKM13



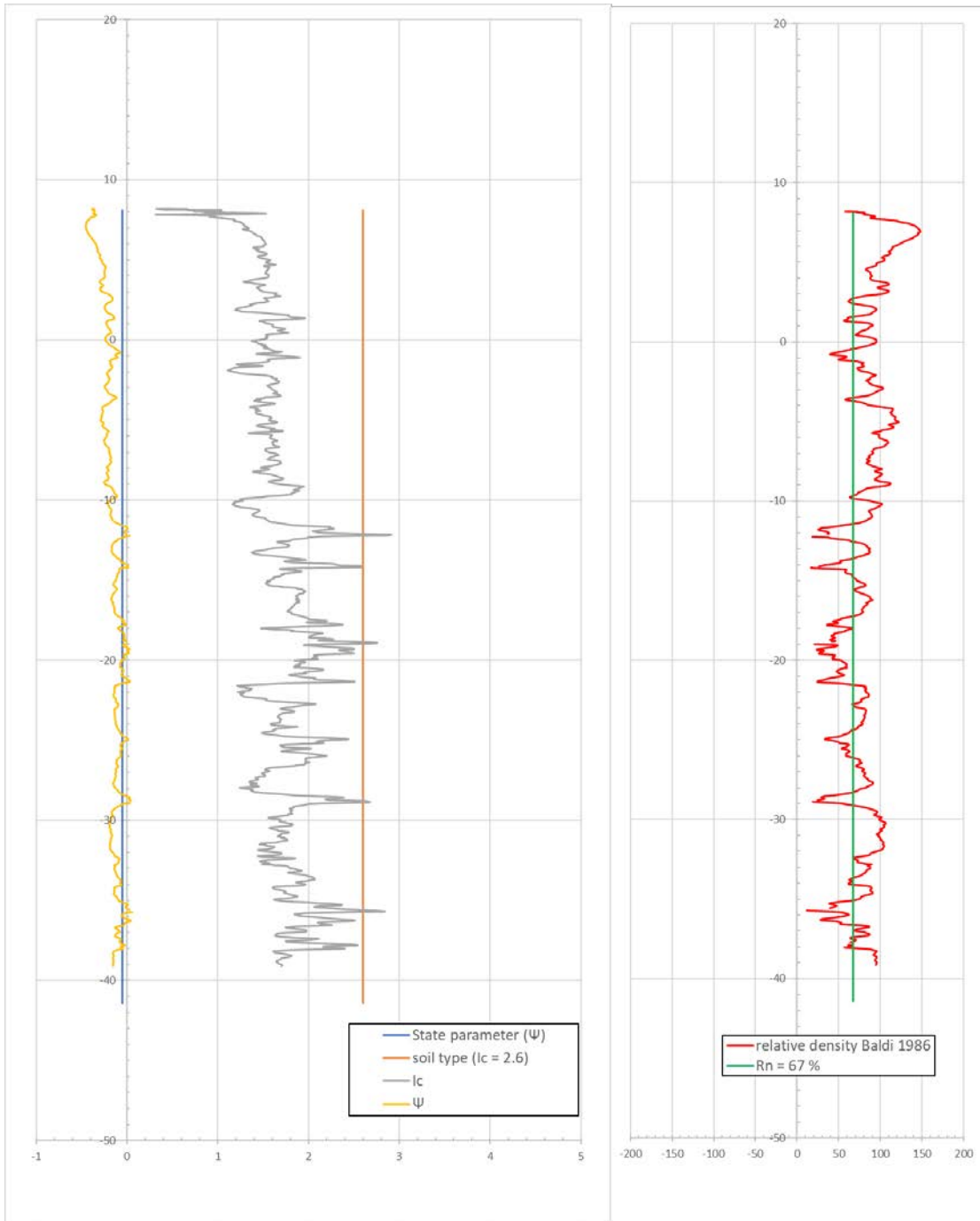
DKM14a



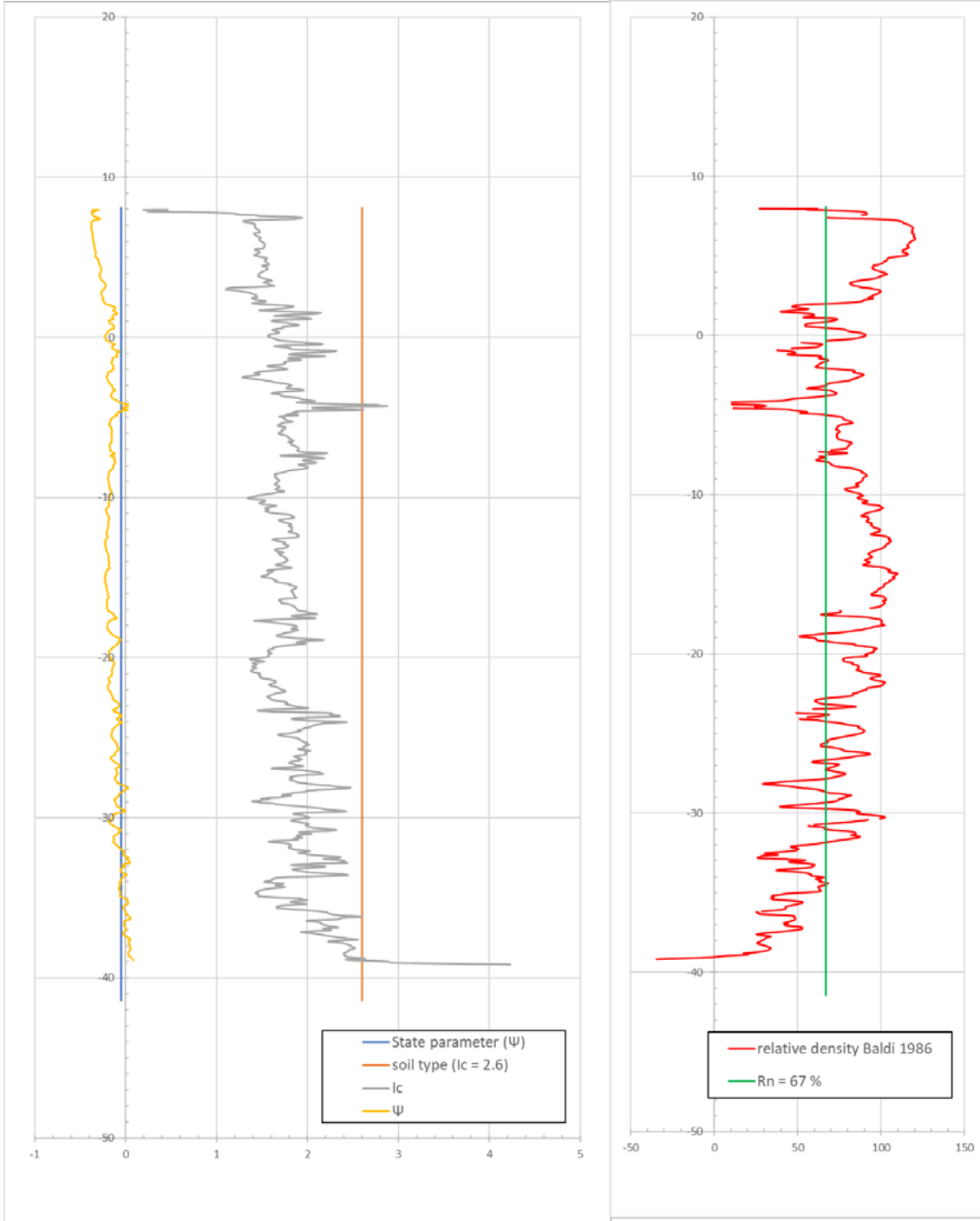
DKM001



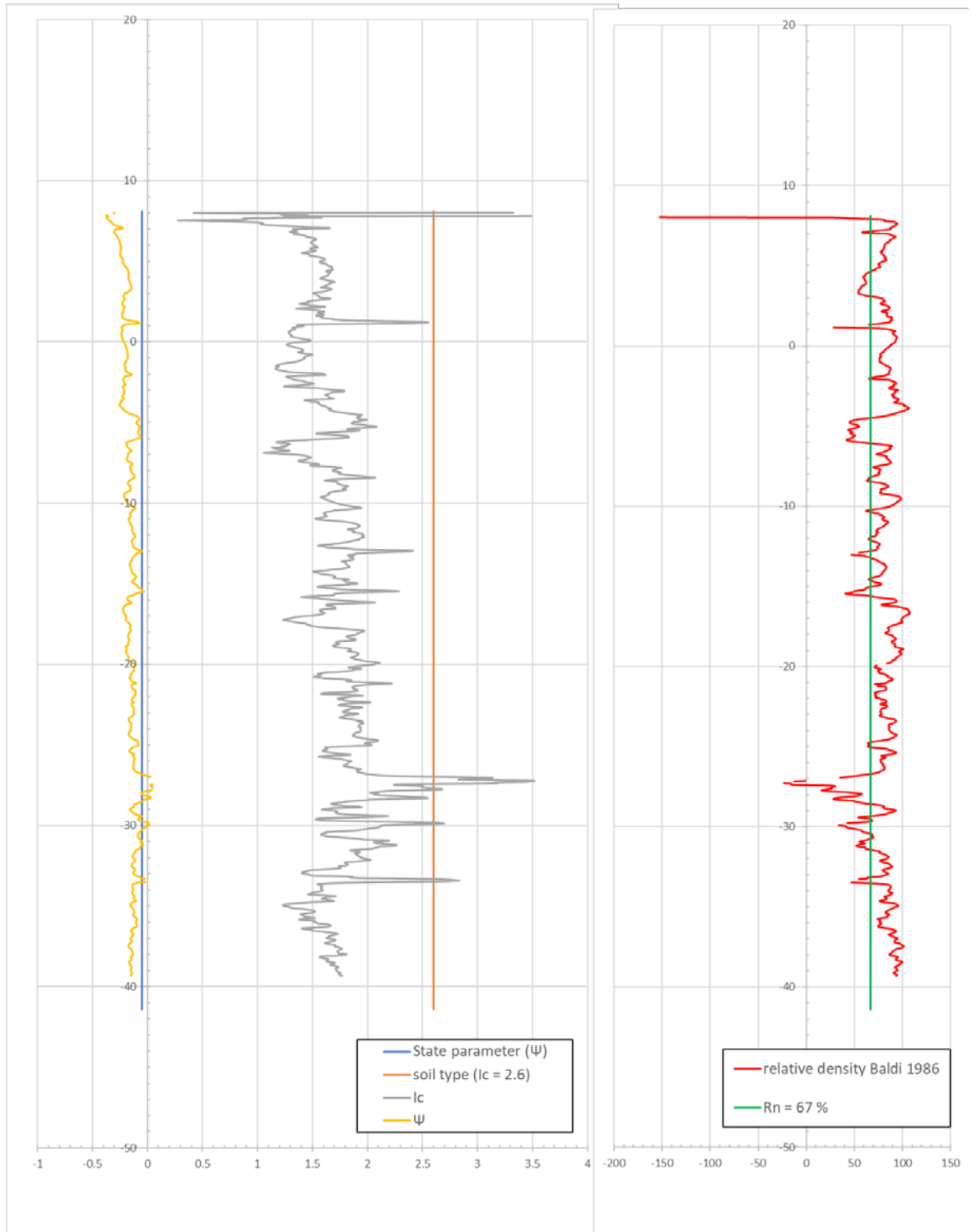
DKM002



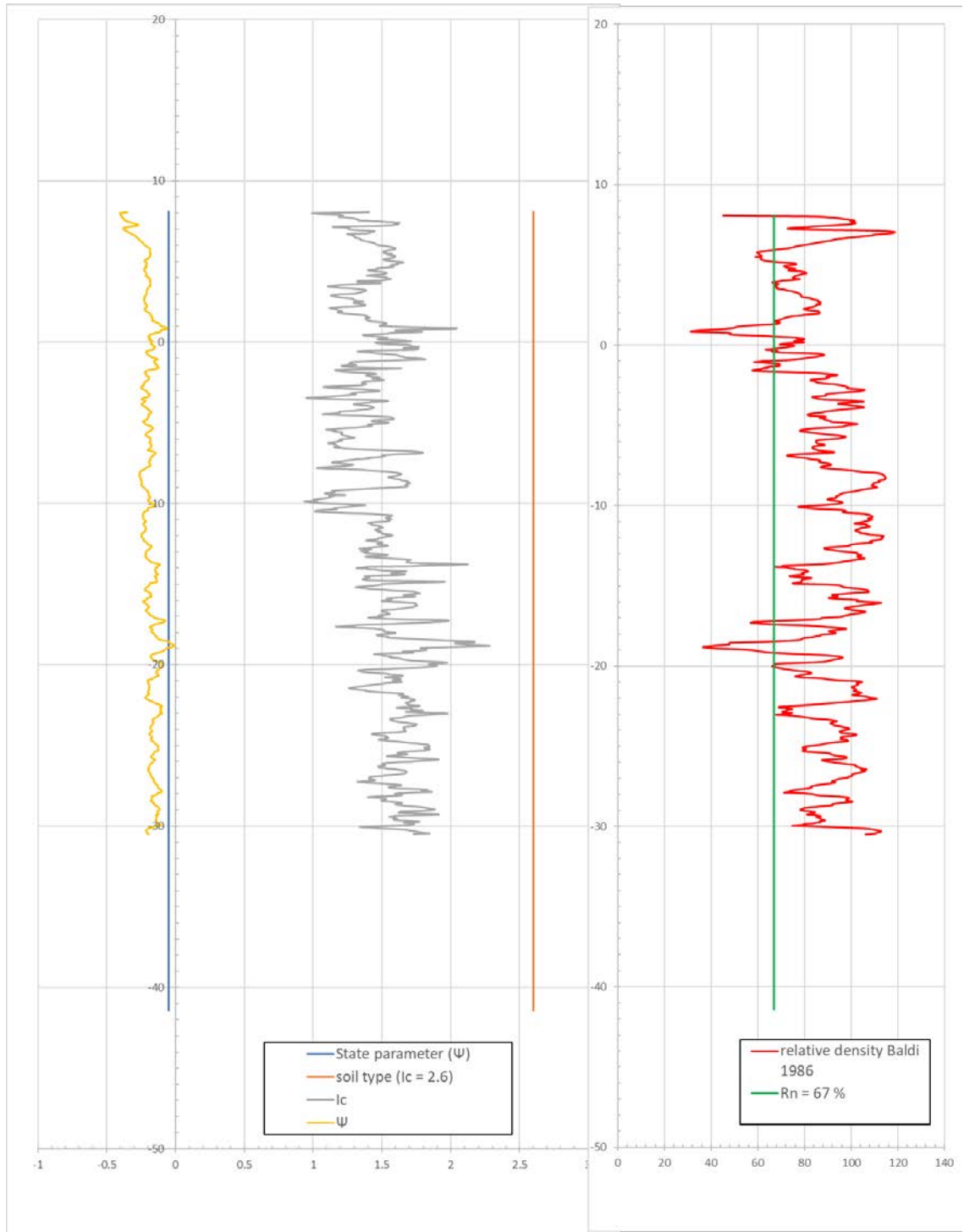
DKM003



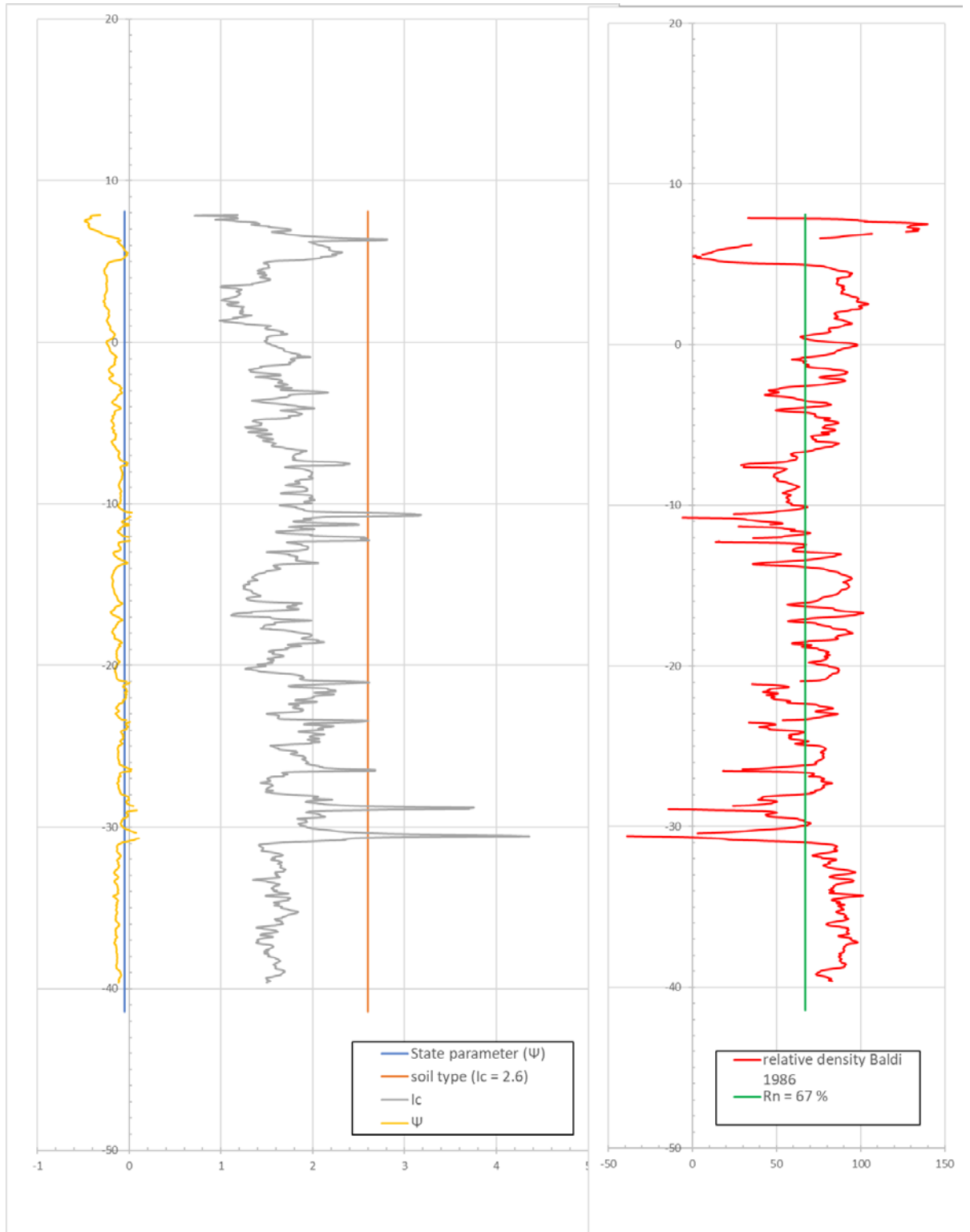
DKM004



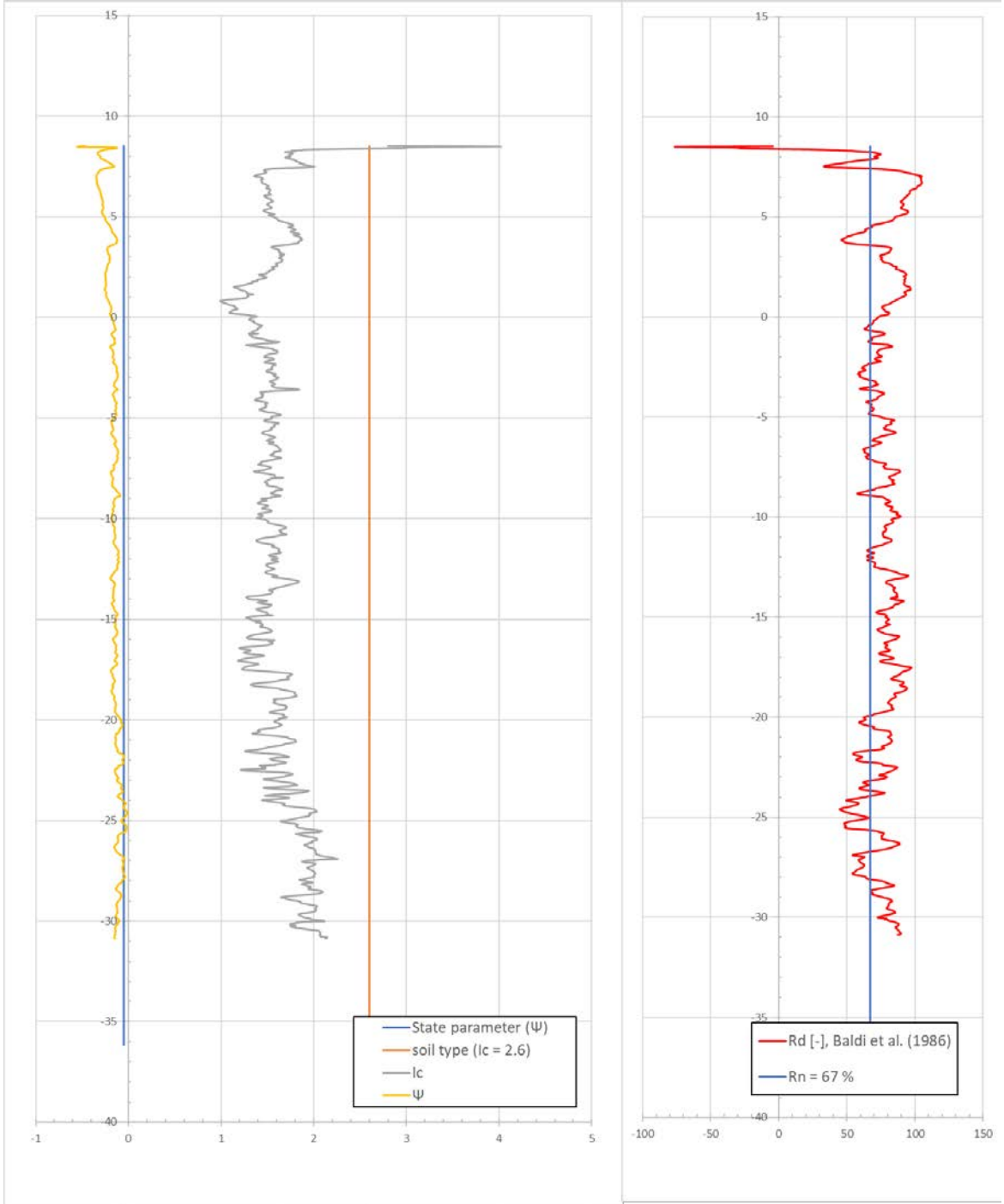
DKM005



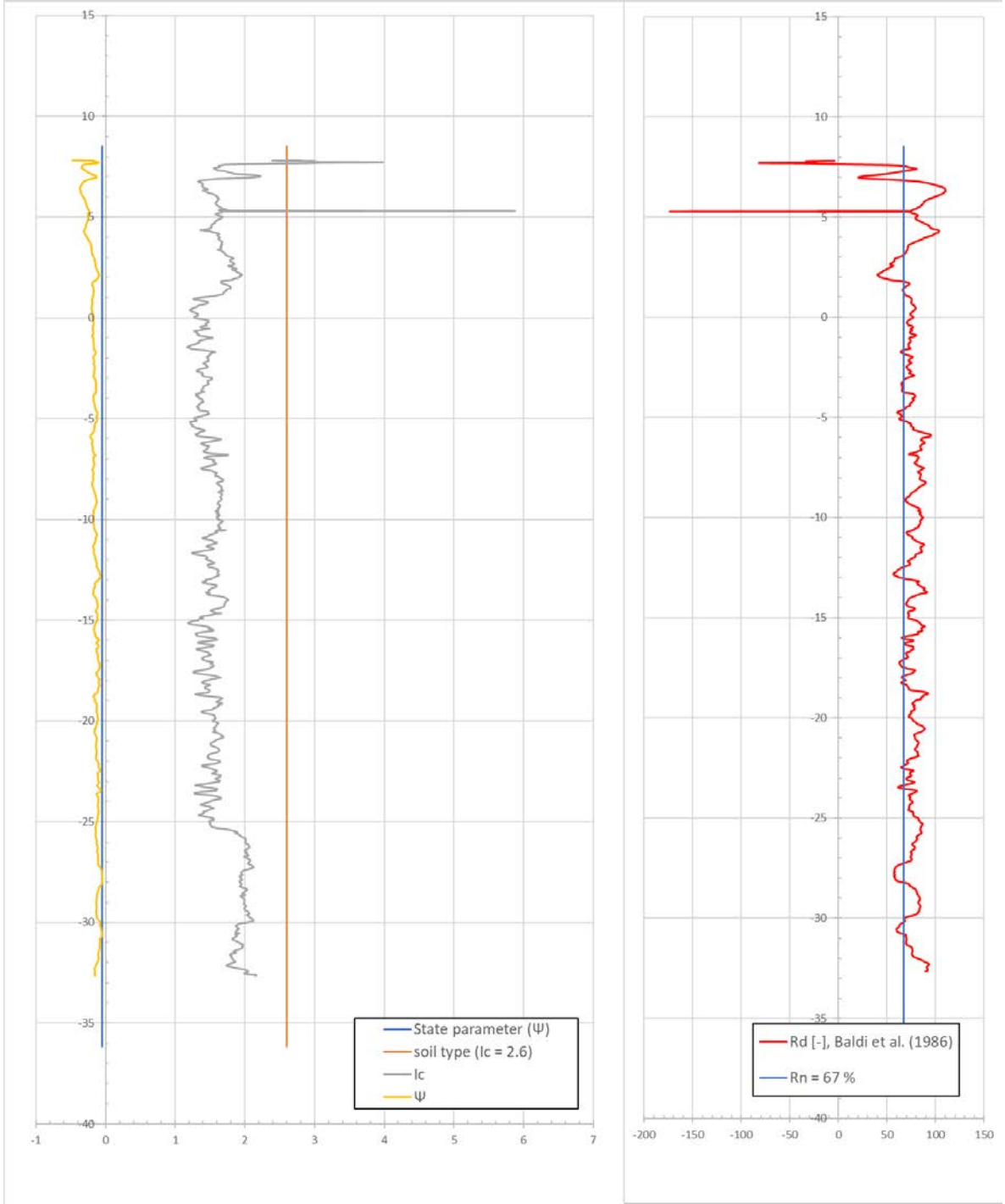
DKM006



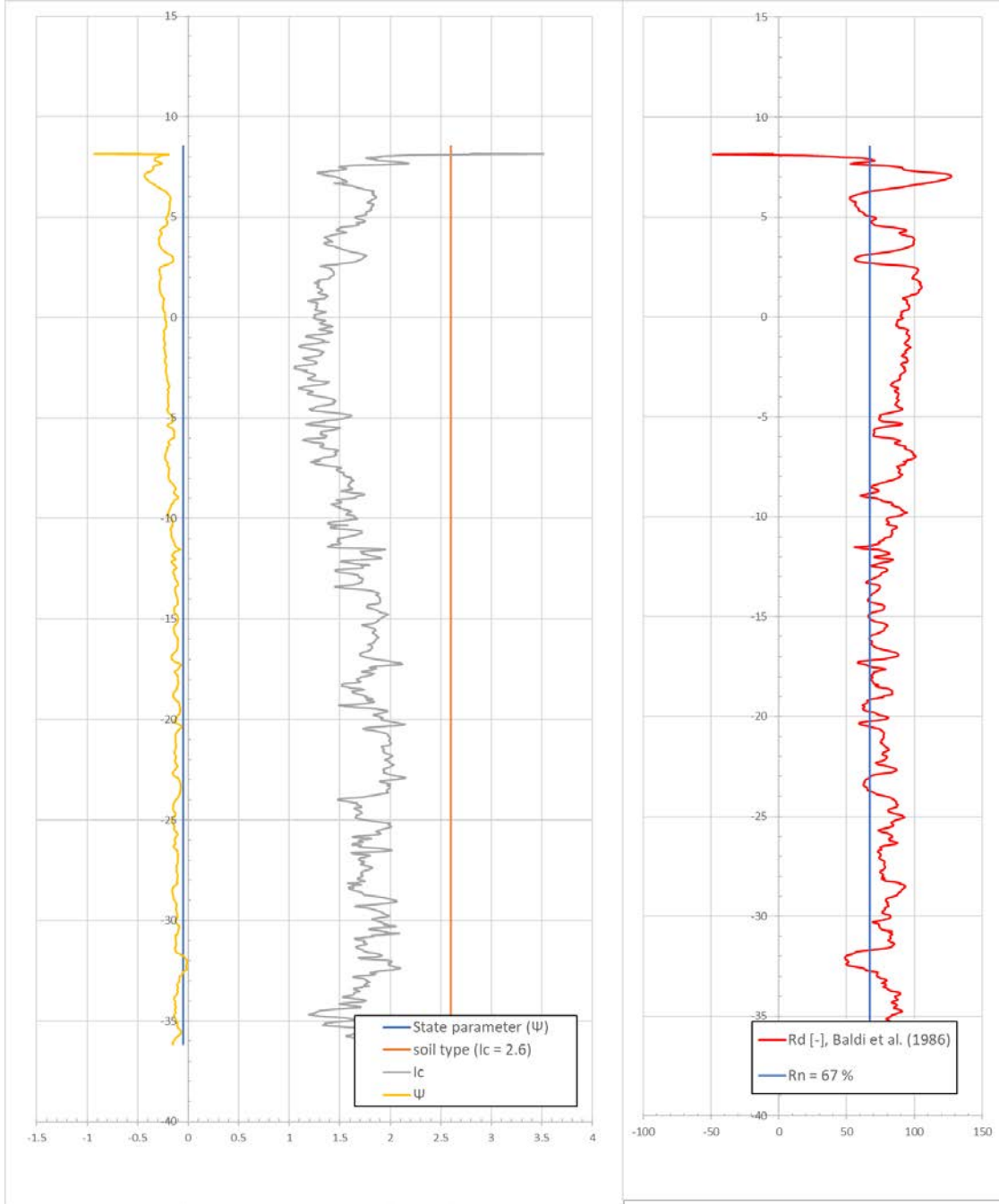
62078_DKM01,



62078_DKM02



62078_DKM003



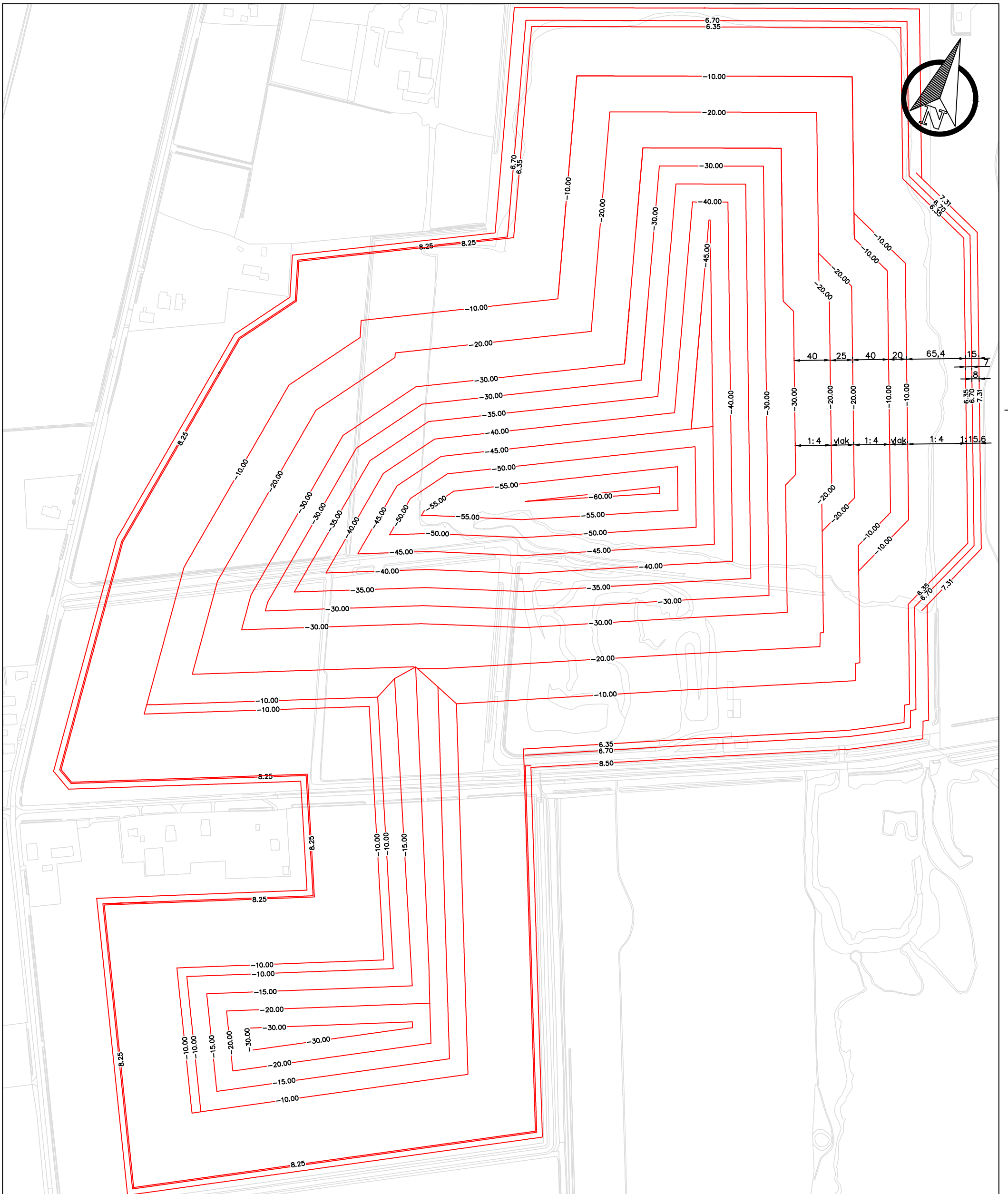
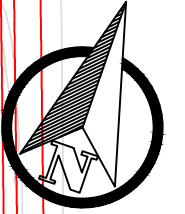
BORINGEN

	Monsterdiepte (m):		van [mNAP]	tot [mNAP]		Kleur: in droge staat	Classificatie: zand	Eigenschappen monster: grind	diversen	M50 (µm)
	van:	tot:								
Boring 1 (door Haitjema) MV	4.00	4.50	3.50	3.00	3.25	beige, geaderd	matig grof zand	arm grindig		246
	4.50	5.50	3.00	2.00	2.50	beige groen	matig grof zand	arm grindig		233
	5.50	6.00	2.00	1.50	1.75	beige	matig fijn zand	geen		202
	6.00	6.80	1.50	0.70	1.10	beige grijs	matig fijn zand	arm grindig		208
	6.80	7.50	0.70	0.00	0.35	beige groen	zeer grof zand	sterk grindig		361
	7.50	8.25	0.00	-0.75	-0.38	beige groen	zeer grof zand	uiterst grindig		430
	8.25	9.00	-0.75	-1.50	-1.13	beige, geaderd	zeer grof zand	grindig		379
	9.00	9.70	-1.50	-2.20	-1.85	beige groen	zeer grof zand	zeer sterk grindig		442
	9.70	10.50	-2.20	-3.00	-2.60	groen	zeer grof zand	uiterst grindig		895
	10.50	11.50	-3.00	-4.00	-3.50	beige, geaderd	matig grof zand	matig grindig		260
	11.50	12.00	-4.00	-4.50	-4.25	groen	matig grof zand	zwak grindig		305
	12.00	13.00	-4.50	-5.50	-5.00	beige	zeer grof zand	arm grindig		343
	13.00	13.50	-5.50	-6.00	-5.75	beige groen	zeer grof zand	arm grindig		356
	13.50	15.00	-6.00	-7.50	-6.75	beige groen	zeer grof zand	sterk grindig		385
	15.00	15.80	-7.50	-8.30	-7.90	beige grijs	zeer grof zand	sterk grindig		408
	15.80	16.50	-8.30	-9.00	-8.65	groen	zeer grof zand	sterk grindig		554
	16.50	17.30	-9.00	-9.80	-9.40	groen	matig grof zand	zwak grindig		249
	17.30	18.00	-9.80	-10.50	-10.15	groen	matig grof zand	zwak grindig		282
	18.00	18.80	-10.50	-11.30	-10.90	beige	matig fijn zand	arm grindig		180
	18.80	19.50	-11.30	-12.00	-11.65	beige bruin	matig grof zand	matig grindig		222
	19.50	20.30	-12.00	-12.80	-12.40	beige groen	matig grof zand	matig grindig		228
	20.30	21.00	-12.80	-13.50	-13.15	bruin	matig fijn zand	arm grindig		212
	21.00	22.00	-13.50	-14.50	-14.00	beige groen	matig grof zand	sterk grindig		236
	22.00	22.50	-14.50	-15.00	-14.75	beige groen	zeer grof zand	sterk grindig		312
	22.50	23.50	-15.00	-16.00	-15.50	groen grijs	matig grof zand	zwak grindig		212
	23.50	24.00	-16.00	-16.50	-16.25	beige groen	zeer grof zand	sterk grindig		304
	24.00	24.80	-16.50	-17.30	-16.90	beige	zeer grof zand	sterk grindig		451
	24.80	25.50	-17.30	-18.00	-17.65	beige	zeer grof zand	zwak grindig	1 kiezel 25mm	450
	25.50	26.50	-18.00	-19.00	-18.50	beige bruin	zeer grof zand	zeer sterk grindig		388
	26.50	27.00	-19.00	-19.50	-19.25	beige	zeer grof zand	matig grindig		411
	27.00	28.00	-19.50	-20.50	-20.00	beige bruin	uiterst grof zand	sterk grindig		470
	28.00	28.50	-20.50	-21.00	-20.75	beige groen	uiterst grof zand	sterk grindig		801
	28.50	29.50	-21.00	-22.00	-21.50	beige	uiterst grof zand	zeer sterk grindig		1146
29.50	30.00	-22.00	-22.50	-22.25	beige, geaderd	uiterst grof zand	sterk grindig		790	
30.00	32.30	-22.50	-24.80	-23.65	beige			monster niet aanwezig		
32.30	33.00	-24.80	-25.50	-25.15	beige, geaderd	uiterst grof zand	grindig		495	
33.00	33.80	-25.50	-26.30	-25.90	beige bruin	zeer grof zand	matig grindig		371	
Boring 2 (door Haitjema)	0.00	1.00	8.50	7.50	8.00	beige bruin	uiterst fijn zand	geen	zwak humeus	n.v.t.
	1.00	1.50	7.50	7.00	7.25	beige, geaderd	uiterst fijn zand	geen	arm humeus	119
	1.50	2.20	7.00	6.30	6.65	beige groen	zeer fijn zand	arm grindig		176
	2.20	3.00	6.30	5.50	5.90	beige	zeer fijn zand	arm grindig		186
	3.00	3.70	5.50	4.80	5.15	beige grijs	matig fijn zand	arm grindig		178
	3.70	4.50	4.80	4.00	4.40	beige groen	matig fijn zand	arm grindig		201
	4.50	5.20	4.00	3.30	3.65	beige groen	matig fijn zand	zwak grindig		197
	5.20	6.00	3.30	2.50	2.90	beige, geaderd	matig grof zand	arm grindig		266
	6.00	6.80	2.50	1.70	2.10	beige groen	zeer grof zand	grindig		406
	6.80	7.50	1.70	1.00	1.35	groen	zeer grof zand	zeer sterk grindig		653
	7.50	8.20	1.00	0.30	0.65	beige, geaderd	uiterst grof zand	uiterst grindig	zwak leemig	1373
	8.20	9.00	0.30	-0.50	-0.10	groen	uiterst grof zand	uiterst grindig	leemig	1203
	9.00	9.70	-0.50	-1.20	-0.85	beige	uiterst grof zand	uiterst grindig	leemig	872
	9.70	10.50	-1.20	-2.00	-1.60	beige groen	uiterst grof zand	zeer sterk grindig		780
	10.50	11.50	-2.00	-3.00	-2.50	beige groen	zeer grof zand	matig grindig		435
	11.50	12.00	-3.00	-3.50	-3.25	beige grijs	uiterst grof zand	grindig		488
	12.00	13.00	-3.50	-4.50	-4.00	groen	zeer grof zand	zwak grindig		321
	13.00	13.50	-4.50	-5.00	-4.75	groen	uiterst grof zand	arm grindig		446
	13.50	14.50	-5.00	-6.00	-5.50	beige	zeer grof zand	arm grindig		361
	14.50	15.00	-6.00	-6.50	-6.25	beige bruin	zeer grof zand	zwak grindig		314
	15.00	16.00	-6.50	-7.50	-7.00	beige groen	uiterst grof zand	sterk grindig		597
	16.00	16.50	-7.50	-8.00	-7.75	bruin	zeer grof zand	zwak grindig		439
	16.50	17.50	-8.00	-9.00	-8.50	beige groen	zeer grof zand	grindig	leemig	533
	17.50	18.00	-9.00	-9.50	-9.25	beige groen	matig grof zand	matig grindig		226
	18.00	19.00	-9.50	-10.50	-10.00	groen grijs	uiterst grof zand	uiterst grindig		1942
	19.00	19.50	-10.50	-11.00	-10.75	beige groen	uiterst grof zand	grindig		643
	19.50	20.50	-11.00	-12.00	-11.50	beige	uiterst grof zand	sterk grindig		620
	20.50	21.00	-12.00	-12.50	-12.25	beige	zeer grof zand	grindig		428
	21.00	22.00	-12.50	-13.50	-13.00	beige bruin	zeer grof zand	grindig		379
	22.00	22.50	-13.50	-14.00	-13.75	beige	zeer grof zand	grindig		410
	22.50	23.50	-14.00	-15.00	-14.50	beige bruin	zeer grof zand	matig grindig	arm ijzerzand	402
	23.50	24.00	-15.00	-15.50	-15.25	beige groen	uiterst grof zand	sterk grindig	arm ijzeroer	546
	24.00	24.70	-15.50	-16.20	-15.85	beige	zeer grof zand	grindig		353
24.70	25.50	-16.20	-17.00	-16.60	beige, geaderd	matig grof zand	arm grindig		251	
25.50	26.50	-17.00	-18.00	-17.50	beige	zeer grof zand	matig grindig		339	
26.50	27.00	-18.00	-18.50	-18.25	beige, geaderd	uiterst grof zand	matig grindig		512	
27.00	27.70	-18.50	-19.20	-18.85	beige bruin	zeer grof zand	grindig		476	
27.70	28.50	-19.20	-20.00	-19.60	beige	zeer grof zand	grindig		417	
28.50	29.50	-20.00	-21.00	-20.50	beige	uiterst grof zand	sterk grindig	arm ijzeroer	537	
29.50	30.00	-21.00	-21.50	-21.25	beige	uiterst grof zand	matig grindig		450	
30.00	31.00	-21.50	-22.50	-22.00	beige	matig grof zand	sterk grindig		291	
31.00	31.50	-22.50	-23.00	-22.75	beige	matig grof zand	sterk grindig	leemig	319	
31.50	32.50	-23.00	-24.00	-23.50	beige	matig grof zand	matig grindig		288	
32.50	33.00	-24.00	-24.50	-24.25	beige	zeer grof zand	matig grindig		310	
33.00	33.70	-24.50	-25.20	-24.85	beige	zeer grof zand	matig grindig		321	
33.70	34.50	-25.20	-26.00	-25.60	beige	matig grof zand	zwak grindig		296	
34.50	35.30	-26.00	-26.80	-26.40	beige	matig grof zand	zwak grindig		299	
35.30	36.00	-26.80	-27.50	-27.15	beige	matig grof zand	arm grindig		222	
36.00	37.00	-27.50	-28.50	-28.00	beige	matig grof zand	grindig		225	
37.00	37.50	-28.50	-29.00	-28.75	beige	zeer grof zand	zwak grindig		330	
37.50	38.50	-29.00	-30.00	-29.50	beige	matig fijn zand	zwak grindig		201	
38.50	39.00	-30.00	-30.50	-30.25	beige	matig grof zand	grindig		259	
39.00	40.00	-30.50	-31.50	-31.00	beige	matig grof zand	zwak grindig		273	

	Monsterdiepte (m):		van [mNAP]	tot [mNAP]		Kleur:	Classificatie:	Eigenschappen monster:		diversen	M50 (µm)
	van:	tot:						grind			
Boring 3 (door Rossingh D)	0.00	1.00	7.80	6.80	7.30	beige groen	matig fijn zand	geen		Humeus	n.v.t.
	1.00	2.00	6.80	5.80	6.30	beige grijs	matig grof zand	zwak grindig			230
	2.00	3.00	5.80	4.80	5.30	groen	matig fijn zand	zwak grindig			197
	3.00	4.00	4.80	3.80	4.30	groen	matig grof zand	geen			250
	4.00	5.00	3.80	2.80	3.30	beige	matig fijn zand	arm grindig			211
	5.00	6.00	2.80	1.80	2.30	beige bruin	matig fijn zand	geen			231
	6.00	7.00	1.80	0.80	1.30	beige groen	zeer fijn zand	arm grindig			165
	7.00	8.00	0.80	-0.20	0.30	bruin	matig grof zand	sterk grindig			253
	8.00	9.00	-0.20	-1.20	-0.70	beige groen	matig grof zand	sterk grindig			256
	9.00	10.00	-1.20	-2.20	-1.70	beige groen	zeer grof zand	arm grindig			324
	10.00	11.00	-2.20	-3.20	-2.70	groen grijs	matig fijn zand	arm grindig			259
	11.00	12.00	-3.20	-4.20	-3.70	beige groen	matig fijn zand	geen			177
	12.00	13.00	-4.20	-5.20	-4.70	beige	matig fijn zand	geen			204
	13.00	14.00	-5.20	-6.20	-5.70	beige	matig fijn zand	geen			182
	14.00	15.00	-6.20	-7.20	-6.70	beige bruin	matig fijn zand	geen			186
	15.00	16.00	-7.20	-8.20	-7.70	beige	matig grof zand	geen			239
	16.00	17.00	-8.20	-9.20	-8.70	beige bruin	zeer grof zand	geen			339
	17.00	18.00	-9.20	-10.20	-9.70	beige groen	matig fijn zand	geen			214
	18.00	19.00	-10.20	-11.20	-10.70		zeer grof zand	arm grindig			388
	19.00	20.00	-11.20	-12.20	-11.70		zeer grof zand	arm grindig			330
	20.00	21.00	-12.20	-13.20	-12.70		uiterst grof zand	arm grindig			478
	21.00	22.00	-13.20	-14.20	-13.70		uiterst grof zand	zwak grindig			498
	22.00	23.00	-14.20	-15.20	-14.70		uiterst grof zand	zeer sterk grindig			774
	23.00	24.00	-15.20	-16.20	-15.70		uiterst grof zand	zwak grindig			687
	24.00	25.00	-16.20	-17.20	-16.70		matig grof zand	arm grindig			300
	25.00	26.00	-17.20	-18.20	-17.70		matig grof zand	geen			266
	26.00	27.00	-18.20	-19.20	-18.70		zeer grof zand	arm grindig			311
	27.00	28.00	-19.20	-20.20	-19.70		zeer grof zand	arm grindig			365
	28.00	29.00	-20.20	-21.20	-20.70		zeer grof zand	zwak grindig			399
	29.00	30.00	-21.20	-22.20	-21.70		matig grof zand	zwak grindig			264
	30.00	31.00	-22.20	-23.20	-22.70		matig grof zand	grindig			241
	31.00	32.00	-23.20	-24.20	-23.70		matig grof zand	zwak grindig			232
	32.00	33.00	-24.20	-25.20	-24.70		matig fijn zand	geen			183
	33.00	34.00	-25.20	-26.20	-25.70		matig fijn zand	arm grindig			188
	34.00	35.00	-26.20	-27.20	-26.70		zeer fijn zand	geen			162
	35.00	36.00	-27.20	-28.20	-27.70		matig fijn zand	geen			194
	36.00	37.00	-28.20	-29.20	-28.70		matig fijn zand	geen			178
	37.00	38.00	-29.20	-30.20	-29.70		zeer fijn zand	geen			156
	38.00	39.00	-30.20	-31.20	-30.70		zeer fijn zand	geen			154
	39.00	40.00	-31.20	-32.20	-31.70	beige	zeer fijn zand	geen			161
	40.00	41.00	-32.20	-33.20	-32.70	beige, geaderd	matig fijn zand	zwak grindig			175
	41.00	42.00	-33.20	-34.20	-33.70	beige	matig fijn zand	zwak grindig			192
Boring 4 (door Rossingh D)	0.00	1.00	8.00	7.00	7.50	beige groen	matig fijn zand	geen		Humeus	n.v.t.
	1.00	2.00	7.00	6.00	6.50	beige grijs	matig fijn zand	geen			178
	2.00	3.00	6.00	5.00	5.50	groen	matig grof zand	zwak grindig			262
	3.00	4.00	5.00	4.00	4.50	groen	matig fijn zand	arm grindig			208
	4.00	5.00	4.00	3.00	3.50	beige	matig fijn zand	arm grindig			211
	5.00	6.00	3.00	2.00	2.50	beige bruin	matig fijn zand	geen			200
	6.00	7.00	2.00	1.00	1.50	beige groen	matig fijn zand	arm grindig			219
	7.00	8.00	1.00	0.00	0.50	bruin	zeer grof zand	sterk grindig			394
	8.00	9.00	0.00	-1.00	-0.50	beige groen	matig fijn zand	arm grindig			176
	9.00	10.00	-1.00	-2.00	-1.50	beige groen	matig fijn zand	geen			183
	10.00	11.00	-2.00	-3.00	-2.50	groen grijs	matig fijn zand	geen			209
	11.00	12.00	-3.00	-4.00	-3.50	beige groen	uiterst grof zand	matig grindig			546
	12.00	13.00	-4.00	-5.00	-4.50	beige	zeer grof zand	matig grindig			415
	13.00	14.00	-5.00	-6.00	-5.50	beige	uiterst grof zand	zwak grindig			502
	14.00	15.00	-6.00	-7.00	-6.50	beige bruin	uiterst grof zand	zwak grindig			537
	15.00	16.00	-7.00	-8.00	-7.50	beige	uiterst grof zand	zwak grindig			524
	16.00	17.00	-8.00	-9.00	-8.50	beige bruin	uiterst grof zand	grindig			487
	17.00	18.00	-9.00	-10.00	-9.50	beige groen	matig fijn zand	geen			181
	18.00	19.00	-10.00	-11.00	-10.50		matig fijn zand	geen			159
	19.00	20.00	-11.00	-12.00	-11.50		matig fijn zand	zwak grindig			198
	20.00	21.00	-12.00	-13.00	-12.50		matig fijn zand	geen			186
	21.00	22.00	-13.00	-14.00	-13.50		uiterst grof zand	zwak grindig			628
	22.00	23.00	-14.00	-15.00	-14.50		uiterst grof zand	grindig			488
	23.00	24.00	-15.00	-16.00	-15.50		zeer grof zand	arm grindig			332
	24.00	25.00	-16.00	-17.00	-16.50		uiterst grof zand	zwak grindig			479
	25.00	26.00	-17.00	-18.00	-17.50		zeer grof zand	arm grindig			344
	26.00	27.00	-18.00	-19.00	-18.50		matig grof zand	zwak grindig			302
	27.00	28.00	-19.00	-20.00	-19.50		zeer grof zand	arm grindig			413
	28.00	29.00	-20.00	-21.00	-20.50		uiterst grof zand	grindig			531
	29.00	30.00	-21.00	-22.00	-21.50		zeer grof zand	matig grindig			323
	30.00	31.00	-22.00	-23.00	-22.50		zeer grof zand	matig grindig			432
	31.00	32.00	-23.00	-24.00	-23.50		uiterst grof zand	arm grindig			741
	32.00	33.00	-24.00	-25.00	-24.50		uiterst grof zand	uiterst grindig			1655
	33.00	34.00	-25.00	-26.00	-25.50		uiterst grof zand	zeer sterk grindig			1035
	34.00	35.00	-26.00	-27.00	-26.50		uiterst grof zand	uiterst grindig			1330
	35.00	36.00	-27.00	-28.00	-27.50		zeer grof zand	matig grindig			435
	36.00	37.00	-28.00	-29.00	-28.50		uiterst grof zand	matig grindig			482
	37.00	38.00	-29.00	-30.00	-29.50		uiterst grof zand	zwak grindig			580
	38.00	39.00	-30.00	-31.00	-30.50		uiterst grof zand	matig grindig			718
	39.00	40.00	-31.00	-32.00	-31.50	beige	uiterst grof zand	zwak grindig			727
	40.00	41.00	-32.00	-33.00	-32.50	beige, geaderd	uiterst grof zand	grindig			693
	41.00	42.00	-33.00	-34.00	-33.50	beige	uiterst grof zand	grindig			481
	42.00	43.00	-34.00	-35.00	-34.50	beige, geaderd	uiterst grof zand	zwak grindig			737
	43.00	44.00	-35.00	-36.00	-35.50	beige bruin	uiterst grof zand	zwak grindig			802
	44.00	45.00	-36.00	-37.00	-36.50		uiterst grof zand	grindig			1218
	45.00	46.00	-37.00	-38.00	-37.50		uiterst grof zand	zwak grindig			527
	46.00	47.00	-38.00	-39.00	-38.50		uiterst grof zand	arm grindig			602
	47.00	48.00	-39.00	-40.00	-39.50		uiterst grof zand	matig grindig			680
	48.00	49.00	-40.00	-41.00	-40.50		uiterst grof zand	matig grindig			677
	49.00	50.00	-41.00	-42.00	-41.50		uiterst grof zand	grindig			762
	50.00	51.00	-42.00	-43.00	-42.50		uiterst grof zand	zeer sterk grindig			1144
	51.00	52.00	-43.00	-44.00	-43.50		uiterst grof zand	arm grindig			551
	52.00	53.00	-44.00	-45.00	-44.50		matig grof zand	zwak grindig			292
	53.00	54.00	-45.00	-46.00	-45.50		zeer grof zand	zwak grindig			357
	54.00	55.00	-46.00	-47.00	-46.50		uiterst grof zand	arm grindig			517
	55.00	56.00	-47.00	-48.00	-47.50		uiterst grof zand	arm grindig			513
	56.00	57.00	-48.00	-49.00	-48.50		uiterst grof zand	grindig			447
	57.00	58.00	-49.00	-50.00	-49.50		uiterst grof zand	grindig			477
	58.00	59.00	-50.00	-51.00	-50.50		matig fijn zand	arm grindig			201
	59.00	60.00	-51.00	-52.00	-51.50		uiterst grof zand	grindig			616

Bijlage A2 Ontwerp

A.2 Ontwerp



Hoogtes t.o.v. NAP in meters

Hoeveelheid m3 tussen peiling en huidig vergund model + uitbreiding + verdieping
13.036.143 m3

Getekend door WAV	Gecontroleerd door GL	Schaal 1:4000	Goedgekeurd	Blad 1	Aantal 1	Taal NL	Documentstatus CONCEPT
Projectnummer 4003-001	Tekeningnummer 1	Besteknummer	Formaat A3	Documenttype Model	Datum van uitgave 03-01-2022	Opname methodiek MULTIBEAM	

Project
Sellingebeetse

Opdrachtgever
Kremer Zand&Grind

Onderdeel
Vergunningsmodel 2021 Uitbreiding + verruiming met verdieping

Documentnaam
Model uitbreiding 2021 verruiming met verdieping



Bijlage A3 Grondonderzoek

A.3 Grondonderzoek



Ontwikkeling Sellingerbeetse BH5938

Rapportage geotechnisch onderzoek | Sellingerbeetse

1321-196096 | 14 januari 2022

Definitief

HaskoningDHV Nederland B.V.

Documentbeheer

Documentgegevens

Projectnaam	Ontwikkeling Sellingerbeetse BH5938
Documentnaam	Rapportage geotechnisch onderzoek
Fugro-projectnr.	1321-196096
Fugro-documentnr.	1321-196096-21-R01-v2.0-20220114
Versienummer	2.0
Versiestatus	Definitief
Fugro Entiteit	Fugro NL Land B.V.
Adres Fugro-kantoor	Pop Dijkemaweg 72a Postbus 9440 9703 LP Groningen T 050 54 12432

Klantgegevens

Klant	HaskoningDHV Nederland B.V.
Adres klant	P.O. Box 151 , 6500 AD Nijmegen
Contactpersoon klant	J. Verheul

Versiebeheer

Versie	Datum	Status	Omschrijving	Opgesteld door	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
1.0	08-11-2022	Definitief	Initiële versie	LM	GHE	RBA
2.0	14-01-2022	Definitief	DKM11 t/m DKM14A	LM	GHE	RBA

Projectteam

Initialen	Naam	Rol
RBA	Ing. R. Barth	Project Manager

Inhoudsopgave

1. Rapportageoverzicht
2. Situatietekening(en)
3. Onderzoeksdata
4. Toelichting geotechnisch onderzoek
5. Continu elektrisch sonderen
6. Legenda terreinproeven

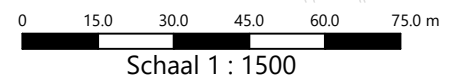
Rapportageoverzicht

Projectnaam: Ontwikkeling Sellingerbeetse BH5938
Fugro-projectnr.: 1321-196096

Naam	RD Coördinaten (m)		Hoogte (m) t.o.v. NAP	Grondwater- stand (m) t.o.v. NAP	Opmerking
	X	Y			
DKM01	268373.9	552557.3	+8.57		Gestaakt, max. totaaldruk
DKM02	268340.7	552487.7	+7.71		
DKM03	268226.8	552146.1	+7.92		
DKM04	268336.4	551923.2	+8.23		
DKM05	268432.3	551837.2	+8.41		
DKM06	268554.8	551895.4	+8.69		
DKM07	268518.5	551966.8	+8.30		Gestaakt, max. totaaldruk
DKM08	268750.2	552062.0	+8.68		Gestaakt, max. totaaldruk
DKM09	268871.4	551731.6	+8.34		
DKM10	268599.4	551577.3	+7.64		Gestaakt, max. totaaldruk (sondeerstang gebroken)
DKM11	268900.9	552326.2	+8.68		Gestaakt, max. totaaldruk
DKM12	268865.5	553002.3	+9.30		
DKM13	268598.5	552959.1	+8.59		Gestaakt, max. totaaldruk
DKM14	268456.7	552870.7	+6.71		Gestaakt, max. totaaldruk
DKM14A	268456.2	552871.7	+6.75		Gestaakt, max. totaaldruk
Waterpeil d.d 11-1-2022	268844.7	552997.1	+6.39		

Geen grondwaterstand gepeild

P:\13\1321-196096\21 Uitvoering_terrainonderzoek\10_Basisgegevens\1321-196096.dwg
Get.: LM dd: 05-11-2021 Versie: Revisie Datum:



SITUATIE

Ontwikkeling Sellingerbeetse BH5938

Opdr.: 1321-196096
Bijl. : 1.1



P:\13\1321-196096\21_Uitvoering_terreinonderzoek\10_Basisgegevens\1321-196096.dwg
Get.: LM dd: 05-11-2021 Versie: Revisie Datum:



SITUATIE

Ontwikkeling Sellingerbeetse BH5938

Opdr.: 1321-196096
Bijl. : 1.2



P:\13\1321-196096\21_Uitvoering_terrainonderzoek\10_Basisgegevens\1321-196096.dwg
Get.: LM dd: 05-11-2021 Versie: Revisie Datum:



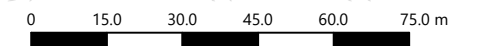
SITUATIE

Ontwikkeling Sellingerbeetse BH5938

Opdr.: 1321-196096
Bijl. : 1.3



\\fsgbv-fs01.ad.fugro.com\FGGBV-data\Projecten\13\1321-196096\21_Uitvoering_terreinonderzoek\10_Basisgegevens\1321-196096.dwg
Get.: LM dd: Versie: Revisie Datum:



Schaal 1 : 1500



SITUATIE

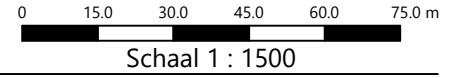
ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr.: 1321-196096

Bijl. : 1.4



\\fsgbv-fs01.ad.fugro.com\FGSBV-data\Projecten\13\1321-196096\21_Uitvoering_terreinonderzoek\10_Basisgegevens\1321-196096.dwg
Get.: LM dd: Versie: Revisie Datum:

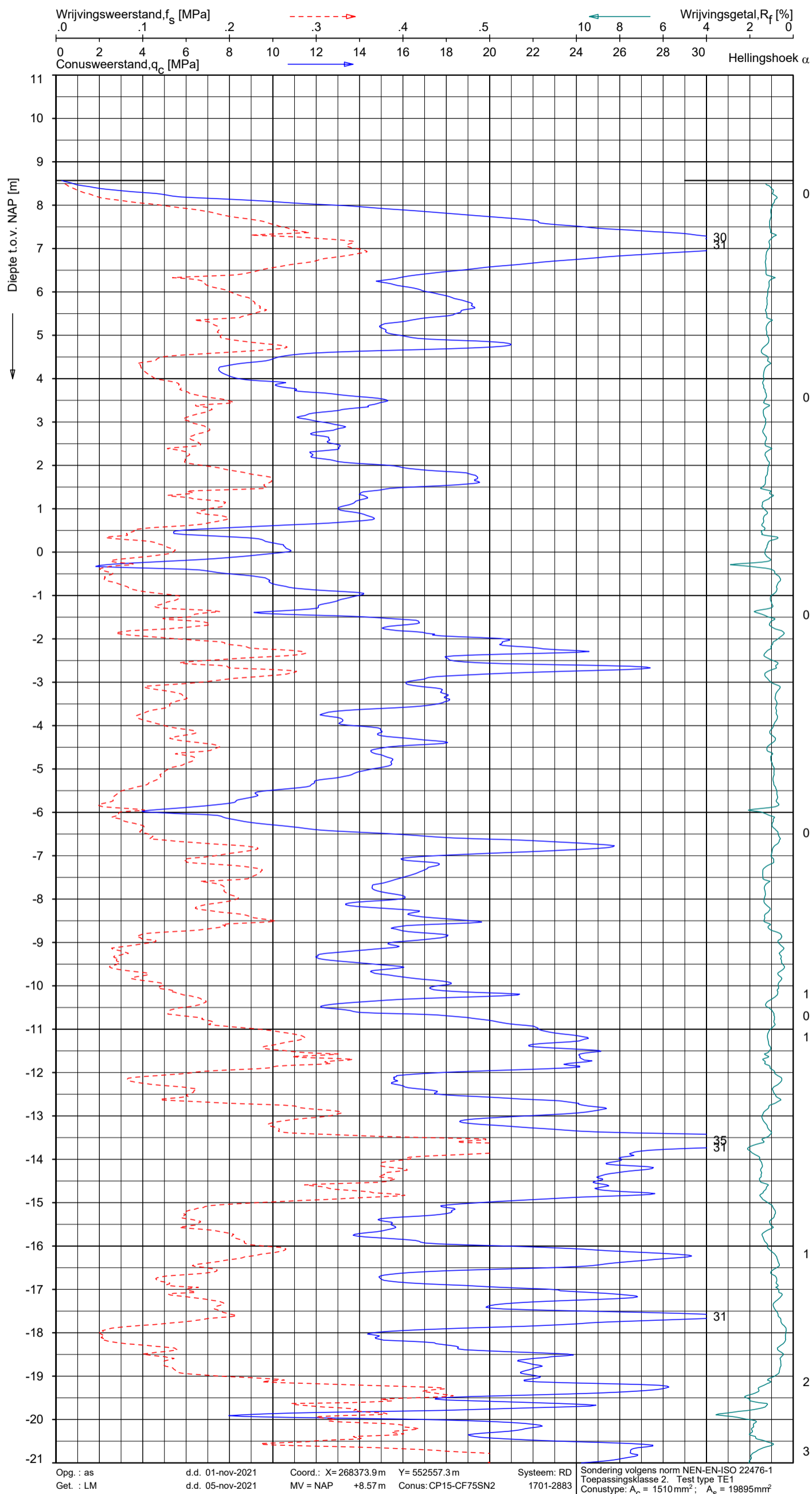


SITUATIE

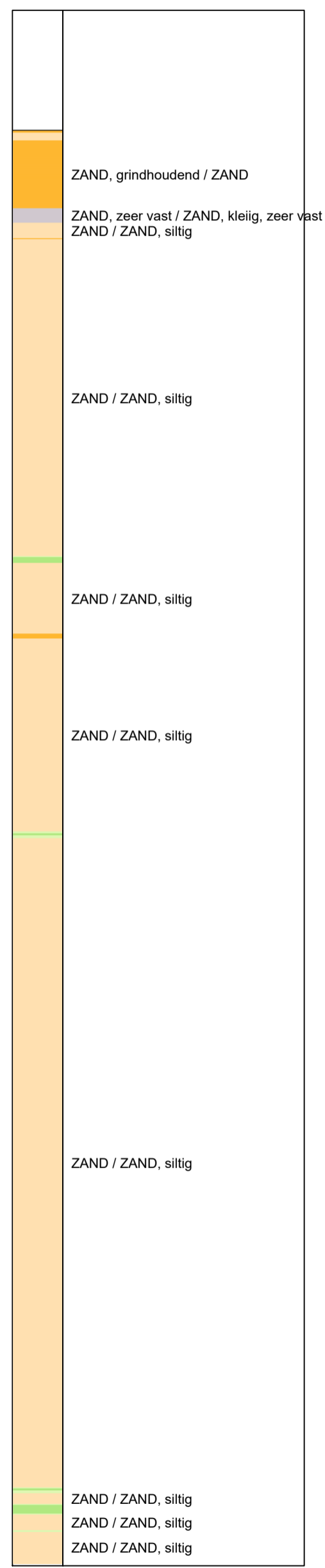
ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr.: 1321-196096
Bijl. : 1.5





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

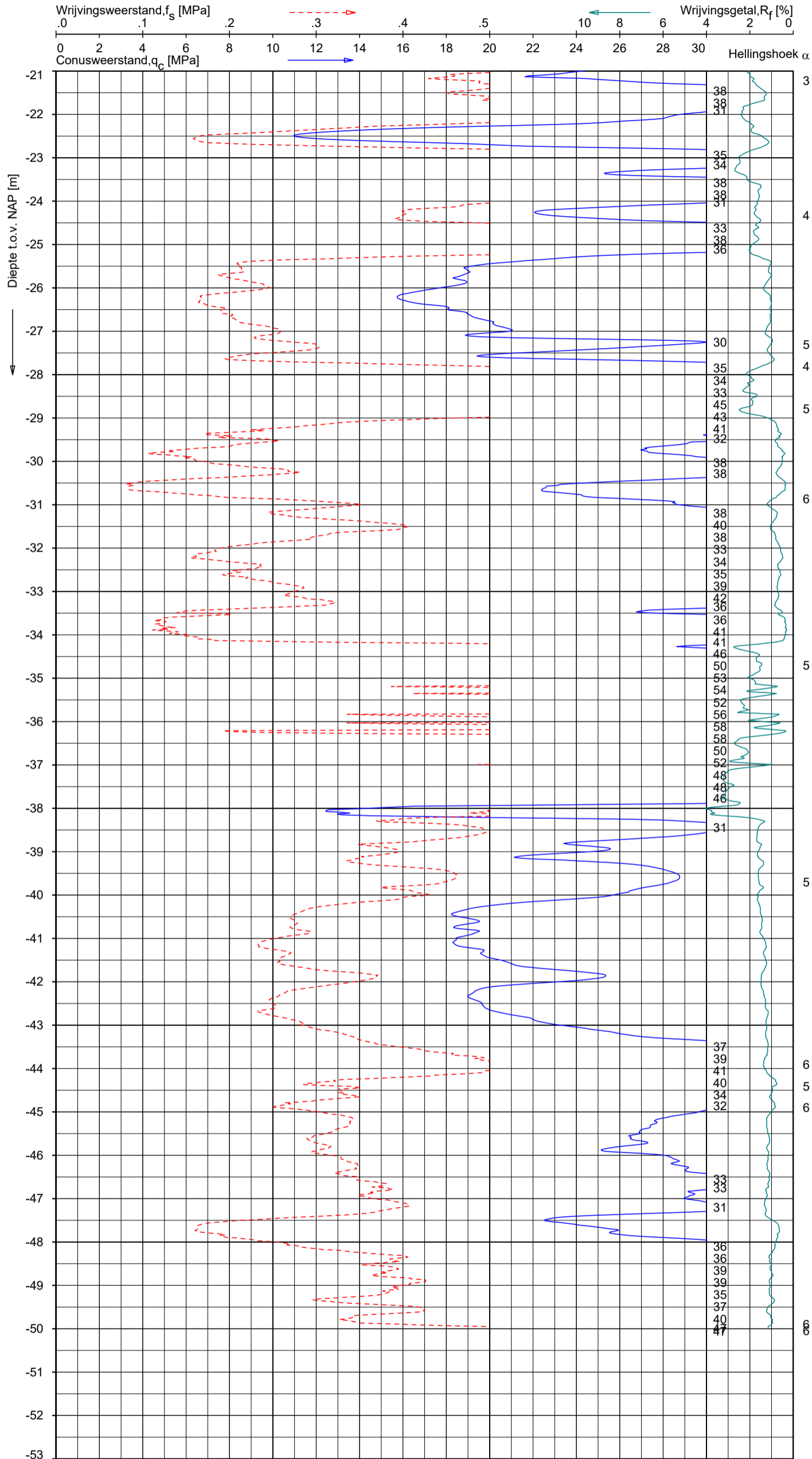


Opg. : as d.d. 01-nov-2021 Coord.: X=268373.9m Y=552557.3m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : LM d.d. 05-nov-2021 MV = NAP +8.57m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2883 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

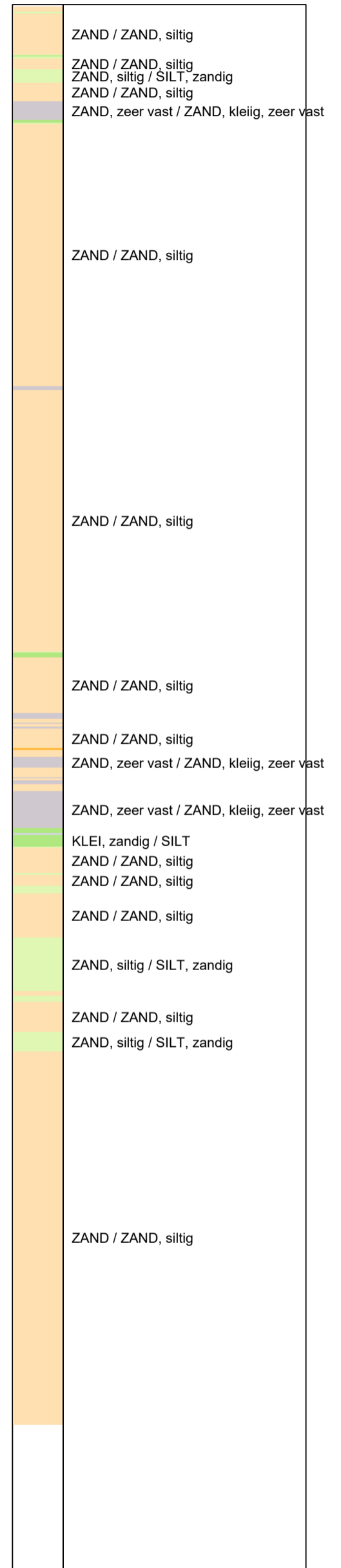
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
 Sond. DKM01





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

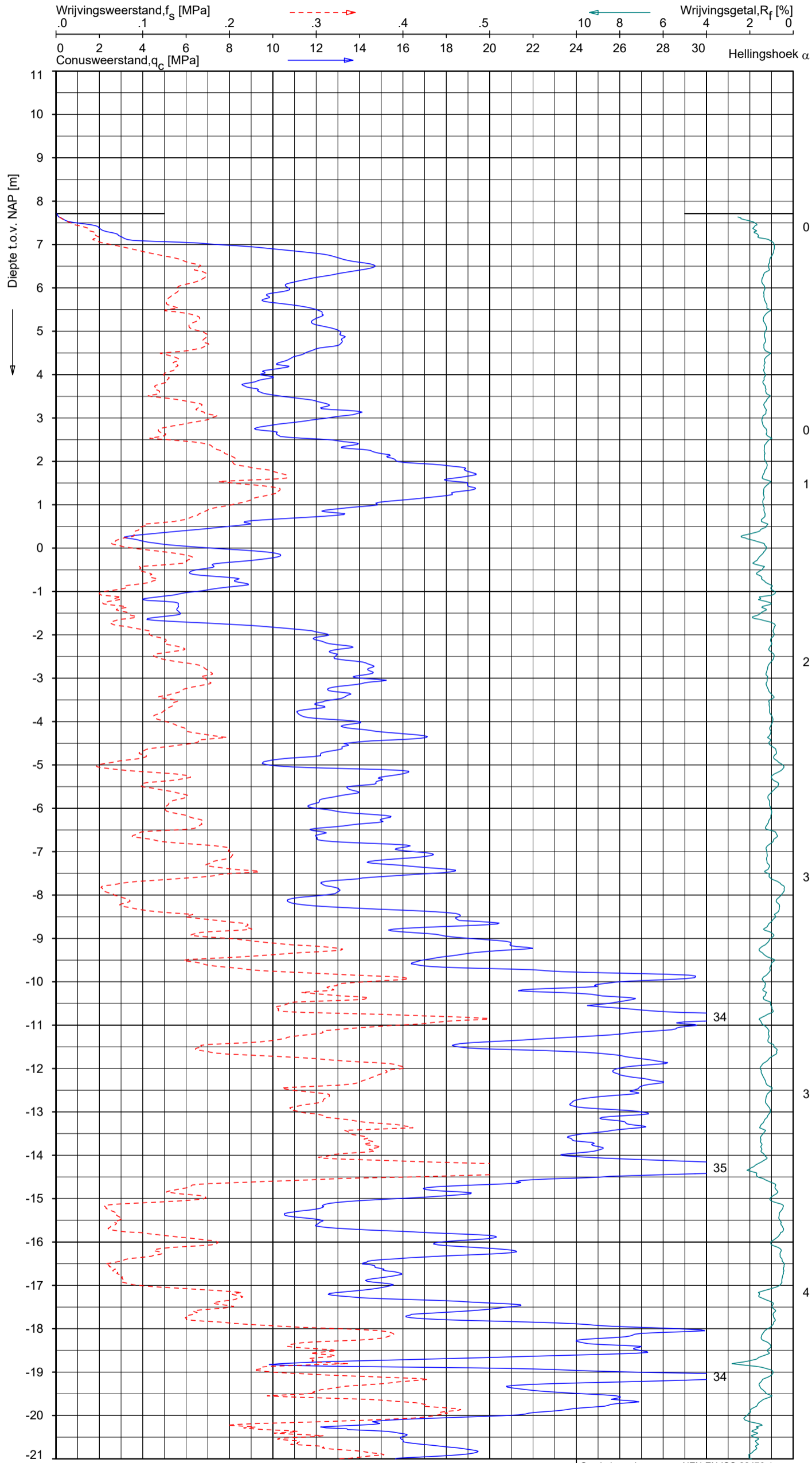


Opg. : as d.d. 01-nov-2021 Coord.: X=268373.9m Y=552557.3m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : LM d.d. 05-nov-2021 MV = NAP +8.57m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2883 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conus type: A_c = 1510mm²; A_s = 19895mm²

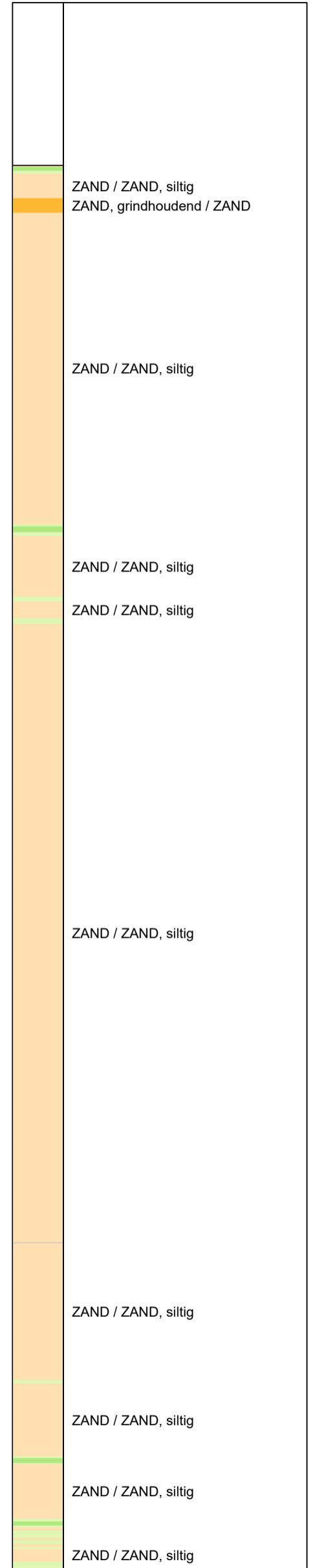
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
 Sond. DKM01



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

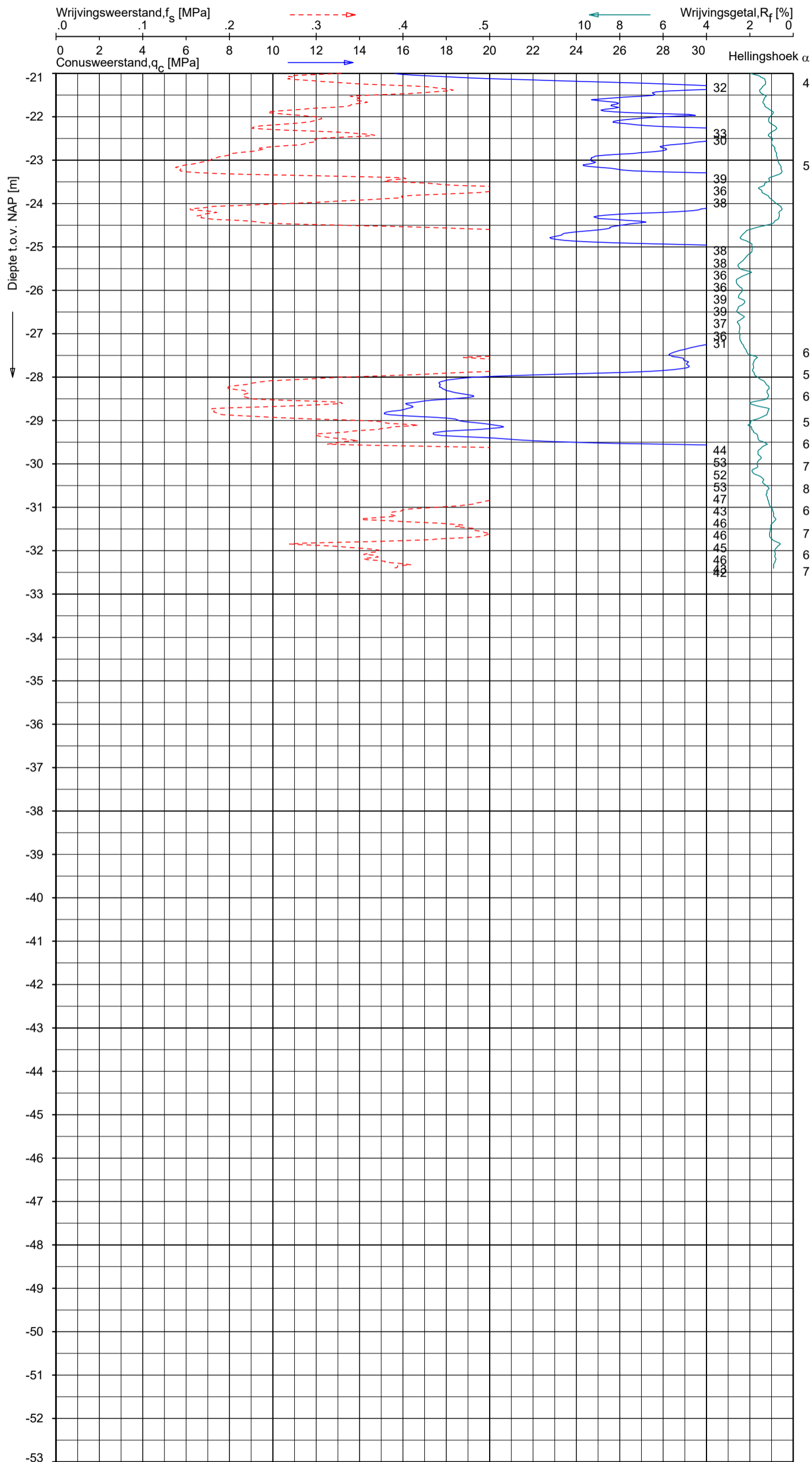


Opg. : as d.d. 01-nov-2021 Coord.: X= 268340.7 m Y= 552487.7 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : LM d.d. 05-nov-2021 MV = NAP +7.71 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2883 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

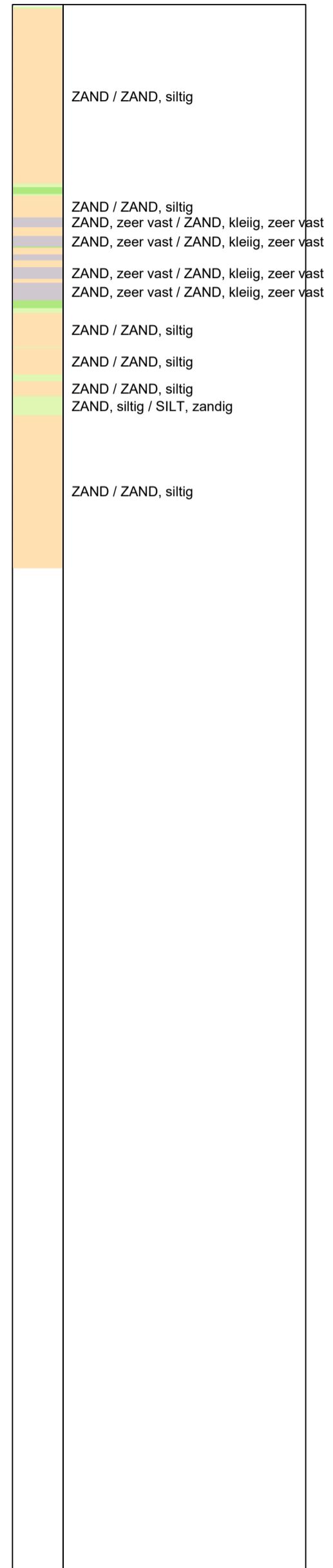
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
 Sond. DKM02



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

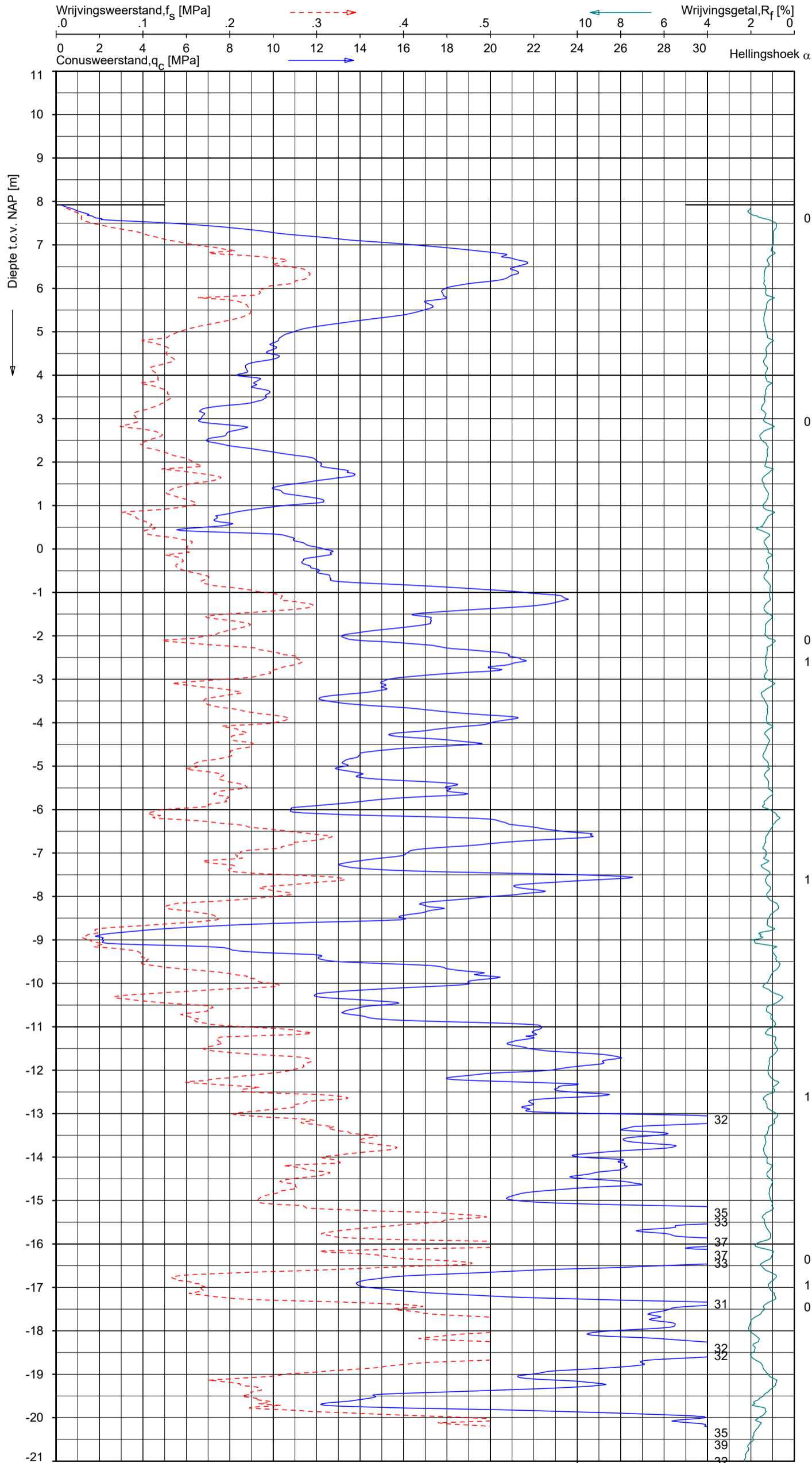


Opg. : as d.d. 01-nov-2021 Coord.: X=268340.7 m Y=552487.7 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : LM d.d. 05-nov-2021 MV = NAP +7.71 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2883 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

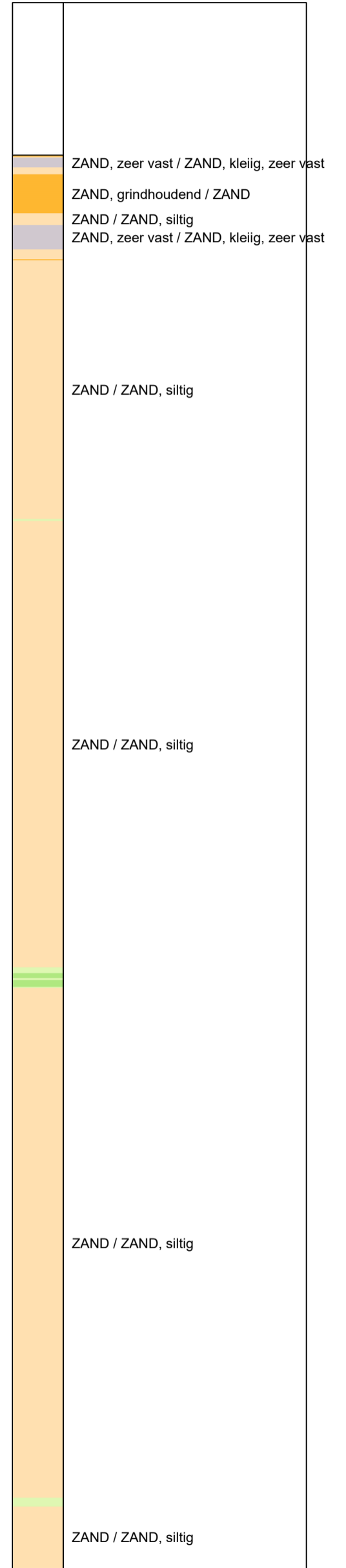
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
 Sond. DKM02



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

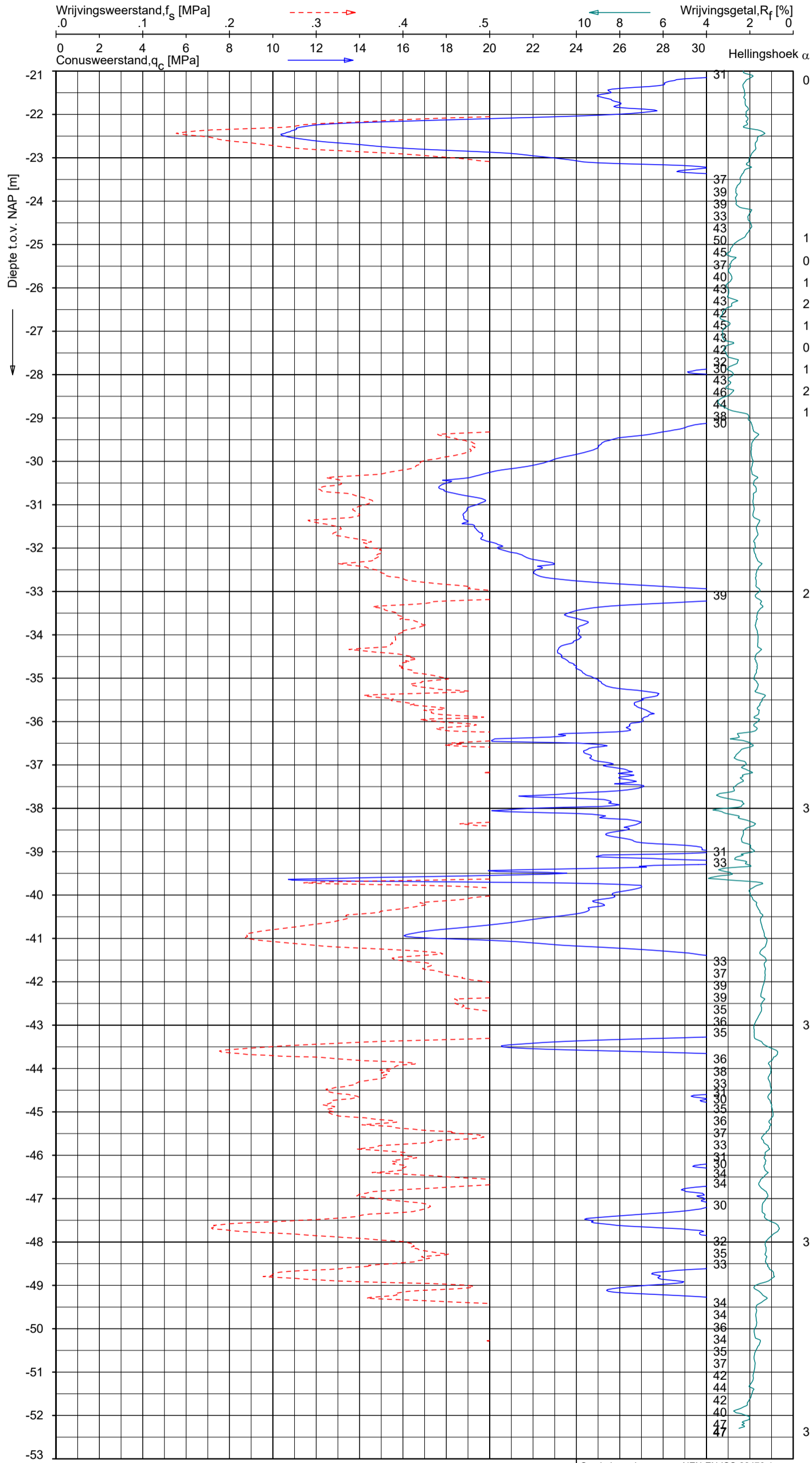


Opg. : as d.d. 01-nov-2021 Coord.: X= 268226.8 m Y= 552146.1 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : LM d.d. 05-nov-2021 MV = NAP +7.92 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2883 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

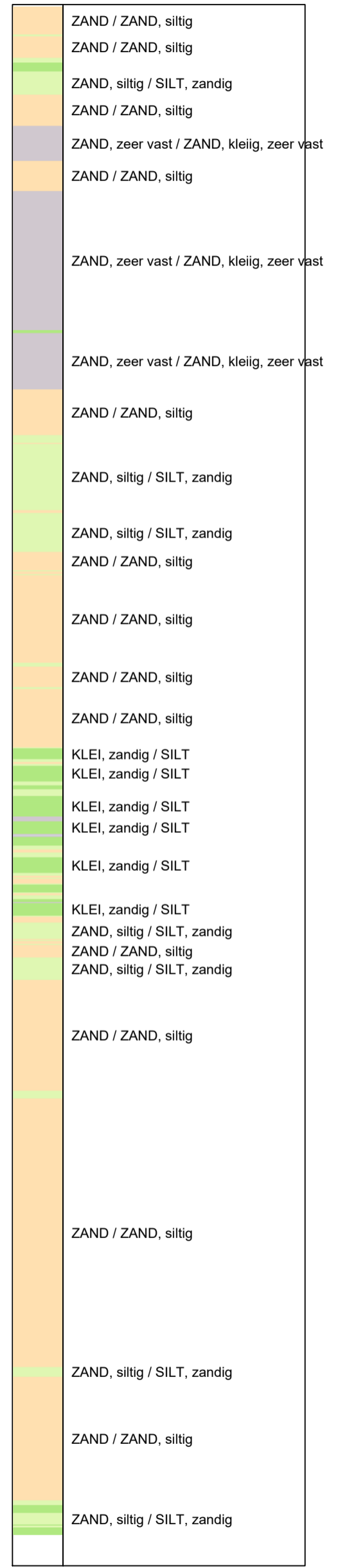
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
 Sond. DKM03



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



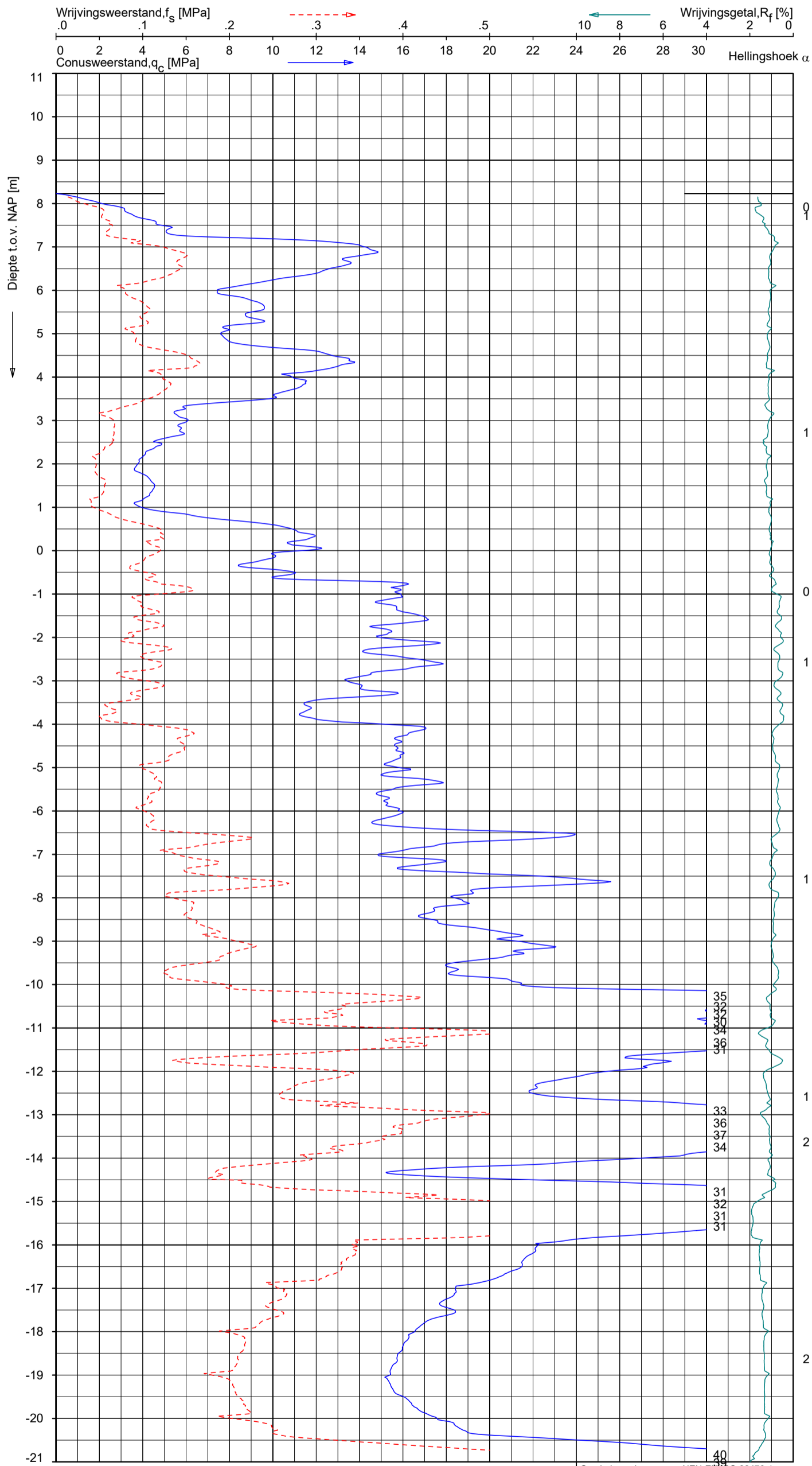
Opg. : as d.d. 01-nov-2021 Coord.: X=268226.8 m Y=552146.1 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : LM d.d. 05-nov-2021 MV = NAP +7.92 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2883 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conus type: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

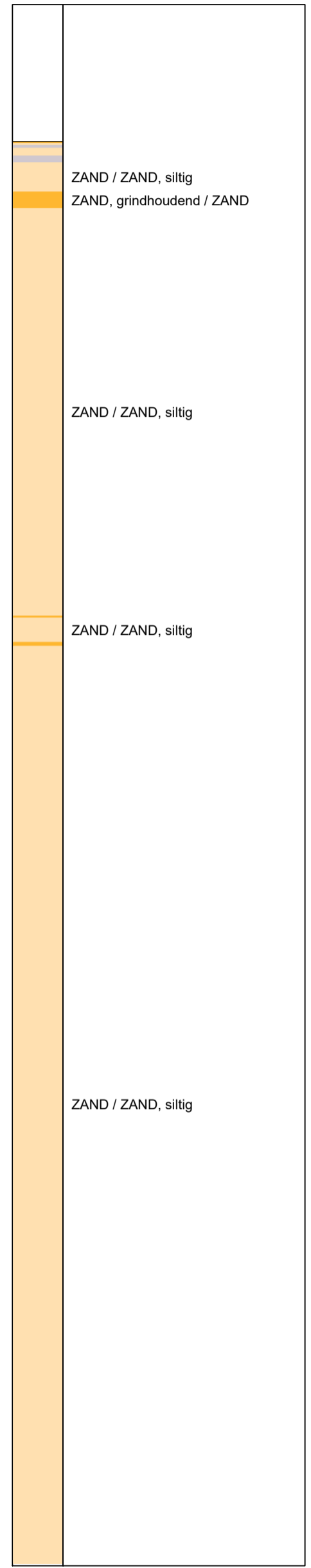
ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
 Sond. DKM03





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



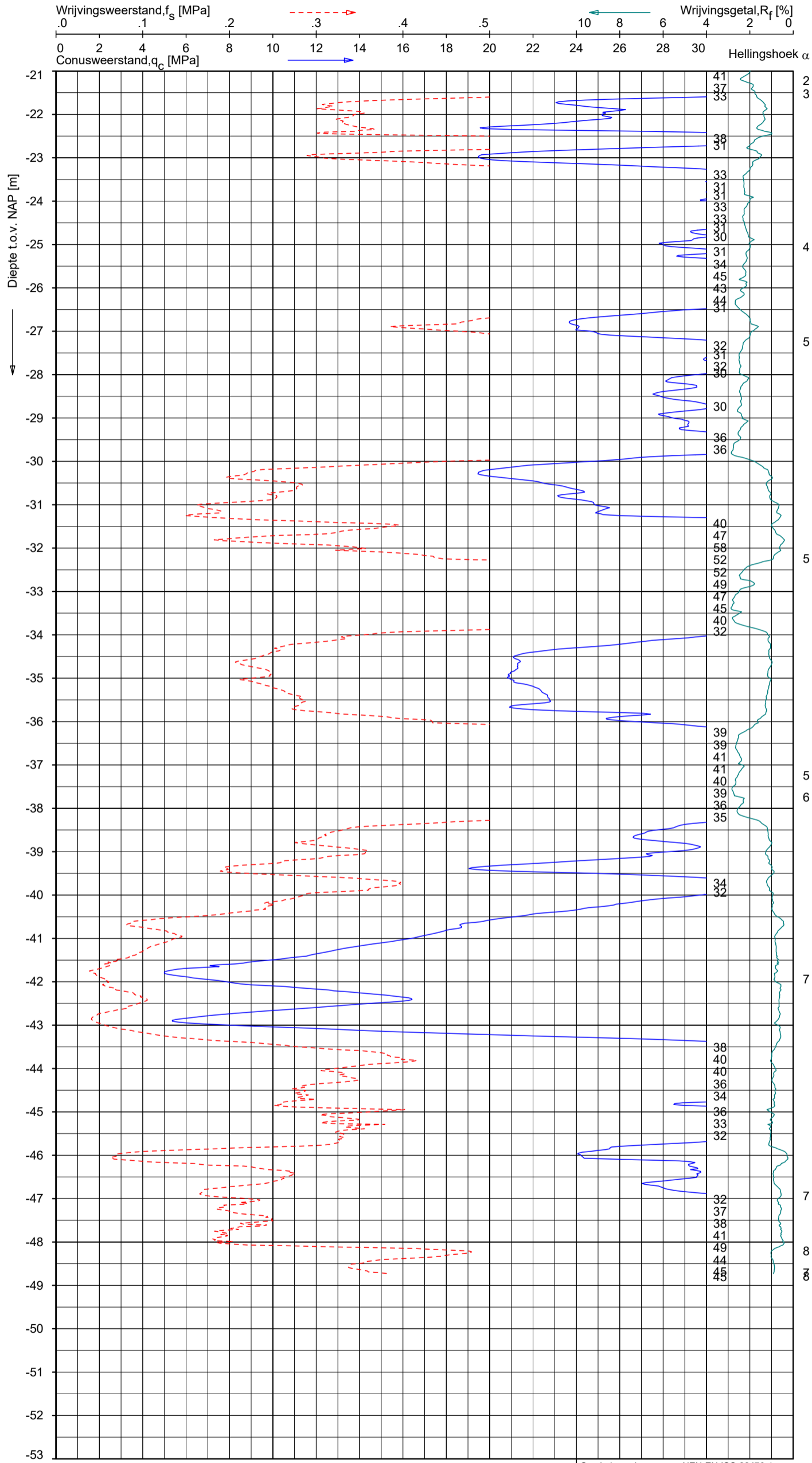
Opg. : as d.d. 03-nov-2021 Coord.: X=268336.4 m Y=551923.2 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : LM d.d. 05-nov-2021 MV = NAP +8.23 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2883 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conus type: A_c = 1510mm²; A_s = 19895mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

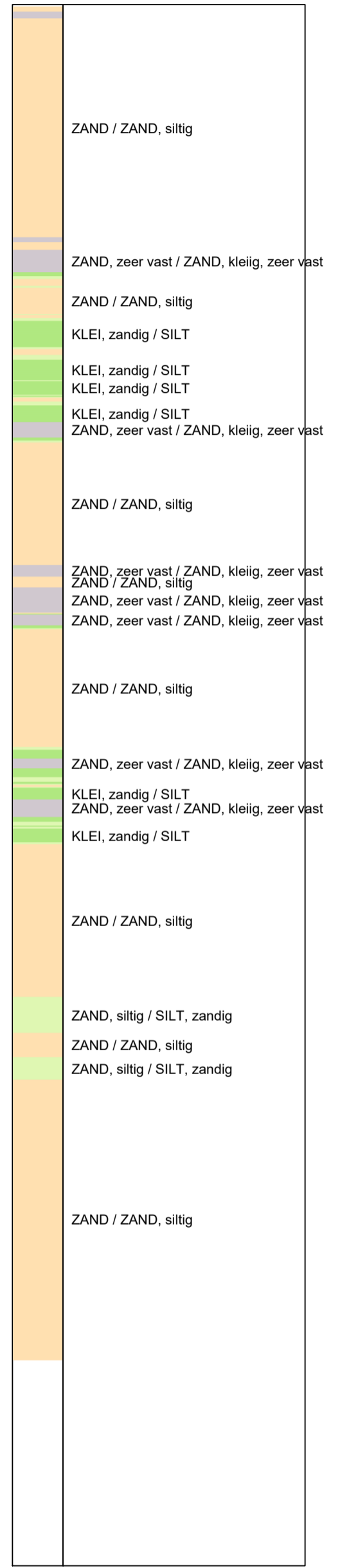
ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
 Sond. DKM04





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

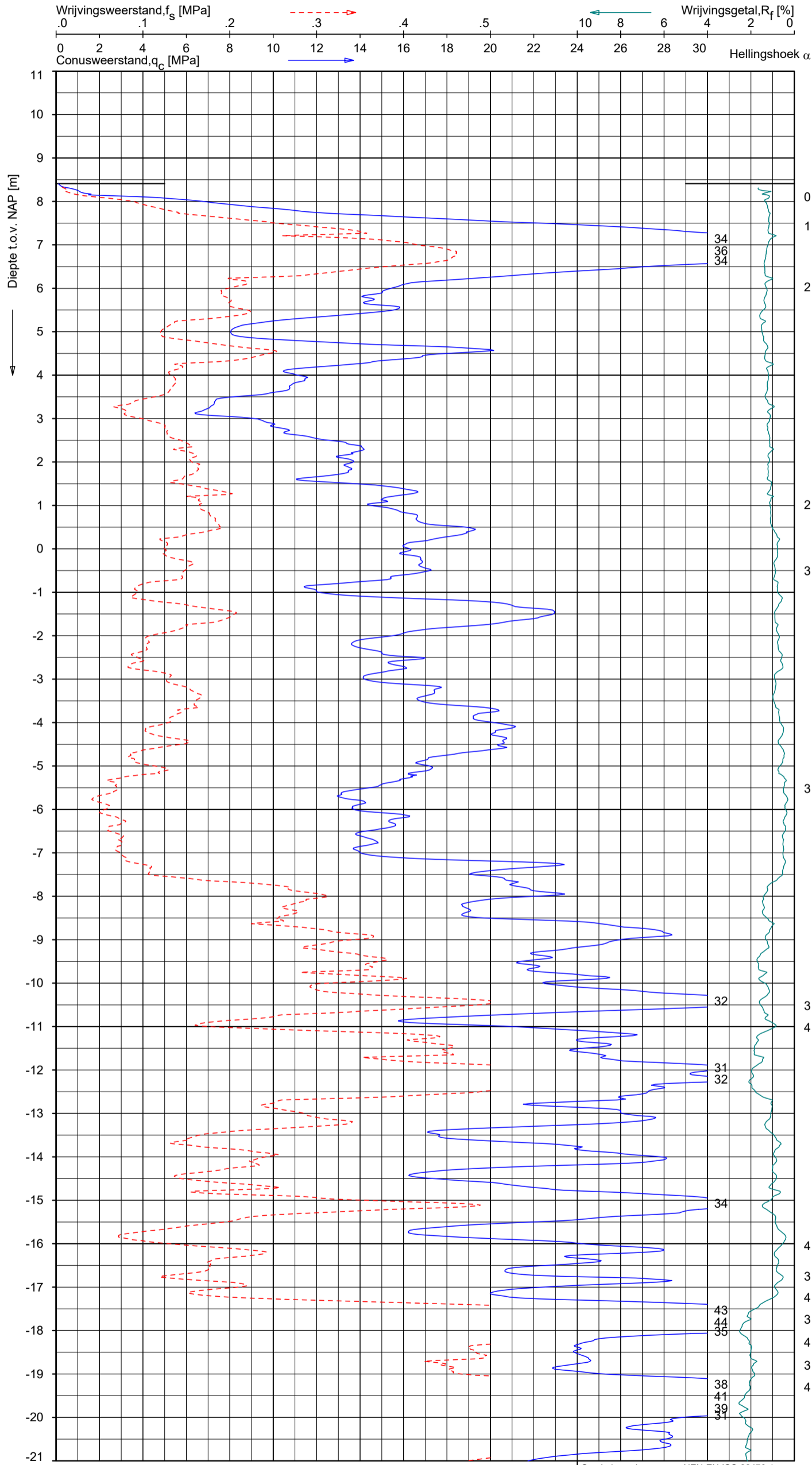


Opg. : as d.d. 03-nov-2021 Coord.: X= 268336.4 m Y= 551923.2 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : LM d.d. 05-nov-2021 MV = NAP +8.23 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2883 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510mm²; A_s = 19895mm²

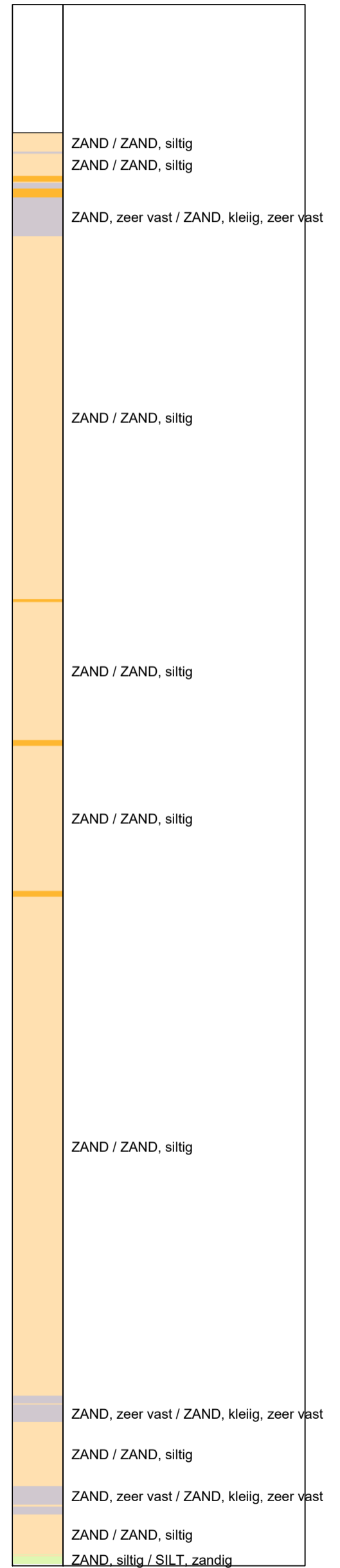
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
 Sond. DKM04





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

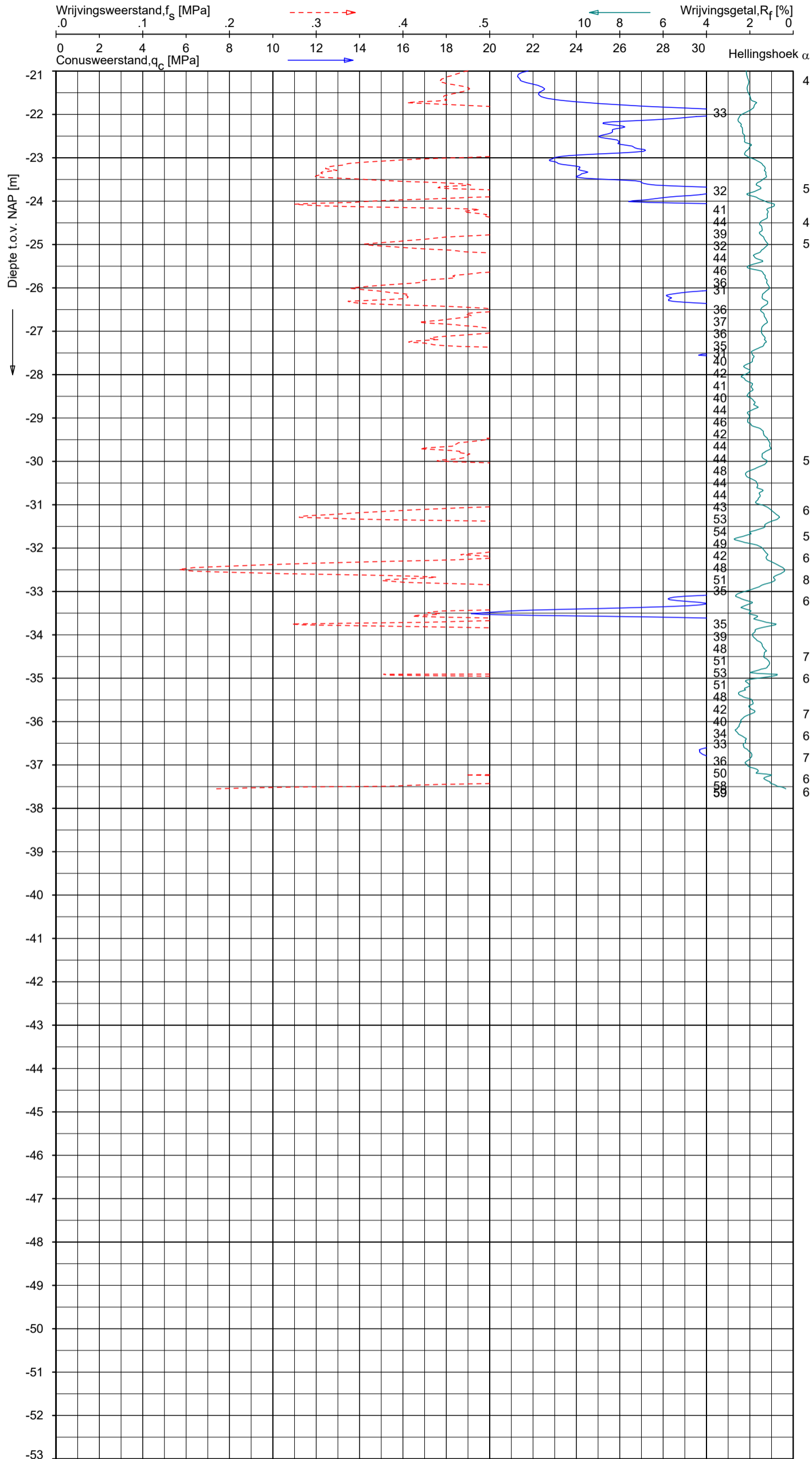


Opg. : as d.d. 03-nov-2021 Coord.: X=268432.3m Y=551837.2m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : LM d.d. 05-nov-2021 MV = NAP +8.41m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2883 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

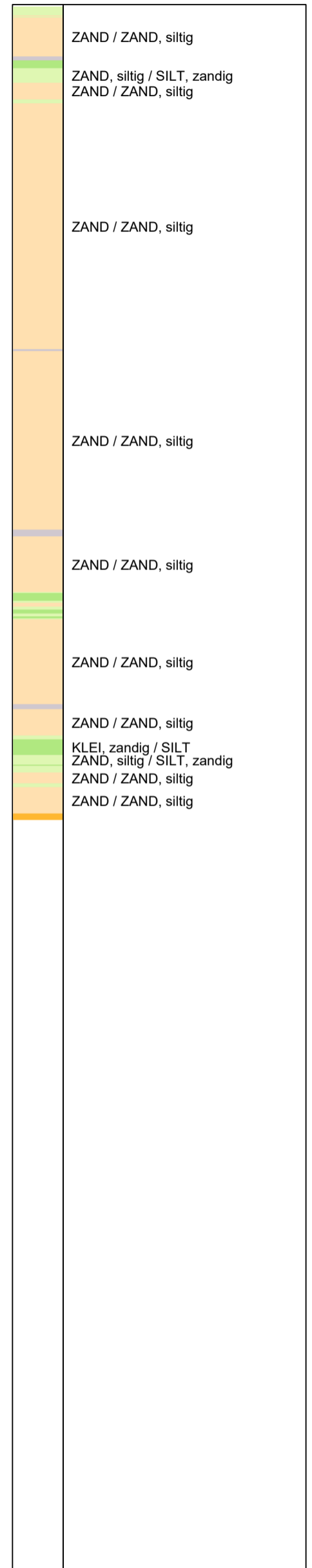
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
 Sond. DKM05



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



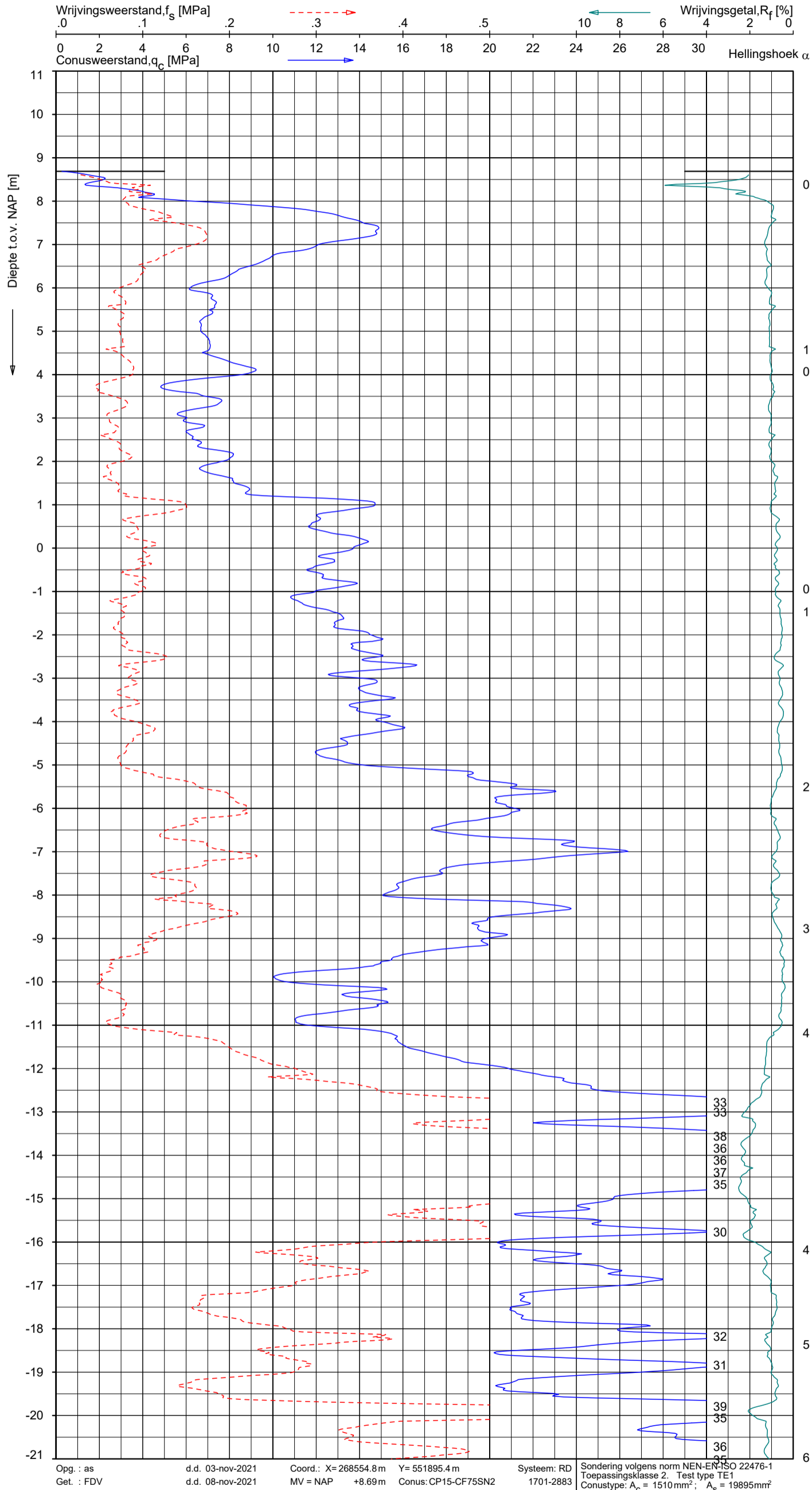
Opg. : as d.d. 03-nov-2021 Coord.: X=268432.3 m Y= 551837.2 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : LM d.d. 05-nov-2021 MV = NAP +8.41 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2883 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

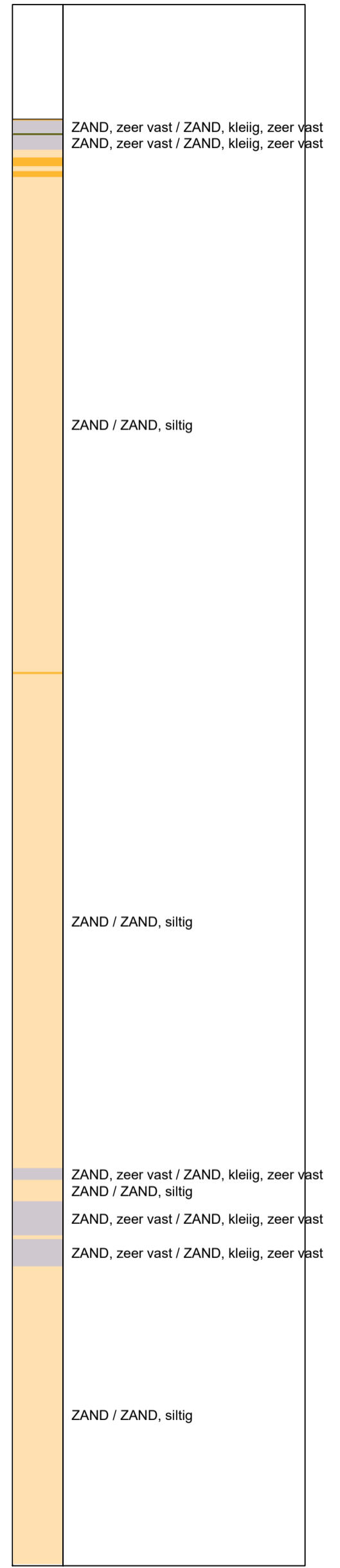
ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
 Sond. DKM05





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



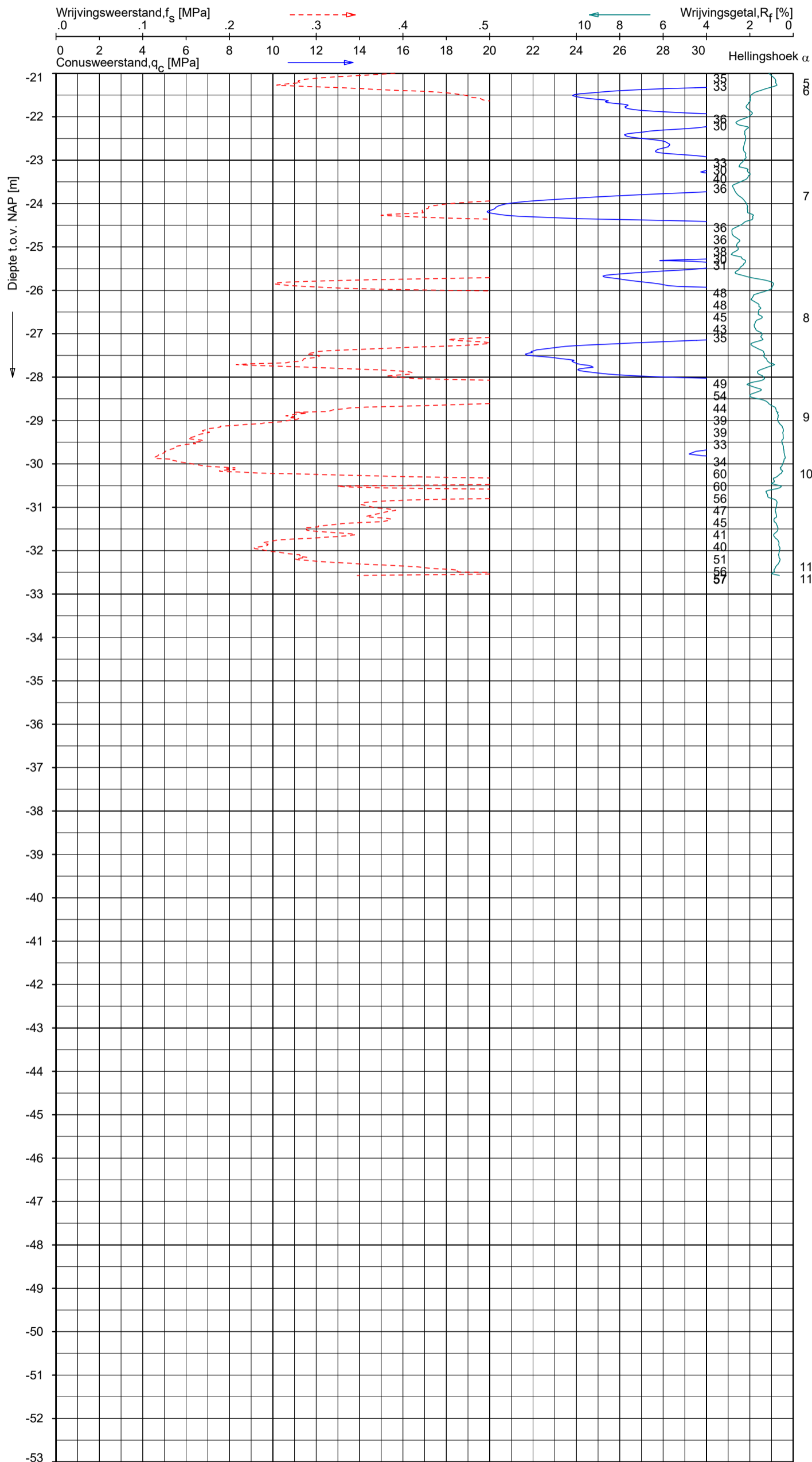
Opg. : as d.d. 03-nov-2021 Coord.: X= 268554.8 m Y= 551895.4 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : FDV d.d. 08-nov-2021 MV = NAP +8.69m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2883 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

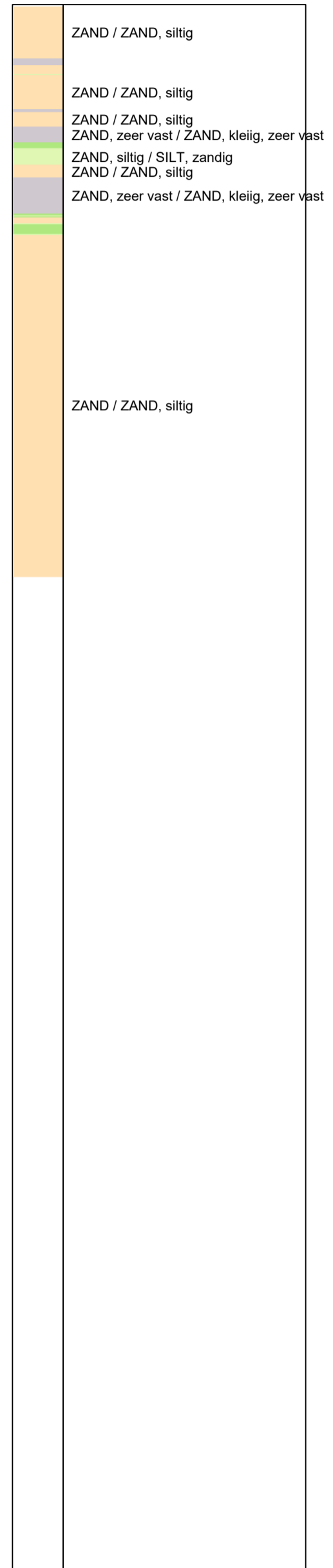
ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
 Sond. DKM06





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

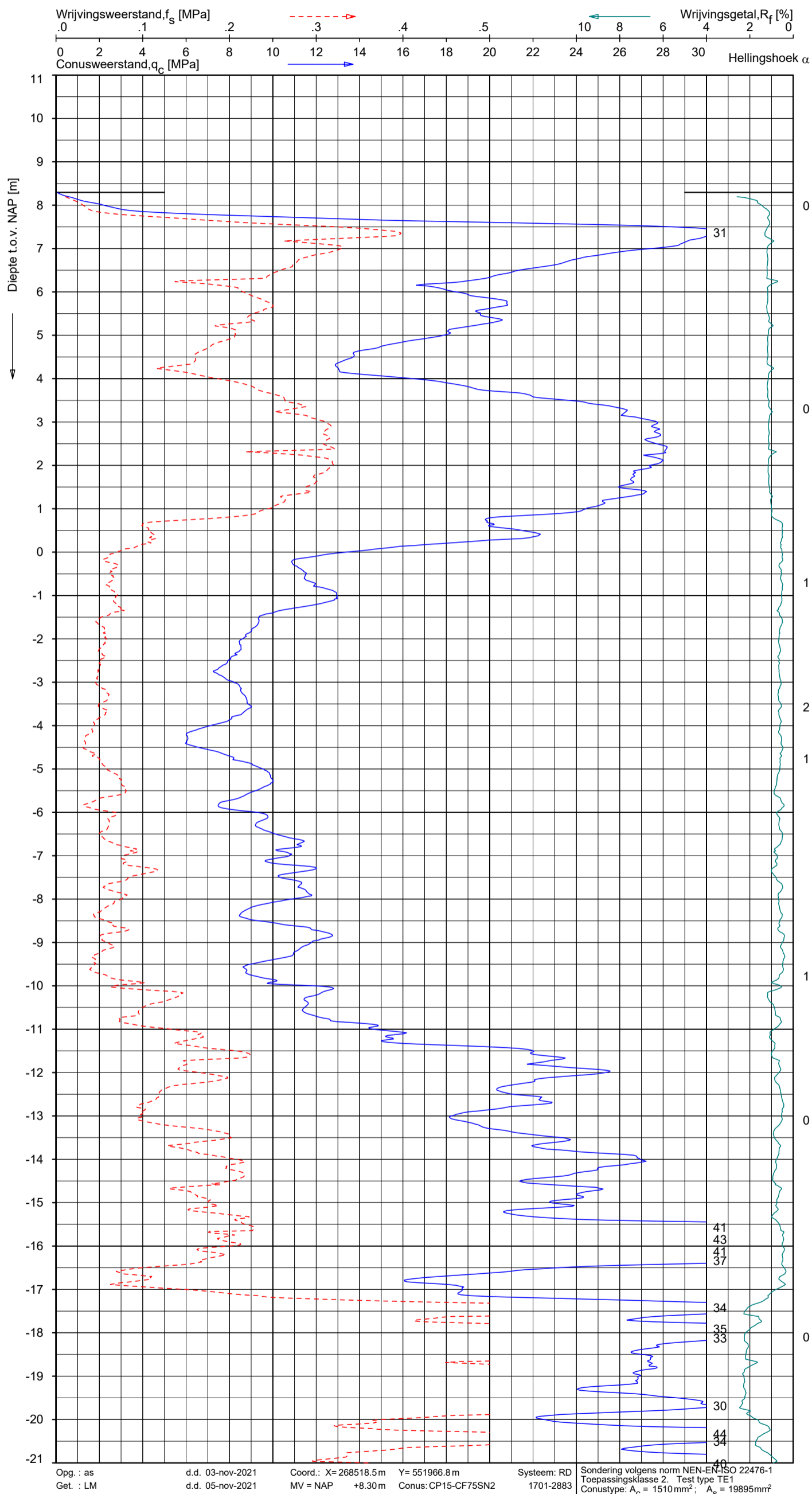


Opg. : as d.d. 03-nov-2021 Coord.: X= 268554.8 m Y= 551895.4 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : FDV d.d. 08-nov-2021 MV = NAP +8.69m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2883 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

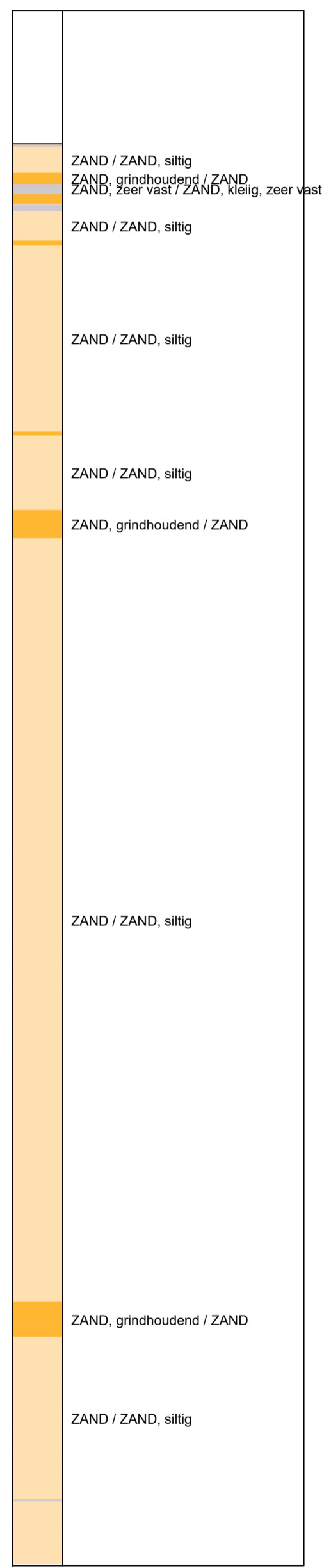
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
 Sond. DKM06



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

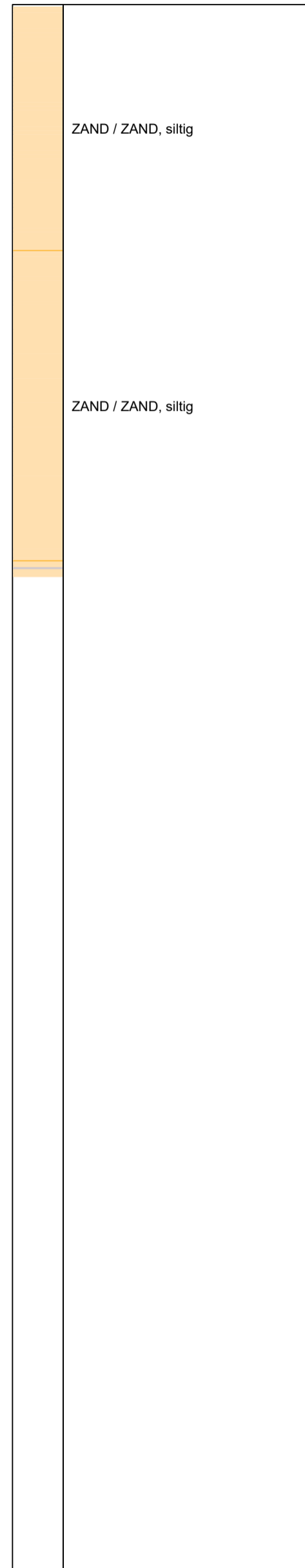
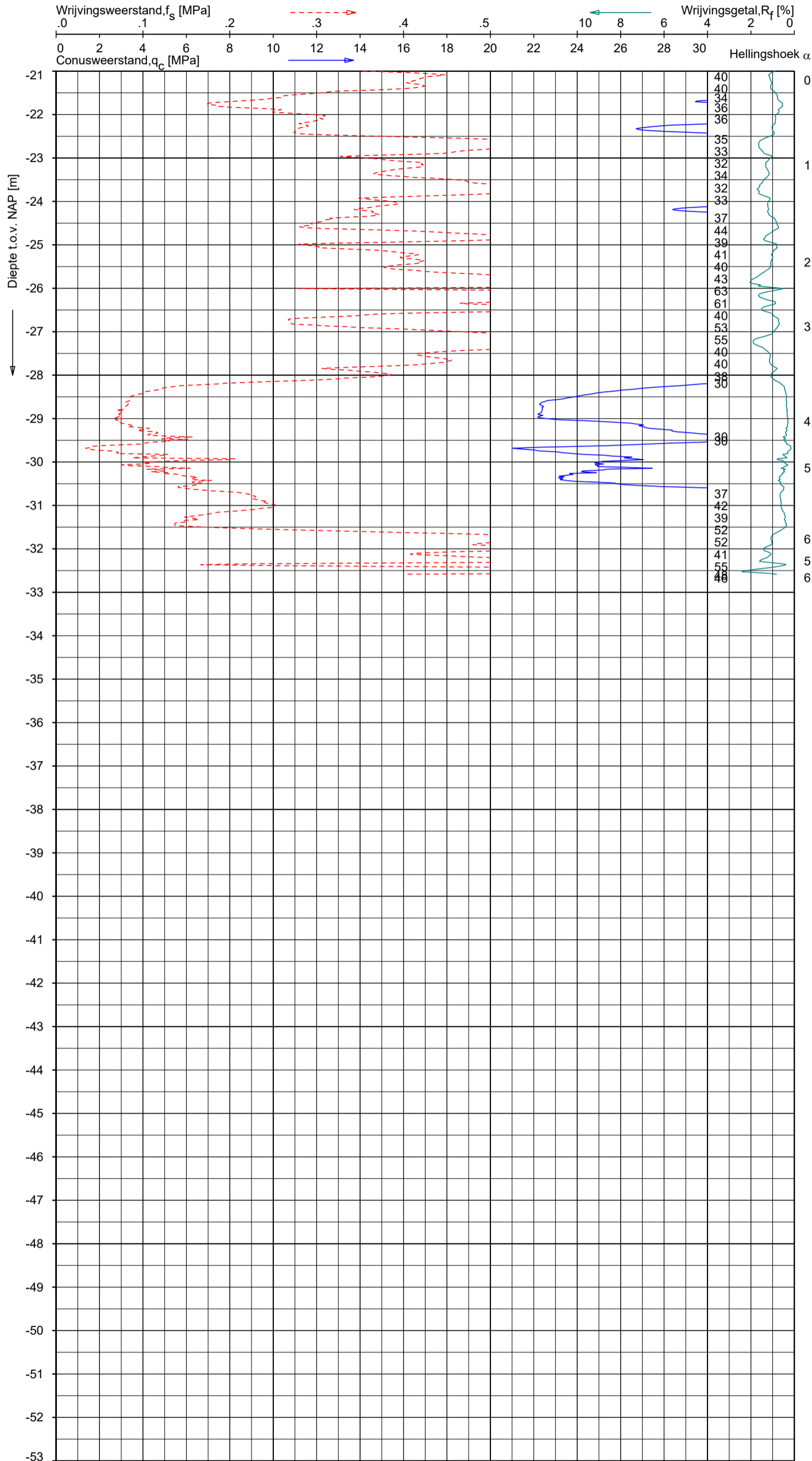


SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
 Sond. DKM07



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

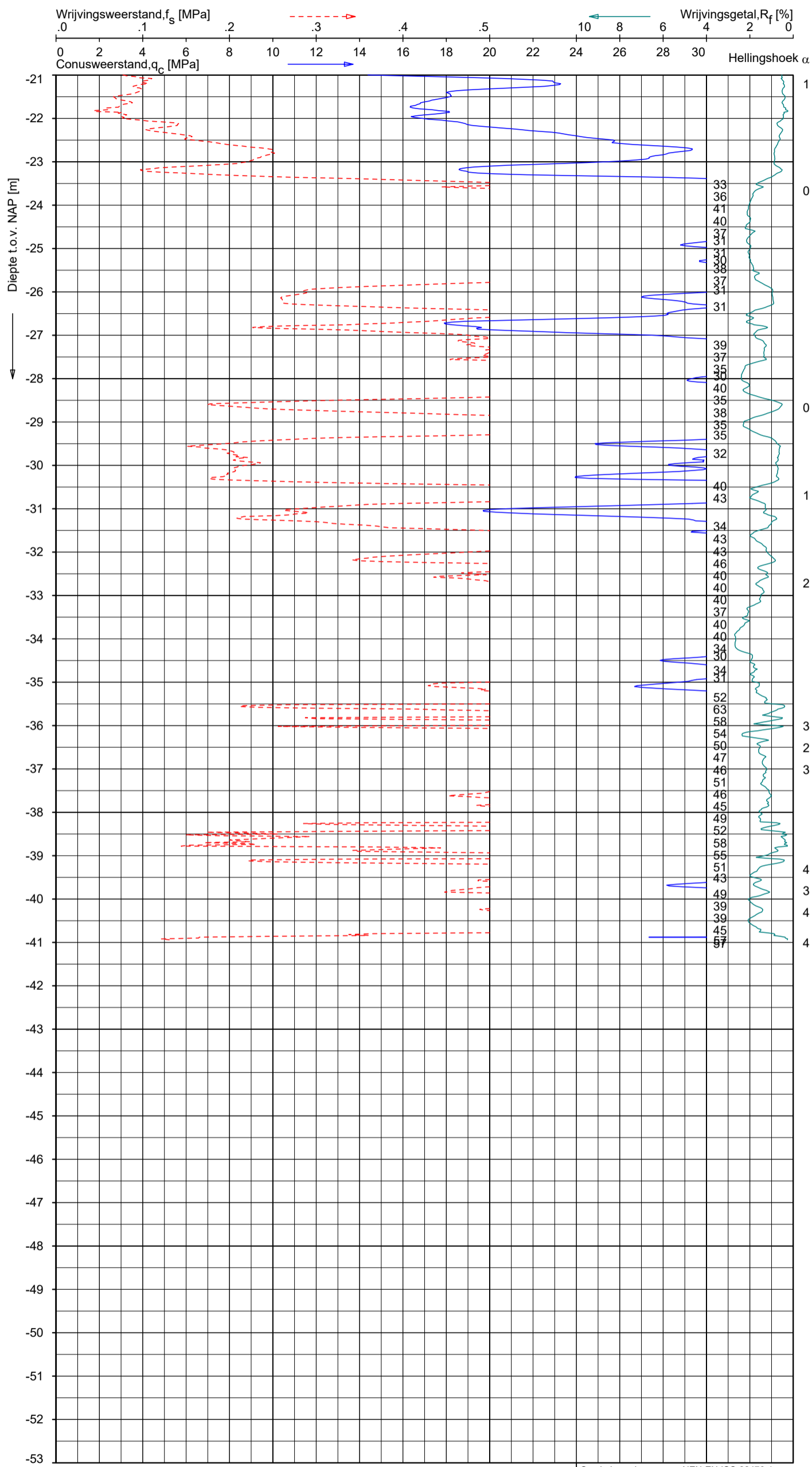


Opg. : as d.d. 03-nov-2021 Coord.: X= 268518.5 m Y= 551966.8 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : LM d.d. 05-nov-2021 MV = NAP +8.30 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2883 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

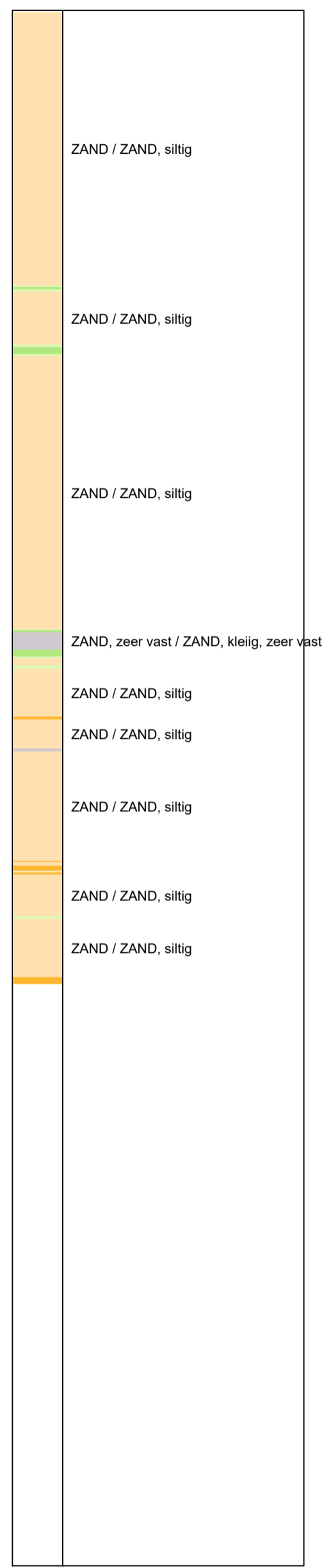
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
Sond. DKM07



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

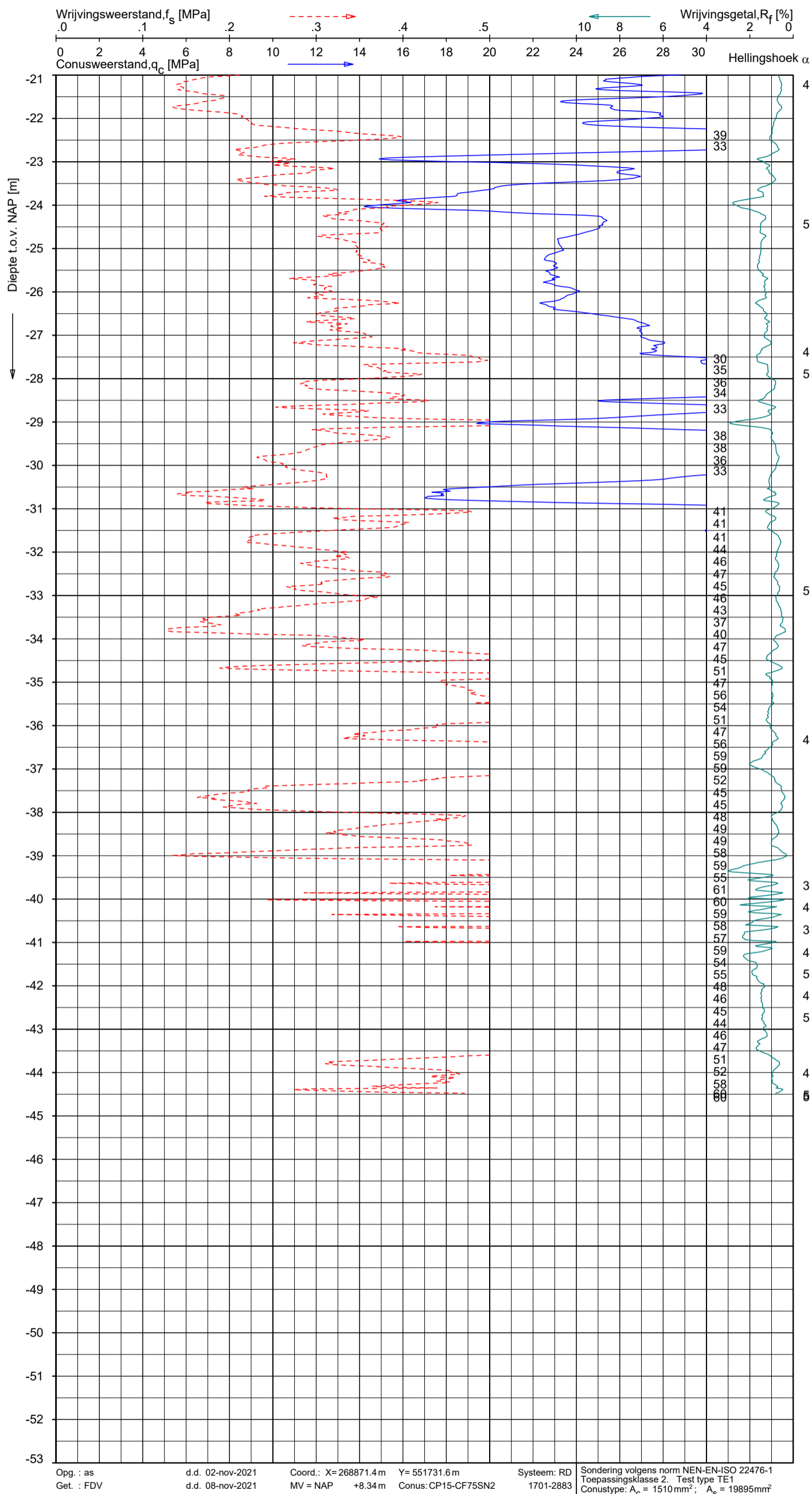


Opg. : as d.d. 01-nov-2021 Coord.: X=268750.2 m Y=552062.0 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : LM d.d. 05-nov-2021 MV = NAP +8.68 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2883 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

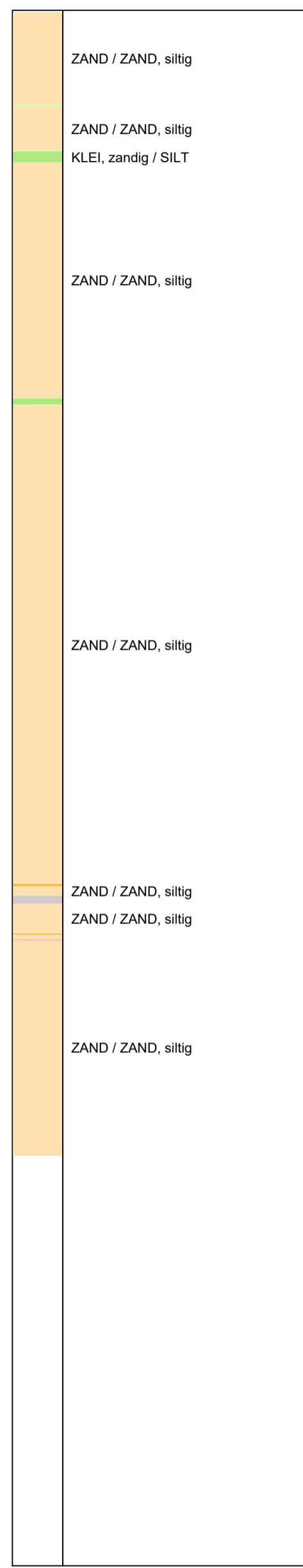
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
 Sond. DKM08





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



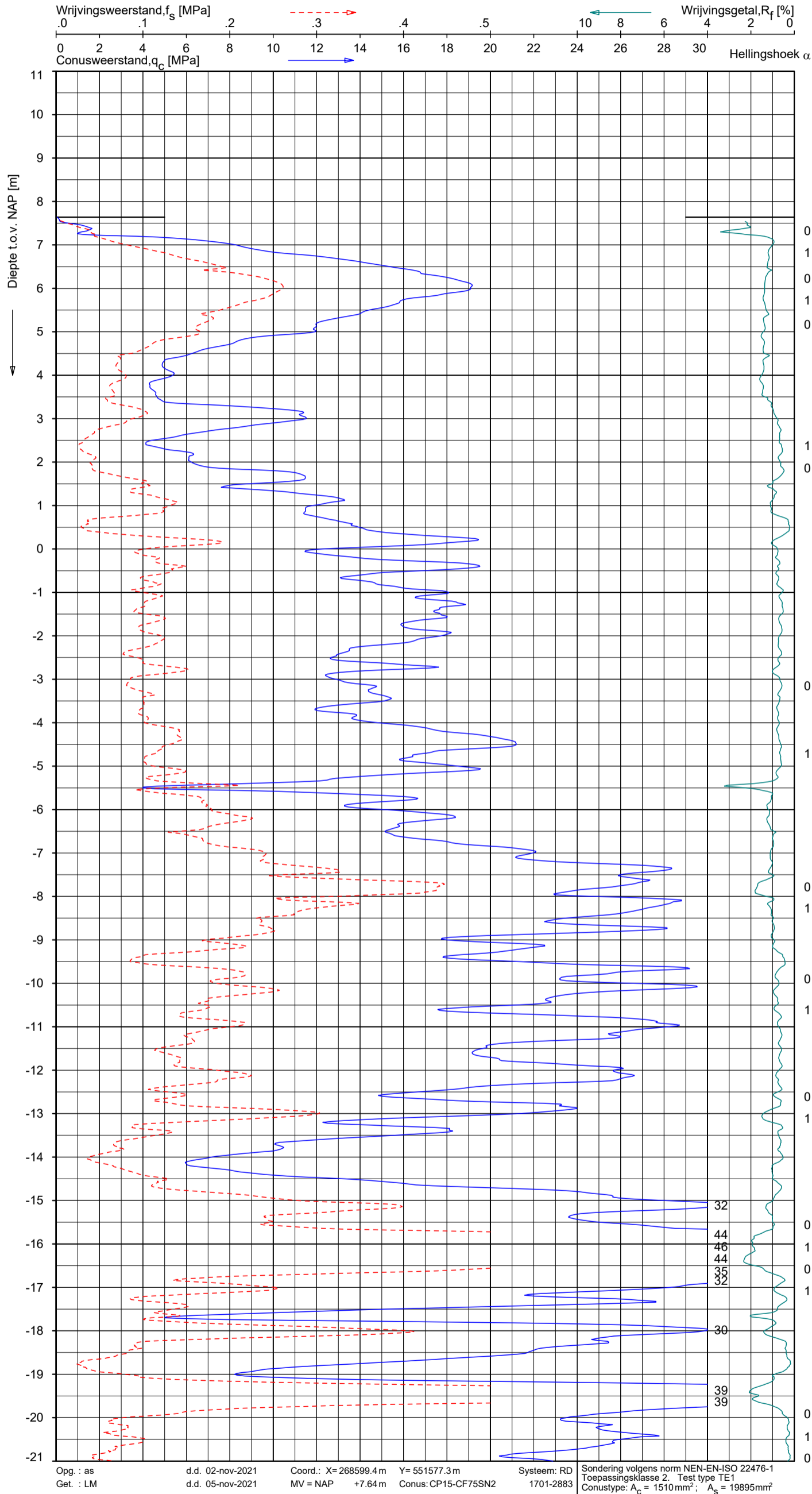
Opg. : as d.d. 02-nov-2021 Coord.: X=268871.4 m Y=551731.6 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get. : FDV d.d. 08-nov-2021 MV = NAP +8.34 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2883 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

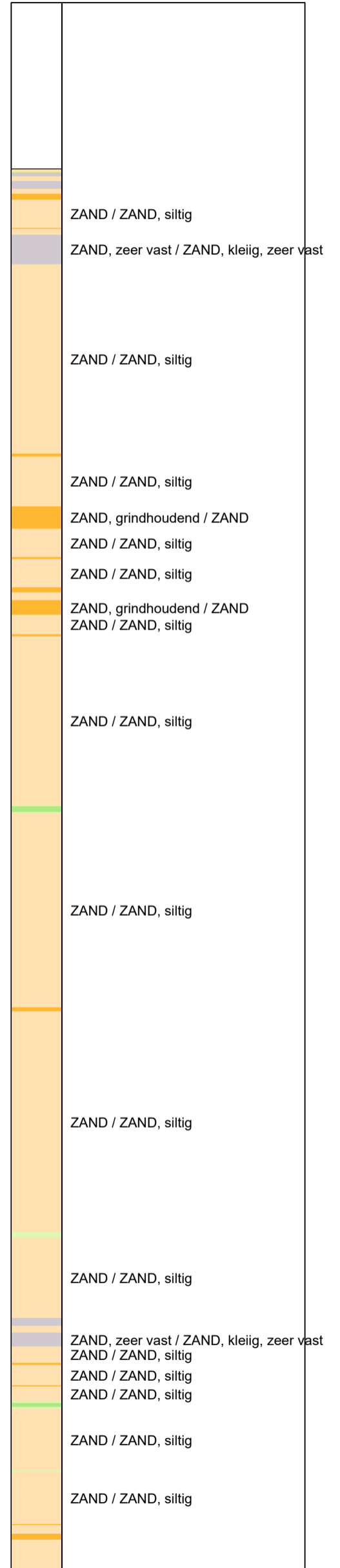
ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
Sond. DKM09





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



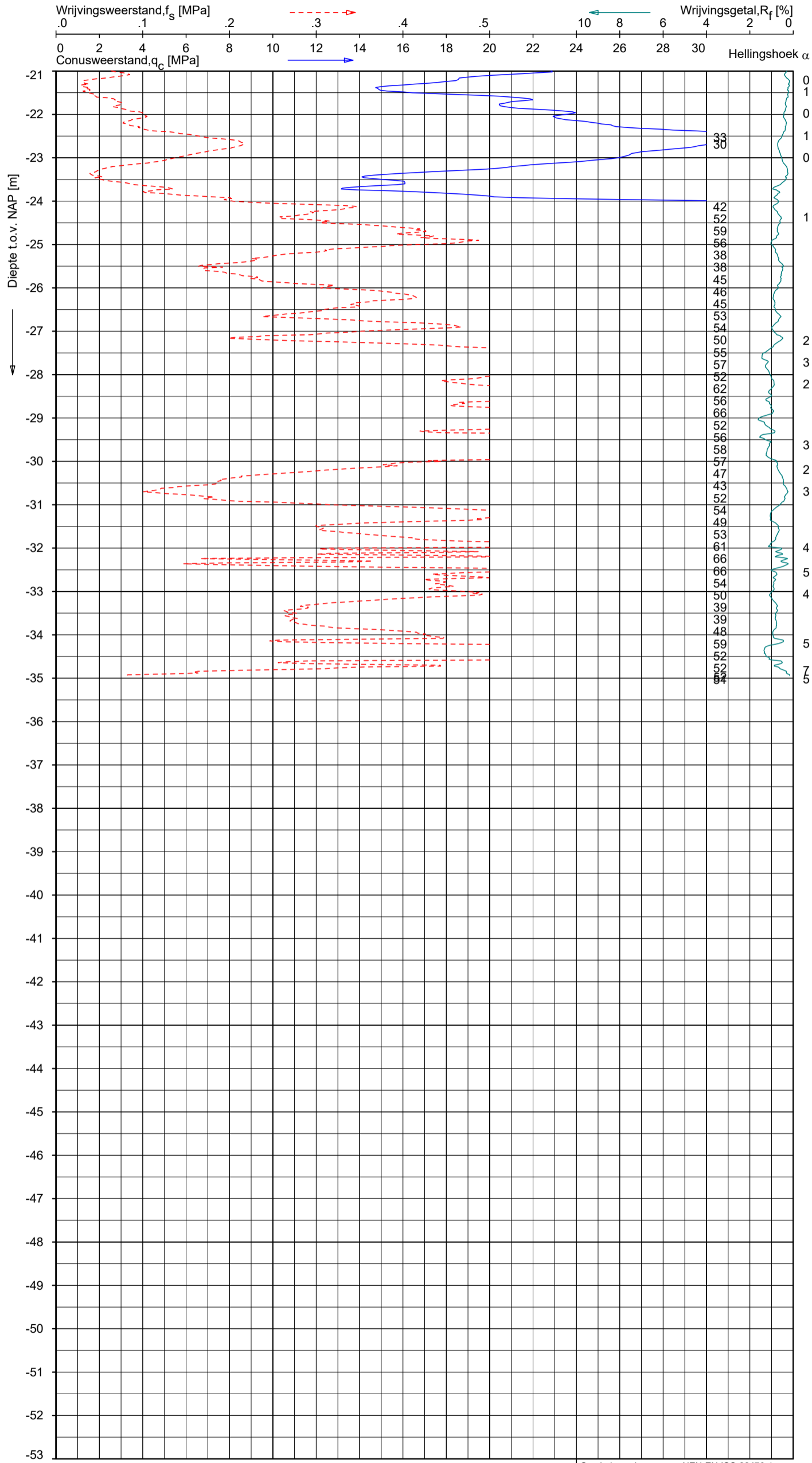
Opg. : as d.d. 02-nov-2021 Coord.: X= 268599.4 m Y= 551577.3 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : LM d.d. 05-nov-2021 MV = NAP +7.64 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2883 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

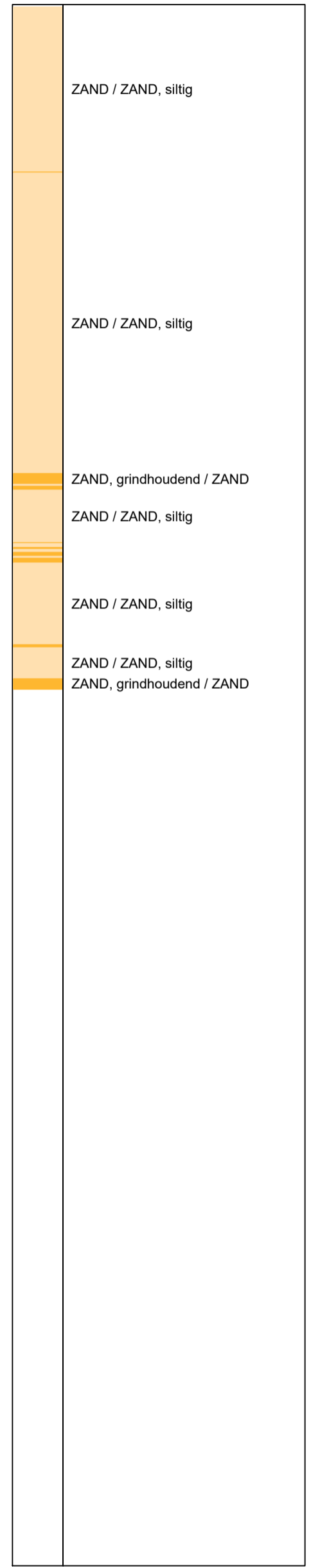
ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
 Sond. DKM10





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



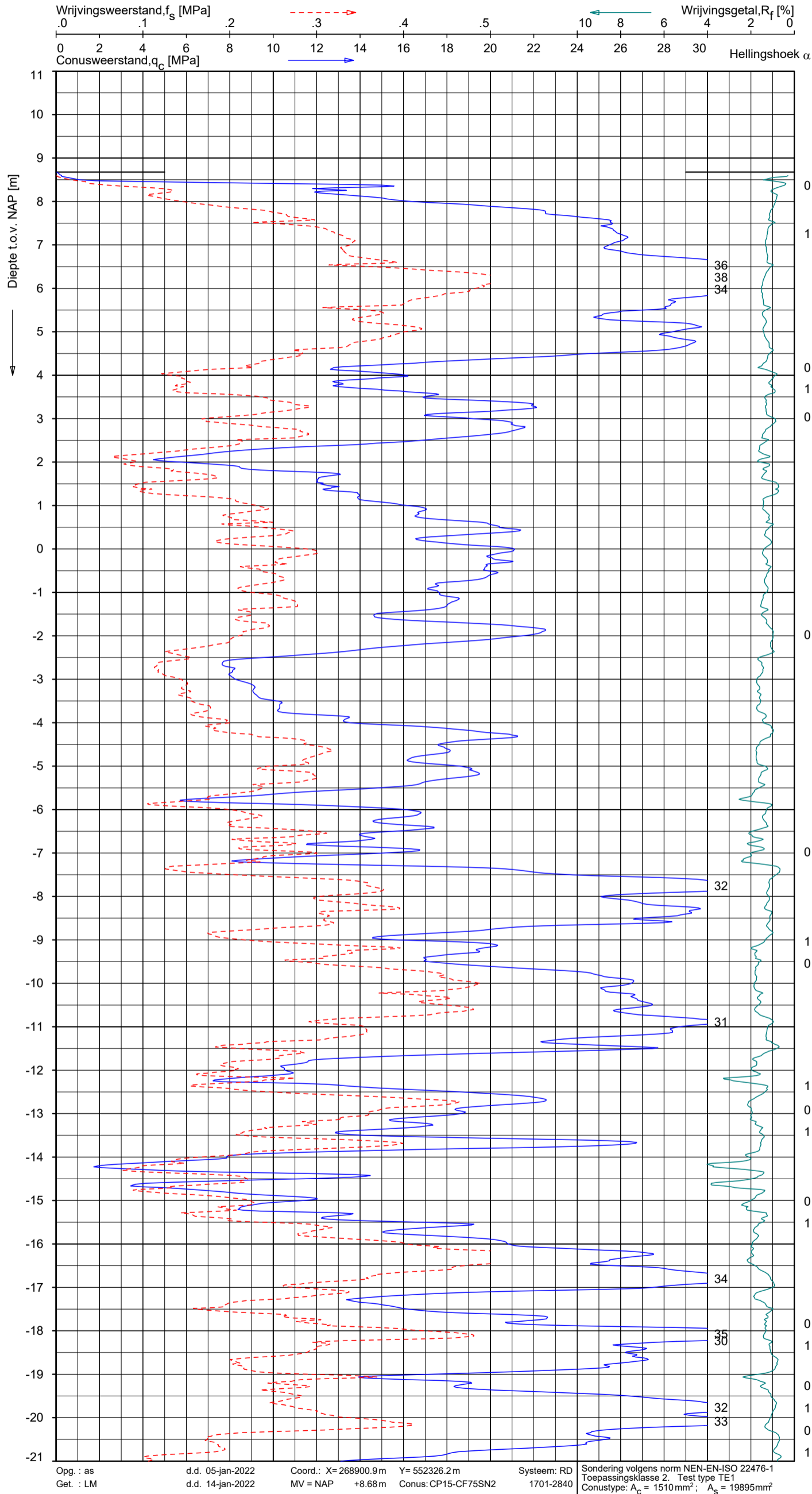
Opg. : as d.d. 02-nov-2021 Coord.: X=268599.4 m Y=551577.3 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : LM d.d. 05-nov-2021 MV = NAP +7.64 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2883 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

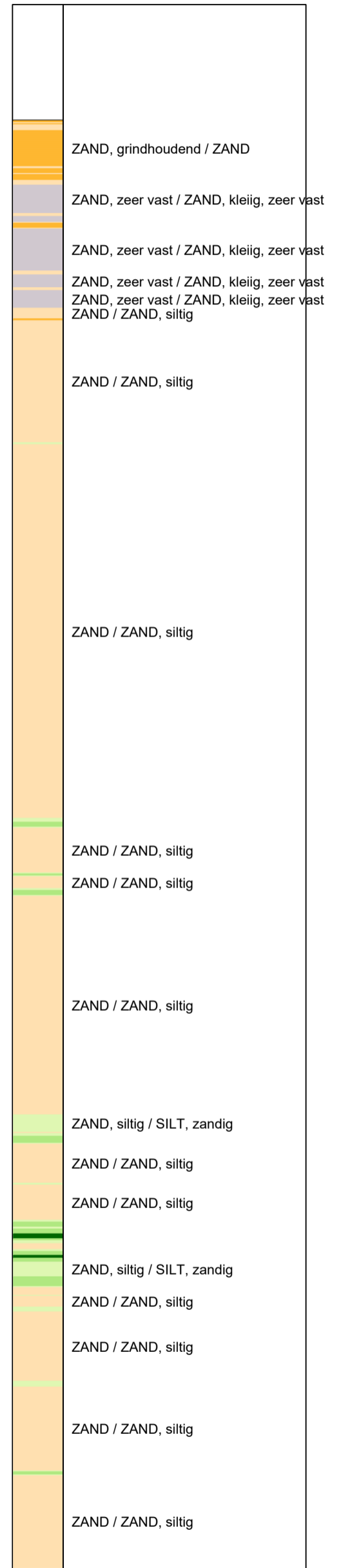
ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
 Sond. DKM10





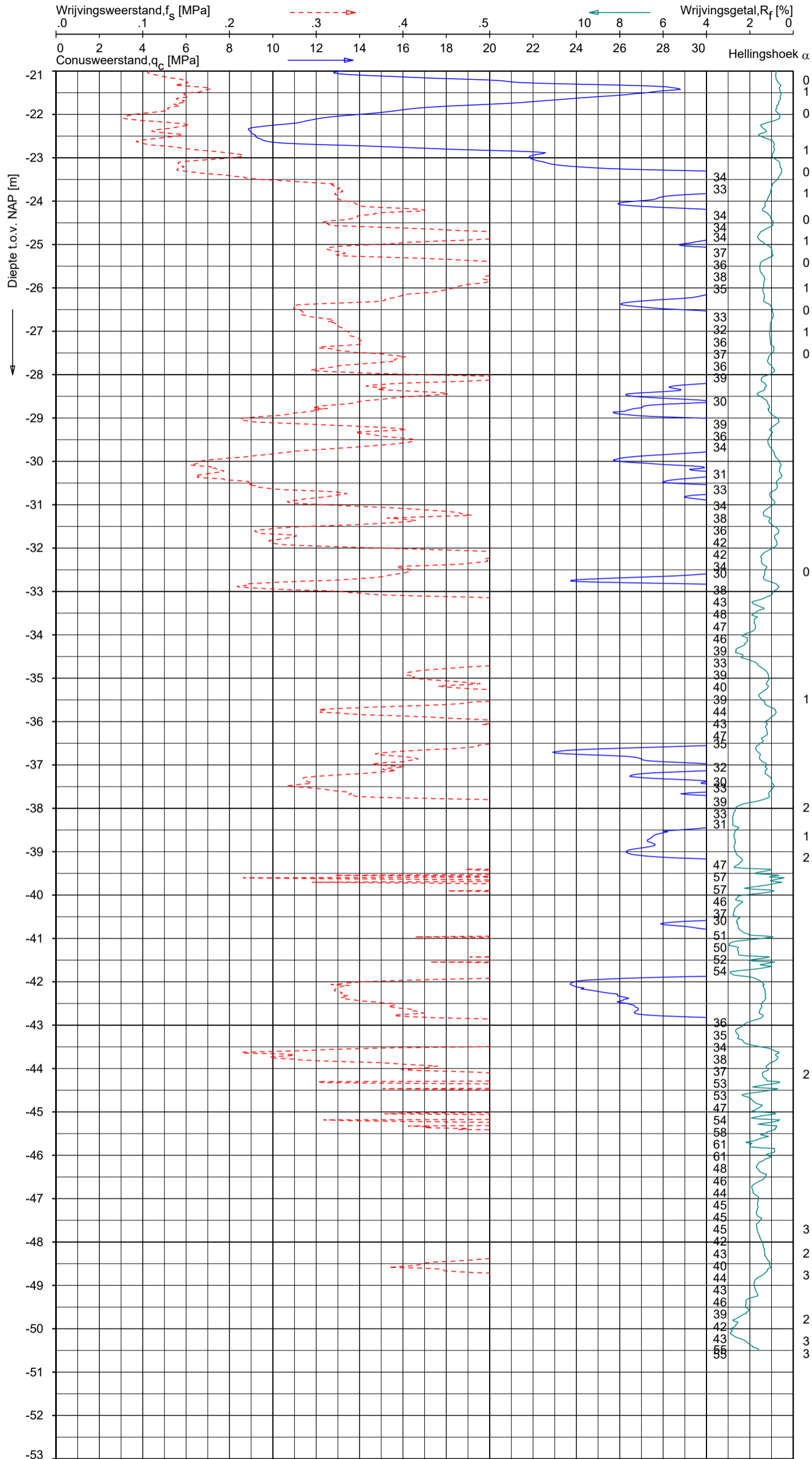
Indicatieve bodembeschrijving
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



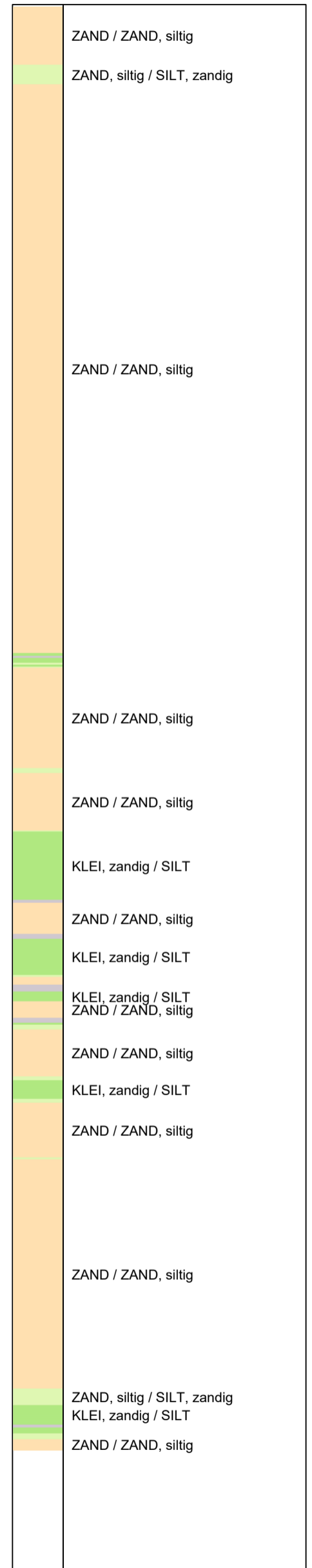
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
 Sond. DKM11



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

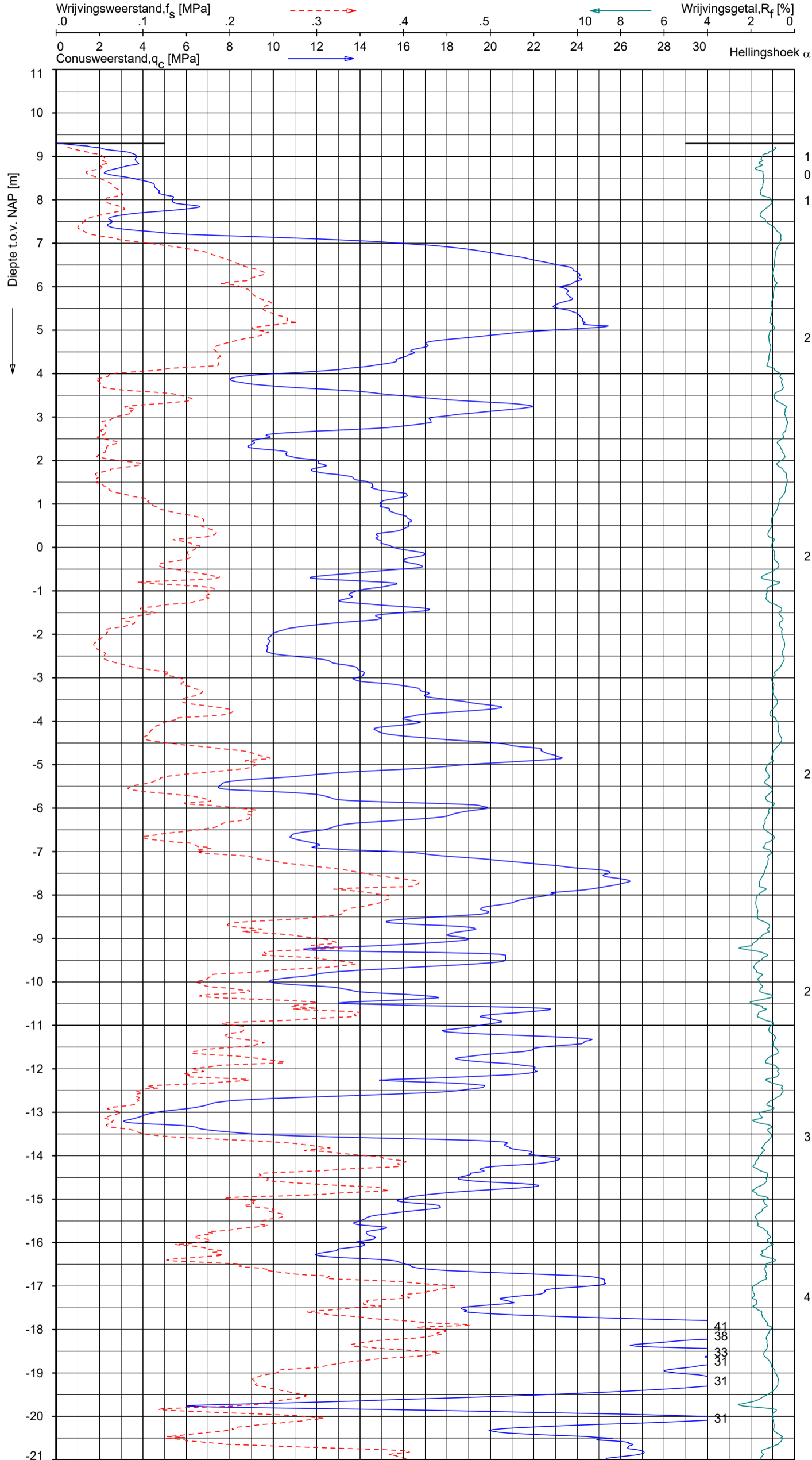


Opg. : as d.d. 05-jan-2022 Coord.: X= 268900.9m Y= 552326.2m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : LM d.d. 14-jan-2022 MV = NAP +8.68m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2840 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

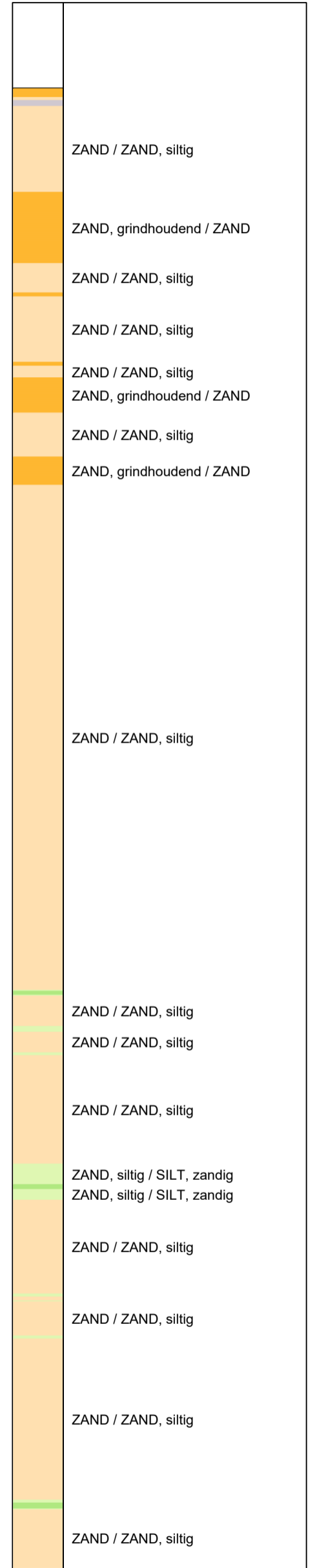
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
 Sond. DKM11



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

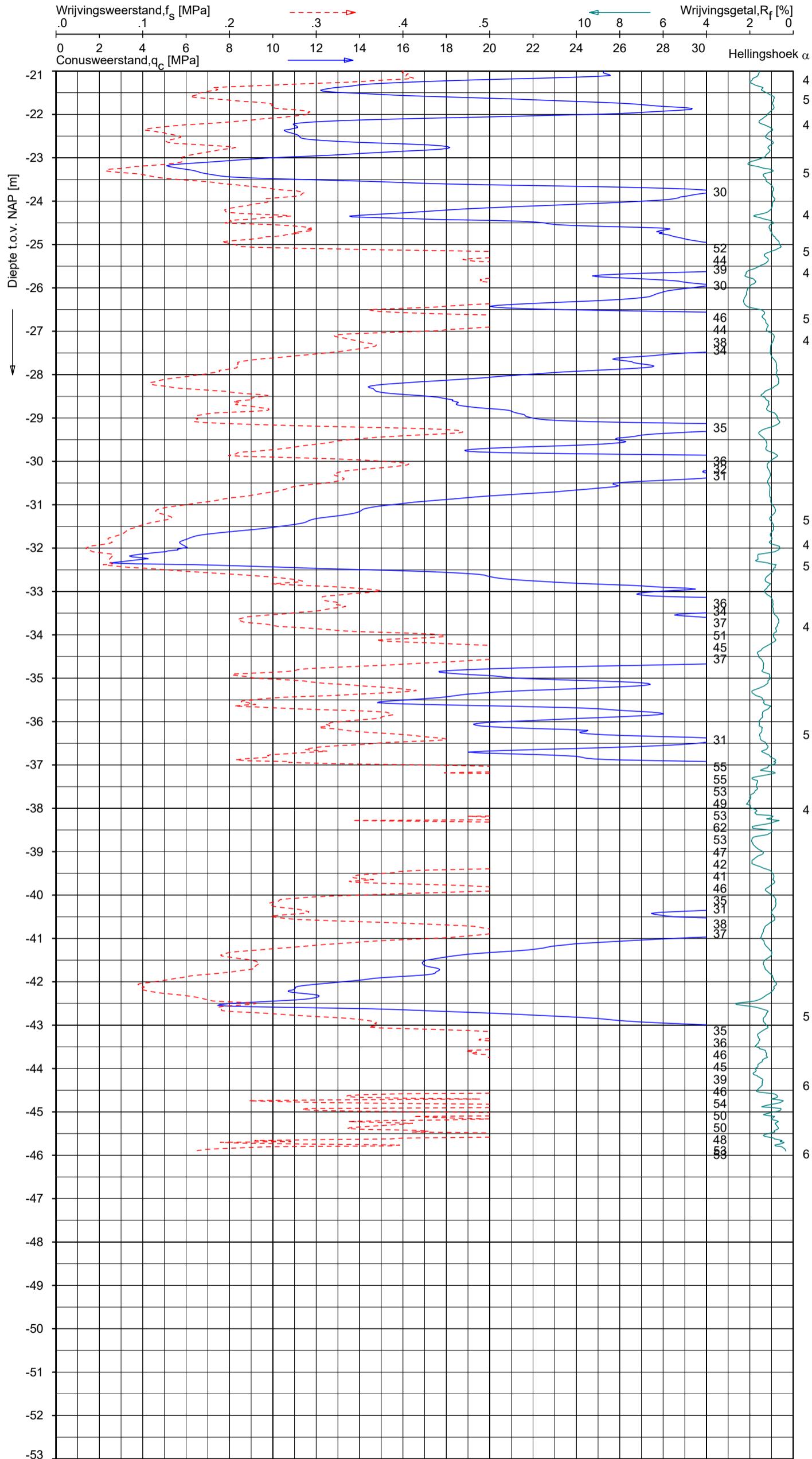


Opg. : as d.d. 06-jan-2022 Coord.: X= 268865.5 m Y= 553002.3 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get. : LM d.d. 14-jan-2022 MV = NAP +9.30 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2883 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conus type: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

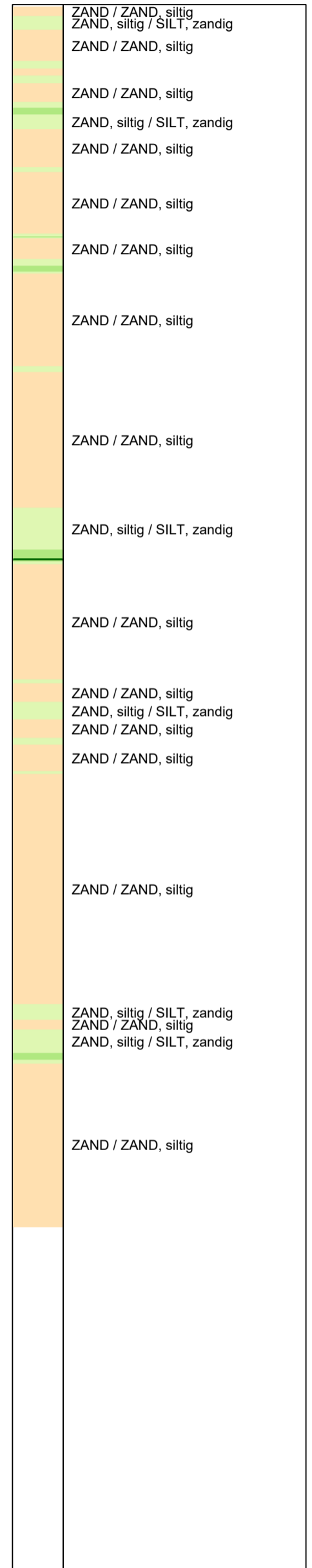
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
Sond. DKM12



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



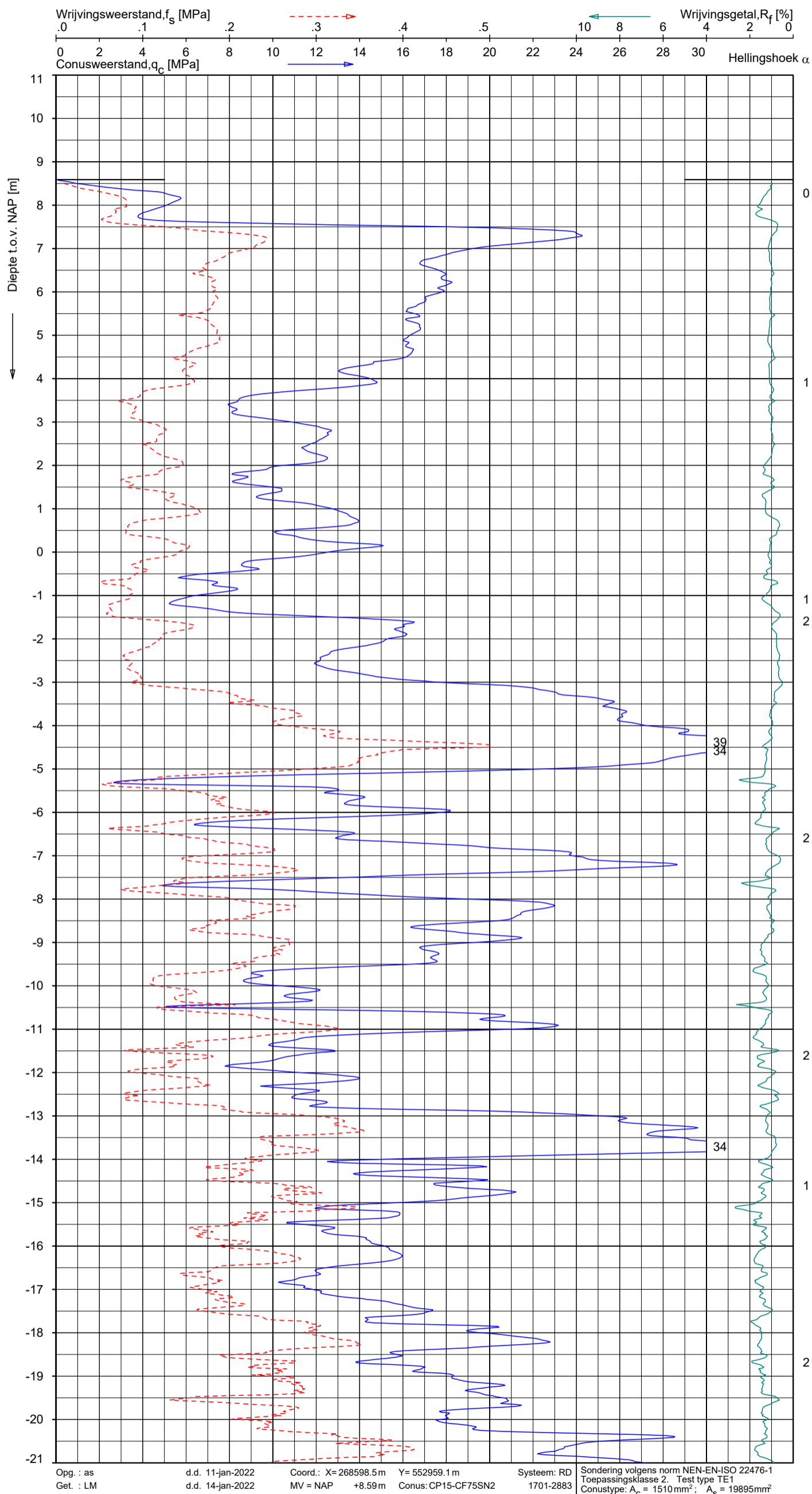
Opg. : as d.d. 06-jan-2022 Coord.: X= 268865.5 m Y= 553002.3 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : LM d.d. 14-jan-2022 MV = NAP +9.30 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2883 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

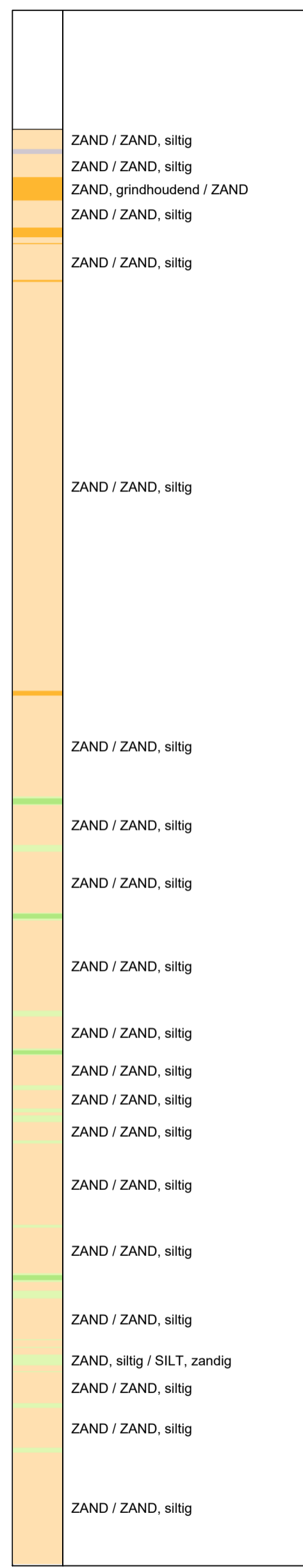
ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
 Sond. DKM12





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

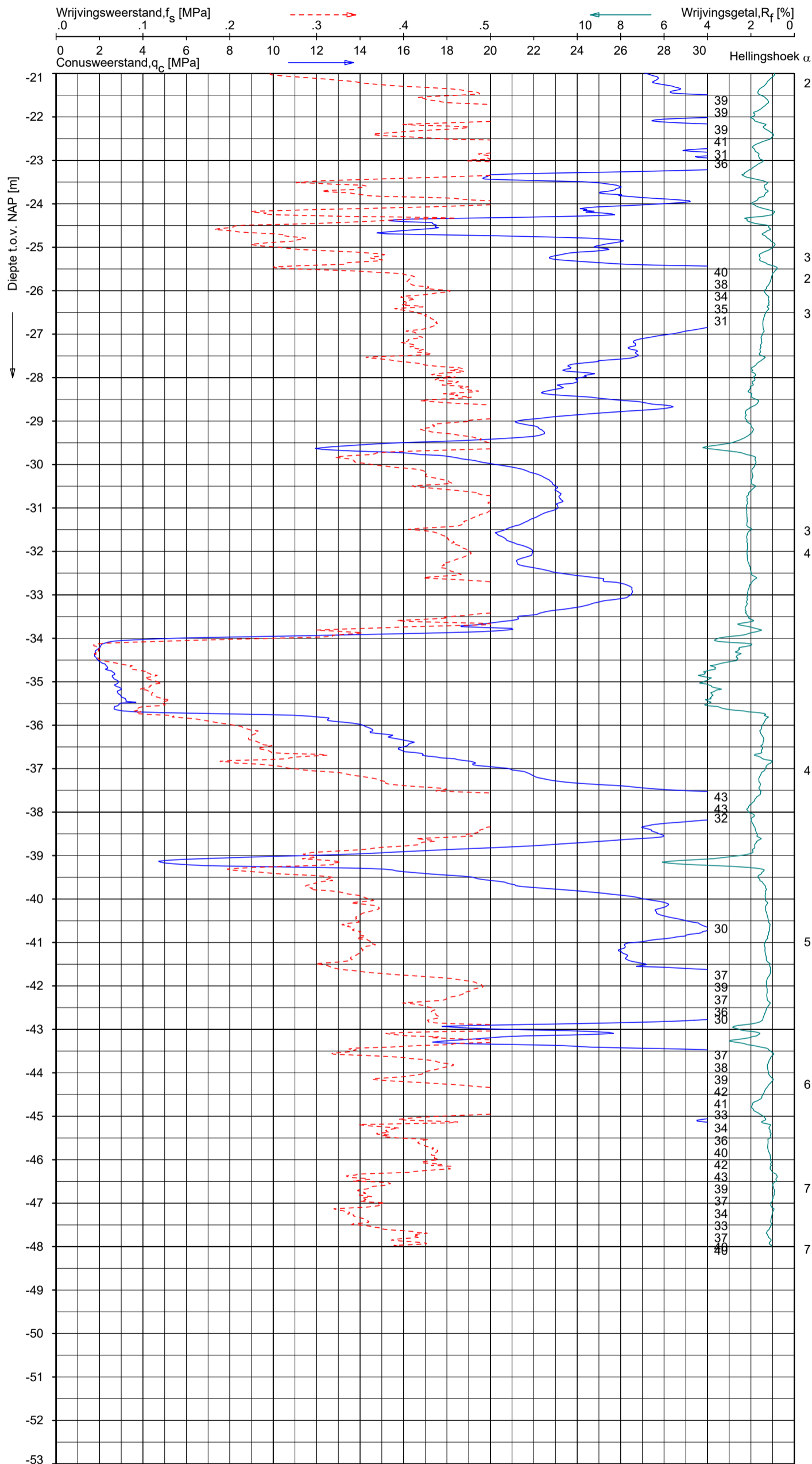


Opg. : as d.d. 11-jan-2022 Coord.: X= 268598.5 m Y= 552959.1 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : LM d.d. 14-jan-2022 MV = NAP +8.59 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2883 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conus type: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

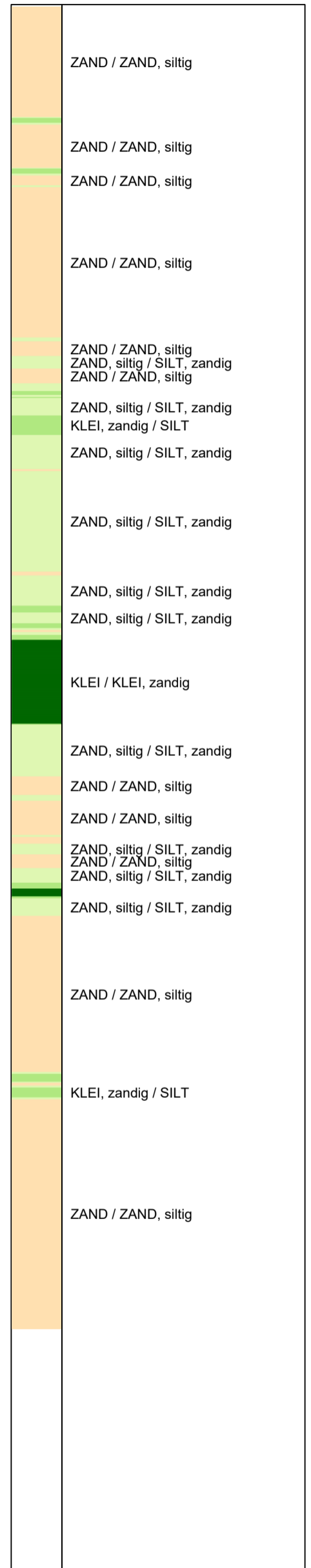
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
 Sond. DKM13





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

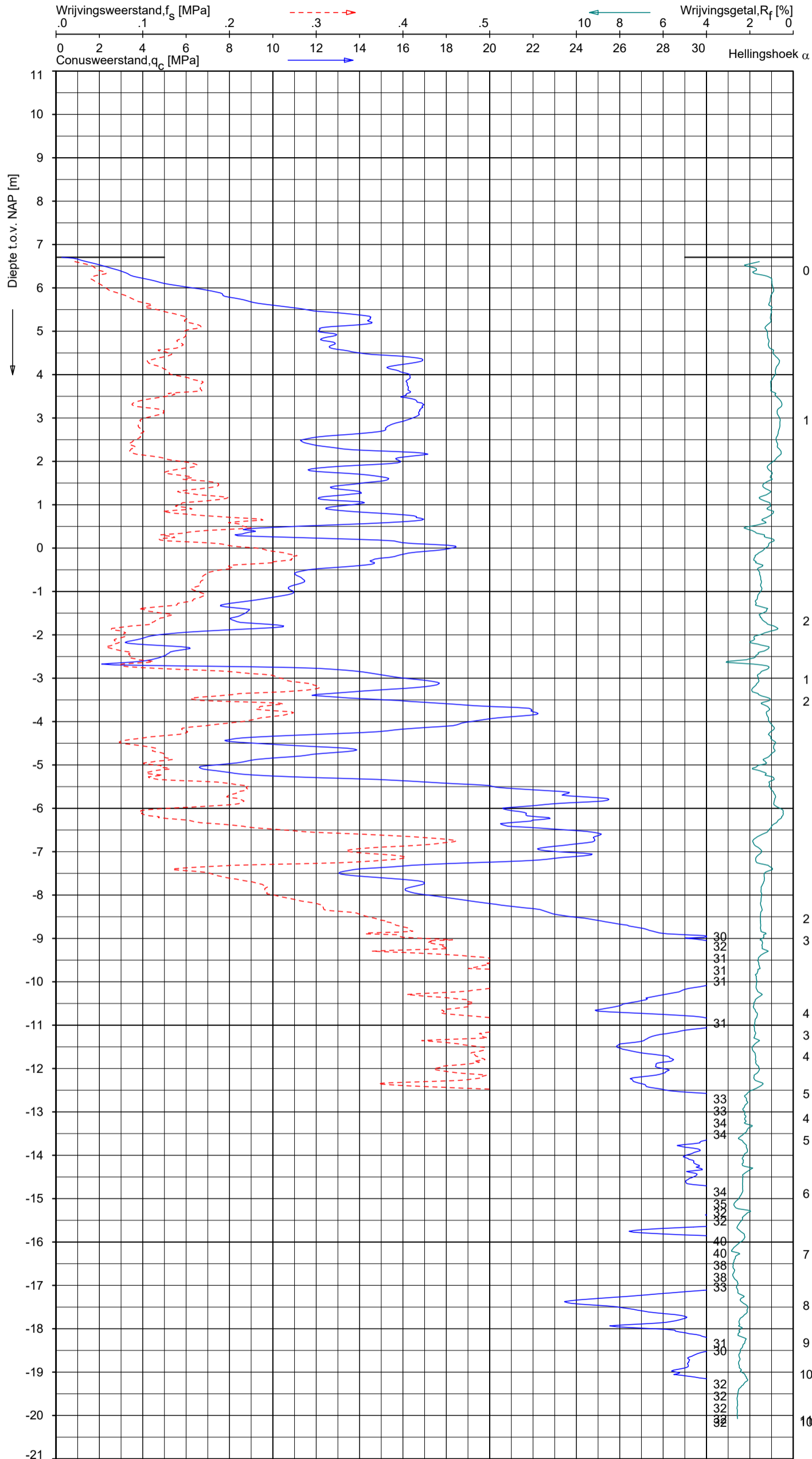


Opg.: as d.d. 11-jan-2022 Coord.: X=268598.5 m Y=552959.1 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: LM d.d. 14-jan-2022 MV = NAP +8.59m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2883 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conus type: A_c = 1510mm²; A_s = 19895mm²

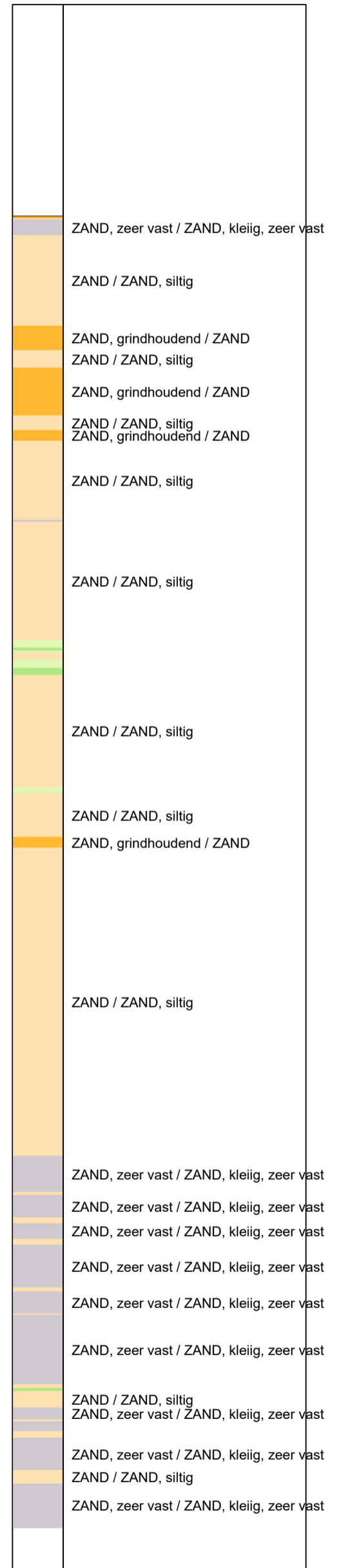
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
 Sond. DKM13



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

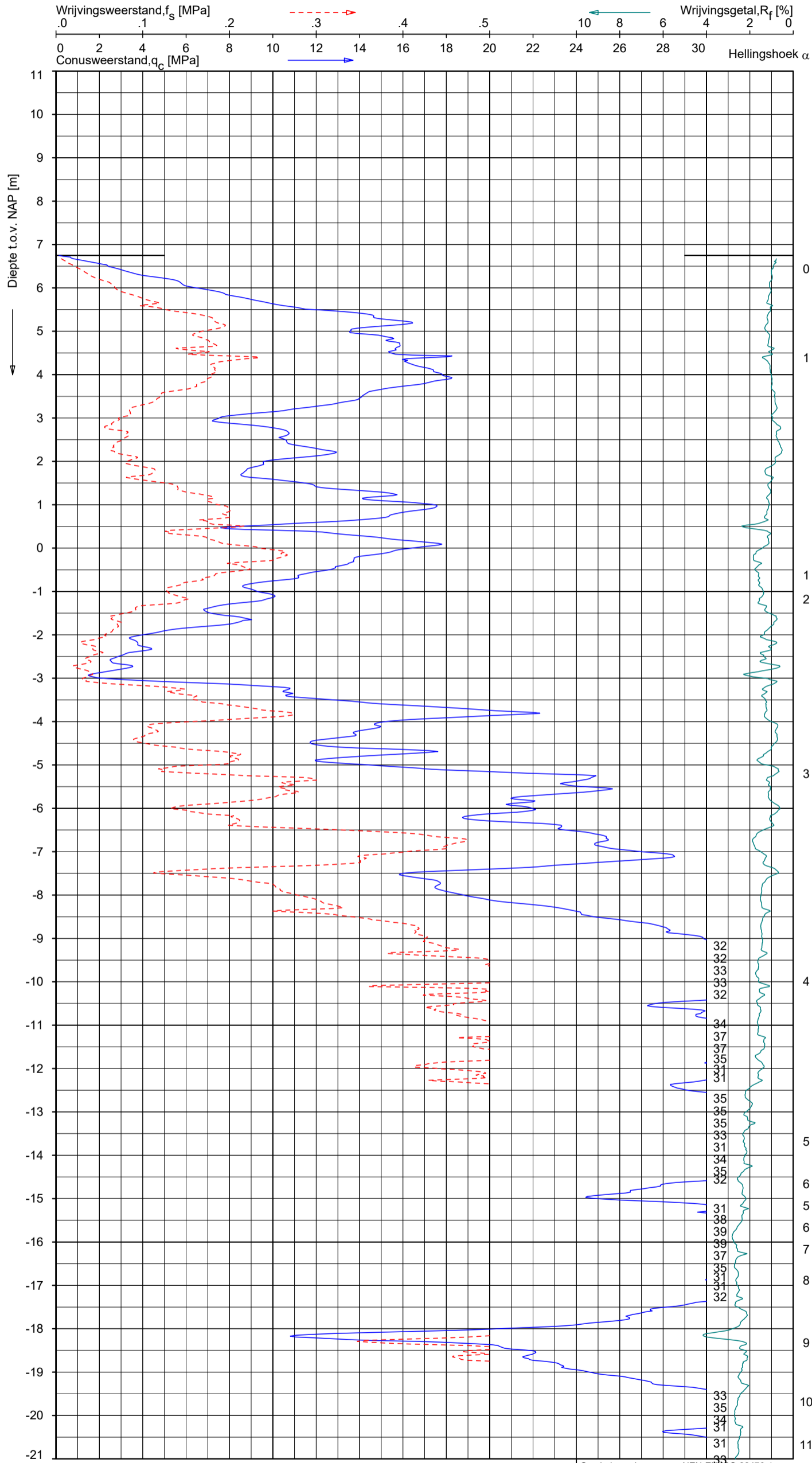


Opg. : as d.d. 06-jan-2022 Coord.: X=268456.7 m Y=552870.7 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : LM d.d. 14-jan-2022 MV = NAP +6.71 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2840 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

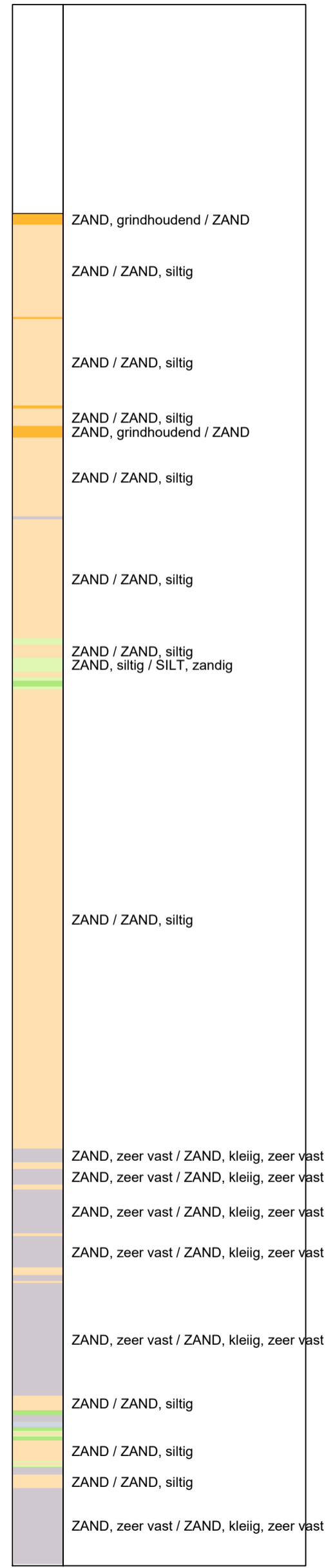
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
 Sond. DKM14



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



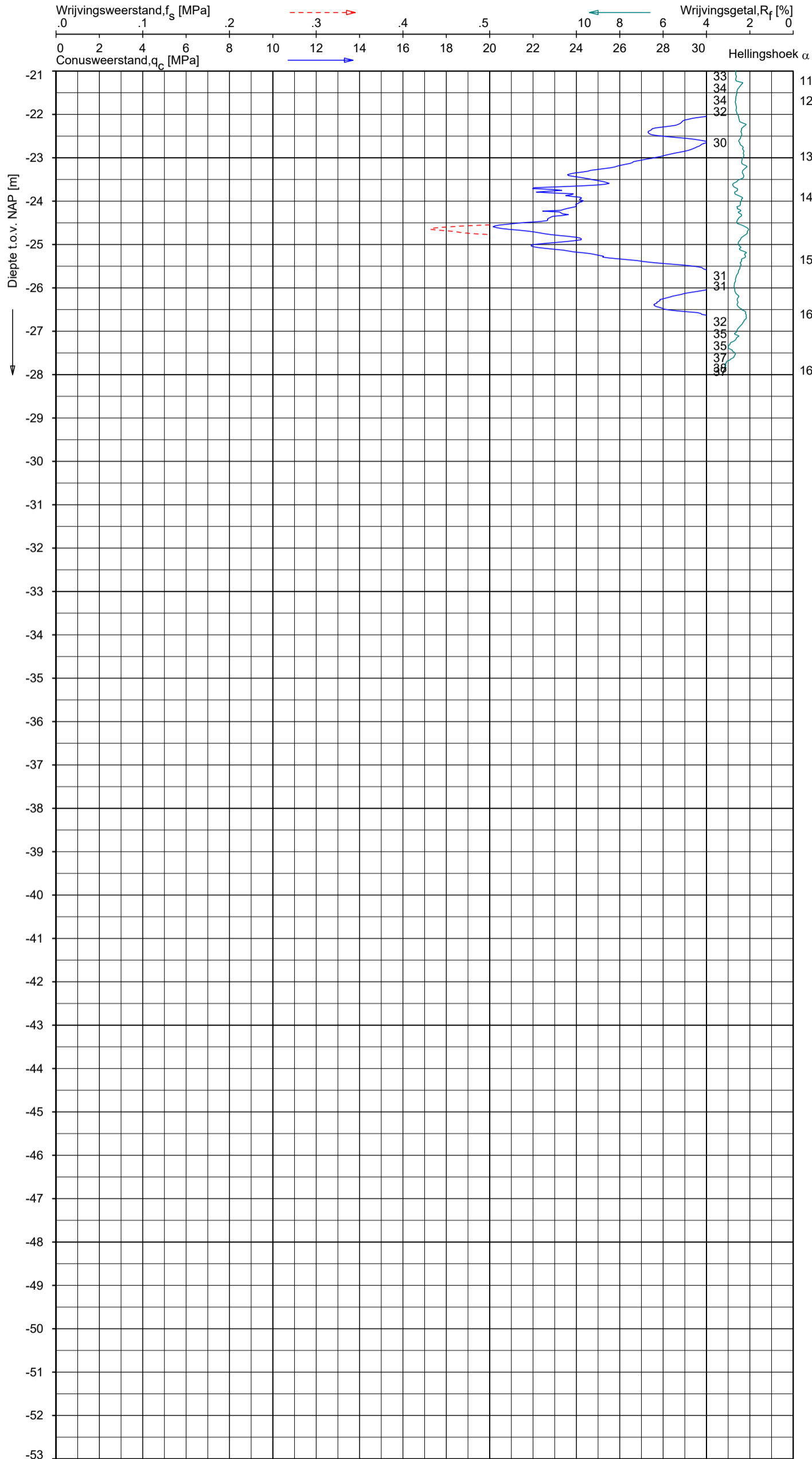
Opg. : as d.d. 06-jan-2022 Coord.: X=268456.2 m Y=552871.7 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : LM d.d. 14-jan-2022 MV = NAP +6.75 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2840 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

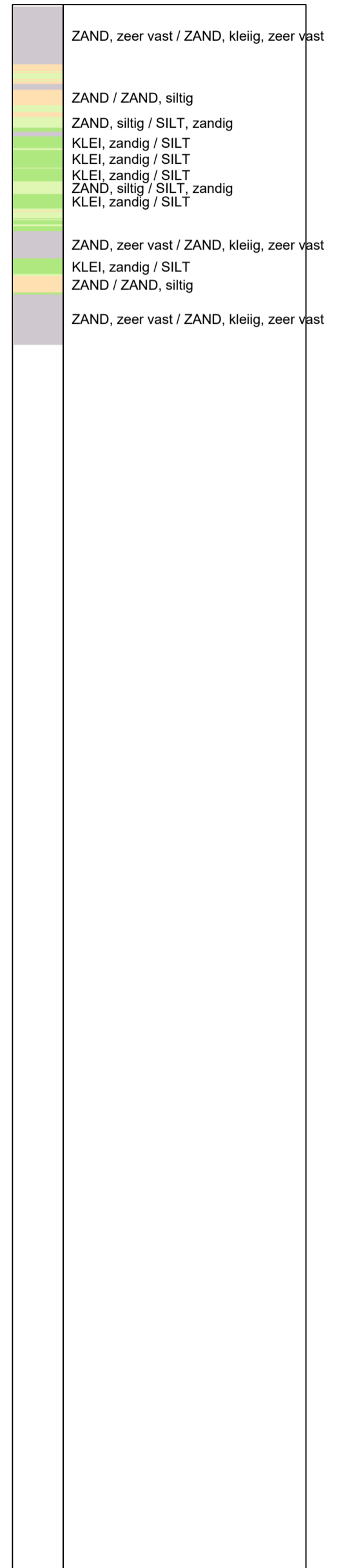
ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
 Sond. DKM14A





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



Opg. : as d.d. 06-jan-2022 Coord.: X= 268456.2 m Y= 552871.7 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : LM d.d. 14-jan-2022 MV = NAP +6.75 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2840 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
 Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONTWIKKELING SELLINGERBEETSE BH5938

Opdr. 1321-196096
Sond. DKM14A

Toelichting geotechnisch onderzoek

Coördinaten en hoogte van de onderzoekspunten

Indien de hoogte en coördinaten van de onderzoekslocaties zijn bepaald in NAP en RD bedragen de maximale afwijking van de meting van de coördinaten ca. 10 cm en de maximale afwijking van de meting van de hoogte ca. 5 cm. Bij projecten waarbij de sonderingen zijn gerefereerd aan een lokaal vast punt bedraagt de maximale afwijking in de hoogte ca 5 cm. De maximale afwijking in de maatvoering door middel van traditioneel uitzetten met een meetband bedraagt ca. 25 cm.

Indien de onderzoekslocaties niet zijn gerefereerd aan een vaste referentiehoogte wijkt het onderzoek af van de gestelde eisen in de NEN-EN-ISO 22476-1.

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.

Sonderen

Een beschrijving van de gevolgde meet- en registratiemethode is gegeven in de bijlage 'Continu Elektrisch Sonderen'.

Boren

Mechanisch boorwerk wordt verbuisd uitgevoerd, waarbij de grond uit de buis wordt verwijderd met behulp van een puls (niet-cohesieve gronden) en/of een avegaarboor (cohesieve gronden).

Bij handboren wordt gebruik gemaakt van een edelmanboor (cohesieve gronden) en een handpuls (niet-cohesieve gronden).

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

Peilbuizen worden gepresenteerd op de betreffende boorstaten. De boringen met peilbuis zijn met bijbehorend symbool aangegeven op de situatietekening.

Ongeroerde monsternamen bij het mechanisch boren kan plaatsvinden door:

- Een Ackermann steekbus te slaan of te drukken;
- Een Pistonbus te drukken;
- Een Gelpush monster te drukken.

Bij handboren worden ongeroerde monsters genomen met een Van der Horst-steekapparaat.

De tijdens het boren genomen geroerde monsters worden in het veld globaal geïdentificeerd. Als er laboratoriumonderzoek volgt na het veldwerk, worden in het laboratorium de monsters gedetailleerd geclassificeerd en/of geïdentificeerd. Bij eventuele verschillen tussen de veld- en laboratoriumidentificatie is de laboratoriumidentificatie bepalend.

Op het beschrijven van grond is de NEN-EN-ISO 14688-1 of NEN 5104 van toepassing. Op de boorstaat staat aangegeven welke NEN Norm gehanteerd is.

(Grond)waterstand

De gemeten (grond)waterstand(en) betreffen een eenmalige opname en zijn bedoeld als een oriënterend gegeven. De grondwaterstand kan in de tijd fluctueren onder invloed van de weersgesteldheid en de seizoenen.

Kwaliteitsborging

Alle werkzaamheden zijn verricht in overeenstemming met het managementsysteem van Fugro NL Land B.V. dat voldoet aan de NEN-ISO 9001:2015 en VCA ** 2008/5.1.

De kalibratiesheet(s) van de gebruikte conus(sen) kunnen op verzoek worden toegestuurd.

Continu elektrisch sonderen

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 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 teruggetrokken. 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 mm² 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 mm² 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. Het basisoppervlak van de conus mag tussen 500 en 2000 mm² variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten moeten worden toegepast. Fugro sonderingen worden standaard uitgevoerd met een sondeerconus met een basisoppervlak van 1500 mm² en een manteloppervlak van 20000 mm².

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. Onderzoek* 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

* Lunne and Powell, A comparison of different sized piezocones in UK clays.

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.*

Tabel 1: Wrijvingsgetal per grondsoort

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, 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.

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][†], 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:

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

Vergelijking 1

Genormaliseerd wrijvingsgetal

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

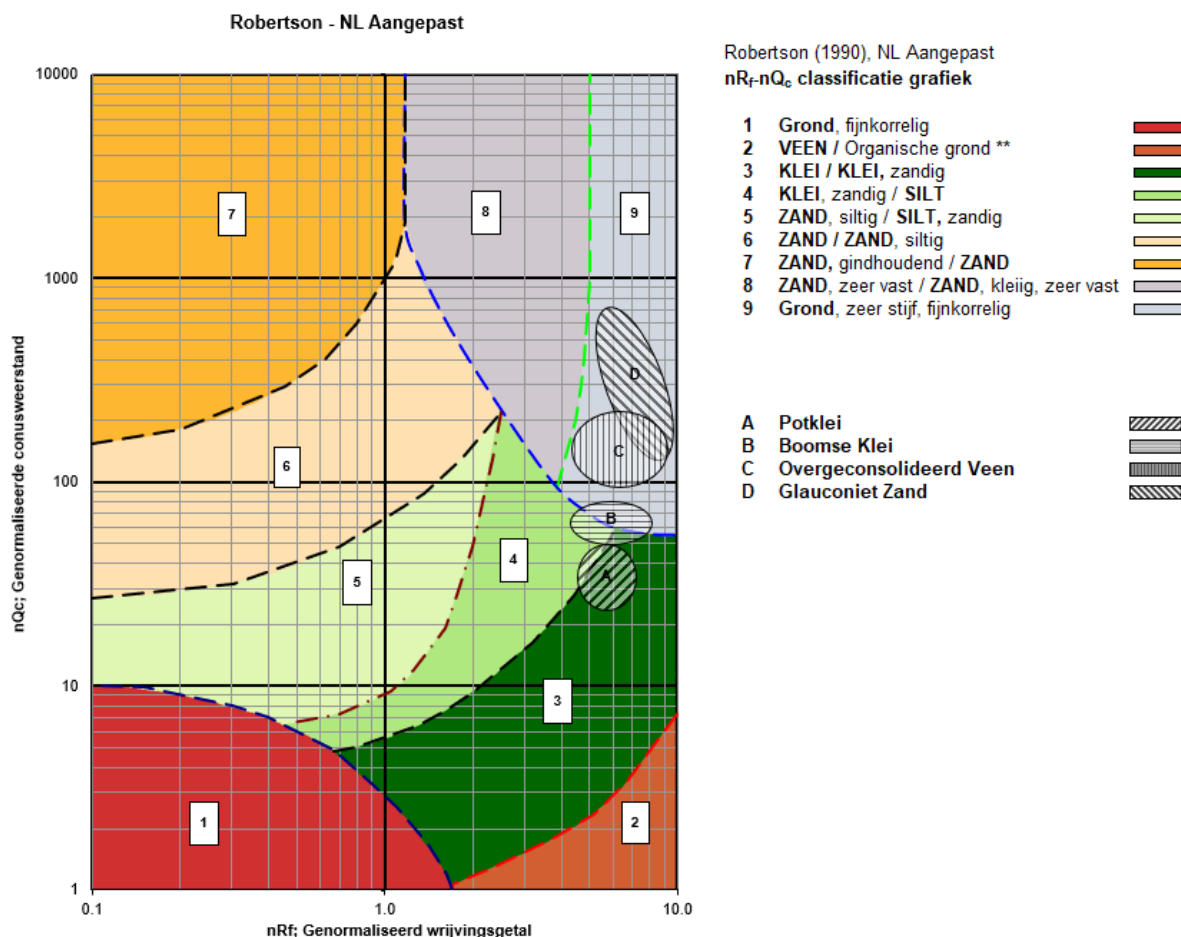
Vergelijking 2

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

[†] Robertson, P.K. [1990] "Soil Classification using the cone penetration test". Canadian Geotechnical Journal, 27(1), 151-158

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;
- er is een extra voorwaarde ingebracht om Holocene veenlagen goed te kunnen classificeren. Voor $q_c < 1,5 \text{ MPa}$ en $R_f > 5 \%$ wordt de grond als veen geïnterpreteerd.



** In Nederland is dit meestal VEEN. Op basis van boorgegevens en/of geologische gegevens kan nader onderscheid worden gemaakt in het type organische grond

Figuur 1: Classificatiegrafiek Robertson (1990), aangepast voor Nederlandse grondsoorten

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.

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.

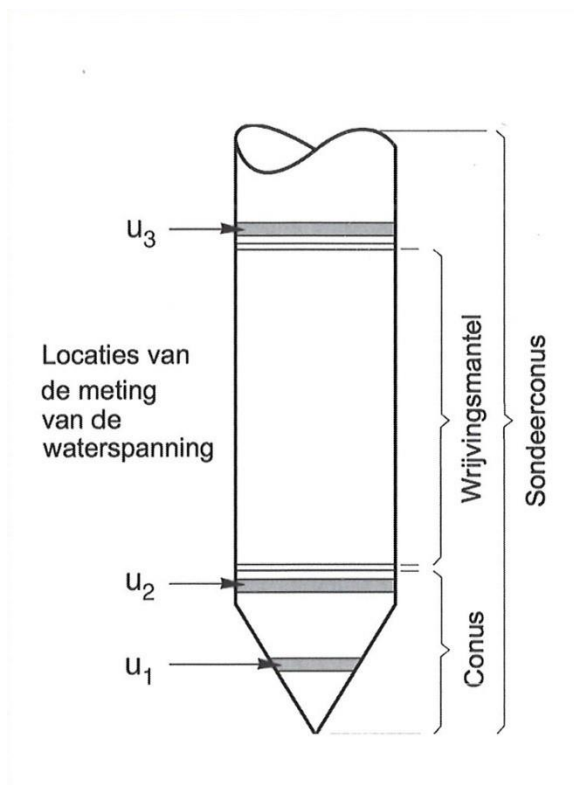
Tabel 2: Overzicht andere conustypen met toepassingsmogelijkheden

Type meting	Meetresultaten	Toepassingsmogelijkheden
Waterspanning	Waterspanning ter plaatse van de punt	<ul style="list-style-type: none"> ■ registreren waterremmende lagen; ■ indicatie stijghoogte grondwater; ■ classificatie / gelaagdheid bodem.
Magnetometer	Magnetische veldsterkte in 3 orthogonale richtingen (X,Y,Z)	<ul style="list-style-type: none"> ■ blindgangeronderzoek; ■ onderzoek ligging obstakels (stalen leidingen, grondankers); ■ onderzoek paalpuntniveau / schoorstand funderingspalen; ■ onderzoek ligging onderzijde stalen damwanden.
Geleidbaarheid	Elektrische geleiding grond en grondwater	<ul style="list-style-type: none"> ■ indicatie waterkwaliteit / zoet - zout water grens; ■ onderzoek verspreiding verontreiniging.
Temperatuur	Temperatuurmeting op verschillende diepten	<ul style="list-style-type: none"> ■ warmteoverdracht in de bodem; ■ bepaling temperatuurgradiënt.
Schuifgolfsnelheid (seismisch)	Dynamische bodemparameters op verschillende diepten	<ul style="list-style-type: none"> ■ machinefunderingen; ■ windturbinefunderingen.
Versnelling	Versnellingen op verschillende diepten	<ul style="list-style-type: none"> ■ heitrillingen; ■ verkeerstrillingen
MIP (Membrane Interface Probe)	Verticale verspreiding van vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen	<ul style="list-style-type: none"> ■ bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met (gechloreerde) koolwaterstoffen
ROST (Rapid Optical Screening Tool)	Verticale verspreiding van (aromatische) koolwaterstoffen	<ul style="list-style-type: none"> ■ bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met (aromatische) koolwaterstoffen
HPT (Hydraulic Profiling Tool)	Doorlatendheid	<ul style="list-style-type: none"> ■ niet-stationaire grondwatermodellen ■ ontwerp bemalingen; ■ onderzoek infiltratiecapaciteit (DSI); ■ beoordeling pipinggevoeligheid dijken.

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: Schematische weergave sondeerconus met meting van waterspanning

Uitvoeringswijze

Om een juiste meting van de waterspanning te verkrijgen, dient het gehele meetsysteem volledig ontvlucht 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 wateroverspanningsindex 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. Aangevoerd is dat het detectievermogen van de u_1 -meting veel hoger is dan van de u_2 -meting.

Wateroverspanningsindex B_q

Met de wateroverspanningsindex 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, rekening houdend met de heersende effectieve verticale spanning op het betreffende niveau. De wateroverspanningsindex B_q wordt als volgt berekend:

$$B_q = \frac{\beta \cdot (u_1 - u_0)}{q_{net}}$$

Vergelijking 3

$$B_q = \frac{(u_2 - u_0)}{q_{net}}$$

Vergelijking 4

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 = $q_c + (1 - a) \cdot \{\beta(u_1 - u_0) + u_0\}$ voor een filter in de conuspunt
- $= q_c + (1 - a) \cdot u_2$ voor een filter direct achter de conuspunt
- σ_{v0} = de verticale grondspanning; standaard wordt hierbij uitgegaan van een gemiddeld volumiek gewicht van de bodemlagen van 14 kN/m³ 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 tabel 3 gegeven.

Tabel 3: β -factor per grondsoort

Grondgedrag	β -factor
Normaal geconsolideerde klei	0,6 – 0,8
Licht overgeconsolideerde klei	0,5 – 0,7
Sterk overgeconsolideerde klei	0,0* – 0,3
Silt, samendrukbaar	0,5 – 0,6
Silt, vast en dilatant gedrag	0,0* – 0,2
Zand, siltig, los gepakt	0,2 – 0,4
Opmerking: * = 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 klei overeen met circa 1/2 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. In de norm *EN-ISO 22476-1* is de nauwkeurigheid van de meetresultaten 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 tabel 4.

Tabel 4: Overzicht toepassingsklassen *EN-ISO 22476-1*

Toepassing-klasse	Test type	Gemeten parameter	Toegestane minimum nauwkeurigheid ^a	Maximum lengte tussen metingen	Gebruik	
					Grondsoort	Interpretatie
1	TE2	<ul style="list-style-type: none"> ■ Conusweerstand ■ Mantelwrijving ■ 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	<ul style="list-style-type: none"> ■ Conusweerstand ■ Mantelwrijving ■ Waterspanning ■ Helling ■ Sondeerlengte 	100 kPa of 5 % 15 kPa of 15 % 25 kPa of 3 % 2° 0,1 m of 1 %	20 mm	A	G, H*
					B	G, H
					C	G, H
					D	G, H
3	TE1 TE2	<ul style="list-style-type: none"> ■ Conusweerstand ■ Mantelwrijving ■ 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	G
					B	G, H*
					C	G, H
					D	G, H
4	TE1	<ul style="list-style-type: none"> ■ Conusweerstand ■ Mantelwrijving ■ Sondeerlengte 	500 kPa of 5 % 50 kPa of 20 % 0,2 m of 1 %	50 mm	A	G*
					B	G*
					C	G*
					D	G*

Opmerking:

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) (typische gronden met $q_c < 3$ MPa);

B gemengde bodemprofielen met slappe tot stijve kleien ($q_c \leq 3$ MPa) en matig vaste tot vaste zanden (conusweerstand 5 MPa • $q_c < 10$ MPa);

C gemengde bodemprofielen met stijve kleien (conusweerstand 1,5 MPa • $q_c < 3$ MPa) en zeer dichte zanden ($q_c > 20$ MPa);

D zeer stijve tot harde kleien ($q_c \geq 3$ MPa) en zeer vaste grove gronden ($q_c \geq 20$ MPa).

c G Vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een laag niveau van onzekerheid.

G* Indicatieve vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een hoog niveau van onzekerheid.

H Interpretatie met betrekking tot ontwerp met een laag niveau van onzekerheid.

H* Interpretatie met betrekking tot ontwerp met een hoog niveau van onzekerheid.

































d Waterspanning kan alleen worden gemeten als TE2 wordt toegepast.

Voor projecten, waarbij parameters op basis van Tabel 2.b uit *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 niet realistisch om aan de eisen van toepassing klasse 1 voldoen zoals ook blijkt uit de bovenstaande tabel. Het bij Fugro gehanteerde meetstelsel voor sonderen is bijzonder nauwkeurig door toepassing van digitale conussen, strikte kwaliteitscontroles en kalibraties. In de praktijk is gebleken dat standaard Fugro sonderingen in de nieuwe norm voor het overgrote deel (>95%) in toepassingsklasse 2 vallen.

Voor sondering in toepassingsklasse 1 worden speciale gevoelige conussen met een beperkt meetbereik toegepast. De enige praktische indicatie over de bereikte sondeerklasse is controle van recente kalibraties 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) hoeft te worden vastgelegd. Deze sonderingen voldoen derhalve op dit punt niet aan *EN-ISO 22476-1*.

Legenda terreinproeven

Boringen / Peilbuizen	Sonderingen
 Handboring nog niet uitgevoerd	 Sondering met plaatselijke kleefmeting nog niet uitgevoerd
 Handboring uitgevoerd	 Sondering met plaatselijke kleefmeting uitgevoerd
 Handboring uitgevoerd met 1 peilbuis	 Sondering zonder plaatselijke kleefmeting nog niet uitgevoerd
 Handboring uitgevoerd met 2 peilbuizen	 Sondering zonder plaatselijke kleefmeting uitgevoerd
 Mechanische boring nog niet uitgevoerd	 Slagsondering uitgevoerd
 Mechanische boring uitgevoerd	 Handsondering uitgevoerd
 Mechanische boring uitgevoerd met 1 peilbuis	 Multigrondwatersondering nog niet uitgevoerd
 Mechanische boring uitgevoerd met 2 peilbuizen	 Multigrondwatersondering uitgevoerd
 Mechanische boring uitgevoerd met 3 peilbuizen	 Sondering met bolconus nog niet uitgevoerd
 Boring uitgevoerd door derden	 Sondering met bolconus uitgevoerd
 Boring uitgevoerd met peilbuis door derden	 Waterspanningsmeter nog niet uitgevoerd
 Gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF) nog niet uitgevoerd	 Waterspanningsmeter uitgevoerd
 Gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF) uitgevoerd	 Sondering uitgevoerd door derden
	 Sondering met plaatselijke kleefmeting uitgevoerd door derden
Overige symbolen	 Hellingmeterbuis nog niet uitgevoerd
 Meetpunt	 Hellingmeterbuis uitgevoerd
 Hoogtemaat	 Valsondering
Type sonderingen	Toegevoegde metingen
D Diepsondering	KM Meting van de plaatselijke kleef
HS Handsondering	P Meting van de waterspanning
S Slagsondering	M Meting van de magnetische veldsterkte
	G Meting van de geleidbaarheid
	S Meting van de schuifgolfsnelheid (seismische meting)
	T Meting van de temperatuur

Peilbuis

