



NAM

Third campaign to acquire SCPT at the G-station locations of the Seismic Monitoring Network (operated by KNMI)

FUGRO

Datum August 2020

Editors Jan van Elk & Dirk Doornhof

General Introduction

In May 2019, Seismic Cone Penetration Tests (SCPT) surveys were acquired near 14 G-stations of the KNMI Seismic Monitoring Network. These were acquired by FUGRO and commissioned by Kennisprogramma Effecten Mijnbouw (KEM). The details of this campaign and the results can be found at the NLOG.nl website (<https://www.nlog.nl/scpt-data> or <https://www.nlog.nl/en/scpt-data>). KEM is a knowledge programme initiated by the Dutch Minister of Economic Affairs, aiming to enhance the understanding of hazard and risk resulting from mining activities in The Netherlands.

As part of the NAM-led research programme, additional 40 SCPT were acquired near the remaining G-stations in September and October 2019. The report (Fig 7) contained the results of this second campaign and of the initial campaign in an appendix. The numerical seismic results of these two campaigns were provided in a separate directory file in GEF-S format, similar to the GEF-format used for CPT-results in the Netherlands. In the header of the file a description of the information included in the file is provided.

A detailed description of the shallow sub-surface of the Groningen area was prepared by Deltares (Ref. 1 to 5). These reports also contain a detailed inventorisation of CPT and SCPT data already available. The SCPT acquired in this campaign will be used in the further development of the Ground Motion Prediction Model (V6) (Ref. 6).

This left a small number of G-stations (some 15) without a SCPT survey. These were primarily G-station sites for which it had proven to be difficult to obtain a survey or G-stations near the perimeter of the field. During the development of the new Ground Motion Prediction Model (V7) the scientific value of the SCPT became more apparent and it was decided to make an additional attempt at the more difficult sites and obtain a survey for the peripheral G-station sites. This report describes the SCPT acquired in this third campaign.

References

1. Geological schematisation of the shallow subsurface of Groningen. For site response to earthquakes for the Groningen gas field. part 1, Pauline Kruiver, Ger de Lange, Ane Wiersma, Piet Meijers, Mandy Korff, Jan Peeters, Jan Stafleu, Ronald Harting, Roula Dambrink, Freek Busschers and Jan Gunnink, Deltares and NAM, June 2015.
2. Geological schematisation of the shallow subsurface of Groningen. For site response to earthquakes for the Groningen gas field. part 2, Pauline Kruiver, Ger de Lange, Ane Wiersma, Piet Meijers, Mandy Korff, Jan Peeters, Jan Stafleu, Ronald Harting, Roula Dambrink, Freek Busschers and Jan Gunnink, Deltares and NAM, June 2015.
3. Geological schematisation of the shallow subsurface of Groningen. For site response to earthquakes for the Groningen gas field. part 3, Pauline Kruiver, Ger de Lange, Ane Wiersma, Piet Meijers, Mandy Korff, Jan Peeters, Jan Stafleu, Ronald Harting, Roula Dambrink, Freek Busschers and Jan Gunnink, Deltares and NAM, June 2015.
4. Modifications of the Geological model for Site response at the Groningen Field, P. Kruiver, Deltares, June 2016.
5. Background document NAM database of subsurface information - Version date of database - 29 March 2018, Pauline Kruiver, Fred Kloosterman, Ger de Lange, Pieter Doornenbal, Deltares, Mar 2018.
6. V6 Ground-Motion Model (GMM) for Induced Seismicity in the Groningen Field - With Assurance Letter, Julian J Bommer, Benjamin Edwards, Pauline P Kruiver, Adrian Rodriguez-Marek, Peter J Stafford, Bernard Dost, Michail Ntinalexis, Elmer Ruigrok and Jesper Spetzler, December 2019
7. Campaign to acquire SCPT at the G-station locations of the Seismic Monitoring Network (operated by KNMI), FUGRO, October 2019



Title	Third campaign to acquire SCPT at the location of the G-stations of the Seismic Monitoring Network (operated by KNMI)	Date	August 2020
		Initiator	NAM
Autor(s)	Fugro	Editors	Jan van Elk Dirk Doornhof
Organisation	Fugro	Organisation	NAM
Place in the Study and Data Acquisition Plan	<p><u>Study Theme: Shallow geology of Groningen area and Ground Motion Prediction</u></p> <p><u>Comment:</u></p> <p>In May 2019, Seismic Cone Penetration Tests (SCPT) surveys were acquired near 14 G-stations of the KNMI Seismic Monitoring Network. These were acquired by FUGRO and commissioned by Kennisprogramma Effecten Mijnbouw (KEM). The details of this campaign and the results can be found at the NLOG.nl website (https://www.nlog.nl/scpt-data or https://www.nlog.nl/en/scpt-data). KEM is a knowledge programme initiated by the Dutch Minister of Economic Affairs, aiming to enhance the understanding of hazard and risk resulting from mining activities in The Netherlands.</p> <p>As part of the NAM-led research programme, additional 40 SCPT were acquired near the remaining G-stations in September and October 2019. The report contained the results of this second campaign and of the initial campaign in an appendix. The numerical seismic results of these two campaigns were provided in a separate directory file in GEF-S format, similar to the GEF-format used for CPT-results in the Netherlands. In the header of the file a description of the information included in the file is provided.</p> <p>A detailed description of the shallow sub-surface of the Groningen area was prepared by Deltares. These reports also contain a detailed inventarisatie of CPT and SCPT data already available. The SCPT acquired in this campaign will be used in the further development of the Ground Motion Prediction Model (V6).</p> <p>This left a small number of G-stations (some 15) without a SCPT survey. These were primarily G-station sites for which it had proven to be difficult to obtain a survey or G-stations near the perimeter of the field. During the development of the new Ground Motion Prediction Model (V7) the scientific value of the SCPT became more apparent and it was decided to make an additional attempt at the more difficult sites and obtain a survey for the peripheral G-station sites. This report describes the SCPT acquired in this third campaign.</p>		



Seismic CPT's KNMI G-stations Groningen

Rapportage geotechnisch onderzoek | Loppersum

1320-171323 | 14-07-2020

Definitief

Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

Documentatiebeheer

Documentgegevens

Projectnaam	Seismic CPT's KNMI G-stations Groningen
Documentnaam	Rapportage geotechnisch onderzoek
Fugro-projectnr.	1320-171323
Fugro-documentnr.	1320-171323-21-R01
Versienummer	1.0
Versiestatus	Definitief
Fugro entiteit	Fugro NL Land B.V.
Adres Fugro-kantoor	Pop Dijkemaweg 72a, 9731 BG, Groningen
Telefoonnummer	+31 50 541 2432

Klantgegevens

Klant	Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
Klant adres	Postbus 28000, 9400 HH, ASSEN
Contact klant	J. van Elk

Versiebeheer

Versie	Datum	Status	Omschrijving	Opgesteld door	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
1.0	14-07-2020	Definitief	Initiële versie	UGU	JNI	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

Projectomschrijving: Seismic CPT's KNMI G-stations Groningen

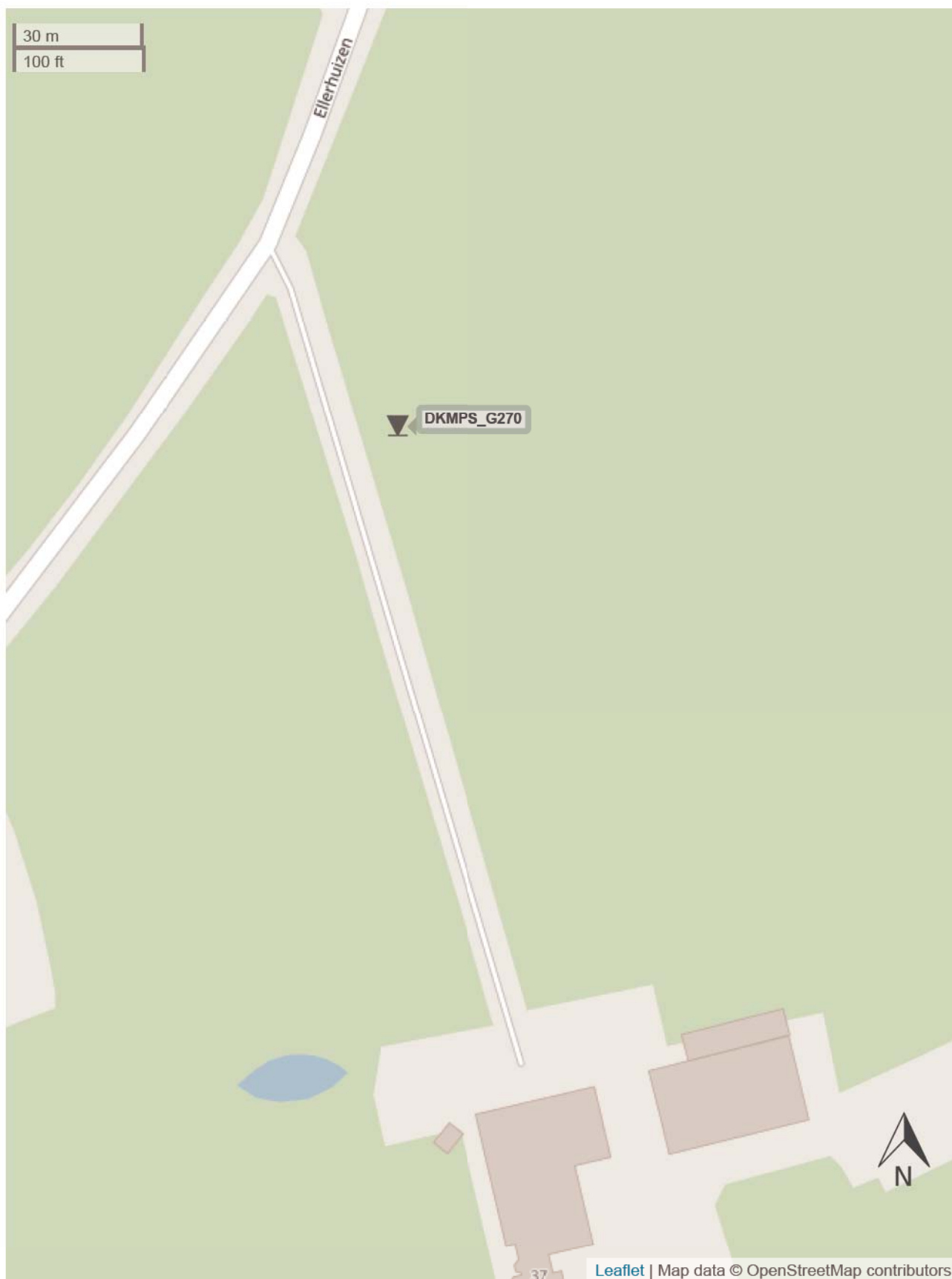
Projectnummer: 1320-171323

Naam	RD Coördinaten [m]		Hoogte [m t.o.v. NAP]	Grondwaterstand [m t.o.v. NAP]	Opmerkingen
	X	Y			
DKMPS_G170	238147.8	595177.5	0.09		Gestaakt, max. totaaldruk
DKMPS_G270	237778.2	589217.7	-1.19		
DKMPS_G330	240691.0	585599.0	-1.39		Gestaakt, max. totaaldruk
DKMPS_G370	264955.0	588743.5	-0.52		
DKMPS_G380	232549.8	579990.0	-1.21		Gestaakt, max. totaaldruk
DKMPS_G480	264703.1	580175.0	0.54		Gestaakt, max. totaaldruk
DKMPS_G640	265249.5	582835.9	0.12		
DKMPS_G650	259841.0	576991.0	0.26		Gestaakt, max. totaaldruk
DKMPS_G660	235107.5	577630.4	1.82		
DKMPS_G700	231725.9	584201.8	0.55		Gestaakt, max. totaaldruk
DKMPS_G750	228379.6	591803.1	0.56		Gestaakt, max. totaaldruk
DKMPS_G780	228377.8	598158.8	2.05		



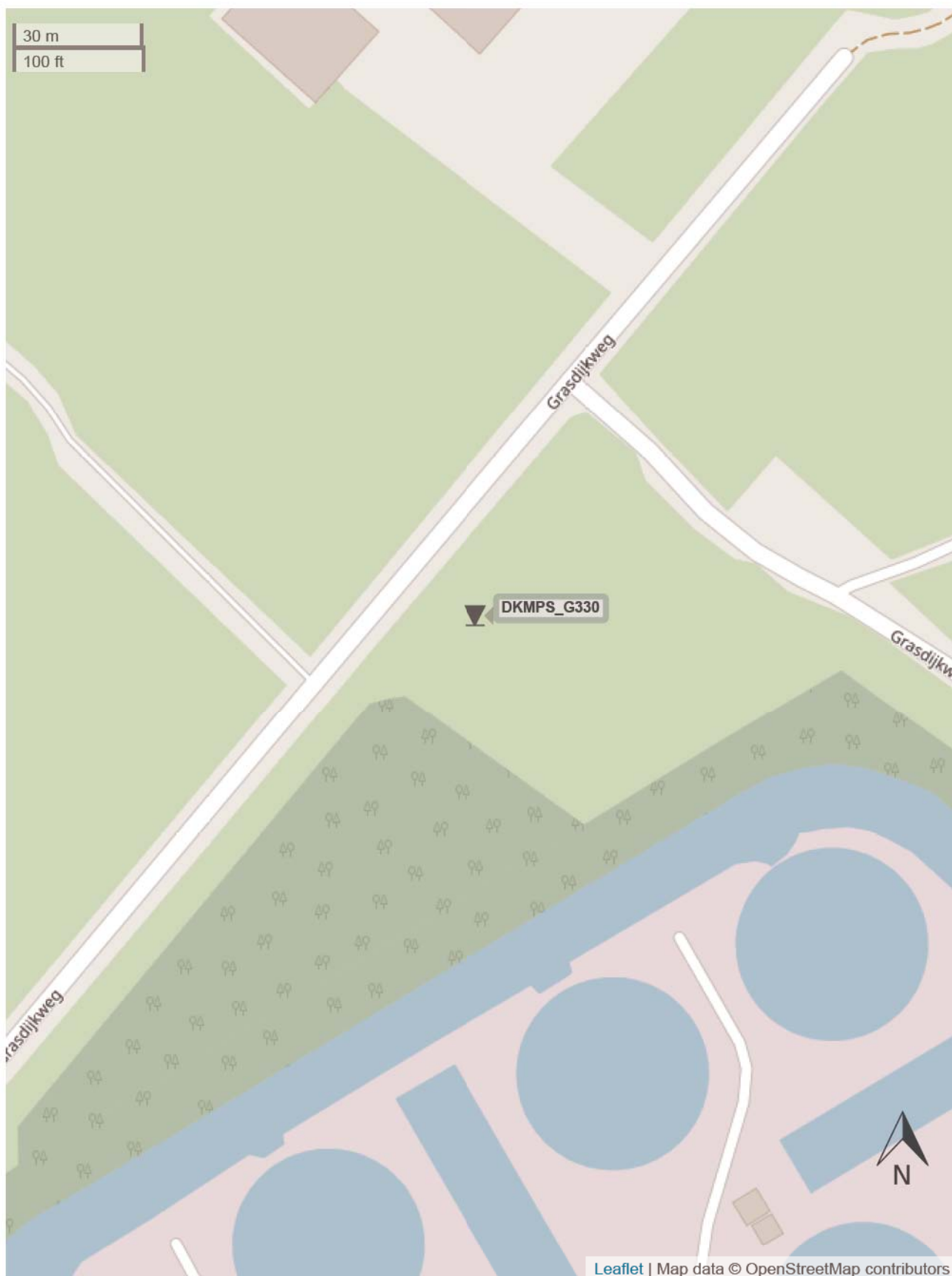
Situatie
Seismic CPT's KNMI G-stations Groningen

Opr.: 1320-171323
Bijl.: 1



Situatie
Seismic CPT's KNMI G-stations Groningen

Opdr.: 1320-171323
Bijl.: 2



Situatie
Seismic CPT's KNMI G-stations Groningen

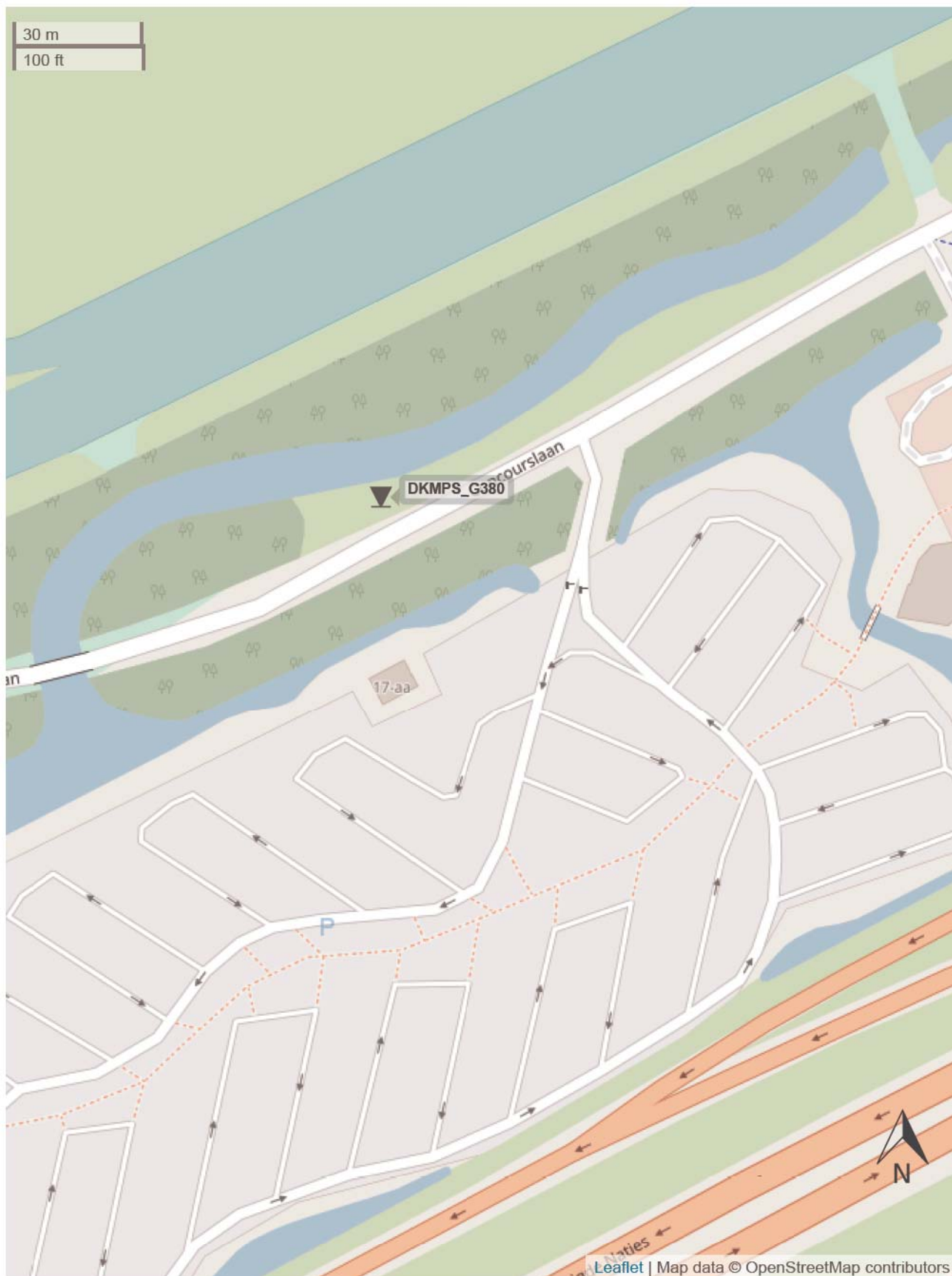
Opr.: 1320-171323
Bijl.: 3



Situatie
Seismic CPT's KNMI G-stations Groningen

Opdr.: 1320-171323
Bijl.: 4





Situatie
Seismic CPT's KNMI G-stations Groningen

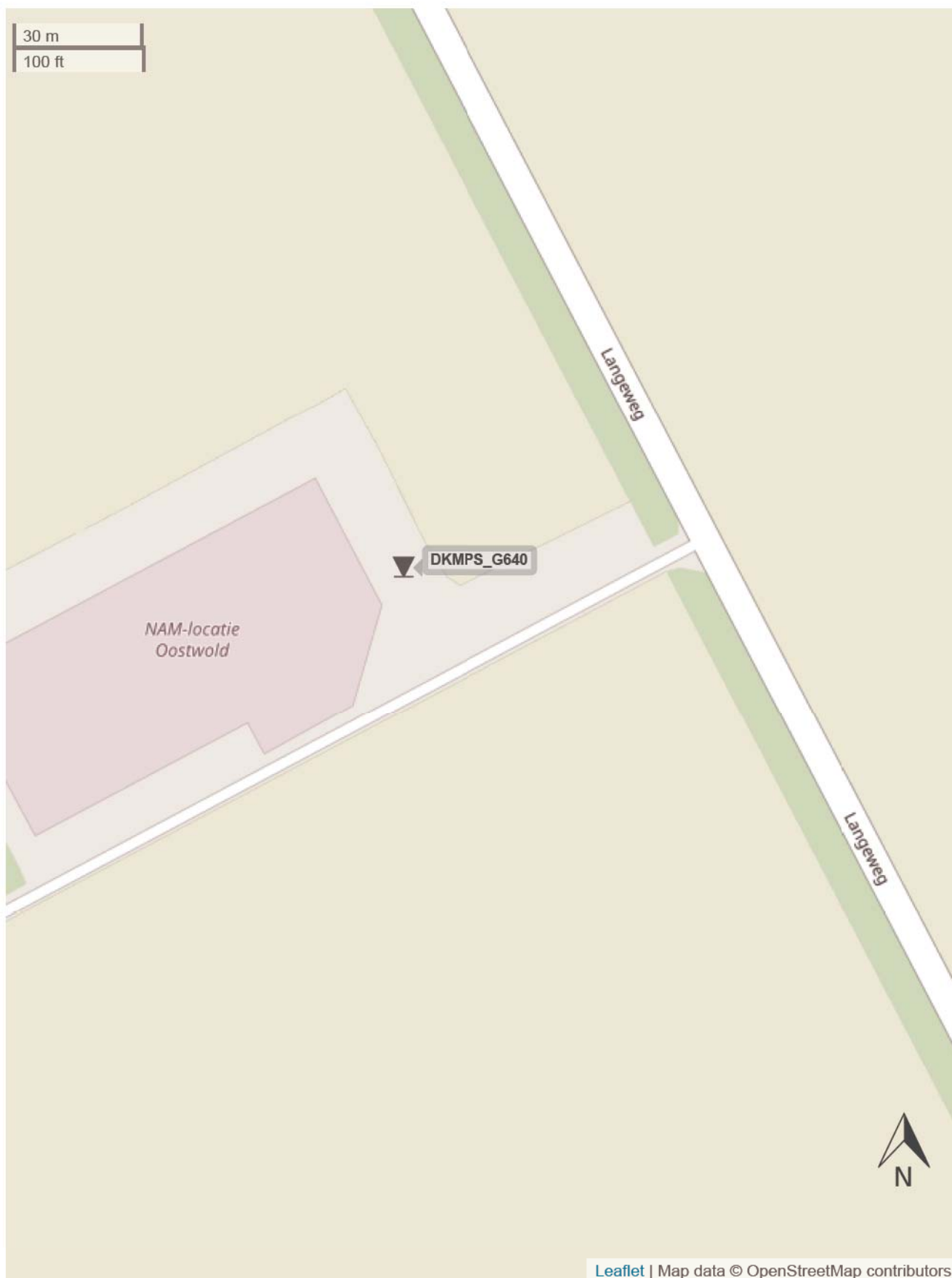
Opdr.: 1320-171323
Bijl.: 5





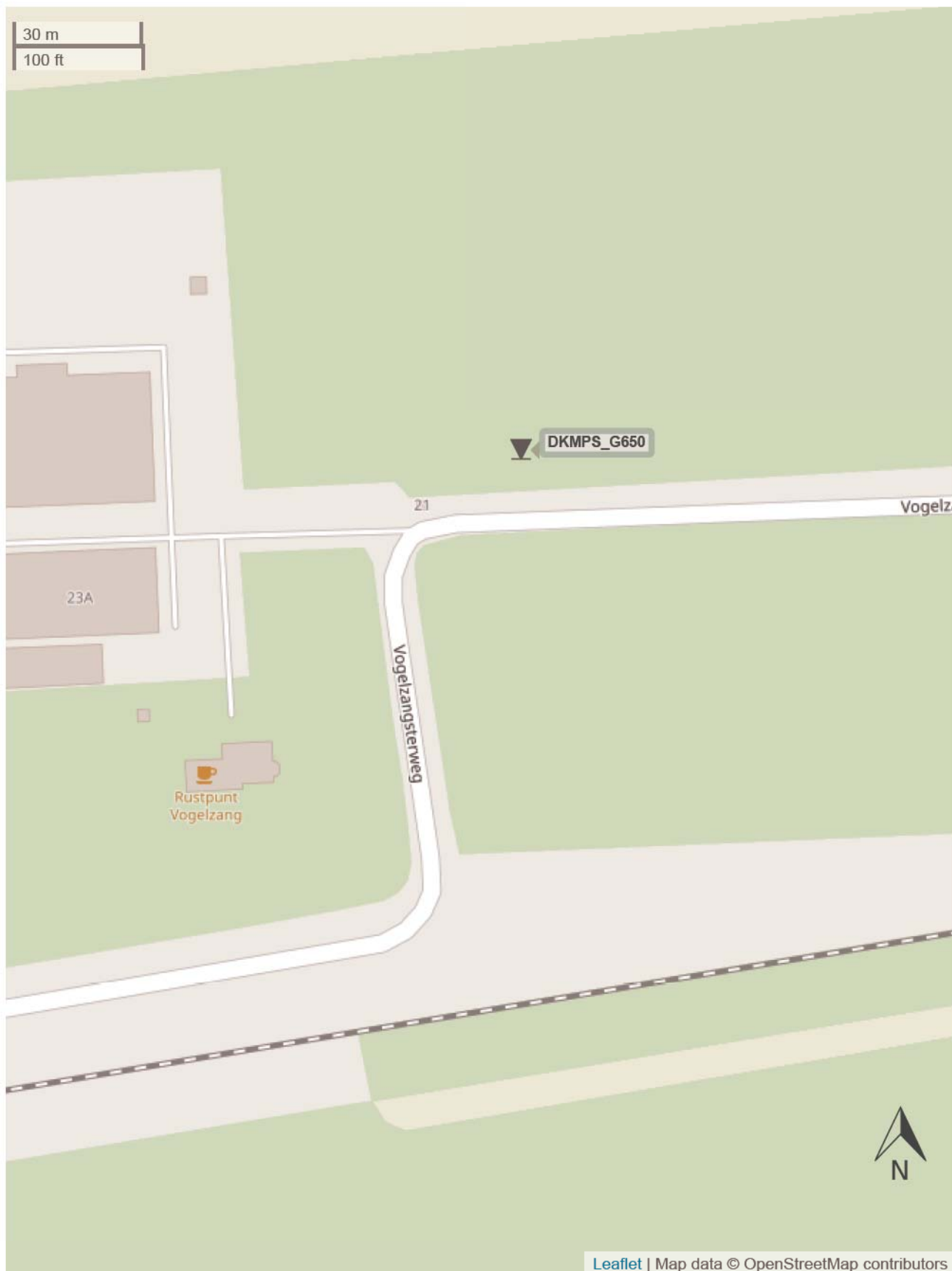
Situatie
Seismic CPT's KNMI G-stations Groningen

Opdr.: 1320-171323
Bijl.: 6



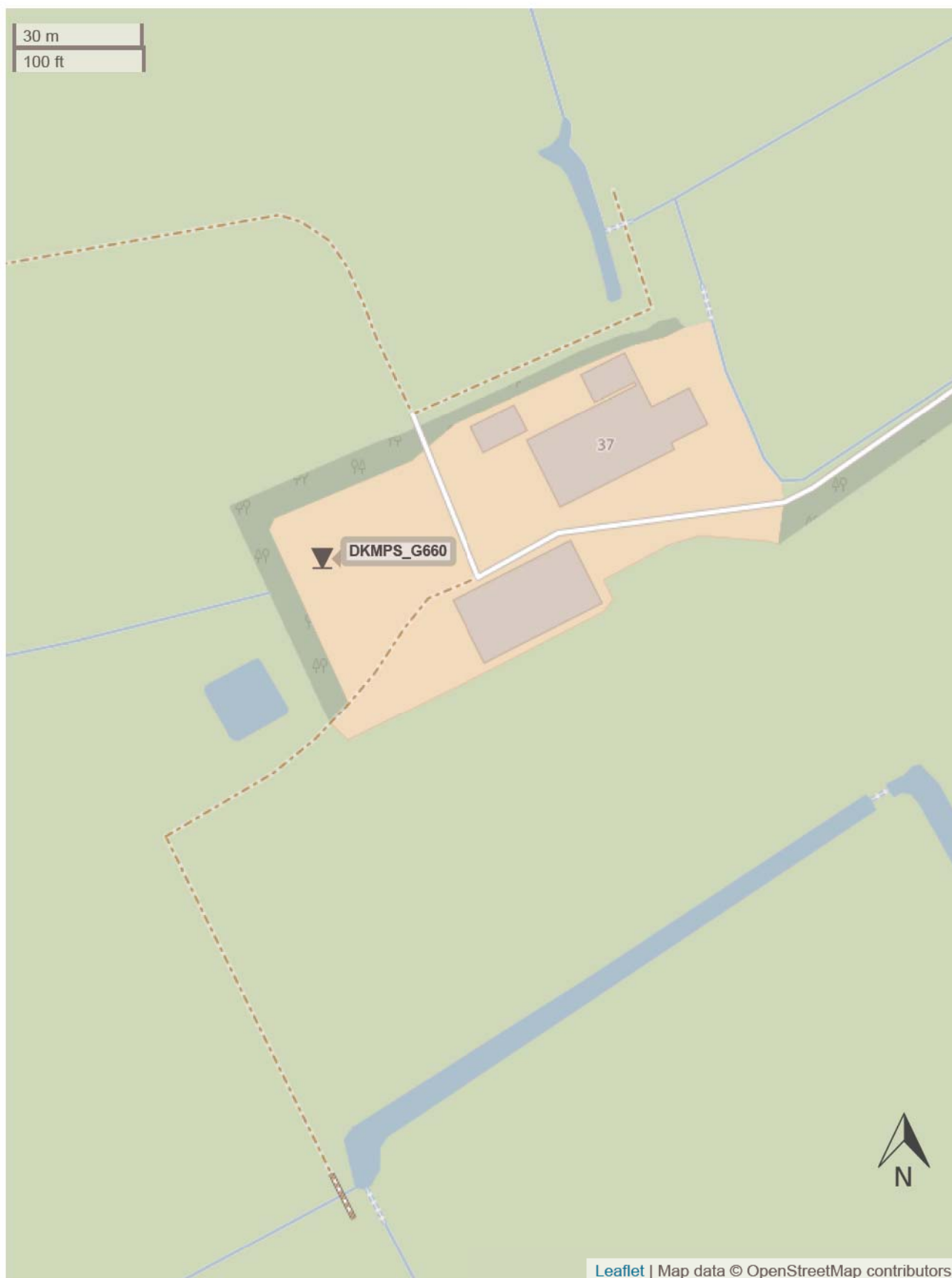
Situatie
Seismic CPT's KNMI G-stations Groningen

Opdr.: 1320-171323
Bijl.: 7



Situatie
Seismic CPT's KNMI G-stations Groningen

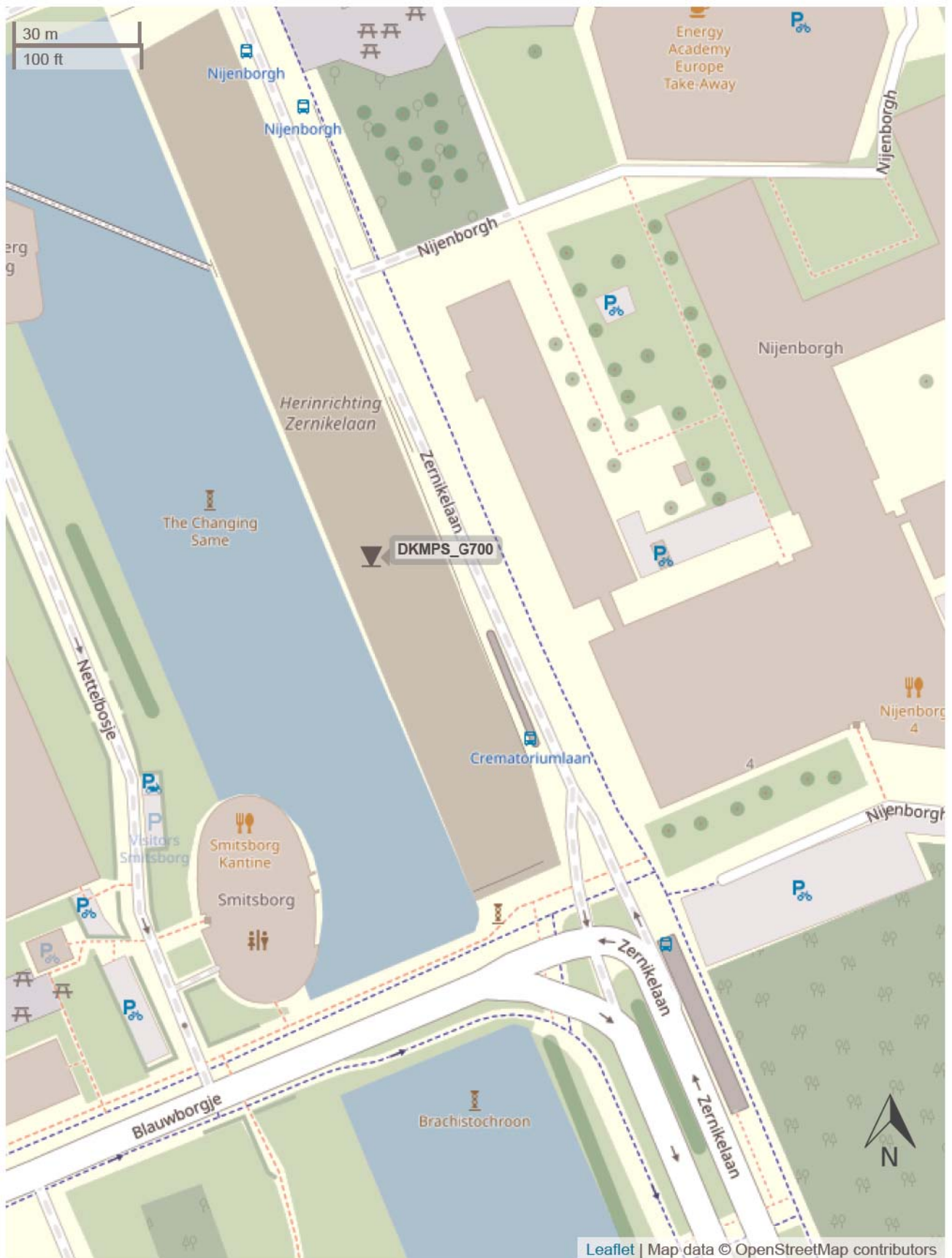
Opdr.: 1320-171323
Bijl.: 8



Situatie
Seismic CPT's KNMI G-stations Groningen

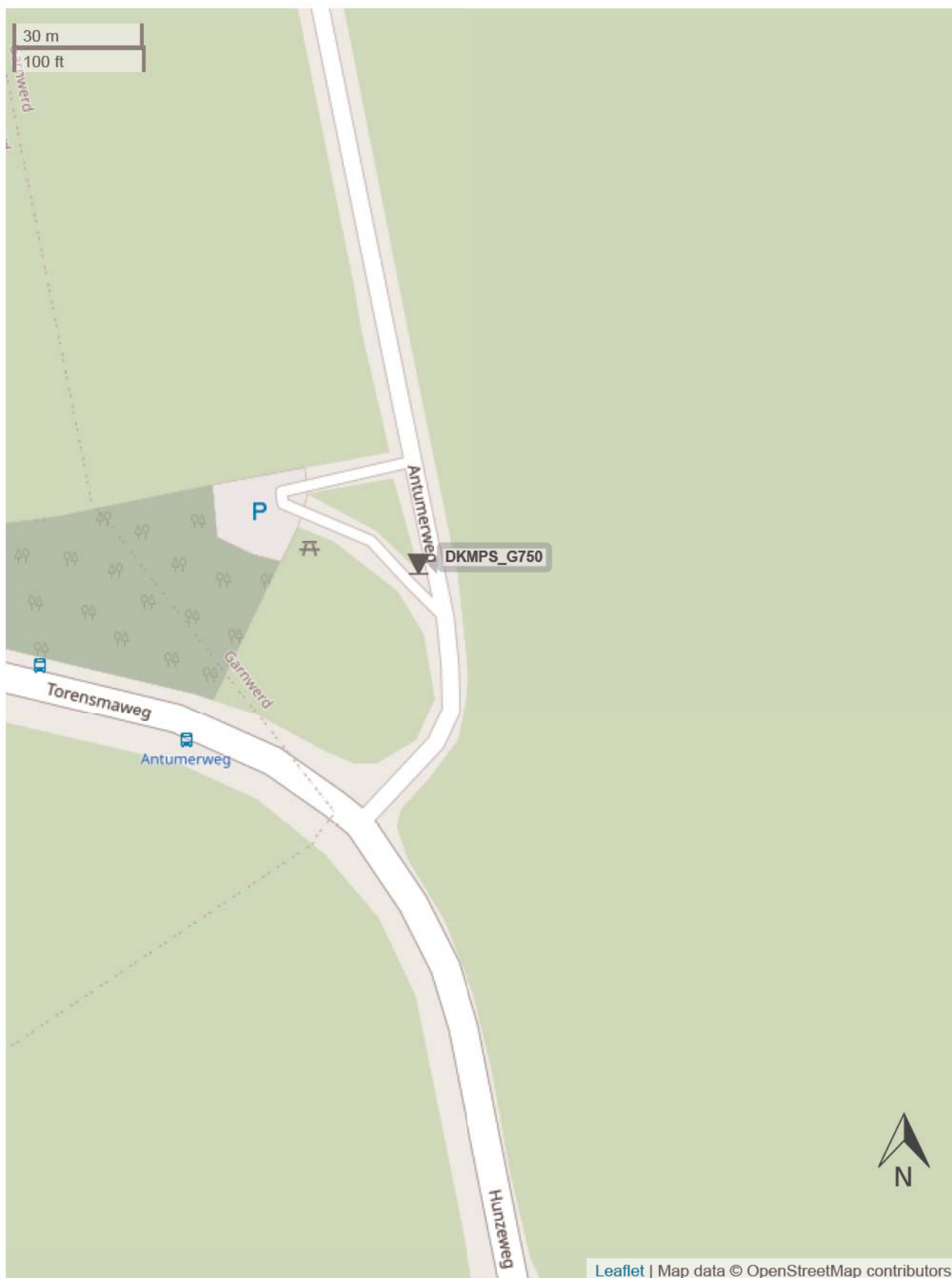
Opdr.: 1320-171323
Bijl.: 9





Situatie
Seismic CPT's KNMI G-stations Groningen

Opr.: 1320-171323
Bijl.: 10



Situatie
Seismic CPT's KNMI G-stations Groningen

Opdr.: 1320-171323
Bijl.: 11



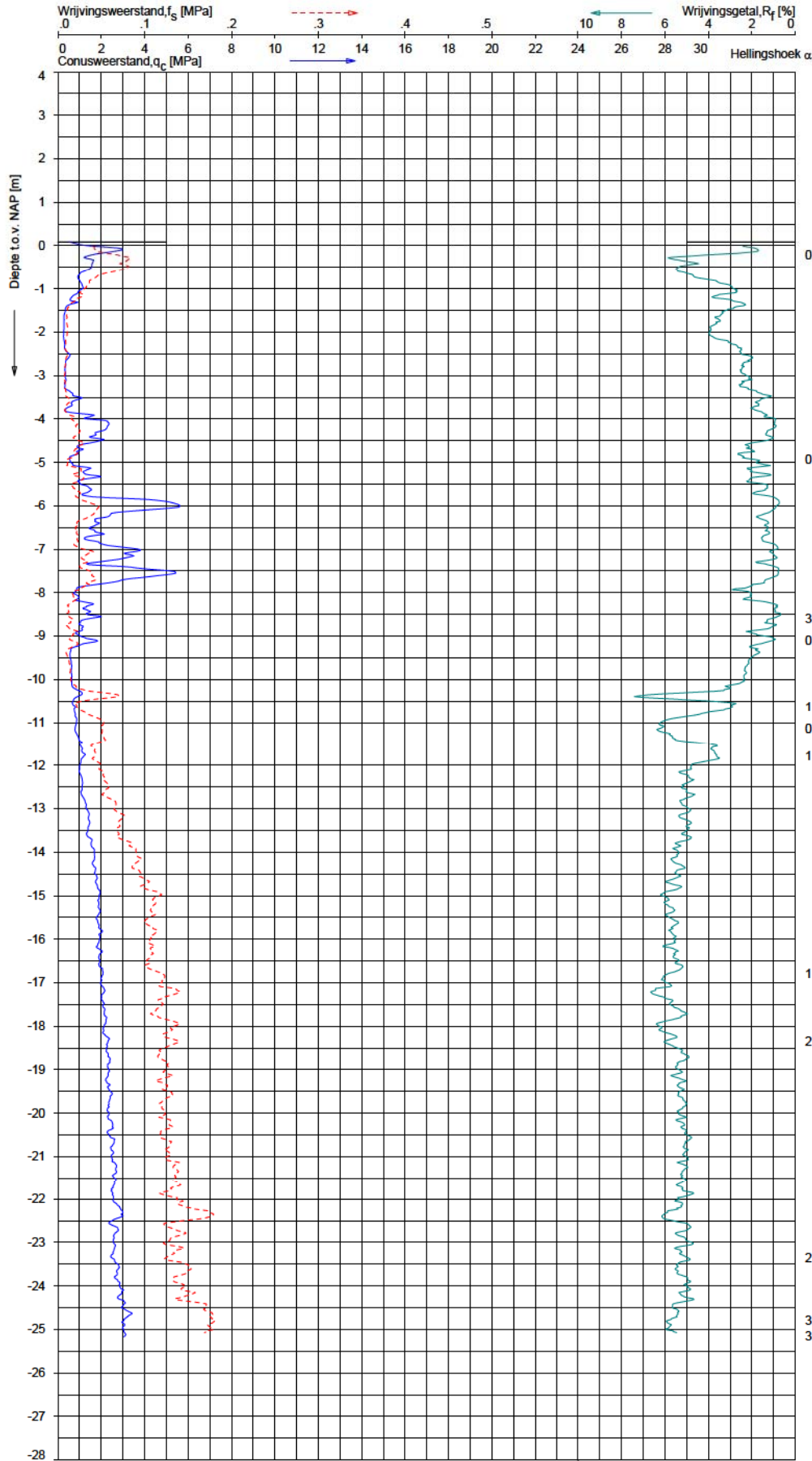


Situatie
Seismic CPT's KNMI G-stations Groningen

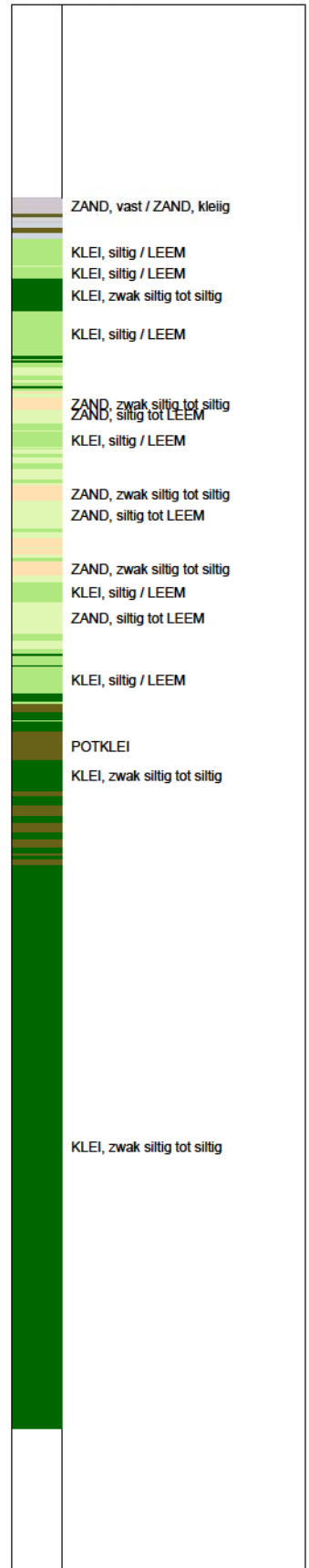
Opdr.: 1320-171323
Bijl.: 12







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

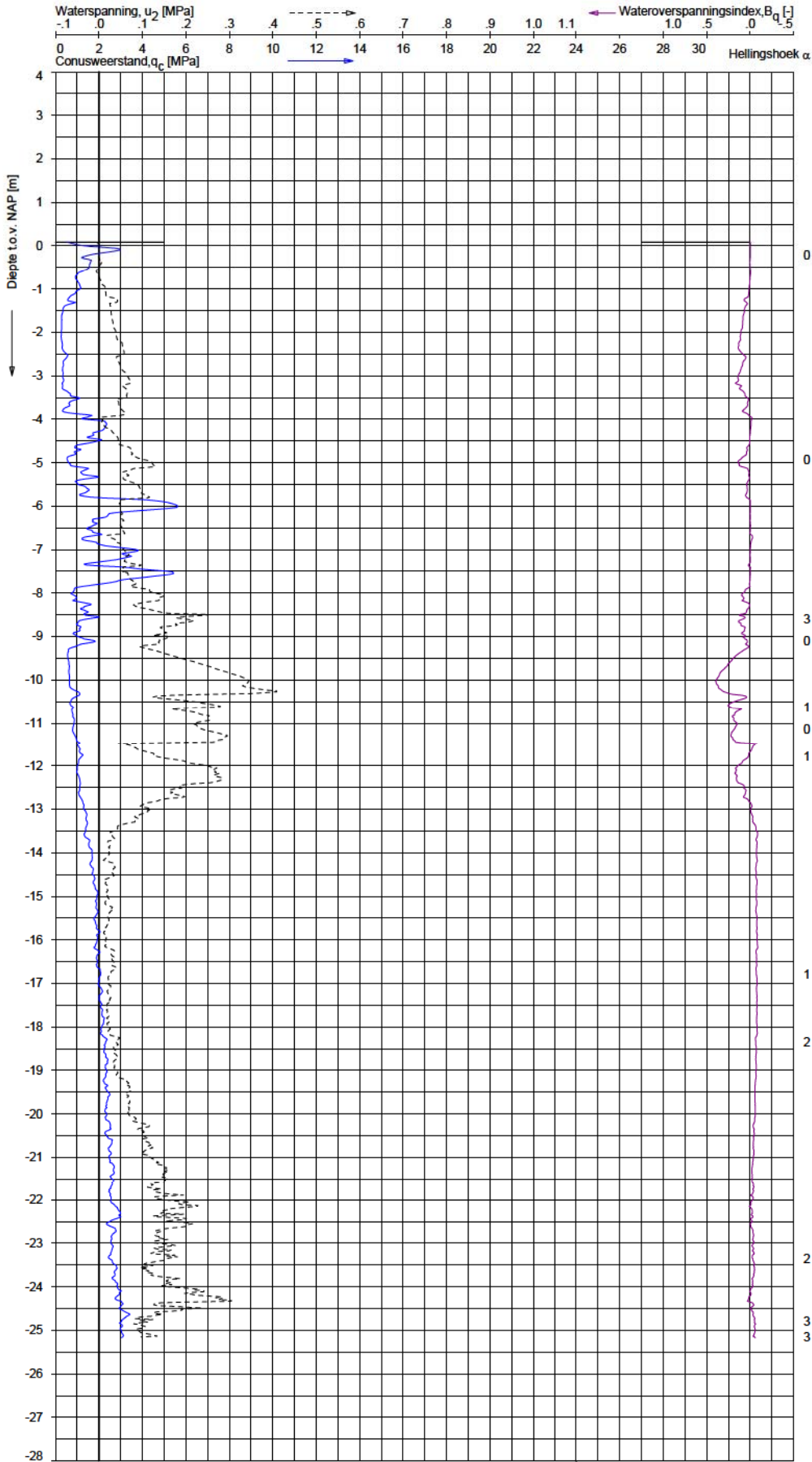


Opg.: CV / d.d.: 07-jul-2020 / Coord.: X=238147.8 m Y=595177.5 m / Systeem: RD / Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: UGU / d.d.: 14-jul-2020 / MV = NAP +0.00 m / Conus: CP15-CF75PB7SN2 / 1701-2680 / Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 1896 \text{ mm}^2$

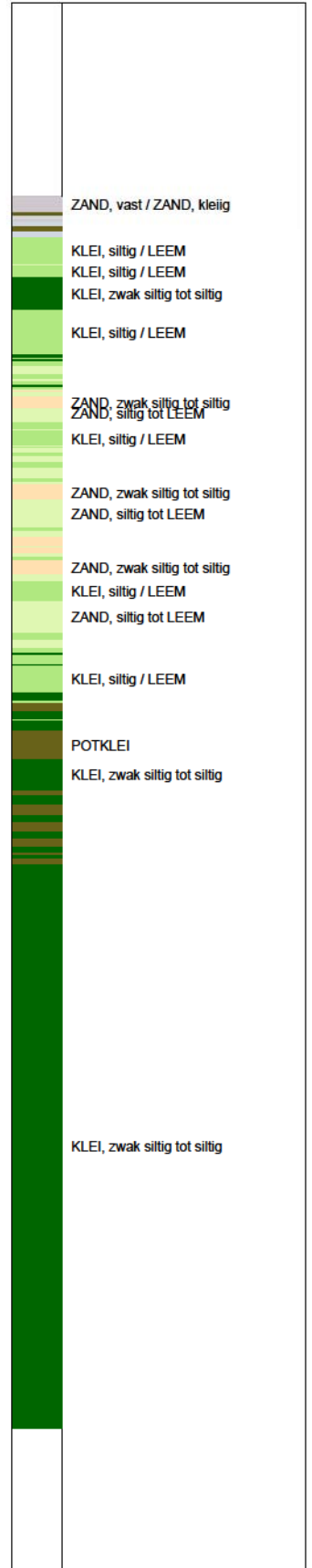
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G170



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

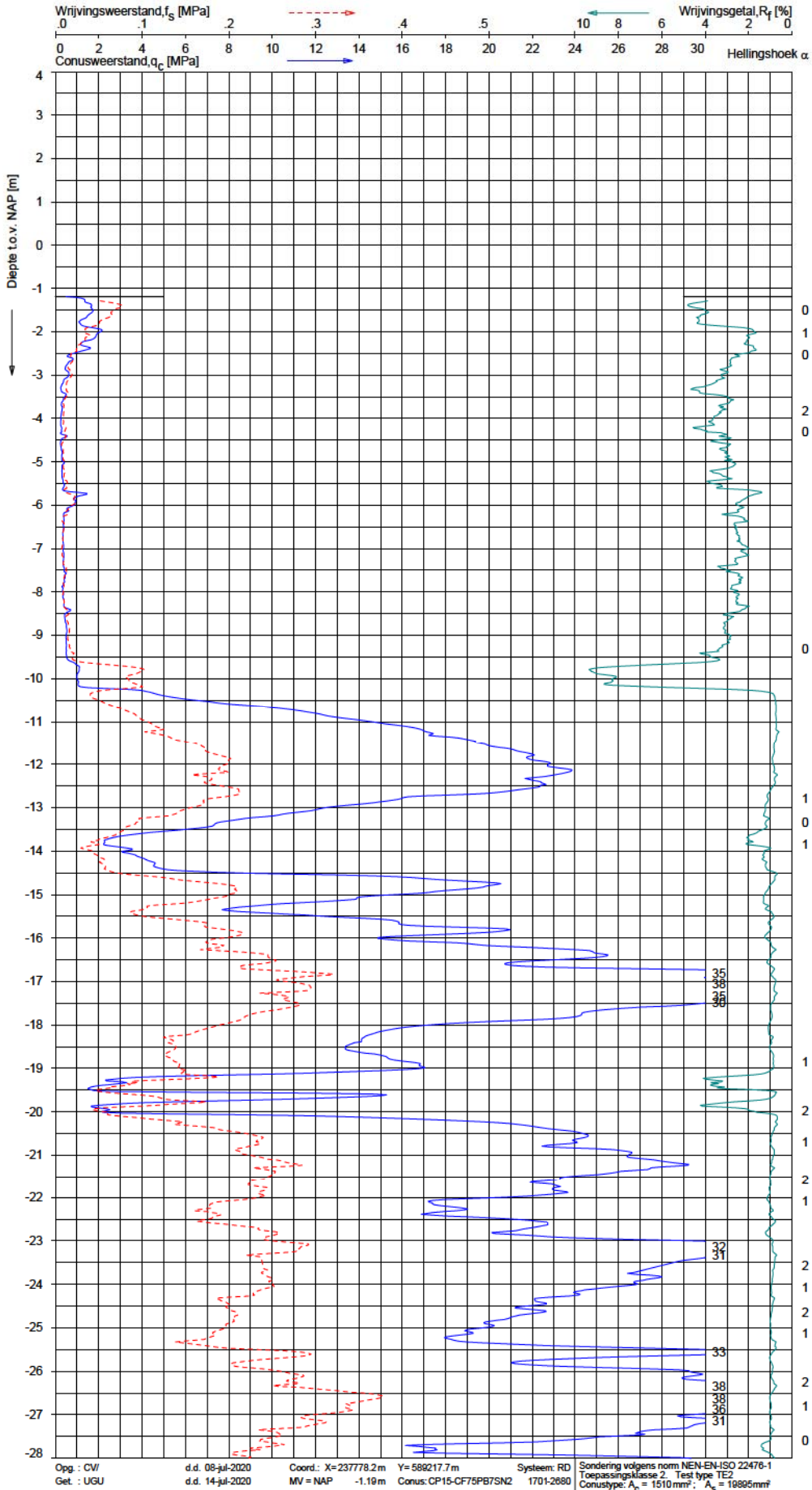


Opg. : CV
 Get. : UGU
 d.d. 07-jul-2020
 d.d. 14-jul-2020
 Coord.: X= 238147.8 m Y= 595177.5 m
 MV = NAP +0.00 m
 Conus: CP15-CF75PB7SN2
 Systeem: RD 1701-2680
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18995 \text{ mm}^2$

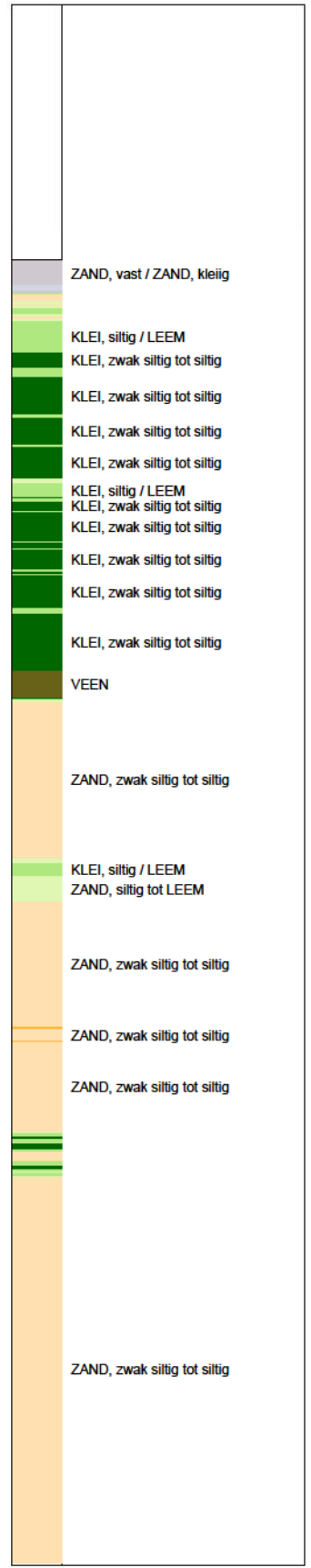
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G170



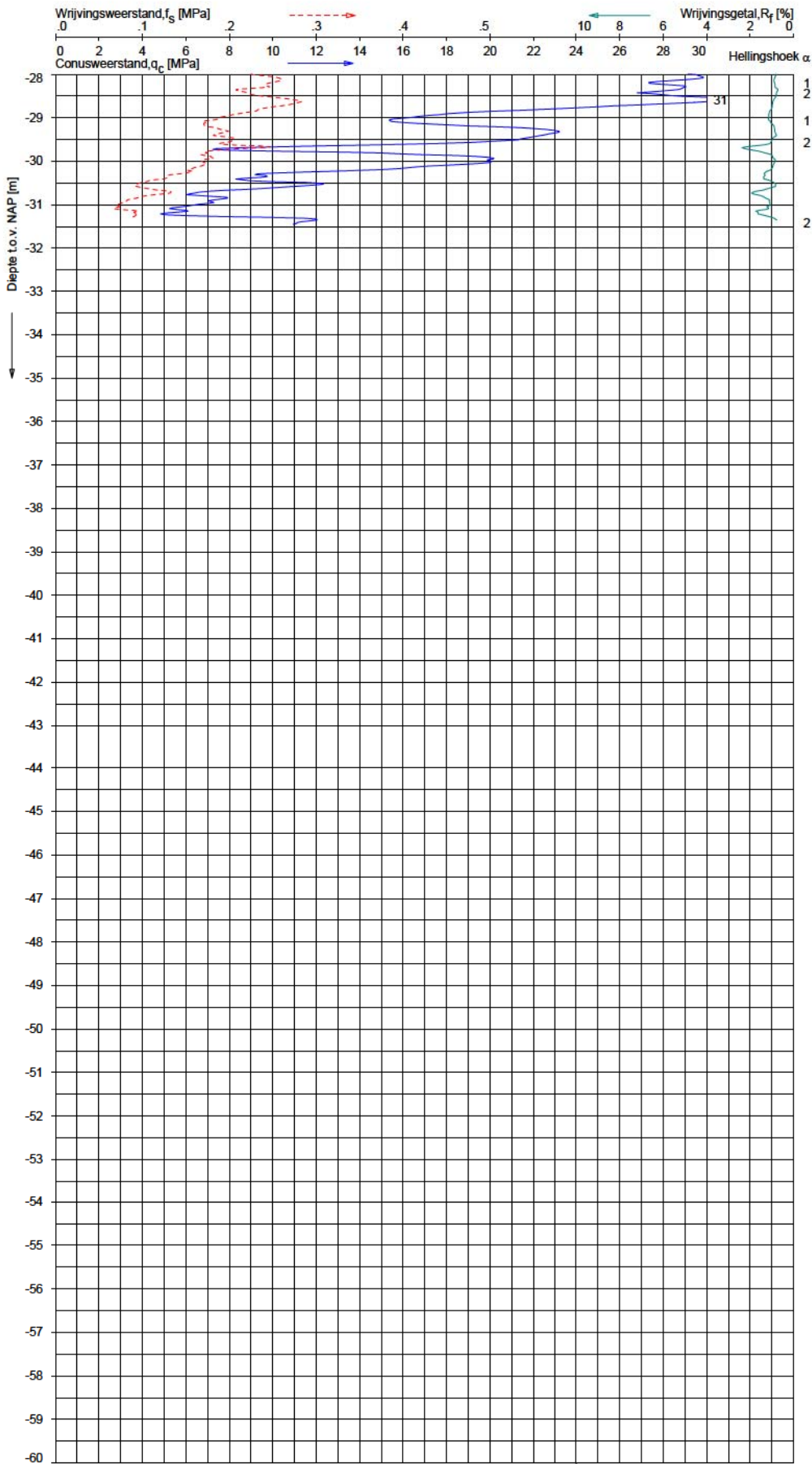
Indicatieve bodembeschrijving
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G270





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

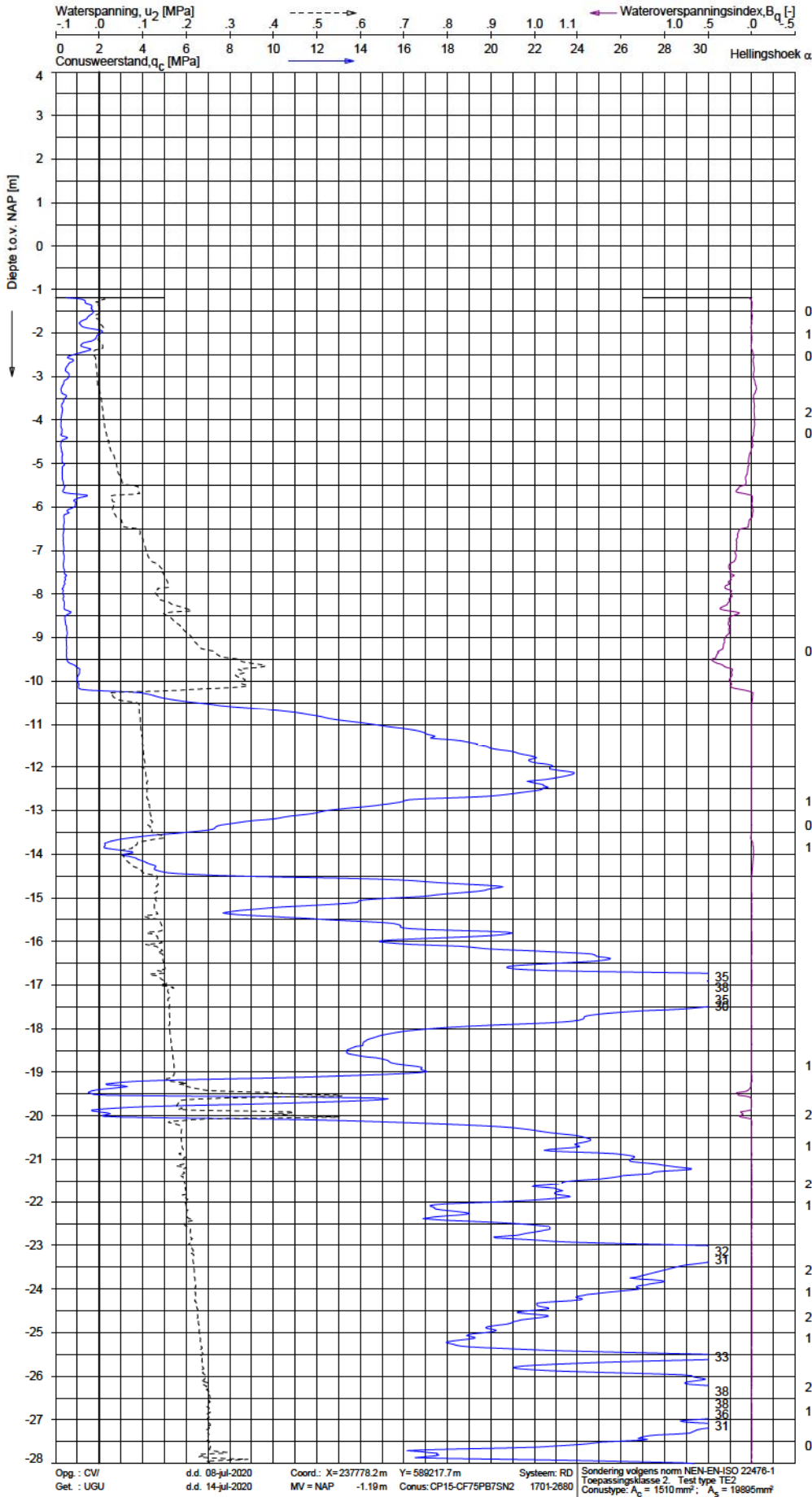
	ZAND, zwak siltig tot siltig
	ZAND, zwak siltig tot siltig
	ZAND, siltig tot LEEM
	ZAND, siltig tot LEEM
	ZAND, siltig tot LEEM

Opg. : CV / d.d. 08-jul-2020 Coord.: X= 237778.2m Y= 589217.7m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : UGU / d.d. 14-jul-2020 MV = NAP -1.19m Conus: CP15-CF75PB7SN2 1701-2680 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18905 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G270



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

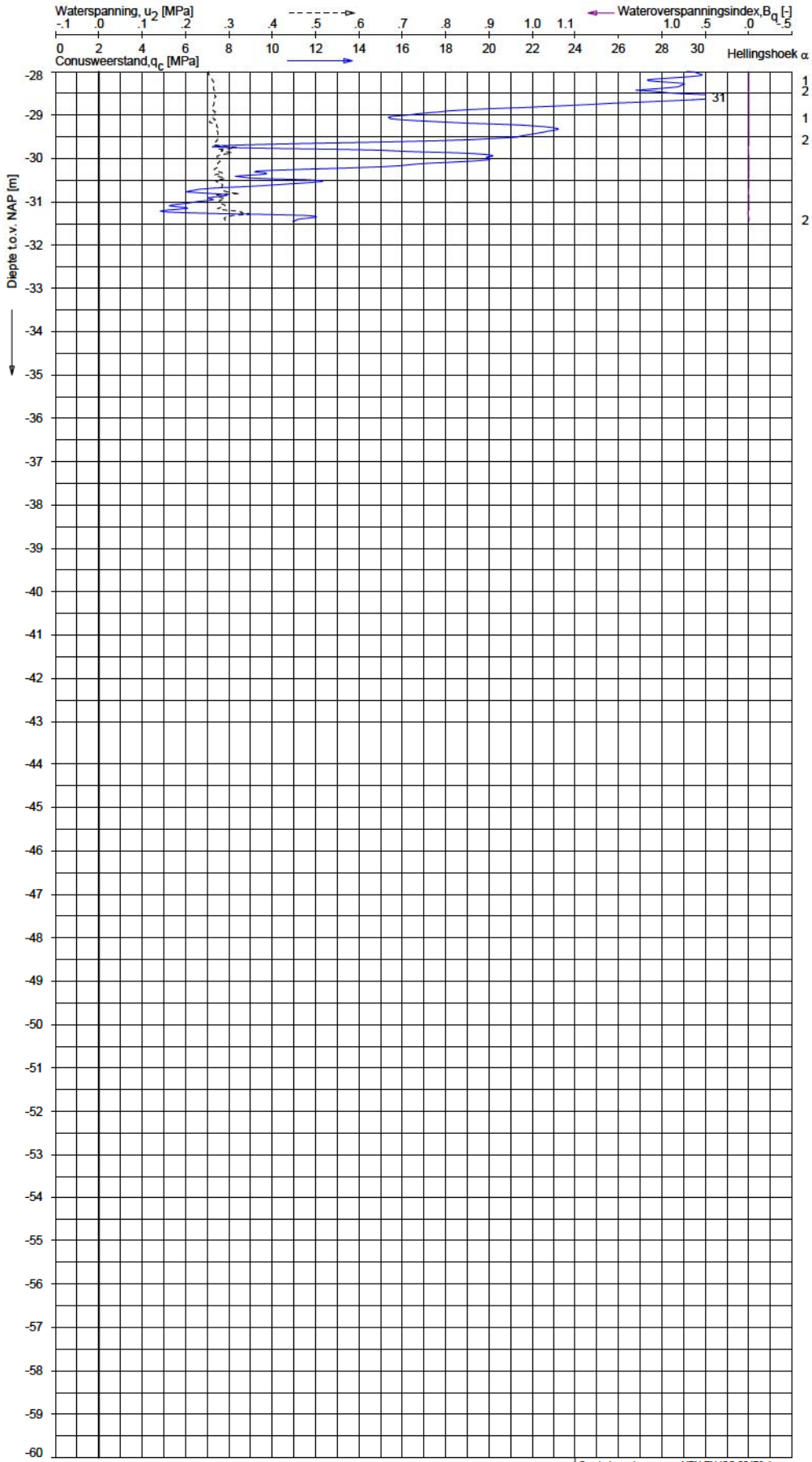


Opg.: CV/ d.d. 08-jul-2020 Coord.: X=237778.2m Y=589217.7m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: UGU d.d. 14-jul-2020 MV = NAP -1.19m Conus: CP15-CF75PB7SN2 1701-2680 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18905 \text{ mm}^2$

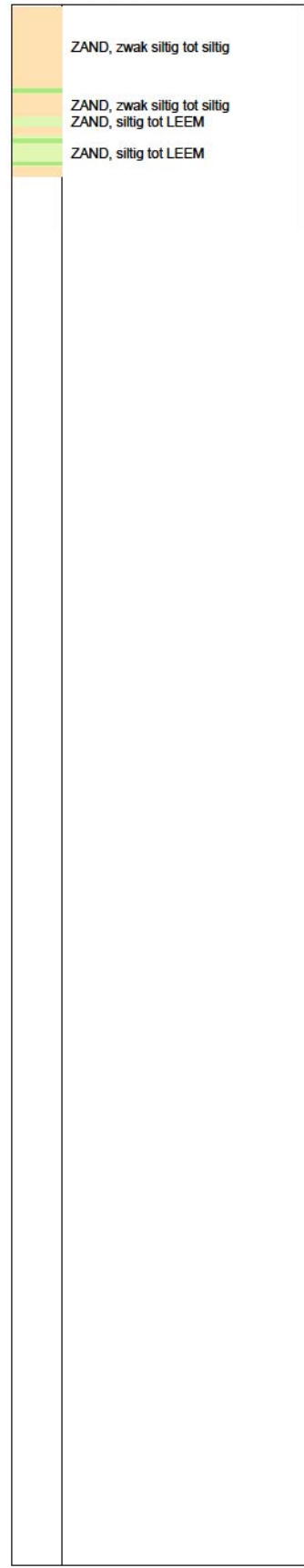
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G270



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

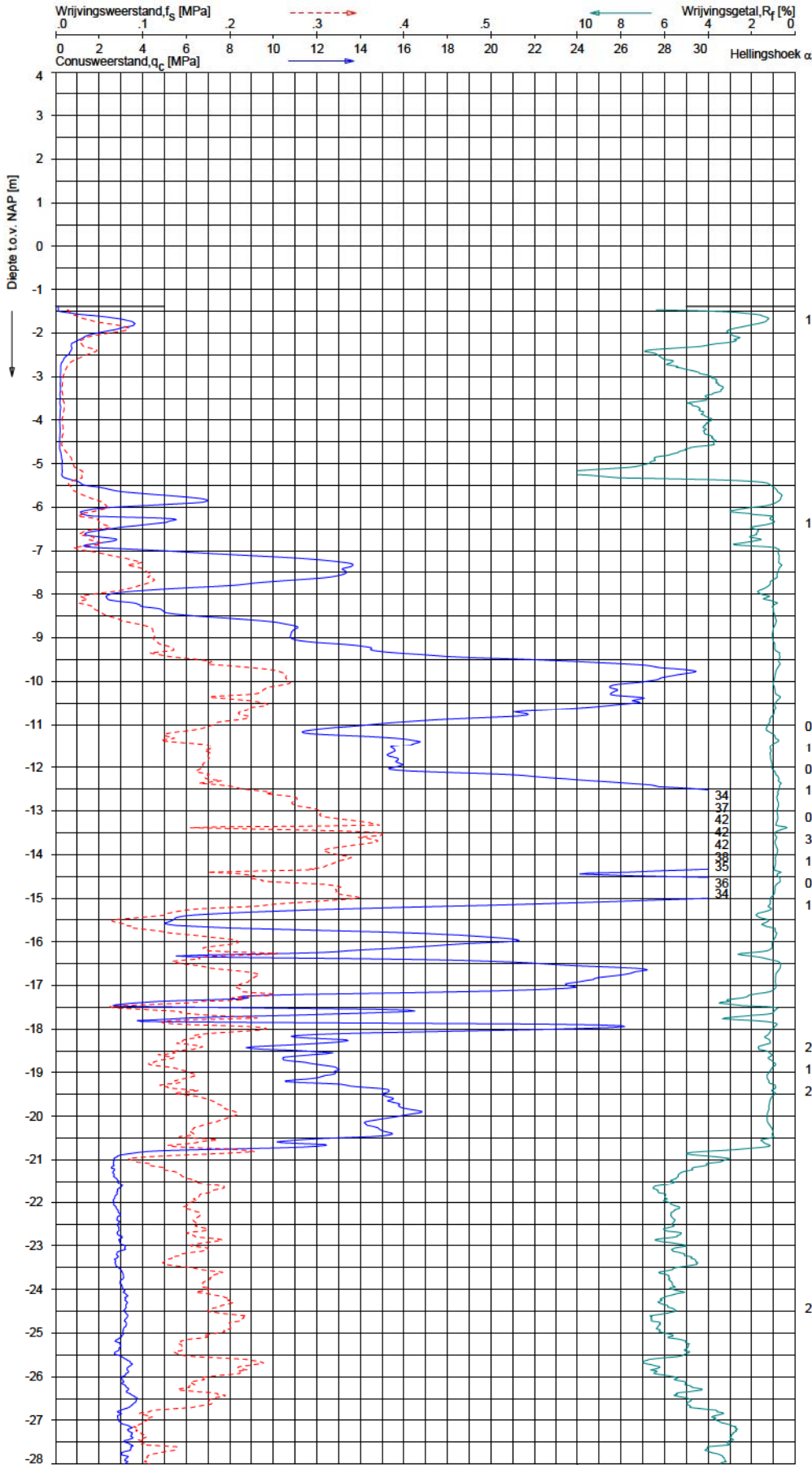


Opg. : CV / d.d. 08-jul-2020 Coord.: X= 237778.2m Y= 589217.7m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : UGU d.d. 14-jul-2020 MV = NAP -1.19m Conus: CP15-CF75PB7SN2 1701-2680 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18995 \text{ mm}^2$

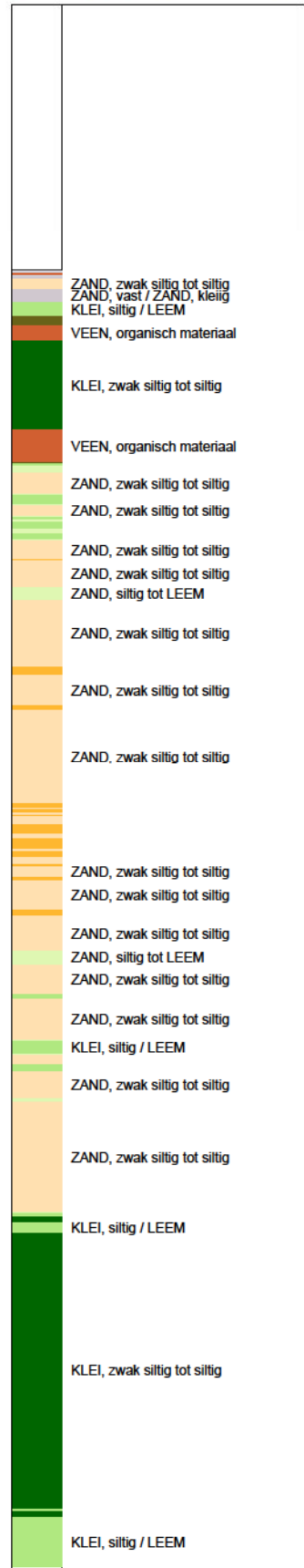
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING
 SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G270





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

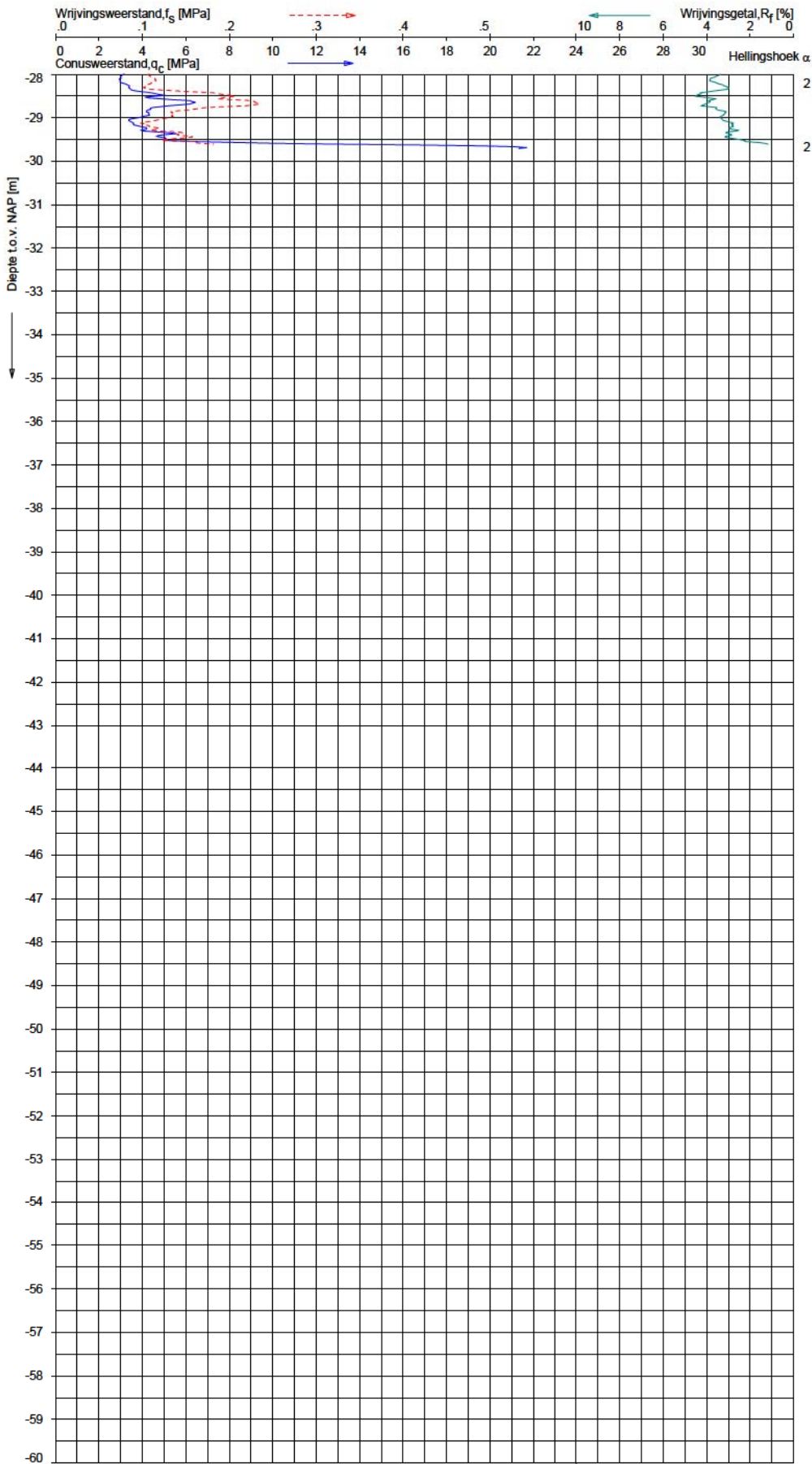


Opg. : CV/ d.d. 13-jul-2020 Coord.: X=240091.0m Y=585599.0m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : UGU d.d. 14-jul-2020 MV = NAP -1.30m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2346 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18905 \text{ mm}^2$

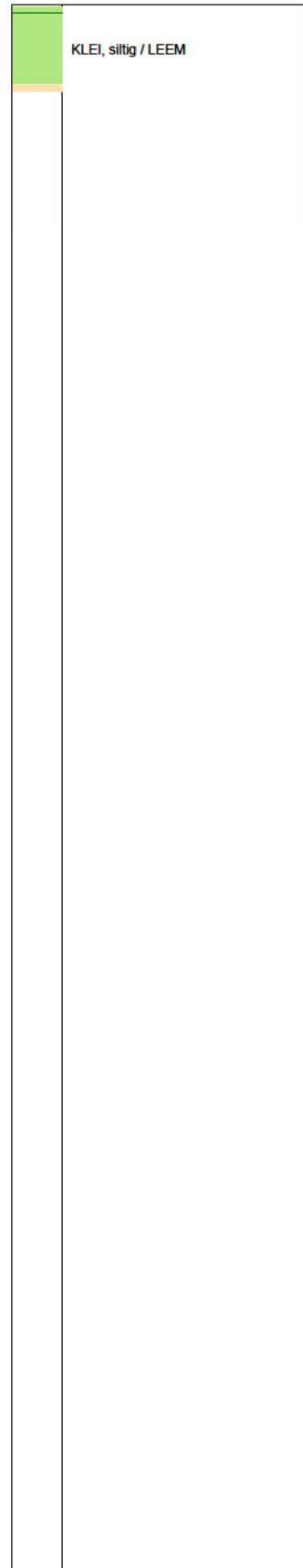
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G330





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

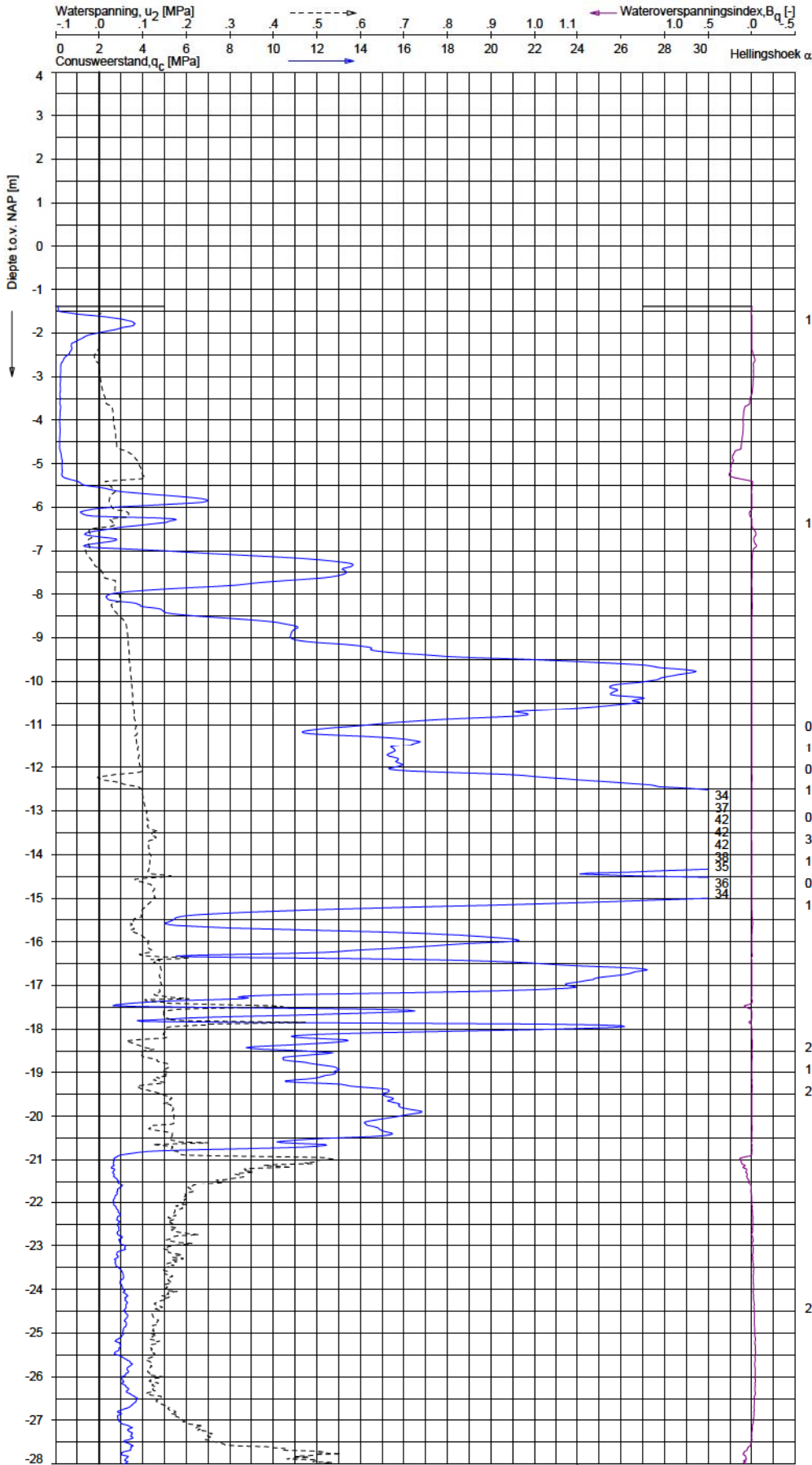


Opg. : CV/ d.d. 13-jul-2020 Coord.: X=240091.0m Y= 585599.0m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : UGU d.d. 14-jul-2020 MV = NAP -1.30m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2346 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18905 \text{ mm}^2$

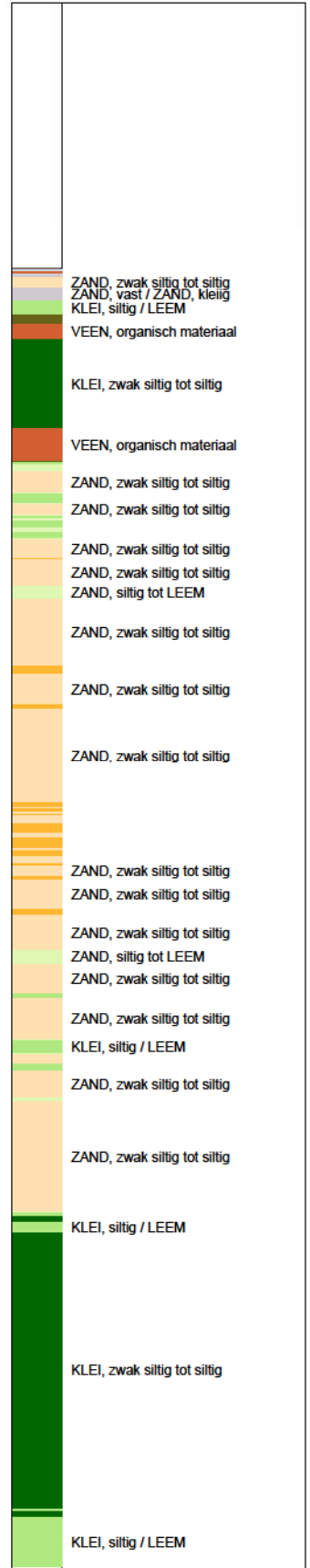
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G330



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

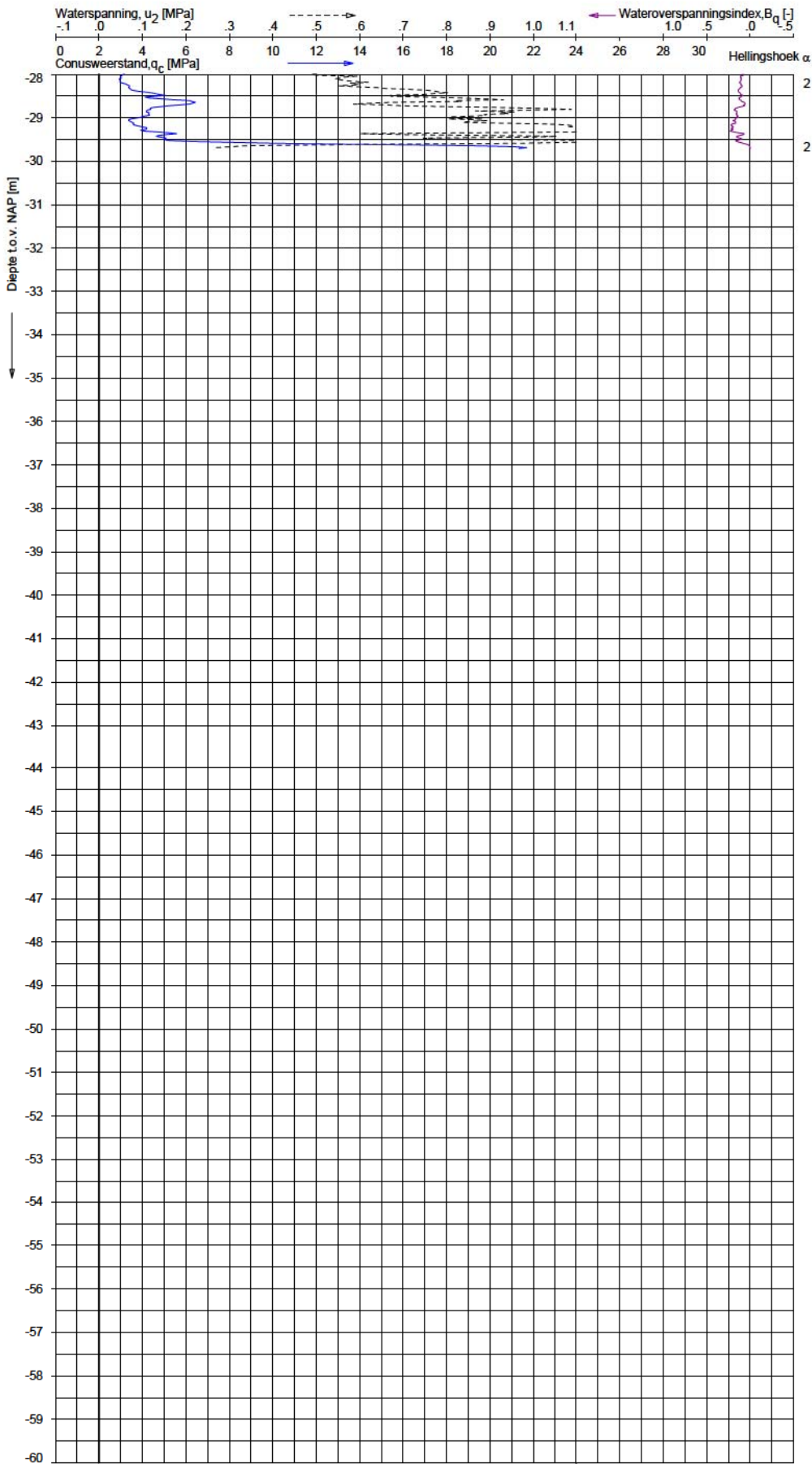


Opg. : CV / d.d. 13-jul-2020 Coord.: X=240091.0m Y=585599.0m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : UGU d.d. 14-jul-2020 MV = NAP -1.30m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2346 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18905 \text{ mm}^2$

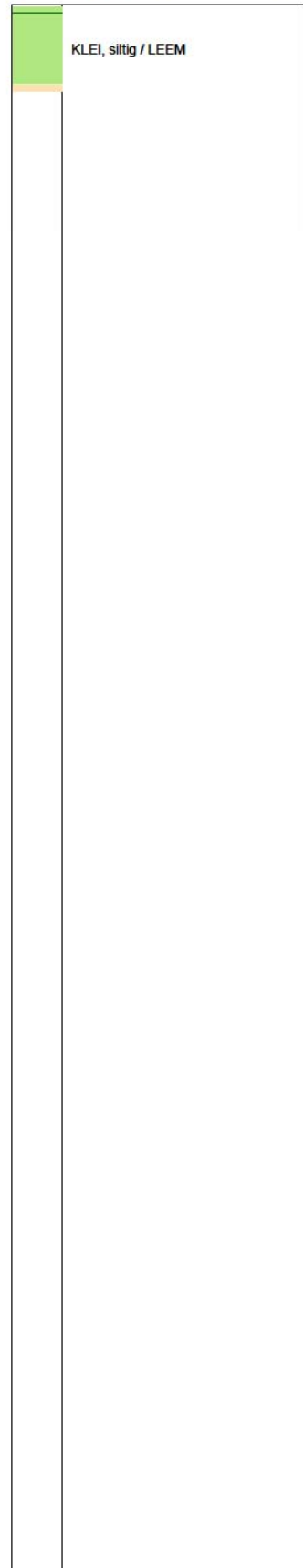
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G330



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

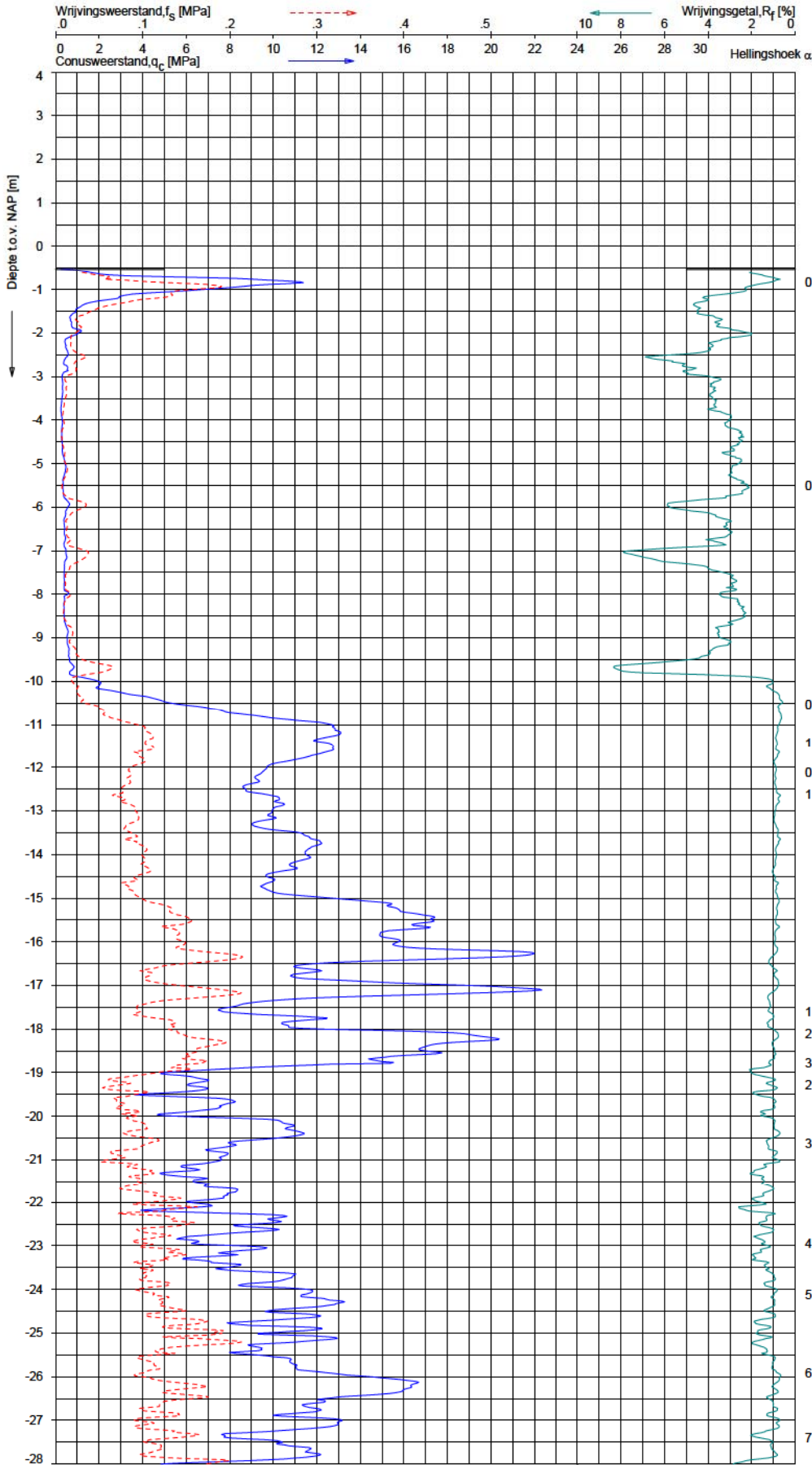


Opg. : CV/ d.d. 13-jul-2020 Coord.: X=240091.0m Y= 585599.0m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : UGU d.d. 14-jul-2020 MV = NAP -1.30m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2346 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18905 \text{ mm}^2$

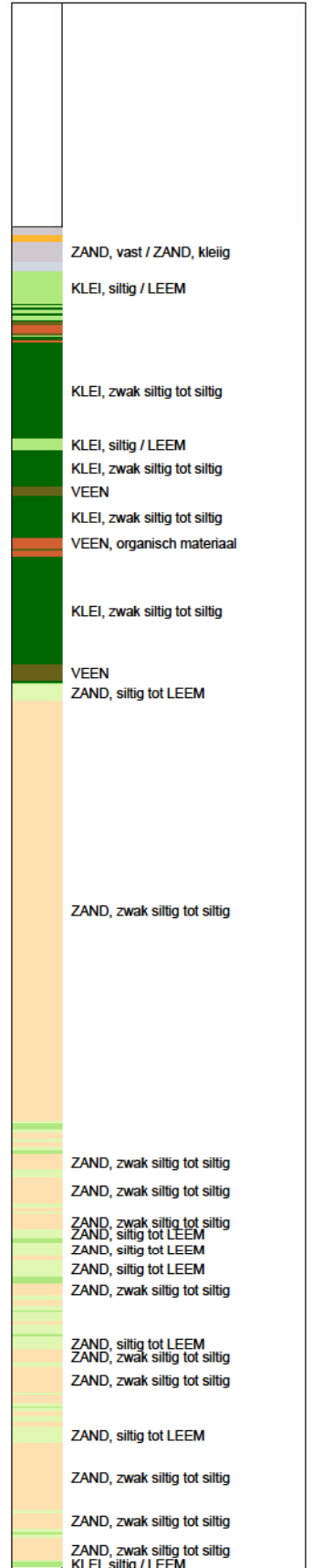
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G330



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

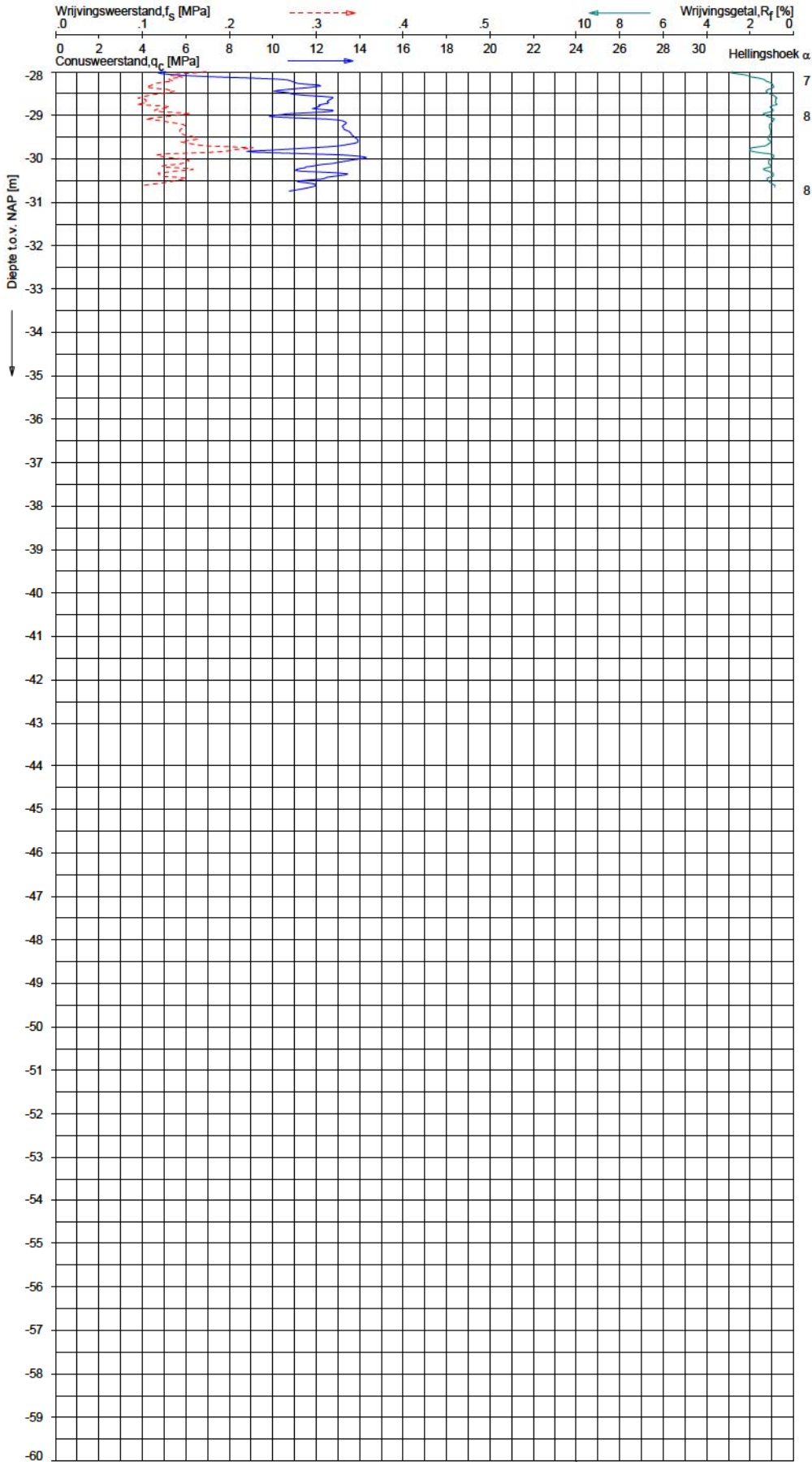


Opg. : CV / d.d. 08-jul-2020 / Coord.: X=264955.0m Y=588743.5m / Systeem: RD / Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : UGU / d.d. 14-jul-2020 / MV = NAP -0.53m / Conus: CP15-CF75PB7SN2 / 1701-2680 / Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18905 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G370



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

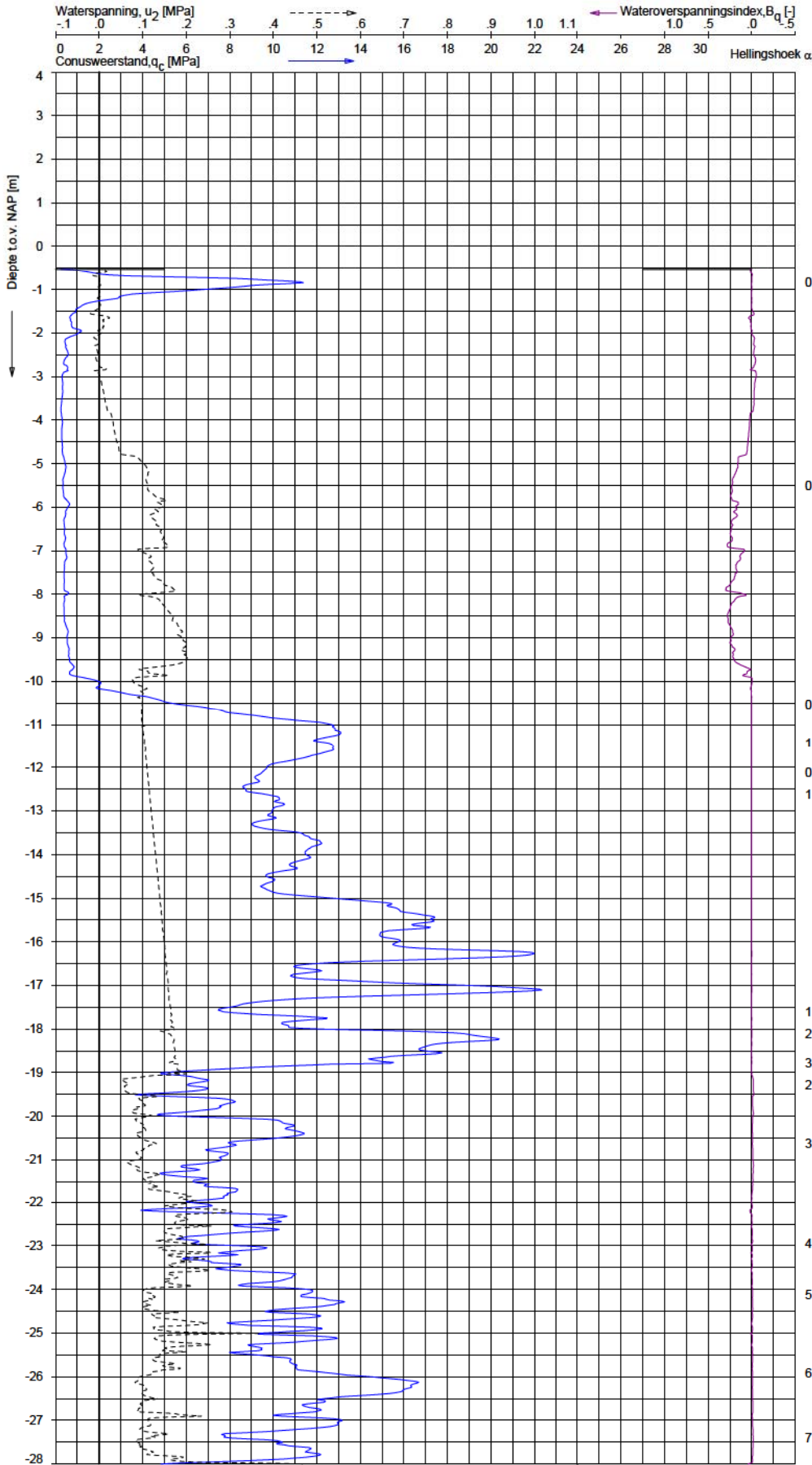
	ZAND, zwak siltig tot siltig
	ZAND, zwak siltig tot siltig
	ZAND, zwak siltig tot siltig
	ZAND, zwak siltig tot siltig
	ZAND, zwak siltig tot siltig

Opg. : CV / d.d. 08-jul-2020 Coord.: X=264955.0m Y= 588743.5m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : UGU / d.d. 14-jul-2020 MV = NAP -0.53m Conus: CP15-CF75PB7SN2 1701-2680 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18995 \text{ mm}^2$

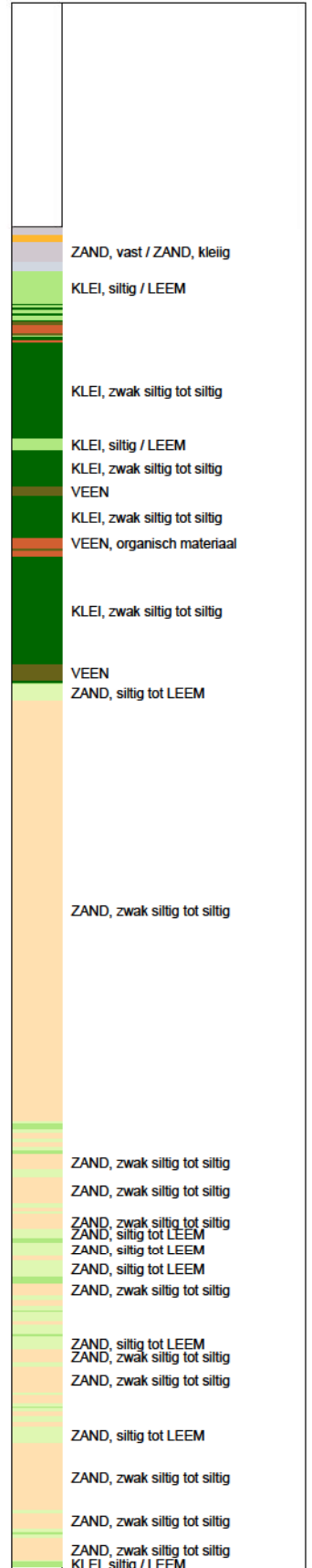
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G370



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

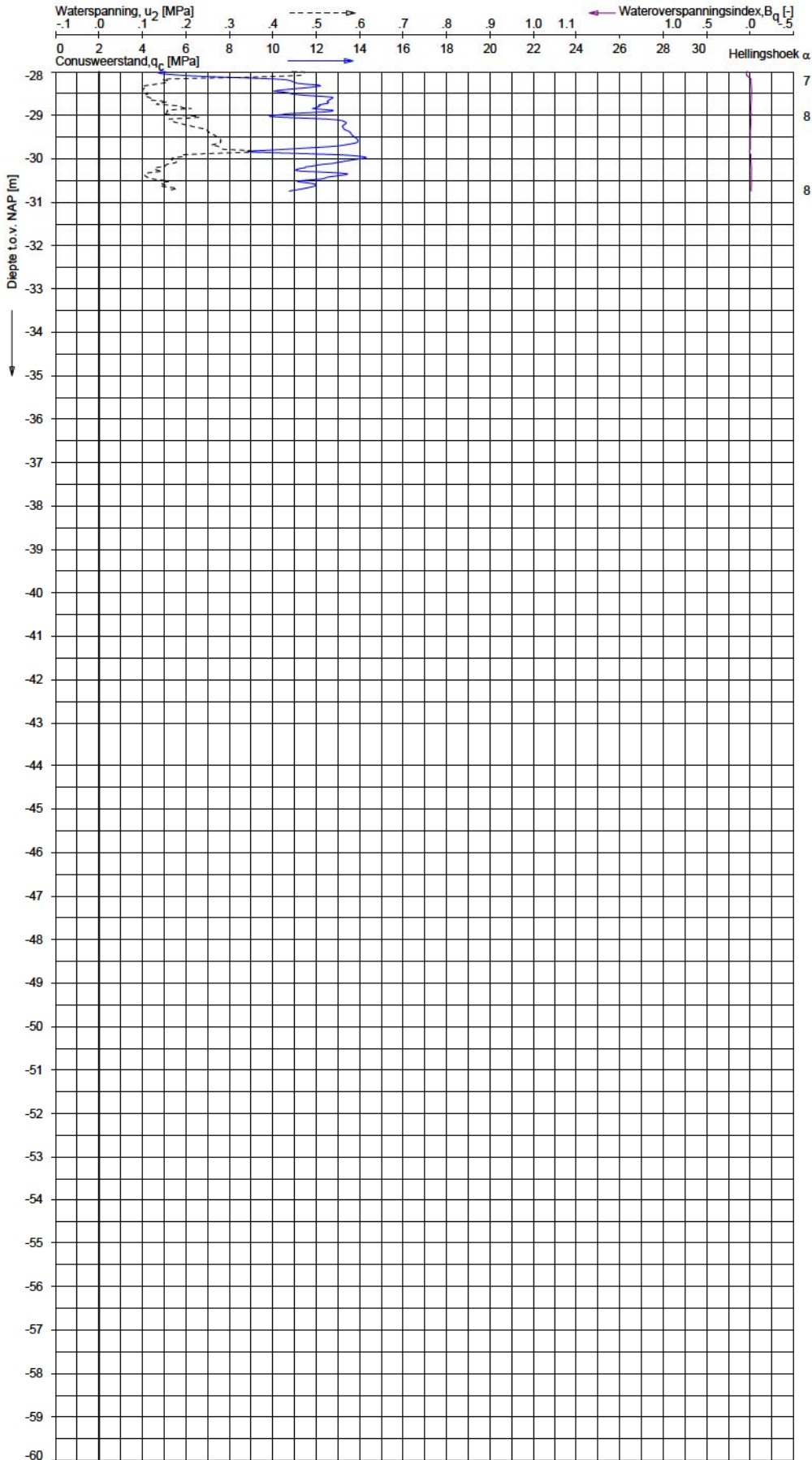


Opg. : CV / d.d. 08-jul-2020 Coord.: X=264955.0m Y=588743.5m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : UGU d.d. 14-jul-2020 MV = NAP -0.53m Conus: CP15-CF75PB7SN2 1701-2680 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18905 \text{ mm}^2$

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G370



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

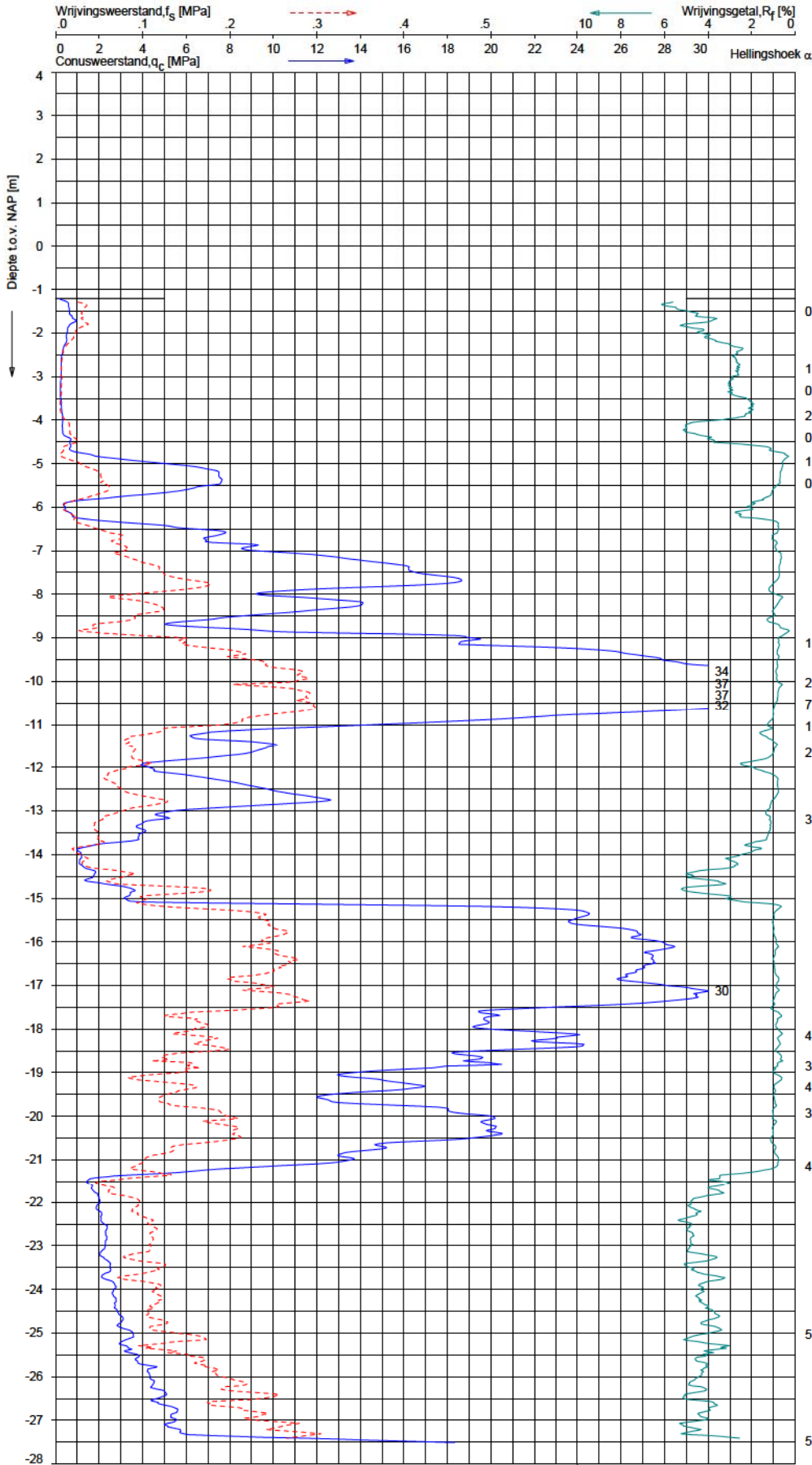
ZAND, zwak siltig tot siltig
ZAND, zwak siltig tot siltig
ZAND, zwak siltig tot siltig
ZAND, zwak siltig tot siltig
ZAND, zwak siltig tot siltig

Opg. : CV/ d.d. 08-jul-2020 Coord.: X=264955.0 m Y= 588743.5 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : UGU d.d. 14-jul-2020 MV = NAP -0.53 m Conus: CP15-CF75PB7SN2 1701-2680 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18905 \text{ mm}^2$

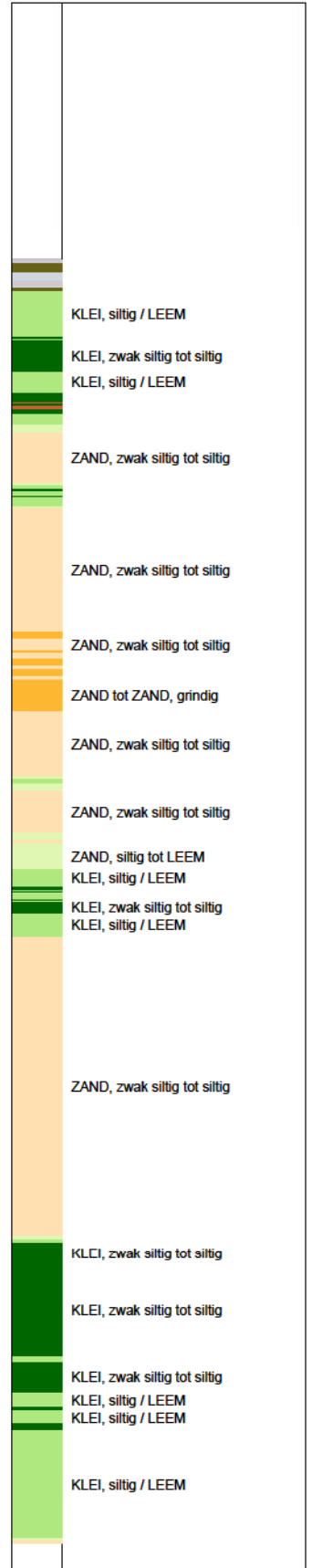
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G370



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

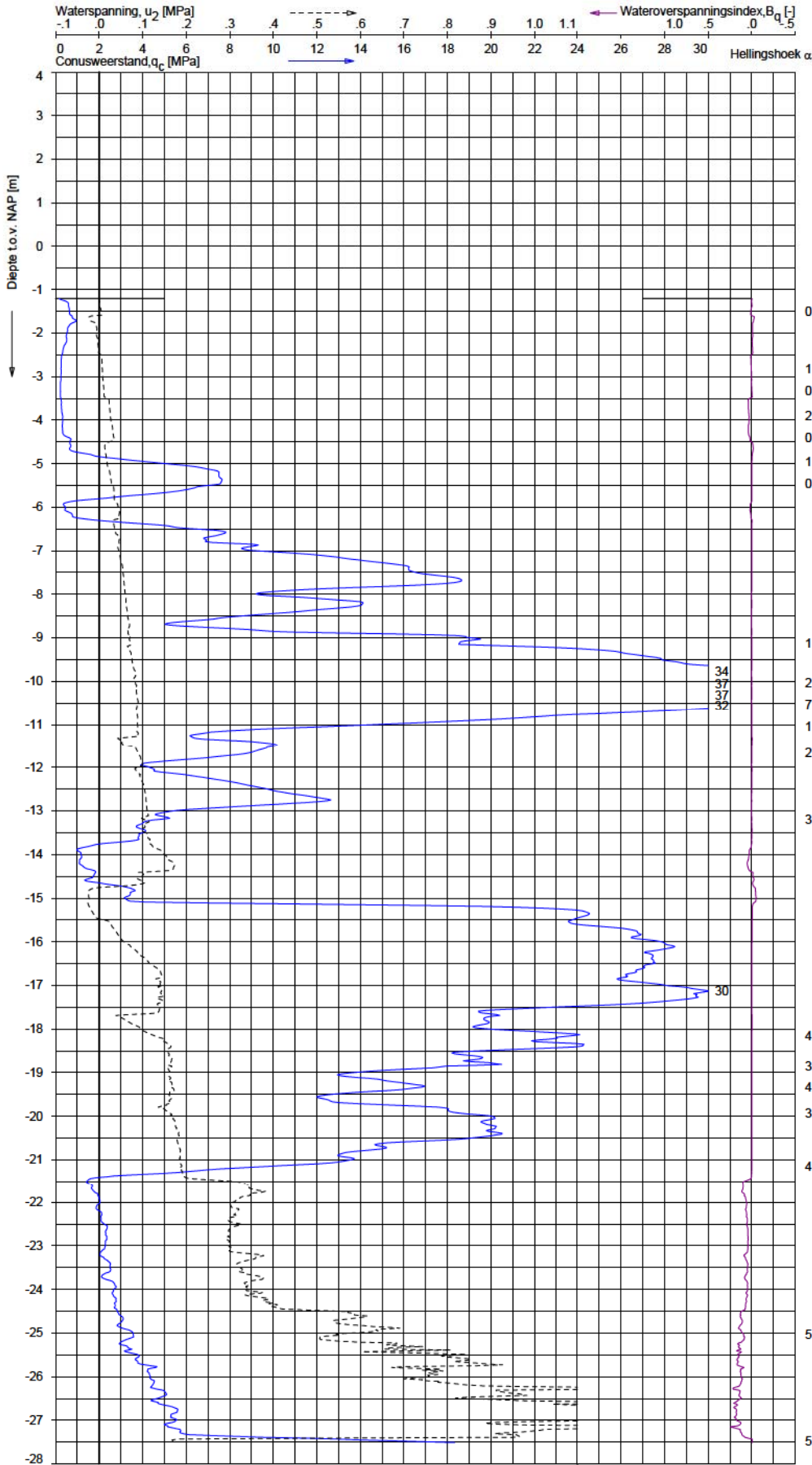


Opg.: CV / d.d. 06-jul-2020 / Coord.: X=232549.8m Y=579990.0m / Systeem: RD / Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: UGU / d.d. 14-jul-2020 / MV = NAP -1.21m / Conus: CP15-CF75PB7SN2 / 1701-2680 / Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18905 \text{ mm}^2$

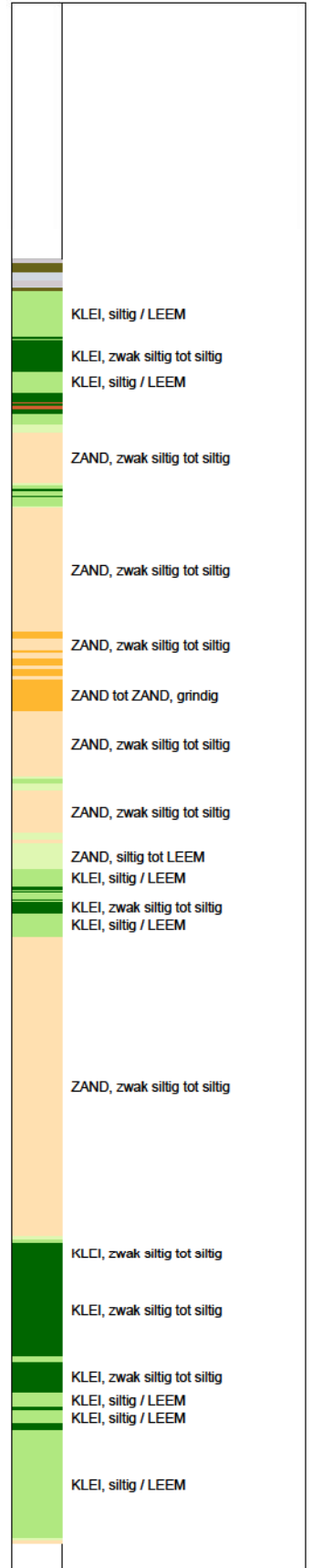
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G380



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

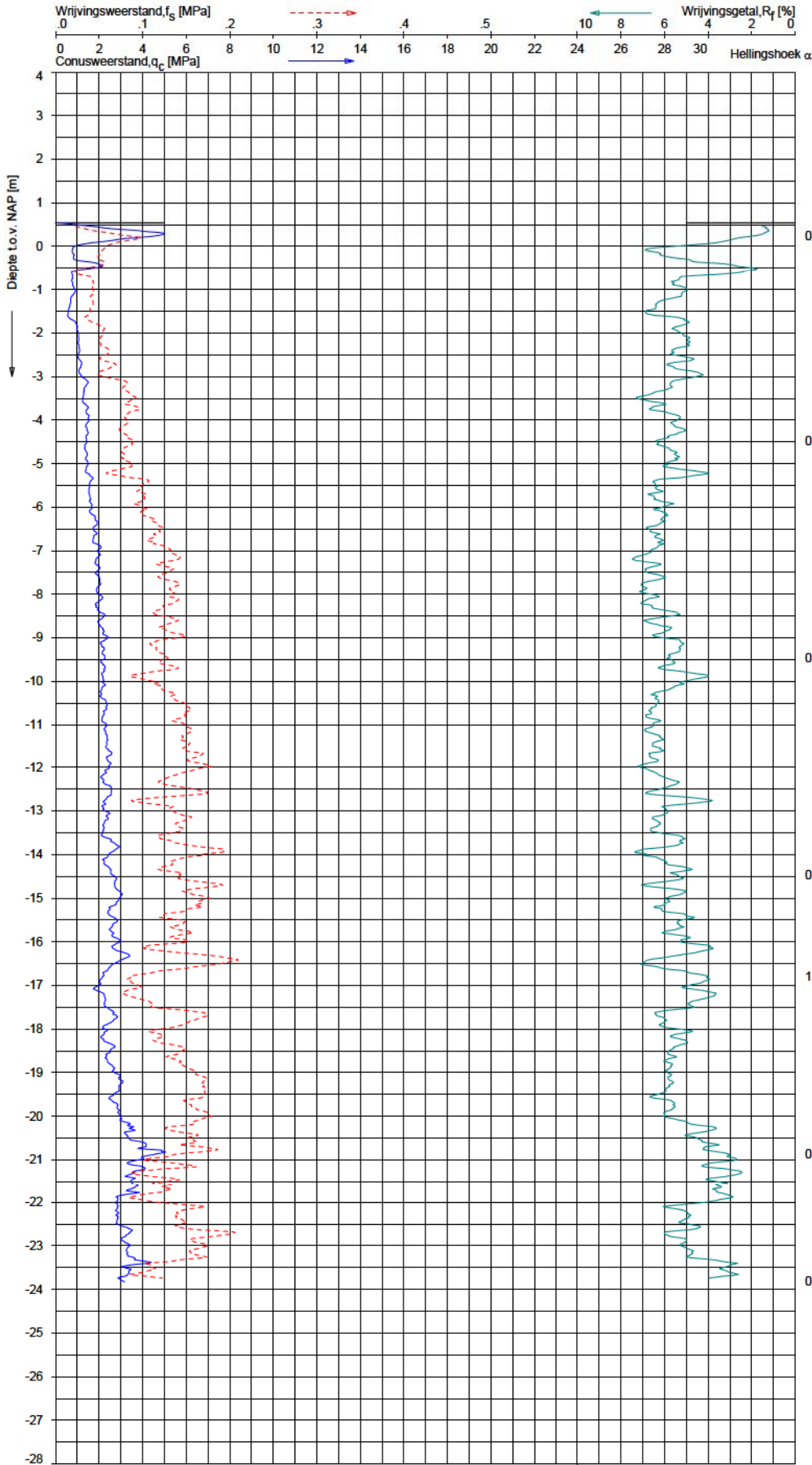


Opg. : CV/ d.d. 06-jul-2020 Coord.: X=232549.8 m Y= 579990.0 m Systeem: RD
 Get. : UGU d.d. 14-jul-2020 MV = NAP -1.21 m Conus: CP15-CF75PB7SN2 1701-2680
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18995 \text{ mm}^2$

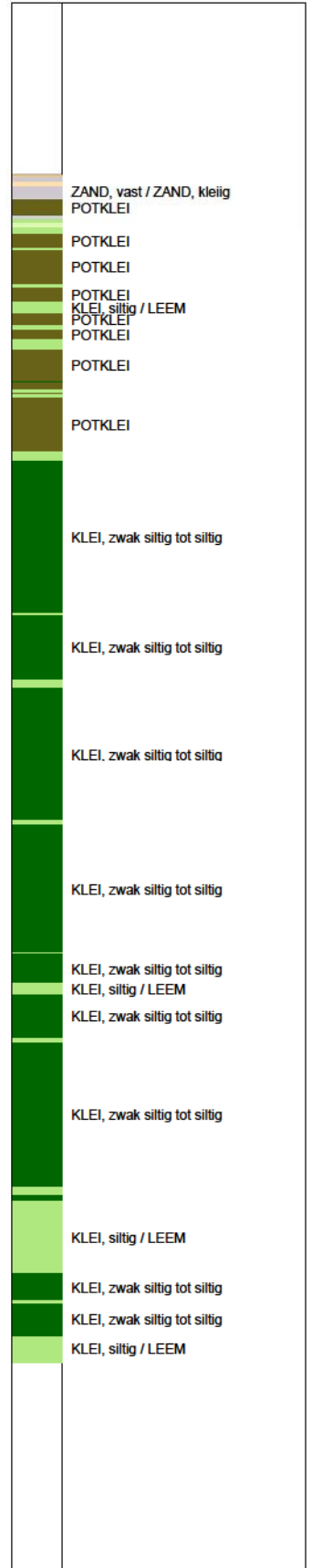
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G380



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

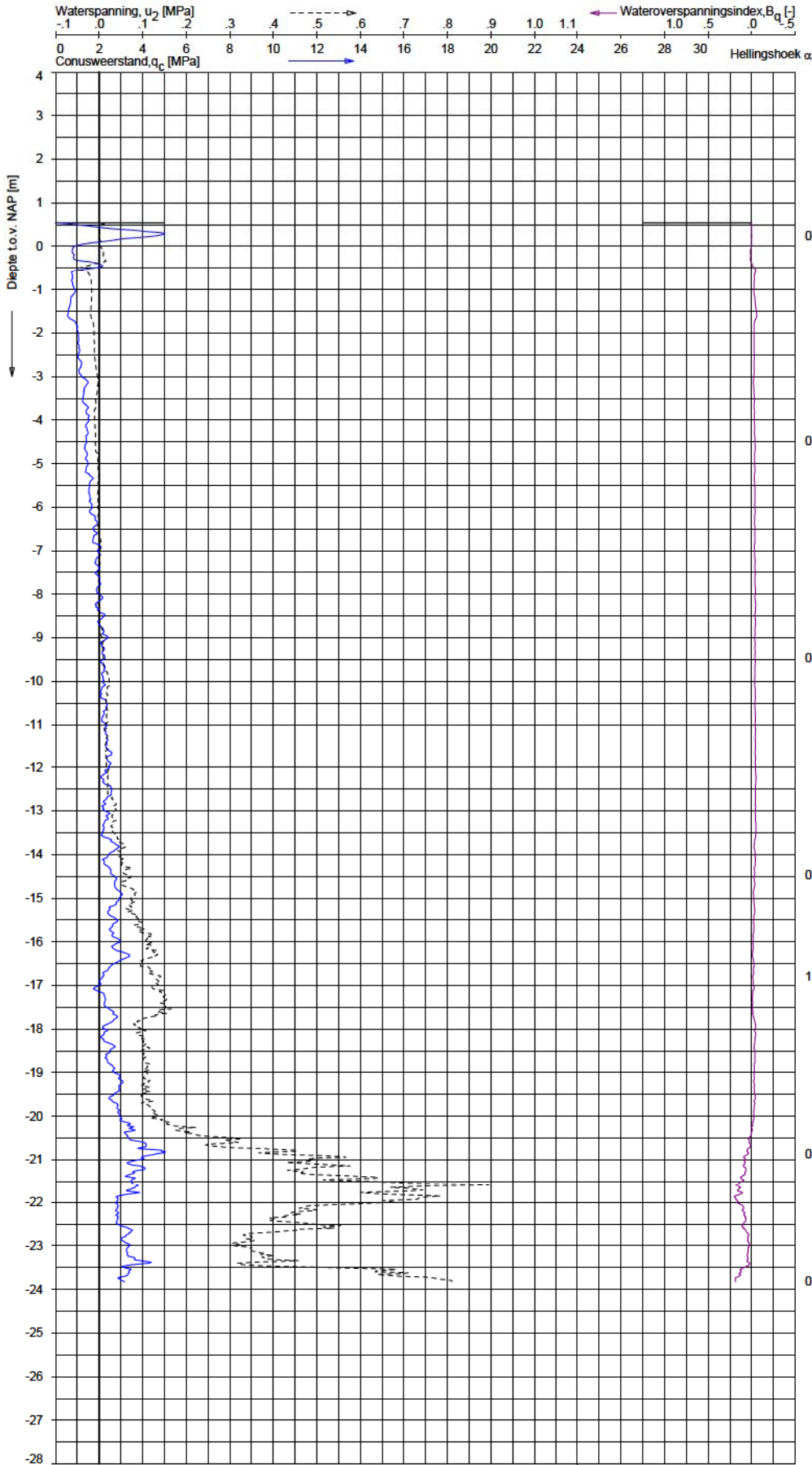


Opg.: CV / d.d. 09-jul-2020 / Coord.: X=264703.1m Y=580175.0m / Systeem: RD / Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: UGU / d.d. 14-jul-2020 / MV = NAP +0.54m / Conus: CP15-CF75PB1SN2 / 1701-2346 / Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18995 \text{ mm}^2$

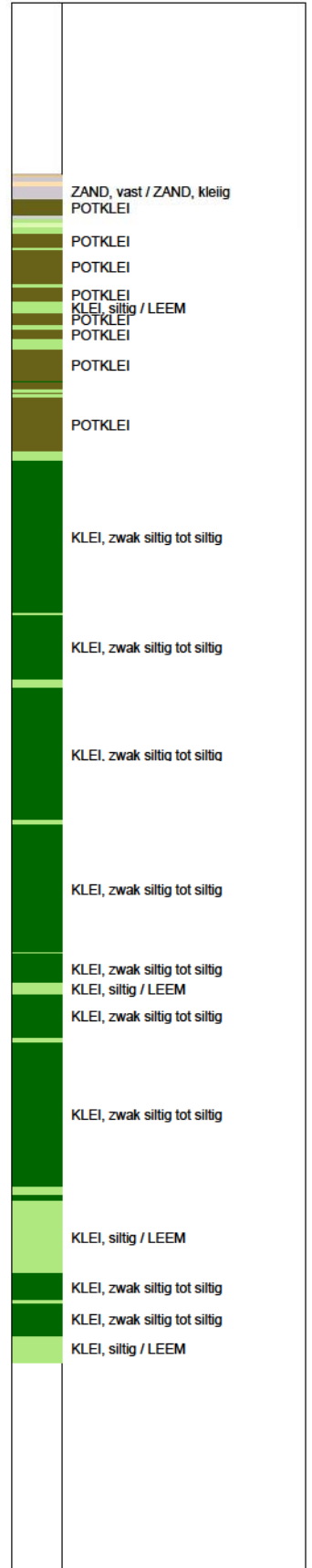
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G480



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

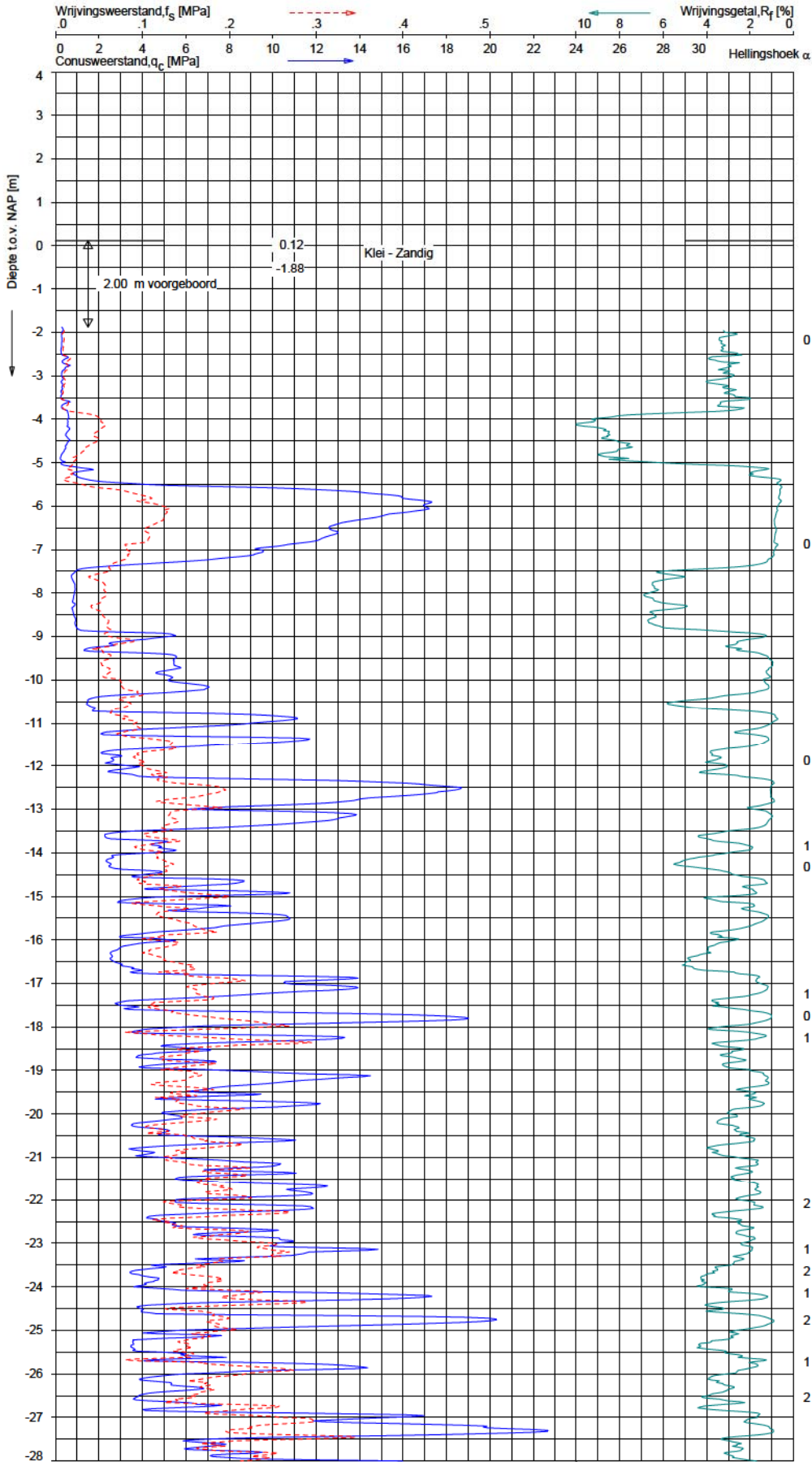


Opg. : CV
 Get. : UGU
 d.d. 09-jul-2020
 d.d. 14-jul-2020
 Coord.: X=264703.1m Y=580175.0m
 MV = NAP +0.54m
 Conus: CP15-CF75PB1SN2
 Systeem: RD 1701-2346
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18995 \text{ mm}^2$

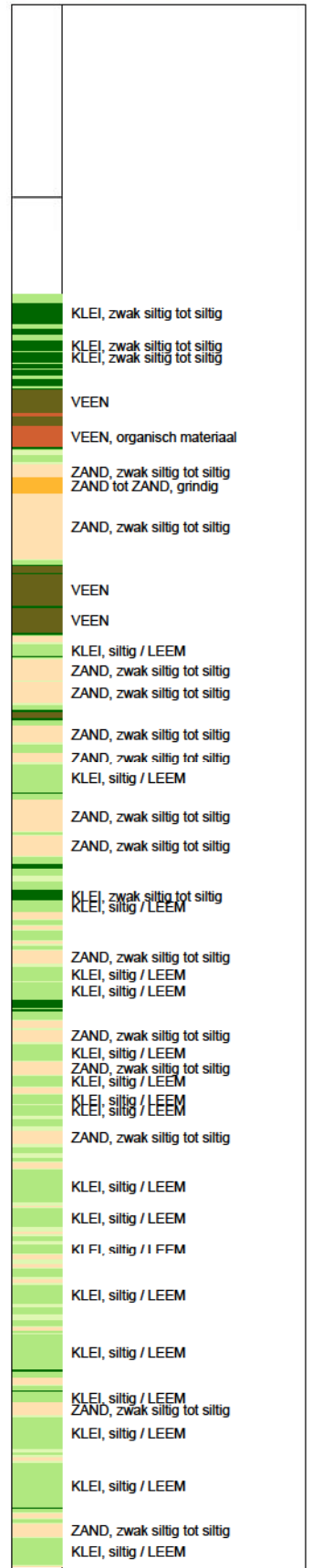
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G480



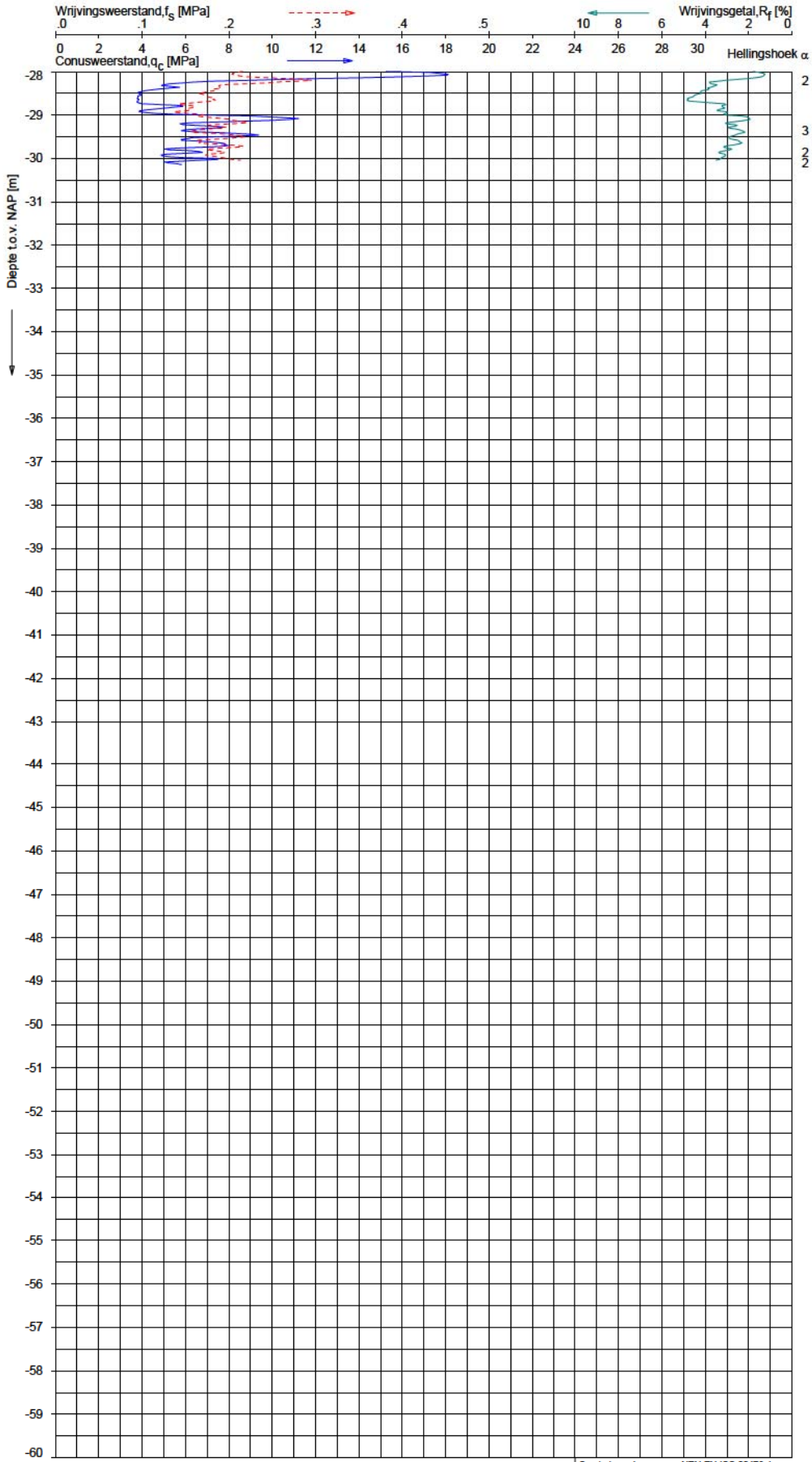
Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



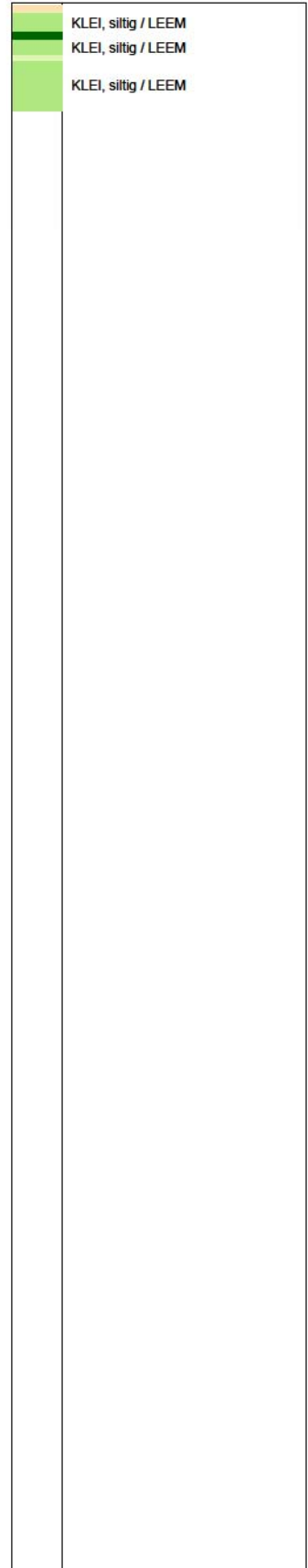
Opg. : CV/ d.d. 09-jul-2020 Coord.: X=285249.5m Y=582835.9m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get. : UGU d.d. 14-jul-2020 MV = NAP +0.12m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2346 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18995 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
Sond. DKMPS_G640



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

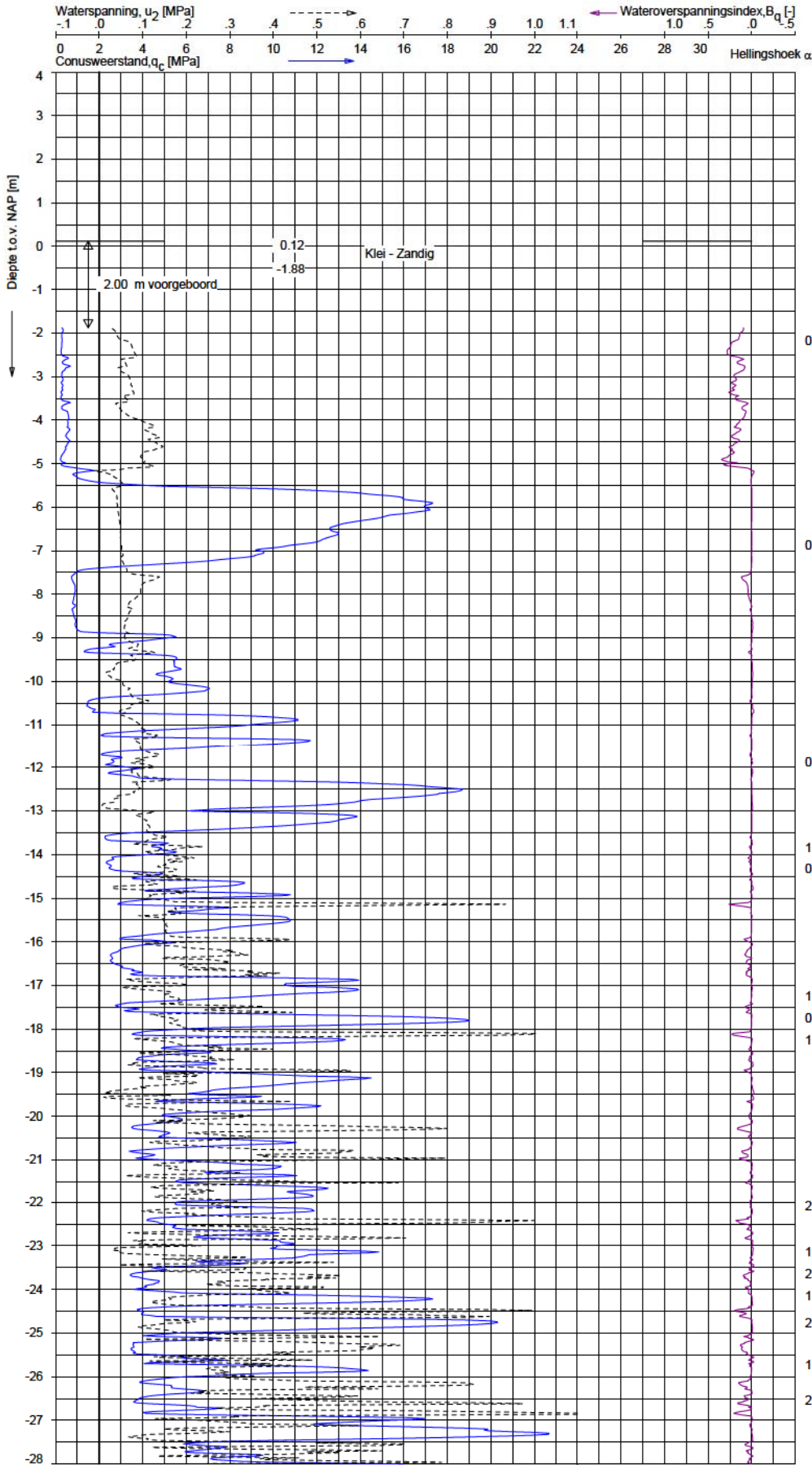


Opg. : CV / d.d. 09-jul-2020 Coord.: X=285249.5m Y= 582835.9m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get. : UGU / d.d. 14-jul-2020 MV = NAP +0.12m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2346 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18905 \text{ mm}^2$

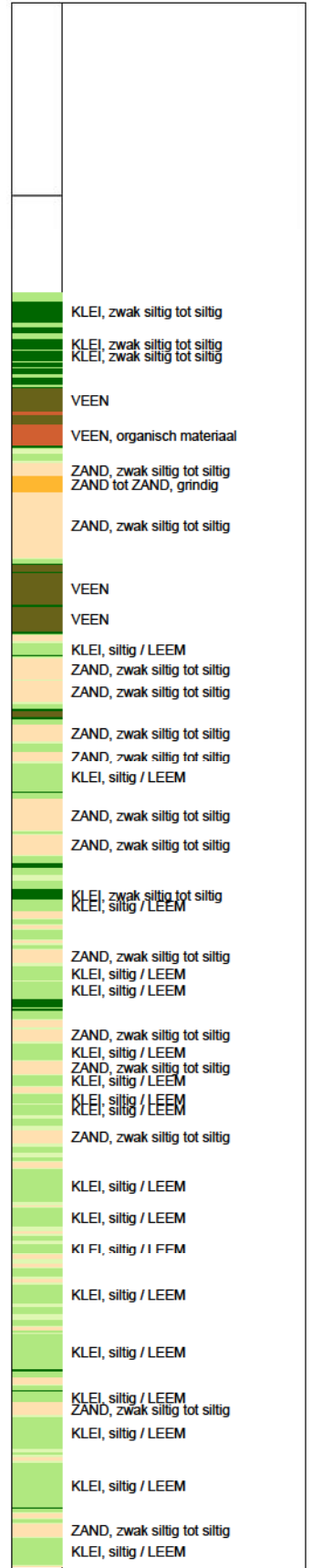
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
Sond. DKMPS_G640



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

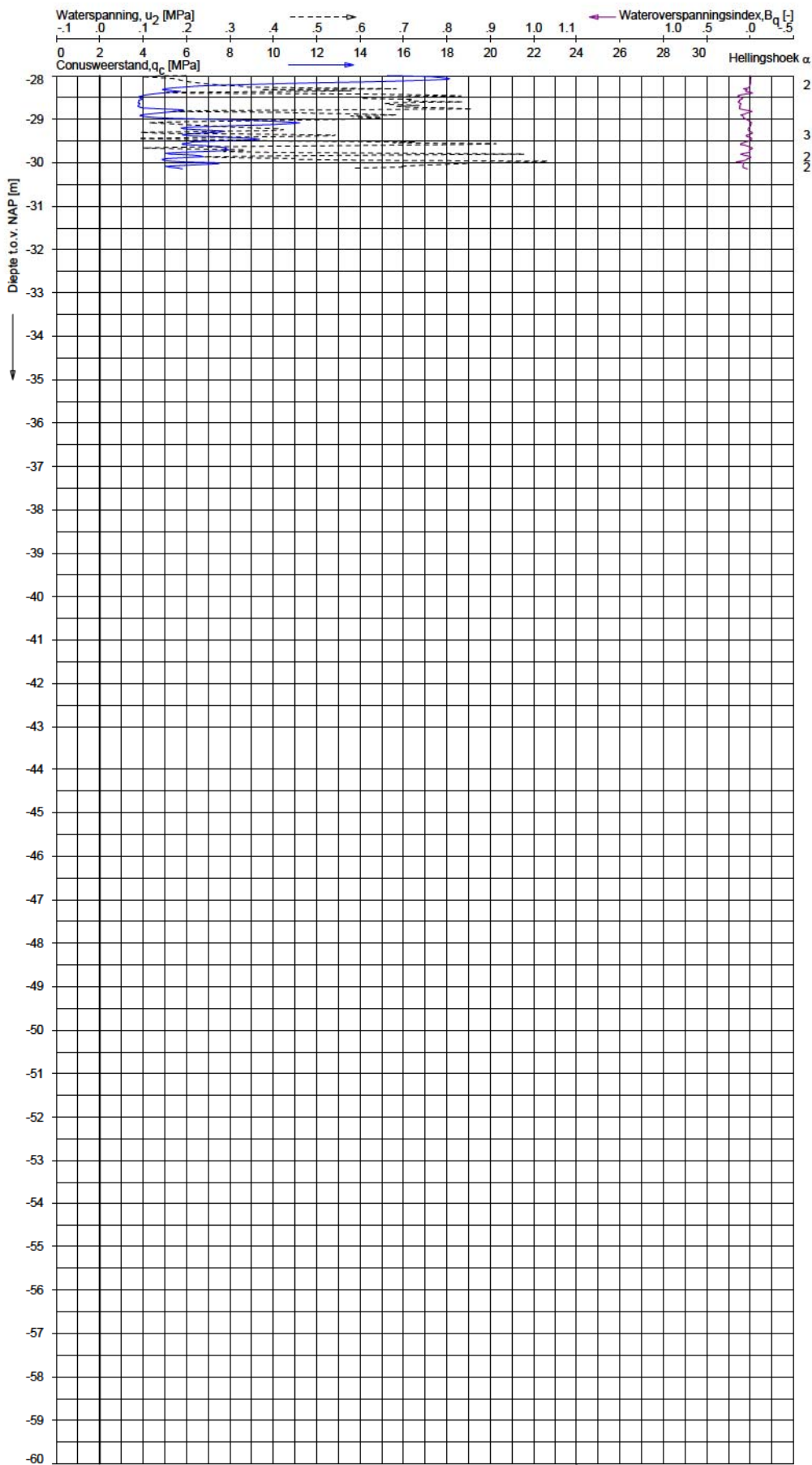


SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

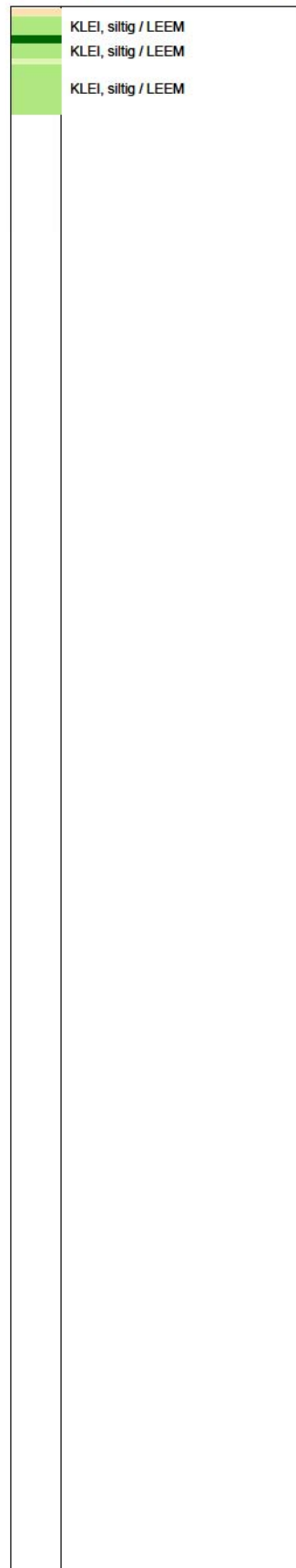
SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G640





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

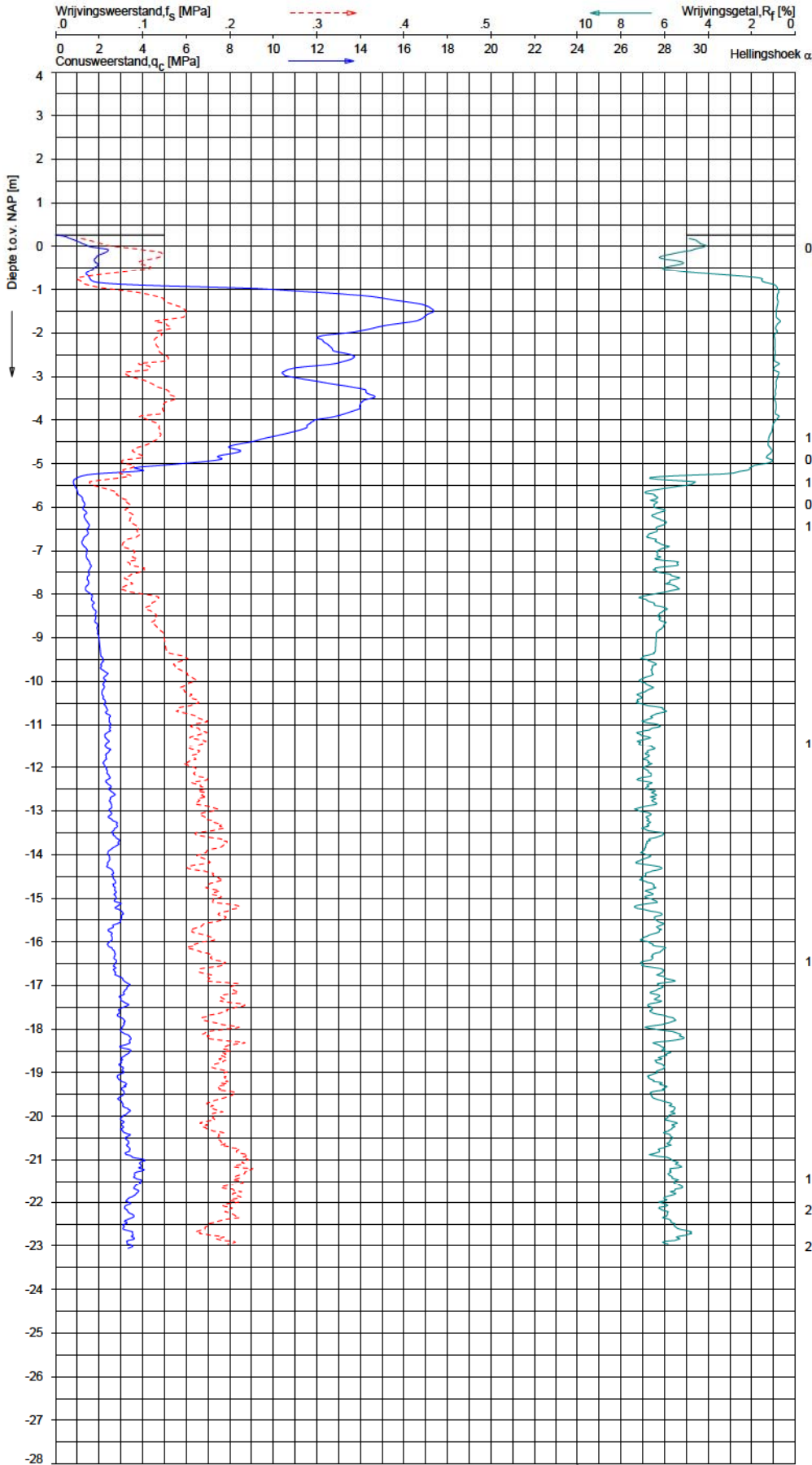


Opg. : CV/ d.d. 09-jul-2020 Coord.: X=285249.5m Y=582835.9m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : UGU d.d. 14-jul-2020 MV = NAP +0.12m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2346 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18905 \text{ mm}^2$

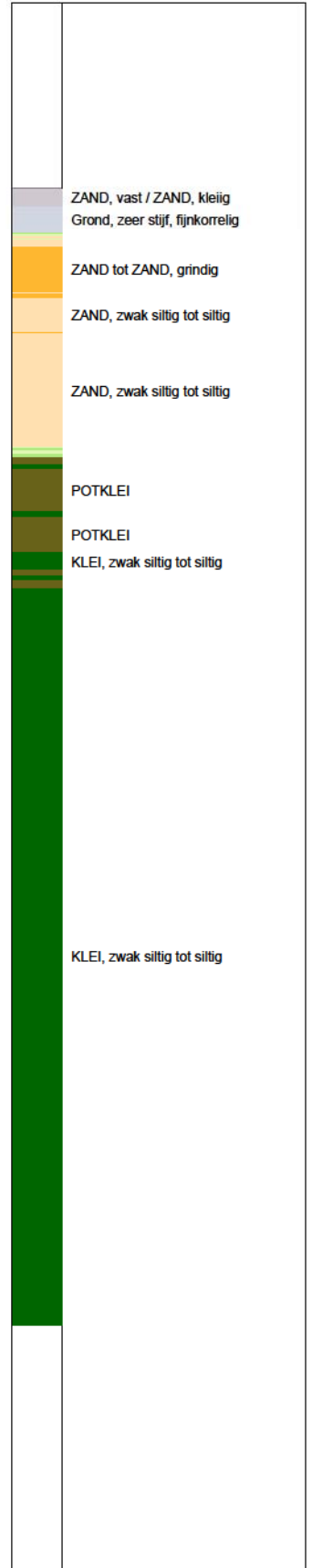
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G640



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

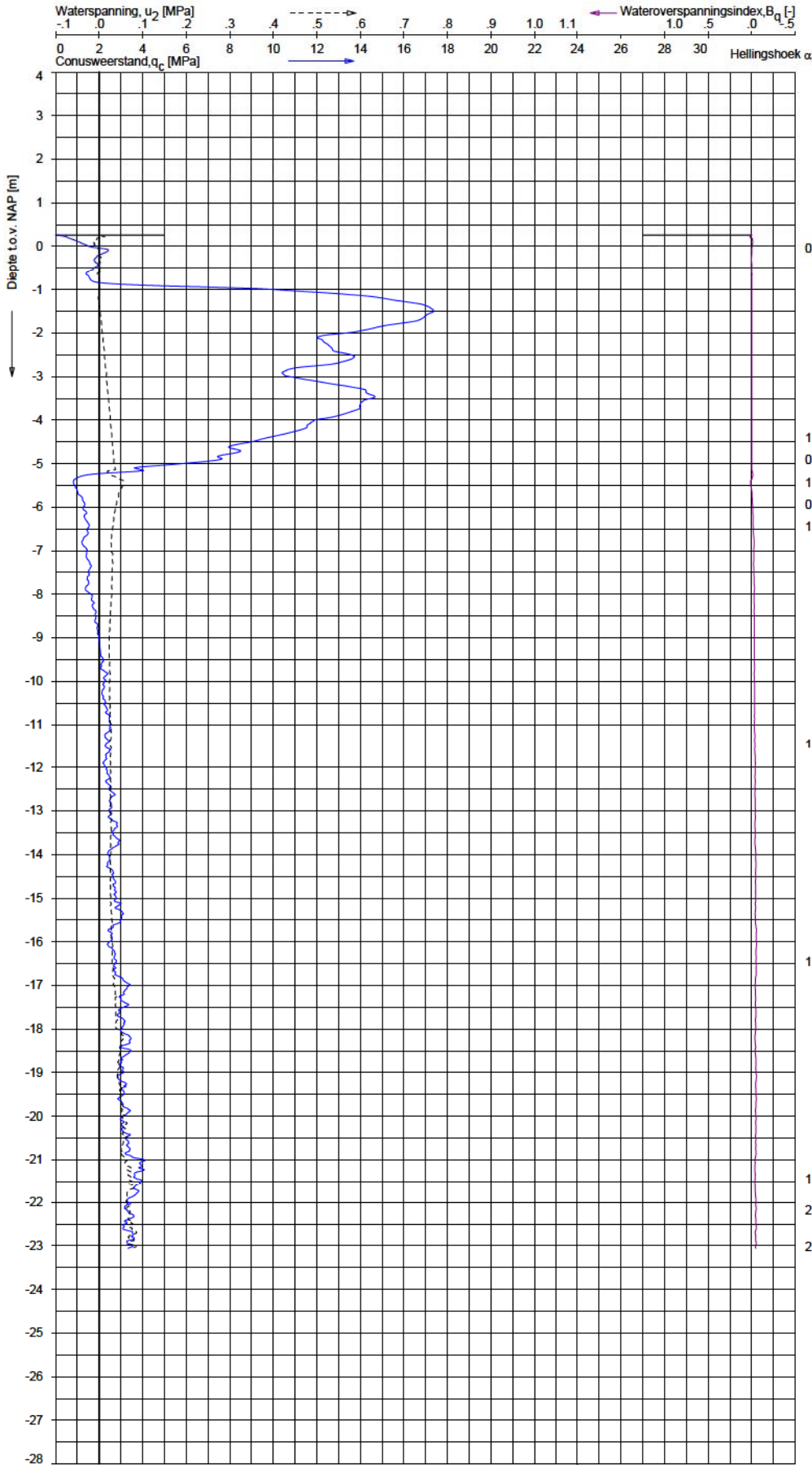


Opg.: CV / d.d.: 10-jul-2020 / Coord.: X=256841.0m Y=576691.0m / Systeem: RD / Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: UGU / d.d.: 14-jul-2020 / MV = NAP +0.26m / Conus: CP15-CF75PB1SN2 / 1701-2346 / Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 1896 \text{ mm}^2$

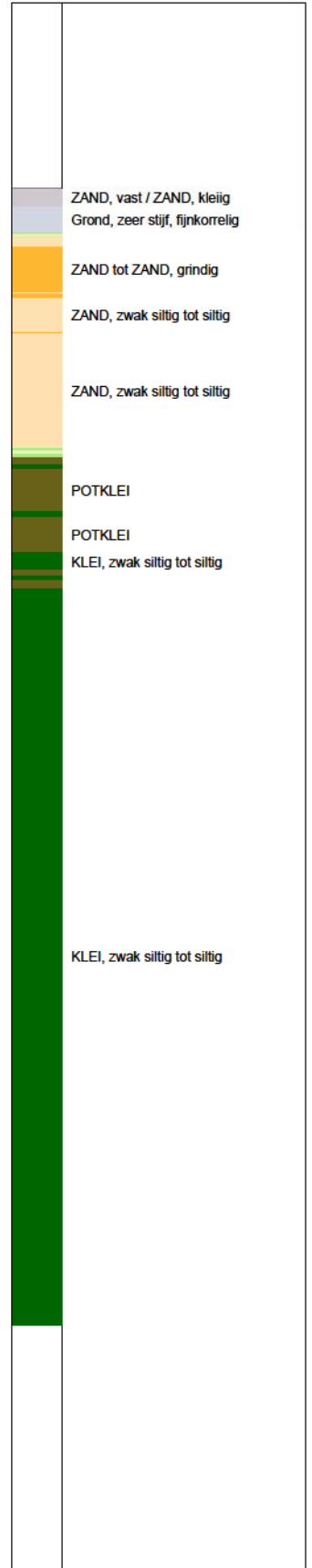
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G650



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

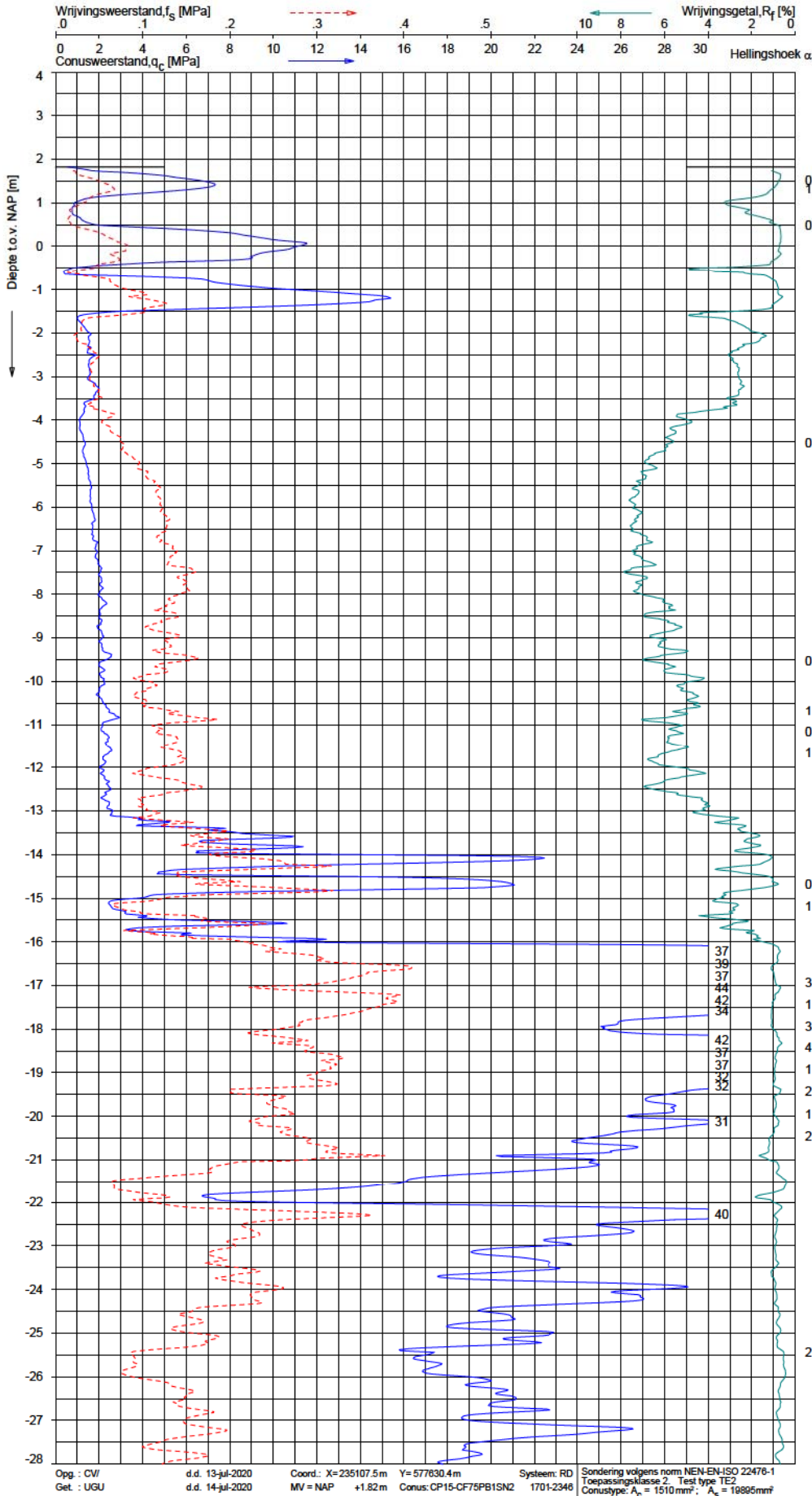


Opg. : CV / d.d. 10-jul-2020 Coord.: X=256841.0m Y= 576691.0m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : UGU / d.d. 14-jul-2020 MV = NAP +0.26m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2346 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18995 \text{ mm}^2$

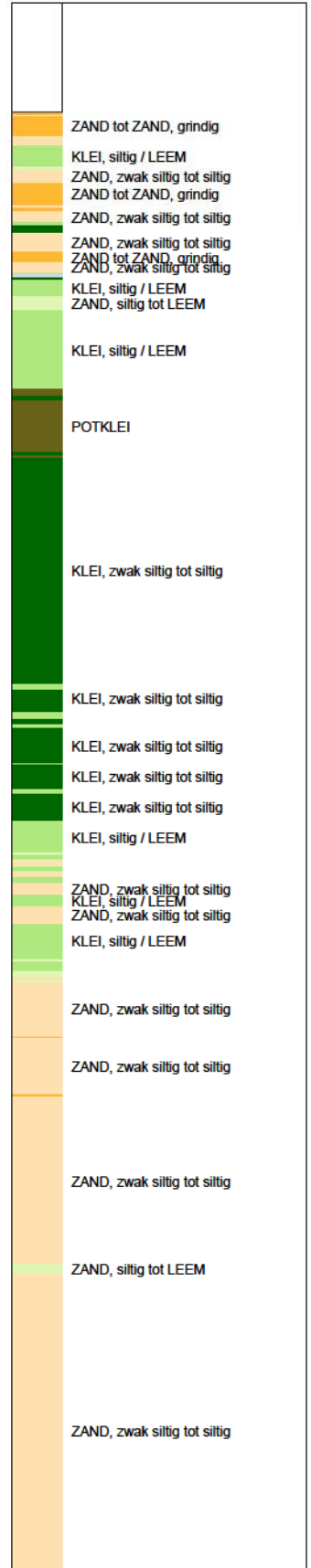
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G650



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

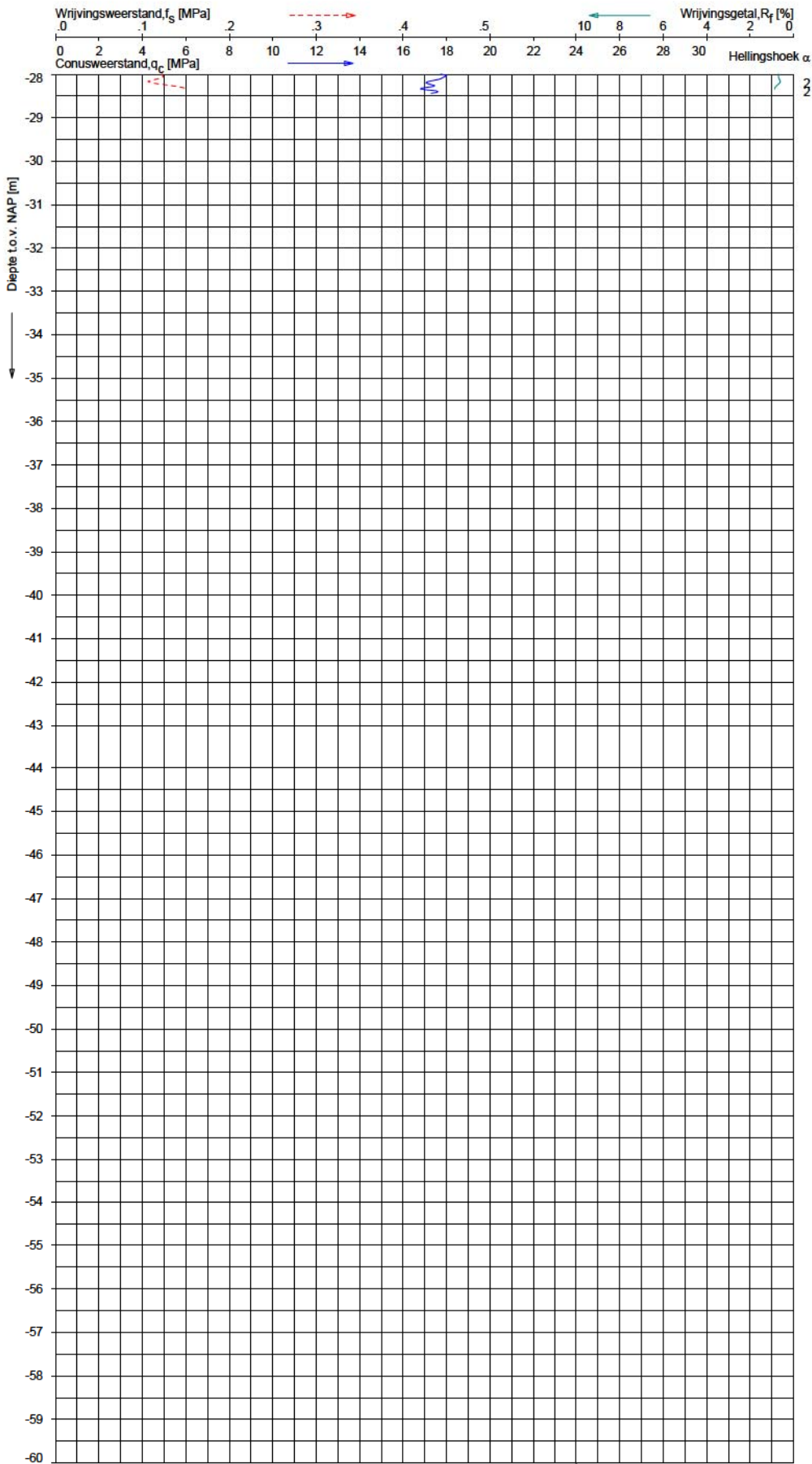


Opg. : CV/ d.d. 13-jul-2020 Coord.: X= 235107.5m Y= 577630.4m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : UGU d.d. 14-jul-2020 MV = NAP +1.82m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2346 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: A_c = 1510mm²; A_s = 1896mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G660



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

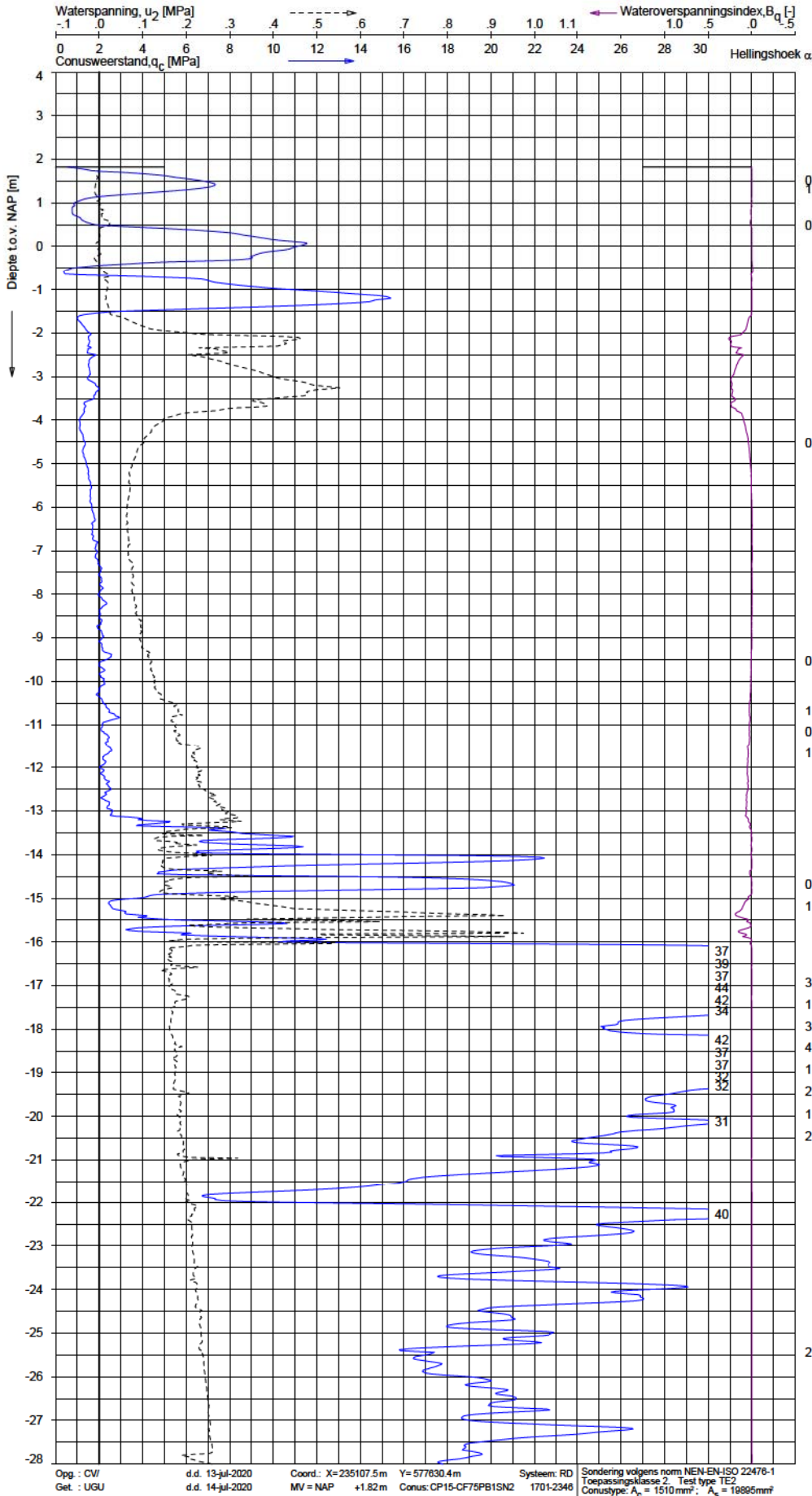
ZAND, zwak siltig tot siltig

Opg. : CV / d.d. 13-jul-2020 Coord.: X= 235107.5m Y= 577630.4m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : UGU / d.d. 14-jul-2020 MV = NAP +1.82m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2346 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18905 \text{ mm}^2$

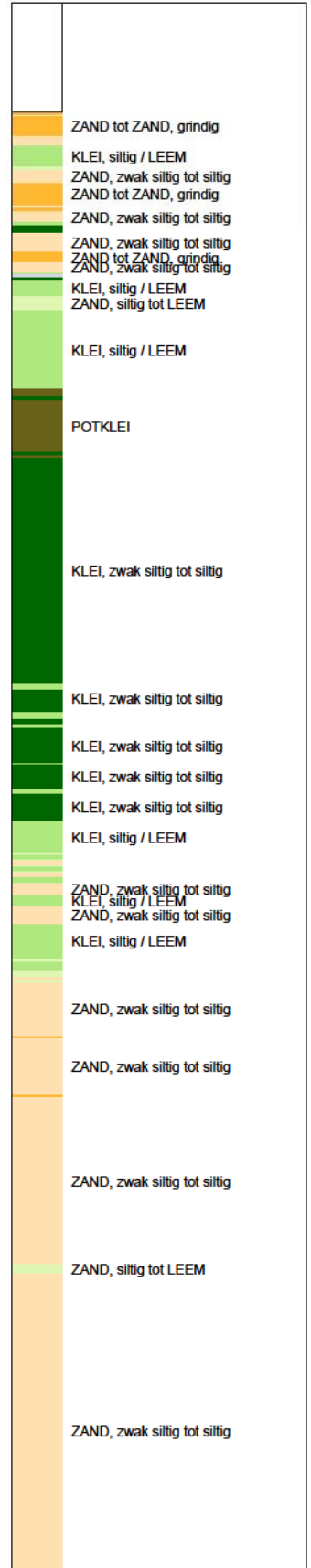
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G660



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

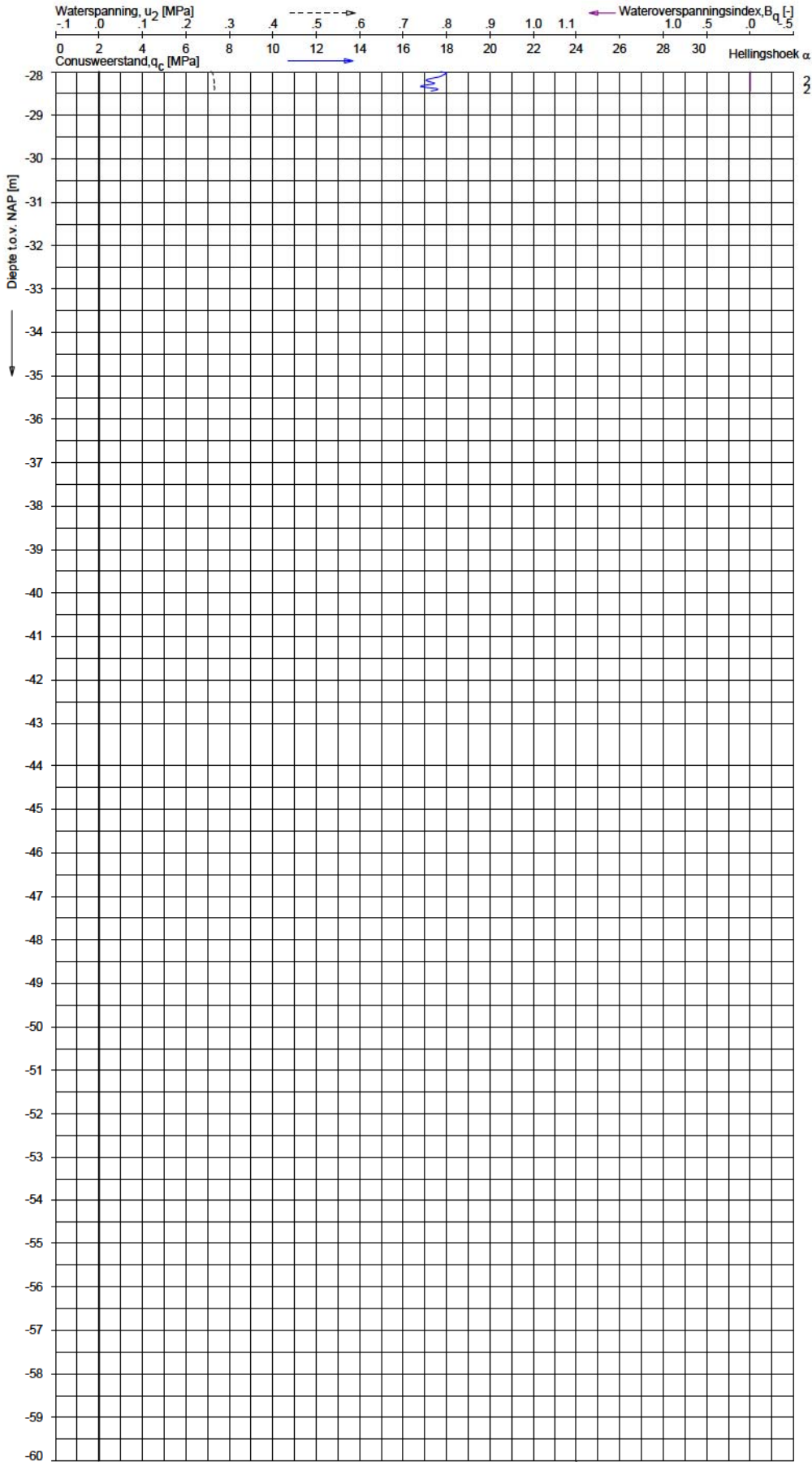


Opg. : CV / d.d. 13-jul-2020 Coord.: X= 235107.5m Y= 577630.4m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : UGU d.d. 14-jul-2020 MV= NAP +1.82m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2346 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18995 \text{ mm}^2$

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G660



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

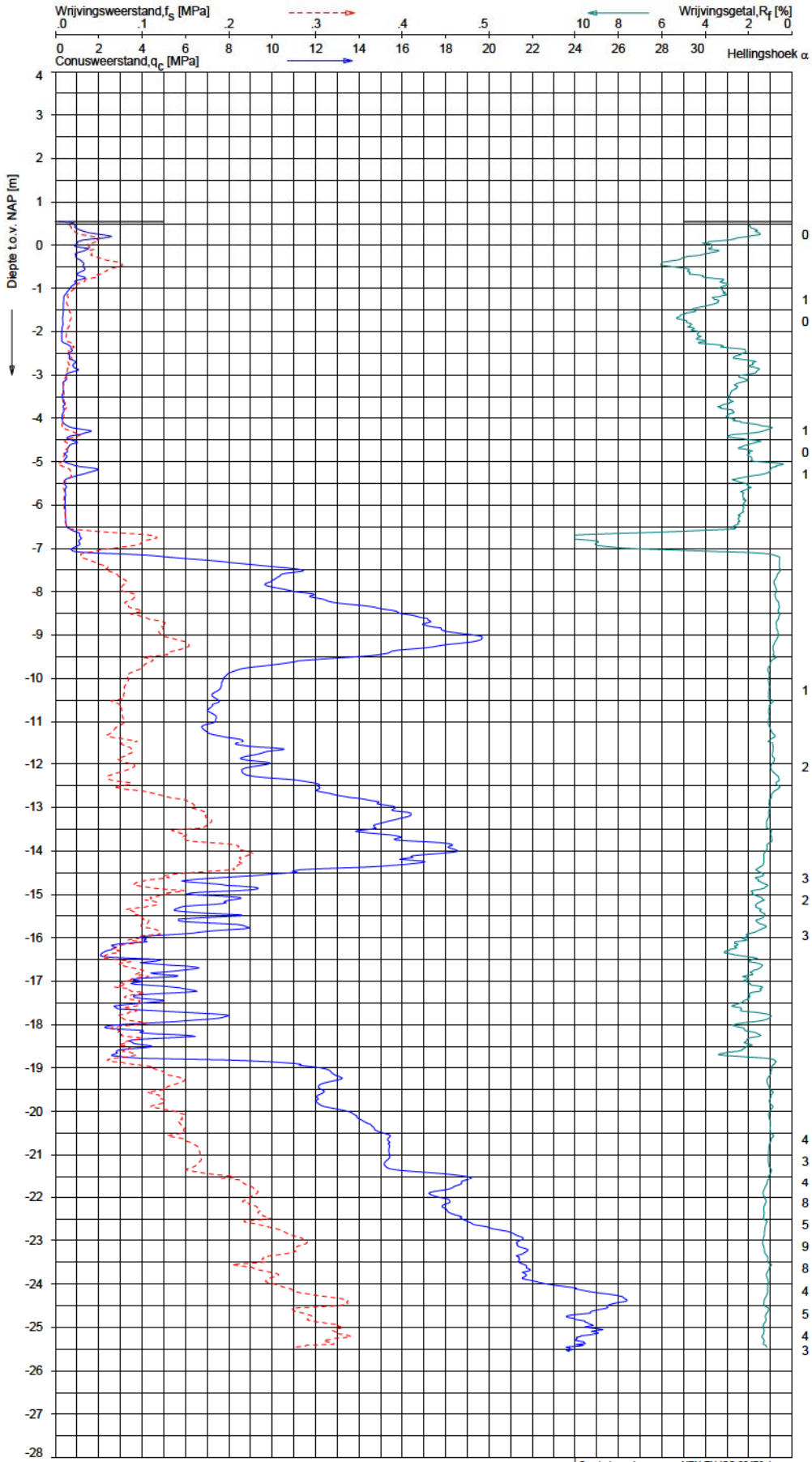
ZAND, zwak siltig tot siltig

Opg. : CV/ d.d. 13-jul-2020 Coord.: X= 235107.5m Y= 577630.4m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : UGU d.d. 14-jul-2020 MV = NAP +1.82m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-2346 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18905 \text{ mm}^2$

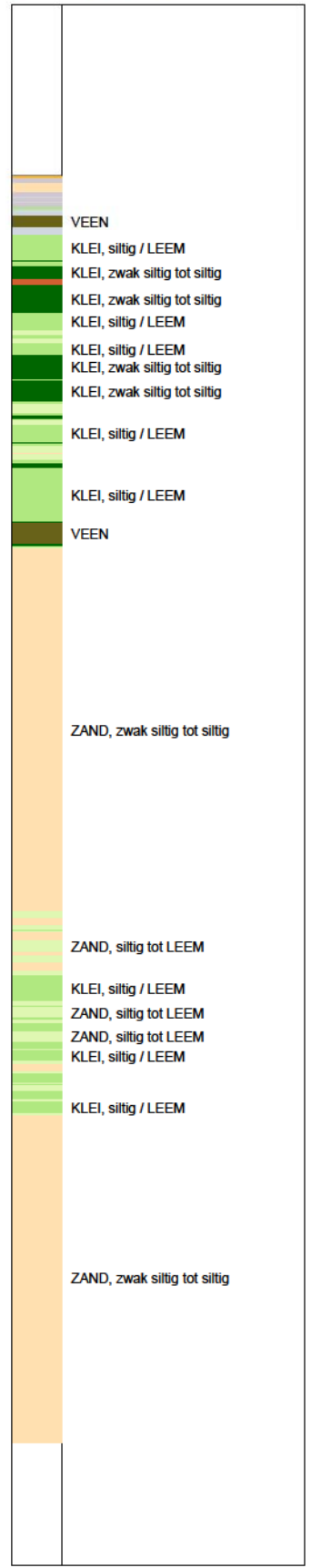
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G660



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

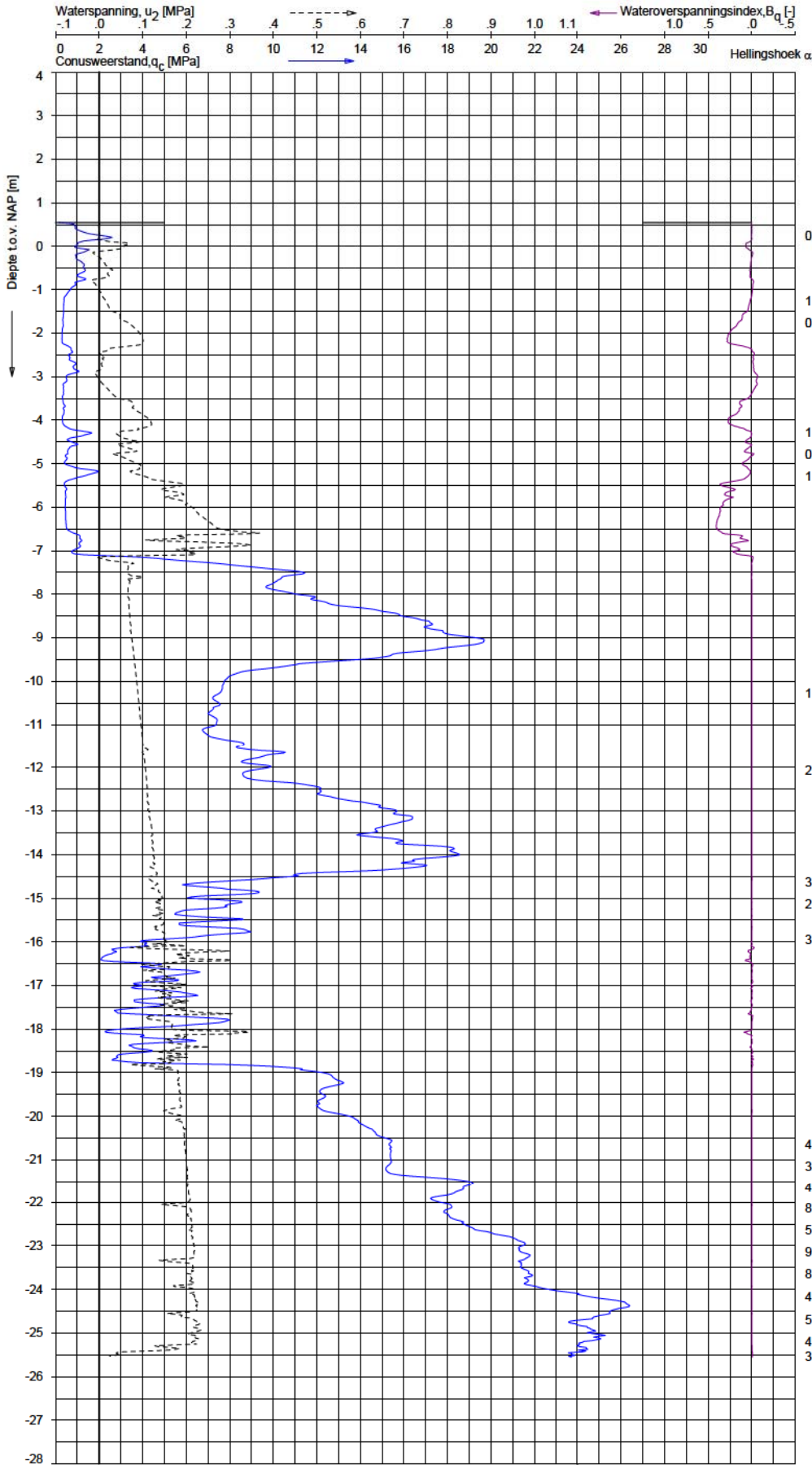


Opg.: CV / d.d. 06-jul-2020 / Coord.: X=231725.9m Y=584201.8m / Systeem: RD / Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: UGU / d.d. 14-jul-2020 / MV = NAP +0.55m / Conus: CP15-CF75PB7SN2 / 1701-2680 / Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18995 \text{ mm}^2$

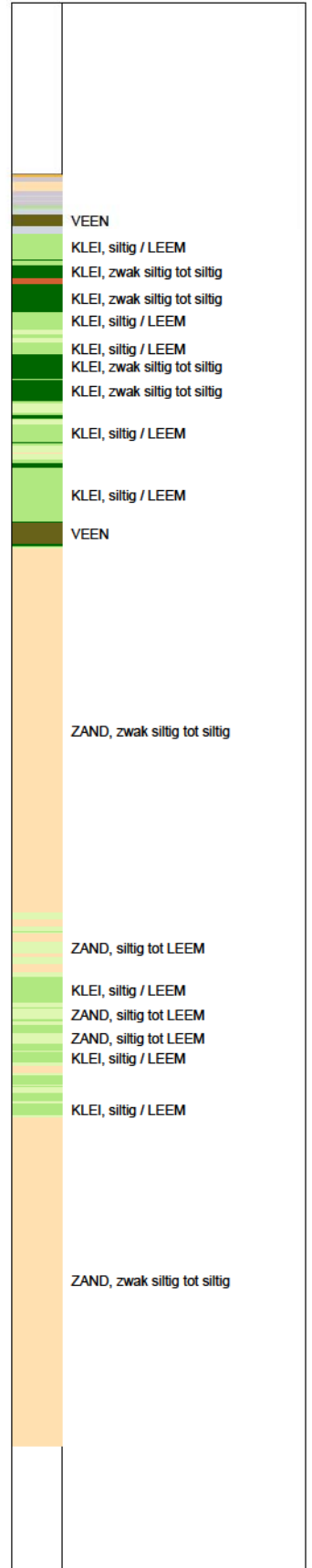
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G700





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

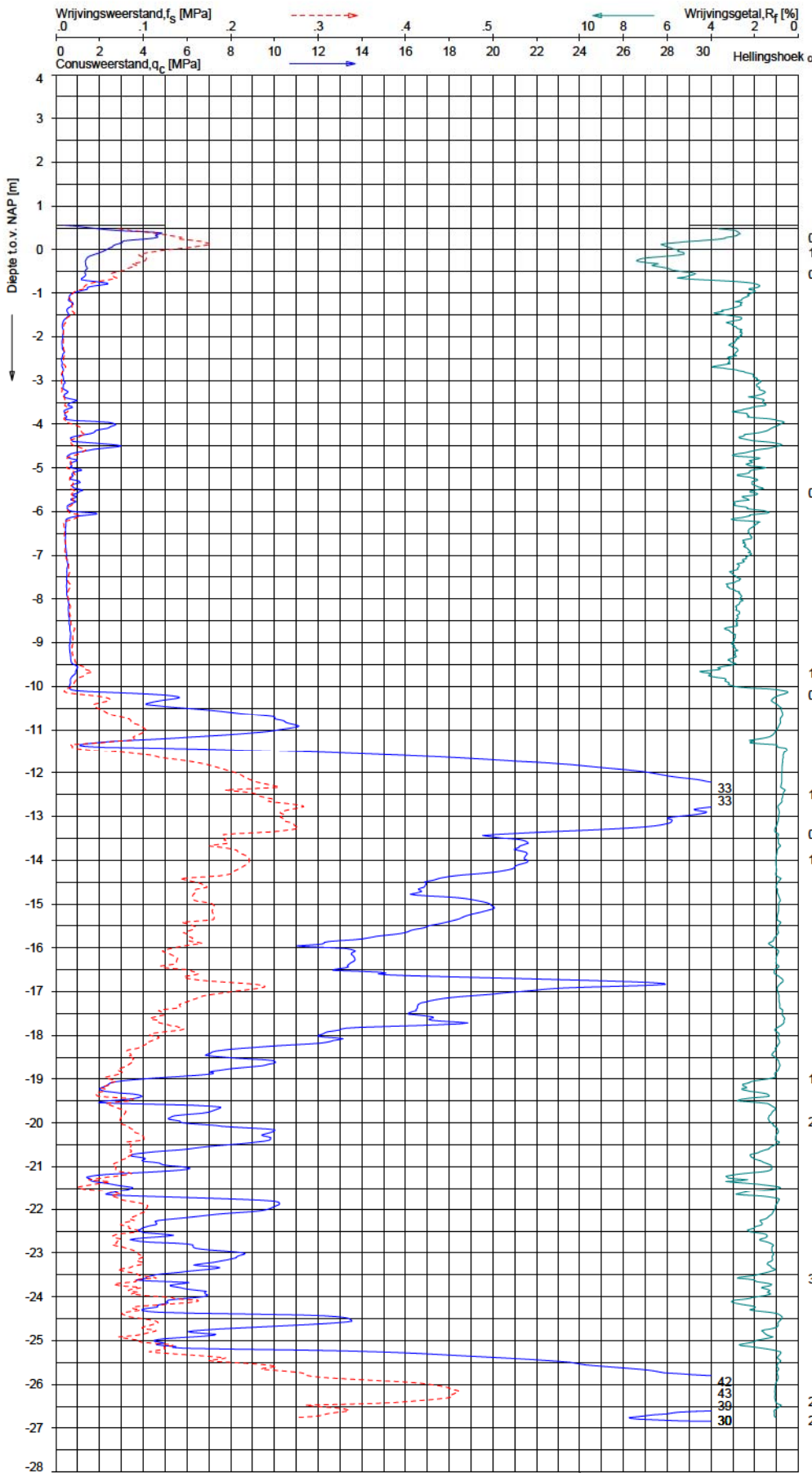


Opg. : CV/ d.d. 06-jul-2020 Coord.: X=231725.9m Y=584201.8m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : UGU d.d. 14-jul-2020 MV = NAP +0.55 m Conus: CP15-CF75PB7SN2 1701-2680 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18995 \text{ mm}^2$

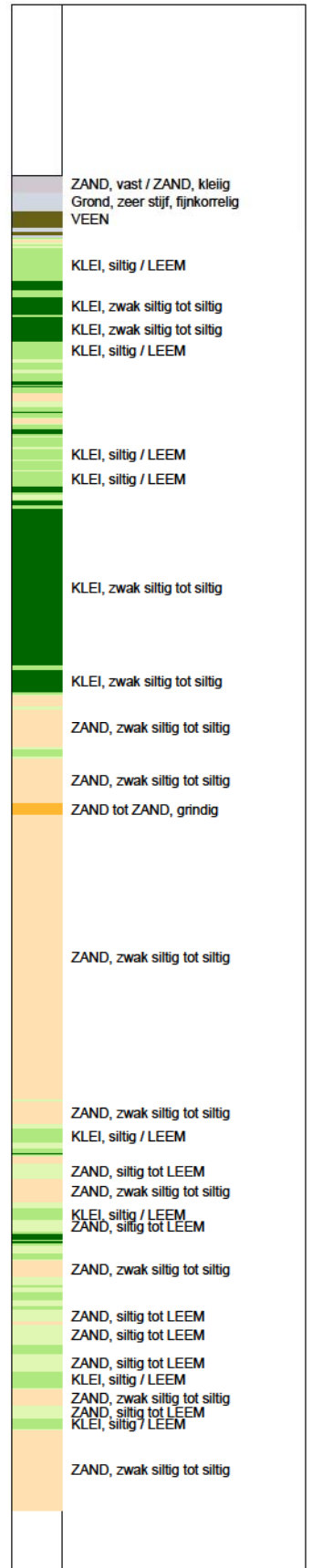
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G700



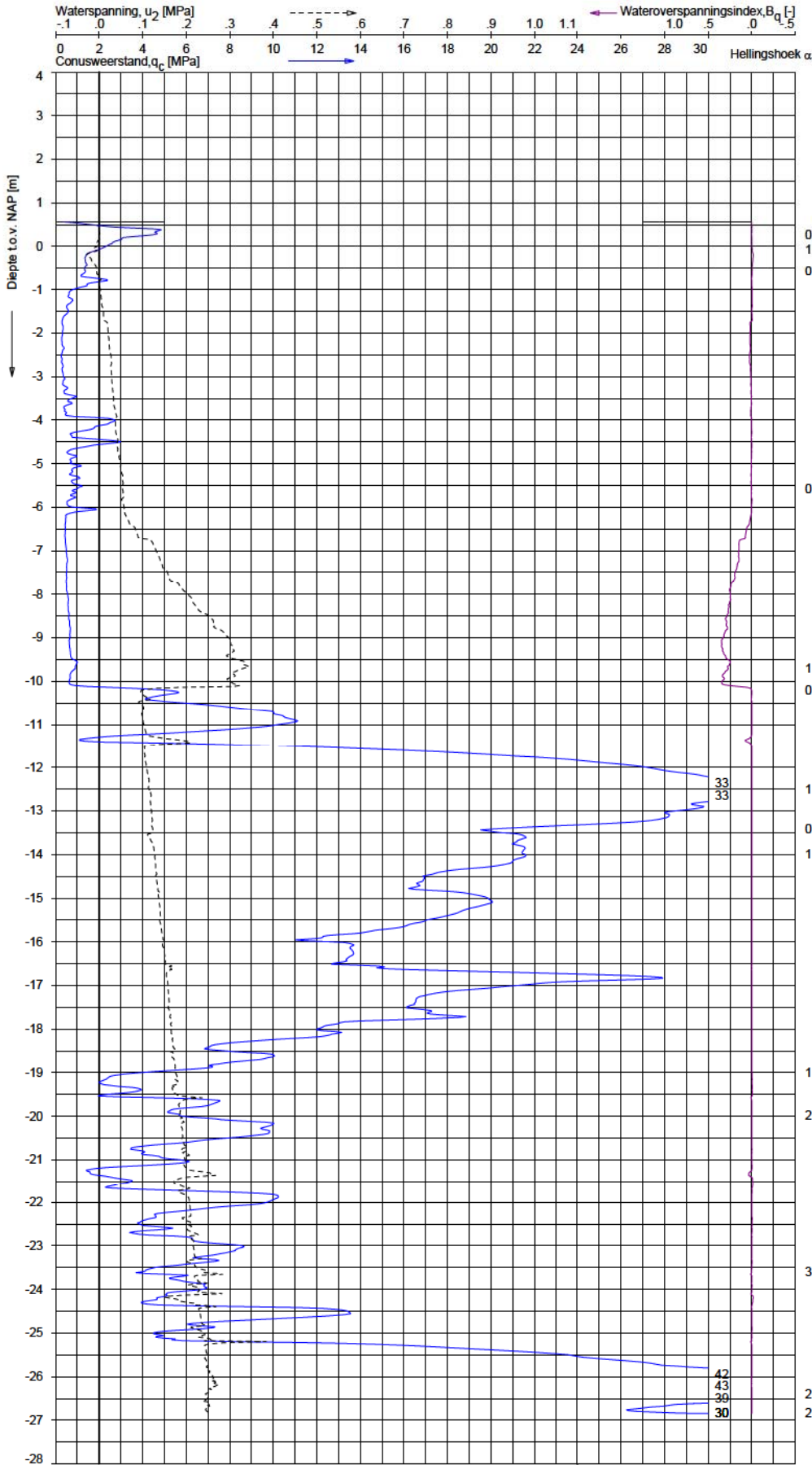
Indicatieve bodembeschrijving
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



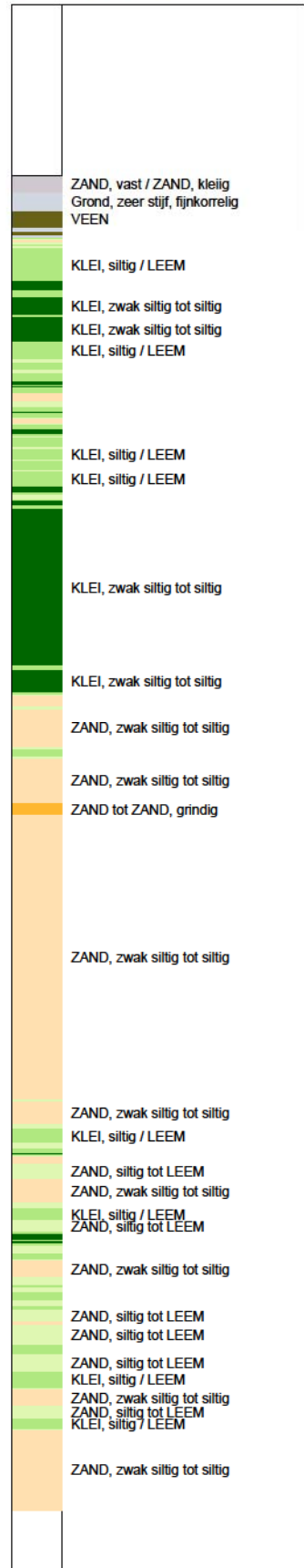
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G750





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

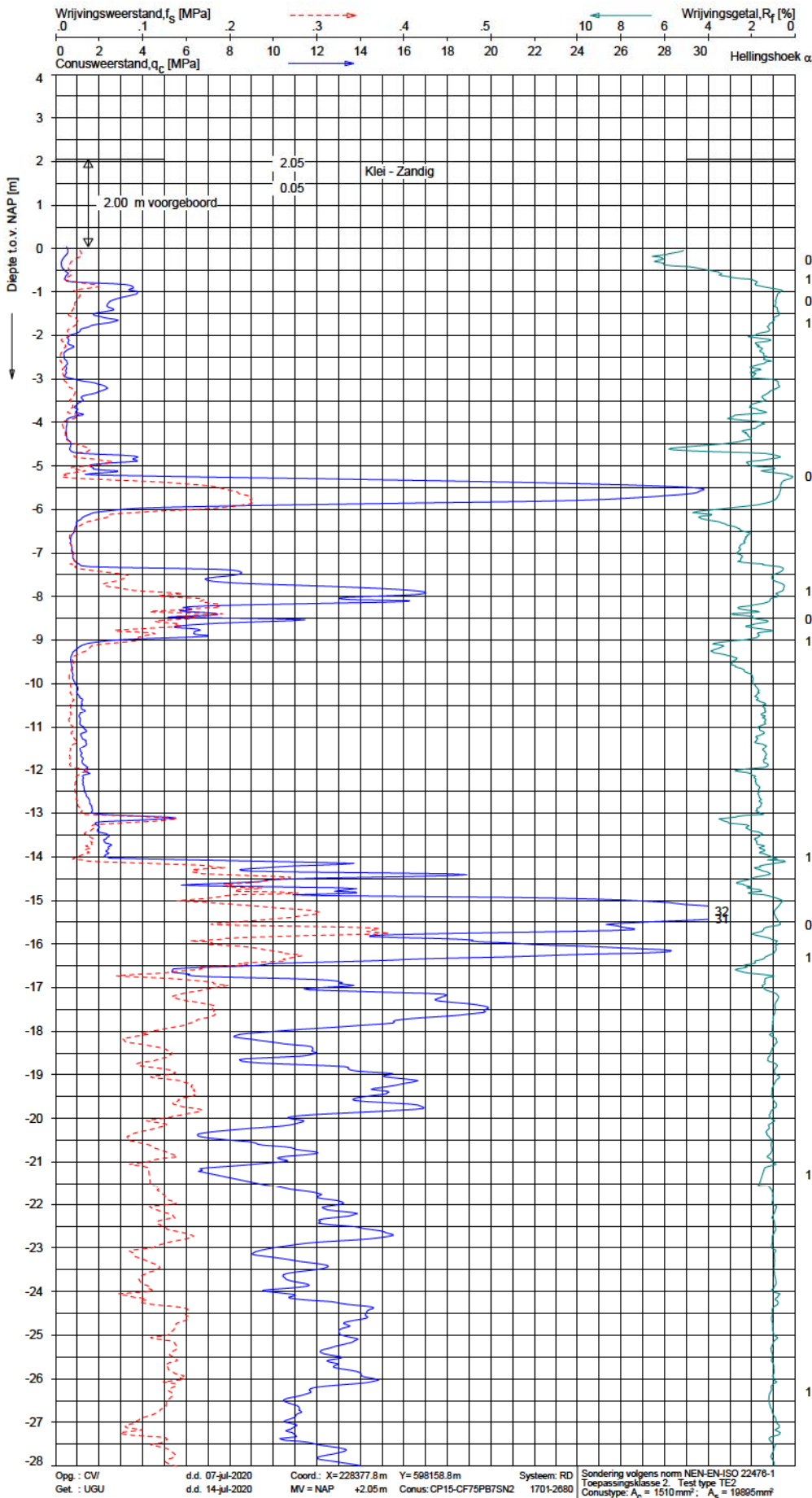


Opg.: CV / d.d. 07-jul-2020 Coord.: X= 228379.8m Y= 591803.1m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: UGU d.d. 14-jul-2020 MV = NAP +0.56m Conus: CP15-CF75PB7SN2 1701-2680 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18995 \text{ mm}^2$

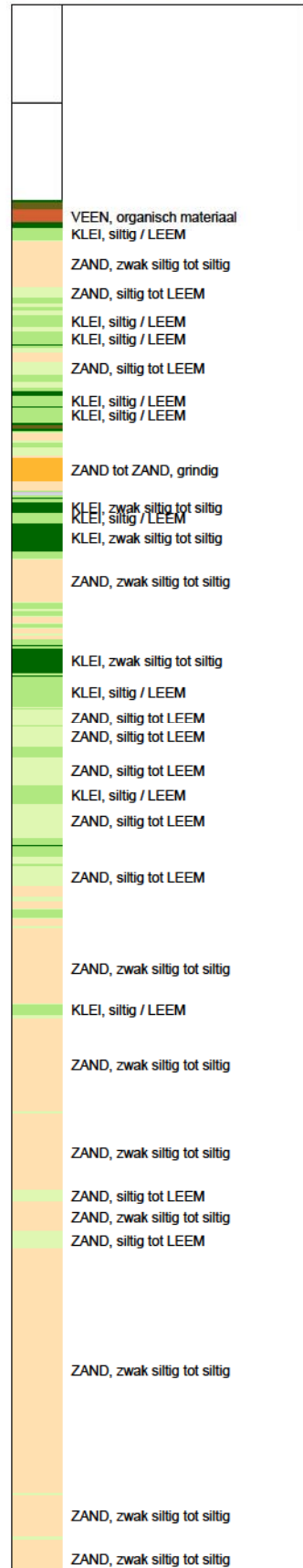
SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G750



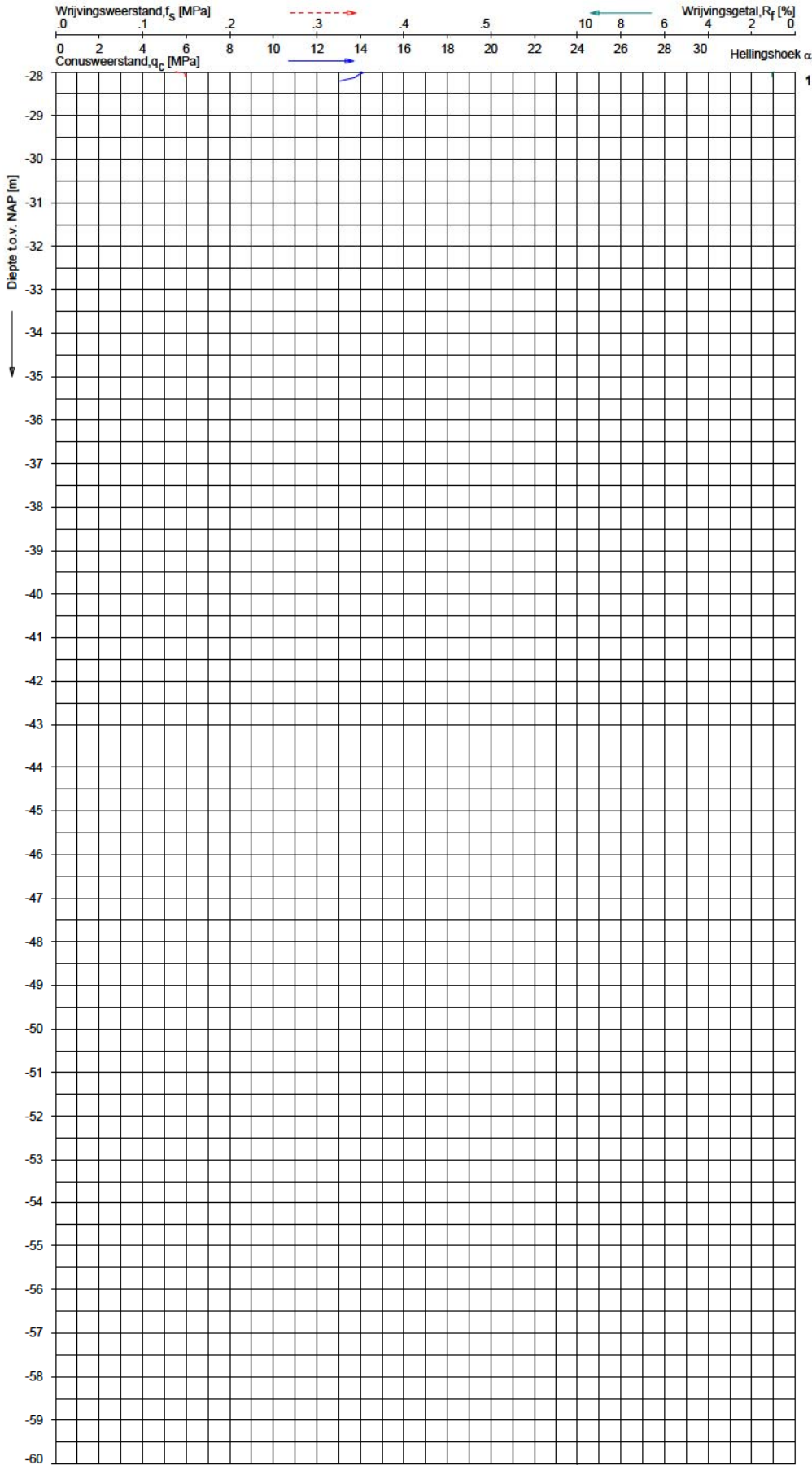
Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg. : CV/ d.d. 07-jul-2020 Coord.: X=228377.8m Y= 598158.8m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get. : UGU d.d. 14-jul-2020 MV= NAP +2.05m Conus: CP15-CF75PB7SN2 1701-2680 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18905 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
Sond. DKMPS_G780



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

ZAND, zwak siltig tot siltig

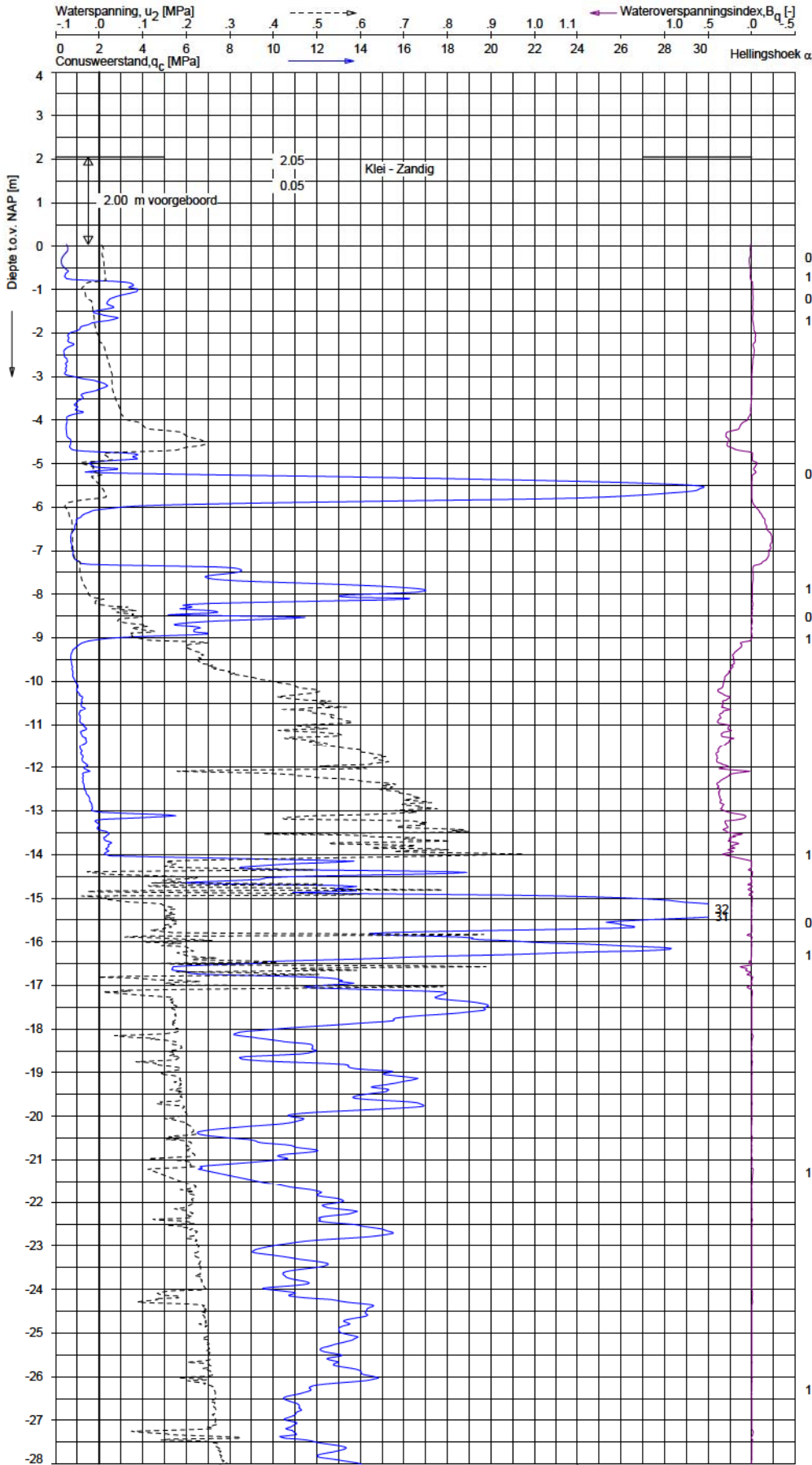
Opg. : CV / d.d. 07-jul-2020 Coord.: X=228377.8m Y=588158.8m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get. : UGU / d.d. 14-jul-2020 MV = NAP +2.05m Conus: CP15-CF75PB7SN2 1701-2680 Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18905 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

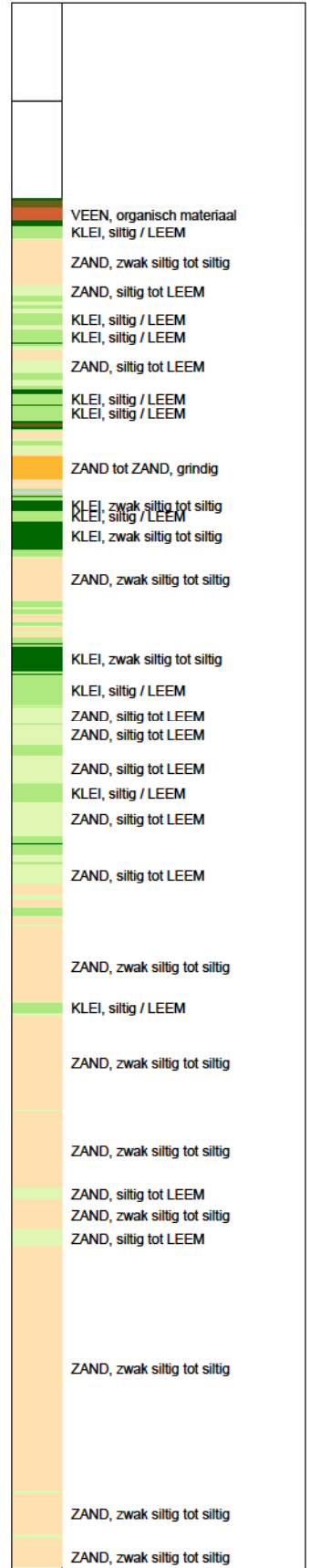
SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G780





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

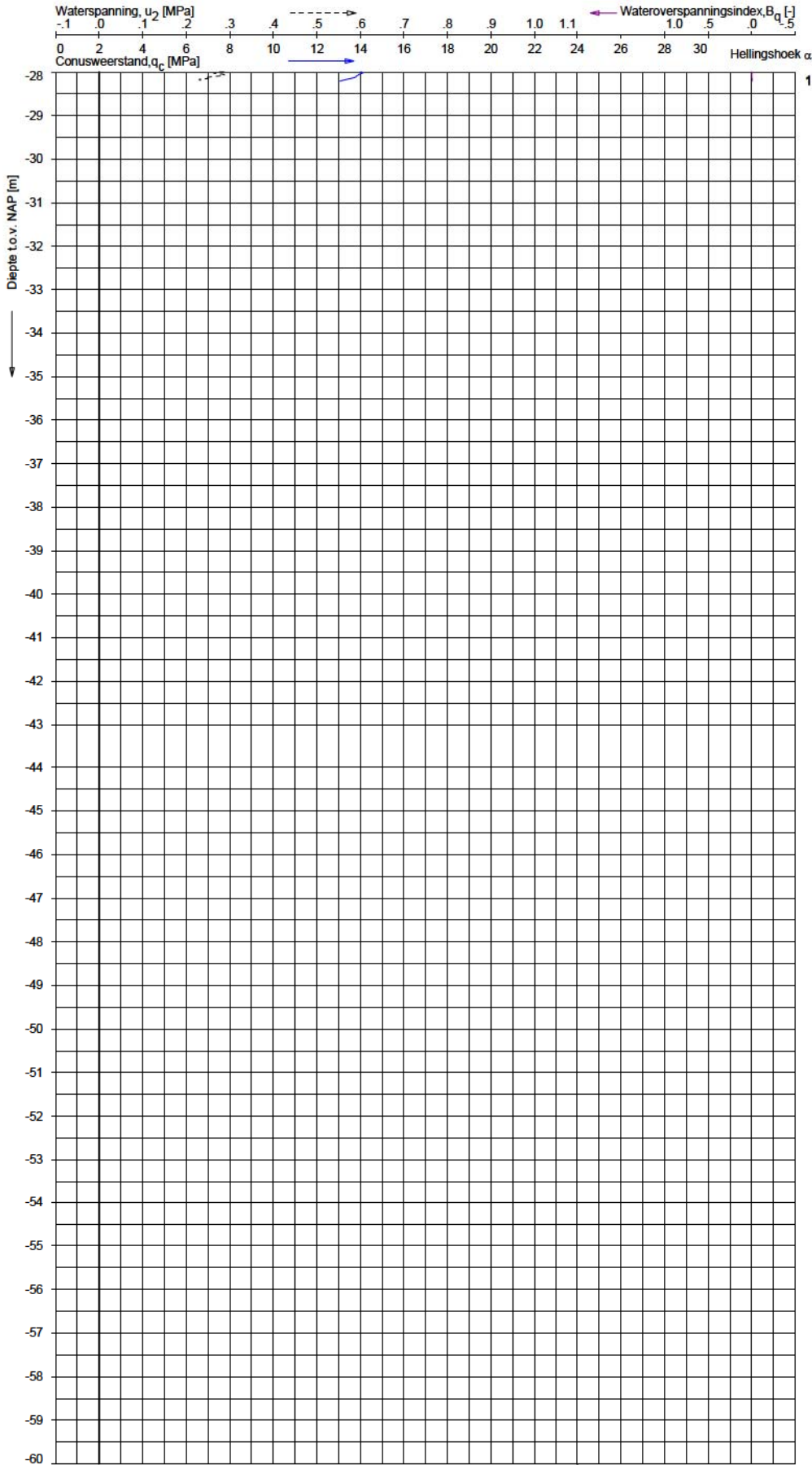


Opg.: CV / d.d. 07-jul-2020 / Coord.: X=228377.8m Y=598158.8m / Systeem: RD / Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: UGU / d.d. 14-jul-2020 / MV = NAP +2.05m / Conus: CP15-CF75PB7SN2 / 1701-2680 / Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18995 \text{ mm}^2$

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G780



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

ZAND, zwak siltig tot siltig

Opg.: CV / d.d. 07-jul-2020 / Coord.: X=228377.8m Y=598158.8m / Systeem: RD / Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
 Get.: UGU / d.d. 14-jul-2020 / MV = NAP +2.05m / Conus: CP15-CF75PB7SN2 / 1701-2680 / Toepassingsklasse 2, Test type TE2
 Conus type: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 18905 \text{ mm}^2$

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN

Opdr. 1320-171323
 Sond. DKMPS_G780



Seismic CPT

Seismic Cone Penetration Tests (SCPT) consist of a combination of an ordinary Cone Penetration Test (CPT) and Seismic Downhole Tests. With this combi-cone the normal CPT parameters like point resistance, sleeve friction, slope and pore pressure can be measured.

The Seismic 'down-hole' test measures the travel time interval of body waves travelling between a wave source on the surface ground and an array of geophones incorporated in the seismic cone.

The seismic cone penetrometer is a dual seismic cone and contains 2 three axial geophones, half a meter apart. The 3-axial geophone has one component in the x-direction, one in the y-direction and one in the z-direction. In this way both the horizontal as the vertical components of the primary pressure wave (P-wave) and the secondary shear wave (S-wave) can be measured. Wave velocities can give an indication of ground characteristics, such as low strain modulus.

Procedure

A dual seismic cone is pushed into the ground. To measure the S-wave, a steel beam is coupled to the ground surface by placing it under the CPT truck. Shear waves are generated by horizontally striking the steel beam by a sledge hammer, see Figure 1. The sledgehammer that strikes the beam acts as a trigger, initiating the recording of the seismic wave trace. Before measurements are taken, the rods are decoupled from the CPT truck to prevent energy transmission down the rods.

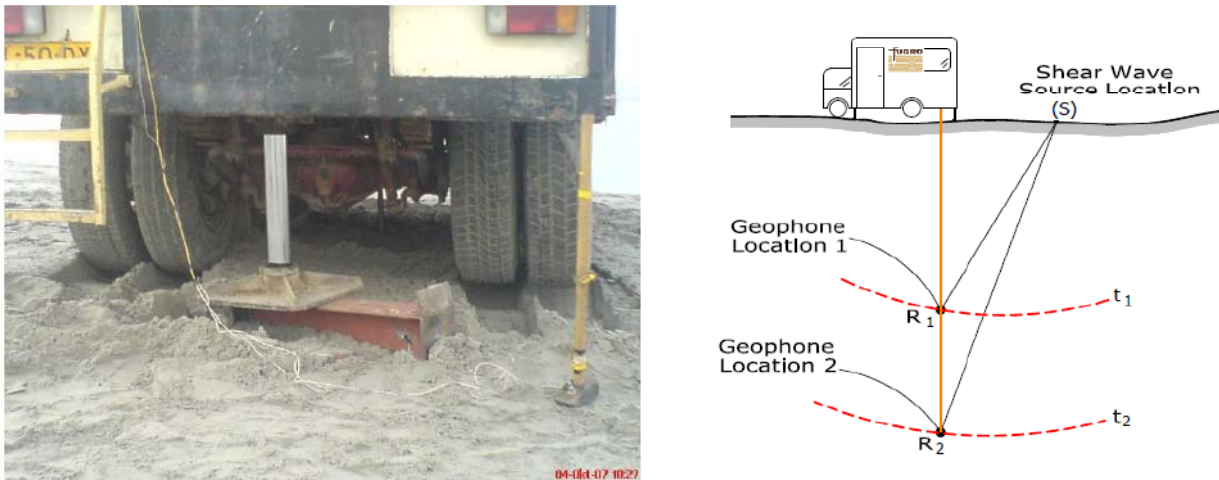


Figure 1: Steel beam with sledge hammer & schematic view of procedure

At least three waves are recorded for each test depth so the operator can check consistency of the waveforms. Shear wave data is sampled at a frequency of 20 kHz (20,000 samples per second). To maintain a desired signal resolution, the input sensitivity (gain) is increased with depth.

Offset distances of the beam from the cone and the location of the geophone are all taken into account in calculations.

The test procedure includes the following:

- Interrupting the CPT test at fixed distances for performing seismic tests
- Activating the seismic wave source and recording of the geophone signals, if necessary with re-activating to permit stacking.
- Resuming CPT test

The data is recorded with a seismic data acquisition system.

Test Results

Twelve seismic CPT's were performed between 6 and 13 July 2020, and only S-waves were sampled. The results are presented in tables and figures.

Table 1: SCPT coordinates and height

Name	RD-coordinates		NAP Height	Date
	X [m]	Y [m]	Z [m]	
DKMPS_G170	238147.84	595177.46	0.09	7-7-2020
DKMPS_G380	232549.84	579990.02	-1.21	6-7-2020
DKMPS_G480	264703.13	580174.97	0.54	9-7-2020
DKMPS_G650	259841.00	576991.02	0.26	10-7-2020
DKMPS_G640	265249.54	582835.92	0.12	9-7-2020
DKMPS_G270	237778.18	589217.70	-1.19	8-7-2020
DKMPS_G330	240690.99	585599.02	-1.39	13-7-2020
DKMPS_G370	264954.99	588743.53	-0.53	8-7-2020
DKMPS_G660	235107.47	577630.45	1.82	8-7-2020
DKMPS_G700	231725.85	584201.81	0.55	6-7-2020
DKMPS_G750	228379.55	591803.07	0.56	7-7-2020
DKMPS_G780	228377.77	598158.83	2.05	7-7-2020

The data is processed in SC3RAV seismic CPT processing software. For filtering the Bandpass Filter is used with a High Pass Frequency of 30 Hz and a Low Pass Frequency of 100 Hz.

From every signal a characteristic moment of the first arrival is picked. From these time picks per interval a profile of the S-wave (v_s) velocity of the soil is determined.

The test results include dynamic (low-strain) elastic parameters, using estimated densities. The following basic equations apply to the wave velocities of the S-wave.

$$v_s = \sqrt{\frac{1}{2(1+\nu)} \cdot \frac{E}{\rho}} = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

Where:

v_s	[m/s]	S-wave velocity
ρ	[ton/m ³]	Mass density
ν	[-]	Dynamic Poisson ratio
E	[MPa]	Dynamic Youngs modulus
G	[MPa]	Dynamic Shear modulus

The density is calculated as follows:

From Robertson CPT guide 2010 [1]

$$\gamma / \gamma_w = 0.27 [\log R_f] + 0.36 [\log(qt/pa)] + 1.236$$

R_f = friction ratio

qt/pa = Cone resistance

The dynamic shear modulus (G) of the soil is a standard for the stiffness of the soil and an important parameter in the dynamic analysis. The shear modulus is determined from the interval velocity of the S-wave and the estimated density of the layers.

$$G = \rho v_s^2 \quad [\text{MPa}]$$



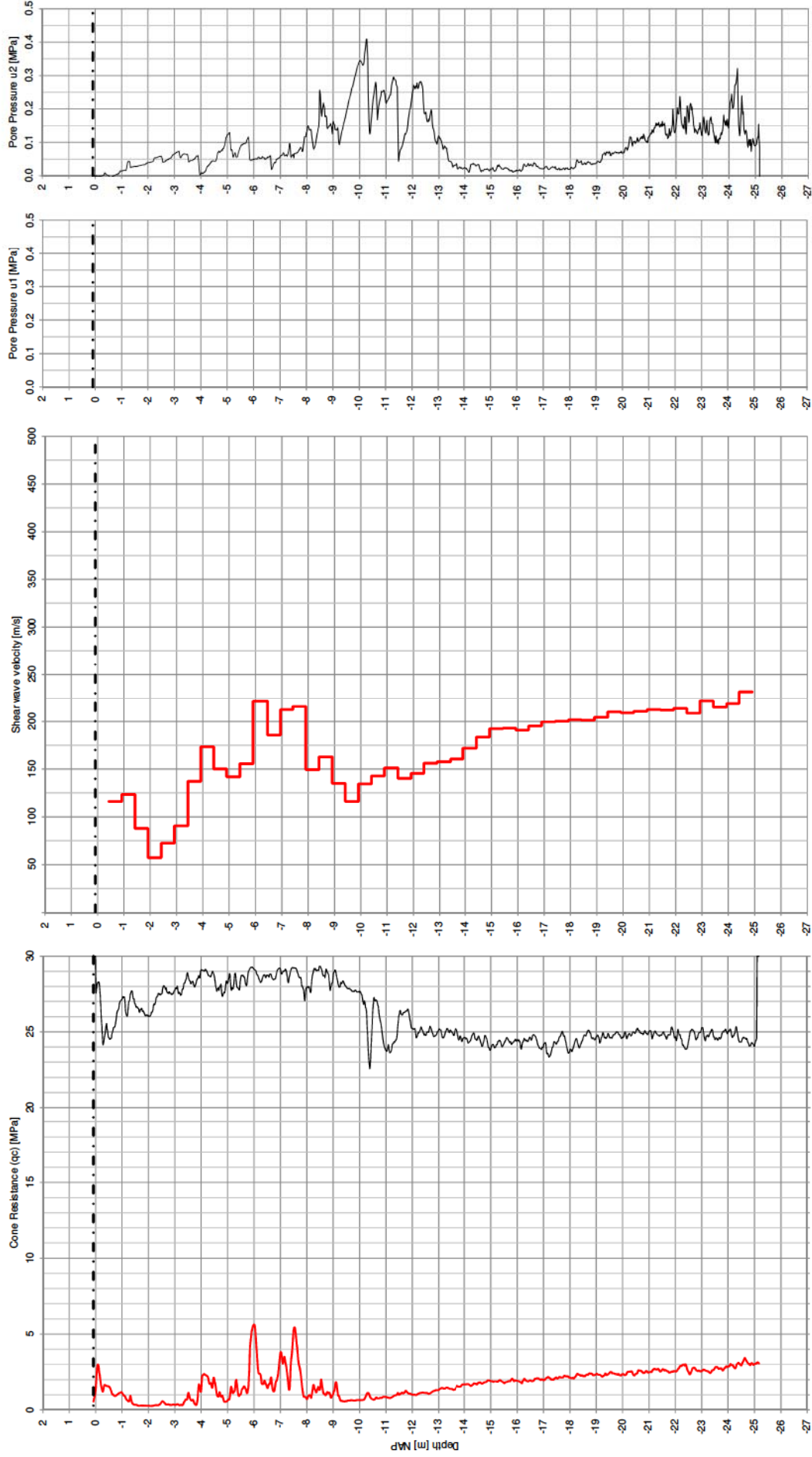
Be aware that the velocity data for the top 1.5 – 2.0 m below ground level often is not reliable, because of pre-drilling, or loosely packed soil.

Literature

- [1] P.K. Robertson, K.L. Cabal, Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering, Gregg Drilling & Testing, Inc., 2015 6th Edition.



1320-171323 SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN
 CPT ID: DKMPS_G17

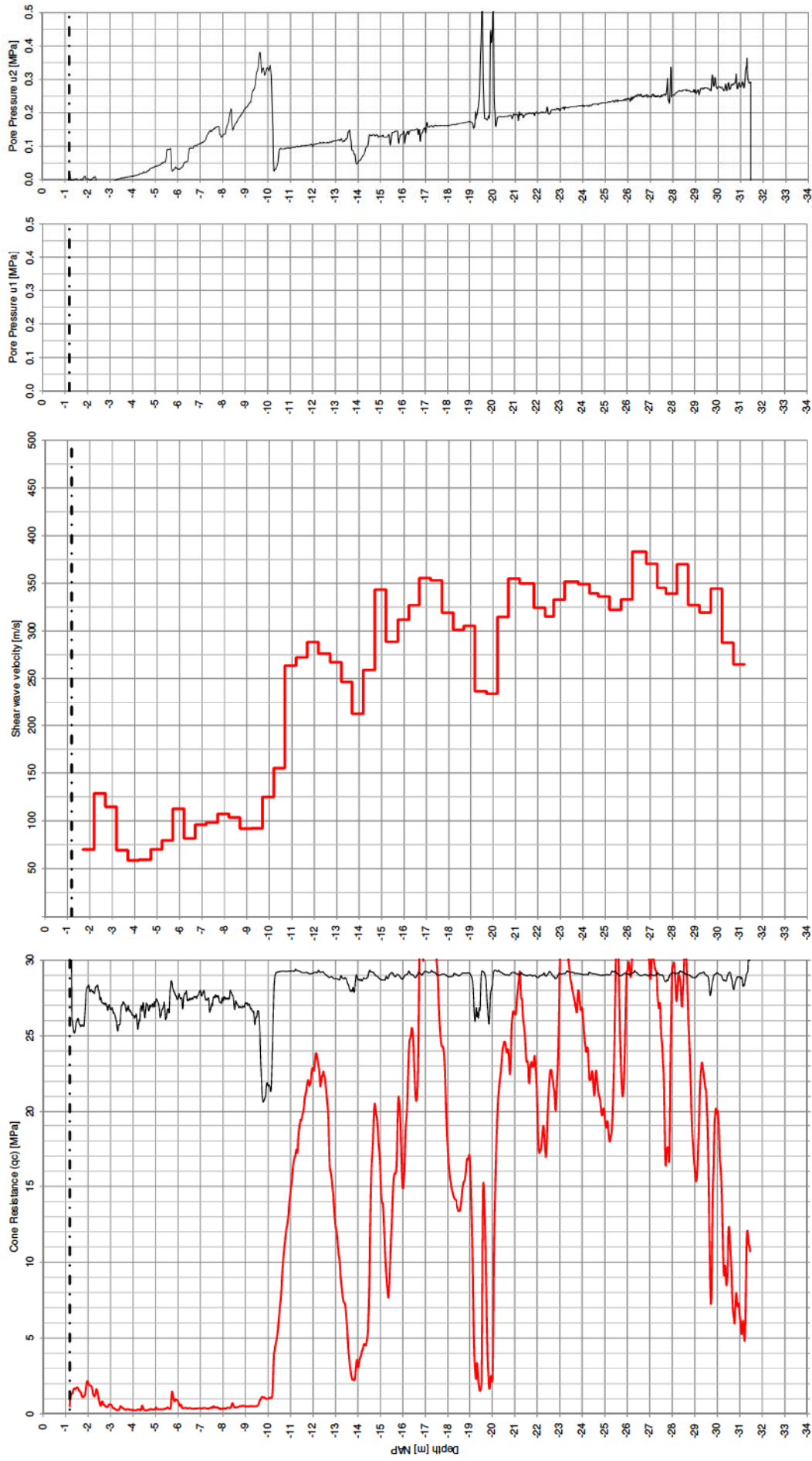


This file has been automatically processed. Please check the data carefully before using it

CPT Company	Fugro NL Land B.V	CPT File Date	2020_07_10	CPT Start date	2020_07_07	Coordinates			
CPT Class	ISO 22476-1 2012 Toepassingsklasse 2	Path GEF	processed\1320-171323_DKMPS_G17_20200710.gef	x	238147.84 [m]	y	595177.46 [m]	z	0.09 [m]
Cone Tip Area [mm²]	1510	Depth has been adjusted for inclination							
Cone Type	CP15-CF75PB7SN2/1701-2680	Time-stamp 10-7-2020 13:13							



1320-171323 SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN
 CPT ID: DKMPS_G270

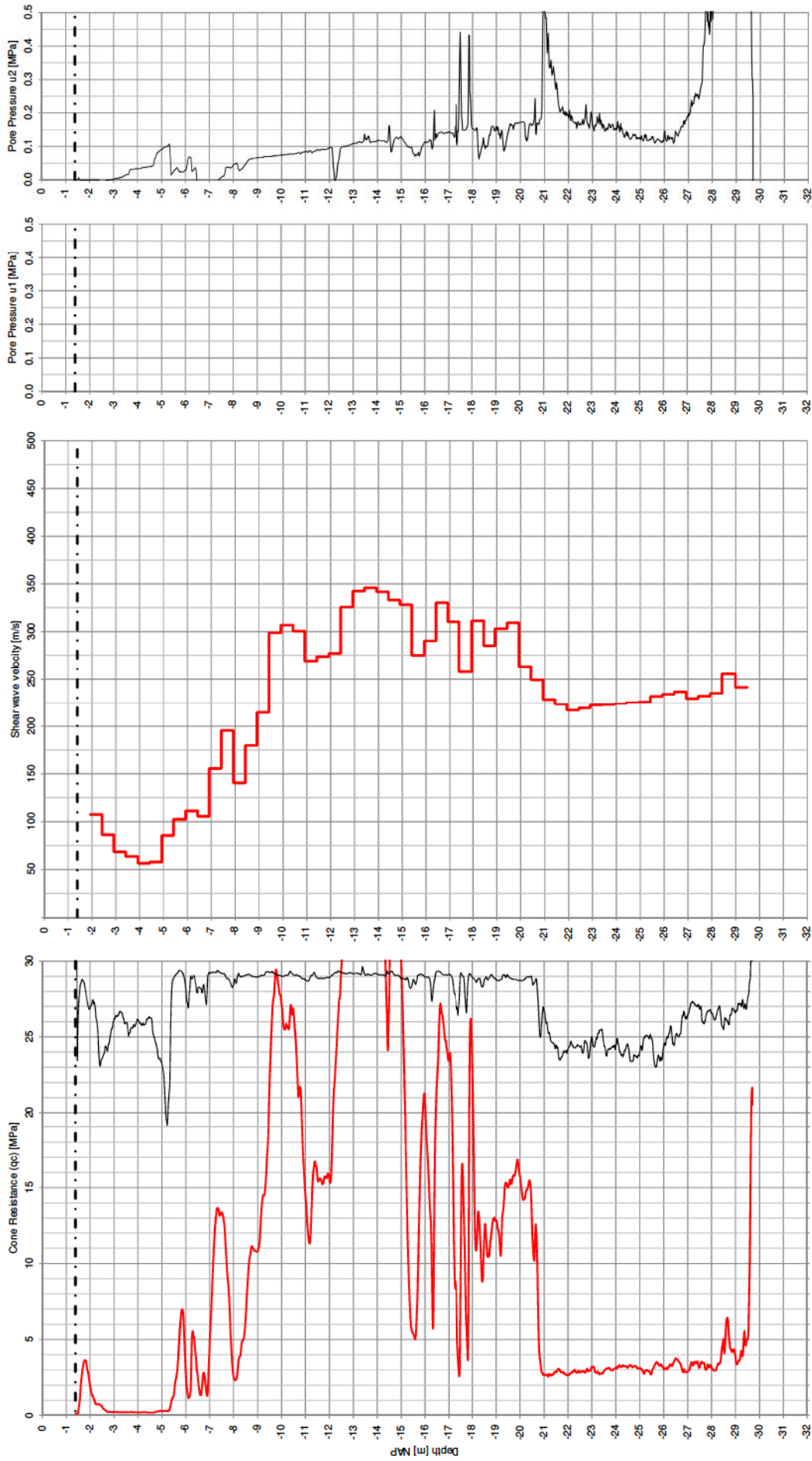


This file has been automatically processed. Please check the data carefully before using it

CPT Company	Fugro NL Land B.V.		
CPT Class	ISO 22476-1 2012 Application Class 2	CPT File Date	2020_07_14
Cone Tip Area [mm²]	1510	CPT Start date	2020_07_08
Cone Type	CP15-CF75PB7SN2-PIE1M4-V5-S1/1701-2680	Path GEF	processed\1320-171323_DKMPS_G270_20200714.gcf
		Coordinates	x 237778.179 [m] y 589217.696 [m] z -1.188 [m]
		Time-stamp	15-7-2020 13:39
		Depth has been adjusted for inclination	



1320-171323 SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN
 CPT ID: DKMPS_G330

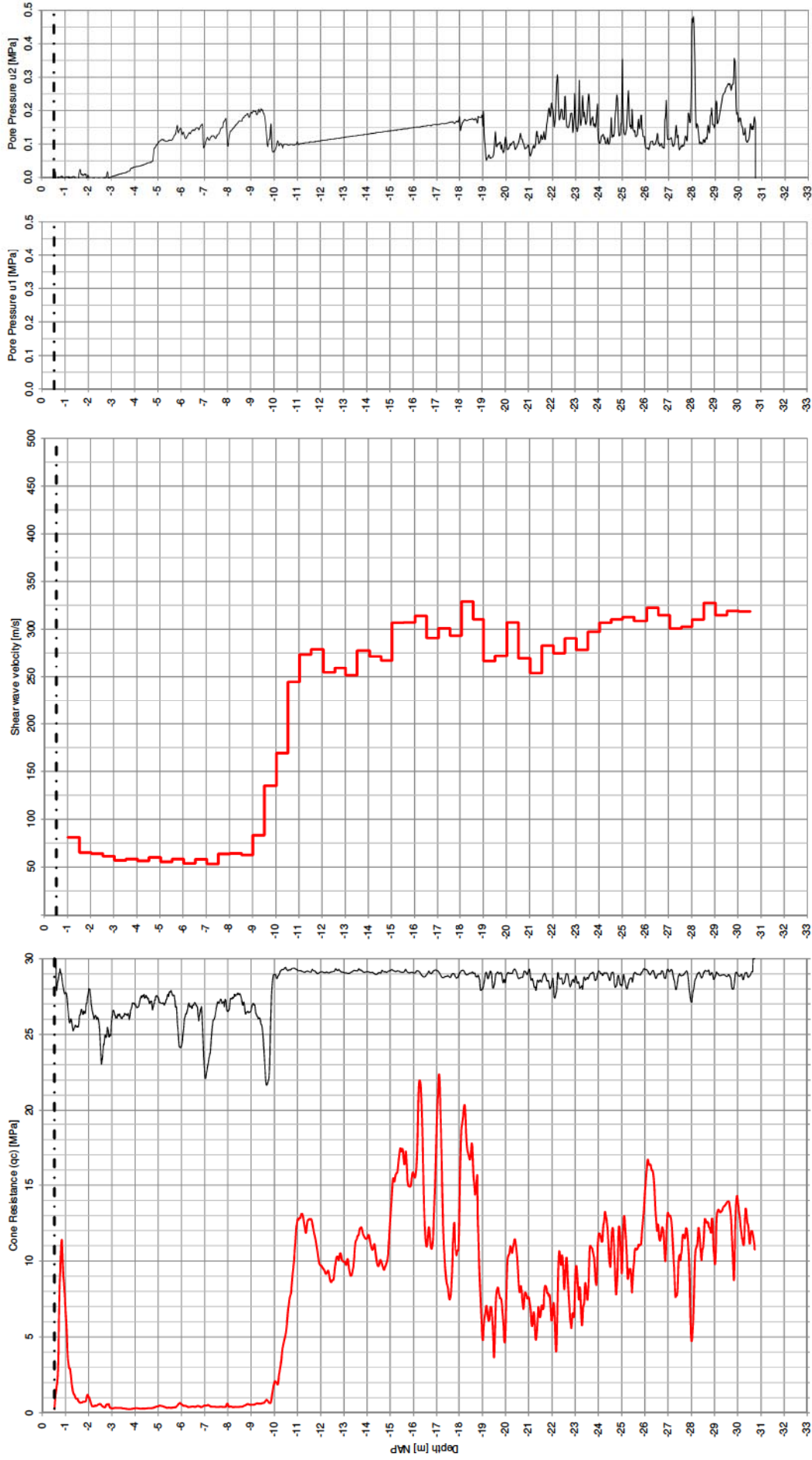


This file has been automatically processed. Please check the data carefully before using it

CPT Company	Fugro NL Land B.V.	CPT File Date	2020_07_14	CPT Start date	2020_07_13	x	240690.996 [m]
CPT Class	ISO 22476-1 2012 Application Class 2	Path GEF	processed\1320-171323_DKMPS_G330_20200714.gcf			y	585599.021 [m]
Cone Tip Area [mm²]	1510	Depth has been adjusted for inclination				z	-1.386 [m]
Cone Type	CP15-CF75PB1SN2-P1E1M4-V12-S1/1701-2346						
		Time-stamp	16-7-2020 15:40				



1320-171323 SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN
 CPT ID: DKMPS_G370

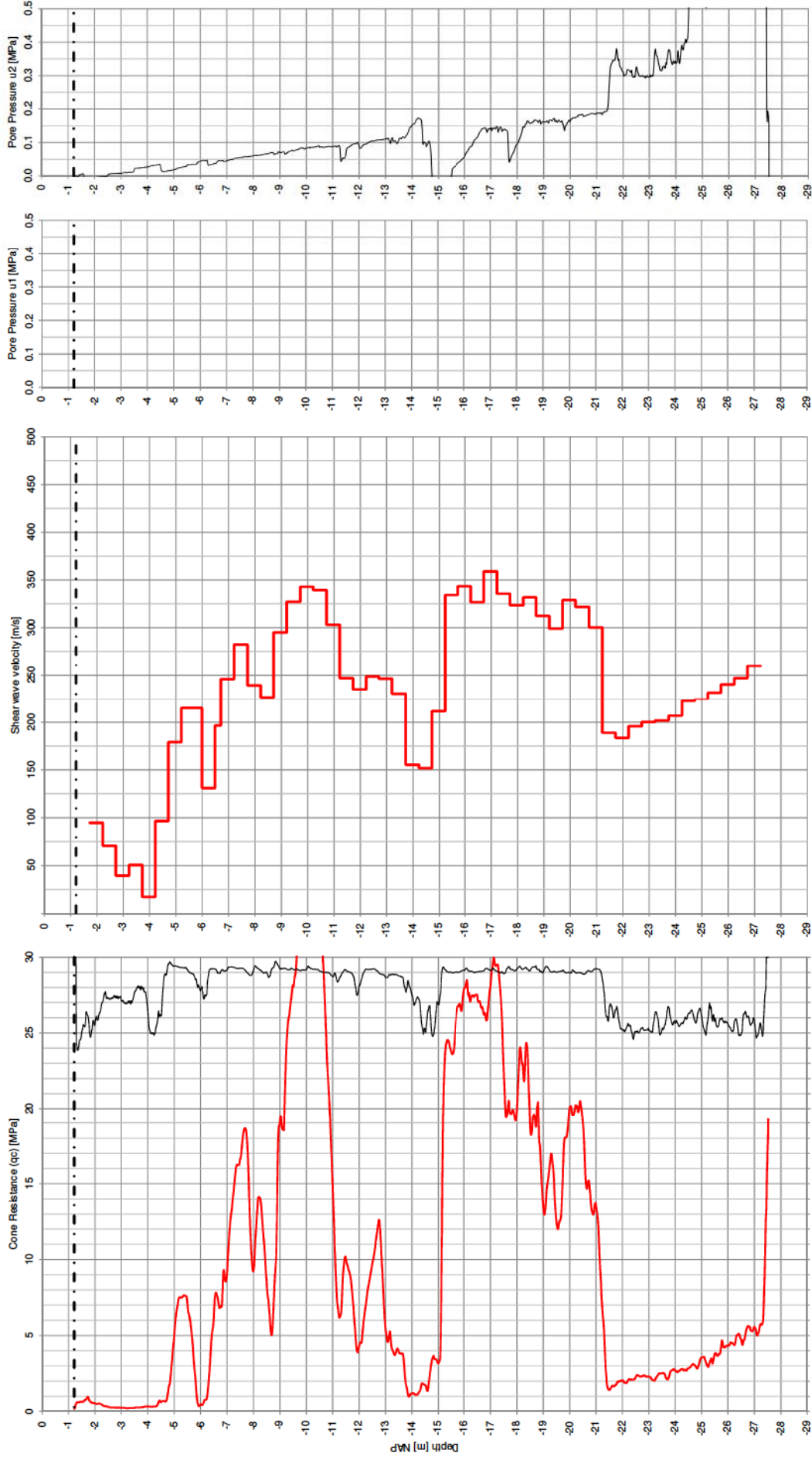


This file has been automatically processed. Please check the data carefully before using it

CPT Company	Fugro NL Land B.V.	Time-stamp	16-7-2020 15:44
CPT Class	ISO 22476-1 2012 Application Class 2	Coordinates	
Cone Tip Area [mm ²]	1510	x	264954.985 [m]
Cone Type	CP15-CF75PB7SN2-P1E1M4-V5-S1/1701-2680	y	588743.526 [m]
		z	-0.525 [m]
		CPT File Date	2020_07_14
		CPT Start date	2020_07_08
		Path GEF	processed\1320-171323_DKMPS_G370_20200714.gcf
		Depth has been adjusted for inclination	



1320-171323 SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN
 CPT ID: DKMPS_G38

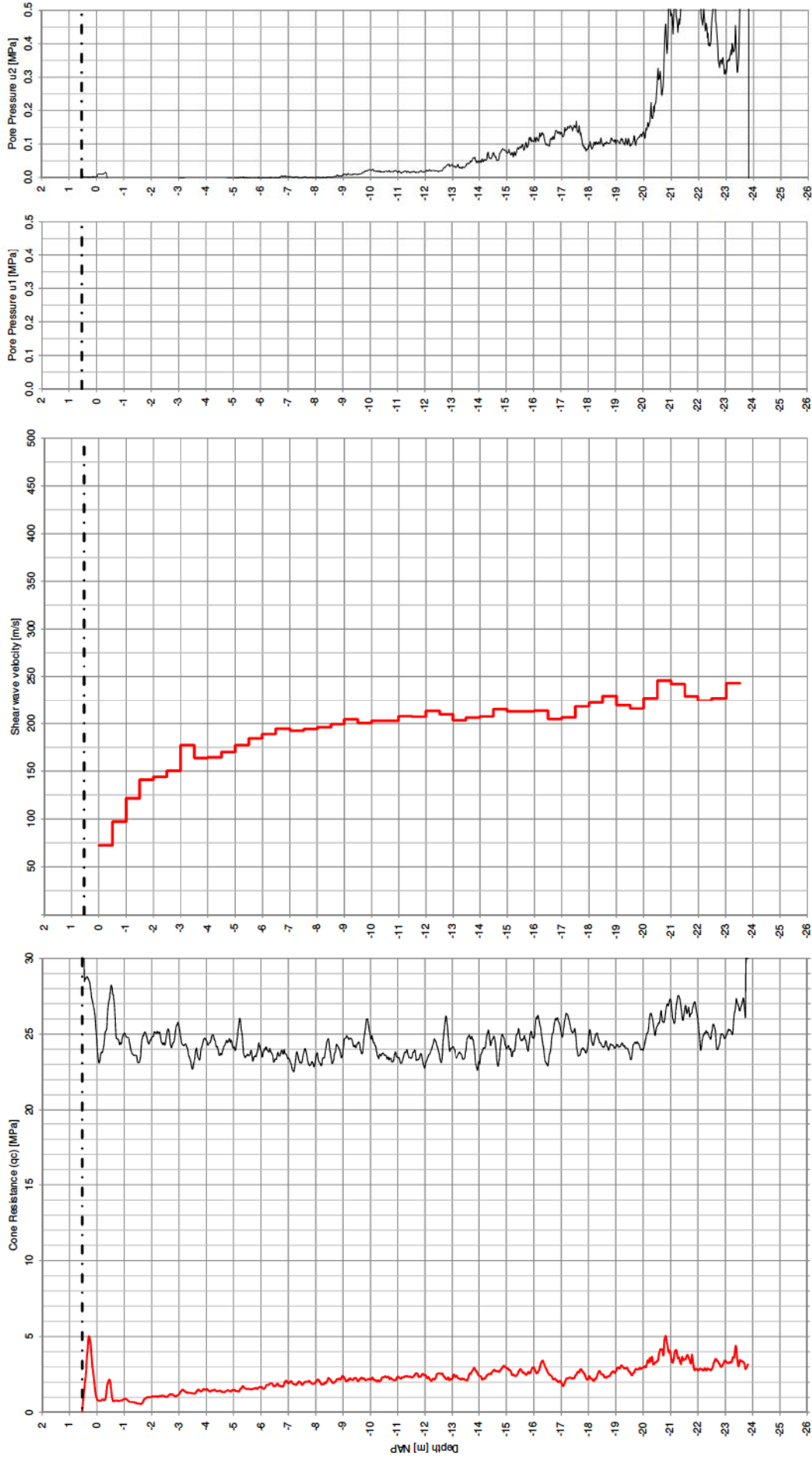


This file has been automatically processed. Please check the data carefully before using it

CPT Company	Fugro NL Land B.V	CPT File Date	2020_07_10	CPT Start date	2020_07_06	Coordinates	
CPT Class	ISO 22476-1 2012 Toepassingsklasse 2	Path GEF	processed\1320-171323_DKMPS_G38_20200710.gef			x	232549.84 [m]
Cone Tip Area [mm²]	1510					y	579990.02 [m]
Cone Type	CP15-CF75PB7SN2/1701-2680	Depth has been adjusted for inclination				z	-1.21 [m]
						Time-stamp	10-7-2020 15:24



1320-171323 SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN
 CPT ID: DKMPS_G480

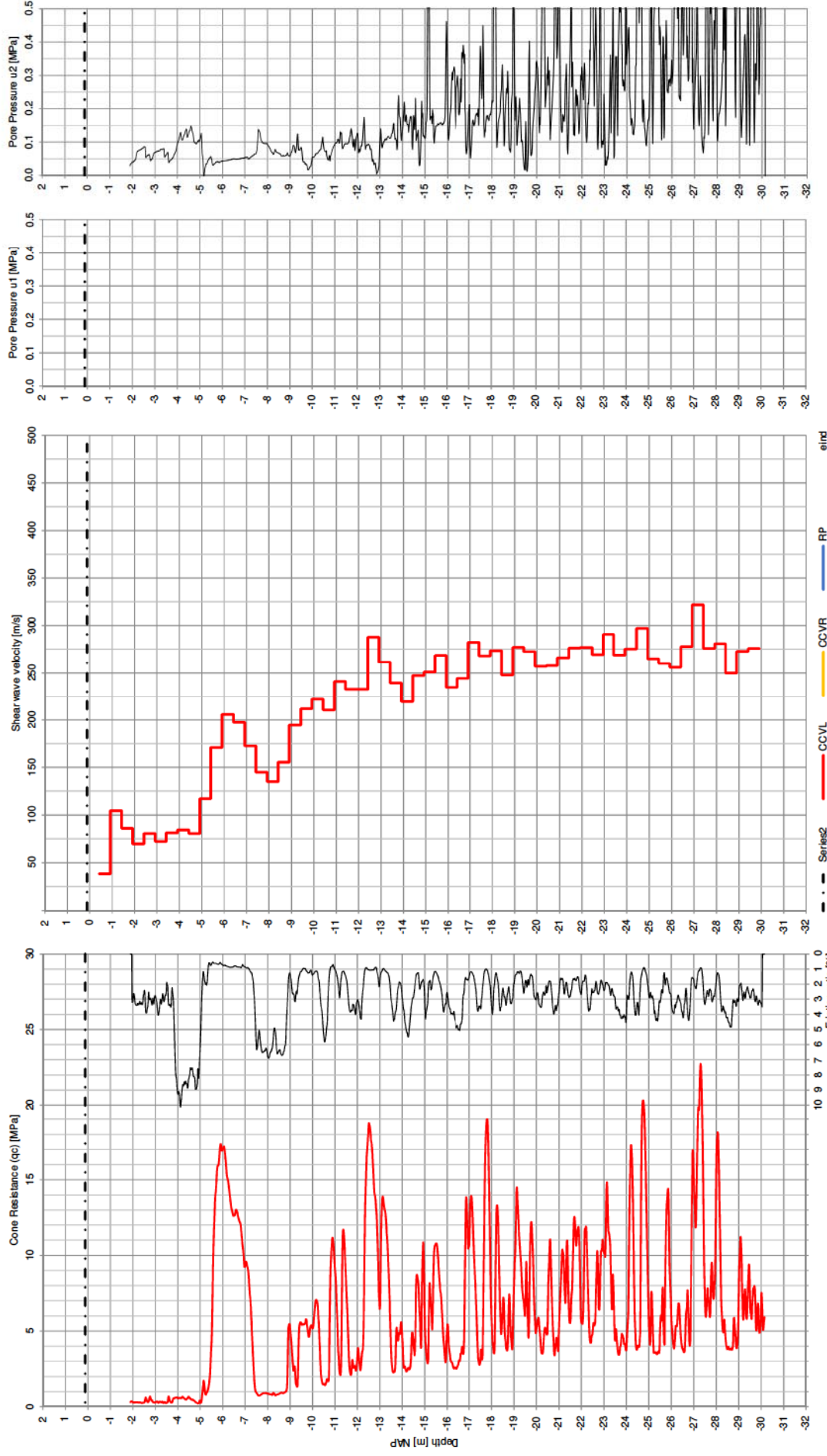


This file has been automatically processed. Please check the data carefully before using it

CPT Company	Fugro NL Land B.V	Time-stamp	14-7-2020 07:49
CPT Class	ISO 22476-1 2012 Toepassingsklasse 2	Coordinates	
Cone Tip Area [mm²]	1510	x	264703.13 [m]
Cone Type	CP15-CF75PB1SN2/1701-2346	y	580174.97 [m]
		z	0.54 [m]
		CPT File Date	2020_07_13
		CPT Start date	2020_07_09
		Path GEF	processed\1320-171323_DKMPS_G48_20200713.gef
		Depth has been adjusted for inclination	



1320-171323 SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN
 CPT ID: DKMPS_G640

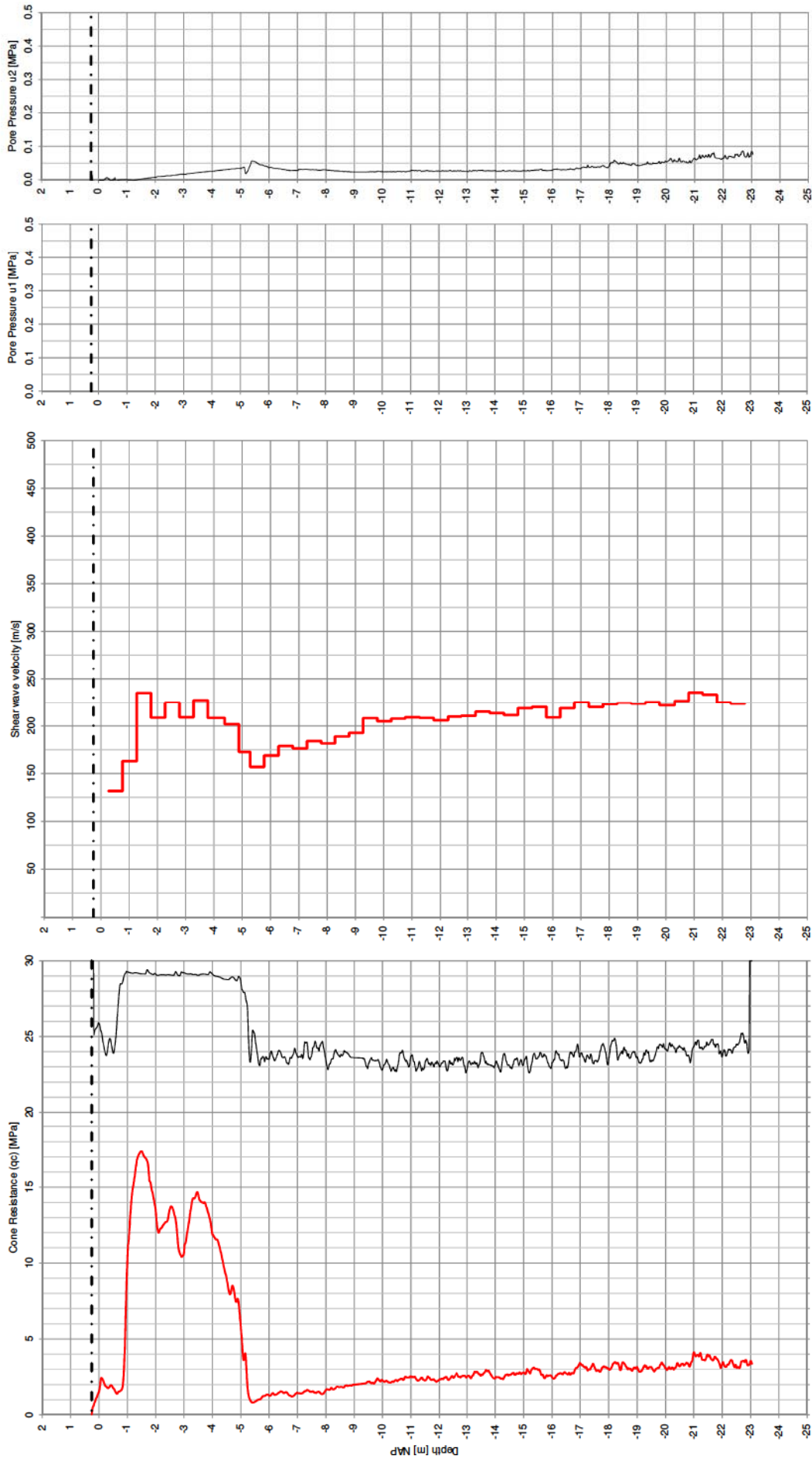


This file has been automatically processed. Please check the data carefully before using it

CPT Company	Fugro NL Land B.V.	CPT File Date	2020_07_14	CPT Start date	2020_07_09	Coordinates	x	265249.541 [m]
CPT Class	ISO 22476-1 2012 Application Class 2	Path GEF	processed\1320-171323_DKMPS_G640_20200714.gcf			y	562835.918 [m]	
Cone Tip Area [mm²]	1007	Depth has been adjusted for inclination				z	0.12 [m]	
Cone Type	CP15-CF75PB1SN2-P1E1M4-V12-S1/1701-2346							
						Time-stamp	15-7-2020 09:59	



1320-171323 SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN
 CPT ID: DKMPS_G650

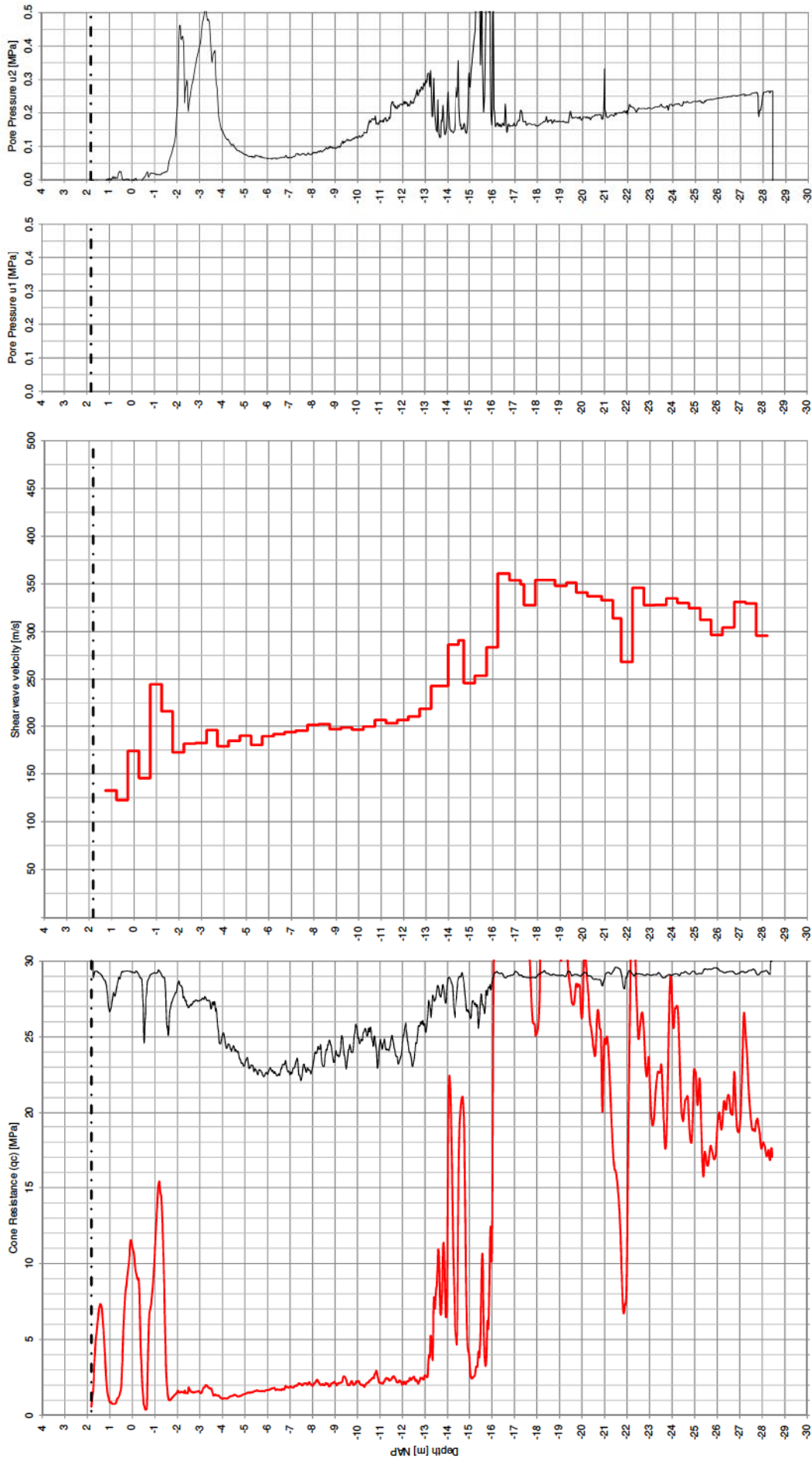


This file has been automatically processed. Please check the data carefully before using it

CPT Company: Fugro NL Land B.V.
 CPT Class: ISO 22476-1 2012 Toepassingsklasse 2
 Cone Tip Area [mm²]: 1510
 Cone Type: CP15-CF75PB1SN2/1701-2346
 CPT File Date: 2020_07_14
 Path GEF: processed\1320-171323_DKMPS_G65_20200714.gcf
 CPT Start date: 2020_07_10
 Coordinates: x: 259841 [m], y: 576991.02 [m], z: 0.26 [m]
 Time-stamp: 14-7-2020 10:41
 Depth has been adjusted for inclination



1320-171323 SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN
 CPT ID: DKMPS_G660

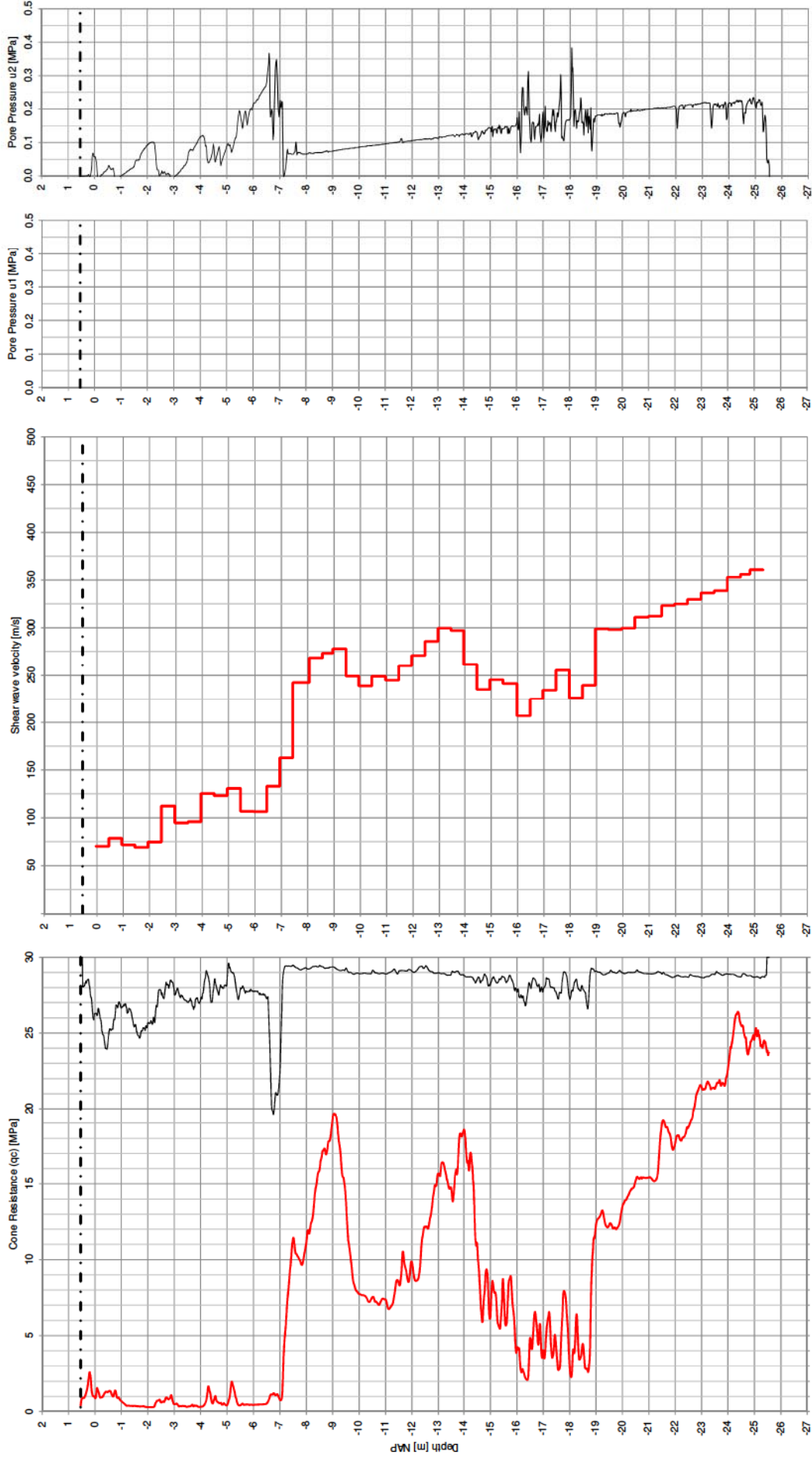


This file has been automatically processed. Please check the data carefully before using it

CPT Company	Fugro NL Land B.V.	CPT File Date	2020_07_14	CPT Start date	2020_07_13	x	235107.468 [m]
CPT Class	ISO 22476-1 2012 Application Class 2	Path GEF	processed\1320-171323_DKMPS_G660_20200714.gef			y	577630.446 [m]
Cone Tip Area [mm²]	1510	Depth has been adjusted for inclination				z	1.82 [m]
Cone Type	CP15-CF75PB1SN2-P1E1M4-V12-S1/1701-2346						
		Time-stamp	17-7-2020 14:40				



1320-171323 SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN
 CPT ID: DKMPS_G700



This file has been automatically processed. Please check the data carefully before using it

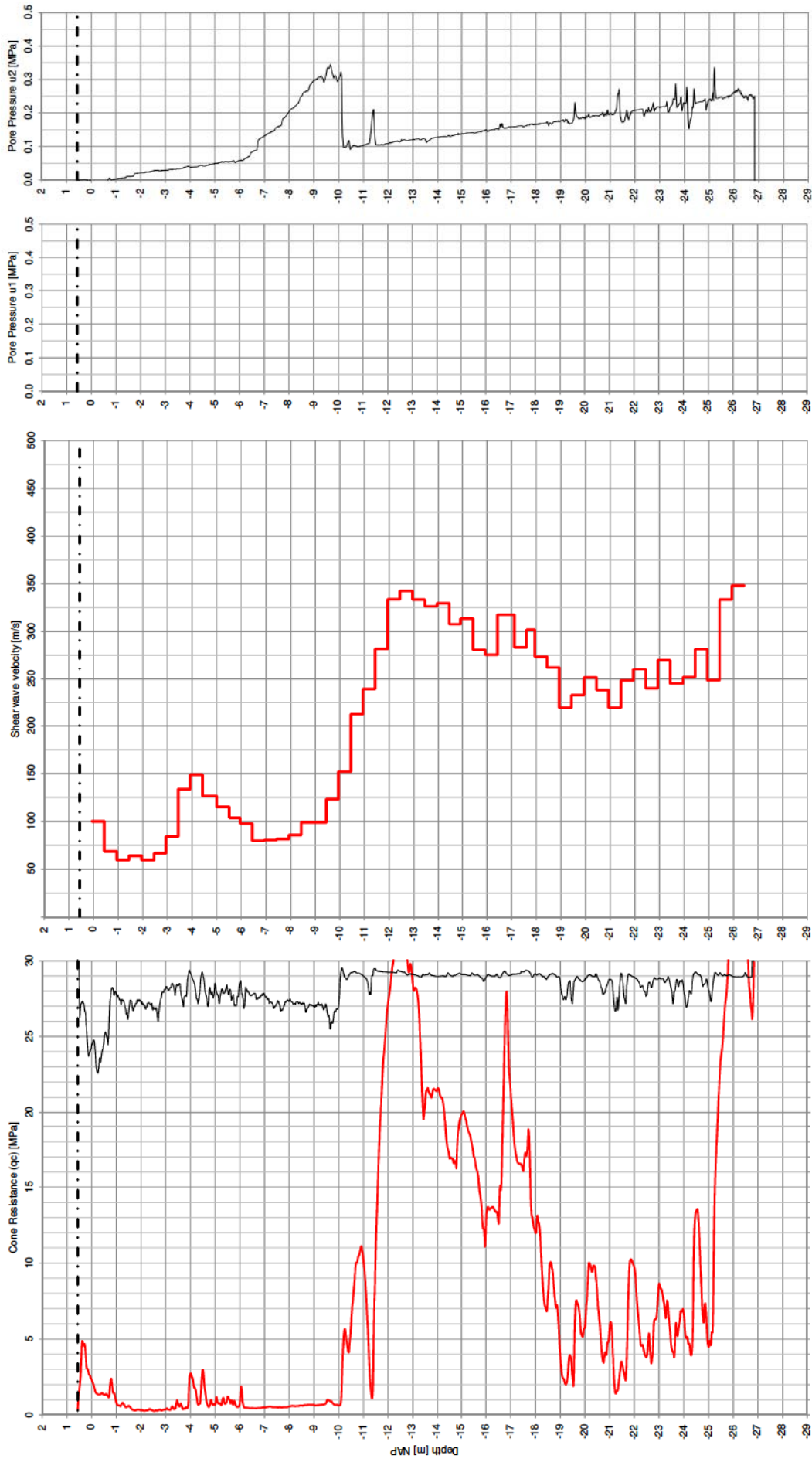
CPT Company	Fugro NL Land B.V.	CPT File Date	2020_07_14	CPT Start date	2020_07_06	Coordinates	
CPT Class	ISO 22476-1 2012 Application Class 2	Path GEF	processed\1320-171323_DKMPS_G700_20200714.gcf			x	231725.851 [m]
Cone Tip Area [mm²]	1510					y	584201.805 [m]
Cone Type	CP15-CF75PB7SN2-P1E1M4-V5-S1/1701-2680					z	0.548 [m]

Time-stamp 17-7-2020 14:44

Depth has been adjusted for inclination



1320-171323 SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN
 CPT ID: DKMPS_G750

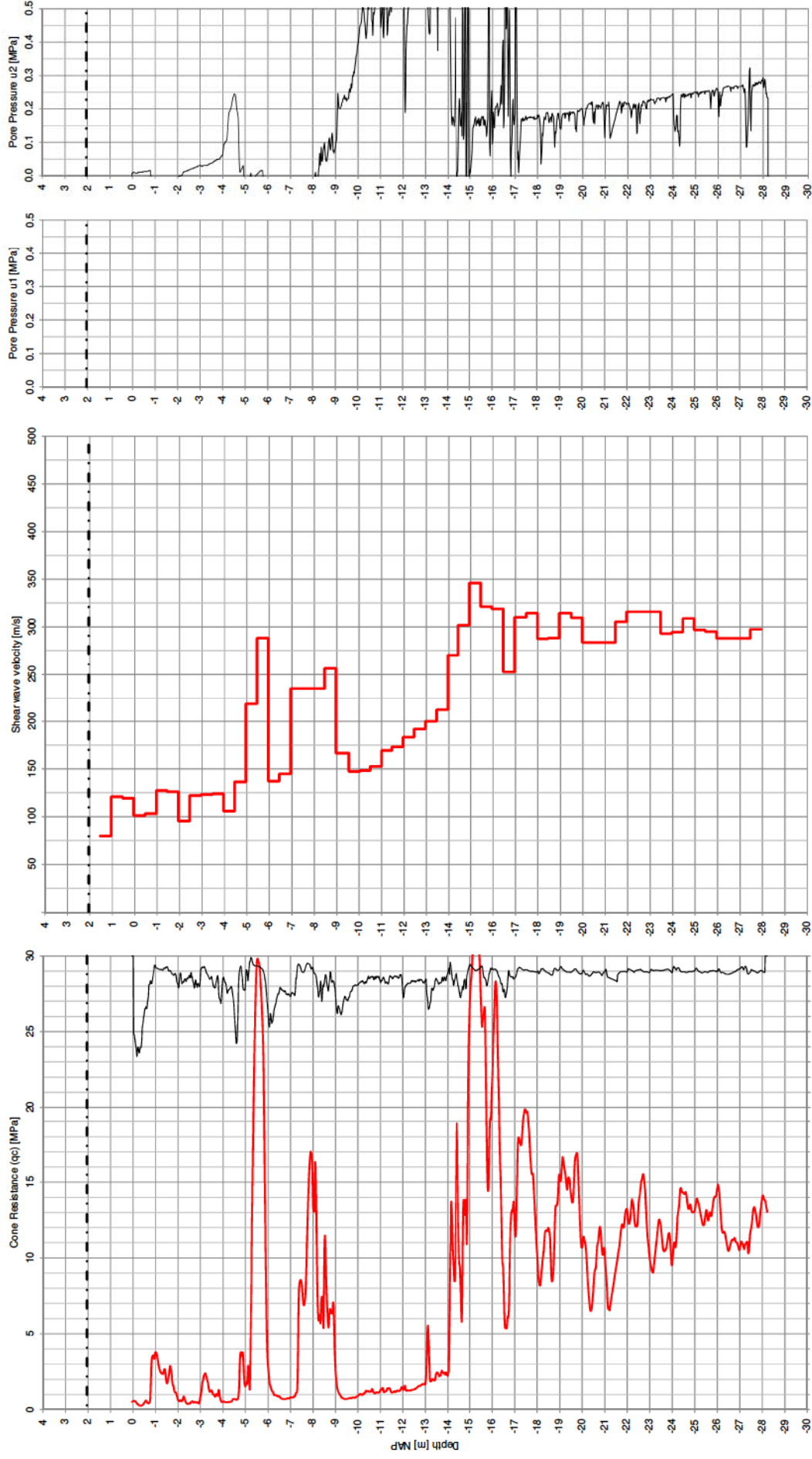


This file has been automatically processed. Please check the data carefully before using it

CPT Company	Fugro NL Land B.V.	Time-stamp	20-7-2020 14:51
CPT Class	ISO 22476-1 2012 Application Class 2	Coordinates	
Cone Tip Area [mm²]	1510	x	228379.554 [m]
Cone Type	CP15-CF75PB7SN2-P1E1M4-V5-S1/1701-2680	y	591803.073 [m]
		z	0.564 [m]
		CPT File Date	2020_07_14
		CPT Start date	2020_07_07
		Path GEF	processed\1320-171323_DKMPS_G750_20200714.gcf
		Depth has been adjusted for inclination	



1320-171323 SEISMIC CPT'S KNMI G-STATIONS GRONINGEN
 CPT ID: DKMPS_G780



This file has been automatically processed. Please check the data carefully before using it

CPT Company	Fugro NL Land B.V.	Time-stamp	20-7-2020 15:09
CPT Class	ISO 22476-1 2012 Application Class 2	Coordinates	
Cone Tip Area [mm²]	1510	x	228377.768 [m]
Cone Type	CP15-CF75PB7SN2-PIE1M4-V5-S1/1701-2680	y	598158.829 [m]
		z	2.049 [m]
		CPT File Date	2020_07_14
		CPT Start date	2020_07_07
		Path GEF	processed\1320-171323_DKMPS_G780_20200714.gcf
		Depth has been adjusted for inclination	

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 laboratorium-identificatie 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 terug getrokken. In NEN 9997-1 wordt echter nog wel verwezen naar NEN 5140.

Bij het uitvoeren van een sondering conform *NEN-EN-ISO 22476-1:2012/C1:2013* wordt de puntweerstand gemeten, die moet worden overwonnen om een conus met een tophoek van 60° en een basisoppervlak van 1000 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 %
Grind, grof zand	0,2 – 0,6
Zand	0,6 – 1,2
Silt, leem, löss	1,2 – 4,0

Grondsoort	Wrijvingsgetal in %
Klei	3,0 – 5,0
Potklei	5,0 – 7,0
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 ingangsparameters.

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

Genormaliseerde conusweerstand:

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

Vergelijking 1

Genormaliseerd wrijvingsgetal

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

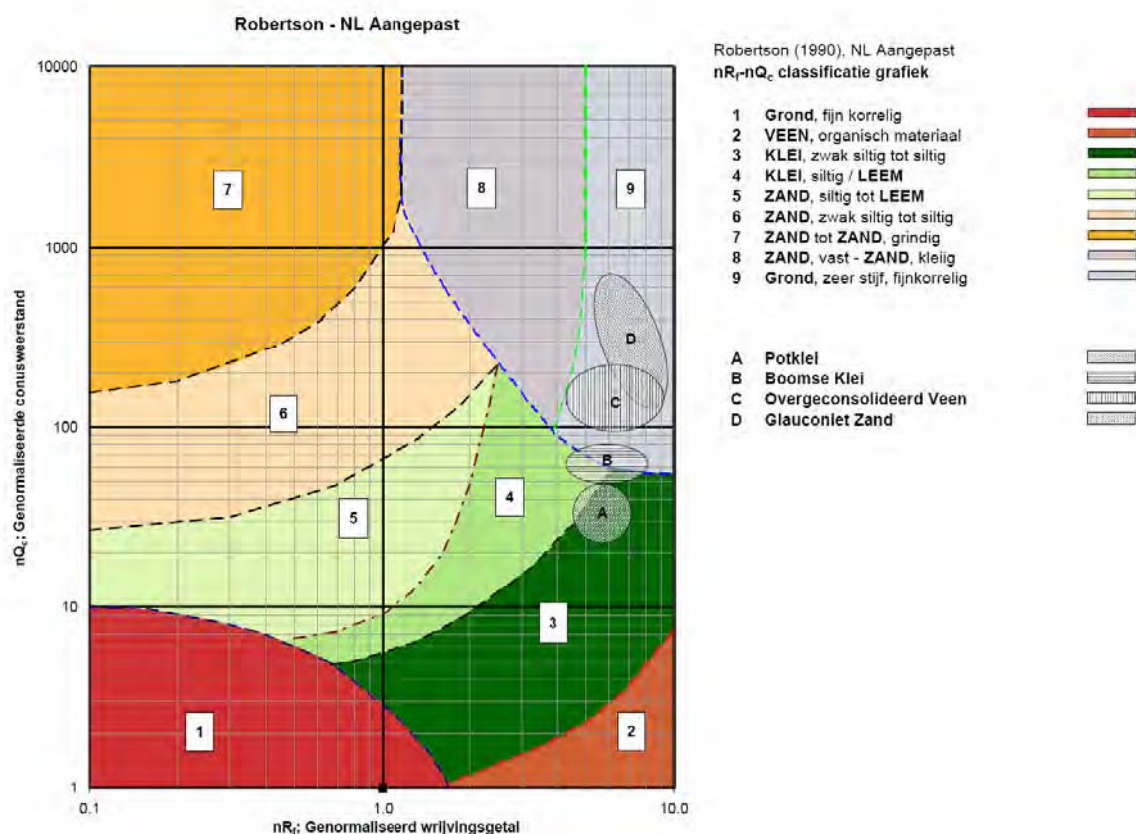
Vergelijking 2

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.



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

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

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

Andere conustypen

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

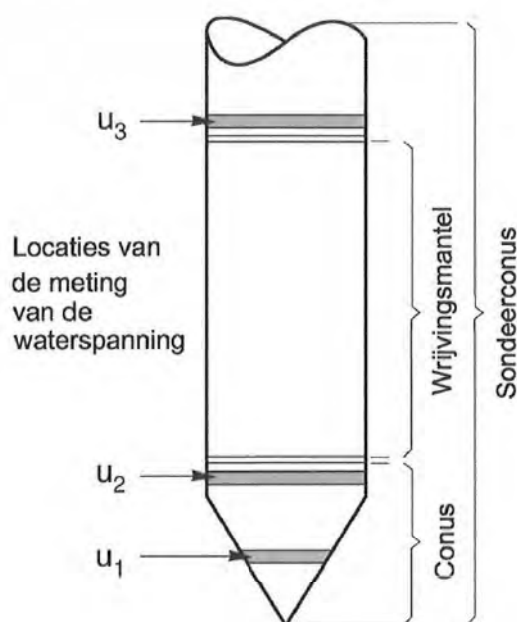
Tabel 2: Overzicht andere conustypen met toepassingsmogelijkheden

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 2). 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 2: 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:

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

Vergelijking 3

$$Bq = \frac{(u_2 - u_o)}{q_{net}}$$

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 = $q_c + (1 - a) \cdot \{\beta(u_1 - u_o) + u_o\}$ 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_o = 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
Leem, samendrukbaar	0,5 – 0,6
Leem, vast en dilatant gedrag	0,0* – 0,2
Zand, siltig, los gepakt	0,2 – 0,4
<p>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.</p>	

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 calibraties. 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 toepassingklasse 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	
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

