

# Geotechnisch Advies

**Uitbreiding bedrijfspand  
aan de Buitenvaart 4001  
te Hoogeveen**

Opdrachtnummer: 24-5064/10779

aanvullend advies  
Stalenbuispalen voor  
sonderingen Hoogveld (2019)

Datum rapport

14 mei 2024

Status

Definitief

Vrijgave

## Colofon

Opdrachtschrijving: Uitbreiding bedrijfspand aan de Buitenvaart 4001 te  
Hoogeveen

Opdrachtnummer: 24-5064/10779

Opdrachtgever: Step Engineering B.V.

Auteur: ir. 

Teeuw Grondmechanica werkt samen met andere bedrijven, in de Koops & Romeijn Geogroep. Dit is een groep onafhankelijke, zelfstandige en ervaren adviseurs voor grondonderzoek, geotechniek en geohydrologie die sinds 1996 samenwerkt. Er zijn hierbij geen juridische banden tussen de samenwerkende bedrijven.

Op onze dienstverlening is de rechtsverhouding opdrachtgever-architect, ingenieur en adviseur DNR2011 van toepassing. U kunt deze inzien door op de volgende link te klikken.  
[DNR2011](#)



## **Inhoudsopgave**

1. Inleiding	4
2. Geotechnisch bodemonderzoek	4
3. Terrein- en bodemgesteldheid	5
4. Advies	6
5. Aanbevelingen voor de uitvoering	7

## **Bijlagen**

1. Grondonderzoek
  - Situatietekening
  - Sondeergrafiek 1 t/m 10
2. Netto draagvermogen
3. Detail berekening negatieve kleeft
4. Detail berekening draagvermogen
5. Overzicht maximaal opneembare trekkracht
6. Beschrijving berekening maximale trekkracht



## **1. Inleiding**

Koops Grondmechanica b.v. te Roden ontving van Step Engineering B.V. te Emmen opdracht voor het geven van een geotechnisch advies voor de uitbreiding van het bedrijfspand DOC Kaas aan de Buitenvaart 4001 te Hoogeveen.

In opdracht van Koops Grondmechanica verzorgt Teeuw Grondmechanica het geotechnisch advies.

## **2. Geotechnisch bodemonderzoek**

Voor dit advies is gebruik gemaakt van eerder uitgevoerd grondonderzoek. Dit grondonderzoek is uitgevoerd door Hoogveld Sonderingen en heeft bestaan uit 10 sonderingen, waarvan 3 met meting van de plaatselijke mantelwrijving. Dit onderzoek is uitgevoerd op 30 april 2019 en gerapporteerd onder kenmerk HA-16711.

De sondeerresultaten zijn gegeven op de grafieken 1 t/m 10, waarop de diepte is uitgezet ten opzichte van NAP. Op de grafiek van de kleefmantelsondering is tevens het wrijvingsgetal weergegeven. Dit is de verhouding tussen de plaatselijke mantelwrijving en de conusweerstand. Het wrijvingsgetal heeft een nauwe relatie heeft met de grondsoort, zodat een goede indicatie van de laagopbouw wordt verkregen.

Volledigheidshalve merken wij hierbij op dat wij geen verantwoordelijkheid kunnen aanvaarden voor de juistheid van de locatiebepalingen en de metingen die door derden zijn verricht.



### 3. Terrein- en bodemgesteldheid

De projectlocatie is gelegen aan de Buitenvaart 4001 te Hoogeveen. Ten tijde van het onderzoek bedroeg de maaiveldhoogte ter plaatse van de onderzoekslocaties NAP +12,72 à +11,92 m.

In tabel 1 is de aangetroffen bodemgesteldheid globaal omschreven:

*Tabel 1: globale bodemopbouw*

Niveau bovenkant laag [NAP + ... m]	Grondsoort
maaiveld	ZAND; los tot matig vast gepakt
ca. - 1,1	KLEI, siltig, lokaal zandig
ca. - 11,3	ZAND, matig vast tot vast gepakt
maximaal verkende diepte is NAP - 3,8 m	

Voor de grondwaterstand is een niveau aangehouden van NAP +10,0 m overeenkomstig een eerdere rapportage ten behoeve van de uitbreiding van het bedrijfspand (kenmerk 10779 d.d. 17 april 2024).



#### 4. Advies

Het funderingsadvies is opgesteld op basis van NEN-9997-1+c2;2017. Deze norm bevat de NEN-EN 1997-1 (Eurocode 7 - Deel 1) en de nationale bijlage.

Gezien de aangetroffen bodemopbouw komt voor dit project een fundering op palen in aanmerking. Hierbij is voor dit project gekozen voor stalen buispalen. In bijlage 2 is de berekende netto draagkracht aangegeven, dit is de rekenwaarde van de maximale draagkracht minus de negatieve kleefbelasting. Hierbij is uitgegaan van een fundering op stalen buispalen  $\varnothing$  324/344 mm,  $\varnothing$  355/375 mm,  $\varnothing$  406/426 mm en  $\varnothing$  457/477 mm.

Bij de berekening van het draagvermogen is rekening gehouden met de ontwikkeling van negatieve kleef langs de paalschachten. Deze extra paalbelasting ( $F_{s;nk;d}$ ) treedt op naast de constructiebelastingen ( $F_{c;d}$ ).

Bij de berekeningen zijn de volgende paalfactoren, afkomstig van Tabel 7.c van NEN 9997-1, gehanteerd:

$\alpha_p$	= paalklassefactor voor de berekening van de draagkracht van de paalpunt	= 0,70
$\beta$	= factor die de invloed van de paalvoetvorm in rekening brengt	= 0,88-0,89
$s$	= factor die de invloed van de vorm van de dwarsdoorsnede van de paalvoet in rekening brengt	= 1,0
$\alpha_s$	= factor die de invloed van het paaltype op de schachtwrijving in rekening brengt	= 0,010

Ten behoeve van de bepaling van de rekenwaarde van de berekende draagvermogens zijn onderstaande factoren toegepast.

$\xi_{3/4}$	= Correlatiefactor voor de bepaling van karakteristieke waarden uit de resultaten van grondproeven. (bepaald volgens NEN 9997-1, Tabel A.10a, uitgaande van aantal sonderingen $N \leq 3$ )	= 1,32
$\gamma_t$	= partiële weerstandsfactor op de totale weerstand voor op druk belaste palen	= 1,20

Voor dit project uitgegaan van een niet-stijf bouwwerk, waarbij de constructie geplaatst is in veiligheidsklasse RC2 en geotechnische categorie 2.

Indien de rekenwaarde voor de paalbelasting, vermeerderd met de optredende negatieve kleef, gelijk blijft of kleiner is dan de rekenwaarden van het paal draagvermogen ( $F_{c;d} + F_{nk;d} \leq R_{c;d}$ ), wordt voldaan aan de sterkte-eis voor de uiterste grenstoestand (UGT). Tevens zal dan, in de meest voorkomende situaties, de paalkopzakking relatief gering zijn. Door deze relatief geringe paalkopzakkingen, wordt tevens voldaan aan de vervormingseisen voor de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT).



## 5. Aanbevelingen voor de uitvoering

De aannemer dient een werkplan op te stellen waarin tenminste de keuze van het materieel, de plaats van de eerste paal en de globale uitvoeringsvolgorde vermeld is. Hierbij dient de aannemer tenminste de beschikking te hebben over het geotechnisch advies en het uitgevoerde grondonderzoek.

Bij het opstellen van dit advies is uitgegaan van een **stalen buispaal** die inwendig, op de paalpunt, wordt geheid.

Uitvoering van de heiwerkzaamheden dient te geschieden volgens de NEN-EN 12699.

De eerste paal dient ter plaatse van een sondering te worden geslagen en volledig worden gekalenderd. De op het geadviseerde inheinniveau gevonden kalender kan in combinatie met de sondering, een maatstaf vormen voor het bepalen van de juiste inheinniveaus van de tussen de sonderingen te heien palen. Ter plaatse van de opvolgende sondering moet deze maatstaf, middels een volledig slagdiagram, worden gecontroleerd en zo nodig worden aangepast.

Het beton mag slechts in een droge schone en dichte buis worden gestort.

Hoewel het gekozen paaltype trillingsarm is, is trillingshinder voor de belendingen niet uitgesloten. Wij adviseren daarom voor uitvoering van de werkzaamheden de huidige staat van de belendingen vast te leggen door middel van foto's.

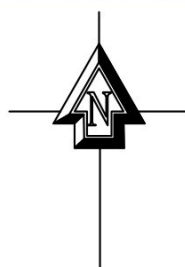


## Bijlagen



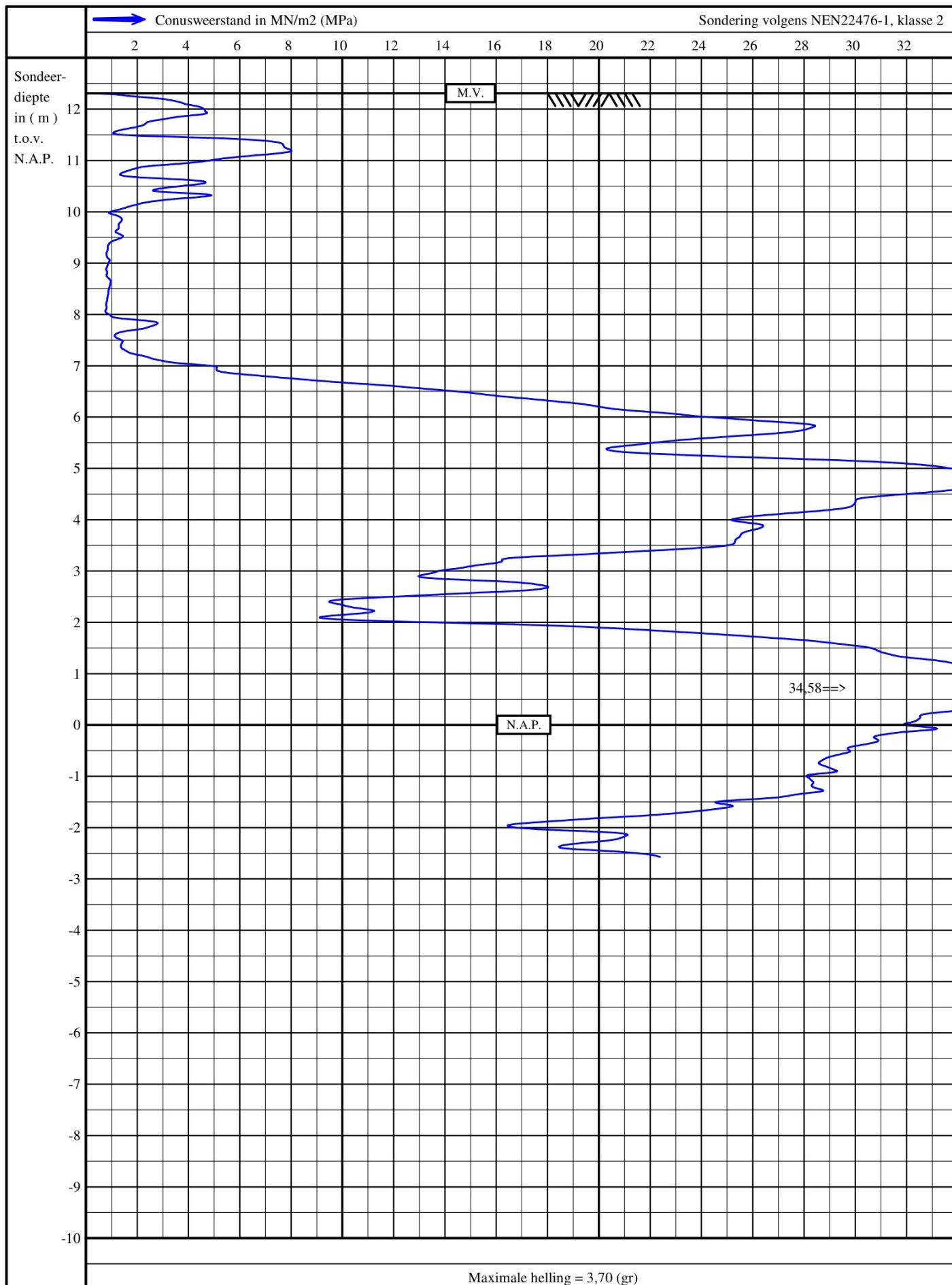
## **Bijlage 1: Grondonderzoek**

- Situatietekening
- Sondeergrafieken 1 t/m 10



Peilmaten indicatief, niet gebruiken als uitgangshoogte

LEGENDA	
	Diepsondering
	D. sond. met kleef
	Reeds uitgevoerd
	Niet uitgevoerd
	Handboring
	Filter incl. sond. met kleef
	Filter excl. sond.
SCHAAL: NVT	DATUM: 19-04-2019



Conus-ID: S15-CFI.1707 A-mantel: 22500 mm<sup>2</sup> A-conus: 1500 mm<sup>2</sup> Locatie: 231657.603 / 525612.478 ( X / Y )



Magazijn aan de Buitenvaart 4001

Hoogeveen

mv : N.A.P. + 12,31 m

uitv.: 30-04-2019 13:11

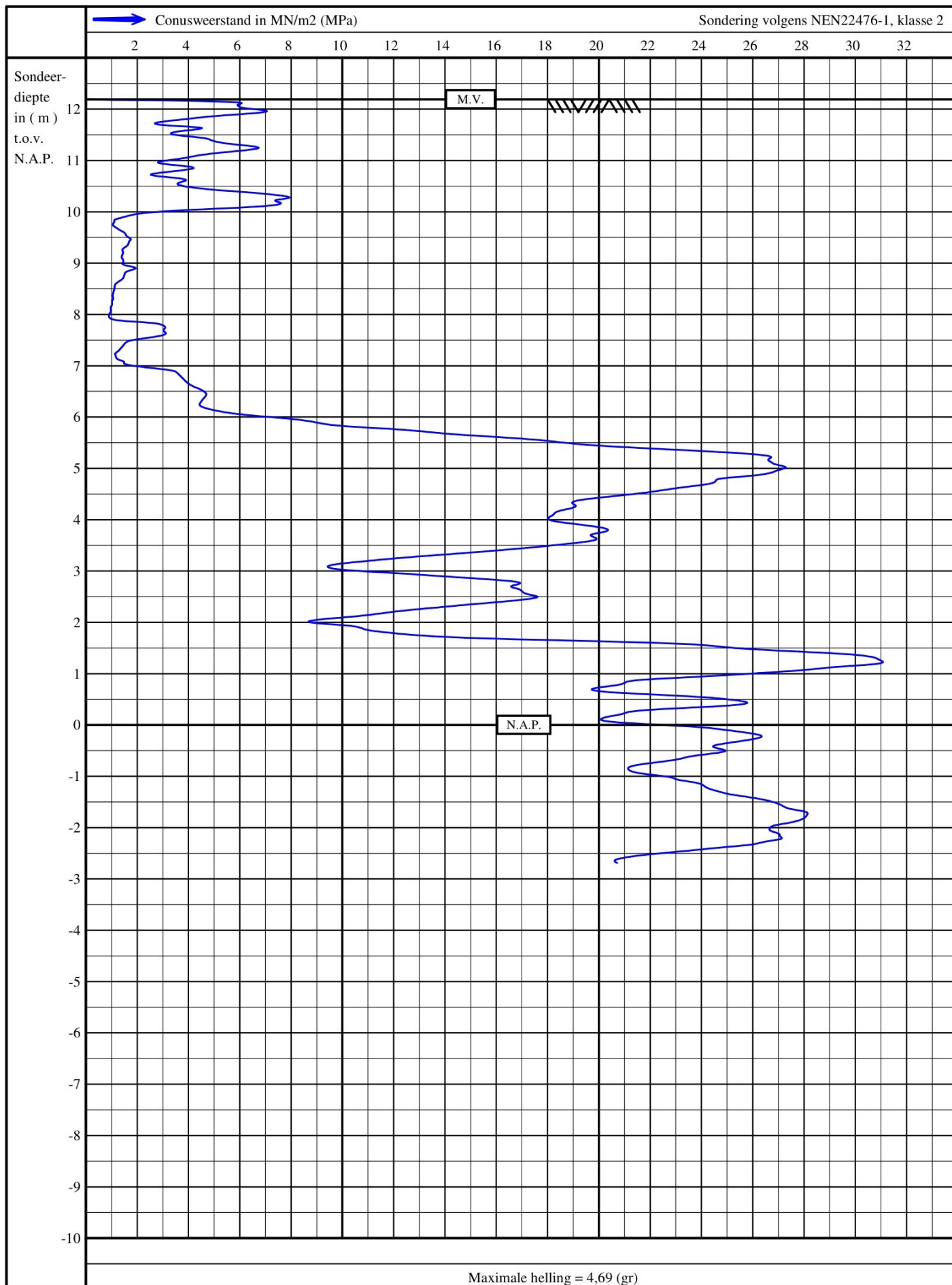
get. : 16-05-2019

Opdracht nummer:

**HA-16711**

Sondering nummer

**1**



Conus-ID: S15-CFI.1707 A-mantel: 22500 mm<sup>2</sup> A-conus: 1500 mm<sup>2</sup> Locatie: 231685.188 / 525610.593 ( X / Y )



Magazijn aan de Buitenvaart 4001

Hoogeveen

mv : N.A.P. + 12,19 m

uitv.: 30-04-2019 13:31

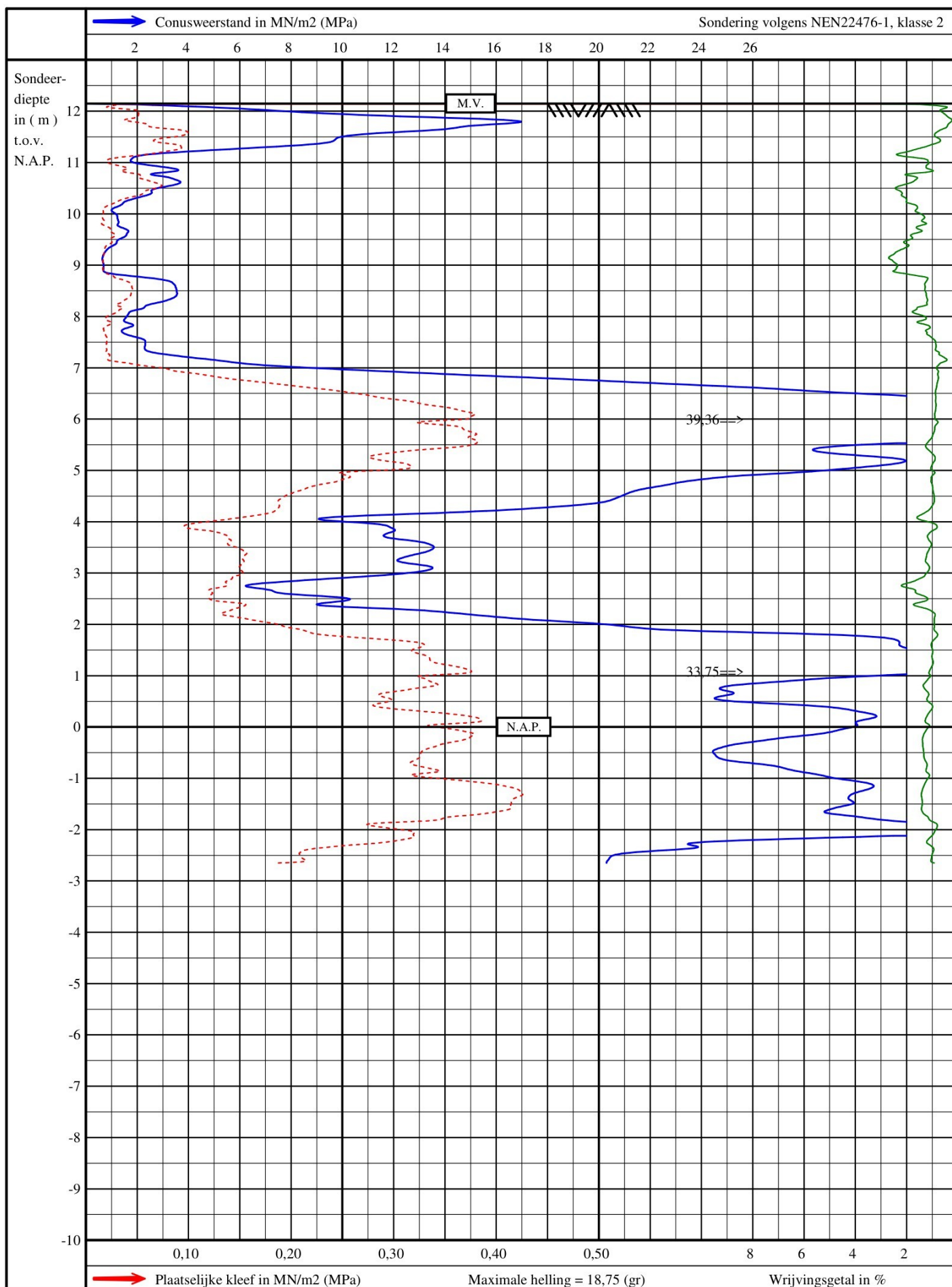
get. : 16-05-2019

Opdracht nummer:

**HA-16711**

Sondering nummer

**2**



Conus-ID: S15-CFI.1707 A-mantel: 22500 mm<sup>2</sup> A-conus: 1500 mm<sup>2</sup> Locatie: 231702.088 / 525608.045 ( X / Y )



Magazijn aan de Buitenvaart 4001

Hoogeveen

mv : N.A.P. + 12,15 m

uitv.: 30-04-2019 13:59

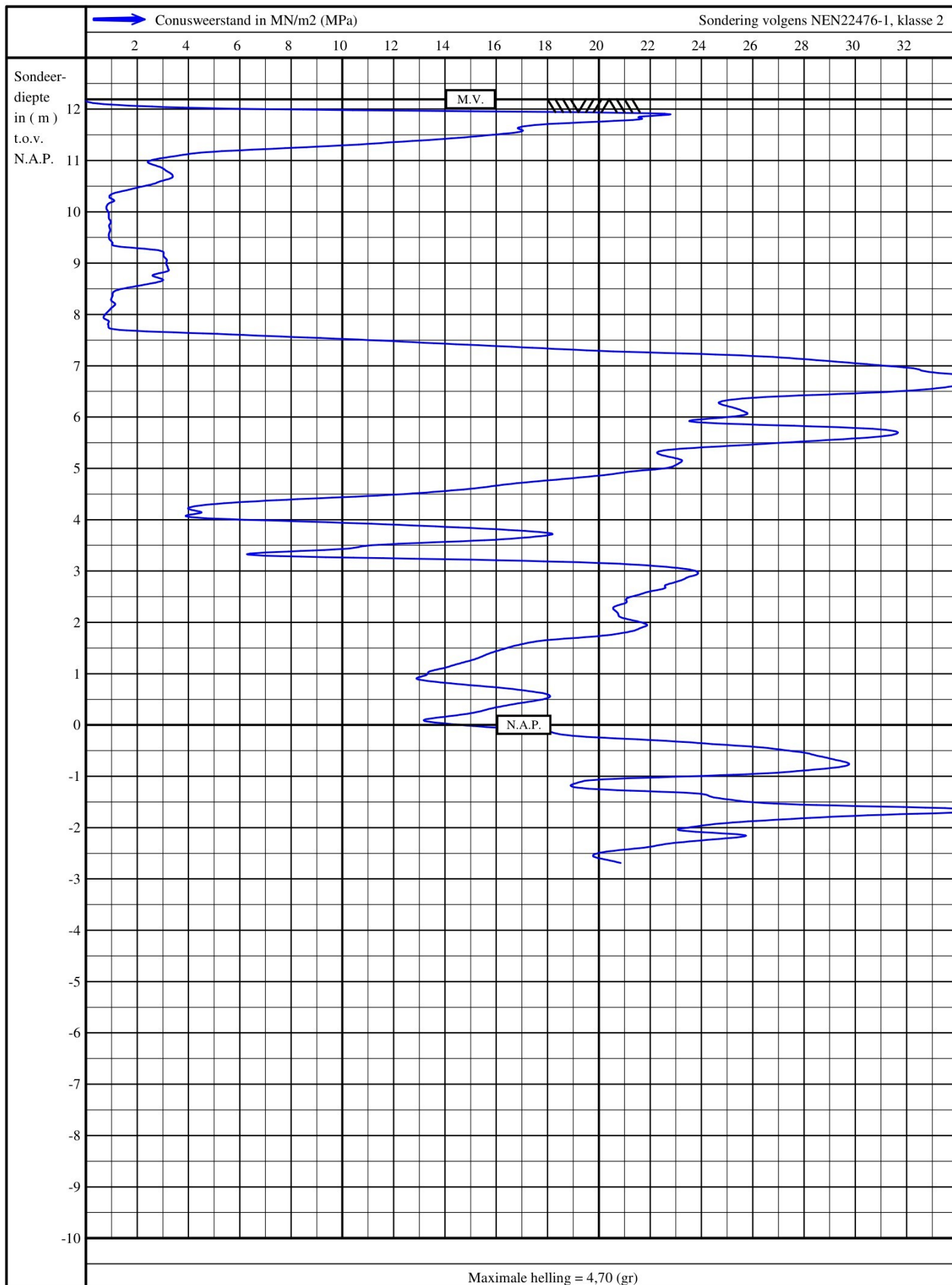
get. : 16-05-2019

Opdracht nummer:

**HA-16711**

Sondering nummer

**3**



Conus-ID: S15-CFI.1707 A-mantel: 22500 mm<sup>2</sup> A-conus: 1500 mm<sup>2</sup> Locatie: 231721.633 / 525608.856 ( X / Y )



Magazijn aan de Buitenvaart 4001

Hoogeveen

mv : N.A.P. + 12,19 m

uitv.: 30-04-2019 14:21

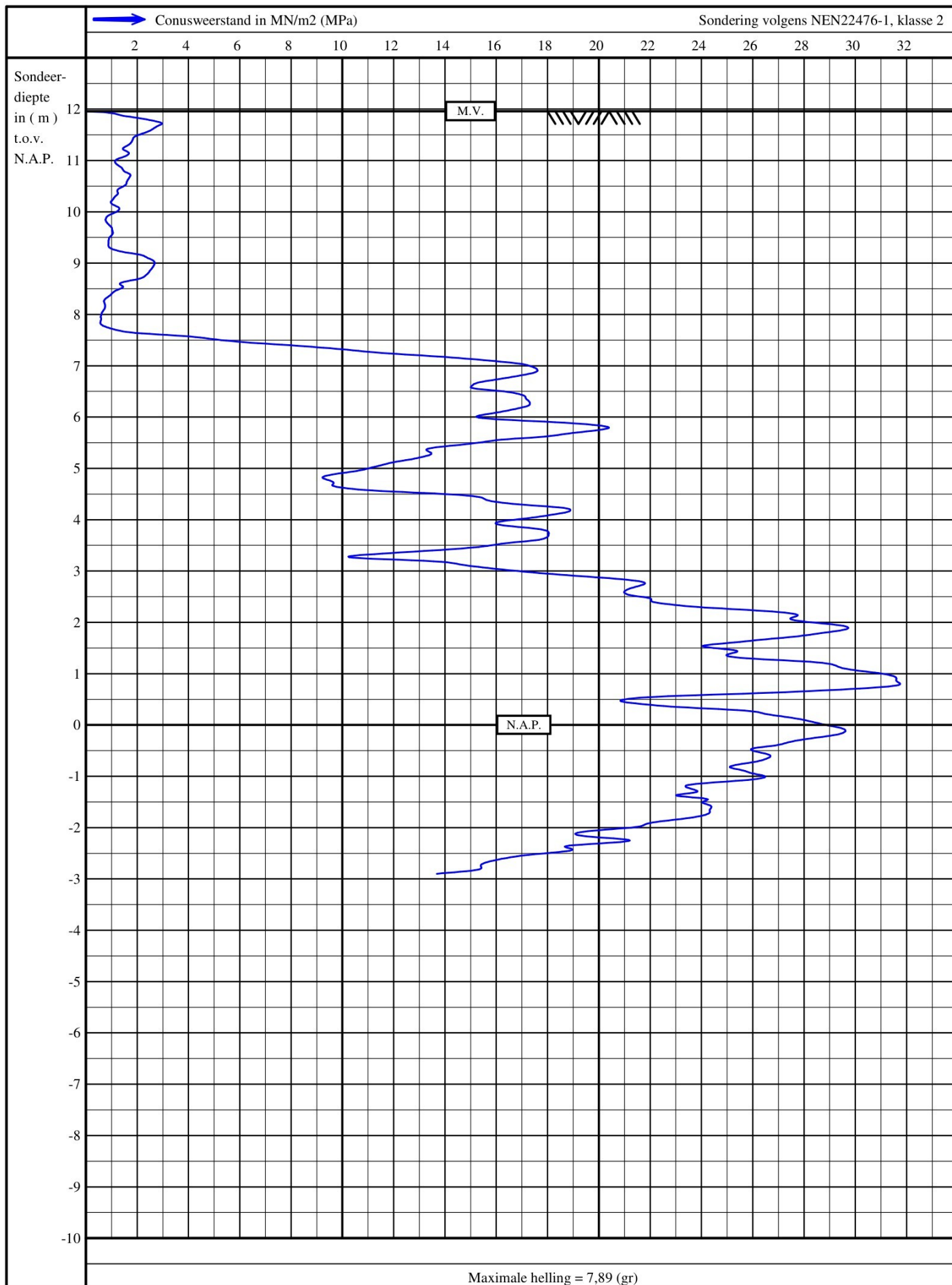
get. : 16-05-2019

Opdracht nummer:

**HA-16711**

Sondering nummer

**4**



Conus-ID: S15-CFI.1707 A-mantel: 22500 mm<sup>2</sup> A-conus: 1500 mm<sup>2</sup> Locatie: 231741.786 / 525609.955 ( X / Y )



Magazijn aan de Buitenvaart 4001

Hoogeveen

mv : N.A.P. + 11,96 m

uitv.: 30-04-2019 09:07

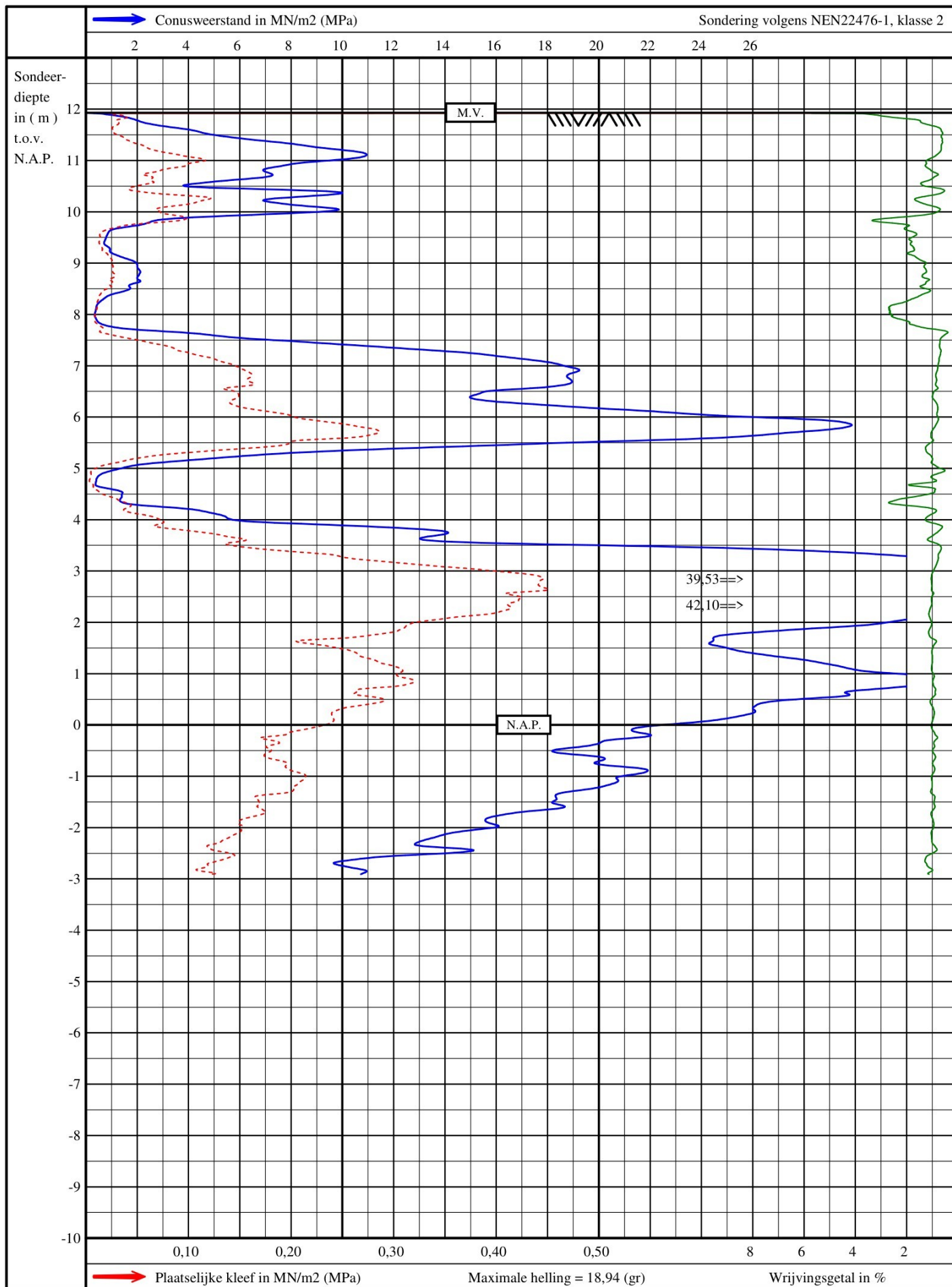
get. : 16-05-2019

Opdracht nummer:

**HA-16711**

Sondering nummer

**5**



Conus-ID: S15-CFI.1707 A-mantel: 22500 mm<sup>2</sup> A-conus: 1500 mm<sup>2</sup> Locatie: 231741.088 / 525584.764 ( X / Y )



Magazijn aan de Buitenvaart 4001

Hoogeveen

mv : N.A.P. + 11,93 m

uitv.: 30-04-2019 09:44

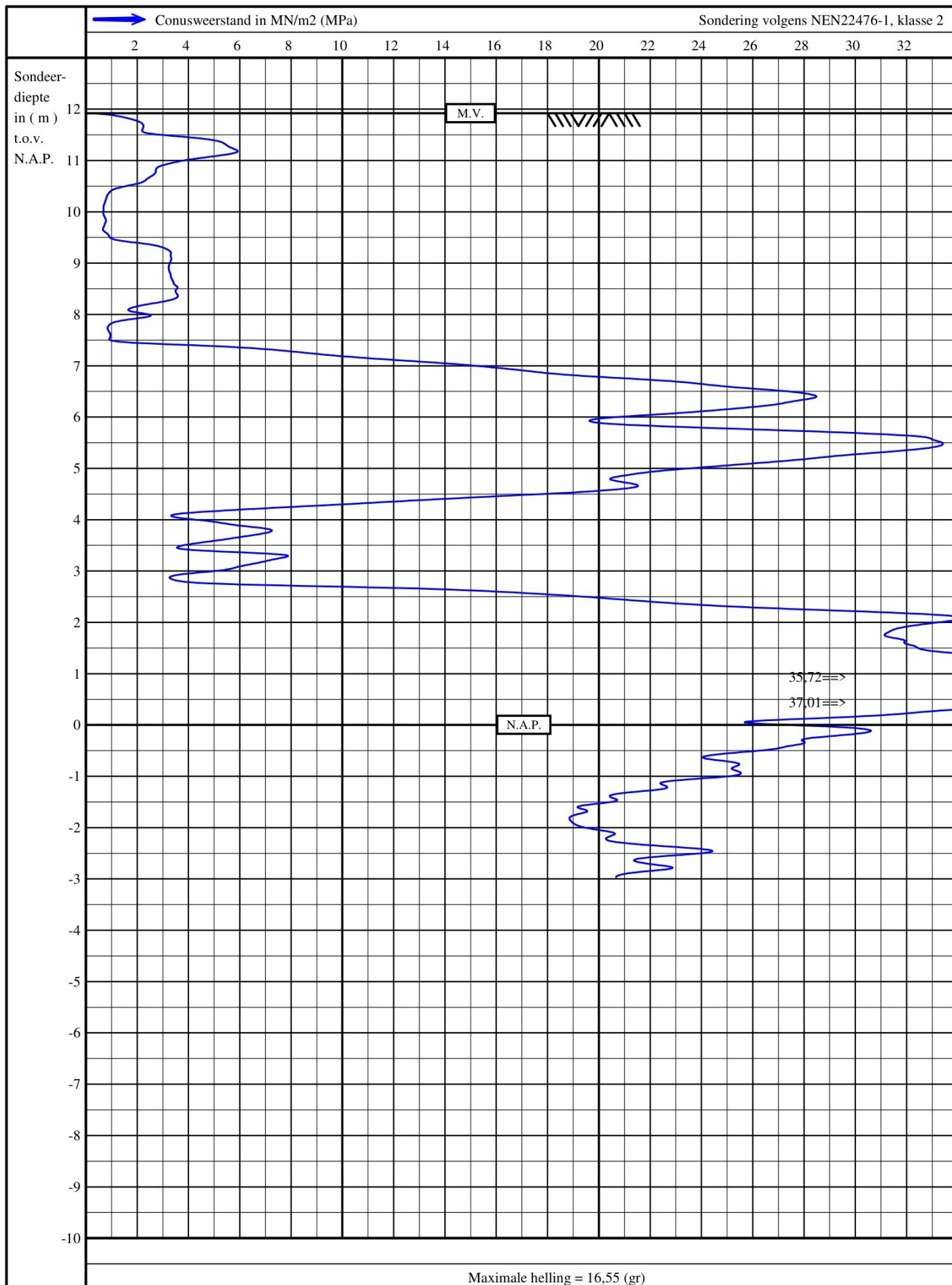
get. : 16-05-2019

Opdracht nummer:

**HA-16711**

Sondering nummer

**6**



Conus-ID: S15-CFI.1707 A-mantel: 22500 mm<sup>2</sup> A-conus: 1500 mm<sup>2</sup> Locatie: 231721.386 / 525585.399 ( X / Y )



Magazijn aan de Buitenvaart 4001

Hoogeveen

mv : N.A.P. + 11,92 m

uitv.: 30-04-2019 10:16

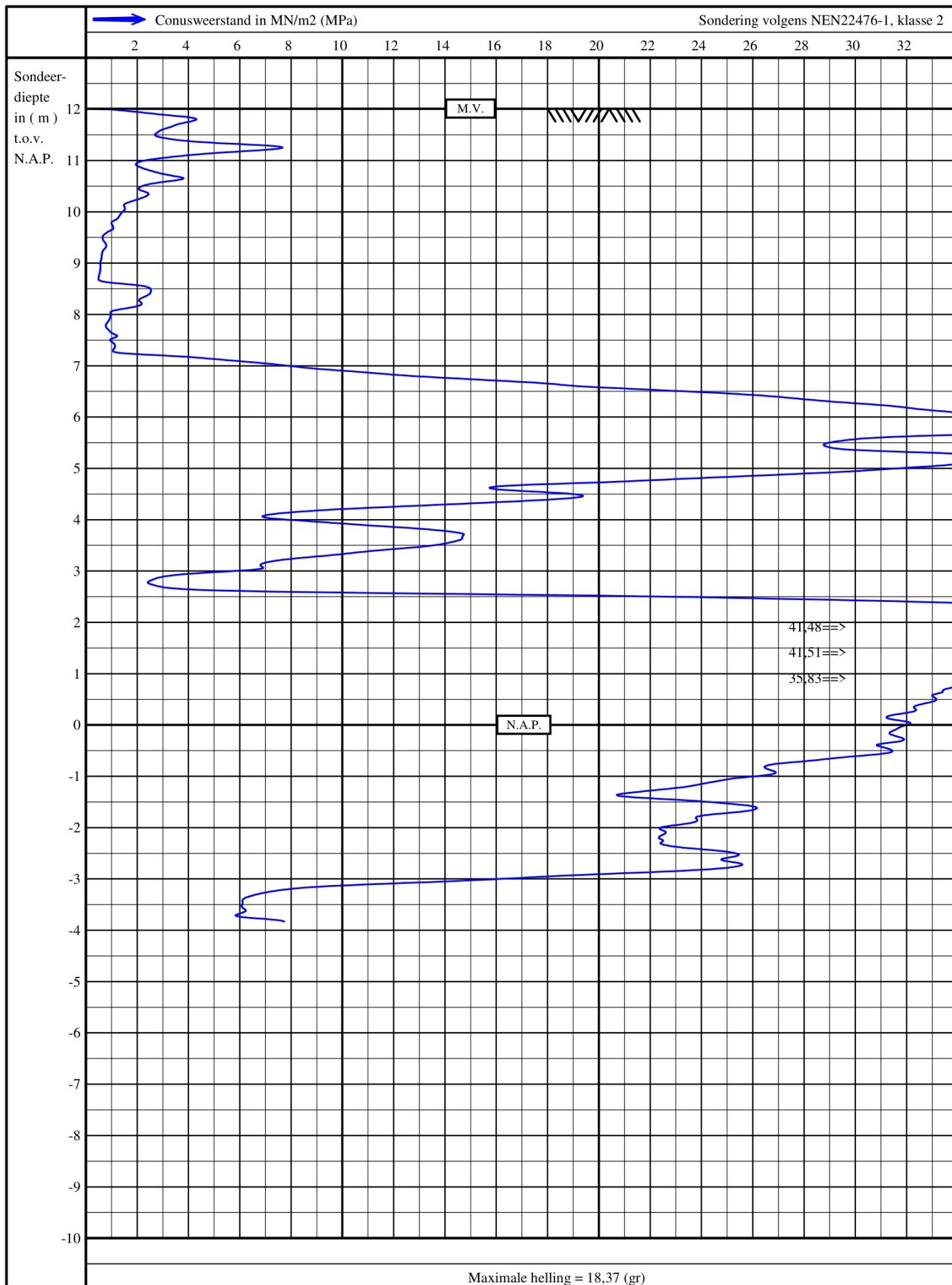
get. : 16-05-2019

Opdracht nummer:

**HA-16711**

Sondering nummer

**7**



Conus-ID: S15-CFI.1707 A-mantel: 22500 mm<sup>2</sup> A-conus: 1500 mm<sup>2</sup> Locatie: 231697.92 / 525587.949 ( X / Y )



Magazijn aan de Buitenvaart 4001

Hoogeveen

mv : N.A.P. + 12,01 m

uitv.: 30-04-2019 10:36

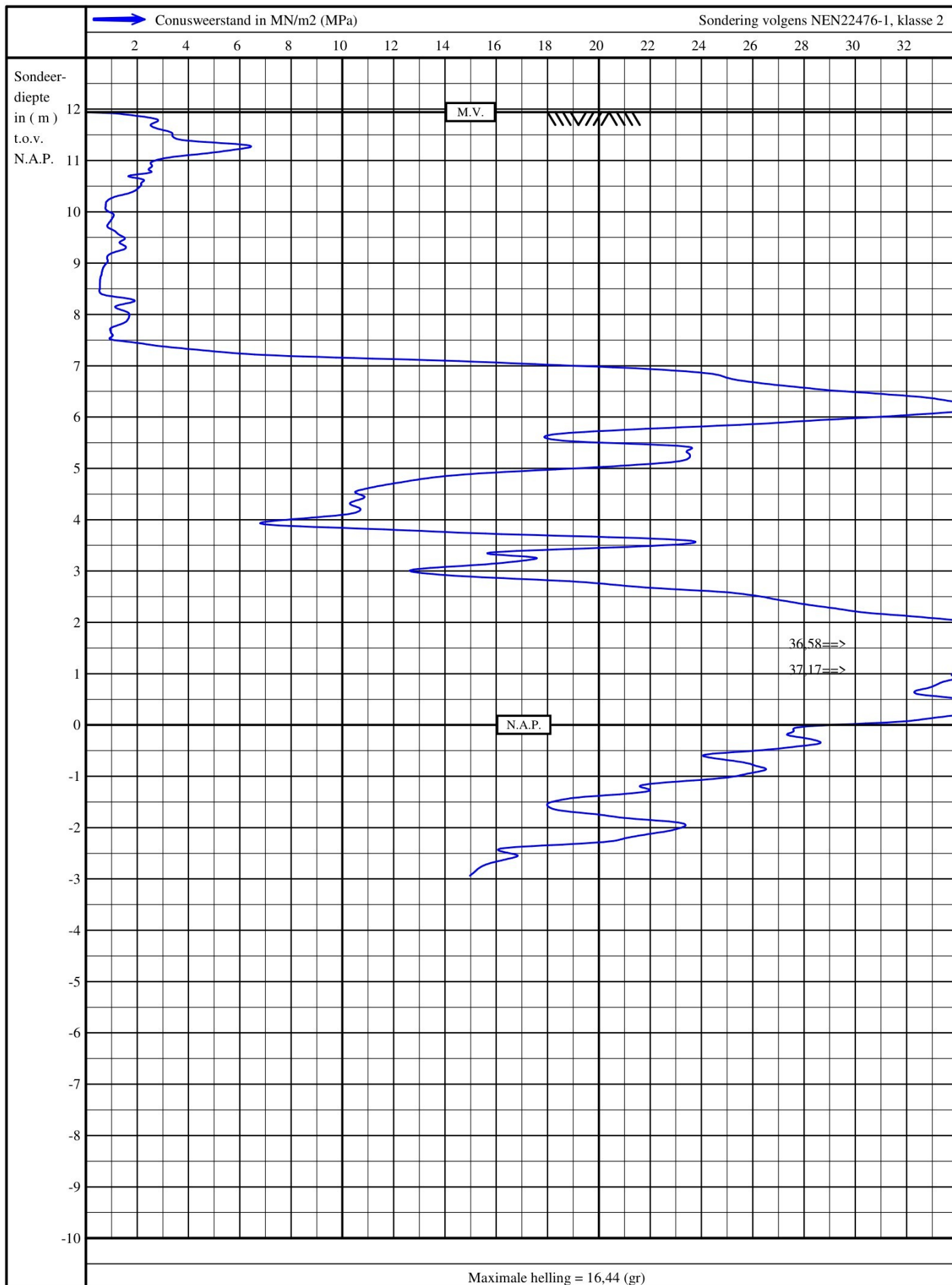
get. : 16-05-2019

Opdracht nummer:

**HA-16711**

Sondering nummer

**8**



Conus-ID: S15-CFI.1707 A-mantel: 22500 mm<sup>2</sup> A-conus: 1500 mm<sup>2</sup> Locatie: 231678.017 / 525588.578 ( X / Y )



Magazijn aan de Buitenvaart 4001

Hoogeveen

mv : N.A.P. + 11,94 m

uitv.: 30-04-2019 11:13

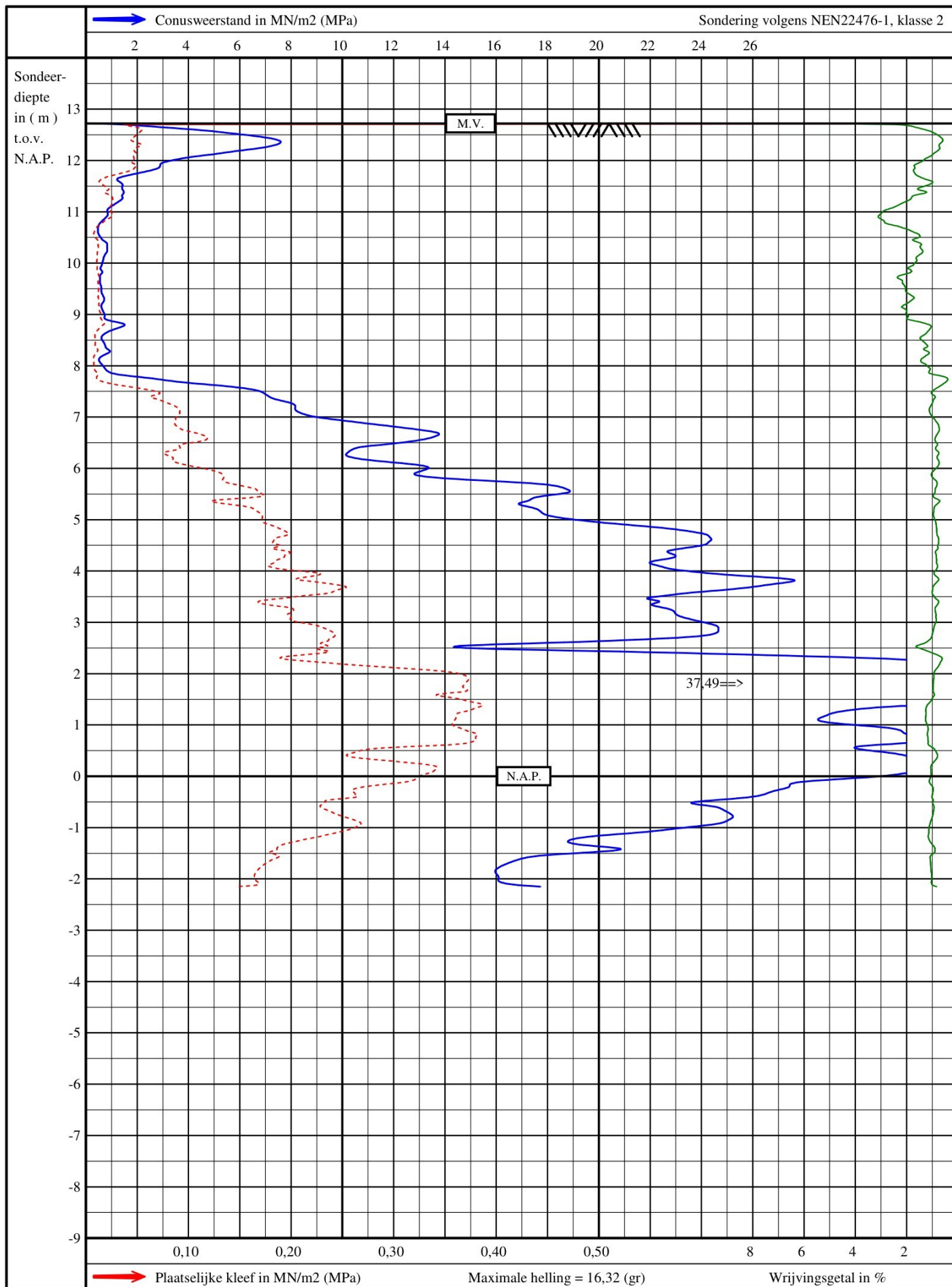
get. : 16-05-2019

Opdracht nummer:

**HA-16711**

Sondering nummer

**9**



Conus-ID: S15-CFI.1707 A-mantel: 22500 mm<sup>2</sup> A-conus: 1500 mm<sup>2</sup> Locatie: 231659.428 / 525588.932 ( X / Y )



Magazijn aan de Buitenvaart 4001

Hoogeveen

mv : N.A.P. + 12,72 m

uitv.: 30-04-2019 12:50

get. : 16-05-2019

Opdracht nummer:

**HA-16711**

Sondering nummer

**10**

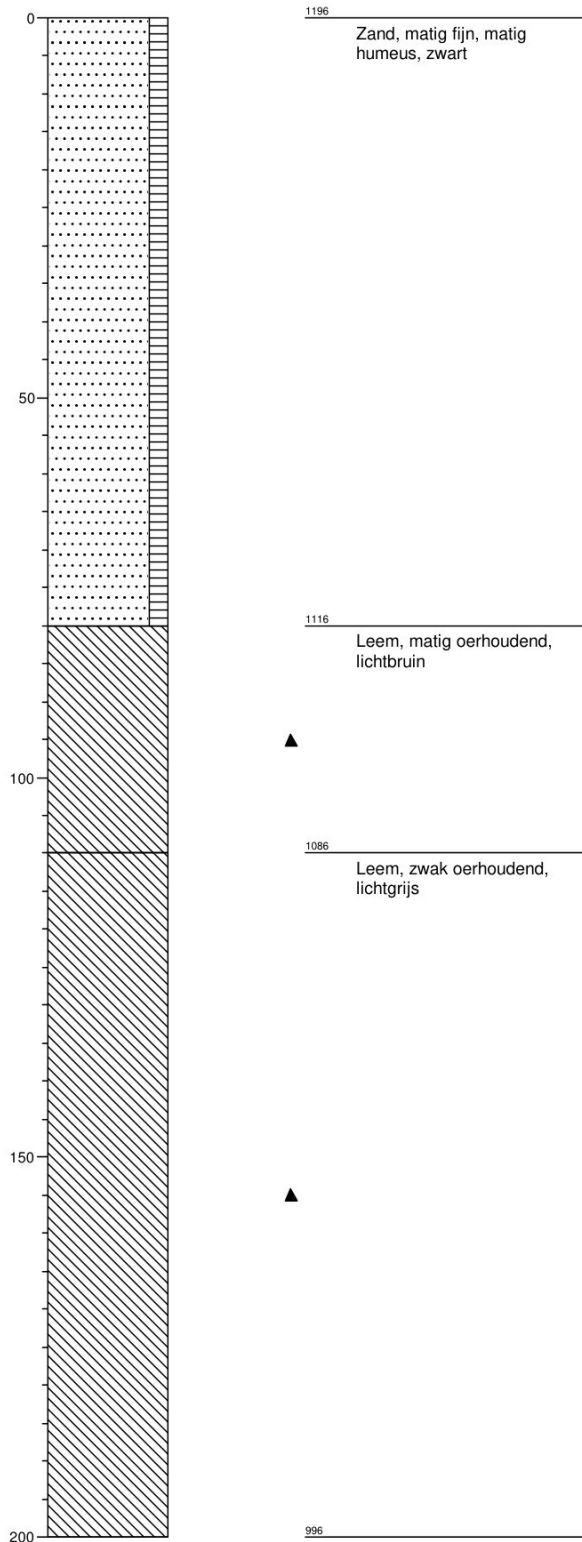
## Boring A

Datum: 30-04-2019

Maaiveldhoogte: 11,96 m t.o.v. N.A.P.

Opmerking: T.p.v. sondeerlocatie 5

Geen grondwater aangetroffen tot 2.00m. -mv.



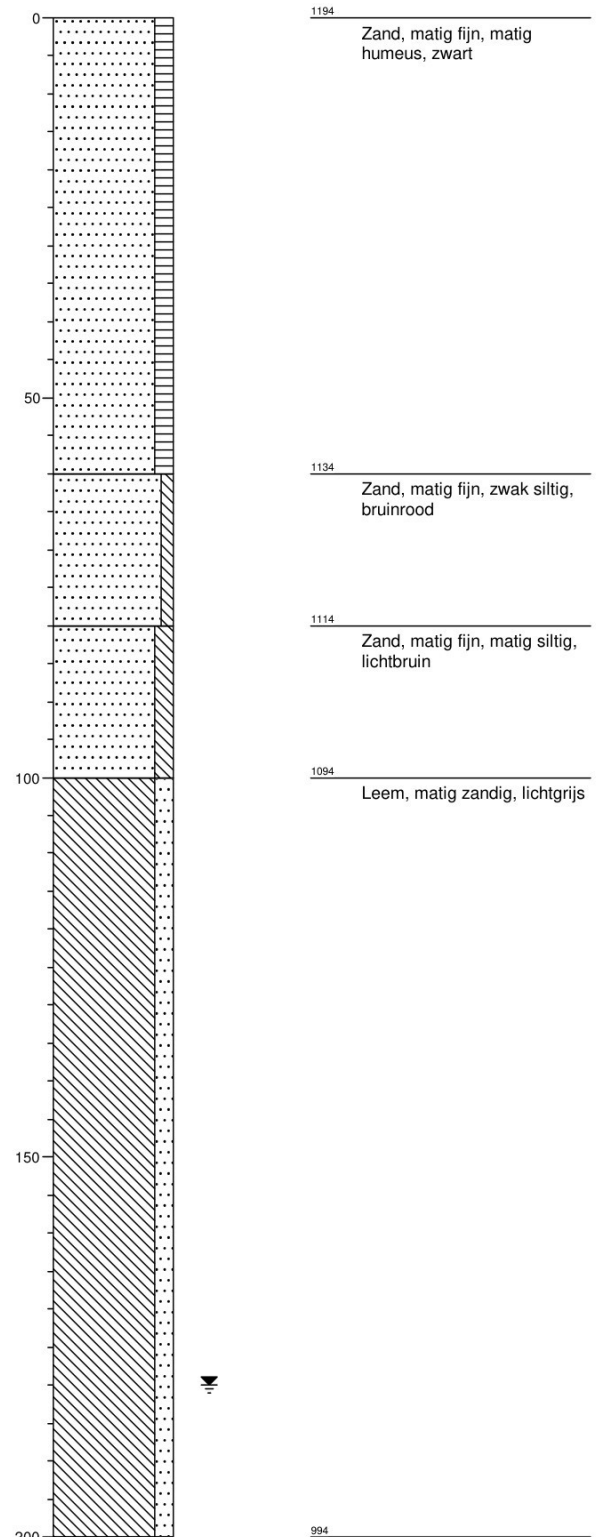
## Boring B

Datum: 30-04-2019

GWS: 180 cm - maaiveld

Maaiveldhoogte: 11,94 m t.o.v. N.A.P.

Opmerking: T.p.v. sondeerlocatie 9





## Bijlage 2: Overzicht netto draagvermogen

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

sondering	maaiveld paalpunt		$R_{c, netto, d}$ [kN]		406/426	457/477
	niveau	niveau	324/344	355/375		
1-1	12.31	6.50	308	372	633	633
		6.00	521	611	959	959
		5.50	611	711	1118	1118
		5.00	851	968	1165	1165
		4.50	756	818	1155	1155
		4.00	749	818	1039	1039
		3.50	650	747	1097	1097
		3.00	677	779	1157	1157
		2.50	694	795	1170	1170
		2.00	901	1048	1616	1616
		1.50	1207	1397	2105	2105
		1.00	1331	1518	2216	2216
2-1	12.19	6.00	163	202	367	367
		5.50	444	518	815	815
		5.00	532	613	716	716
		4.50	465	525	786	786
		4.00	521	599	865	865
		3.50	558	630	916	916
		3.00	594	686	1001	1001
		2.50	622	717	1060	1060
		2.00	652	753	1149	1149
		1.50	923	1063	1602	1602
		1.00	981	1128	1674	1674
3-1	12.15	7.00	213	268	508	508
		6.50	679	803	1078	1078
		6.00	682	770	919	919
		5.50	584	576	832	832
		5.00	524	599	873	873
		4.50	568	649	769	769
		4.00	504	579	829	829
		3.50	534	612	897	897
		3.00	553	631	918	918
		2.50	614	704	1051	1051
		2.00	893	1037	1605	1605
		1.50	1093	1256	1862	1862
		1.00	1173	1341	1962	1962
4-1	12.19	7.00	564	665	1007	1007
		6.50	646	737	911	911
		6.00	611	629	625	625
		5.50	392	439	646	646
		5.00	408	463	661	661
		4.50	404	459	641	641
		4.00	508	580	847	847
		3.50	526	605	924	924
		3.00	792	889	1241	1241
		2.50	811	908	1304	1304
		2.00	857	973	1389	1389
		1.50	913	1031	1460	1460
		1.00	977	1110	1580	1580



Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

sondering	maaiveld paalpunt		R <sub>c, netto; d</sub>		[kN]	
	niveau	niveau	324/344	355/375	406/426	457/477
5-1	11.96	7.00	314	372	532	532
		6.50	364	402	556	556
		6.00	376	434	648	648
		5.50	429	489	711	711
		5.00	479	542	773	773
		4.50	598	693	1001	1001
		4.00	639	740	1097	1097
		3.50	664	765	1146	1146
		3.00	849	983	1493	1493
		2.50	992	1148	1741	1741
		2.00	1142	1285	1894	1894
		1.50	1197	1373	2019	2019
		1.00	1279	1463	2141	2141
6-1	11.93	7.00	342	403	387	387
		3.50	527	637	1086	1086
		3.00	708	817	1252	1252
		2.50	785	912	1385	1385
		2.00	872	1000	1477	1477
		1.50	999	1129	1495	1495
		1.00	994	1098	1564	1564
7-1	11.92	7.00	327	397	682	682
		6.50	523	613	961	961
		6.00	619	700	617	617
		5.50	402	426	595	595
		5.00	366	406	569	569
		4.50	368	417	562	562
		4.00	373	422	594	594
		3.50	388	438	622	622
		3.00	396	451	675	675
		2.50	786	916	1429	1429
		2.00	1067	1230	1809	1809
		1.50	1205	1343	1955	1955
		1.00	1281	1446	2015	2015
8-1	12.01	7.00	158	199	380	380
		6.50	540	646	908	908
		6.00	579	665	736	736
		5.50	460	498	737	737
		5.00	454	522	705	705
		4.50	468	483	539	539
		4.00	359	412	585	585
		3.50	374	423	596	596
		3.00	370	415	576	576
		2.50	928	1091	1724	1724
		2.00	1142	1309	1911	1911
		1.50	1228	1405	2050	2050
		1.00	1312	1519	2073	2073



Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

sondering	maaiveld paalpunt		$R_{c, netto; d}$ [kN]		406/426	457/477
	niveau	niveau	324/344	355/375		
9-1	11.94	7.00	416	493	806	806
		6.50	522	599	719	719
		6.00	449	502	704	704
		5.50	471	483	692	692
		5.00	452	514	736	736
		4.50	493	561	793	793
		4.00	536	627	964	964
		3.50	674	778	1164	1164
		3.00	753	874	1340	1340
		2.50	1055	1220	1851	1851
		2.00	1271	1474	2215	2215
		1.50	1319	1527	2239	2239
		1.00	1367	1580	2246	2246
10-1	12.72	7.00	207	247	402	402
		6.50	266	311	482	482
		6.00	389	454	715	715
		5.50	549	632	945	945
		5.00	727	839	1260	1260
		4.50	846	978	1359	1359
		4.00	909	989	1464	1464
		3.50	914	1053	1567	1567
		3.00	971	1121	1663	1663
		2.50	1104	1295	2020	2020
		2.00	1296	1501	2278	2278
		1.50	1344	1554	2320	2320
		1.00	1392	1595	2342	2342



### Bijlage 3: Detail berekening negatieve kleeft

#### Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : 1-1
- gehanteerde paal : SB324/344mm
- paalpuntniveau : N.A.P. 5.50 m
- paalkopniveau : N.A.P. 11.50 m
- traject negatieve kleeft : N.A.P. 12.31 m
- tot : N.A.P. 7.20 m
- $p_{sur;k}$  : 32.58 kN/m<sup>2</sup>

#### Berekening negatieve kleeft

De karakteristieke waarde van de maximale negatieve kleeftbelasting v.e. alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 (d) bedraagt:

$$F_{nk;k} = O_{s;gem} * \sum d_j * K_{0;j;k} * \tan \delta_{j;k} * (\sigma'_{v;j-1;k} + \sigma'_{v;j;k}) / 2.0$$

$$= -70.3 \text{ kN}$$

waarin :

$O_{s;gem}$  = omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht

$d_j$  = de dikte van de grondlaag i

$K_{0;j;k}$  = de karakteristieke waarde van de neutrale gronddrukfactor in laag i

$\delta_{j;k}$  = de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek

$\sigma'_{v;j;k}$  = de karakteristieke waarde van de effectieve verticale spanning onder in laag j

#### Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	Hoogte [m]	$O_{s;gem}$ [m <sup>1</sup> ]	$K_{0;j} * \tan(\delta_i)$	$\sigma'_{v;j;k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
--	----	11.50	--	--	32.58
1 Zand - Schoon - Los	10.20	1.30	1.02	0.25	55.98
2 Klei - Zwak zandig - Matig	10.00	0.20	1.02	0.25	59.98
3 Klei - Zwak zandig - Matig	7.20	2.80	1.02	0.25	87.98

#### Rekenwaarde

De rekenwaarde van de maximale negatieve kleeftbelasting van een alleenstaande paal bedraagt :

$$F_{nk;d} = F_{nk;k} * \gamma_{f;nk} = -70.3 \text{ kN}$$

waarin :

in dit geval :

$\gamma_{f;nk}$  = belastingfactor voor de negatieve kleeft  
(art. 7.3.2.2 (b))

1.0 -



## Bijlage 4: Detail berekening draagvermogen

### Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : 1-1
- gehanteerde paal : SB324/344mm
- paalpuntniveau : N.A.P. 5.50 m
- traject positieve kleef : N.A.P. 7.20 m  
tot: N.A.P. 5.50 m

### Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((q_{c,I,gem} + q_{c,II,gem})/2 + q_{c,III,gem})$$

$$= 9.490 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$$q_{c,I,gem} = \text{de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I} = 21.53 \text{ MPa}$$

$$q_{c,II,gem} = \text{de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II} = 21.10 \text{ MPa}$$

$$q_{c,III,gem} = \text{de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III} = 9.34 \text{ MPa}$$

$$\alpha_p = \text{paalklassefactor} = 0.70 -$$

$$\beta = \text{factor voor de paalvoetvorm} = 0.88 -$$

$$\varphi = \text{hoek van de inwendige wrijving} = 40.0 -$$

$$r = \text{verhouding } b/a = 1.00 -$$

$$s = \text{factor voor de vorm van de voet} = 1.00 -$$

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max;i} = A_b * q_{b,max;i}$$

$$= 882 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0929 \text{ m}^2$$

### Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$q_{s,max;z} = \alpha_s * q_{c,z;a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max;i} = O_{s,\Delta l,gem} * \sum q_{s,max;z;i} * d_z$$

$$= 197 \text{ kN}$$

**Per laag**

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr	Laag	Nivo [m]	$O_{s;gem}$ [m <sup>1</sup> ]	$\alpha_s$	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s;max}$ [MPa]	$d_z$ [m]	$R_{c;cal}$ [kN]
--	----	7.20	--	--	--	--	--	--	--
1	Zand - Schoon - Vast	5.51	1.02	0.0100	100	11.34	0.113	1.69	195.0
2	Zand - Schoon - Vast	5.50	1.08	0.0100	100	15.00	0.150	0.01	1.6
totaal			1.02	0.0100		11.36	0.114	1.70	196.6

**Maximale draagkracht**

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c;cal;i} = R_{b;cal;max;i} + R_{s;cal;max;i}$$

$$= 1079 \text{ kN } (= 882 + 197)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (b) bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c;cal} / \xi_3 \quad (n=1)$$

$$= 817 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$\xi_3 \quad (n=1) = \text{factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering} = 1.32 \quad -$$

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R$$

$$= 681 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$\gamma_R = \text{partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2}$$

$$\text{tabel A.6, A.7 of A.8} = 1.20 \quad -$$

**Toetsing**

Getoetst moet worden of  $R_{c;d} - F_{s;nk;d} \geq F_{c;d}$

waarbij  $F_{r;d} - F_{s;nk;d} = 681 - 70 = 611 \text{ kN}$ , zodat moet worden voldaan aan:

$$F_{c;d} \leq 611 \text{ kN}$$



## Bijlage 5: Overzicht maximaal opneembare trekkracht

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

sondering	maaiveld paalpunt		$R_{t, netto; d}$		[kN]	
	niveau	niveau	324/344	355/375	406/426	457/477
1-1	12.31	6.50	20	22	32	32
		6.00	40	45	61	61
		5.50	61	68	90	90
		5.00	82	90	120	120
		4.50	102	113	149	149
		4.00	123	135	178	178
		3.50	143	158	207	207
		3.00	164	180	237	237
		2.50	182	201	263	263
		2.00	197	217	284	284
		1.50	218	240	313	313
		1.00	238	262	343	343
2-1	12.19	6.00	19	21	31	31
		5.50	35	39	54	54
		5.00	56	62	83	83
		4.50	76	85	113	113
		4.00	97	107	142	142
		3.50	118	130	171	171
		3.00	135	149	196	196
		2.50	151	167	219	219
		2.00	167	184	242	242
		1.50	185	204	267	267
		1.00	205	226	297	297
3-1	12.15	7.00	10	12	18	18
		6.50	29	33	45	45
		6.00	50	55	74	74
		5.50	70	78	104	104
		5.00	91	101	133	133
		4.50	112	123	162	162
		4.00	131	144	190	190
		3.50	147	162	213	213
		3.00	164	180	236	236
		2.50	176	194	254	254
		2.00	193	212	278	278
		1.50	213	235	307	307
4-1	12.19	7.00	29	32	44	44
		6.50	50	55	74	74
		6.00	70	78	103	103
		5.50	91	100	132	132
		5.00	111	123	162	162
		4.50	131	145	190	190
		4.00	140	155	203	203
		3.50	156	172	226	226
		3.00	173	191	250	250
		2.50	194	213	279	279
		2.00	214	236	309	309
		1.50	235	259	338	338
		1.00	255	281	366	366



Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

sondering	maaiveld paalpunt		R <sub>t, netto; d</sub> [kN]		406/426	457/477
	niveau	niveau	324/344	355/375		
5-1	11.96	7.00	22	25	35	35
		6.50	43	48	64	64
		6.00	63	70	94	94
		5.50	84	93	123	123
		5.00	102	113	148	148
		4.50	116	128	169	169
		4.00	136	150	198	198
		3.50	157	173	226	226
		3.00	175	193	253	253
		2.50	196	216	282	282
		2.00	216	238	311	311
		1.50	237	261	341	341
		1.00	258	283	370	370
6-1	11.93	7.00	26	29	40	40
		3.50	122	135	177	177
		3.00	143	157	207	207
		2.50	163	180	236	236
		2.00	184	202	265	265
		1.50	204	225	295	295
		1.00	225	248	324	324
7-1	11.92	7.00	16	18	26	26
		6.50	37	41	56	56
		6.00	57	64	85	85
		5.50	78	86	114	114
		5.00	99	109	144	144
		4.50	119	131	173	173
		4.00	131	145	191	191
		3.50	140	154	202	202
		3.00	148	163	215	215
		2.50	160	177	232	232
		2.00	181	199	261	261
		1.50	201	222	290	290
		1.00	222	244	320	320
8-1	12.01	7.00	9	11	16	16
		6.50	27	30	42	42
		6.00	48	53	71	71
		5.50	68	75	100	100
		5.00	89	98	130	130
		4.50	109	121	159	159
		4.00	125	138	182	182
		3.50	141	156	205	205
		3.00	154	169	222	222
		2.50	162	179	234	234
		2.00	183	201	264	264
		1.50	203	224	293	293
		1.00	224	246	322	322



Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

sondering	maaiveld paalpunt		$R_{t, netto; d}$ [kN]		406/426	457/477
	niveau	niveau	324/344	355/375		
9-1	11.94	7.00	16	18	26	26
		6.50	37	41	55	55
		6.00	57	63	85	85
		5.50	78	86	114	114
		5.00	98	109	143	143
		4.50	116	128	168	168
		4.00	130	144	189	189
		3.50	146	161	211	211
		3.00	163	180	236	236
		2.50	184	202	265	265
		2.00	204	225	294	294
		1.50	225	248	324	324
		1.00	245	270	353	353
10-1	12.72	7.00	20	23	32	32
		6.50	36	40	54	54
		6.00	51	57	77	77
		5.50	71	79	105	105
		5.00	92	101	134	134
		4.50	112	124	163	163
		4.00	133	147	193	193
		3.50	153	169	222	222
		3.00	174	192	251	251
		2.50	195	214	280	280
		2.00	215	237	310	310
		1.50	236	260	339	339
		1.00	256	282	368	368



## Bijlage 6: Beschrijving berekening maximale trekkracht

De maximale schachtwrijvingskracht van een op trek belaste, alleenstaande paal wordt bepaald met de volgende formule:

$$R_{t;d} = \int_0^L O_{s;gem} \times q_{s;z;d} \times dz$$

waarin :

$R_{t;d}$  = de rekenwaarde van de trekweerstand van de paal in kN;  
 $O_{s;gem}$  = de gemiddelde omtrek van de paal in m;  
 $L$  = de lengte waarover schachtwrijving wordt berekend in m;  
 $q_{s;z;d}$  = de rekenwaarde van de schachtwrijving op diepte  $z$  in kPa;  
 $dz$  = de aanduiding van de diepte in m.

De rekenwaarde van de schachtwrijving van een alleenstaande paal volgt uit:

$$q_{s;z;d} = \alpha_t * q_{c;z;d}$$

waarin:

$\alpha_t$  = de factor die de invloed van de uitvoering in rekening brengt;  
 $q_{c;z;d}$  = de rekenwaarde van de conusweerstand op diepte  $z$  in kPa.

De rekenwaarde van de conusweerstand wordt berekend uit:

$$q_{c;z;d} = \frac{q_{c;z;a}}{\gamma_{s;t} \cdot \gamma_{m;var;q_c} \cdot \xi}$$

waarin:

$q_{c;z;a}$  = afgesnoten conusweerstand op een diepte  $z$  beneden maaivle in MPa;  
 $\gamma_{s;t}$  = partiële materiaalfactor voor het berekenen van op trek belaste palen volgens artikel 2,4,7 van NEN 9997-1:2011;  
 $\gamma_{m;var;q_c}$  = een factor die de invloed van het wisselen van belastingen weergeeft, waarbij  $\gamma_{var} = 1,0$  voor quasi statisch belaste constructies en  $\gamma_{var} = 1,5$  bij wisselende trek- en drukbelasting van  
 gelijke orde van grootte; voor tussenliggende gevallen mag worden geïnterpoleerd;  
 $\xi$  = een factor, afhankelijk van het aantal sonderingen en de herverdelingscapaciteit van de constructie (bepaald volgens artikel 7.6.2.3, van de NEN 9997-1:2011).

Voor stalen buispalen wordt een waarde gehanteerd van  $\alpha_t = 0,007$ .

Voor  $\gamma_{m;var;q_c}$  is een waarde van 1,5 aangehouden en voor  $\gamma_{s;t}$  een waarde 1,4.

Bij een hart op hart afstand van de trekpalen van minder dan  $7 D_{eq}$  dient een reductiefactor op de trekkracht in rekening te worden gebracht. Figuur 4 in de R.F.G. 1985 geeft een goede indicatie van de te hanteren reductiefactor.