



FUNDERINGSADVIES APPARTEMENTENGEBOUW (DE DRUKKERIJ)

Jaap van der Hoekplaats in Rotterdam



TITELBLAD

Opdrachtgever: Stebru Ontwikkeling BV
Postbus 298
2910 AG Nieuwerkerk aan den IJssel

Rapportnummer: 209379-10/R02

Status rapport: Definitief

Datum: 01 juli 2019

Projectomschrijving: Funderingsadvies appartementengebouw (De Drukkerij)
Jaap van der Hoekplaats in Rotterdam

Rapport opgesteld door: Ortago West B.V.
Laurens Janszn. Costerstraat 13e
3261 LH Oud-Beijerland
[REDACTED]

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	1
2	Grondonderzoek en bodemopbouw	2
2.1	Algemeen	2
2.2	Sonderingen	2
2.3	Boring/voorboringen	2
2.4	Bodemopbouw en grondwaterstand	3
2.5	Coördinaten en NAP-hoogte	3
3	Funderingsadvies	5
3.1	Funderingskeuze	5
3.2	Berekeningsresultaten fundering op palen	6
3.3	Uitgangspunten	6
3.4	Paalpuntniveaus en netto paal draagkracht	7
3.5	Paalkopzakking en veerstijfheid van een drukpaal	14
4	UITVOERING	16

Bijlagen:

- 1) Situatietekening met onderzoekspunten
- 2) Sondeergrafieken
- 3) Boorstaten
- 4) Voorbeeld van een uitgewerkte berekening van de funderingsdraagkracht conform NEN 9997-1:2016
- 5) Algemene richtlijnen uitvoering fundex- en tubexpalen

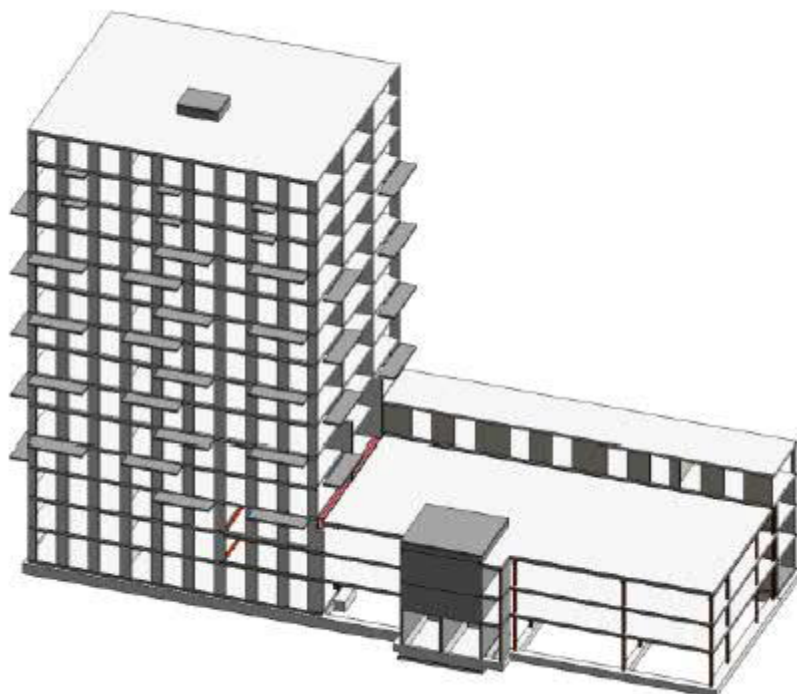
	Naam	Paraaf	Datum
Auteur rapport			1-7-2019
Kwaliteitscontrole			1-7-2019

1 INLEIDING

Ten behoeve van het nieuw te bouwen appartementengebouw (De Drukkerij) aan de Jaap van der Hoekplaats in Rotterdam heeft Stebru Ontwikkeling BV aan Ortageo West B.V. opdracht verleend voor het uitvoeren van een grondonderzoek en het uitwerken van een funderingsadvies.

In dit rapport zijn de resultaten van het grondonderzoek en het funderingsadvies weergegeven.

De nieuwbouw betreft een appartementengebouw dat uit 13 bouwlagen zal bestaan. Aan de hoogbouw worden grondgebonden woningen gerealiseerd die uit drie bouwlagen zullen bestaan. Voor nadere gegevens omtrent de constructie wordt verwezen naar de berekeningen en tekeningen van de constructeur / opdrachtgever. In afbeelding 1 is een artist impression van het ontwerp weergegeven.



Afbeelding 1: Artist impression van het ontwerp

2 GRONDONDERZOEK EN BODEMOPBOUW

2.1 Algemeen

Het grondonderzoek is in twee fasen uitgevoerd. De eerste fase grondonderzoek is uitgevoerd op 11 oktober 2018 en heeft bestaan uit vier sonderingen (CPT4, 8, 9 en 10) tot een diepte van circa 35 m -mv met meting van de plaatselijke wrijvingsweerstand. Daarnaast is een handboring (HB10) tot circa 3 m -mv uitgevoerd.

De tweede fase grondonderzoek is uitgevoerd op 25 en 26 juni 2019 en heeft bestaan uit acht sonderingen (CPT1 t/m CPT3, CPT5 t/m CPT7, CPT11 en CPT12). De sondering zijn in pandig uitgevoerd doormiddel van een losse sondeerunit die verankerd is aan de bestaande vloer. De maximaal verkende diepte van de sonderingen variëren, de volgende dieptes per sondering zijn gehaald:

- Sonderingen CPT1, CPT11 en CPT5 zijn uitgevoerd tot een diepte van circa 30 à 31 m -mv. Dieper sonderen was niet mogelijk in verband met de overschrijding van de maximale scheefstand van de sondeerstangen.
- Sonderingen CPT2 is gestaakt op een diepte van circa 0,85 m -mv in verband met de aanwezigheid van een ondergrondse obstakel.
- Sonderingen CPT3 en CPT6 zijn uitgevoerd tot een diepte van circa 18 à 20 m -mv. Dieper sonderen was niet mogelijk in verband met de overschrijding van de maximale scheefstand van de sondeerstangen.
- Sonderingen CPT7 en CPT12 zijn uitgevoerd tot de gewenste diepte van circa 35 m -mv.

De onderzoekspunten zijn aan de hand van een door de opdrachtgever verstrekte situatietekening uitgezet en ingemeten ten opzichte van NAP. De posities van de onderzoekspunten zijn weergegeven op de situatietekening in bijlage 1.

2.2 Sonderingen

De sonderingen zijn uitgevoerd met een elektrische kleefmantelconus en voldoen aan NEN-EN-ISO 22476-1, klasse 3. Met de elektrische conus vindt een meting plaats van zowel de weerstand aan de conuspunt als van de wrijving langs de kleefmantel. Zodoende is een beeld verkregen van zowel de vastheid van de grond als van de aanwezige grondsoorten.

De sondeergrafieken zijn in bijlage 2 gepresenteerd. Op de sondeergrafieken is de conusweerstand uitgezet tegen de diepte ten opzichte van NAP. Op de grafieken van de sonderingen is het wrijvingsgetal weergegeven. Het wrijvingsgetal is het quotiënt van de plaatselijke wrijving en de conusweerstand. Empirisch is vastgesteld dat het wrijvingsgetal een nauwe relatie heeft met de grondsoort. Het wrijvingsgetal geeft een indicatie van de laagopbouw beneden de grondwaterstand weer. In onderstaande tabel is per grondsoort het wrijvingsgetal opgenomen.

Tabel 1: Indicatie van de grondsoorten op basis van het wrijvingsgetal

Grondsoort	Wrijvingsgetal [%]
Grind en grof zand	0,2 - 0,6
Zand	0,6 - 1,2
Silt, leem, löss	1,2 - 4,0
Klei	3,0 - 5,0
Potklei	5,0 - 7,0
Veen	5,0 - 10,0

2.3 Boring/voorboringen

Er is een handboring conform NEN-EN-ISO 22475-1 naast de sondering CPT10 uitgevoerd ter verkenning van de toplagen en de bepaling van de actuele grondwaterstand. In verband met de mogelijke aanwezigheid van kabels en leidingen in de ondergrond, zijn de sondeerlocaties voorgeboord tot een diepte van circa 1,5 m -mv. De opgeboorde grond is visueel beoordeeld, beschreven en geclassificeerd conform NEN 5104. De boorstaten zijn opgenomen in bijlage 3.

2.4 Bodemopbouw en grondwaterstand

Op basis van de onderzoeksresultaten is het globale bodemprofiel ter plaatse van het onderzoeksterrein in tabel 2 weergegeven.

Tabel 2: Globaal bodemprofiel

Diepte [m] t.o.v. NAP	Bodembeschrijving
-6,0 à -6,2	Maaiveld/betonvloer
+6,0 à -6,2 tot -7,1 à -8,5	Zand, matig fijn, matig siltig.
-7,1 à -8,5 tot -9,0 à -15,0	Veen/klei
-9,0 à -15,0 tot -40,9 à -41,5	Zand (matig vast tot vast gepakt), plaatselijk doorsneden met klei- en leemlagen.
-40,9 à -41,5	maximaal verkende diepte

Tijdens de uitvoering van de handboringen in het boorgat de grondwaterstand gepeild. De grondwaterstand is waargenomen op circa 1,1 à 1,4 m -mv, hetgeen overeenkomt met circa 7,3 à 7,4 m -NAP. Afhankelijk van de waterdoorlatendheid van de bodem is het mogelijk dat de grondwaterspiegel zich tijdens de uitvoering van de grondboring niet volledig tot het 'natuurlijke' niveau heeft ingesteld.

Er wordt op gewezen dat deze gemeten grondwaterstand een momentopname is en dat deze onder andere afhankelijk is van lokale omstandigheden en van het jaargetijde. In het algemeen is de grondwaterstand in februari / maart het hoogst en in augustus / september het laagst.

2.5 Coördinaten en NAP-hoogte

De onderzoekspunten zijn aan de hand van een door de opdrachtgever verstrekte situatietekening uitgezet en ingemeten met GPS (nauwkeurigheid van 2 à 3 cm). Voor meer informatie over de hoogteligging van het maaiveld op de projectlocatie wordt verwezen naar de onderstaande tabel.

Tabel 3: Coördinaten en maaiveldhoogtes

Meetpunten	X-coördinaat	Y-coördinaat	Maaiveldhoogte [m t.o.v. NAP]
Sondering			
CPT1	97.422.165	439.642.772	-5,95
CPT2	97.390.771	439.634.896	-6,00
CPT3	97.365.954	439.629.225	-6,00
CPT4	97.360.789	439.614.470	-6,05
CPT5	97.379.309	439.622.020	-5,99
CPT6	97.409.572	439.629.613	-6,01
CPT7	97.424.022	439.633.444	-5,95
CPT8	97.380.294	439.605.361	-6,06
CPT9	97.401.381	439.609.356	-6,04
CPT10	97.429.853	439.617.259	-6,21
CPT11	97.417.851	439.618.790	-5,97
CPT12	97.393.562	439.615.492	-6,02
Boring			
HB10	97.429.853	439.617.340	-6,21
Overige meetpunten*			
Hart weg	97.394.551	439.605.300	-6,04
Rioolputdeksel	97.354.809	439.618.791	-6,07

Tabel 3: Coördinaten en maaiveldhoogtes

Meetpunten	X-coördinaat	Y-coördinaat	Maaiveldhoogte [m t.o.v. NAP]
Hart weg	97.355.743	439.614.041	-6,09
Vloerpeil	97.355.591	439.597.051	-6,00

* = voor de locaties van de hoogtepeilen wordt verwezen naar de situatietekening in bijlage 1

De hoogtepeilen die vermeld staan in tabel 3 zijn alleen bedoeld om de bodemopbouw te refereren aan NAP en zijn niet geschikt voor andere doeleinden dan dit onderzoek.

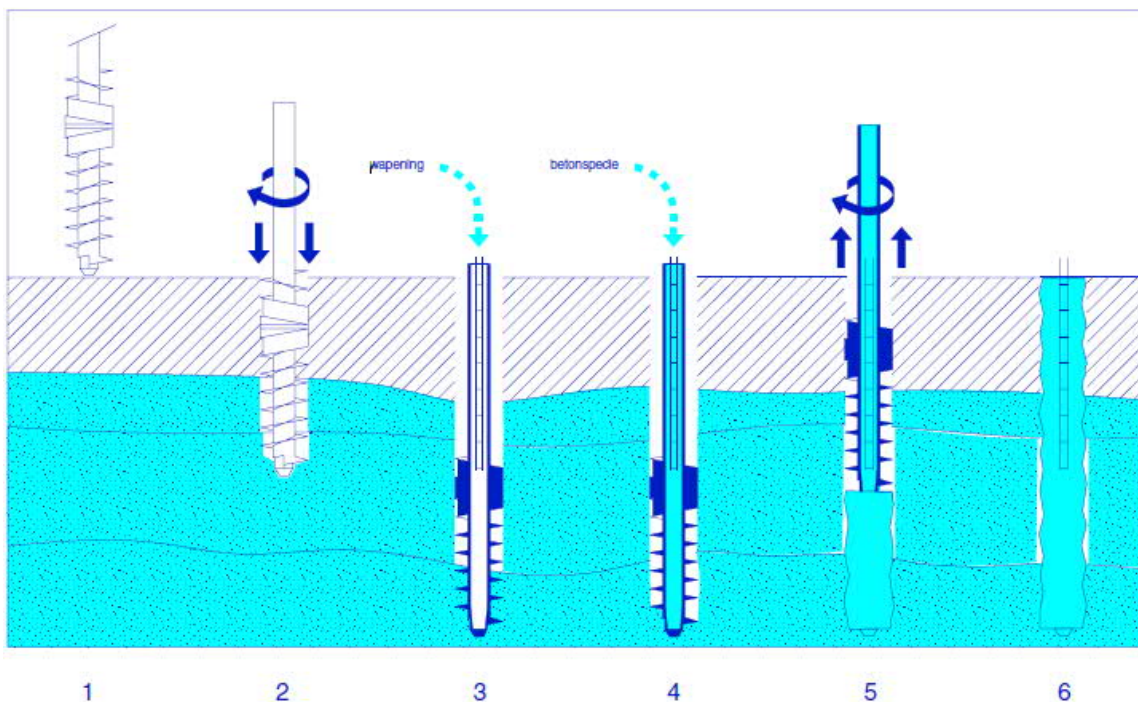
3 FUNDERINGSADVIES

3.1 Funderingskeuze

Gezien de aangetroffen bodemgesteldheid en de aard van de geplande nieuwbouw wordt geadviseerd de nieuwbouw op palen te funderen.

Op verzoek van de constructeur zijn de draagkrachtberekeningen gebaseerd op de trillingsvrije paaltypes DPA paal en fundexpaal met groutinjectie.

De DPA paal (de afkorting staat voor Drilling Push Aside) is een in de grond gevormde betonnen schroefpaal met grondverdringing die op hoogte wordt afgewerkt en uitgevoerd wordt met een kopwapening. Deze paal wordt trillingsvrij in de grond geïnstalleerd. In figuur 2 is de uitvoeringswijze van de DPA paal grafisch weergegeven.

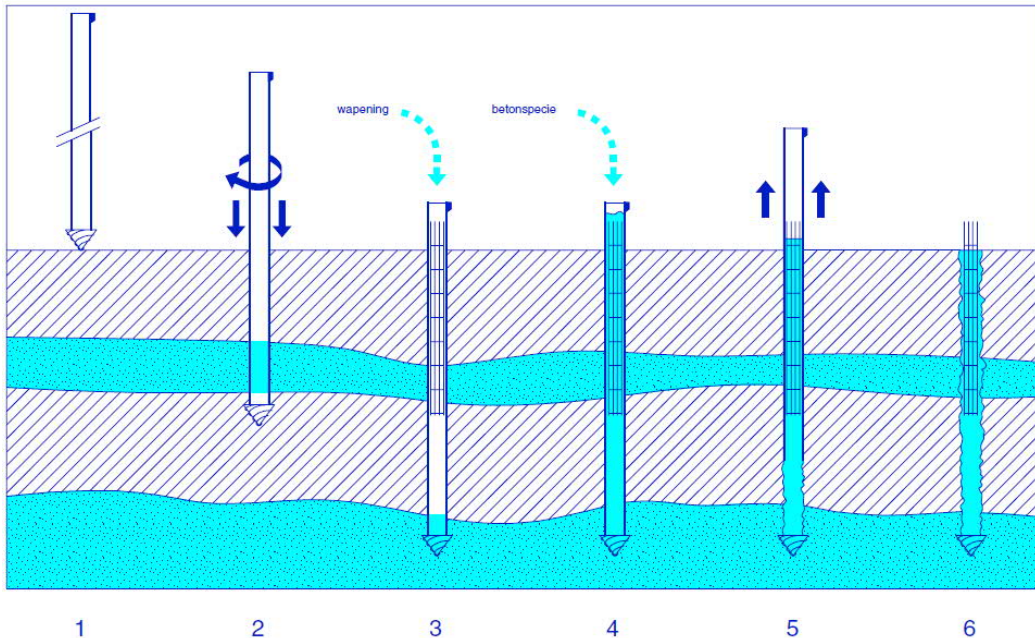


Figuur 2: Uitvoeringswijze DPA paal

Omschrijving:

1. Een gladde stalen buis is aan de onderzijde verbonden aan een buisschroef c.q. avegaar (rechtsdraaiend). De overgangsconstructie tussen buis en avegaar wordt gevormd door een vergrote buis met tegengestelde, linksdraaiende schroefbladen. De buis wordt op het maaiveld geplaatst, waarbij de onderzijde wordt voorzien van een losse afdichting (schroefdeksel).
2. De schroefboor wordt rechtersom draaiend op diepte gebracht. Hierbij wordt grond in zekere mate naar boven getransporteerd en vervolgens min of meer horizontaal verdrongen nabij de overgangsconstructie aan de onderzijde van het verdikte deel. Zodra het verdikte deel in het dragende zand komt, wordt deze zandlaag door verdringing opgespannen. Aan de onderzijde van de paal is over een lengte van 0,5 à 1,0 m niet of nauwelijks sprake van grondverdringing.
3. De wapeningskorf wordt afgehangen in de buis.
4. De schroef wordt tot boven het maaiveld volgepompt met betonspecie.
5. Ten behoeve van het lossen van de deksel wordt de schroefbuis vervolgens iets gelicht, waarna de avegaar rechtersom roterend uit de grond wordt getrokken. Gedurende dit proces moet het niveau van de betonspecie in de buis minimaal tot boven het maaiveldpeil worden gehouden.
6. De paal wordt afgewerkt en de stelling kan worden verplaatst.

De fundexpaal is een in de grond gevormde grondverdringende betonpaal die op hoogte wordt afgewerkt en uitgevoerd wordt met wapeningskorven. Deze paal wordt vervaardigd met behulp van een schroevend ingebrachte stalen hulpbuis. Deze paal wordt trillingsvrij in de grond geïnstalleerd. In figuur 3 is de uitvoeringswijze van de fundexpaal grafisch weergegeven.



Figuur 3: Uitvoeringswijze fundexpaal

Omschrijving:

1. Een stalen hulpbuis, voorzien van een losse schroefpunt (boorkop c.q. boorpunt), wordt geplaatst op het maaiveld.
2. De buis wordt schroevend op diepte gebracht door het aanbrengen van een axiale druk en een draaimoment.
3. Bij het bereiken van het gewenste niveau wordt de wapening aangebracht.
4. De hulpbuis wordt gevuld met betonspecie.
5. De hulpbuis wordt oscillerend getrokken, waarbij de schroefpunt achterblijft.
6. De paal wordt afgewerkt en de stelling kan verplaatst worden.

3.2 Berekeningsresultaten fundering op palen

Het funderingsadvies voor dit project is opgesteld conform de normen geotechniek NEN 9997-1:2016 (Eurocode 7 deel 1). In het ontwerpstadium zijn in het algemeen geen gedetailleerde gegevens beschikbaar met betrekking tot het palenplan, de exacte paalbelastingen, de gebouwtijfheid en de vervormingseisen. Derhalve wordt in dit stadium van het project volstaan met de toetsing van grenstoestand 1B op sterkte.

3.3 Uitgangspunten

Voor de berekening van de rekenwaarde van de maximale draagkracht en de toetsing van grenstoestand 1B volgens Eurocode 7 deel 1 (NEN 9997-1:2016) zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- De draagkracht van verticaal centrisch op druk belaste funderingspalen is bepaald. Momenten, horizontale belastingen en trekbelastingen zijn niet beschouwd.
- Het project/bouwwerk is ingedeeld in de geotechnische categorie 2 (GC2).
- De maximale draagkracht van de drukpalen is berekend conform NEN 9997-1:2016 hoofdstuk 7 "Paalfunderingen".
- De factor $\xi_{3:N}$ wordt bepaald volgens tabel A10a (NEN 9997-1:2016/bijlage A) waarbij N het aantal sonderingen betreft voor het beschouwde funderingselement voor een niet stijf bouwwerk. Voor deze situatie is voor $\xi_3 = 1,27$ aangehouden.

- De partiële materiaalfactor γ_t (bepaald uit sonderingen) is volgens tabel A6 (NEN 9997-1:2016/bijlage A) vastgesteld op 1,2.
- In verband met de aanwezigheid van samendrukbare lagen langs de paalschacht is negatieve kleef in de berekening meegenomen. Voor de partiële belastingsfactor $\gamma_{f,nk}$ kan de waarde 1,0 worden aangehouden (zie NEN 9997-1:2016 art. 7.3.2.2 (a)). De negatieve kleef is aangehouden tot een diepte van 9,0 à 15,0 m -NAP.
- De volgende materiaal-, paal- en draagkrachtfactoren zijn gehanteerd voor DPA palen:
 - o $\alpha_p = 0,56$;
 - o $s = 1,0$;
 - o $\beta = 1,0$;
 - o $\alpha_{s(zand)} = 0,01$.
- Voor de onderste 0,5 m van de DPA paal wordt geen schachtwrijving in rekening gebracht.
- De DPA paal dient minimaal 2,5 m in de funderingszandlaag te penetreren om het maximale punt-draagvermogen te kunnen generen.
- De volgende materiaal-, paal- en draagkrachtfactoren zijn gehanteerd voor fundexpalen:
 - o $\alpha_p = 0,63$;
 - o $s = 1,0$;
 - o $\beta = 0,88$;
 - o $\alpha_{s(zand)} = 0,009$ (met groutinjectie).
- Voor de schachtdiameter van de fundexpaal is een gemiddelde waarde van de buisdiameter en de puntdiameter aangehouden.
- Er is geen kelder in het ontwerp opgenomen.
- Het bouwpeil van de nieuwbouw is aangehouden op 6,0 m -NAP. Het terrein zal niet significant worden ontgraven of opgehoogd.
- Zowel de draagconstructie als de vloer worden op palen gefundeerd.
- Het grondonderzoek heeft geen informatie betreffende de hoogste, te verwachten grondwaterstand opgeleverd. Dit funderingsadvies is gebaseerd op aangehouden hoogste grondwaterstand van 7,0 m -NAP (circa 1,0 m beneden het maaiveld).
- De rekenwaarde voor de paalbelasting vanuit de constructie ($F_{s,d}$) voor de grenstoestanden 1A en 1B bedraagt maximaal 2500 kN.
- Milieukundige aspecten, met name de consequenties van eventueel te verplaatsen of af te voeren grond zijn buiten beschouwing gelaten in dit rapport.

Geadviseerd wordt om de voornoemde uitgangspunten te controleren, alvorens de adviesresultaten in het ontwerp toe te passen.

3.4 Paalpuntniveaus en netto paal draagkracht

De bepaling van de maximale waarde van de draagkracht van de paalfundering is gebaseerd op de draagkrachtbepaling conform de normen geotechniek NEN 9997-1:2016 art. 7.6.2. De toetsing volgens grenstoestand 1B houdt in dat voldaan moet worden aan; $F_{c,d} + F_{nk,d} \leq R_{c,d}$. Hiermee is tevens voldaan aan grenstoestand 1A.

Hierin is:

$F_{s,d}$ = rekenwaarde van de paalbelasting

$F_{nk,d}$ = rekenwaarde van de negatieve kleef op de paal

$R_{c,d}$ = rekenwaarde van de paal draagkracht

Voor het funderingsadvies is voor diverse schachtdiameters op gekozen paalpuntniveaus de rekenwaarde van de draagkracht van de palen bepaald. Per sondering is voor grenstoestand 1A en 1B het netto paal draagvermogen berekend. De resultaten hiervan zijn weergegeven in de tabellen 4 en 5. In bijlage 4 is een voorbeeldberekening weergegeven.

Tabel 4: Paalpuntniveaus en rekenwaarde netto paal draagkracht

Sondering nr.	Maaiveldniveau [m t.o.v. NAP]	Paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]	R _{C,netto,d} in [kN] DPA paal		
			Ø 410 [mm]	Ø 460 [mm]	Ø 510 [mm]
CPT1	-5,85	-20,00	764	923	1092
		-20,50	834	1008	1195
		-21,00	905	1087	1284
		-21,50	966	1156	1360
		-22,00	1088	1300	1529
		-22,50	1152	1373	1610
		-23,00	1195	1424	1672
		-23,50	1292	1536	1796
		-24,00	1351	1601	1869
		-24,50	1395	1649	1924
		-25,00	1537	1816	2115
		-25,50 n.d./*	1590	1884	2189
CPT2	-6,00	*	-	-	-
CPT3	-6,00	-20,00	1387	1613	1854
		-20,50	1458	1695	1946
		-21,00	1516	1760	2016
		-21,50	1558	1813	2077
		-22,00*	1683	1965	2260
CPT4	-6,05	-20,00	1074	1236	1407
		-20,50	1131	1301	1477
		-21,00	1174	1345	1522
		-21,50	1271	1458	1650
		-22,00	1348	1551	1765
		-22,50	1412	1605	1814
		-23,00	1421	1644	1872
		-23,50	1466	1695	1932
		-24,00	1549	1811	2094
		-24,50	1752	2042	2346
		-25,00	1802	2095	2401
		-25,50 n.d.	1850	2146	2456
		-36,00	2803	3215	3635
CPT5	-5,99	-20,00	1188	1382	1587
		-20,50	1241	1441	1654
		-21,00	1279	1487	1708
		-21,50	1379	1600	1834
		-22,00	1410	1638	1873
		-22,50	1488	1731	1988
		-23,00	1533	1781	2043
		-23,50	1575	1825	2093
		-24,00	1739	2024	2327
		-24,50	1804	2115	2433
		-25,00	1905	2220	2551
		-25,50 n.d./*	1985	2313	2660
CPT6	-6,01	-20,00	568	647	729



Tabel 4: Paalpuntniveaus en rekenwaarde netto paal draagkracht

Sondering nr.	Maaiveldniveau [m t.o.v. NAP]	Paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]	R _{c,netto,d} in [kN] DPA paal		
			Ø 410 [mm]	Ø 460 [mm]	Ø 510 [mm]
		-20,50	722	845	973
		-21,00	875	1025	1187
		-21,50	1023	1198	1385
		-22,00*	1136	1333	1520
CPT7	-5,95	-20,00	685	818	960
		-20,50	730	867	1014
		-21,00	762	900	1046
		-21,50	920	1090	1273
		-22,00	945	1123	1307
		-22,50	1002	1186	1382
		-23,00	1153	1381	1615
		-23,50	1227	1454	1630
		-24,00	1135	1248	1439
		-24,50	1105	1290	1484
		-25,00	1118	1303	1496
		-25,50 n.d.	1164	1348	1540
		-36,00	2498	2886	2932
CPT8	-6,06	-20,00	1213	1431	1663
		-20,50	1373	1584	1774
		-21,00	1364	1590	1829
		-21,50	1421	1641	1861
		-22,00	1446	1681	1927
		-22,50	1519	1764	2022
		-23,00	1577	1828	2091
		-23,50	1637	1925	2228
		-24,00	1819	2082	2371
		-24,50	1787	2083	2397
		-25,00	1830	2129	2444
		-25,50 n.d.	1880	2183	2502
		-36,00	2785	3194	3617
CPT9	-6,04	-20,00	860	987	1119
		-20,50	1051	1218	1393
		-21,00	1113	1287	1469
		-21,50	1169	1361	1550
		-22,00	1271	1495	1721
		-22,50	1343	1554	1768
		-23,00	1387	1587	1746
		-23,50	1347	1562	1786
		-24,00	1392	1616	1843
		-24,50	1424	1650	1887
		-25,00	1486	1726	1978
		-25,50 n.d.	1683	1975	2282
		-36,00	2526	2927	3339
CPT10	-6,21	-20,00	275	321	372

Tabel 4: Paalpuntniveaus en rekenwaarde netto paal draagkracht

Sondering nr.	Maaiveldniveau [m t.o.v. NAP]	Paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]	$R_{c,netto,d}$ in [kN] DPA paal		
			Ø 410 [mm]	Ø 460 [mm]	Ø 510 [mm]
		-20,50	307	357	410
		-21,00	387	489	597
		-21,50	687	801	945
		-22,00	753	895	1049
		-22,50	822	934	1079
		-23,00	880	1029	1191
		-23,50	971	1133	1304
		-24,00	1034	1198	1372
		-24,50	1166	1359	1559
		-25,00	1251	1483	1711
		-25,50 n.d.	1362	1615	1469
		-36,00	2180	2457	2800
CPT11	-5,97	-20,00	548	674	821
		-20,50	703	848	1004
		-21,00	780	933	1096
		-21,50	921	1096	1275
		-22,00	1000	1137	1296
		-22,50	1034	1215	1400
		-23,00	1111	1297	1495
		-23,50	1156	1364	1565
		-24,00	1235	1370	1590
		-24,50	1218	1435	1667
		-25,00	1281	1509	1750
		-25,50 n.d./*	1304	1265	1412
CPT12	-6,02	-20,00	792	921	1063
		-20,50	1018	1190	1372
		-21,00	1067	1243	1427
		-21,50	1154	1344	1542
		-22,00	1262	1445	1660
		-22,50	1358	1575	1792
		-23,00	1419	1642	1879
		-23,50	1443	1669	1905
		-24,00	1517	1774	2031
		-24,50	1586	1860	2158
		-25,00	1833	2139	2474
		-25,50 n.d.	1881	2156	2484
		-36,00	2700	3101	3515

Opmerking

$R_{c,netto,d}$ = rekenwaarde van de netto draagkracht van de paal, rekening houdend met negatieve kleef ($R_{c,d} - F_{rk,d}$).

n.d. = niet dieper i.v.m. met forse teruggang in de conusweerstand binnen het 4D gebied onder het paalpuntniveau.

* = sondering niet voldoende diep uitgevoerd voor de bepalen van de draagkracht op een dieper niveau conform de norm, geadviseerd de slechtste sondering in de buurt aan te houden voor de bepaling van de draagkracht op een dieper niveau.

Tabel 5: Paalpuntniveaus en rekenwaarde netto paal draagkracht

Sondering nr.	Maaiveldniveau [m t.o.v. NAP]	Paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]	R _{c,netto,d} in [kN] Fundexpaal		
			Ø 380/450 [mm]	Ø 460/560 [mm]	Ø 540/660 [mm]
CPT1	-5,95	-20,00	869	1234	1597
		-20,50	942	1348	1751
		-21,00	1011	1440	1879
		-21,50	1069	1513	1984
		-22,00	1200	1696	2222
		-22,50	1272	1782	2320
		-23,00	1309	1840	2413
		-23,50	1402	1957	2526
		-24,00	1444	2010	2592
		-24,50	1508	2094	2717
		-25,00	1639	2271	2929
		-25,50 n.d./*	1697	2339	1962
CPT2	-6,00	*	-	-	-
CPT3	-6,00	-20,00	1448	1946	2458
		-20,50	1507	2018	2544
		-21,00*	1558	2078	2611
CPT4	-6,05	-20,00	1085	1423	1766
		-20,50	1152	1504	1861
		-21,00	1188	1540	1891
		-21,50	1276	1657	2038
		-22,00	1359	1744	2144
		-22,50	1410	1827	2240
		-23,00	1440	1881	2298
		-23,50	1474	1945	2379
		-24,00	1575	2140	2742
		-24,50	1800	2422	3065
		-25,00	1856	2481	3124
		-25,50 n.d.	1892	2520	2731
		-36,00	2793	3617	4453
CPT5	-5,99	-20,00	1224	1644	2077
		-20,50	1278	1711	2157
		-21,00	1311	1768	2267
		-21,50	1414	1889	2377
		-22,00	1446	1920	2405
		-22,50	1522	2034	2549
		-23,00	1570	2102	2631
		-23,50	1599	2139	2725
		-24,00	1784	2399	3035
		-24,50	1876	2529	3196
		-25,00	1965	2638	3326
		-25,50 n.d./*	2045	2753	3471
CPT6	-6,01	-20,00	575	736	894
		-20,50	734	995	1270
		-21,00*	923	1266	1644

Tabel 5: Paalpuntniveaus en rekenwaarde netto paal draagkracht

Sondering nr.	Maaiveldniveau [m t.o.v. NAP]	Paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]	R _{C,netto,d} in [kN] Fundexpaal		
			Ø 380/450 [mm]	Ø 460/560 [mm]	Ø 540/660 [mm]
CPT7	-5,95	-20,00	759	1068	1394
		-20,50	804	1121	1454
		-21,00	826	1140	1480
		-21,50	990	1380	1789
		-22,00	1039	1434	1845
		-22,50	1068	1475	1889
		-23,00	1253	1756	1969
		-23,50	1329	1484	1875
		-24,00	1128	1528	1946
		-24,50	1128	1524	1805
		-25,00	1194	1425	1730
		-25,50 n.d.	1171	1567	1769
		-36,00	2560	2777	3234
CPT8	-6,06	-20,00	1287	1777	2244
		-20,50	1445	1890	2373
		-21,00	1441	1915	2376
		-21,50	1480	1942	2449
		-22,00	1507	2010	2522
		-22,50	1566	2090	2615
		-23,00	1617	2153	2693
		-23,50	1695	2312	2962
		-24,00	1858	2453	3086
		-24,50	1846	2487	3131
		-25,00	1880	2522	3185
		-25,50 n.d.	1914	2558	2500
		-36,00	2778	3606	4440
CPT9	-6,04	-20,00	884	1156	1466
		-20,50	1083	1440	1806
		-21,00	1164	1538	1919
		-21,50	1214	1599	1983
		-22,00	1334	1774	2172
		-22,50	1393	1847	2157
		-23,00	1426	1791	2247
		-23,50	1388	1845	2315
		-24,00	1411	1869	2338
		-24,50	1442	1912	2384
		-25,00	1500	2009	2521
		-25,50 n.d.	1730	2360	2355
		-36,00	2542	3360	4193
CPT10	-6,21	-20,00	294	400	508
		-20,50	313	421	534
		-21,00	427	667	938
		-21,50	739	1052	1332
		-22,00	845	1108	1408

Tabel 5: Paalpuntniveaus en rekenwaarde netto paal draagkracht

Sondering nr.	Maaiveldniveau [m t.o.v. NAP]	Paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]	R _{c,netto;d} in [kN] Fundexpaal		
			Ø 380/450 [mm]	Ø 460/560 [mm]	Ø 540/660 [mm]
		-22,50	876	1192	1532
		-23,00	952	1294	1649
		-23,50	1044	1407	1781
		-24,00	1075	1434	1799
		-24,50	1237	1654	2082
		-25,00	1328	1794	1621
		-25,50 n.d.	1445	1349	1644
		-36,00	2161	2848	3547
CPT11	-5,97	-20,00	610	934	1304
		-20,50	805	1153	1524
		-21,00	888	1250	1634
		-21,50	1030	1403	1717
		-22,00	1077	1435	1832
		-22,50	1129	1529	1952
		-23,00	1198	1620	2055
		-23,50	1247	1673	1999
		-24,00	1234	1683	2117
		-24,50	1286	1771	2235
		-25,00	1358	1720	1731
		-25,50 n.d./*	1160	1393	1711
CPT12	-6,02	-20,00	804	1093	1423
		-20,50	1067	1443	1834
		-21,00	1138	1523	1919
		-21,50	1198	1601	2009
		-22,00	1334	1787	2217
		-22,50	1417	1868	2341
		-23,00	1489	1979	2481
		-23,50	1467	1944	2450
		-24,00	1587	2106	2620
		-24,50	1644	2251	2830
		-25,00	1909	2602	2831
		-25,50 n.d.	1928	2019	2408
		-36,00	2709	3528	4293

Opmerking

R_{c,netto;d} = rekenwaarde van de netto draagkracht van de paal, rekening houdend met negatieve kleef (R_{c;d} - F_{nk;d}).

n.d. = niet dieper i.v.m. met forse teruggang in de conusweerstand binnen het 4D gebied onder het paalpuntniveau.

* = sondering niet voldoende diep uitgevoerd voor de bepalen van de draagkracht op een dieper niveau conform de norm, geadviseerd de slechtste sondering in de buurt aan te houden voor de bepaling van de draagkracht op een dieper niveau.

Uit de tabellen 4 en 5 blijkt dat plaatselijk grote variaties in het te hanteren paalpuntniveau en de draagkracht van de palen optreden. Desgewenst kunnen de variaties worden geoptimaliseerd door middel van het verrichten van een aanvullend grondonderzoek. Overwogen kan worden om aanvullende sonderingen te laten uitvoeren tussen de huidige sondeerlocaties in na de sloop van het bestaande gebouw. Met de sondeerwagen zal de gewenste sondeerdiepte van 35 m -mv haalbaar zijn. Opgemerkt moet worden dat het aanvullend grondonderzoek aanleiding kan geven tot wijzigingen in de berekende paalpuntniveaus, c.q. draagkrachten. Indien gekozen wordt voor het

diepe paalpuntniveau van 36,0 m -NAP, wordt geadviseerd na de sloop van het bestaande gebouw controle sonderingen op voldoende diepte te laten uitvoeren.

Voor de bepaling van het voorlopig aan te houden paalpuntniveau wordt geadviseerd het paalpuntniveau te kiezen in het zandpakket op een diepte van 20,0 m -NAP en 25,5 m -NAP. Rekening dient te worden gehouden dat niet bij alle sondeerlocaties de maximale paalbelasting van 2500 kN worden gehaald. Het toepassen van meerdere palen zal wellicht noodzakelijk zijn. Een andere optie is de palen dieper te installeren naar het paalpuntniveau van 36,0 m -NAP. Echter worden de palen aanzienlijk langer.

De in de tabellen 4 en 5 gepresenteerde waarden voor de paal draagkracht zijn grondmechanische waarden. Door de constructeur dient te worden gecontroleerd of de bijbehorende paalschachtspanningen toelaatbaar zijn. Hierbij kan de bijdrage van de rekenwaarde van de negatieve kleeft ($F_{nk;d}$) in tabel 6 worden gehanteerd.

Tabel 6: Rekenwaarde negatieve kleeft voor een alleenstaande paal

Sondering nr.	Negatieve kleeft $F_{nk;d}$ [kN/m paalomtrek]
CPT1	84
CPT3	14
CPT4	17
CPT5	20
CPT6	20
CPT7	60
CPT8	17
CPT9	27
CPT10	103
CPT11	76
CPT12	16

3.5 Paalkopzakking en veerstijfheid van een drukpaal

Voor de uiterste grenstoestand type 1B en bruikbaarheidsgrenstoestand zijn in de norm (NEN 9997-1:2016 art. 2.4.9) eisen gesteld aan de maximaal toegestane vervormingen. In de regel zal de bruikbaarheidsgrenstoestand bepalend zijn.

Voor een alleenstaande paal is ter **indicatie** in bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) de te verwachten paalkopzakking berekend volgens NEN 9997-1:2016 art. 7.6.4.2. De resultaten hiervan zijn weergegeven in onderstaande tabel. In de berekening is uitgegaan van een elasticiteitsmodulus van het toe te passen beton van 20.000 N/mm².

Tabel 7: Paalkopzakkingen en statische veerstijfheid palen (BGT)

Maatgevende sondering	Paalafmeting [mm]	Paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]	Gebruiksbelasting inclusief negatieve kleeft $F_{s;rep}$ in [kN]	Paalkopzakking s in [mm]	Veerstijfheid $k_{v;d}$ in [kN/m ¹]
DPA paal					
CPT9	Ø 510	-25,50	1868	11	169.750
CPT10	Ø 510	-25,00	1535	11	139.500
CPT10	Ø 460	-36,00	2119	18	117.750
Fundexpaal					
CPT9	Ø 460/560	-25,50	1936	13	149.000
CPT10	Ø 460/560	-25,00	1605	13	123.500
CPT10	Ø 460/560	-36,00	2170	15	144.750



N.B. conform NEN 9997-1:2016 art. 7.6.4.2 (k) is sprake van een vrijstaande paal wanneer de hart op hart afstand meer dan tienmaal de paalvoetafmeting bedraagt; indien de palen dicht bij elkaar staan, dient de paalkopzakking vermeerderd te worden met de zakking s_2 welke de samendrukking van de bodemlagen onder de paalvoet in rekening brengt; de veerstijfheden worden navenant kleiner. Bij een min of meer uniforme zakking s_2 ten gevolge van de samendrukking van de grond onder het niveau van de paalpunten van een groep of groepen palen, zal deze over het algemeen niet of nauwelijks van belang zijn bij de toetsing van de grenstoestanden.

Naar aanleiding van NEN 9997-1:2016 art. 2.4.9 wordt gesteld dat de uiterste grenstoestand type 1B en de bruikbaarheidsgrenstoestand type 2 feitelijk niet door de geotechnisch ontwerper getoetst kunnen worden. Dit wordt daarom aan de opdrachtgever in overleg met de constructeur over gelaten.

4 UITVOERING

Het aanbrengen van geschroefde in de grond gevormde palen dient te worden uitgevoerd door een gerenommeerd en in dit paaltje gespecialiseerd bedrijf, bij voorkeur conform KIWA beoordelingsrichtlijn BRL 2356 1992-06-01, bijlage E "Werkwijze bij het vervaardigen van trillingsvrij grondverdringend ingebrachte palen" en de Nederlandse voornorm NVN 6724, maart 2001 "In de grond gevormde funderingselementen van beton of van mortel". Toezicht dient te vinden op basis van CUR aanbevelingen 114 "Toezicht op de realisatie van paalfunderingen".

De palen dienen van een (kop-)wapening te worden voorzien. Deze heeft o.a. tot doel om de palen constructief met de hoofdconstructie te verbinden. Ook geeft zij enige bescherming tegen de gevolgen van paalbreuk, welke bijvoorbeeld door langsrijdende bouwmachines kan ontstaan. Het is aan de constructeur om deze wapening te dimensioneren.

Het is overeenkomstig de norm NVN 6724:2001 in het algemeen niet toegestaan de paalschacht beneden het werkniveau te beëindigen in verband met het evenwicht tussen de inwendige betonspeciedruk en de uitwendige gronddruk.

De kwaliteit van de geïnstalleerde paalschacht dient door middel van akoestische metingen te worden gecontroleerd.

Voor informatie en aanbevelingen met betrekking tot de wijze van uitvoering wordt verwezen naar bijlage 5 "Uitvoering fundex- en tubexpalen". Voor de wijze van uitvoering van de DPA palen wordt verwezen naar de interne richtlijnen van de aannemer binnen hun eigen kwaliteitssysteem.

Er wordt op gewezen dat de grondwaterstand bij de uitvoering van het grondwerk ten minste 0,5 m beneden het diepste ontgravingsniveau dient te staan, c.q. verlaagd dient te worden. Gezien de waargenomen grondwaterstand zal de noodzaak van een bemaling afhankelijk zijn van de op dat moment heersende grondwaterstand. Aanbevolen wordt om voor aanvang van het grondwerk de actuele grondwaterstand te controleren.



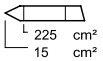
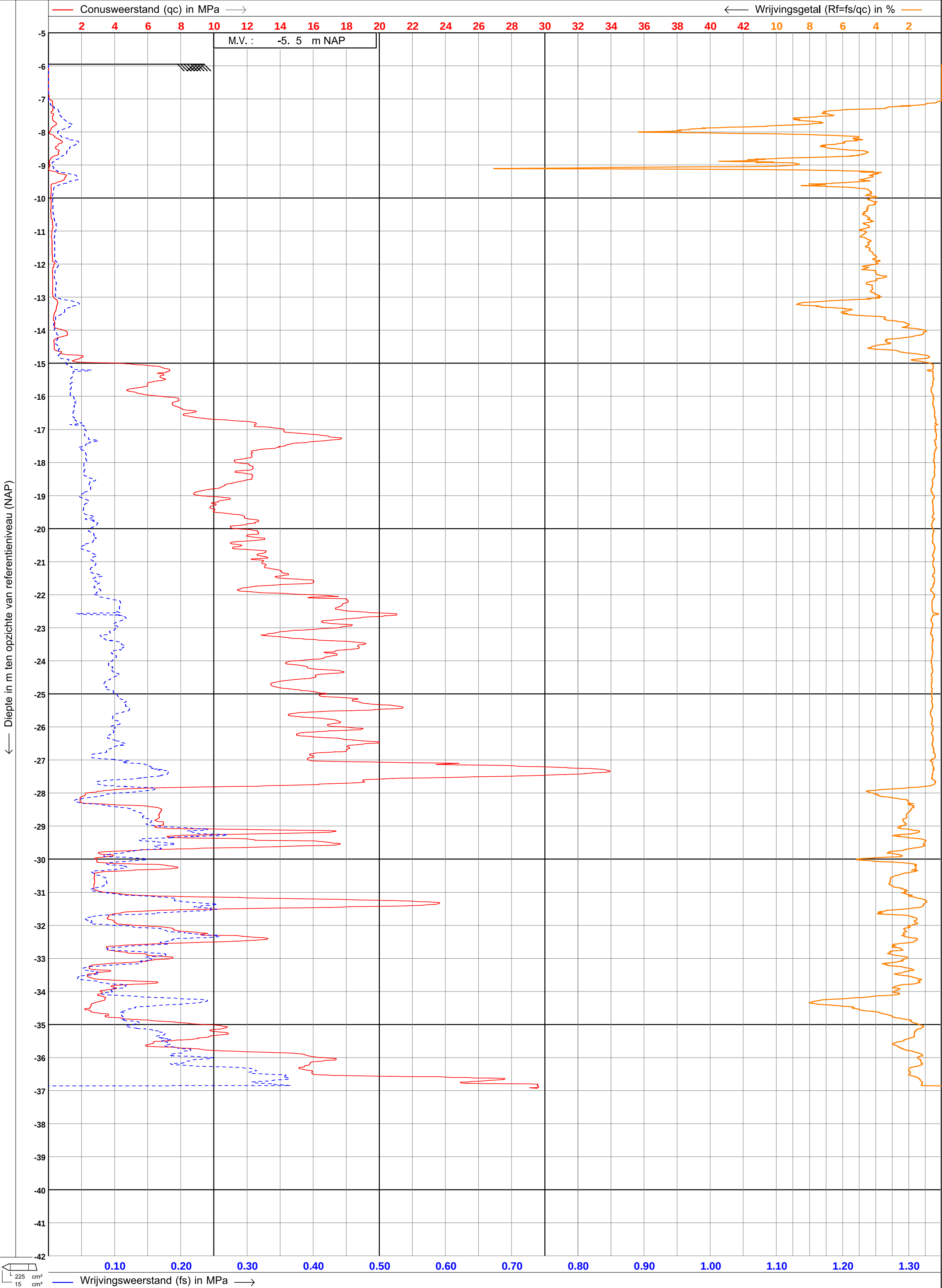
BIJLAGE 1

Situatietekening met onderzoekspunten

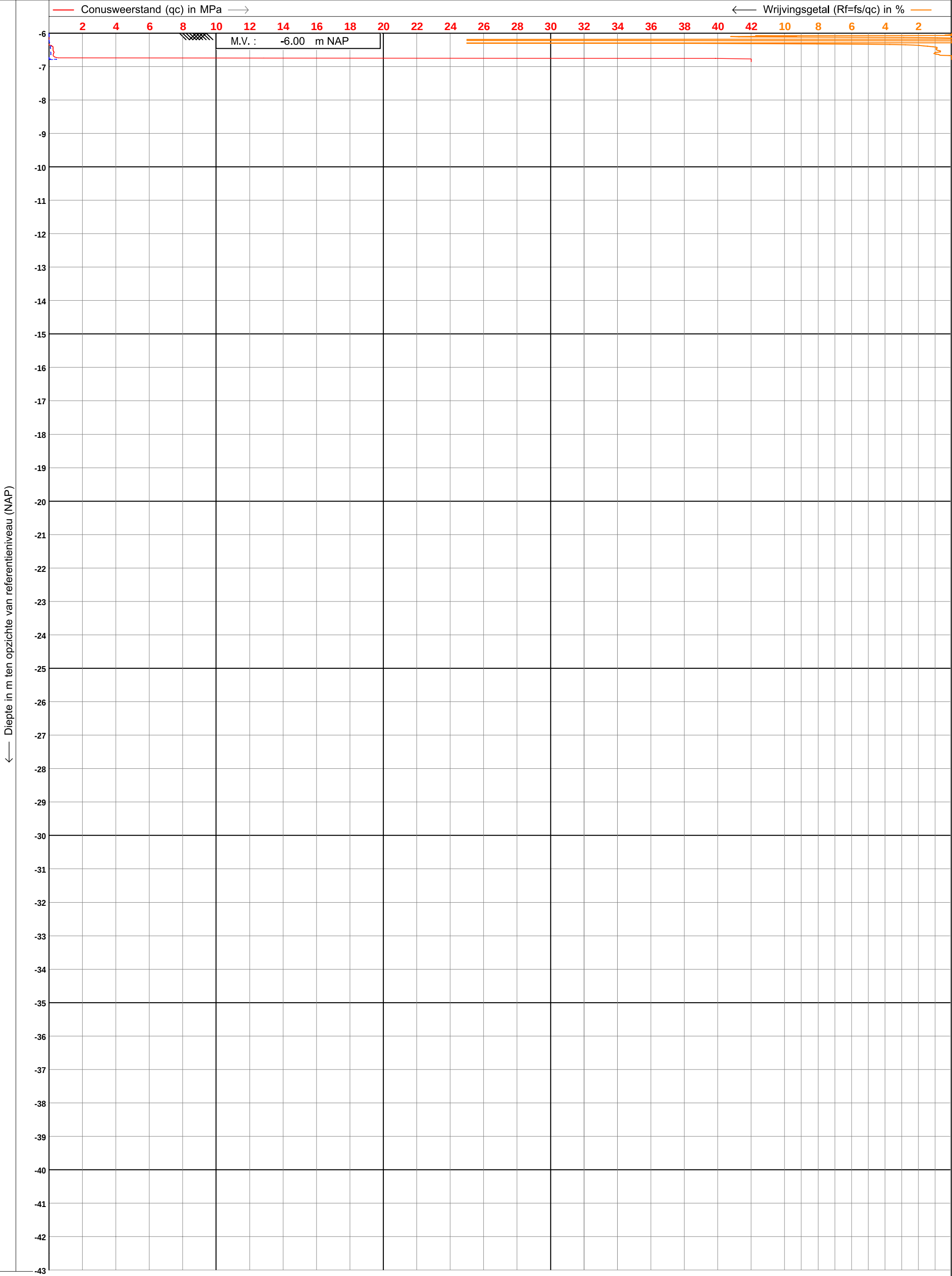


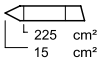
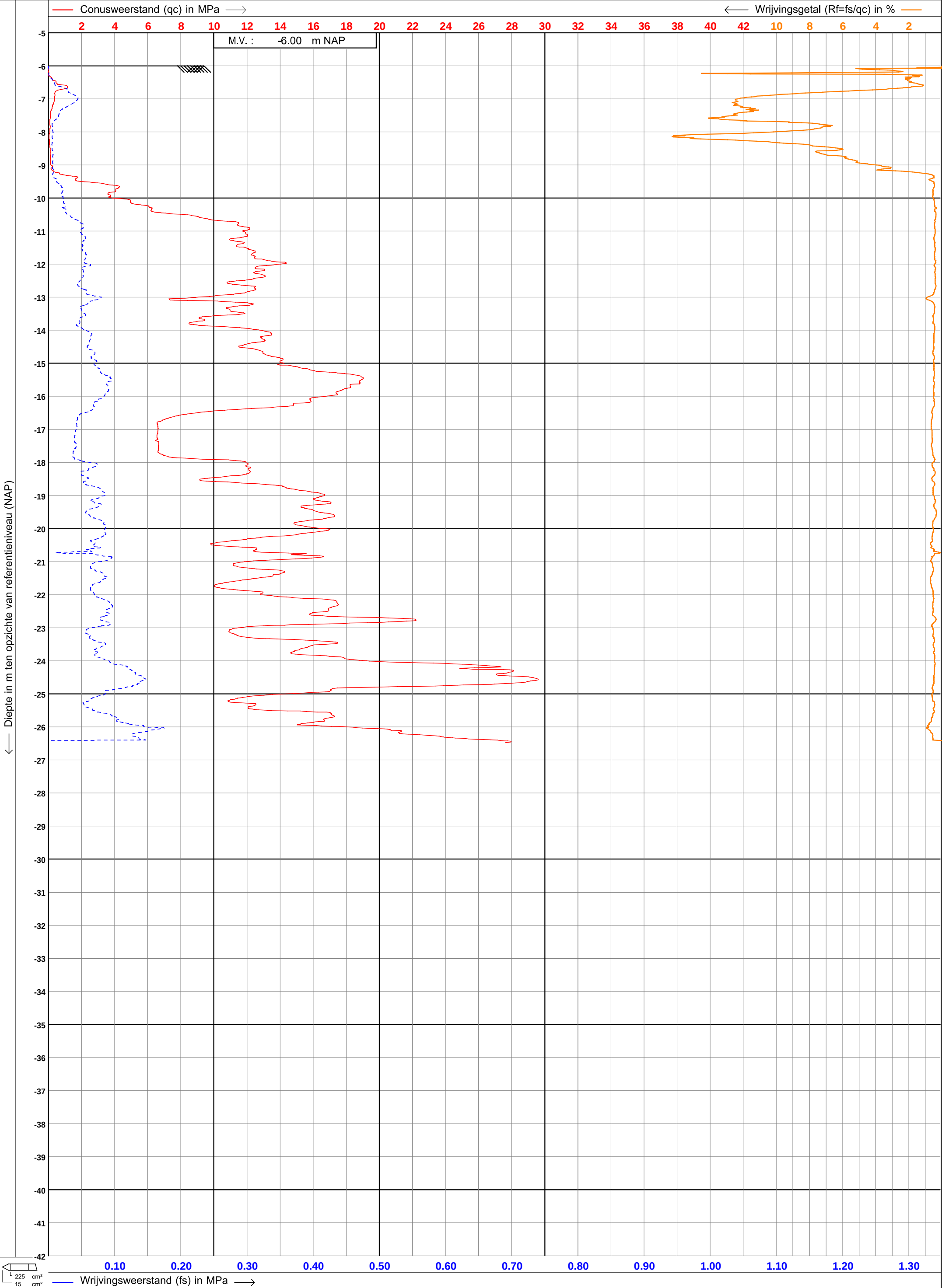
BIJLAGE 2

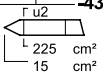
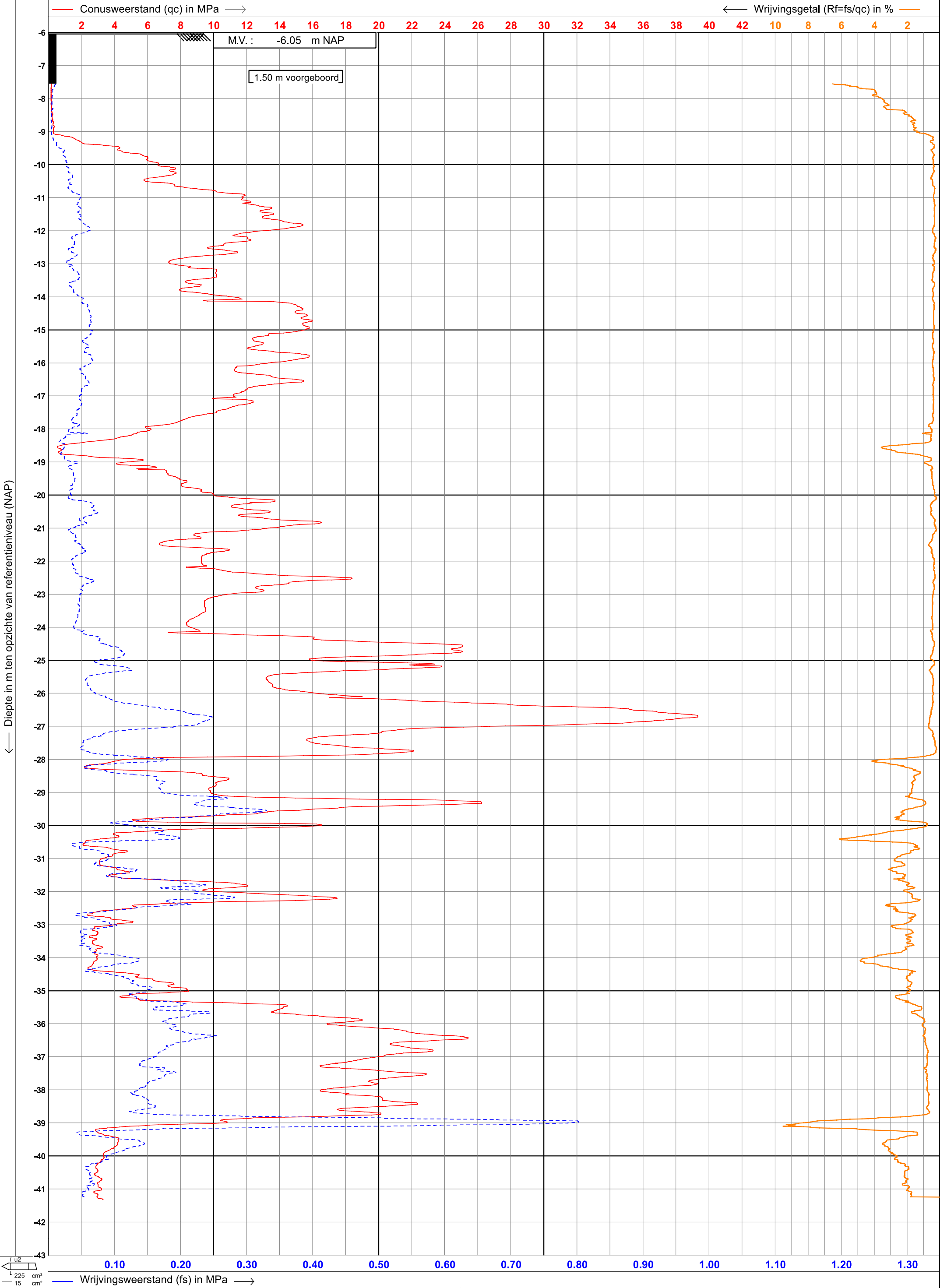
Sondeergrafieken

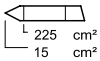
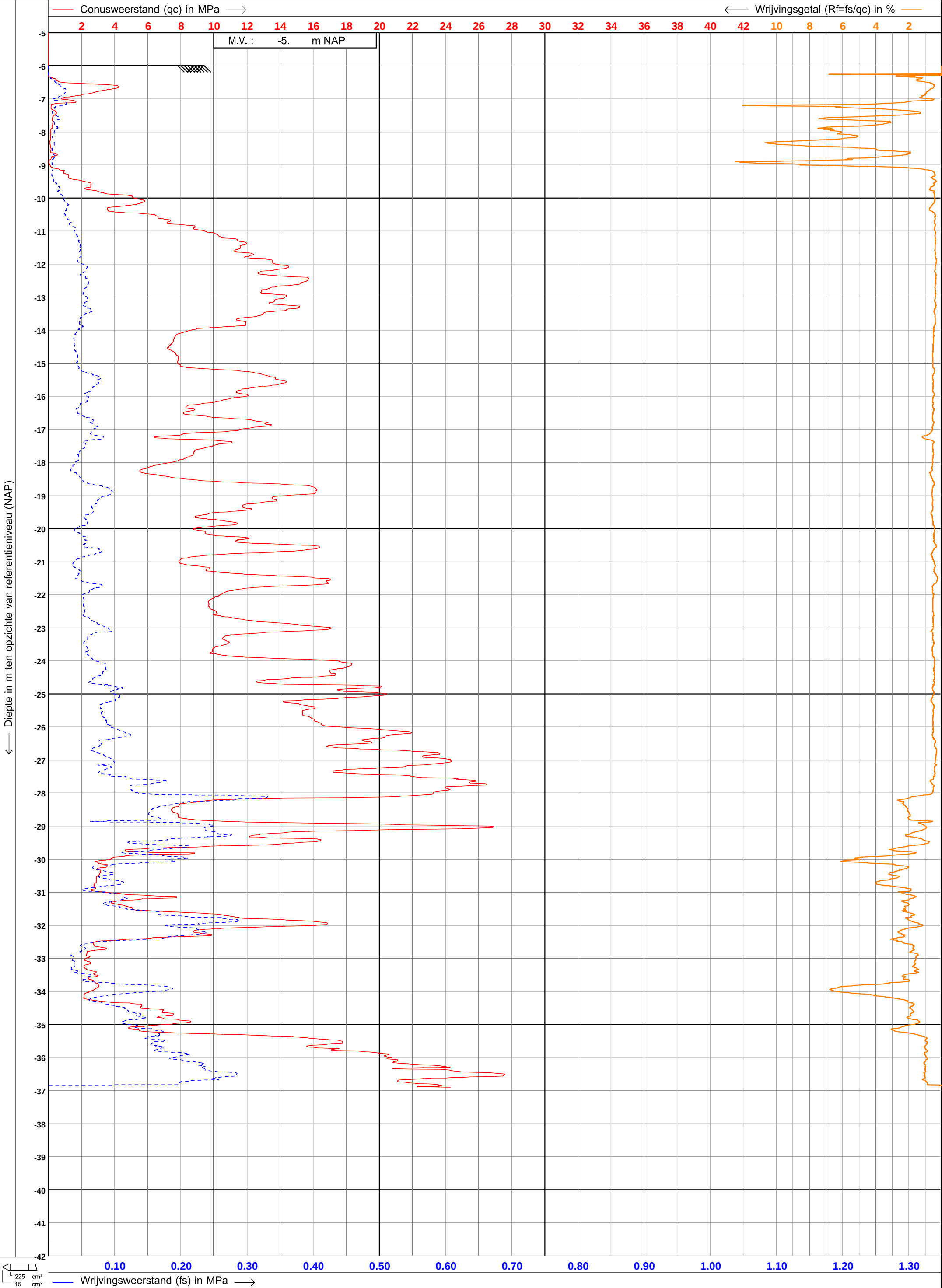


← Diepte in m ten opzichte van referentieniveau (NAP)

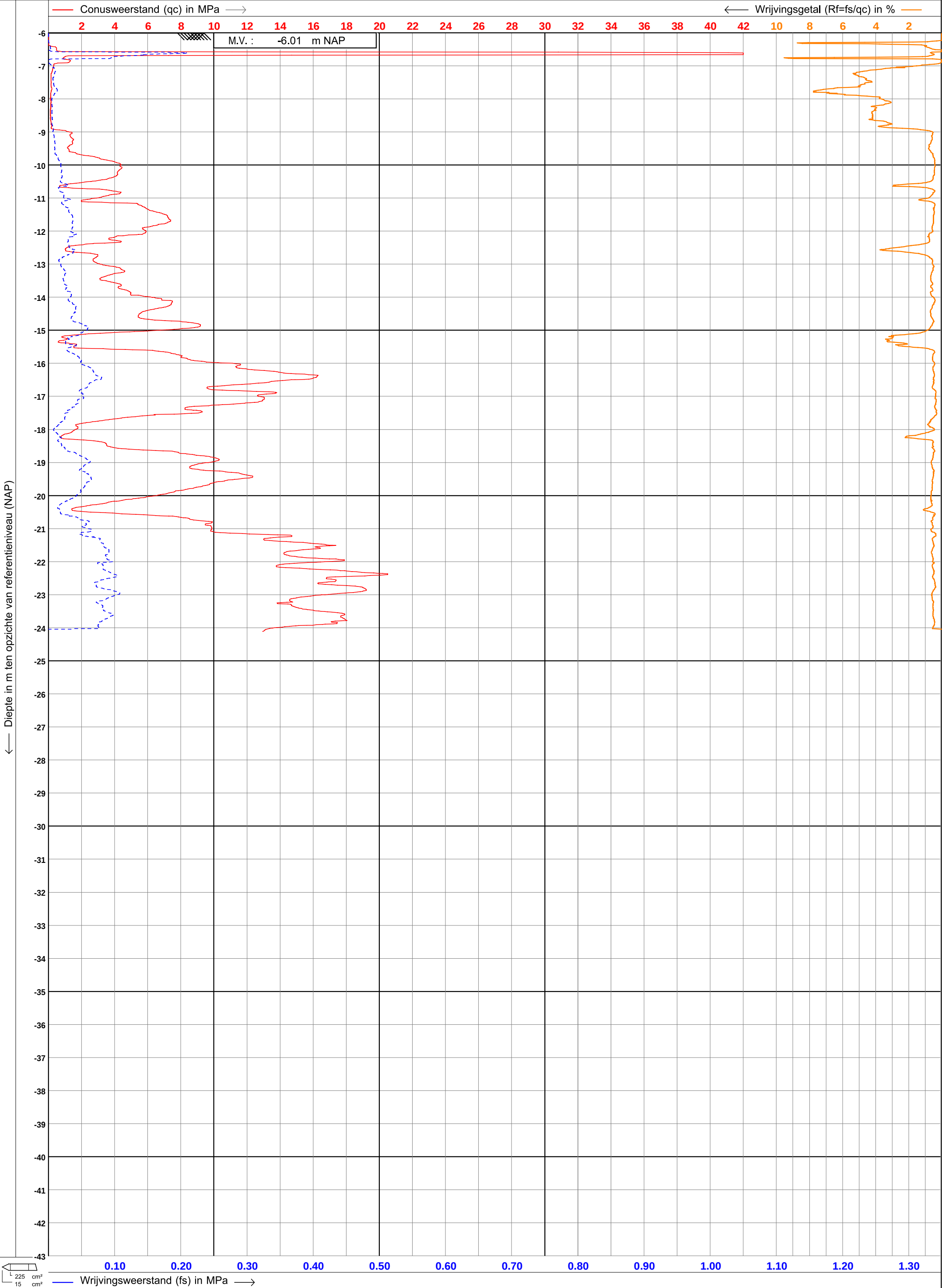


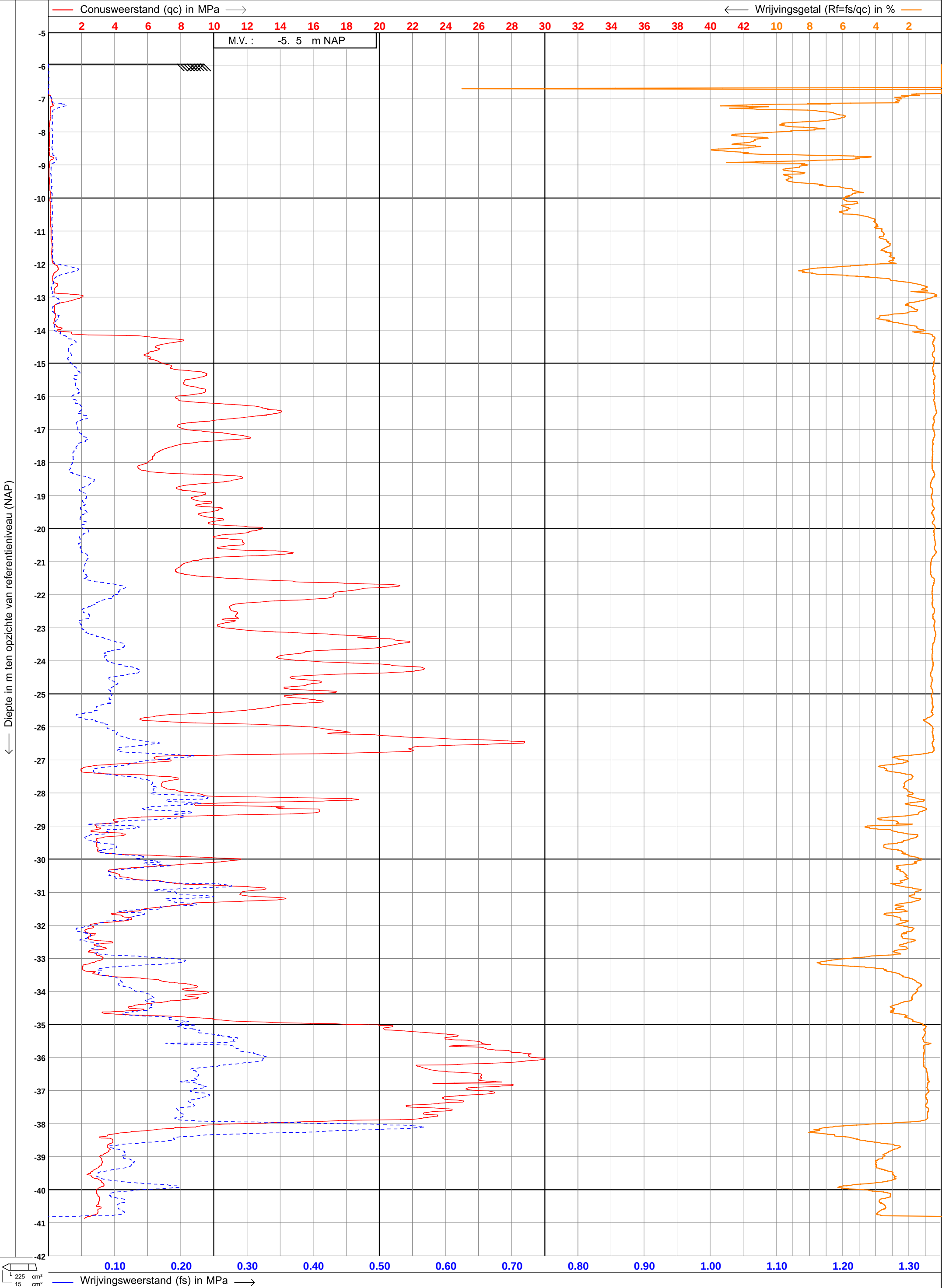


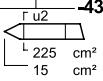
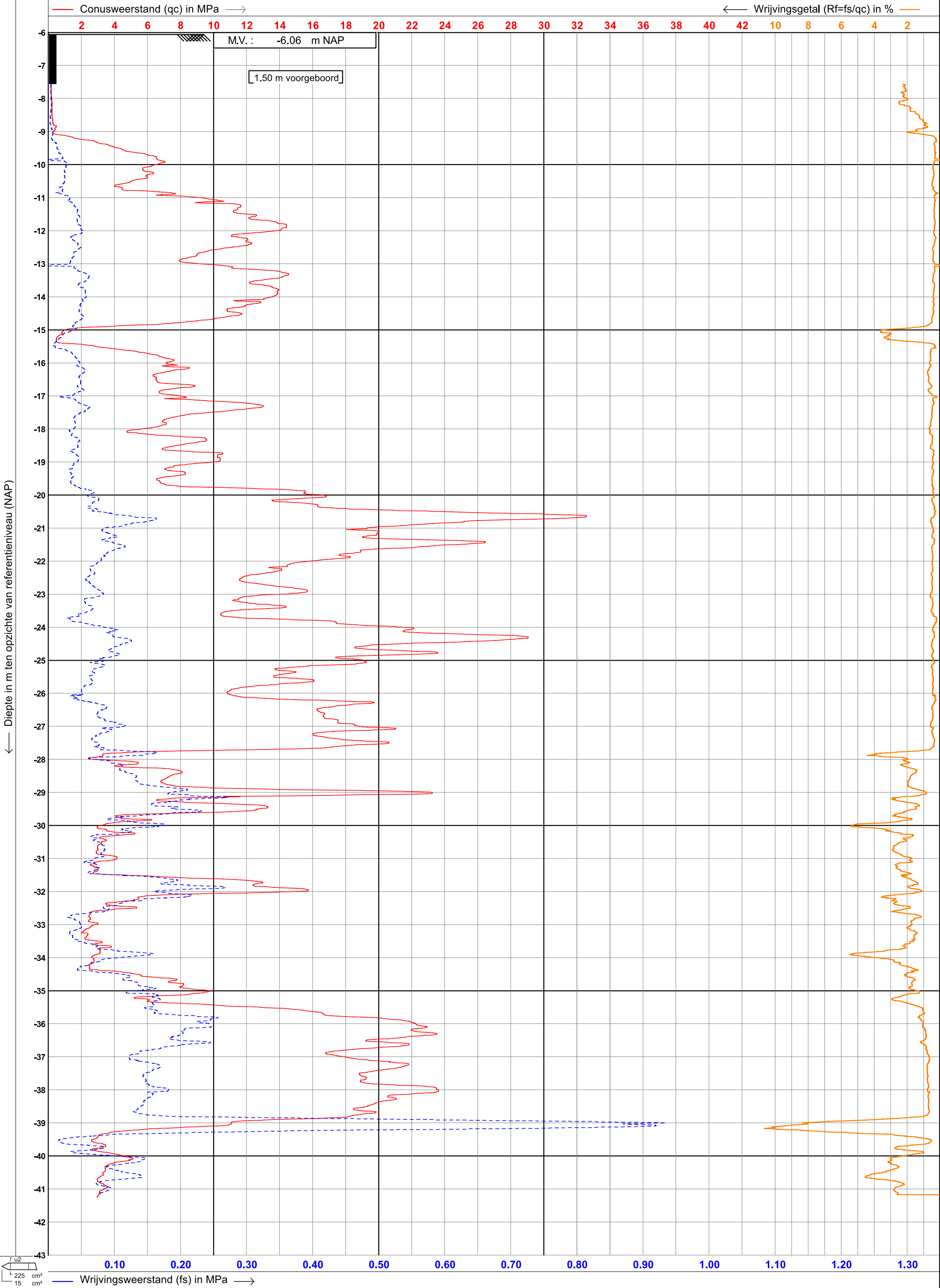




← Diepte in m ten opzichte van referentieniveau (NAP)

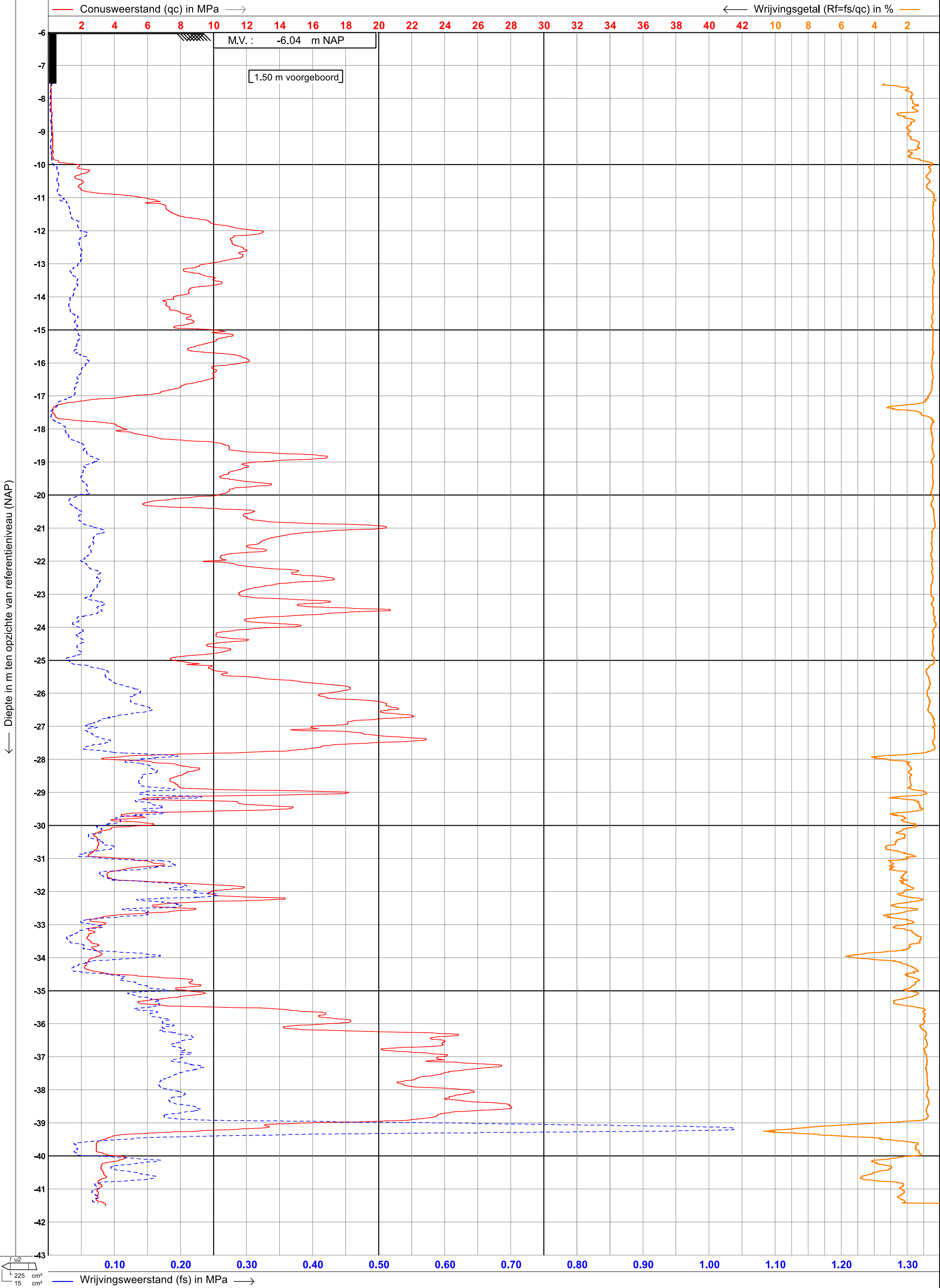


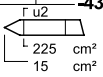
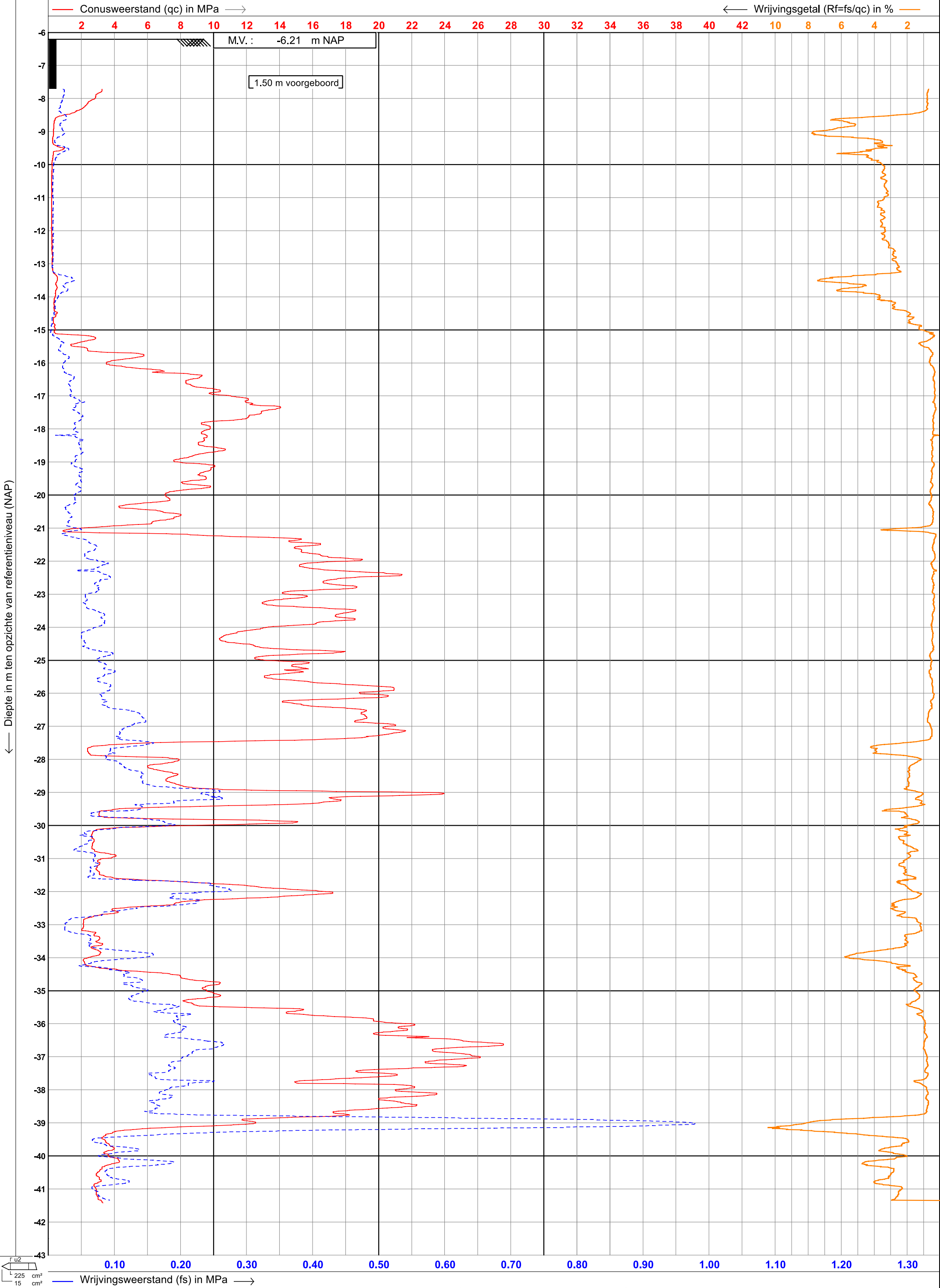


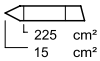
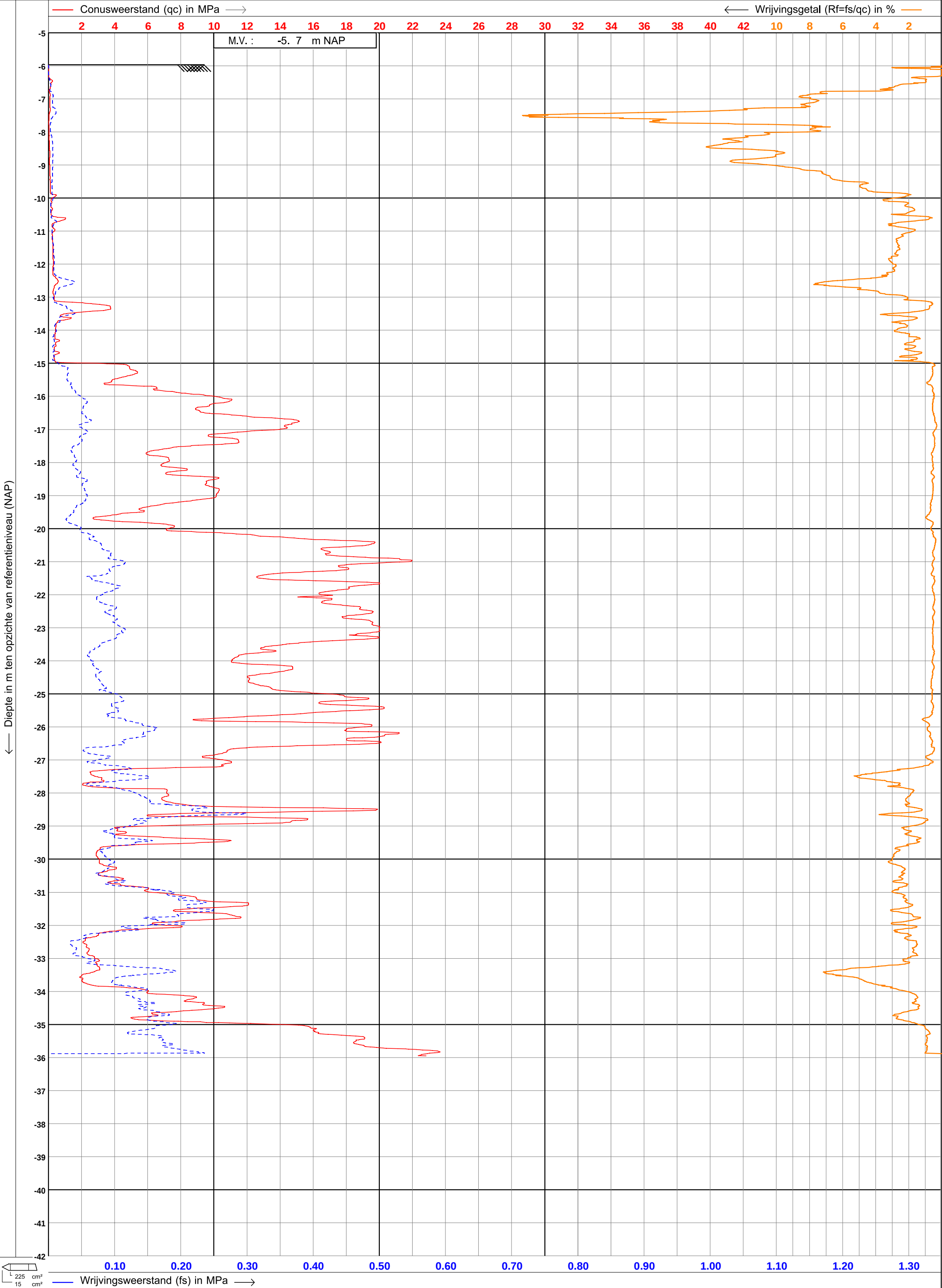


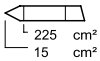
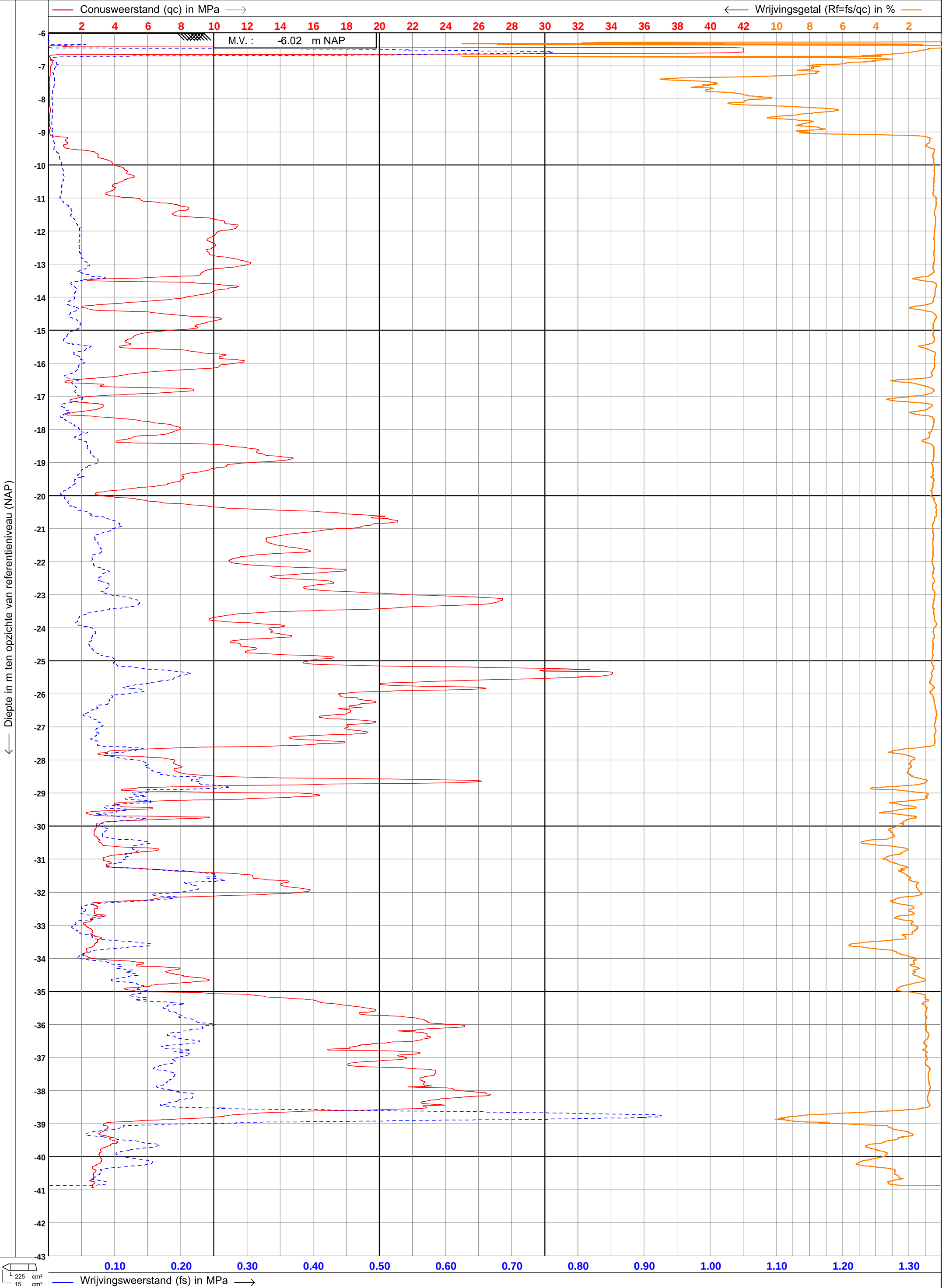
ORTAGEO
INGENIEURS RUIMTELIJKE LEEFOMGEVING

Test according ISO 22476-1		Datum : 11-10-2018	
Project	: Jaap van der Hoekplaats	Conusnr.	: DP15-CFPTxy.70125
Lokatie	: Rotterdam	Projectnr.	: 209379-10
Positie	: 439605.361; 97380.294 RD	Sondeernr.	: 8
			1/1









BIJLAGE 3

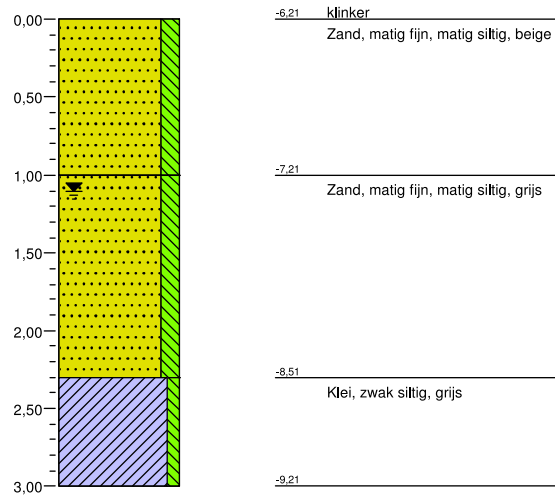
Boorstaten



Meetpunt: Hb10

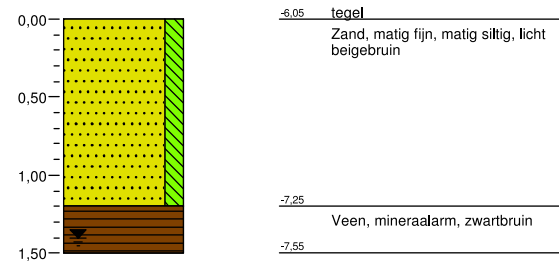
Maaiveldhoogte in meters t.o.v. NAP: -6.21

GWS: cm-mv: 110

**Meetpunt: Vb04**

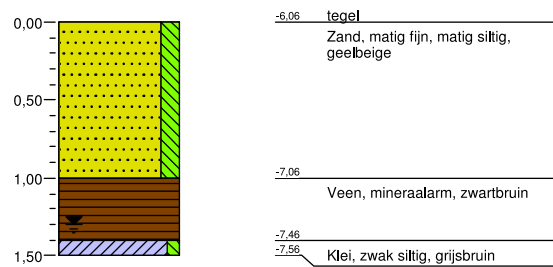
Maaiveldhoogte in meters t.o.v. NAP: -6.05

GWS: cm-mv: 140

**Meetpunt: Vb08**

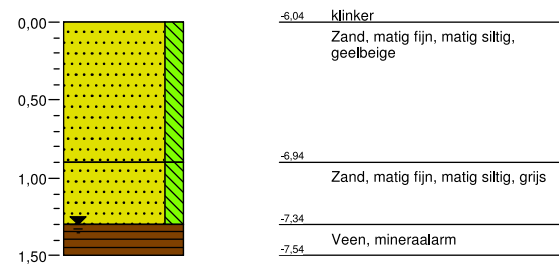
Maaiveldhoogte in meters t.o.v. NAP: -6.06

GWS: cm-mv: 130

**Meetpunt: Vb09**

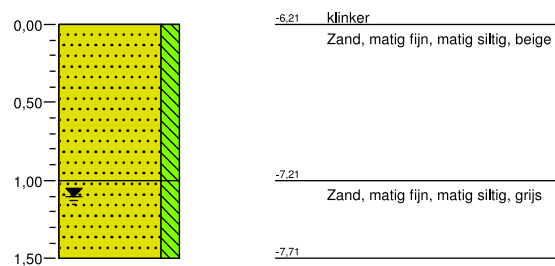
Maaiveldhoogte in meters t.o.v. NAP: -6.04

GWS: cm-mv: 130

**Meetpunt: Vb10**

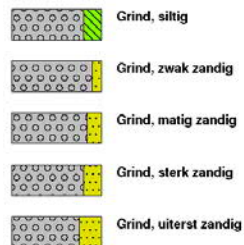
Maaiveldhoogte in meters t.o.v. NAP: -6.21

GWS: cm-mv: 110

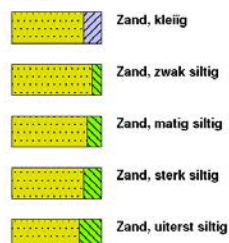


Legenda (conform NEN 5104)

grind



zand



veen



peilbuis



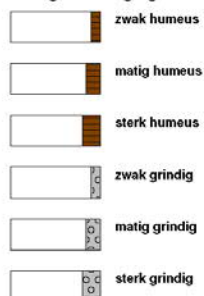
klei



leem



overige toevoegingen



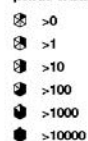
geur



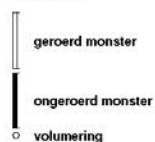
olie



p.l.d.-waarden



monsters



overig





BIJLAGE 4

Voorbeeld van een uitgewerkte berekening van de funderingsdraagkracht conform NEN 9997-1:2016

Voorbeeldberekening rekenwaarde draagkracht volgens NEN 9997-1:2016

Als voorbeeld is de berekening van de rekenwaarde van de netto draagkracht volgens NEN 9997-1:2016 bij sondering CPT1 nader uitgewerkt.

Paaltype: DPA paal
 Paalpuntniveau: 20,000 m -NAP
 Schachtafmeting: Ø 410 mm
 Puntafmeting: Ø 410 mm

Maximale draagkracht van de paalpunt

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

$$q_{b,max} = \frac{1}{2} \times \alpha_p \times \beta \times s \times ((q_{c,I,gem} + q_{c,II,gem}) / 2 + q_{c,III,gem})$$

$$= 3,246 \text{ MPa}$$

waarin:		in dit geval:
$q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	11,422 MPa
$q_{c,II,gem}$	= de waarde van de minimale conusweerstand over traject II	6,752 MPa
$q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de minimale conusweerstand over traject III	2,505 MPa
α_p	= paalklassefactor	0,56
β	= factor voor de paalvoetvorm	1,0
s	= factor voor de vorm voor de dwarsdoorsnede van de paalvoet	1,0

De maximale draagkracht van de paalpunt bedraagt:

$$R_{b,cal} = A_{punt} \times q_{b,max} \times 1000$$

$$= 429 \text{ kN}$$

waarin:		
A_{punt}	= oppervlakte van de paalpunt	0,1320 m ²

Maximale schachtwrijvingskracht

De maximale schachtwrijving bepaald volgens art. 7.6.2.3(i) bedraagt:

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

$$= 0,096 \text{ MPa}$$

waarin:		
α_s	= factor voor de invloed van de uitvoering en het paaltype	0,01
$q_{c,z;a}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over het traject waarover schachtwrijving wordt berekend	9,60 MPa

De maximale schachtwrijvingskracht bedraagt:

$$R_{s,cal} = O_p \times l \times q_{s,max} \times 1000$$

$$= 1242 \text{ kN}$$

waarin:		
O_p	= de omtrek van de paalschacht	1,288 m
l	= lengte van het stuk van de paal waarover schachtwrijving is aangenomen	10,30 m

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal bedraagt:

$$\begin{aligned} R_{c;cal;max} &= R_{b;cal} + R_{s;cal} \\ &= 1671 \text{ kN} \end{aligned}$$

De representatieve waarde van de maximale draagkracht van de paal bedraagt:

$$\begin{aligned} R_{c;k} &= R_{c;cal;max} / \xi_3 \\ &= 1316 \text{ kN} \end{aligned}$$

waarin:

$$\xi_3 = \text{factor volgens tabel A10a (NEN 9997-1:2016/bijlage A)} \quad 1,27$$

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan worden aangehouden:

$$\begin{aligned} R_{c;d} &= R_{c;k} / \gamma_t \\ &= 1096 \text{ kN} \end{aligned}$$

waarin:

$$\gamma_t = \text{partiële materiaalfactor volgens tabel A8 (NEN 9997-1:2016/bijlage A)} \quad 1,20$$

Voor uiterste grenstoestand 1A geldt volgens NEN 9997-1:2016 art. 7.6.2:

$$F_{c;d} < R_{c;d}$$

Voor uiterste grenstoestand 1B kan het zakkingscriterium dat in art. 7.6.2 is gegeven, worden vervangen door:

$$F_{c;d} + F_{nk;d} < R_{c;d}$$

waarin:

$$\begin{aligned} F_{c;d} &= \text{rekenwaarde van de belasting} \\ F_{nk;d} &= \text{rekenwaarde van de negatieve kleef} & 22 \text{ kN} \\ R_{c;d} &= \text{rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal} & 1096 \text{ kN} \end{aligned}$$

Voor de meeste paaltypen, zoals grondverdringende palen en avegapalen met relatief kleine diameter, is grenstoestand 1B maatgevend, zodat hiermee ook de andere grenstoestanden worden ondervangen.

Bovenstaande formule kan worden omgewerkt tot:

$$F_{c;d} < R_{c;netto;d}$$

waarin:

$$\begin{aligned} R_{c;netto;d} &= R_{c;d} - F_{nk;d} \\ &= \text{de rekenwaarde van de netto draagkracht van de paal,} & 1074 \text{ kN} \\ &\quad \text{rekening houdend met de negatieve kleefbelasting} \end{aligned}$$

Indien aan bovenstaande voorwaarde wordt voldaan, dan bezwijkt de grond rondom de paal niet. De vervorming van de paalkop zullen hierbij ook beperkt zijn.

Algemene richtlijnen uitvoering Fundex- en Tubexpalen

Enkele algemene aanwijzingen voor het installeren van Fundex- en Tubexpalen

Algemene richtlijnen

Voor algemene richtlijnen betreffende de installatie van Fundexpalen wordt verwezen naar de beoordelingsrichtlijn BRL 2365 inclusief Bijlage E d.d. 01-06-1992 van KIWA. Voor Tubexpalen kunnen, afgezien van het trekken van de buis, dezelfde richtlijnen worden gehanteerd. In het bijzonder dient op de volgende aspecten te worden gelet.

Controle van de uitgangspunten

Bij de aanvang van het funderingswerk dient de relatie tussen de maaiveldhoogte of bouwputbodan, het bouwpeil, de hoogterefereentie (bijv. NAP), zoals in het funderingsadvies gebruikt, en het gewenste paalpuntniveau te worden gecontroleerd.

Tevens dient gecontroleerd te worden of de inboordiepte, de diameter van de boorpunt en de lengte van de stalenbuis, met die in het funderingsadvies overeenkomen en aan de bestekseisen voldoen.

Naastliggende gebouwen

Voor zover dit aspect niet specifiek in het funderingsadvies is behandeld, dient nagegaan te worden of de palen zonder risico's voor de belendingen gemaakt kunnen worden. Hiertoe is informatie omtrent de constructieve opbouw van de belendingen en haar fundering benodigd. Verder is de bouwkundige staat van de belendingen van belang.

Paalafstanden

Wanneer twee palen direct na elkaar worden vervaardigd, moet de onderlinge h.o.h. afstand tenminste viermaal de paaldiameter bedragen voor fundexpalen. Een kleinere afstand is alleen toegestaan, indien de eerstgemaakte paal voldoende is verhard (normaliter ten minste 4 uur). Bij de tubexpalen is een kleinere h.o.h. afstand toegestaan in verband met de aanwezigheid van de stalenbuis.

Tijdens de uitvoering van de palen moet het niveau van de mortel in de reeds gemaakte naburige paal gecontroleerd worden. Indien een nazakking of oppersing van de mortel wordt geconstateerd, moet een andere uitvoeringsvolgorde en/of een langere verhardingstijd aangehouden worden.

De paal waarbij oppersing of nazakking is geconstateerd, moet, indien geen vervangende paal wordt gemaakt, na verharding worden gecontroleerd.

Installatie

Het boormoment en de pull-down kracht op de stalen boorbuis dienen te worden afgestemd op de penetratiesnelheid. De capaciteit van de boormotor dient derhalve te zijn gerelateerd aan de bodemopbouw en de paaldiameter, zodat ontspanning door grondtransport tot een minimum wordt beperkt. Ontspanning in de ondergrond dient te worden voorkomen aangezien dit nadelig is voor het draagvermogen van de palen. Dit geldt eveneens voor belendende funderingen. Zodra de boorpunt met boorbuis op diepte is, dient de boormotor gestopt te worden. Alvorens de paal wordt gestort dient te worden gecontroleerd of de buis droog is en vrij van grond.

Vervolgens kan de wapening worden aangebracht en de buis worden volgestort met specie. Bij afkeuring van de geboorde buis dient deze te worden getrokken, waarbij ter voorkoming van verstoring van de draagkrachtige laag eerst een vulling is aangebracht bestaande uit specie of een mengsel van zand en grind. Het overboren van de nieuwe paal dient te geschieden naast de afgekeurde paal.

Bij fundexpalen wordt de buis na het afstorten van de paal met draaiende bewegingen uit de grond getrokken. De wapeningskorf mag tijdens het trekken van de buis niet omhoog komen. De Fundexpalen dienen te worden afgestort tot aan het werkniveau, Tubexpalen kunnen eventueel op een dieper niveau worden afgewerkt.

Ontgravingen

Bij eventuele ontgravingen na het installeren van de palen dient zorgvuldig te worden gewerkt om paalbeschadiging te voorkomen.

Bijzondere uitvoering

Voor paalinstallatie diep in relatief vaste zandlagen kan overwogen worden aanvullende maatregelen te nemen zoals:

- waterinjectie; de indringingsweerstand wordt hierdoor tijdelijk gereduceerd; een zeer beperkte hoeveelheid water wordt onder hoge druk via de paalpunt in de grond geïnjecteerd voor een tijdelijke verlaging van de wrijvingsweerstand. Hierbij mag geen grondtransport plaatsvinden.
- groutinjectie; een bepaalde hoeveelheid grout wordt onder hoge druk iets boven de punt geïnjecteerd voor zowel een tijdelijke verlaging van de wrijvingsweerstand als een permanente verhoging van de draagkracht van de schachtwrijving; dit laatste is alleen van toepassing voor tubexpalen.

Controle

Met behulp van de akoestische methode (hamertje tik) kan de kwaliteit van paalschacht worden beoordeeld, zo nodig in combinatie met het ontgraven van het bovenste deel van de paalschacht. De metingen geven o.a. inzicht in discontinuïteiten in de paalschacht (scheuren, insnoeringen, verdikkingen), paalbreuk, paallengte en kwaliteit van de paalkop. De kwaliteitsmeting geeft geen indicatie van het verkregen draagvermogen van de paal.

De meting kan alleen na voldoende verharding van de mortel worden uitgevoerd (ten minste 5 dagen na het vervaardigen van de paal). Bij voorkeur worden de metingen na het ontgraven van de bouwput en het snellen van de paalkoppen uitgevoerd (daarmee worden de eventuele verstoringen van de paal door die activiteiten in de beoordeling meegenomen).

Bij twijfel omtrent de kwaliteit, c.q. het draagvermogen, dient contact te worden opgenomen met de constructeur en de grondmechanisch adviseur. In onderling overleg kan dan tot een of meer van de volgende maatregelen worden besloten:

- het uitvoeren van controlesonderingen, om te onderzoeken of sprake is van een afwijkende bodemopbouw;
- het uitvoeren van een dynamische en / of statische proefbelasting om het werkelijke draagvermogen van de paal vast te stellen.

Verslaglegging

Van de installatie van de palen dient een verslag (heirapport) gemaakt te worden. Dit verslag dient tenminste de volgende gegevens te bevatten:

- paaltype, paallengte en paaldiameter;
- toegepaste wapening (aantal, diameter en lengte van de staven);
- hoeveelheid verbruikte mortel per paal;
- hoogte bovenkant van de paal t.o.v. NAP/Ref;
- werkniveau t.o.v. NAP/Ref;
- bereikt paalpuntniveau t.o.v. NAP/Ref;
- volgorde waarin de palen zijn gemaakt met data en eventuele maatafwijkingen
- het vermogen van de boormotor;
- betondrukstaten + plaats en waar deze worden gemeten (en type meetinstrument);
- eventuele toegepaste hulpmaatregelen of hulpmiddelen (bijv. een bemaling) bij het maken van de palen (overige) bijzonderheden tijdens de uitvoering van het werk.