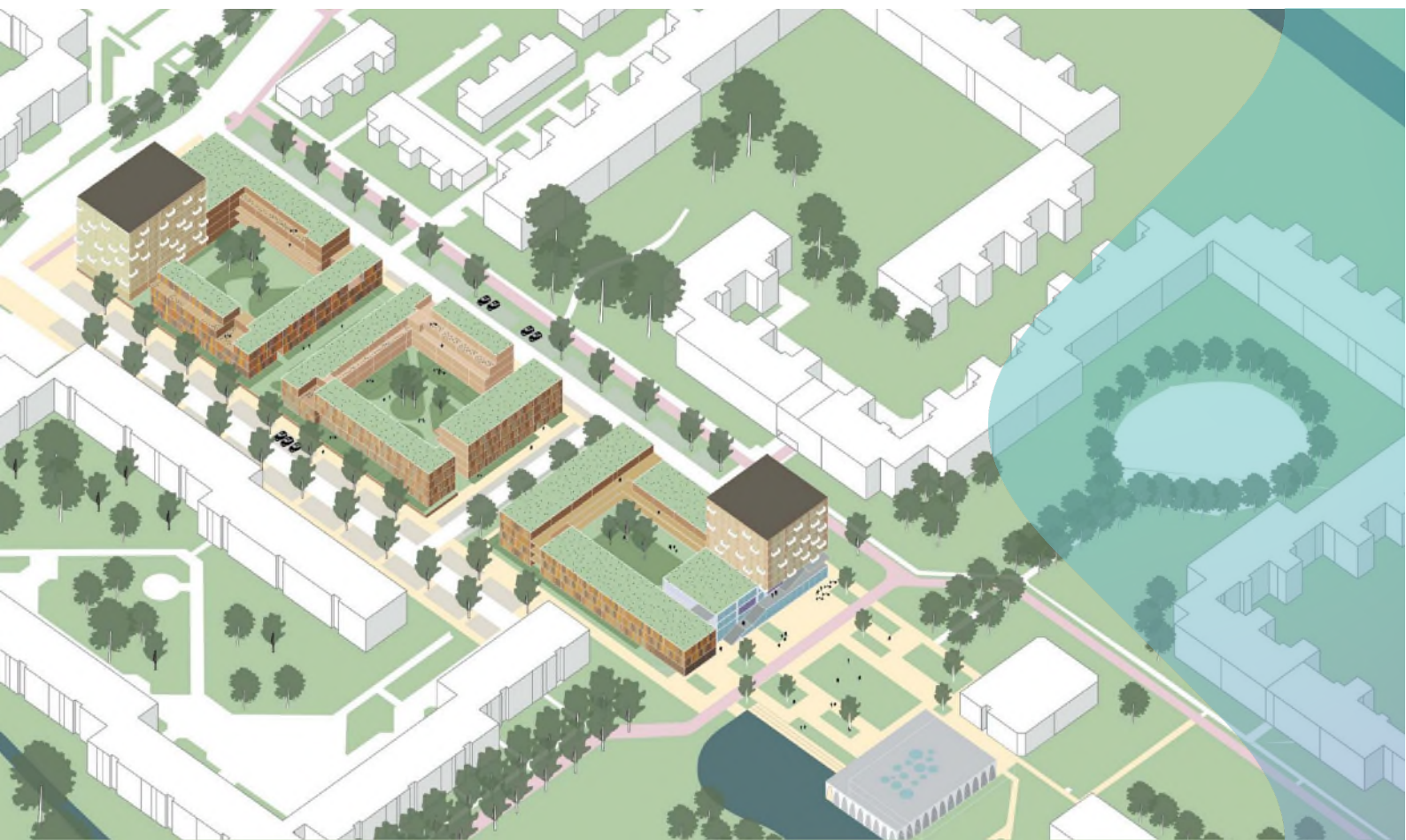




Geohydrologisch advies Amsterdam-Noord Fokkemast en Parlevinker

Kelderadvies

28 maart 2025

Kenmerk R002-1288889RMR-V03-agv-NL

Verantwoording

Titel	Geohydrologisch advies Amsterdam-Noord Fokkemast en Parlevinker
Opdrachtgever	Woningstichting Rochdale
Projectleider	Elroy Houthuijzen - Diaz Chavez
Auteur(s)	Rens Marnette
Tweede lezer	Alex van der Tuin
Voorblad	Hart voor Banne, Ruimtelijke visie, Amsterdam Noord (14 juli 2021)
Kenmerk	R002-1288889RMR-V03-agv-NL
Aantal pagina's	30 (exclusief bijlagen)
Datum	28 maart 2025
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

TAUW bv
Zekeringstraat 43g
Postbus 20748
1001 NS Amsterdam
T +31 20 60 63 22 2
E info.amsterdam@tauw.com

Inhoud

0	Verklarende woordenlijst en begrippen	5
1	Inleiding	6
1.1	Aanleiding en doel.....	6
1.2	Normen en richtlijnen	7
1.3	Versiegeschiedenis	9
2	Bodemopbouw en geohydrologie	9
2.1	Maaiveldhoogte	9
2.2	Bodemopbouw	10
2.3	Oppervlaktewaterstanden	11
2.4	Grondwaterstanden en stijghoogten	12
2.4.1	Freatische grondwaterstand (-0,2 tot -3,2 m NAP)	12
2.4.2	Stijghoogte tussenzandlaag (-8 tot -12 m NAP).....	15
2.4.3	Stijghoogte eerste watervoerend pakket (-12,5 tot -35 m NAP)	15
2.5	Waterkering	17
3	Uitgangspunten	18
3.1	Maatvoering kelder.....	18
3.2	Opbarstrisico (tijdens aanlegfase).....	20
4	Modelberekeningen	21
4.1	Inleiding.....	21
4.2	Opzet grondwatermodel.....	21
4.2.1	Modelgrid en modelgrootte	22
4.2.2	Bodemopbouw en laagindeling	22
4.2.3	Obstructies in de bodem	22
4.2.4	Stijghoogten	23
4.2.5	Oppervlaktewater	23
4.2.6	Overige onttrekkingen	23
4.2.7	Neerslag.....	23
4.3	IJking grondwatermodel	23
4.3.1	IJking gemiddelde grondwaterstand (huidige tijd).....	23
4.3.2	Klimaatscenario's (jaar 2050).....	24

5	Modelresultaten.....	25
5.1	Gemiddelde grondwaterstand, huidig klimaat (berekening 1 en 2).....	26
5.2	Droge periode, klimaatscenario 2050 (berekening 5 en 6)	27
5.3	Natte periode, klimaatscenario 2050 (berekening 7 en 8)	28
5.4	Interpretatie	29
5.4.1	Effecten op de omgeving	29
5.4.2	Hemelwaterafvoer	29
6	Conclusie.....	30

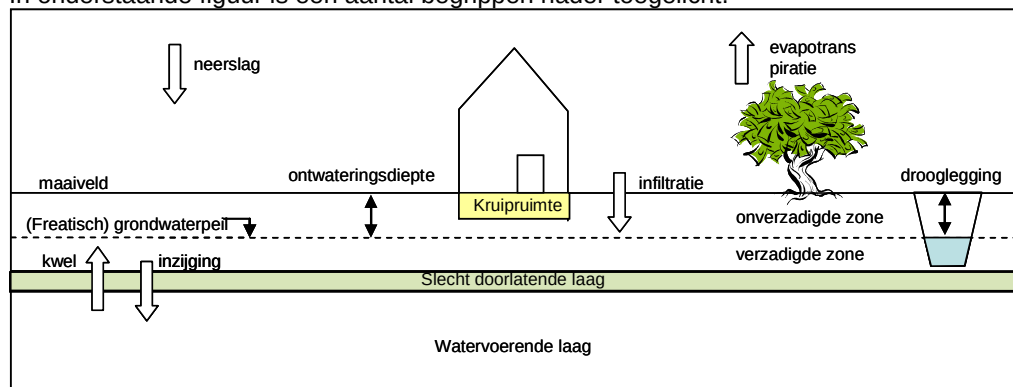
Bijlage 1	Regionale ligging
Bijlage 2	Overzichtstekening
Bijlage 3	Situering boringen, sonderingen en peilbuizen
Bijlage 4	Boorprofielen en sondeergrafieken TAUW en DINOloket
Bijlage 5	Opbarstberekening
Bijlage 6	Aanvullende isohypsenpatronen (berekeningen 1 t/m 8)

0 Verklarende woordenlijst en begrippen

In onderhavige rapportage wordt een aantal vaktermen en -begrippen gehanteerd. Nadere uitleg hiervan volgt hieronder.

<i>Doorlatendheid</i>	Vermogen van de bodem om vloeistof door te laten
<i>Drainage</i>	De afvoer van water over en door de grond en via het waterlopenstelsel
<i>Freatisch pakket</i>	Bovenste watervoerende bodemlaag, die in direct contact met de atmosferische druk staat
<i>Grondwater</i>	Al het water dat zich onder het bodemoppervlak in de verzadigde zone bevindt en dat in direct contact met bodem of ondergrond staat
<i>Infiltratie</i>	Het binnentreden van (neerslag)water van het grondoppervlak in de bodem
<i>Isohypse</i>	Lijn met gelijke stijghoogte van het grondwater
<i>Maaiveldzetting</i>	Bodemdaling als gevolg van inklinking, krimp of door het aanbrengen van een bovenbelasting
<i>Ontwateringsdiepte</i>	Afstand tussen maaiveld en grondwaterstand
<i>Oppervlaktewater</i>	Het grondoppervlak in principe bedekt met water (het water in rivieren, sloten, kanalen, meren en dergelijke)
<i>Scheidende laag</i>	Slecht doorlatende of weerstandsbiedende bodemlaag, bestaande uit klei, veen, leem en/of zeer fijn zand
<i>Stijghoogte</i>	Grondwaterstand ten opzichte van een bepaald referentieniveau, veelal NAP
<i>Watervoerend pakket</i>	Goed doorlatende bodemlaag, bestaande uit zand en/of grind

In onderstaande figuur is een aantal begrippen nader toegelicht.



Figuur 0.1 Toelichting van begrippen

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

In opdracht van Woningstichting Rochdale heeft TAUW een geohydrologisch advies opgesteld voor de aanleg van een nieuwe parkeerkelder. Deze kelder is onderdeel van de nieuwbouw die gaat plaatvinden in de wijk Banne Noord te Amsterdam.

De huidige bebouwing omvat onder andere 29 huurwoningen, het voormalige winkelcentrum Parlevinker en een gymzaal. Deze gebouwen worden vervangen door drie nieuwe bouwblokken met elk hun eigen doeleinde: wonen, werken en onderwijs. De huidige parkeerplaatsen worden vervangen door de nieuwe bouwblokken. Om de parkeergelegenheid te compenseren wordt de nieuwe parkeerkelder aangelegd. Een overzicht van de locatie van de parkeerkelder is opgenomen in figuur 1.1. De regionale ligging is weergegeven in bijlage 1. De overzichtstekening is weergegeven in bijlage 2.



Figuur 1.1 Locatieoverzicht parkeerkelder

Het doel van dit geohydrologisch onderzoek is het onderzoeken of de kelder grondwaterneutraal aangelegd kan worden. Hiervoor moet worden aangetoond dat de stand en stroming van het grondwater niet of nauwelijks veranderen, waar mogelijk zal verbeteren en dat geen negatieve grondwatereffecten optreden.

1.2 Normen en richtlijnen

Sinds 7 oktober 2021 heeft Gemeente Amsterdam een nieuw beleid ten aanzien van grondwaterneutraal aanleggen van kelders. De nieuwe beleidsregels¹ zijn gericht op kelders met een oppervlakte kleiner dan 300 m². Voor kelders groter dan 300 m² moet, op grond van artikel 5.3 sub a onder 2 van de regels van het paraplubestemmingsplan, op basis van een geohydrologisch rapport worden aangetoond dat het bouwplan grondwaterneutraal kan worden gebouwd. Artikel 5.3 sub a onder 2 verwijst verder door naar artikel 5.1 en indirect naar het begrip grondwaterneutraal bouwen. Dit staat beschreven in artikel 1.13. Daarnaast is ook in het paraplubestemmingsplan opgenomen wat de inhoud moet zijn van een geohydrologisch rapport. Op de volgende pagina zijn de relevante regels uit het paraplubestemmingsplan overgenomen.

De beleidsregels gelden officieel voor kelders kleiner dan 300 m², echter kunnen deze regels wel als referentiekader dienen voor het geohydrologisch onderzoek. Om de gevolgen voor het grondwatersysteem door de aanleg van de nieuwe kelder inzichtelijk te maken is gebruik gemaakt van een grondwatermodel (Modflow in Aquaveo GMS, versie 10.7, 2023).

Met dit grondwatermodel dienen de effecten op het grondwatersysteem inzichtelijk te worden gemaakt in het huidige klimaat, en voor klimaatscenario's in 2050 voor een droge en natte periode. Op deze manier kan worden gewaarborgd dat de kelder ook in een veranderend klimaat geen (te) grote effecten op de omgeving zal veroorzaken.

Gebruikelijk is dat het geohydrologisch onderzoek opgenomen wordt in de aanvraag van de omgevingsvergunning voor het aanleggen van de nieuwe gebouwen (waar de parkeerkelder bij hoort). Echter is voor deze locatie ook een wijziging van het huidige bestemmingsplan nodig. De gemeente Amsterdam heeft hiervoor aangegeven in dit stadium al een geohydrologisch advies te willen ontvangen, die meegenomen wordt in de beoordeling voor het wijzigingen van het bestemmingsplan.

¹ Overheid.nl, "Beleidsregel Grondwaterneutrale kelders Amsterdam", geldend vanaf 18 juni 2022, online beschikbaar, [Beleidsregel Grondwaterneutrale kelders Amsterdam | Lokale wet- en regelgeving \(overheid.nl\)](https://overheid.nl/584444)

Artikel 5.3 Afwijken van de bouwregels

- a. Burgemeester en Wethouders zijn bevoegd om binnen de gebiedsaanduiding 'overige zone 2' overeenkomstig het bepaalde in artikel 2.12, lid 1, sub a, onder 1, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht een omgevingsvergunning te verlenen om in afwijking van het bepaalde in 5.2 sub a, een kelder te bouwen of te vergroten mits de kelder grondwaterneutraal kan worden gebouwd.

Om te bepalen of een kelder grondwaterneutraal kan worden gebouwd geldt:

1. voor kelders met een totale bruto vloeroppervlakte van maximaal 300 m² en een maximale bouwdiepte van 4 meter dat burgemeester en wethouders de aanvraag toetsen aan de beleidsregels "Grondwaterneutrale Kelders Amsterdam";
2. voor kelders met een totale bruto vloeroppervlakte van meer dan 300 m² of een bouwdiepte van meer dan 4 meter dat op basis van een geohydrologisch onderzoek moet worden aangetoond dat het bouwplan niet strijdig is met het belang als genoemd in **5.1**.

Artikel 5.1 Aanduidingsomschrijving

Ter plaatse van de gebiedsaanduidingen 'overige zone 1' en 'overige zone 2' zijn de betreffende gronden, naast de daarvoor aangewezen andere bestemmingen en aanduidingen, mede bestemd voor de bescherming van het belang van grondwaterneutraal bouwen als genoemd in **1.13**.

Artikel 1.13 Grondwaterneutraal bouwen

het bouwen van een kelder waarbij de stand en stroming van het grondwater niet of nauwelijks veranderen, waar mogelijk zal verbeteren, en geen negatieve grondwatereffecten optreden. Tot negatieve effecten worden in ieder geval gerekend risico's op opbarsten van de deklaag en welvorming.

Artikel 1.11 Geohydrologisch rapport

het resultaat van een geohydrologisch onderzoek neergelegd in een rapport met daarin de eigenschappen en kenmerken van het grondwatersysteem op een bepaalde locatie. In het geohydrologisch rapport worden in ieder geval in beeld gebracht:

- De bodemopbouw
- De doorlatendheid (k-waarde) van de bodem
- De grondwaterfluctuatie
- De grondwaterstroming
- De gevolgen voor het grondwatersysteem door de voorgenomen activiteit
- De mitigerende maatregelen om grondwaterneutraal te kunnen bouwen

1.3 Versiegeschiedenis

V01 van deze rapportage is voorgelegd aan de Gemeente Amsterdam en beoordeeld door Waternet. Vanuit Waternet is reactie gekomen op de rapportage². Een aantal inhoudelijke opmerkingen ten aanzien van het grondwatermodel en de voorgestelde mitigerende maatregel zijn nader besproken in een overleg tussen Waternet, TAUW en Rochdale (d.d. 27 januari 2025).

In V02 van de rapportage worden de opmerkingen van Waternet verwerkt. Dit komt neer op de volgende aanpassingen:

- Tekstuele aanpassingen ter verduidelijking en aanpassingen in figuren of tabellen om deze goed met elkaar overeen te laten komen
- Barrièrewerking van de kelder is beter inzichtelijk gemaakt door neerslagafhankelijkheid uit het model te halen. Hiervoor is het model aangepast en zijn nieuwe figuren opgenomen in hoofdstuk 5 en bijlage 6, met bijbehorende interpretatie en conclusies
- Debieten voor en na de kelder per scenario is opgenomen in hoofdstuk 5
- Opmerkingen van Waternet ten aanzien van waterafvoer en eventuele infiltratie hiervan zijn opgenomen in hoofdstuk 5
- Aanvullende isohypsen van de eerder voorgestelde mitigerende maatregel zijn niet meer van toepassing en zijn verwijderd uit het rapport in hoofdstuk 5 en bijlage 7

In V03 zijn aanvullende opmerkingen vanuit Waternet opgenomen in het advies:

- Een nieuwe opbarstberekening is uitgevoerd op basis van sonderingen aangeleverd door de opdrachtgever en met door Waternet aanbevolen volumieke gewichten voor veen en klei die gebruikelijk zijn voor de bodem in Amsterdam. De nieuwe opbarstberekening wordt verder toegelicht in paragraaf 3.2
- De situering van de aanvullende sonderingen en de sondeergrafieken zijn bijgevoegd aan respectievelijk bijlage 3 en 4

Bij het uitkomen van deze versie, komt de voorgaande versies van het rapport te vervallen.

2 Bodemopbouw en geohydrologie

2.1 Maaiveldhoogte

De maaiveldhoogte varieert lokaal ter plekke van de kelder tussen -0,5 en -0,2 m NAP over de lengte van het perceel (circa 200 m). Naar het oosten loopt het gebied op tot +0,1 m NAP. Gemiddeld bedraagt de maaiveldhoogte -0,2 m NAP. De hoogteligging is afgeleid van het AHN³.

² Gemeente Amsterdam, "verzoek om aanpassing/aanvulling van aanvraag omgevingsvergunning", kenmerk: Z2023-N002897, 17 december 2024

³ Actueel Hoogtebestand Nederland, "AHN 4", online beschikbaar (laatst bezocht 5 augustus 2024): <https://ahn.arcgisonline.nl/ahnviewer/>

2.2 Bodemopbouw

In tabel 2.1 is de geohydrologische bodemopbouw ter plaatse van de nieuwe parkeerkelder schematisch weergegeven. Deze bodemopbouw is mede gebaseerd op boorprofielen van TAUW⁴. Deze lokale gegevens reiken tot een diepte van 3,25 m -mv. Verder is gebruik gemaakt van sonderingen die gezet zijn ten behoeve van het funderingsadvies voor de gebouwen ten zuidoosten van de parkeerkelder⁵, gegevens uit het DINOloket⁶ en de regionale geohydrologische modellen REGIS II v2.2 en GeoTOP v1.6 van TNO. De situering van de relevante boringen en sonderingen zijn weergegeven in bijlage 3. De boorprofielen en sondeergrafieken zijn opgenomen in bijlage 4.

Tabel 2.1 Schematisatie geohydrologische bodemopbouw

Bovenzijde (m NAP)	Onderzijde (m NAP)	Lithologie	Laagpakket / Formatie	Geohydrologische eenheid	Doorlaatfactor of weerstand
-0,2	-3,2	Zand, fijn tot matig grof, zwak grindig en matig siltig	Antropogene ophooglaag	Freatisch pakket	1 - 7 m/d
-3,2	-5,0	Veen	Formatie van Naaldwijk, Hollandveen Laagpakket	Deklaag	1.000 – 1.500 dagen
-5,0	-8,0	Klei, zandig	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Wormer	Deklaag	250 - 500 dagen
-8,0	-12	Zand, fijn, kleilig	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Wormer	Tussenzandlaag	1 - 2 m/d
-12	-12,5	Veen	Formatie van Nieuwkoop, Basisveen laag	Deklaag	1.000 – 1.500 dagen
-12,5	-16	Zand, fijn tot matig fijn	Formatie van Boxtel	1 ^e watervoerende pakket	5 - 10 m/d
-16	-35	Zand, matig fijn tot grof	Formatie van Kreftenheye	1 ^e watervoerende pakket	15 - 30 m/d
-35	-50	Klei	Eem formatie	Geohydrologische basis	> 1.000 dagen

⁴ TAUW, "Vooronderzoek en verkennend bodemonderzoek inclusief asbest, Fokkemast en Parlevinker te Amsterdam-Noord", kenmerk: R001-1288889EIZ-V01-bko-NL, 21 juli 2023

⁵ Tjaden, "Funderingsadvies, Nieuwbouw aan het Parlevinkerplein te Amsterdam", kenmerk: 240227-F2/AJJ, 18 november 2024

⁶ Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond, "Ondergrondgegevens en ondergrondmodellen", [DINOloket](#), laatst bezocht

Tot circa -3,2 m NAP bestaat de bodem uit een antropogene ophooglaag bestaande uit fijn tot matig grof zand, met bijmengingen variërend van zwak siltig tot zwak grindig. Onder deze laag bevindt zich een slecht doorlatende deklaag bestaande uit een laag Hollandveen van circa 2 m dik met daaronder (zandige) klei. Op -8 tot -12 m NAP is een tussenzandlaag van kleiig zand aanwezig. Op circa -12 m NAP komt een Basisveen laag voor. Onder de deklaag begint het eerste watervoerende pakket. Dit eerste watervoerende pakket bestaat uit fijn zand van de Formatie van Boxtel boven grover zand uit de Formatie van Kreftenheye. Op -35 m NAP ligt een klei pakket van de Eem formatie. Dit pakket fungeert als geohydrologische basis in het grondwatermodel.

2.3 Oppervlaktewaterstanden

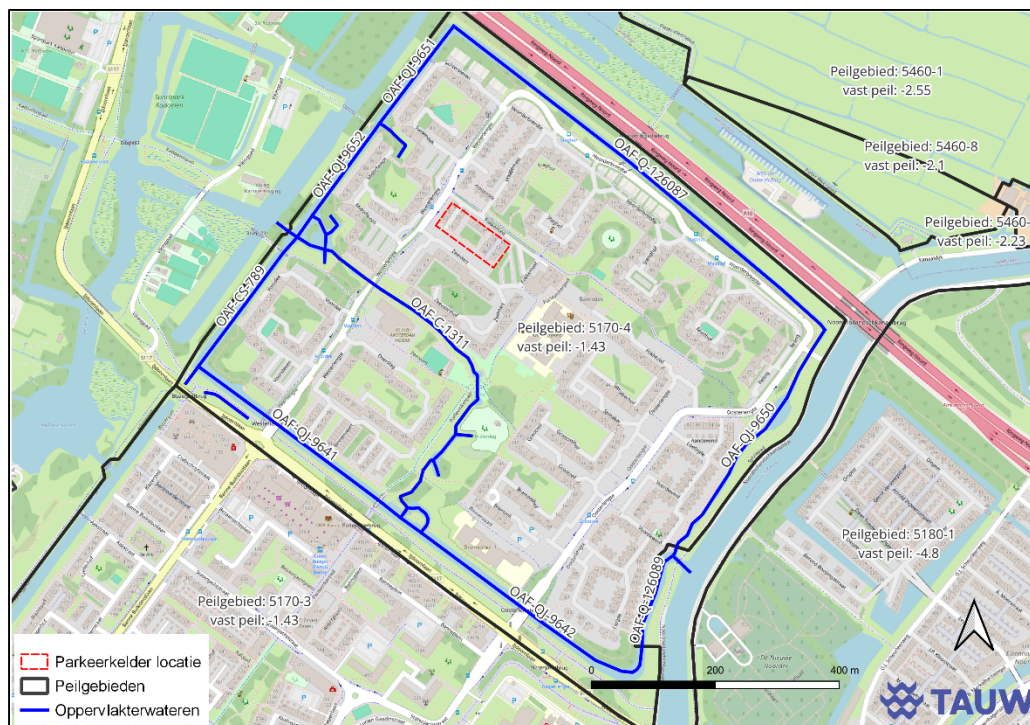
De locatie is gelegen in het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. De waterschapsverordening⁷ en het peilbesluit⁸ zijn geraadpleegd om het oppervlaktewatersysteem in beeld te brengen. In de omgeving van de onderzoekslocatie zijn aanwezig:

- In het noordwesten op 160 m een primaire watergang (leggercode: OAF-QJ-9652) met een bodemhoogte van -2,23 m NAP
- In het zuidwesten ligt op 130 m een secundaire watergang (leggercode: OAF-C-1305) met een bodemhoogte van -1,93 m NAP
- In het noordoosten ligt op circa 220 m een primaire watergang (leggercode: OAF-Q-126087) met een bodemhoogte van -2,23 m NAP
- In het zuidoosten ligt op circa 500 m een primaire watergang (leggercode: OAF-QJ-9650) met een bodemhoogte van -2,23 m NAP

Deze watergangen vallen binnen één peilgebied (leggercode: 5170-4) met een vast peil van -1,43 m NAP.

⁷ Overheid.nl, Waterschapsverordening Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, online beschikbaar (laatst bezocht 5 augustus 2024), [Waterschapsverordening Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier | Lokale wet- en regelgeving \(overheid.nl\)](#)

⁸ Peilbesluit Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, online beschikbaar (laatst bezocht 17 juli 2024), [Vastgestelde Peilgebieden \(hnhk.nl\)](#)



Figuur 2.1 Oppervlaktewater en vastgestelde peilen rond de parkeerkelder

2.4 Grondwaterstanden en stijghoogten

2.4.1 Freatische grondwaterstand (-0,2 tot -3,2 m NAP)

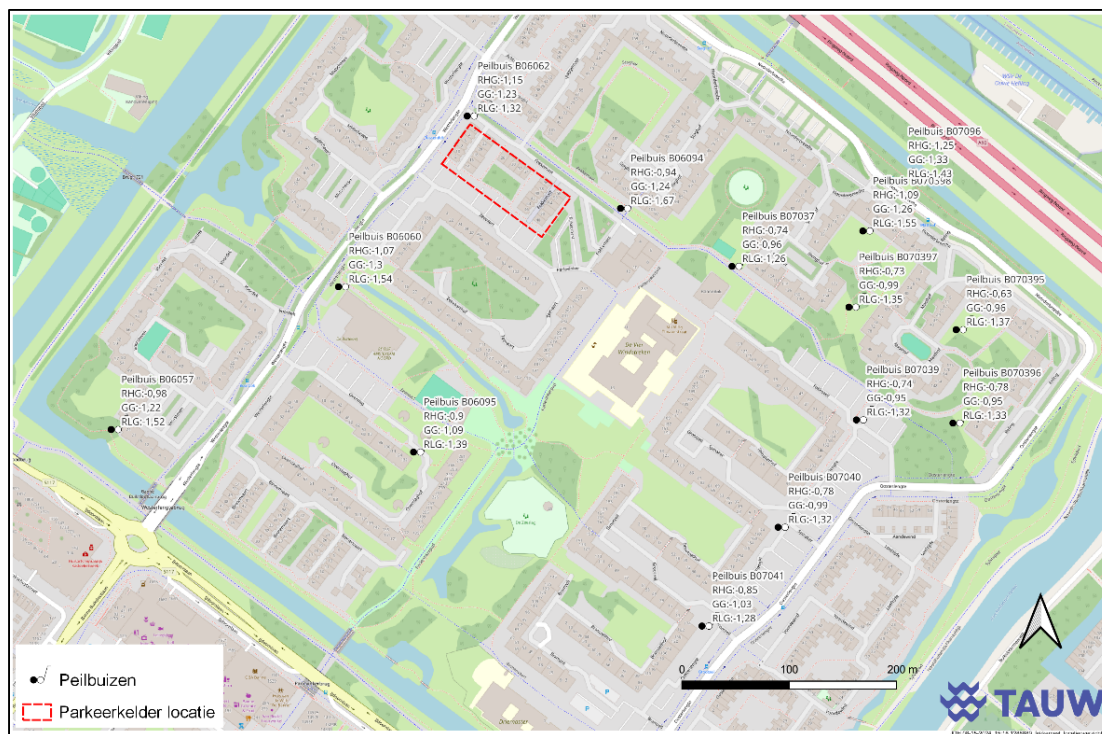
Rond de onderzoekslocatie is een aantal peilbuizen beschikbaar uit het meetnet van Waternet⁹. De langdurige meetgegevens van de nabijgelegen peilbuizen zijn opgevraagd. Een selectie is gemaakt van peilbuizen op basis van peilgebieden en omliggende oppervlaktewateren om zo een beeld te krijgen van de grondwaterstanden en stromingsrichting in de omgeving van de beoogde kelder. Deze gegevens dienen als basis om het grondwatermodel te kalibreren. De karakteristieken van de opgevraagde peilbuizen zijn weergegeven in tabel 2.2. De situering van de peilbuizen is opgenomen in figuur 2.2 en bijlage 3.

⁹ Waternet peilbuizen, online beschikbaar (laatst bezocht 5 augustus 2024), [Peilbuizen Waternet](#)

Tabel 2.2 Karakteristieken grondwaterstand in peilbuizen met langdurige meetreeksen (selectie van de langste meetreeksen, de gebruikte peilbuizen zijn weergegeven in figuur 2.3)

Peilbuis	Meetperiode/ datum	Filterstelling (m -mv)	Maaiveld hoogte (m NAP)	RHG* (m NAP)	GG (m NAP)	RLG* (m NAP)	Aantal metingen
Peilbuizen < 100 meter afstand van de parkeerkelder							
B06062	1980-2024	2,5 - 3,5	-0,16	-1,15	-1,23	-1,32	317
B06094	1980-2023	2,1 - 3,1	-0,15	-0,94	-1,24	-1,67	239
Peilbuizen > 100 meter afstand van de parkeerkelder							
B06057	1980-2024	2,5 - 3,5	-0,01	-0,98	-1,22	-1,52	223
B06060	1980-2024	2,4 - 3,4	-0,16	-1,07	-1,30	-1,54	337
B06095	1980-2024	2,6 - 3,6	-0,19	-0,90	-1,09	-1,39	298
B07037	1980-2024	2,5 - 3,5	-0,35	-0,74	-0,96	-1,26	236
B070395	2022-2024	1,8 - 2,8	-0,43	-0,63	-0,96	-1,37	12940
B070396	2022-2024	1,6 - 2,6	-0,63	-0,78	-0,95	-1,33	14858
B070397	2022-2024	1,6 - 2,6	-0,47	-0,73	-0,99	-1,35	14858
B070398	2022-2024	1,6 - 2,6	-0,57	-1,09	-1,26	-1,55	14859
B07039	1980-2024	2,5 - 3,5	-0,25	-0,74	-0,95	-1,32	256
B07040	1980-2023	2,1 - 3,1	-0,2	-0,78	-0,99	-1,32	254
B07041	1980-2024	1,5 - 2,5	-0,17	-0,85	-1,03	-1,28	260
B07096	2022 - 2023	2,7 - 3,7	+0,12	-1,25	-1,33	-1,43	9914
	jan 2021-mei 2021			-1,26	-1,29	-1,32	2400
	2015-2021			-1,27	-1,35	-1,44	7630

* De RHG en RLG zijn bepaald met respectievelijk de 90^{ste} en 10^{ste} percentielwaarden



Figuur 2.2 Peilbuizen uit het monitoringsmeetnet van Waternet in het freatisch pakket rondom de onderzoekslocatie. In het geval van een meerdere reeksen voor een enkele peilbuis is de meeste recente reeks opgenomen

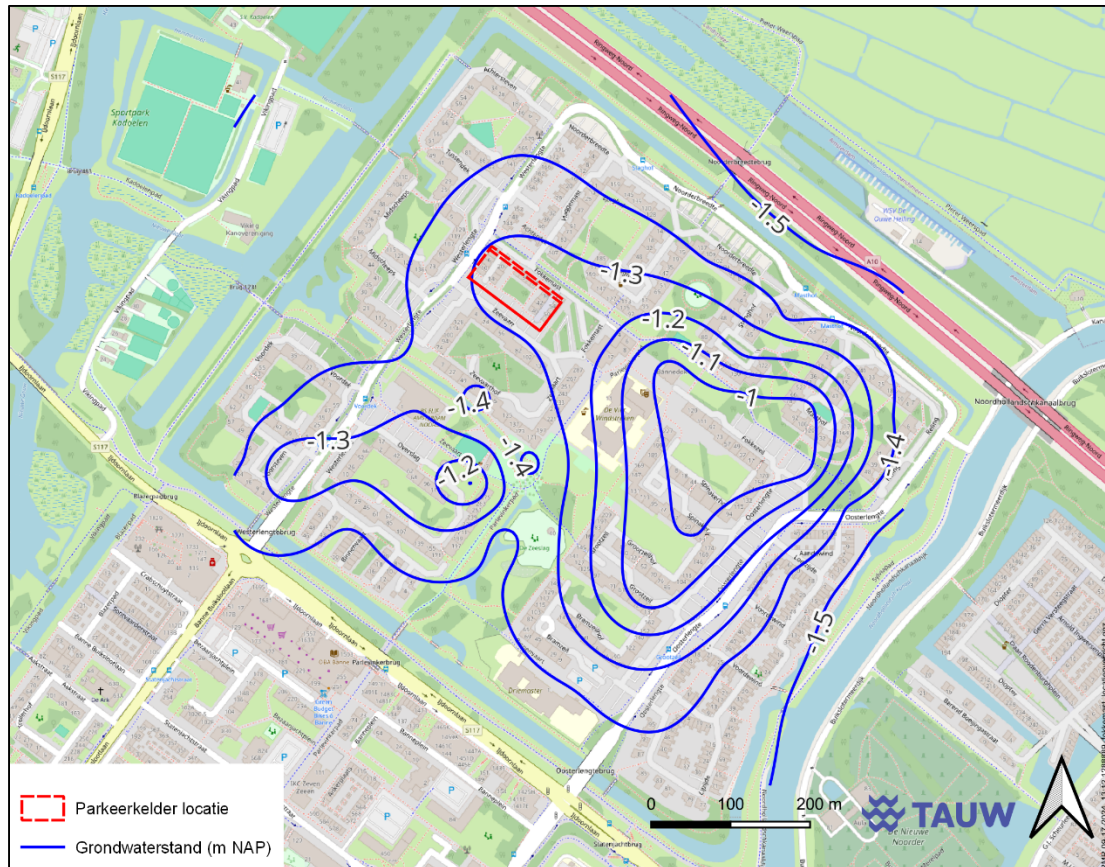
Tabel 2.3 Karakteristieken grondwaterstand peilbuizen eenmalige metingen

Peilbuis	Datum	Filterstelling (m -mv)	Maaiveldhoogte (m NAP)*	Eenmalige meting (m -mv)	Eenmalige meting (m NAP)
2	04-7-2023	1,3 - 2,3	-0,2	1,18	-1,38
12	04-7-2023	1,3 - 2,3	-0,2	1,10	-1,30
23	04-7-2023	1,3 - 2,3	-0,1	1,43	-1,53

* Maaiveldhoogtes zijn indicatief afgeleid uit het AHN

De eenmalige metingen vallen binnen de gemeten waarden rondom de onderzoekslocatie. De freatische grondwaterstand ter plekke van kelder ligt, op basis van de langdurige meetreeksen, iets hoger dan het vastgestelde oppervlaktewaterpeil van -1,43 m NAP. De gemiddelde grondwaterstand in het ter hoogte van de parkeerkelder is -1,25 m NAP (1,05 m -mv).

Uit de contouren, die op basis van de peilbuizen van Waternet zijn berekend, is de stromingsrichting in het gebied rondom de kelder overwegend van zuidoost naar noordwest. De kelder ligt in een gebied waar lokaal de gradiënt van het grondwater wat lager is. De geïnterpoleerde isohypsen van de gemiddelde grondwaterstand zijn opgenomen in figuur 2.3.



Figuur 2.3 Geïnterpoleerde isohypsenpatronen op basis van de langdurige metingen van Waternet

2.4.2 Stijghoogte tussenzandlaag (-8 tot -12 m NAP)

Er zijn geen peilbuizen beschikbaar in de tussenzandlaag voor het gebied rondom de kelder. Aangenomen wordt dat de stijghoogte in deze laag tussen de freatische grondwaterstand en de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket ligt. Welke waterstand meer invloed heeft op de laag is afhankelijk van de weerstand in de lagen boven en onder de tussenzandlaag. Een gemiddelde stijghoogte is aangenomen van -1,5 m NAP (1,3 m -mv) voor de tussenzandlaag.

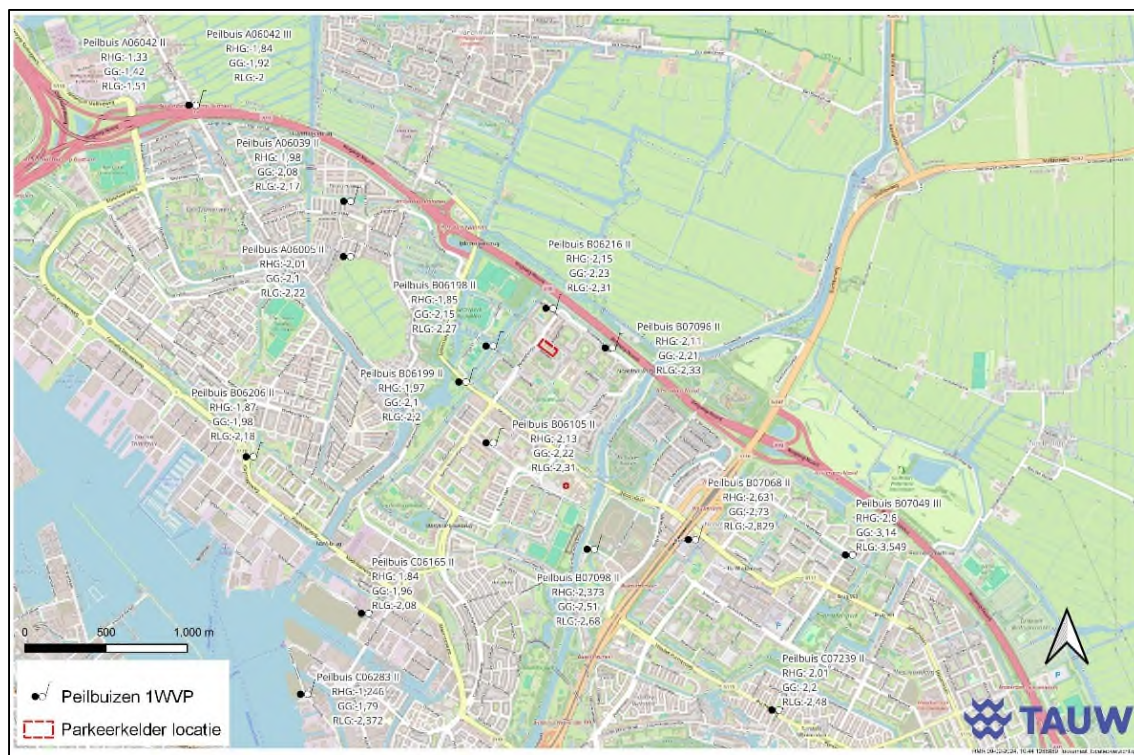
2.4.3 Stijghoogte eerste watervoerend pakket (-12,5 tot -35 m NAP)

Rond de onderzoekslocatie zijn een aantal peilbuizen beschikbaar uit het meetnet van Waternet. Deze gegevens dienen als basis om het grondwatermodel te kalibreren. In tabel 2.4 zijn de peilbuis gegevens van de langdurige meetreeksen weergegeven voor het eerste watervoerende pakket. De situering van de peilbuizen is weergegeven in figuur 2.4.

Tabel 2.4 Karakteristieken stijghoogte in peilbuizen met langdurige meetreeksen

Peilbuis	Meetperiode / datum	Filter- stelling (m -mv)	Maaiveld- hoogte (m NAP)	RHG* (m NAP)	GG (m NAP)	RLG* (m NAP)	Aantal metingen
Peilbuizen < 250 m van de parkeerkelder							
B06216 II	2006-2024	14,5 - 15,5	-0,13	-2,15	-2,23	-2,31	121
Peilbuizen > 250 m van de parkeerkelder							
A06005	1980-2024	19,6 - 20,6	-1,12	-2,01	-2,10	-2,22	473
A06039 II	1982-2024	14,6-15,6	-1,16	-1,98	-2,08	-2,17	349
A06042 II	1989-2024	9,3-10,3	-0,56	-1,33	-1,42	-1,51	328
A06042 III	1989-2024	23,0-24,0	-0,56	-1,84	-1,92	-2,00	328
B06105 II	1985-2024	12,1 - 13,1	-0,04	-2,13	-2,22	-2,31	356
B06206 II	2003-2024	17,0-18,0	+2,01	-1,87	-1,98	-2,18	125
B06198 II	2003-2023	12,4 - 13,4	-1,24	-1,85	-2,15	-2,27	123
B06199 II	2003-2024	13,1 - 14,1	+0,25	-1,97	-2,10	-2,20	95
B07049 II	1992-2024	11,2 - 12,2	-2,89	-2,50	-2,62	-2,71	277
B07049 III	1992-2024	23,3-24,3	-2,89	-2,50	-2,62	-2,71	277
B07068 II	1999-2015	10,4-11,4	-2,51	-2,63	-2,73	-2,83	140
B07096 II	2021-2023	14,1 - 15,1	+0,12	-2,11	-2,19	-2,25	14458
C06165 II	1989-2024	25,5-26,5	+1,03	-1,84	-1,96	-2,08	335
C06283 II	2003-2020	16,1-17,1	+1,37	-1,25	-1,79	-2,37	85
C07239 II	2001-2024	13,3-14,3	-0,38	-2,01	-2,20	-2,48	145

* De RHG en RLG zijn bepaald met respectievelijk de 90^{ste} en 10^{ste} percentielwaarden

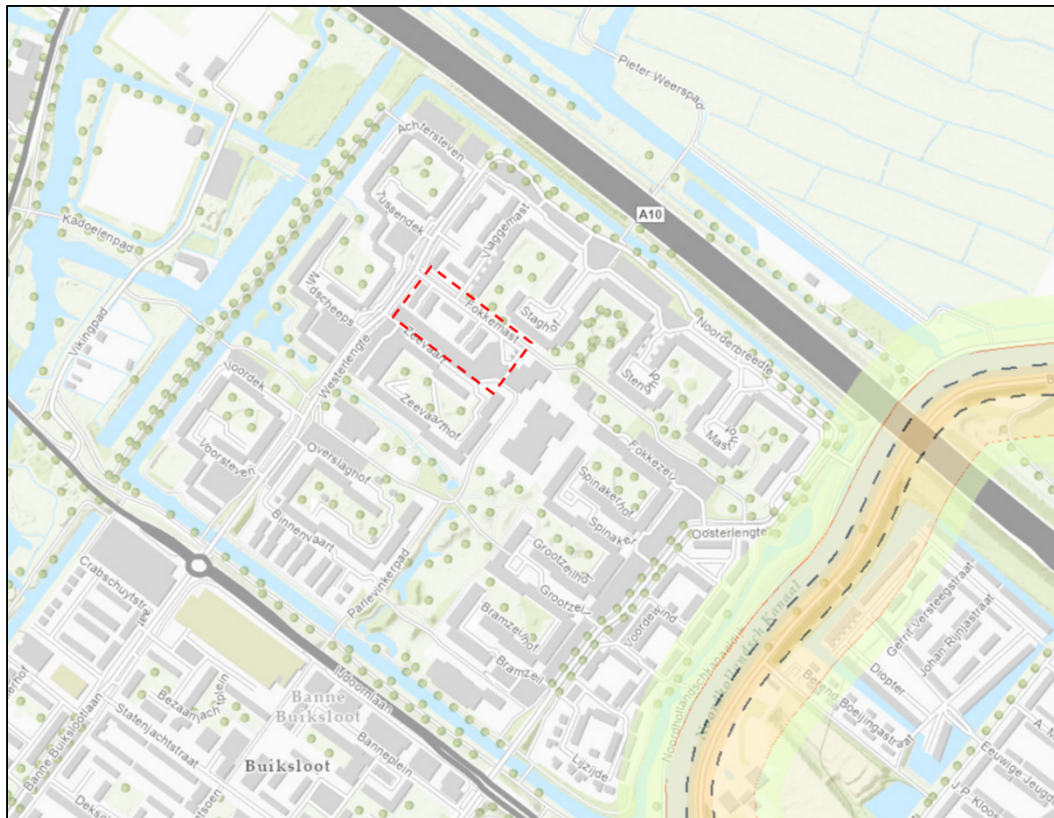


Figuur 2.4 Peilbuizen uit het monitoringsmeetnet van Waternet in het 1^e watervoerend pakket

Op basis van de meetgegevens in de omgeving van de onderzoekslocatie wordt een gemiddelde stijghoogte van -2,1 m NAP (1,9 m -mv) aangehouden voor het eerste watervoerend pakket. Er is sprake van een infiltratiesituatie (grondwater stroomt van het freatische pakket naar het eerste watervoerende pakket).

2.5 Waterkering

Op een afstand van 450 m van de onderzoekslocatie is een waterkering aanwezig. Het gaat hier om TPL_Buikslotermeer_0325, die de peilgebieden 5180-1 (vast peil -4,8 m NAP) en 5170-4 (vast peil -1,43 m NAP) van elkaar scheidt. Figuur 2.5 geeft de locatie van de waterkering weer.



Figuur 2.5 Ligging watergering ten opzichte van de parkeerkelder (globale ligging in geel)

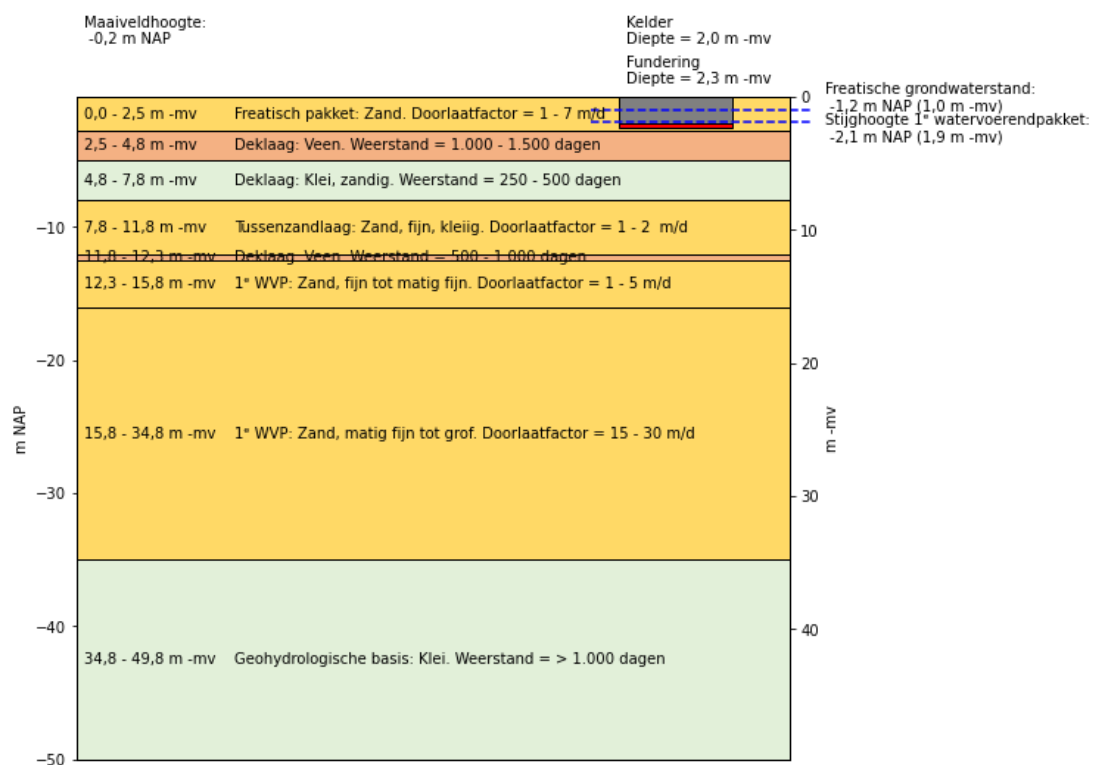
3 Uitgangspunten

3.1 Maatvoering kelder

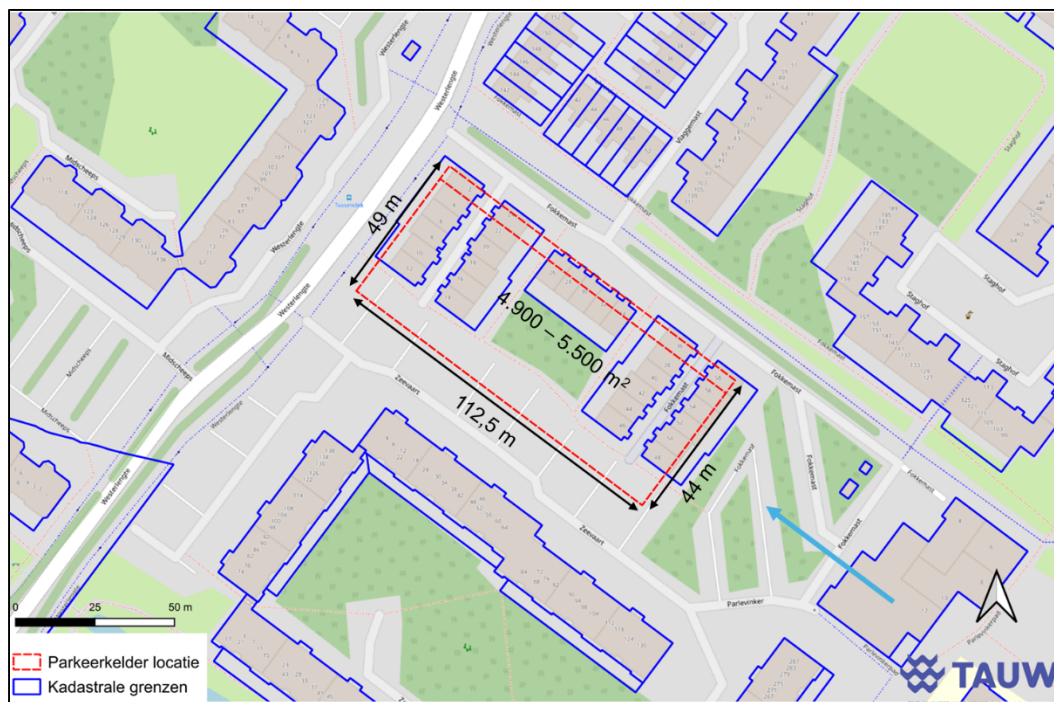
Om de te verwachten invloed van de kelder op het grondwater te berekenen zijn eerst de uitgangspunten vastgesteld. Het huidige advies wordt in een eerder stadium opgesteld dan gebruikelijk is (zie paragraaf 1.2). Hierdoor mist een gedetailleerde technische tekening. De uitgangspunten zijn gebaseerd op de door de opdrachtgever aangeleverde informatie en de aangeleverde overzichtstekening (opgenomen in bijlage 2). Voor de berekening is de kelder iets dieper gemodelleerd dan de verwachte onderzijde van de keldervloer (zie ook hoofdstuk 4). Dit om eventuele diepere elementen zoals funderingsbalken en/of poeren ook mee te nemen in de berekening. Figuur 3.1 geeft een schematisch overzicht van de geohydrologische situatie en de civieltechnische uitgangspunten. Figuur 3.2 geeft een overzicht van de maatvoering van de kelder. Tabel 3.1 geeft een overzicht van maatvoering van de kelder. In het model is gerekend met het maximale oppervlakte van de kelder om de effecten zo conservatief mogelijk in te schatten.

Tabel 3.1 Civieltechnische uitgangspunten kelder

Parameter	Eenheid	Waarde
Huidig maaiveld	m NAP	-0,2
Toekomstig maaiveld	m NAP	-0,2
Oppervlakte kelder	m ²	4.900 – 5.500
Onderkant keldervloer	m-mv	2,0
	m NAP	-2,2
Verwachter diepere onderdelen	m-mv	2,3
(funderingsbalken)	m NAP	-2,5



Figuur 3.1 Overzicht van geohydrologische uitgangspunten in het gebied van de kelder



Figuur 3.2 Overzicht afmetingen kelder, afgeleid van de door de opdrachtgever aangeleverde informatie en tekening. De blauwe peil geeft de globale stromingsrichting aan in het gebied

Opgemerkt wordt dat de huidige perceelsgrenzen niet overeenkomen met de locatie van de kelder. De percelen zullen opnieuw verdeeld worden op basis van de nieuwe bouwvlakken. Om de effecten te kunnen beoordelen binnen de perceelsgrenzen wordt aangenomen dat de nieuwe perceelsgrenzen op circa 1,5 m afstand van de kelderwand afliggen.

3.2 Opbarstrisico (tijdens aanlegfase¹⁰)

De ontgraving vindt deels plaats in de aanwezige deklaag. Indien de opwaartse stijghoogtedruk aan de onderzijde van de deklaag groter is dan de neerwaartse gronddruk kan het risico van opbarsten van de bouwputbodem zich voordoen. Daarmee is er mogelijk een risico tot opbarsten. Om vast te stellen of het risico van opbarsten zich voordoet, zijn opbarstberekningen uitgevoerd conform de NEN 9997-1-C1, 2017, hoofdstuk 10, bezwijken door opwaartse druk. De bodemparameters zijn conservatief gekozen.

Voor de berekeningen zijn de bodemopbouw, grondwaterstanden en stijghoogtes gebaseerd op tabel de gegevens uit hoofdstuk 2. Voor de ontgravingsdiepte is conservatief gekozen voor een diepte van 2,5 m-mv (-2,7 m NAP), 0,5 m dieper dan de verwachte onderkant keldervloer. Hiervoor wordt gekozen omdat mogelijk (lokaal) dieper ontgraven zal worden voor funderingselementen, liftschachten of eventuele grondverbetering.

Voor de volumieke gewichten van de aanwezige veen en (zandige) kleilaag in de deklaag worden de door Waternet aanbevolen waardes gehanteerd. Deze bedragen 10 kN/m³ voor veen en 16,5 kN/m³ voor klei.

¹⁰ Voor de aanlegfase zal om droog en veilig te kunnen werken bemaling moeten worden toegepast. Voor de aanlegfase dient hiervoor ook een bemalingsadvies opgesteld te worden, inclusief opbarstberekningen

Op basis van bovenstaande parameters wordt een veiligheidsgetal van 1,0 berekend. De opbarstberekening is opgenomen in bijlage 6.

In het geval van een hogere stijghoogte dan -1,5 m NAP in de tussenzandlaag bestaat wel een risico tot opbarsten. Opbarsten tijdens uitvoer kan voorkomen worden door het toepassen van een spanningsbemaling in de tussenzandlaag of een andere bouwwijze, zoals toepassing van onderwaterbeton en/of waterglasinjectie. Deze methodes dienen in een vervolgfase nader uitgewerkt te worden.

Aanbevolen wordt om voor uitvoering van de werkzaamheden met behulp van minimaal één sondering met waterspanning of met het plaatsen van een peilbuis de stijghoogte in de tussenzandlaag te bepalen. Met de nieuwe gegevens kan het risico tot opbarsten vervolgens nauwkeuriger berekend worden.

4 Modelberekeningen

4.1 Inleiding

Om de effecten van de nieuwe kelder door te rekenen is gebruik gemaakt van een grondwatermodel. Gekozen is voor de modelcode MODFLOW en als schil voor GMS (Aquaveo versie 10.7, 2023). Dit softwarepakket is numeriek van aard en biedt de mogelijkheid tot opsplitsing in meerdere watervoerende en scheidende lagen, alsmede ruimtelijke differentiatie van bodemparameters en hydrologische fenomenen (bijvoorbeeld de modellering van aanwezige watergangen en bestaande obstructies in de bodem).

Voor de modellering is een hydrologisch relevant modelgebied gekozen, wat is onderverdeeld in cellen en lagen. Het rekenprogramma berekent waterbalansen per cel en stromingen tussen de cellen (eindige differentiemethode). Door vaste stijghoogten aan de randen toe te kennen (zogenoeten randvoorwaarden), worden stijghoogten en waterbalansen voor alle cellen in het hele modelgebied berekend. Als invoer voor de grondwatermodellering zijn de volgende gegevens gebruikt.

- Gegevens bodemopbouw
- Situering, afmetingen en waterpeilen van het oppervlaktewater
- Grondwaterstanden freatisch en stijghoogtes eerste watervoerende pakket
- Situering en afmetingen van obstructies in de bodem (kelders)
- Neerslag

4.2 Opzet grondwatermodel

In onderstaande paragrafen zijn de volgende elementen beschreven:

- Modelgebied en modelgrid
- Bodemopbouw en onderverdeling in lagen
- Obstructies in de bodem
- Stijghoogten en oppervlaktewaterpeilen
- Neerslag

Het model is stationair opgezet, zodat modelberekeningen vergeleken kunnen worden met gemeten gemiddelde stijghoogten in de watervoerende lagen.

4.2.1 Modelgrid en modelgrootte

Het modelgebied beslaat een gebied met dusdanige omvang dat bij ingrepen rondom de locatie van de kelder geen randeffecten zullen optreden. De totale omvang van het model is circa 4.000 x 4.000 m. De celgrootte van het modelgebied bedraagt 100 x 100 m tot 10 x 10 m, waarbij ter plaatse van de locatie van de kelder de celgrootte is verfijnd tot een grootte van 1 x 1 m.

4.2.2 Bodemopbouw en laagindeling

In tabel 4.1 is een overzicht gegeven van de gehanteerde laagindeling van het grondwatermodel.

Tabel 4.1 Modelopbouw en -parameters

Modellaag	Diepte (m NAP)	Samenstelling	Geen kelder	Kelder
1	-0,2 tot -2,5	Ophooglaag (tot onderkant kelder)	$k_h = 1 - 7^*$ $k_v = 0,3 - 2,33^*$	$k_h = 0$ $k_v = 0$
2	-2,5 tot -2,7	Ophooglaag (tot bovenkant deklaag)	$k_h = 1 - 7^*$ $k_v = 0,3 - 2,33^*$	$k_h = 1 - 7^*$ $k_v = 0,3 - 2,33^*$
3	-2,7 tot -8,0	Deklaag, scheidende laag	$k_h = 0,025$ $k_v = 0,0025$	$k_h = 0,025$ $k_v = 0,0025$
4	-8,0 tot -12	Tussenzandlaag	$k_h = 1$ $k_v = 0,1$	$k_h = 1$ $k_v = 0,1$
5	-12 tot 12,5	Deklaag scheidende laag	$k_h = 0,005$ $k_v = 0,0005$	$k_h = 0,005$ $k_v = 0,0005$
6	-12,5 tot 16	1 ^e watervoerende pakket	$k_h = 7$ $k_v = 0,7$	$k_h = 7$ $k_v = 0,7$
7	-16 tot -35	1 ^e watervoerende pakket	$k_h = 30$ $k_v = 3,0$	$k_h = 30$ $k_v = 3,0$

* Over het gehele modelgebied is een k_h -waarde van 3 m/d opgelegd. Lokaal binnen het gebied rond de kelder zijn de k -waardes verder geoptimaliseerd om het juiste isohypsenpatroon, en daarmee de juiste stromingssnelheid- en richting ter plekke van de kelder, correct te berekenen

De in tabel 4.1 weergegeven doorlaatfactoren zijn de door ijking geoptimaliseerde waarden (zie paragraaf 4.3). De weerstand tussen het freatisch pakket en het eerste watervoerend pakket is vrij groot. Dit blijkt ook uit het verschil tussen de freatische grondwaterstand en de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket van circa 1 m.

4.2.3 Obstructies in de bodem

Een inschatting is gemaakt van de aanwezig obstructies in de bodem die invloed kunnen hebben op de freatische grondwaterstand rondom de locatie van de nieuwe kelder. Op basis van de luchtfoto's en straatbeelden¹¹ is er geen indicatie dat onder de gebouwen in de directe omgeving van de beoogde kelder obstructies in de bodem aanwezig zijn die invloed kunnen hebben op de stromingsrichting en -snelheid van het grondwater.

¹¹ Luchtfoto's en straatbeelden zijn opgehaald via Streetsmarts by Cyclomedia (2024)

4.2.4 Stijghoogten

De startwaarde voor de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket ter plaatse van de onderzoekslocatie is afgeleid van de hoofdstuk 2 en bedraagt -2,1 m NAP. Deze stijghoogte wordt berekend door vaste waarden aan de randen van het model toe te kennen. In de zuidwest hoek staat de stijghoogte vast op -1,9 m NAP, en op -1,5 m NAP in de noordwest hoek van het model. Langs de oostzijde wordt de stijghoogte geïnterpoleerd van -2,5 m NAP in de noordoost hoek, naar -3,1 m NAP in het middenoost, naar weer -2,5 in de zuidoost hoek.. De waarden die aan de randen worden ingevuld zijn afgeleid van de stijghoogte gegevens uit paragraaf 2.4.3.

4.2.5 Oppervlaktewater

De in het model ingevoerde waterpeilen en bodemhoogte is per watergang geverifieerd met de legger. De belangrijkste waterpeilen betreffen die in het gebied van de kelder zelf van -1,43 m NAP en in het zuiden hetzelfde peilgebied. Ten oosten van de kelder ligt een lager peilgebied van -4,8 m NAP, en in het westen een iets lager peilgebied van -1,56 m NAP. In figuur 2.1 zijn deze vaste peilen ook weergegeven.

4.2.6 Overige onttrekkingen

Eventueel aanwezige grondwateronttrekkingen en/of -infiltraties in de omgeving van de onderzoekslocatie zijn niet opgenomen in model. De reden is dat de kelder in het bovenste gedeelte van de deklaag wordt gerealiseerd, terwijl de langdurige onttrekkingen/infiltraties (zoals bijvoorbeeld warmte-/koudeopslag) plaatsvinden in de dieper gelegen watervoerende pakketten. Een beïnvloeding van de onttrekkingen/infiltraties in de deklaag/ophooglaag wordt niet verwacht vanwege de grote weerstand van de tussenliggende scheidende lagen.

4.2.7 Neerslag

De huidige effectieve neerslag (neerslagoverschot) bedraagt 300 mm/jaar in een groen gebied zonder verharding. In een stedelijk gebied is dit door verharding en eventuele drainage minder. Voor de ijking van het model wordt een neerslag van circa 160 mm/jaar opgelegd. Dit komt overeen met 53% van de effectieve neerslag.

4.3 IJking grondwatermodel

4.3.1 IJking gemiddelde grondwaterstand (huidige tijd)

Het model is geïkt op basis van de door Waternet gemeten grondwaterstanden in het freatisch pakket. De ijkdata betreffen de gemiddeld gemeten grondwaterstanden in de omgeving van de onderzoekslocatie. Het model is lastig te ijken vanwege de hoeveelheid watergangen waarin verschillende waterpeilen gehanteerd worden.

In het gebied rond de kelder is in het zuidoostelijke deel de grondwaterstand circa 0,2 – 0,3 m hoger dan ter plekke van de beoogde kelder (circa -0,95 m NAP ten opzichte van -1,23 m NAP). Om dit verschil in grondwaterstand correct te laten berekenen is er een overgang gemaakt van de k-waarde in de ophooglaag. Aan de oostzijde van het gebied is een lagere k-waarde opgelegd (1 m/dag). Ter hoogte van de kelder is een hoger k-waarde opgelegd (7 m/dag). De verschillen in k-waarden passen binnen de verwachting op basis van de bodemgegevens die beschikbaar zijn in de omgeving.

Met deze toevoeging komen de berekende grondwaterstanden goed overeen met de gemeten grondwaterstanden. De berekende isohypsen zijn opgenomen in bijlage 6 (figuur B6.1). Tabel 4.2 geeft een overzicht van de gemeten grondwaterstanden ten opzichte van de berekende grondwaterstanden.

Tabel 4.2 Resultaten van de ijking

Peilbuis	Gemeten gemiddelde grondwaterstand (m NAP)	Berekende grondwaterstand (m NAP)	Vershil tussen gemeten en berekende grondwaterstand (m)
Peilbuizen < 100 meter afstand van de parkeerkelder			
B06062	-1,23	-1,22	-0,01
B06094	-1,24	-1,14	-0,10
Peilbuizen > 100 meter afstand van de parkeerkelder			
B06057	-1,22	-1,40	-0,18
B06060	-1,30	-1,38	+0,08
B06095	-1,09	-1,34	+0,25
B07037	-0,96	-1,07	+0,11
B070395	-0,96	-1,17	+0,21
B070396	-0,95	-1,16	+0,21
B070397	-0,99	-1,05	+0,06
B070398	-1,26	-1,14	-0,12
B07039	-0,95	-1,04	+0,09
B07040	-0,99	-1,03	+0,04
B07041	-1,03	-1,02	-0,01
B07096	-1,33	-1,35	+0,02

4.3.2 Klimaatscenario's (jaar 2050)

Het effect van de kelder dient ook inzichtelijk gemaakt te worden voor een droge en een natte periode in het toekomstig klimaat (2050). Hiervoor moet het model opnieuw geijkt te worden. Daar zijn twee stappen voor nodig, welke hieronder worden toegelicht.

Stap 1: IJking representatief lage en hoge grondwaterstand (huidige tijd)

Het uitgangspunt voor een droge en natte situatie in het toekomstig klimaat (2050) zijn een droge (RLG) en een natte (RHG) periode in het huidige klimaat. Het model in het huidige klimaat¹² (paragraaf 4.3.1) wordt daarom opnieuw geijkt voor deze twee situaties. Er is gekozen voor een stationaire benadering waarbij de berekende grondwaterstand wordt geijkt aan peilbuis B06062 voor de RLG en de RHG door te variëren met de neerslag.

Voor een droge situatie volgt uit de ijking een neerslag van 130 mm/jaar (43% van het neerslagoverschot van 300 mm/jaar, en 20% minder neerslag ten opzichte van de gemiddelde huidige situatie). Voor een natte periode volgt uit de ijking een neerslag van 190 mm/jaar (63% van het neerslagoverschot van 300 mm/jaar, en 20% meer neerslag ten opzichte van de gemiddelde huidige situatie). De resulterende isohypsenpatronen van deze stap zijn opgenomen in bijlage 6 (figuren B6.3 en B6.4).

¹² Gemiddelde grondwaterstand (huidige tijd): neerslag 160 mm (53 % van het neerslagoverschot van 300 mm/jaar)

Stap 2: Verandering neerslag in het toekomstig klimaat (2050)

Met als basis de ijkingen van een droge (RLG) en een natte (RHG) situatie in het huidige klimaat uit stap 1, kan de afname (in een droge periode) en de toename (in een natte periode) van neerslag in het toekomstig klimaat (2050) opgelegd worden.

Voor een droge periode wordt een afname van 13% ($130 \times 0,87 = 113$ mm/jaar) ten opzichte van de RLG-huidige situatie opgelegd. Voor een natte periode wordt een toename van 17% ($190 \times 1,17 = 225$ mm/jaar) ten opzichte van de RHG-huidige situatie opgelegd. De veranderingen in neerslag zijn conform het KNMI WH2050 scenario¹³.

In het volgende hoofdstuk worden de resultaten van de modelberekeningen gepresenteerd.

5 Modelresultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de modelberekeningen gepresenteerd. In totaal zijn er 10 verschillende berekeningen uitgevoerd. De resulterende isohypsepatronen van de berekeningen zijn opgenomen in bijlage 6:

1. Situatie in het huidige klimaat (2024), in een situatie met de GG, *exclusief* de nieuwe kelder (zie figuur B6.1)
2. Situatie in het huidige klimaat (2024), in een situatie met de GG, *inclusief* de nieuwe kelder (zie figuur B6.2)
3. Tussenstap: Situatie in het huidige klimaat (2024), in een situatie met de RLG (droge periode) *exclusief* de nieuwe kelder (zie figuur B6.3)
4. Tussenstap: Situatie in het huidige klimaat (2024), in een situatie met de RHG (natte periode) *exclusief* de nieuwe kelder (zie figuur B6.4)
5. Situatie in het toekomstig klimaat (2050) in een droge periode *exclusief* de nieuwe kelder (zie figuren B6.5)
6. Situatie in het toekomstig klimaat (2050) in een droge periode *inclusief* de nieuwe kelder (zie figuren B6.6)
7. Situatie in het toekomstig klimaat (2050) in een natte periode *exclusief* de nieuwe kelder (zie figuren B6.7)
8. Situatie in het toekomstig klimaat (2050) in een natte periode *inclusief* de nieuwe kelder (zie figuren B6.8)

In paragraaf 5.1 wordt het verschil tussen de situatie *exclusief* en *inclusief* de nieuwe kelder gepresenteerd voor een gemiddelde grondwaterstand in het huidige klimaat (berekeningen 1 en 2). Paragrafen 5.2 en 5.3 geven de verschillen tussen de situatie *exclusief* en *inclusief* de nieuwe kelder weer voor een droge periode (berekeningen 5 en 6) en voor een natte periode (berekeningen 7 en 8) in het toekomstig klimaat (2050). Paragraaf 5.4 geeft een interpretatie van de berekeningen.

¹³ KNMI, "KNMI'14 Klimaatscenario's – Kerncijfers, scenariotabel", online beschikbaar: [KNMI'14 Klimaatscenario's - Kerncijfers](#), laatst bezocht 4 september 2024

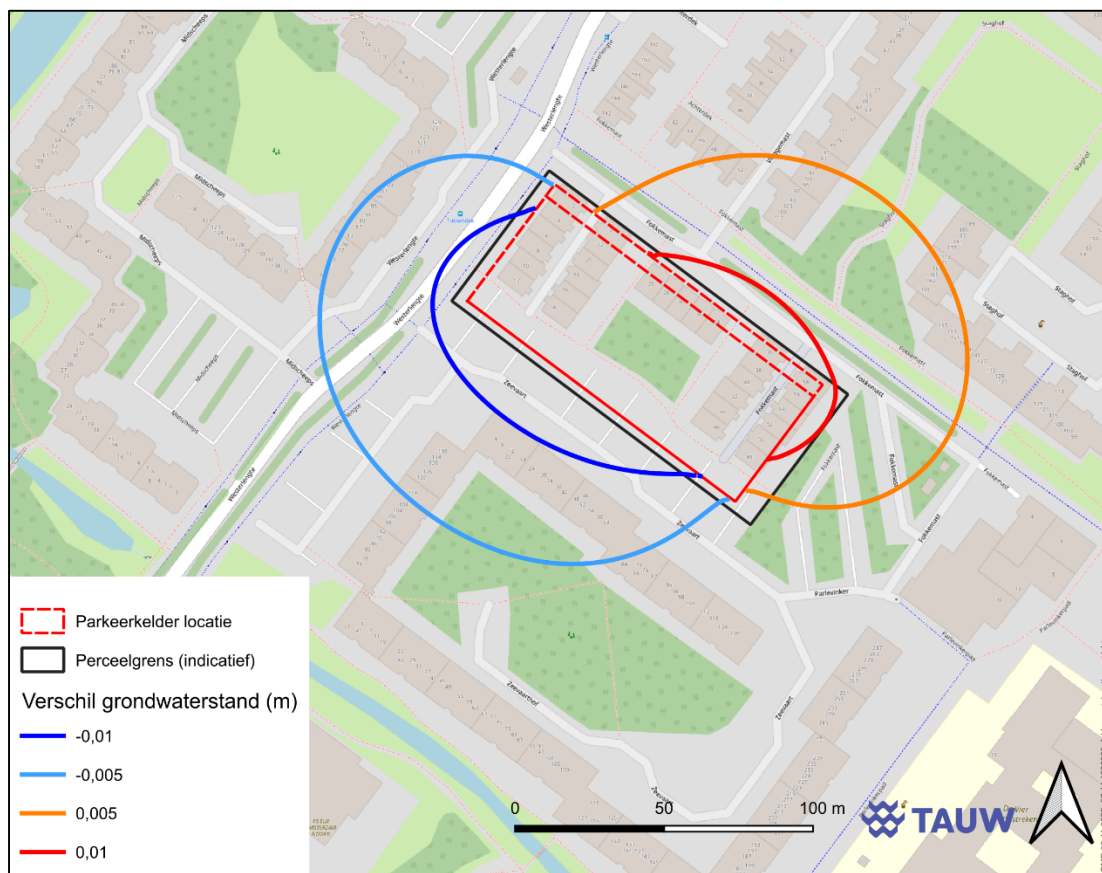
5.1 Gemiddelde grondwaterstand, huidig klimaat (berekening 1 en 2)

Figuur 5.1 geeft het berekende verschil in grondwaterstand weer in het freatisch pakket tussen de situatie zonder de nieuwe kelder en de situatie met de nieuwe kelder voor de gemiddelde grondwaterstand in het huidige klimaat (het verschil tussen de berekeningen 1 en 2). De verschillen zijn zeer klein. De berekende isohypsenpatronen van de situatie exclusief en inclusief kelder zijn opgenomen in bijlage 6 (figuur B6.1 en B6.2).

De effecten van barrièrewerking door de kelder zijn minimaal. Aan de oostzijde ontstaat enige opstuwing, aan de westzijde enige verlaging. Vanwege de locatie van de kelder ten opzichte van het isohypsenpatroon in de omgeving is de horizontale stroming zeer beperkt. Hierdoor is de barrièrewerking ook beperkt. De maximale verlaging die buiten de perceelsgrens (indicatief) verwacht wordt bedraagt 1 cm. In tabel 5.1 zijn de berekende debieten door het vak van de perceelsgrens voor de ophooglaag.

Tabel 5.1 Berekende debiet door de perceelsgrens in de ophooglaag (GG, 2024)

Onderdeel	Eenheid	Waarde
Debiet exclusief kelder	m ³ /d	3,80
Debiet inclusief kelder	m ³ /d	3,71
Vershil	%	-2,4



Figuur 5.1 Vershil freatische grondwaterstand voor een **gemiddelde grondwaterstand** in het **huidige klimaat (2024)** tussen de situatie zonder de nieuwe kelder en de situatie met de nieuwe kelder

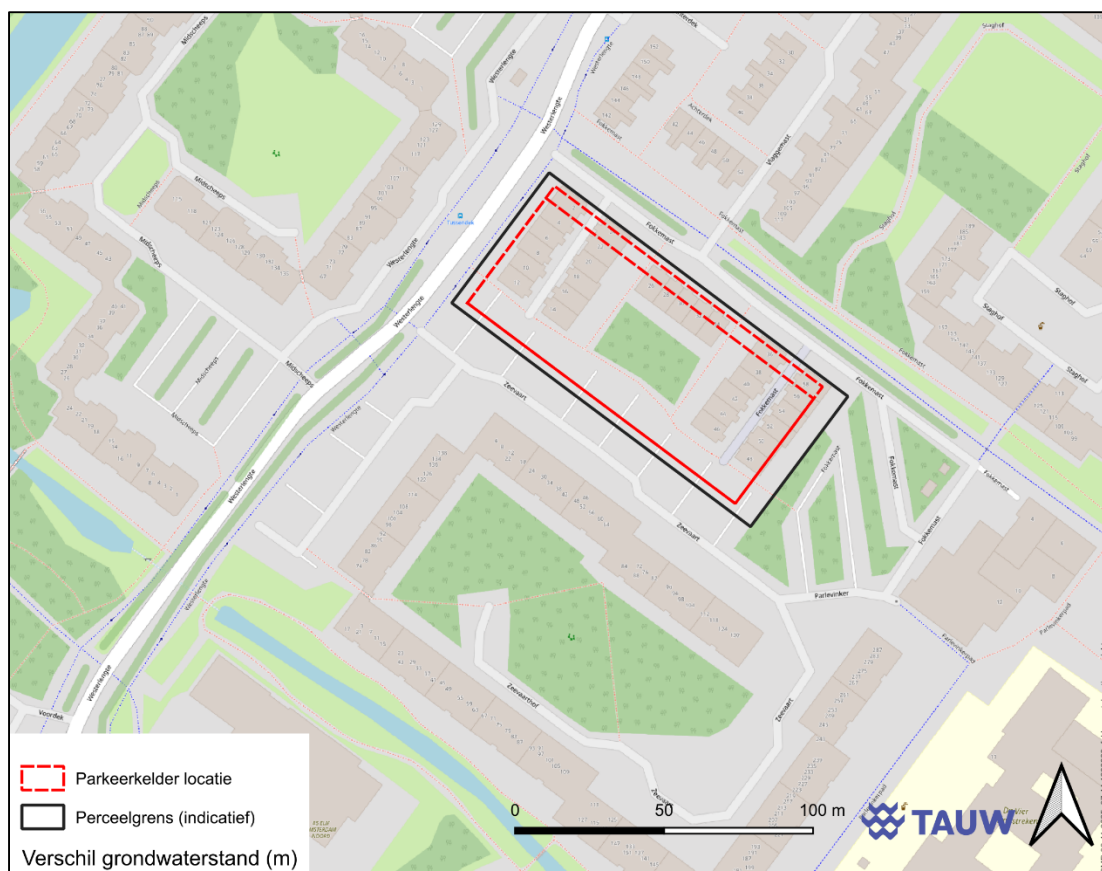
5.2 Droge periode, klimaatscenario 2050 (berekening 5 en 6)

Figuur 5.2 geeft het berekende verschil in grondwaterstand weer in het freatisch pakket tussen de situatie zonder de nieuwe kelder en de situatie met de nieuwe kelder voor een droge periode in het toekomstig klimaat (2050) (het verschil tussen berekeningen 5 en 6). De berekende isohypsenpatronen van deze situatie exclusief en inclusief nieuwe kelder zijn opgenomen in bijlage 6 (figuur B6.5 en B6.6).

Door de afname van neerslag is het verhang nog kleiner dan dat het al is bij een gemiddelde grondwaterstand (in het huidig klimaat). Hierdoor neemt de barrièrewerking af, en is deze praktisch niet meer meetbaar. De verschillen liggen onder de 1 cm. In tabel 5.2 zijn de berekende debieten door het vak van de perceelsgrens voor de ophooglaag.

Tabel 5.2 Berekende debiet door de perceelsgrens in de ophooglaag (RLG, 2050)

Onderdeel	Eenheid	Waarde
Debiet exclusief kelder	m ³ /d	2,29
Debiet inclusief kelder	m ³ /d	2,23
Vershil	%	-2,6



Figuur 5.2 Vershil freatische grondwaterstand voor een **droge periode** in het **toekomstig klimaat (2050)** tussen de situatie zonder de nieuwe kelder en de situatie met de nieuwe kelder

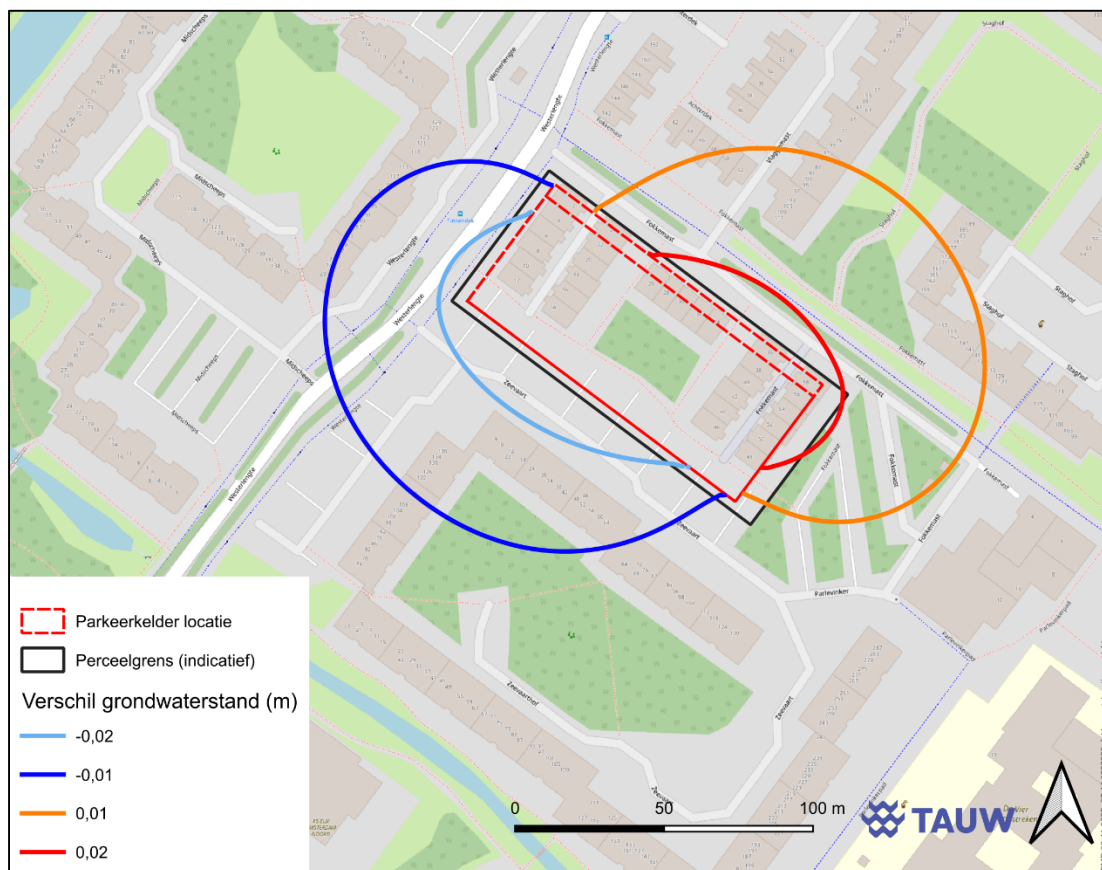
5.3 Natte periode, klimaatscenario 2050 (berekening 7 en 8)

Figuur 5.3 geeft het berekende verschil in grondwaterstand weer in het freatisch pakket tussen de situatie zonder de nieuwe kelder en de situatie met de nieuwe kelder voor een natte periode in het toekomstig klimaat (2050) (het verschil tussen berekeningen 7 en 8). De berekende isohypsenpatronen van deze situatie exclusief en inclusief nieuwe kelder zijn opgenomen in bijlage 6 (figuur B6.7 en B6.8).

Voor een natte periode in het toekomstig klimaat is de barrièrewerking wat toegenomen ten opzichte van de gemiddelde grondwaterstand in het huidige klimaat. Door de extra neerslag is het verhang wat groter in het gebied. Echter blijft de kelder nog steeds op een waterscheiding liggen, waardoor horizontale stroming beperkt blijft. De maximale berekende verschillen buiten de perceelsgrenzen bedragen 2 cm. In tabel 5.2 zijn de berekende debieten door het vak van de perceelsgrens voor de ophooglaag.

Tabel 5.3 Berekende debiet door de perceelsgrens in de ophooglaag (RLG, 2050)

Onderdeel	Eenheid	Waarde
Debiet exclusief kelder	m ³ /d	5,88
Debiet inclusief kelder	m ³ /d	5,78
Vershil	%	-1,7%



Figuur 5.3 Vershil freatische grondwaterstand voor een **natte periode** in het **toekomstig klimaat (2050)** tussen de situatie zonder de nieuwe kelder en de situatie met de nieuwe kelder

5.4 Interpretatie

5.4.1 Effecten op de omgeving

Het doel van grondwaterneutraal kelders bouwen is dat de grondwaterstand- en stromingsrichting niet of nauwelijks mogen veranderen. Daarnaast mag er geen grondwater onder- of overlast ontstaan door het bouwen van de nieuwe kelder, waarbij de richtlijnen worden aangehouden zoals opgenomen in het afwegingskader¹⁴. Daarnaast mag de afwijking in debiet niet groter zijn 10% om de kelder als grondwaterneutraal te beschouwen.

De effecten van barrièrewerking zijn - door de ligging van de kelder ten opzichte van de geohydrologische situatie, in combinatie met de relatief ondiepte ligging van de kelder - zeer beperkt. De maximaal berekende verschillen rondom de kelder zijn 2 cm, wat ruim onder de richtlijn van 5 cm valt. Daarnaast blijven de verschillen in debieten ruim onder de 10%. De richtlijn van Waternet voor ontwateringsdiepte bedraagt 90 cm met het oog op veranderingen in het toekomstig klimaat. Deze ontwateringsdiepte wordt in het toekomstig klimaat (natte periode) niet gehaald. Echter is dit in het huidige klimaat ook al het geval.

Op basis van de berekeningen zijn de verwachte effecten op de omgeving van de kelder minimaal, en voldoet de kelder aan de richtlijnen van het grondwaterneutraal aanleggen van de kelder. De kelder kan zonder mitigerende maatregel in de vorm van grondverbetering aangelegd worden.

5.4.2 Hemelwaterafvoer

In het model is uitgegaan van een gemiddelde infiltratie over het gehele model voor stedelijk gebied. Door het plaatsen van de kelder zal het onverhard oppervlak afnemen ten opzichte van de huidige situatie, waardoor het mogelijk is dat minder water zal kunnen infiltreren in de bodem. Hierdoor kan een extra effect zich voordoen, namelijk een lokale verlaging van de grondwaterstand. Om dit effect te compenseren is eerder als mitigerende maatregel (versie 1 van dit rapport) als oplossing gekozen om het hemelwater weer te infiltreren in de bodem.

Naar aanleiding van het overleg met Waternet (d.d. 27 januari 2025) is aangegeven dat in het kader van hemelwaterafvoer de Hemelwaterverordening van toepassing is. Hierin staan regels opgenomen hoe om moet worden gegaan met het opvangen en afvoeren van hemelwater op verhard oppervlak. Aangegeven is dat in het geval de gebouwen aan de Fokkemast en Parlevinker het niet wenselijk is om water te infiltreren in de bodem, aangezien de ontwateringsdiepte van 90 cm nog niet gehaald wordt in dit gebied. Ten aanzien van hemelwaterafvoer dient dus te worden voldaan aan de hemelwaterverordening, maar zijn geen mitigerende maatregelen in de vorm van infiltratie van het regenwater gewenst.

¹⁴ Gemeente Amsterdam, "Afwegingskader Grondwaterneutrale Kelders Amsterdam p.18": "Maatregelen worden alleen genomen waar dat noodzakelijk is om overlast of onderlast te voorkomen. Als de ontwatering boven de 90 cm blijft en/of de onderlast niet toeneemt en/of de effecten van kelderbouw verwaarloosbaar klein zijn, is het niet gewenst om maatregelen op te leggen. De baten wegen dan niet op tegen de extra kosten voor de initiatiefnemer."

6 Conclusie

In opdracht van Woningstichting Rochdale heeft TAUW een geohydrologisch onderzoek uitgevoerd voor de locatie Fokkemast en Parlevinker te Amsterdam. Aanleiding tot het geohydrologisch onderzoek is de realisatie van nieuwe bebouwing met een nieuwe parkeerkelder.

Op basis van de opbarstberekening wordt er geen risico tot het opbarsten van de putbodern verwacht tijdens de aanlegfase van de kelder. Wel wordt aanbevolen om voor uitvoering van de werkzaamheden met behulp van minimaal één sondering met waterspanning of met het plaatsen van een peilbuis de stijghoogte in de tussenzandlaag te bepalen. Met de nieuwe gegevens kan het risico tot opbarsten vervolgens nauwkeuriger berekend worden.

Om de effecten van de nieuwe kelder inzichtelijk te maken, is gebruik gemaakt van een grondwatermodel. Het model is geijkt op basis van de gemiddelde grondwaterstand die is gemeten in de omgeving van de beoogde kelder. Het resultaat van de ijking wordt voldoende geacht om de berekeningen uit te voeren. Naast de effecten van de kelder bij de gemiddelde grondwaterstand in het huidige klimaat zijn ook de effecten van de nieuwe kelder tijdens een droge en natte periode in een toekomstscenario (2050) doorerekend.

Uit de resultaten van de berekeningen volgt dat in alle gevallen de verschillen in grondwaterstand als gevolg van barrièrewerking kleiner zijn dan 5 cm (maximaal 2 cm in een natte periode in 2050). Daarnaast zijn de verschillen in debieten ook kleiner dan 10%. Op basis van deze gegevens kan worden geconcludeerd dat het plaatsen van de kelder minimale gevolgen zal hebben voor de stromingsrichting en -snelheid en geen negatieve effecten op de omgeving zal hebben. Hiervoor dient geen mitigerende maatregel in de vorm van grondverbetering toegepast te worden.

Een ander mogelijk effect kan een (zeer lokale) verlaging van de grondwaterstand zijn door het verminderen van het onverhard oppervlak waardoor minder regenwater kan infiltreren. Het is in dit geval ongewenst om dit regenwater opnieuw te infiltreren, aangezien in het gebied de ontwateringsdiepte van 90 cm nog niet gehaald wordt. Ten aanzien van hemelwaterafvoer dient geen mitigerende maatregel in de vorm van infiltratie toegepast te worden.

Op basis van de berekeningen moet het goed mogelijk zijn om de kelder zonder mitigerende maatregelen grondwaterneutraal aan te kunnen leggen en zal het hebben van de parkeerkelder niet leiden tot negatieve effecten op de omgeving en daarmee geen belemmering hoeven te vormen voor de bestemmingsplanwijziging.

Bijlage 1**Regionale ligging**

Regionale ligging van de onderzoekslocatie



Opdrachtgever	Woningstichting Rochdale	Schaal	1:25000	Status	Definitief
Project	Amsterdam-Noord Fokkemast en Parlevink	Formaat	A4	Projectnummer	1288889
Onderdeel	Regionale ligging van de onderzoekslocatie	Datum: 27-3-2023	Tekeningsnummer	1	
		Get.: TDA			
		Gec. #			
Postbus 133 7400 AC Deventer Telefoon (0270) 69 99 11 Fax (0270) 69 99 66					

Bijlage 2**Overzichtstekening**



Banne Seniorenhof, Amsterdam

onderdeel:

#Layout Name

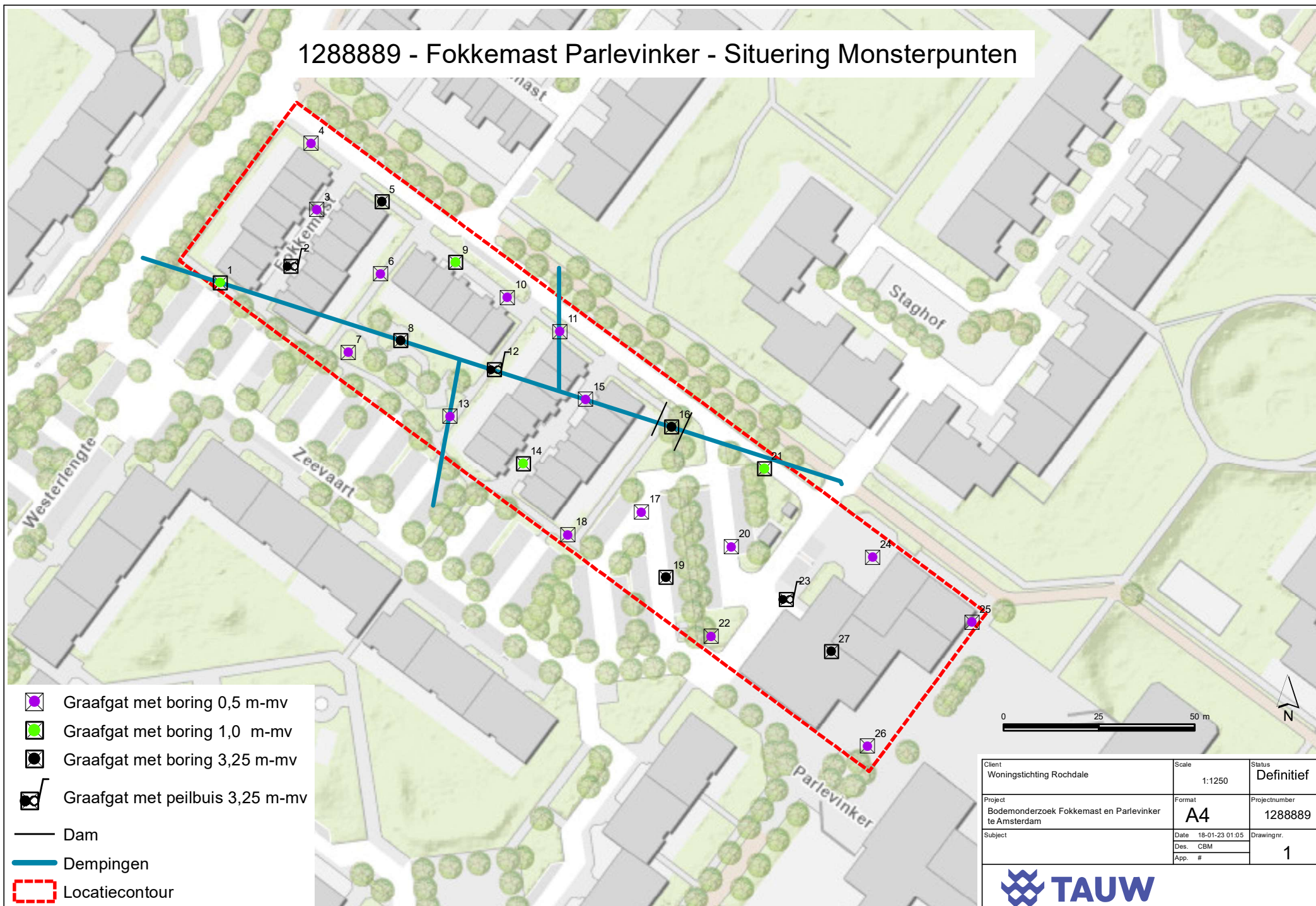
projectnummer: 3569
schaal: 1:###
formaat: A3
datum: #Datum

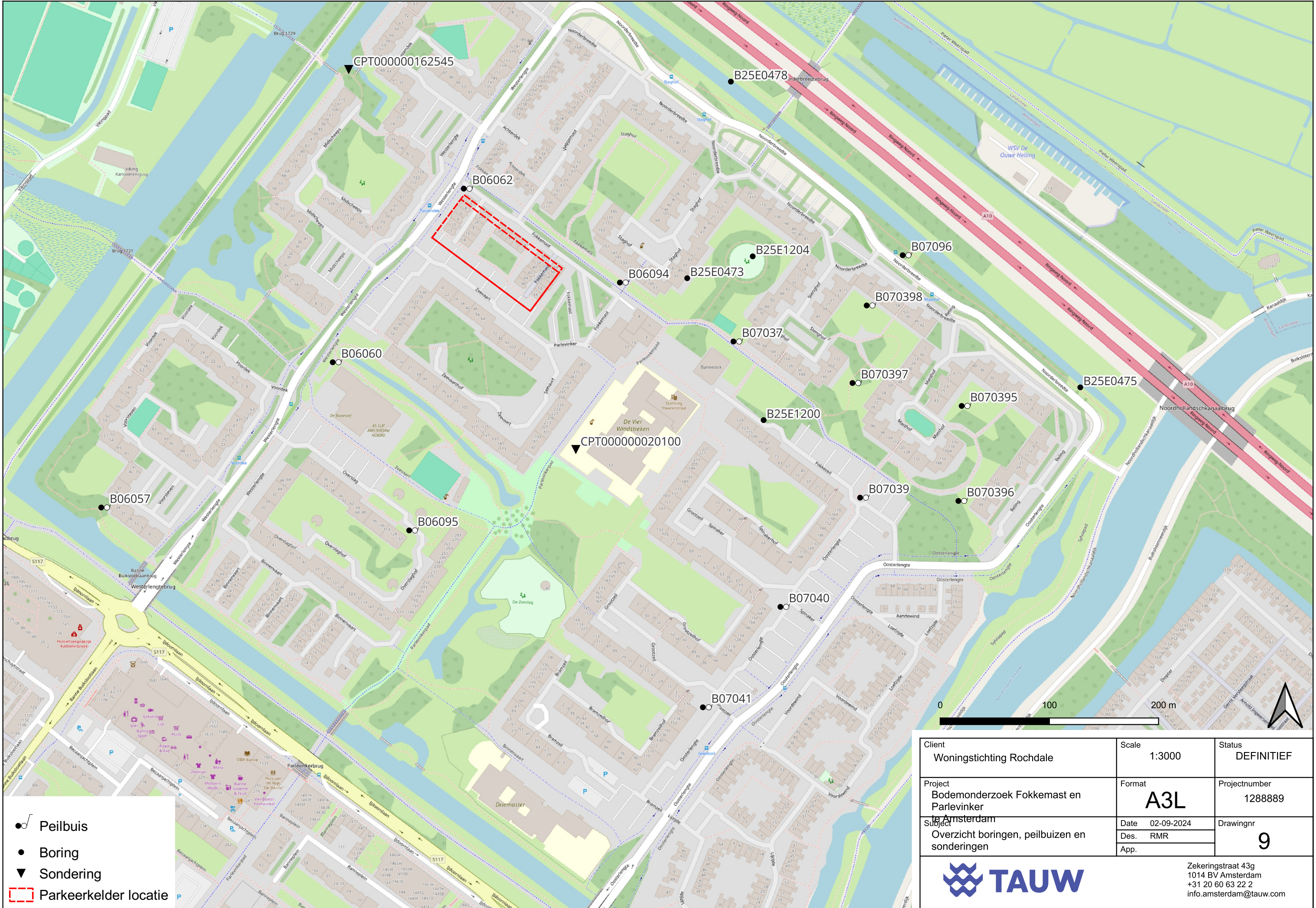


SVP

Bijlage 3**Situering boringen, sonderingen en
peilbuizen**

1288889 - Fokkemast Parlevinker - Situering Monsterpunten



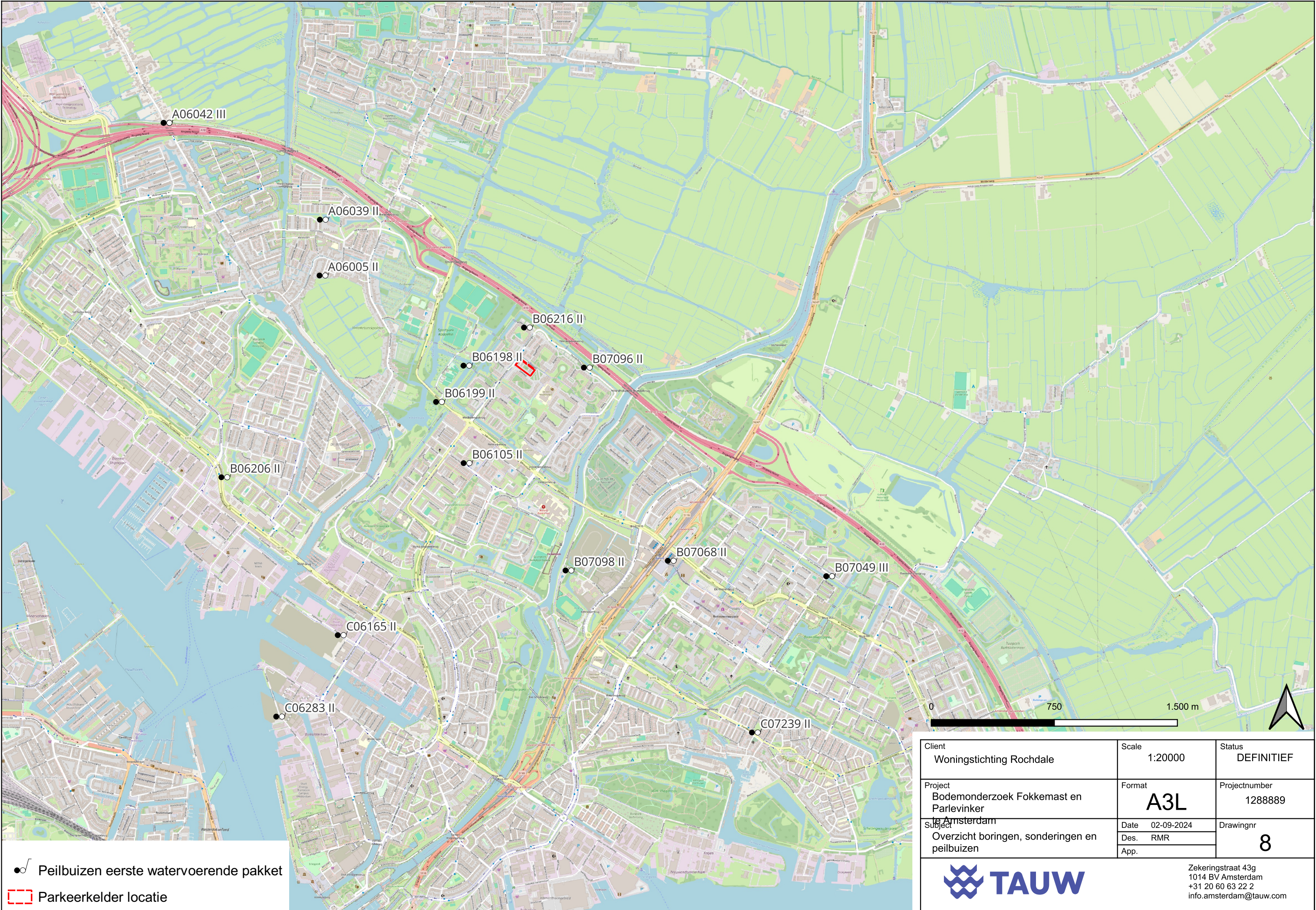


- Peilbuis
- Boring
- Sondering
- Parkeerkelder locatie

Client Woningstichting Rochdale	Scale 1:3000	Status DEFINITIEF
Project Bodemonderzoek Fokkemast en Parlevinker te Amsterdam	Format A3L	Projectnummer 1288889
Subject Overzicht boringen, peilbuizen en sonderingen	Date 02-09-2024 Des. RMR App.	Drawingnr 9



Zekeringstraat 43g
1014 BV Amsterdam
+31 20 60 63 22 2
info.amsterdam@tauw.com



Client	Woningstichting Rochdale	Scale	1:20000	Status	DEFINITIEF
Project	Bodemonderzoek Fokkemast en Parlevinker te Amsterdam	Format	A3L	Projectnummer	1288889
Subject	Overzicht boringen, sonderingen en peilbuizen	Date	02-09-2024	Drawingnr	8
		Des.	RMR		
		App.			

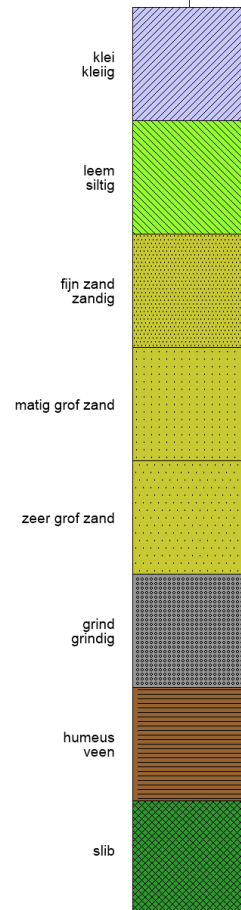


Zekeringstraat 43g
1014 BV Amsterdam
+31 20 60 63 22 2
info.amsterdam@tauw.com

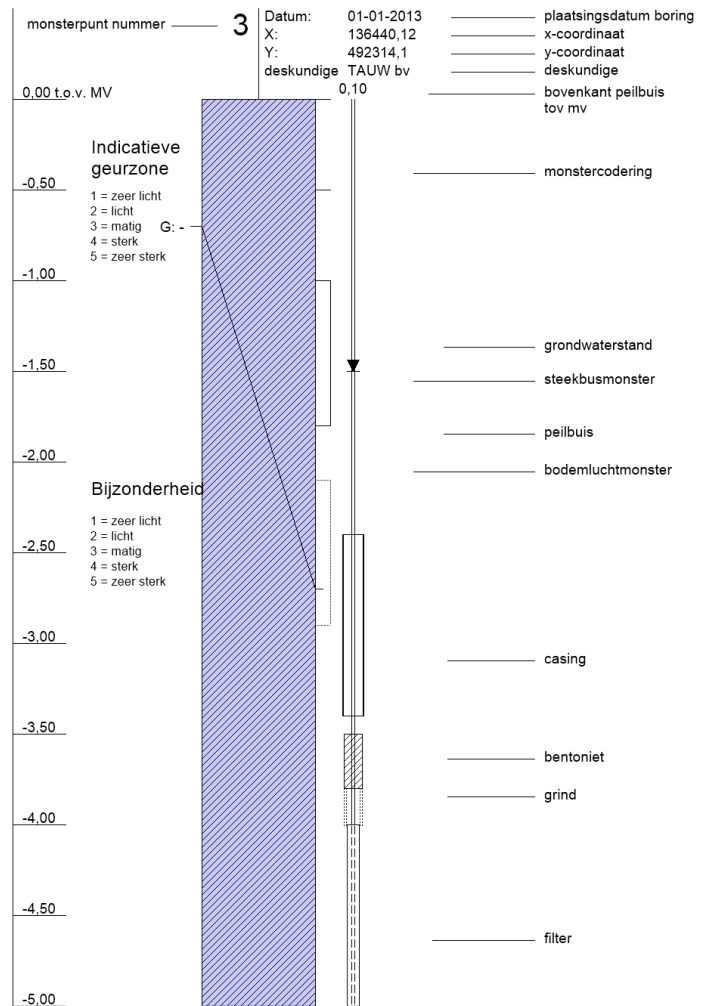
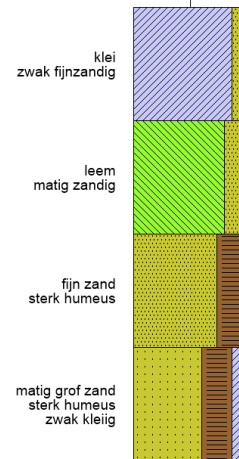
Bijlage 4**Boorprofielen en sondeergrafieken
TAUW en DINOloket**

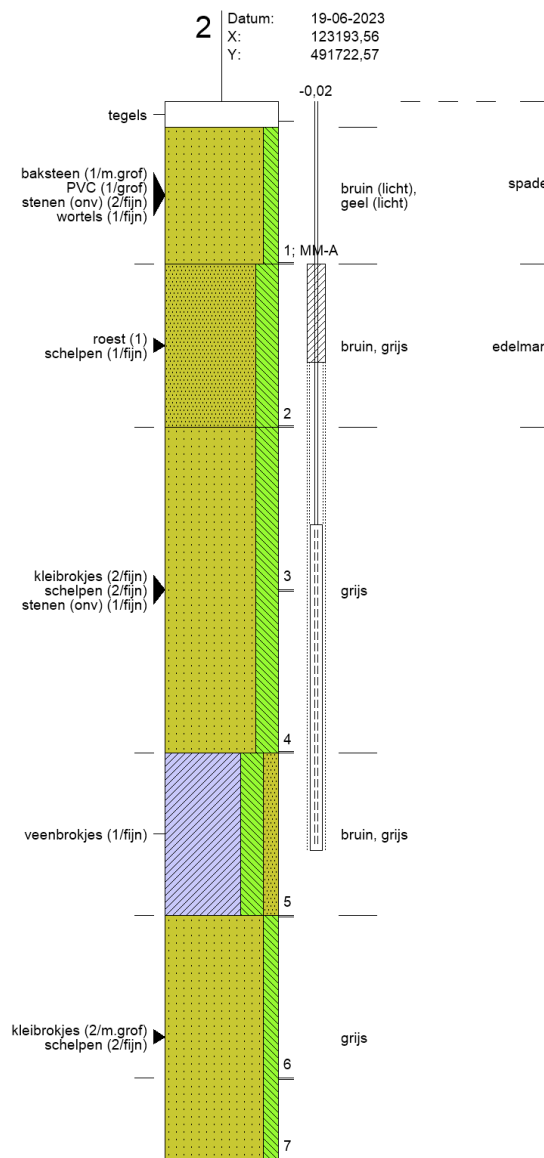
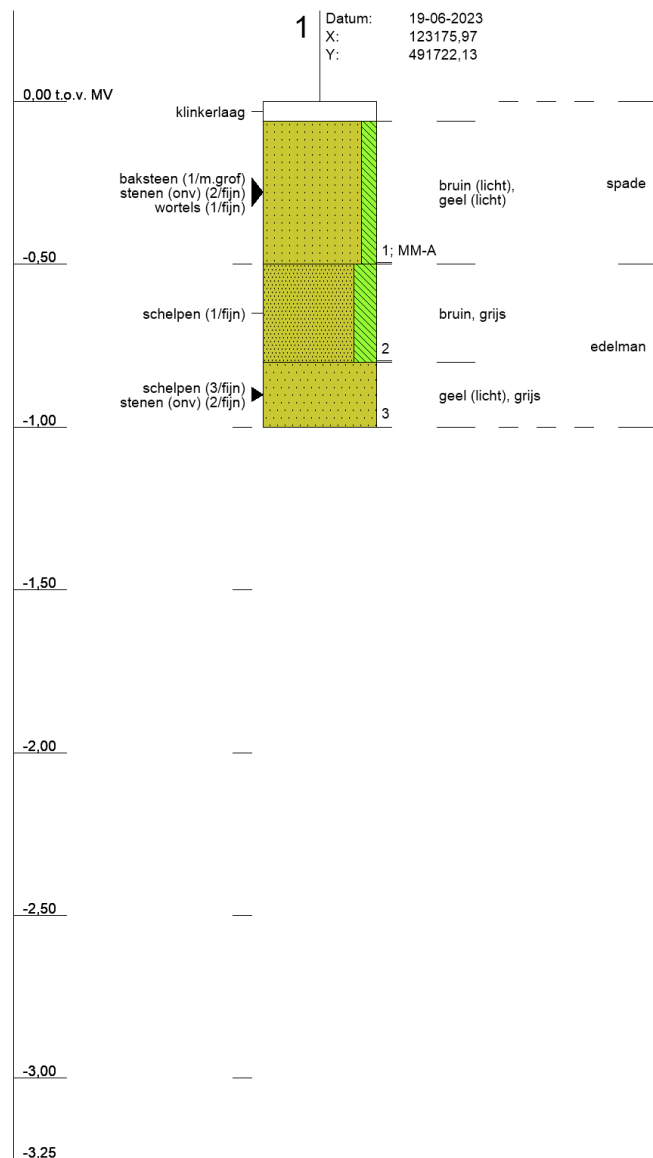
Legenda boorprofielen

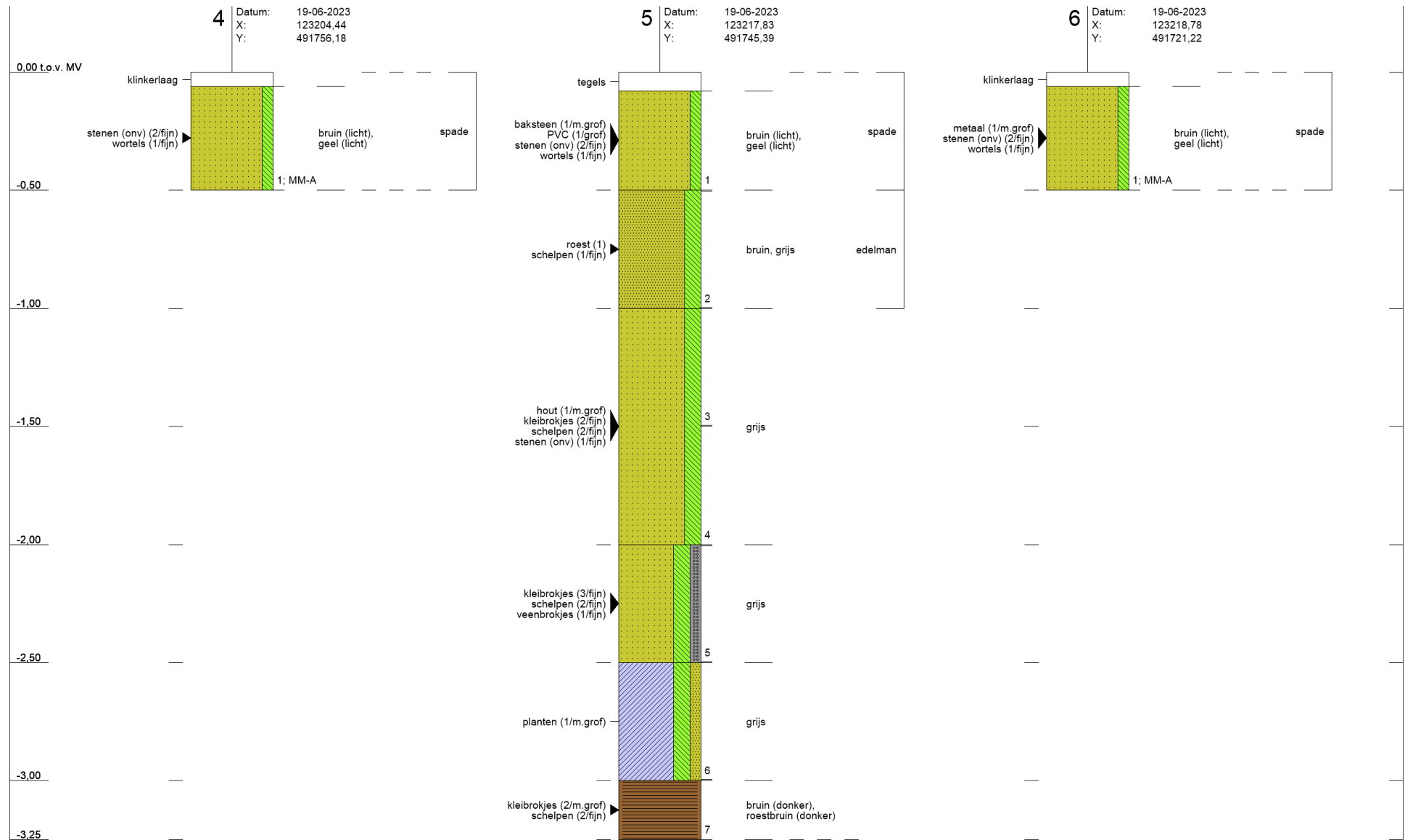
1 Datum: 01-01-2013
X: 202677,98
Y: 438991,13
deskundige TAUW bv

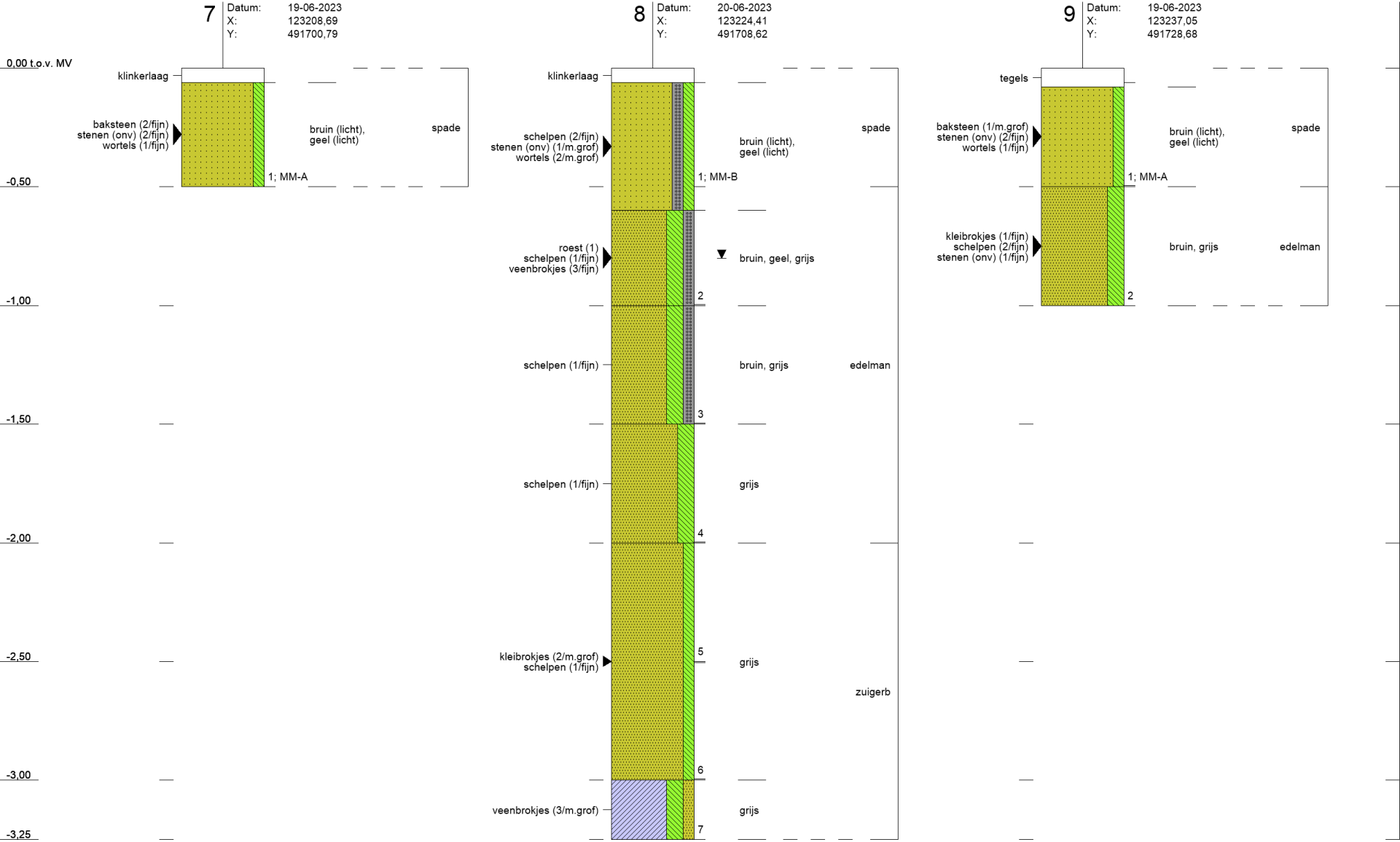


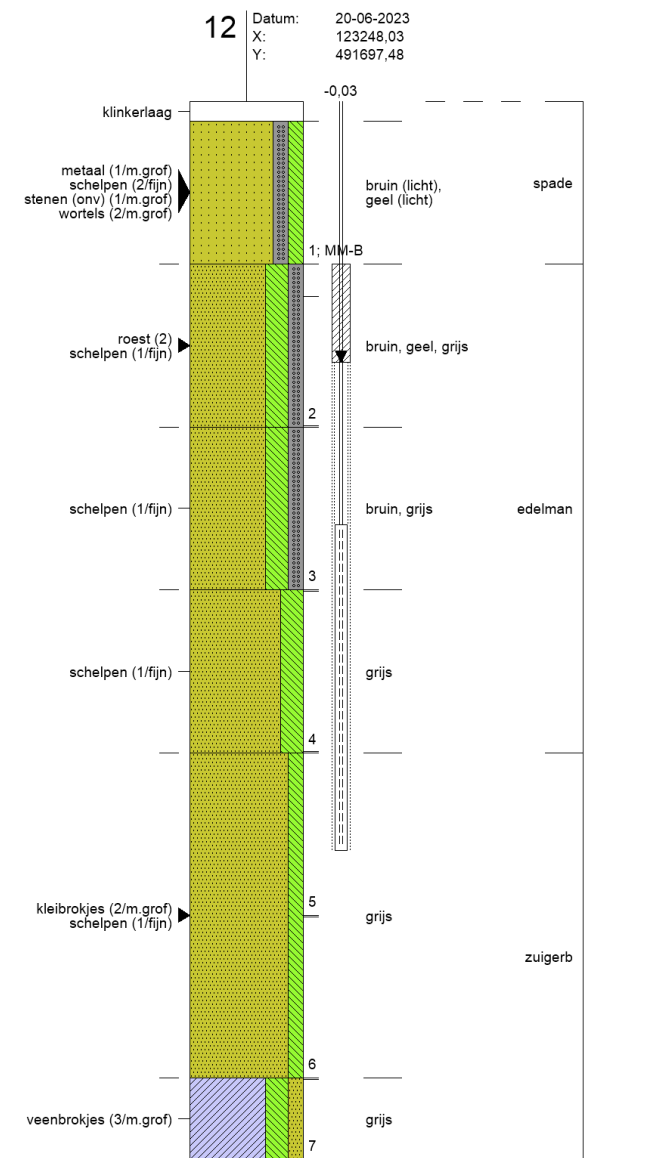
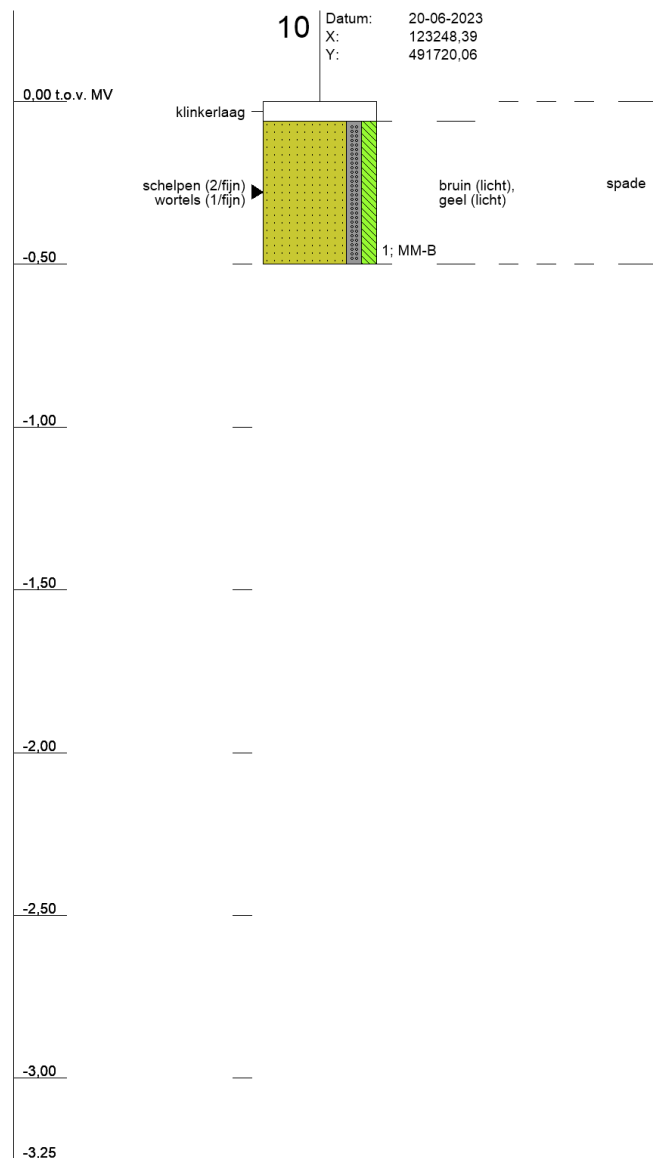
2 Datum: 01-01-2013
X: 136440,12
Y: 492314,1
deskundige TAUW bv

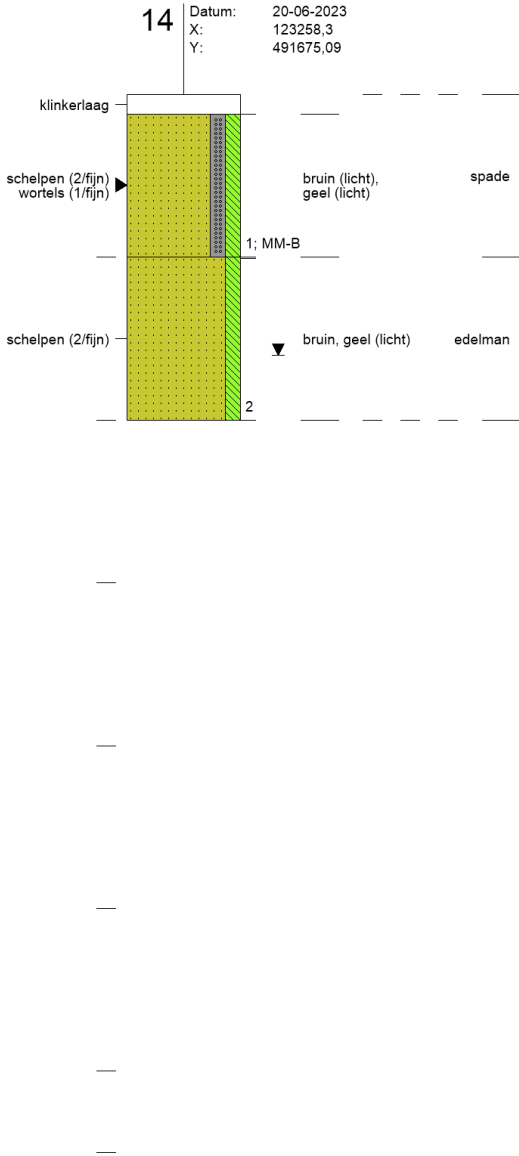


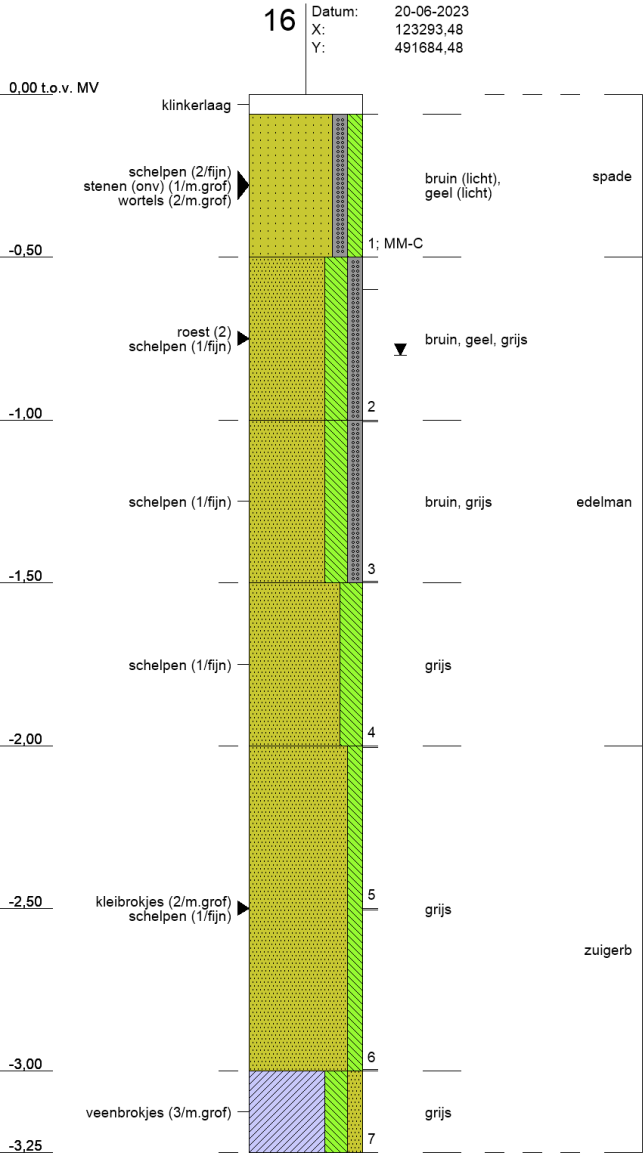




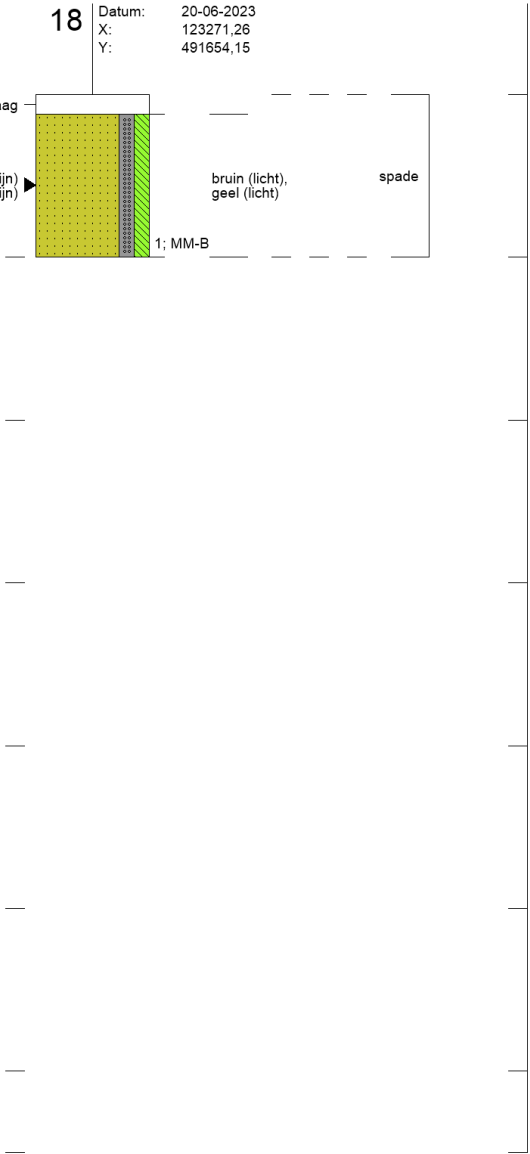




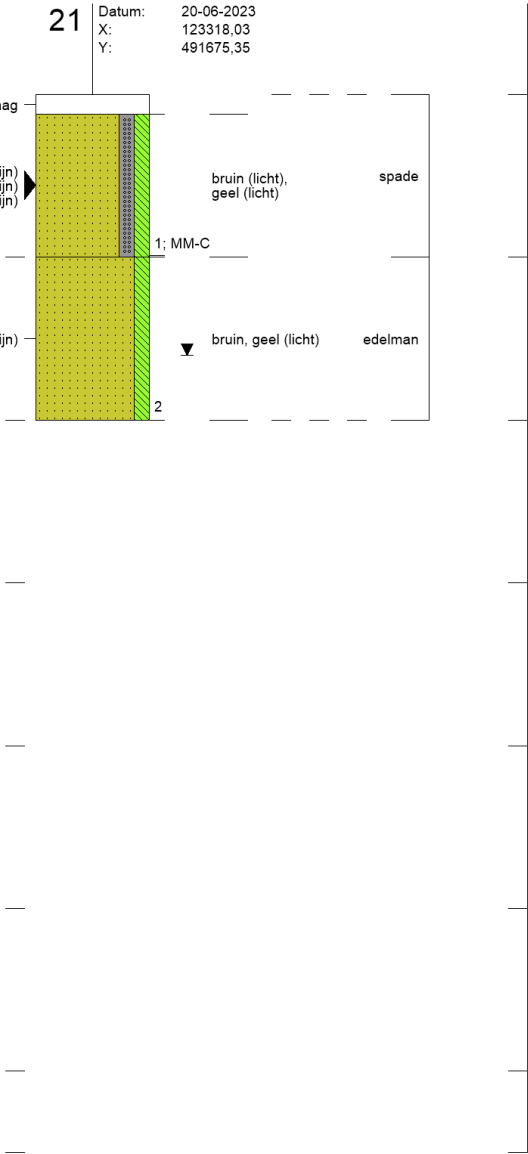
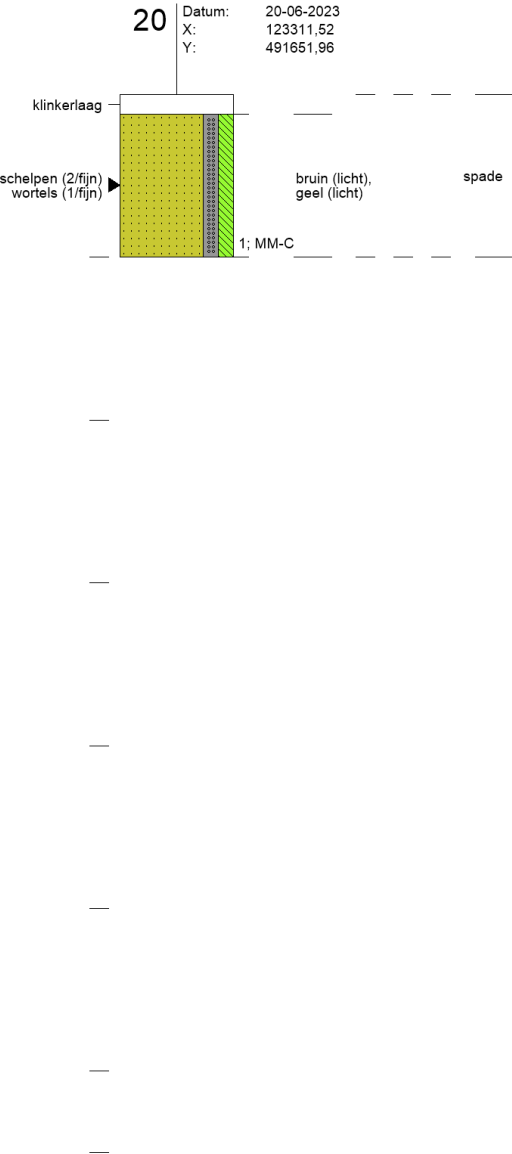
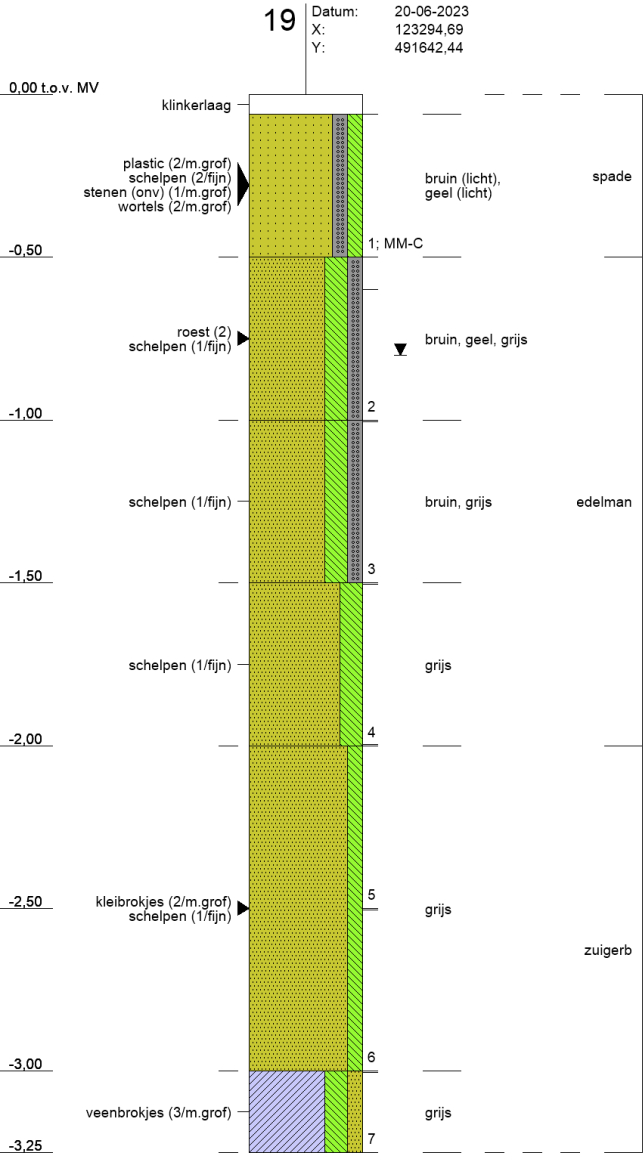


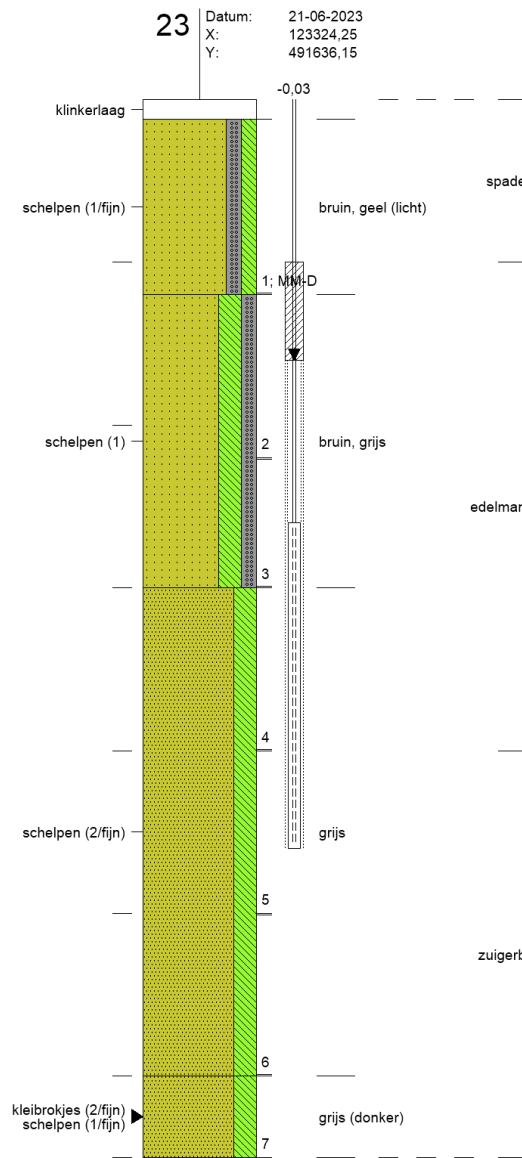
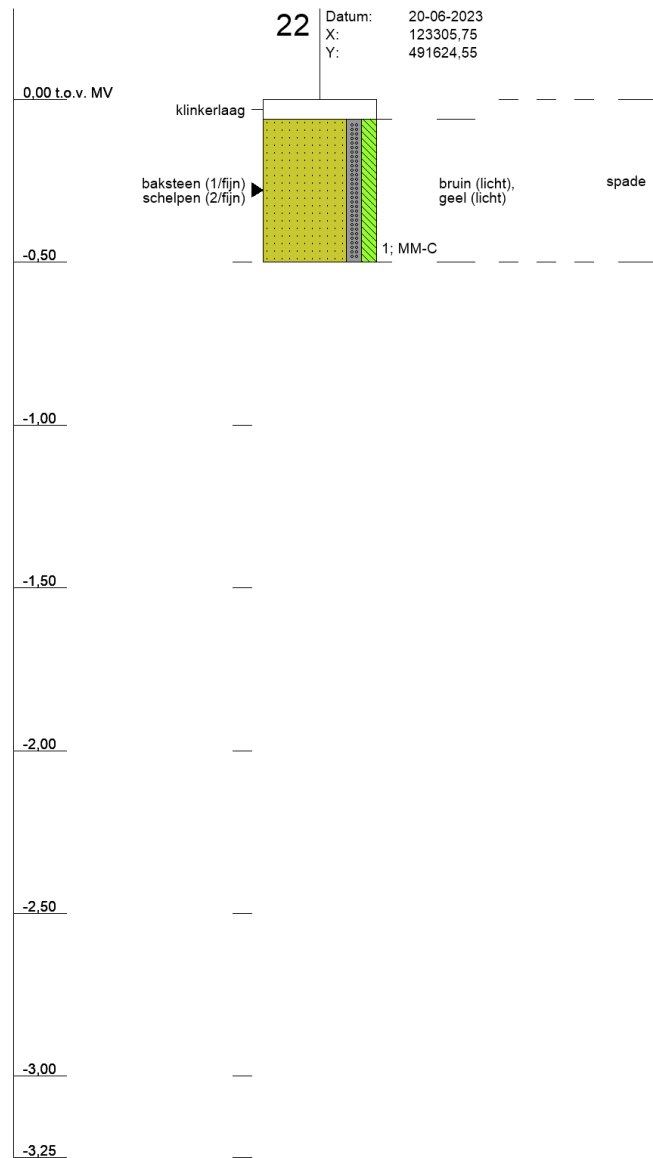


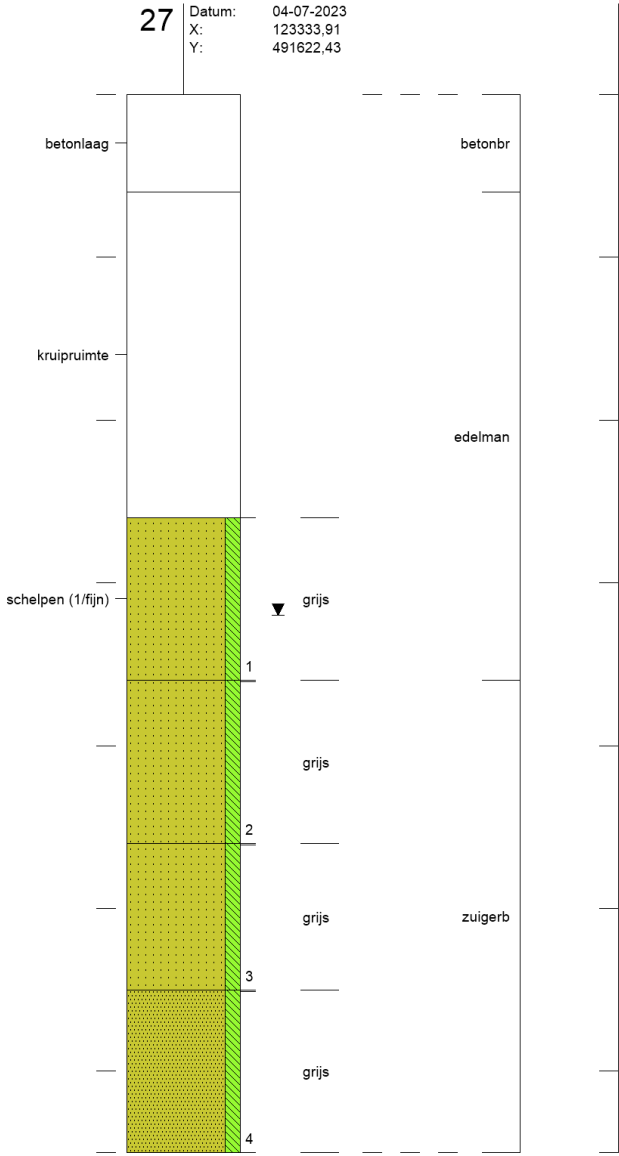
Profielen conform NEN 5104



1288889 : Amsterdam-Noord Fokkemast en Parlevinker







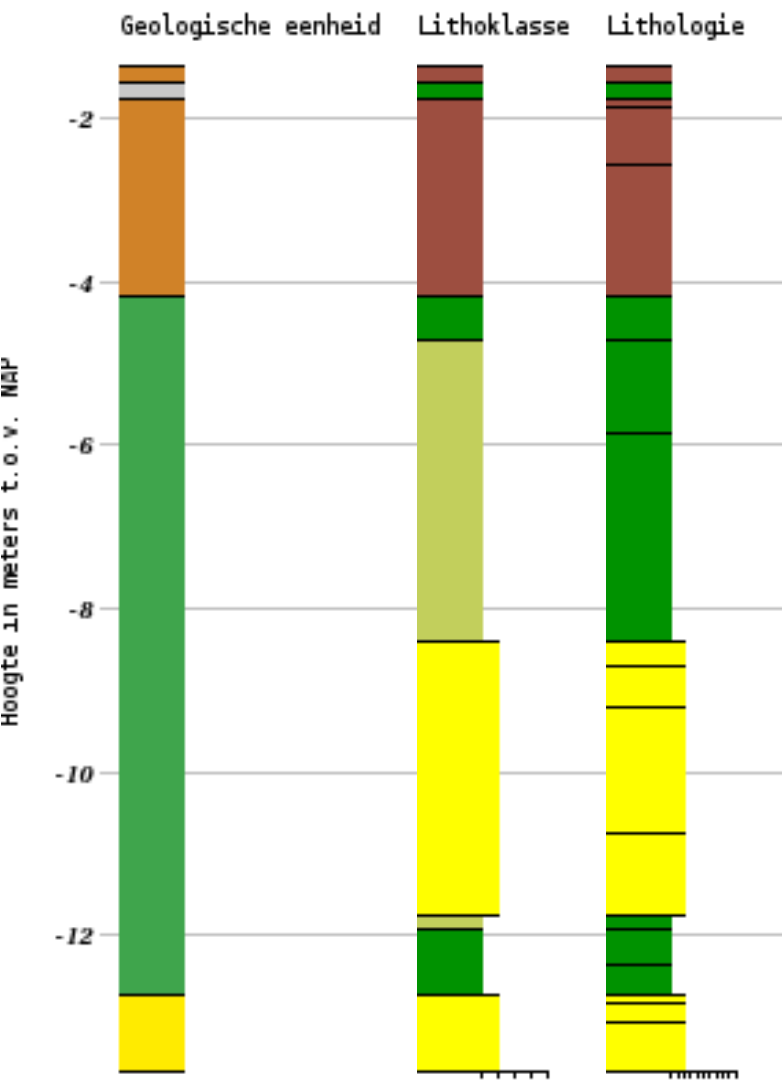
Boormonsterprofiel en interpretatie BRO GeoTOP v1.6

Identificatie: B25E0473

Coördinaten: 123400, 491680 (RD)

Maaiveld: -1.36 m t.o.v. NAP

Hoogte t.o.v NAP: -13.66 m - -1.36 m



Geologische eenheid

	NI
	AAOP
	NIHO
	NAWO
	BX

Lithoklasse

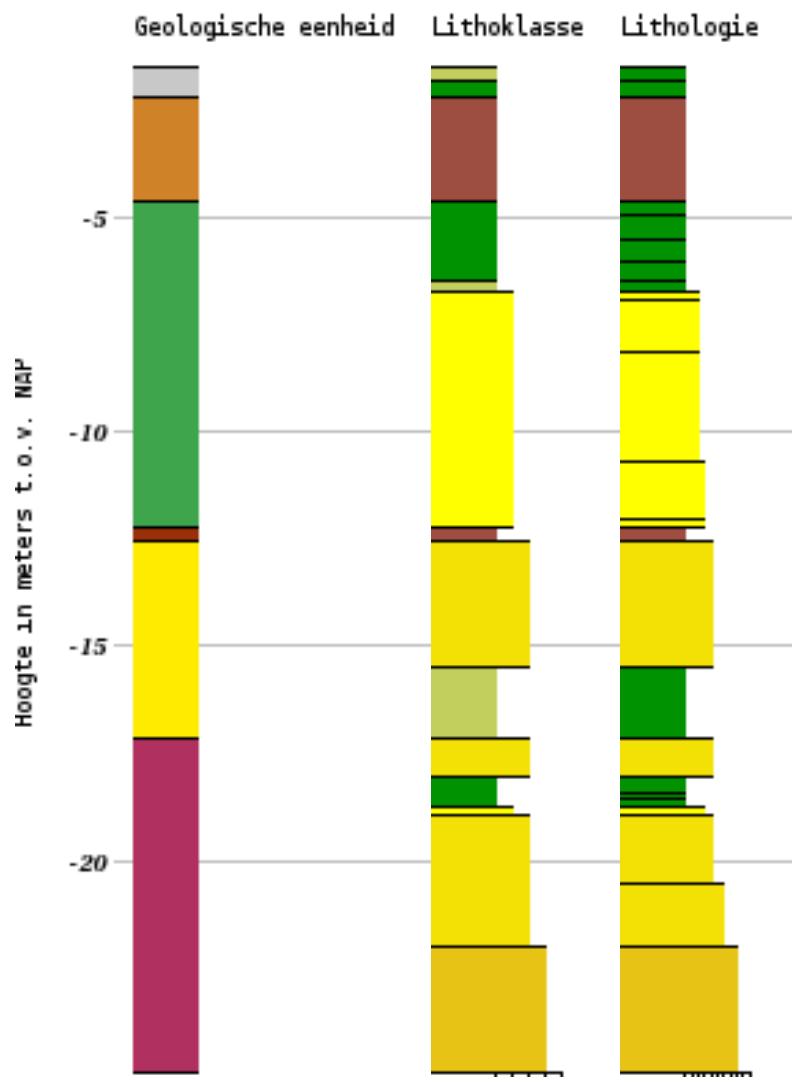
	antropogeen
	organisch materiaal (veen)
	klei
	kleiig zand, zandige klei en leem
	zand fijn
	zand midden
	zand grof
	grind
	schelpen

Lithologie

	Klei
	Zand fijne categorie
	Veen

Boormonsterprofiel en interpretatie BRO GeoTOP v1.6

Identificatie:	B25E0475
Coördinaten:	123760, 491580 (RD)
Maaiveld:	-1.52 m t.o.v. NAP
Hoogte t.o.v NAP:	-24.92 m - -1.52 m



Geologische eenheid

	AAOP
	NIHO
	NAWO
	NIBA
	BX
	KR

Lithoklasse

	antropogeen		Klei
	organisch materiaal (veen)		Zand fijne categorie
	klei		Zand midden categorie
	kleiig zand, zandige klei en leem		Zand grove categorie
	zand fijn		Veen
	zand midden		
	zand grof		
	grind		
	schelpen		

Lithologie

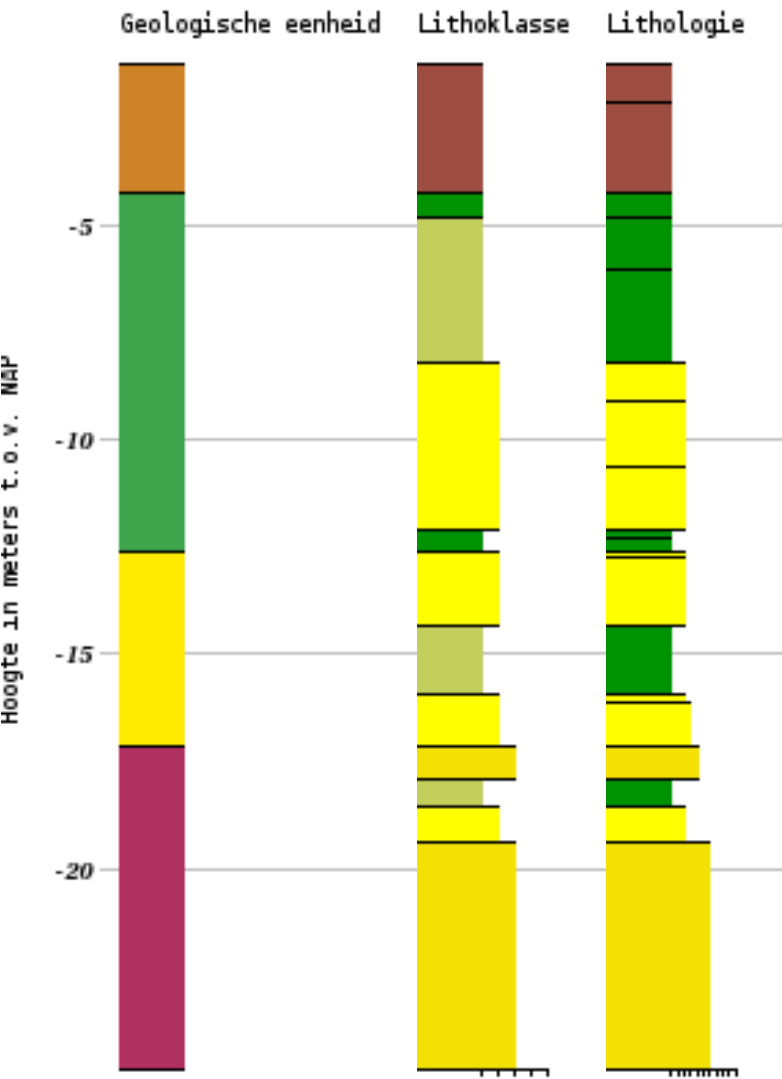
Boormonsterprofiel en interpretatie BRO GeoTOP v1.6

Identificatie: B25E0478

Coördinaten: 123440, 491860 (RD)

Maaiveld: -1.26 m t.o.v. NAP

Hoogte t.o.v NAP: -24.66 m - -1.26 m



Geologische eenheid

	NIHO
	NAWO
	BX
	KR

Lithoklasse

	antropogeen		Klei
	organisch materiaal (veen)		Zand fijne categorie
	klei		Zand midden categorie
	kleiig zand, zandige klei en leem		Veen
	zand fijn		
	zand midden		
	zand grof		
	grind		
	schelpen		

Lithologie

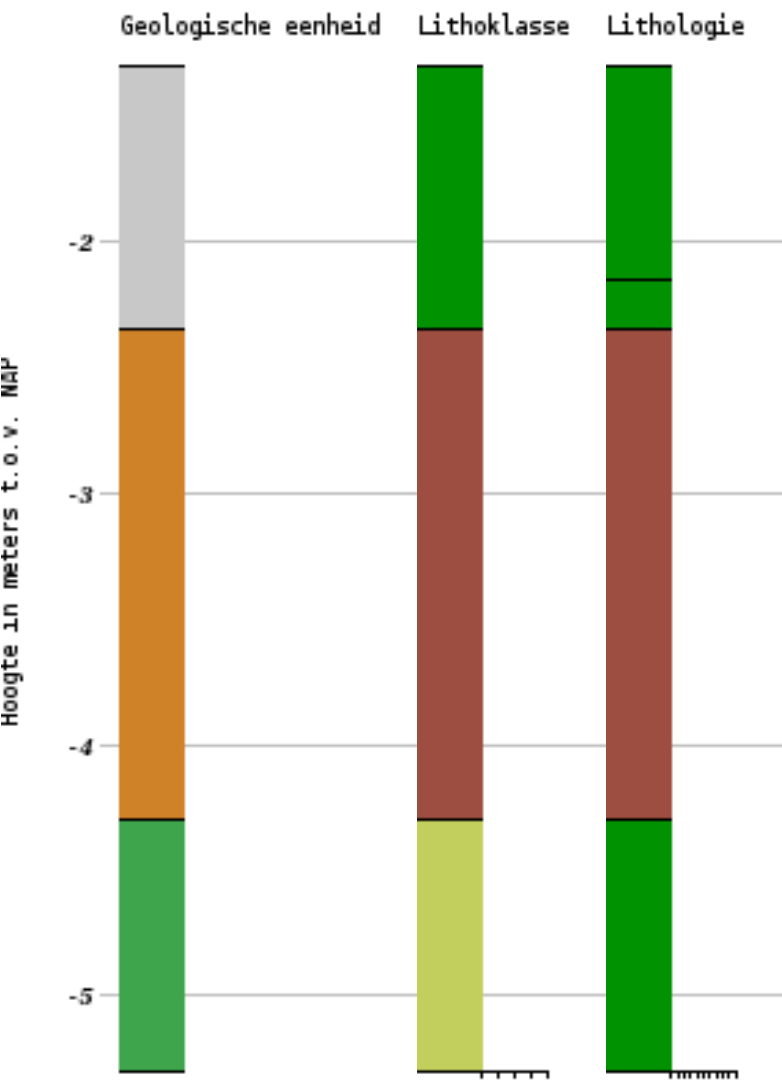
Boormonsterprofiel en interpretatie BRO GeoTOP v1.6

Identificatie: B25E1200

Coördinaten: 123470, 491550 (RD)

Maaiveld: -1.30 m t.o.v. NAP

Hoogte t.o.v NAP: -5.30 m - -1.30 m



Geologische eenheid

	AAOP
	NIHO
	NAWO

Lithoklasse

	antropogeen
	organisch materiaal (veen)
	klei
	kleiig zand, zandige klei en leem
	zand fijn
	zand midden
	zand grof
	grind
	schelpen

Lithologie

	Klei
	Veen

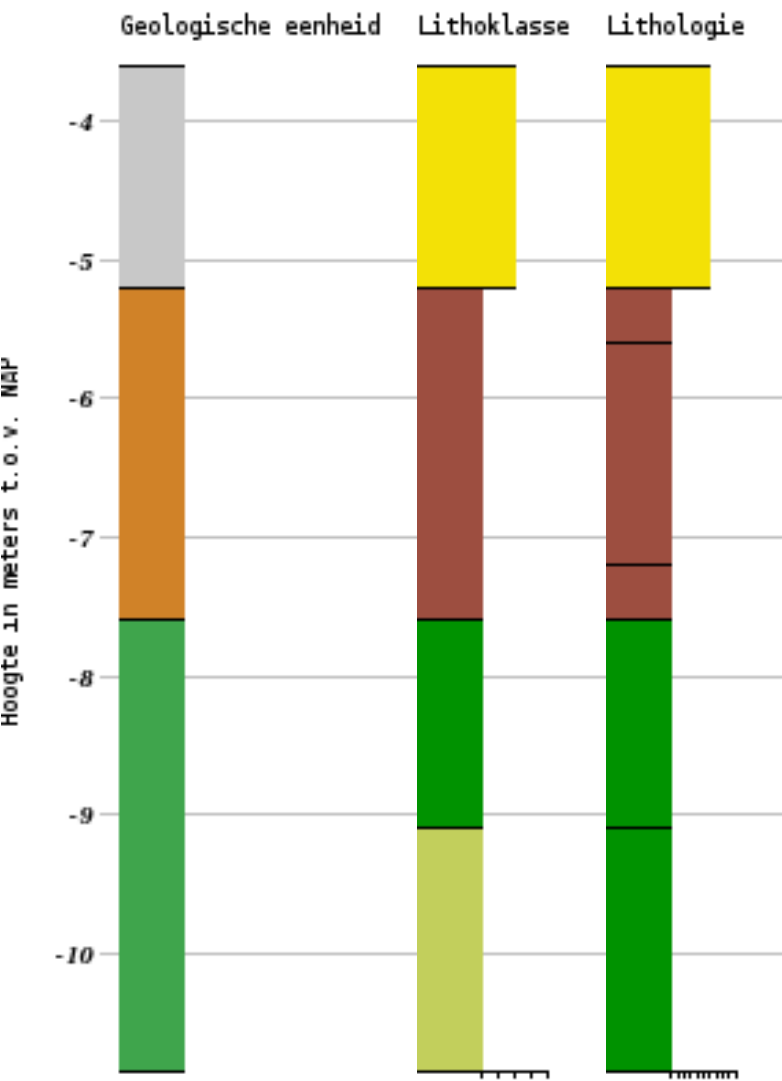
Boormonsterprofiel en interpretatie BRO GeoTOP v1.6

Identificatie: B25E1204

Coördinaten: 123460, 491700 (RD)

Maaiveld: -3.60 m t.o.v. NAP

Hoogte t.o.v NAP: -10.85 m - -3.60 m



Geologische eenheid

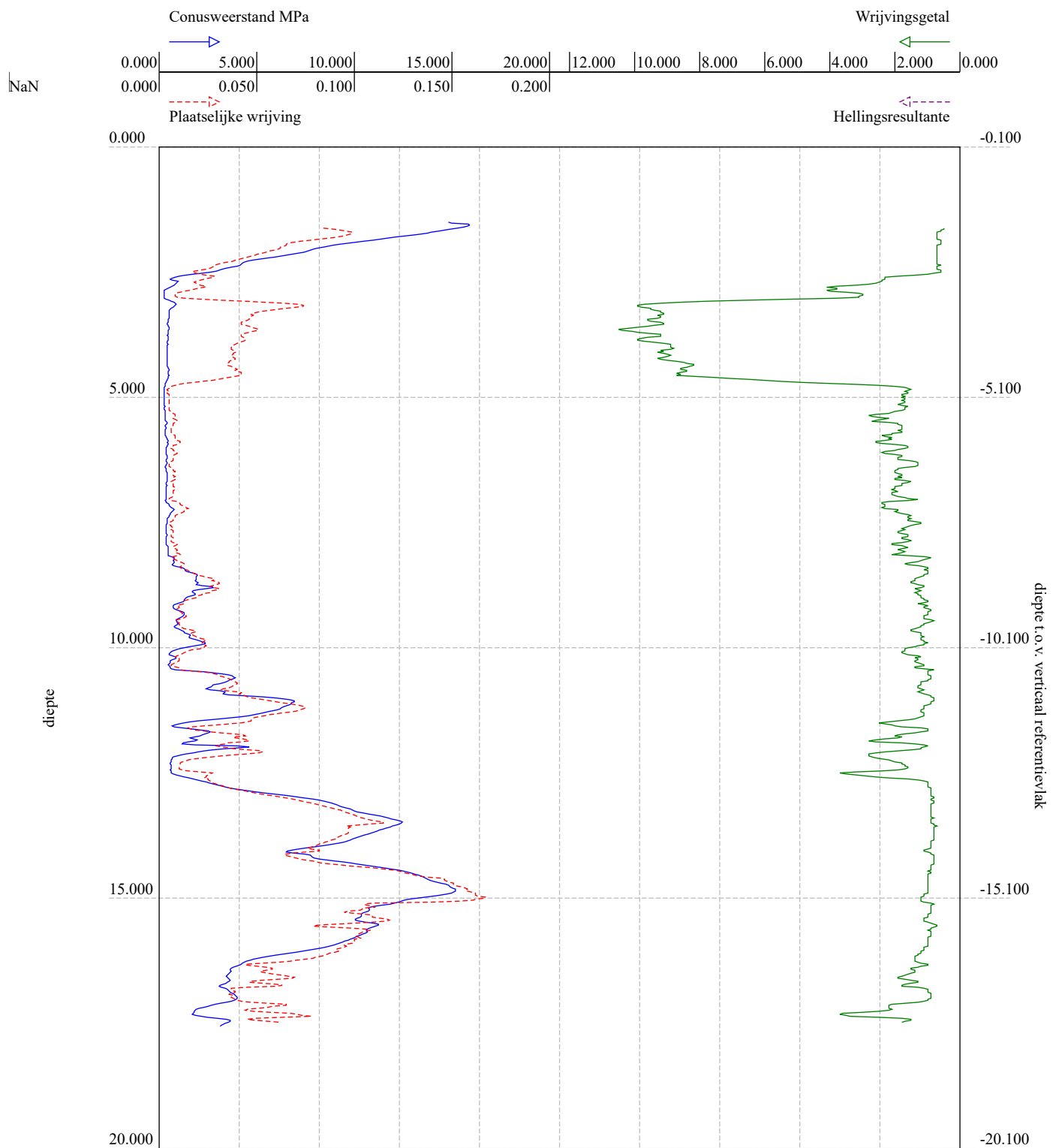
	AAOP
	NIHO
	NAWO

Lithoklasse

	antropogeen
	organisch materiaal (veen)
	klei
	kleiig zand, zandige klei en leem
	zand fijn
	zand midden
	zand grof
	grind
	schelpen

Lithologie

	Klei
	Zand midden categorie
	Veen

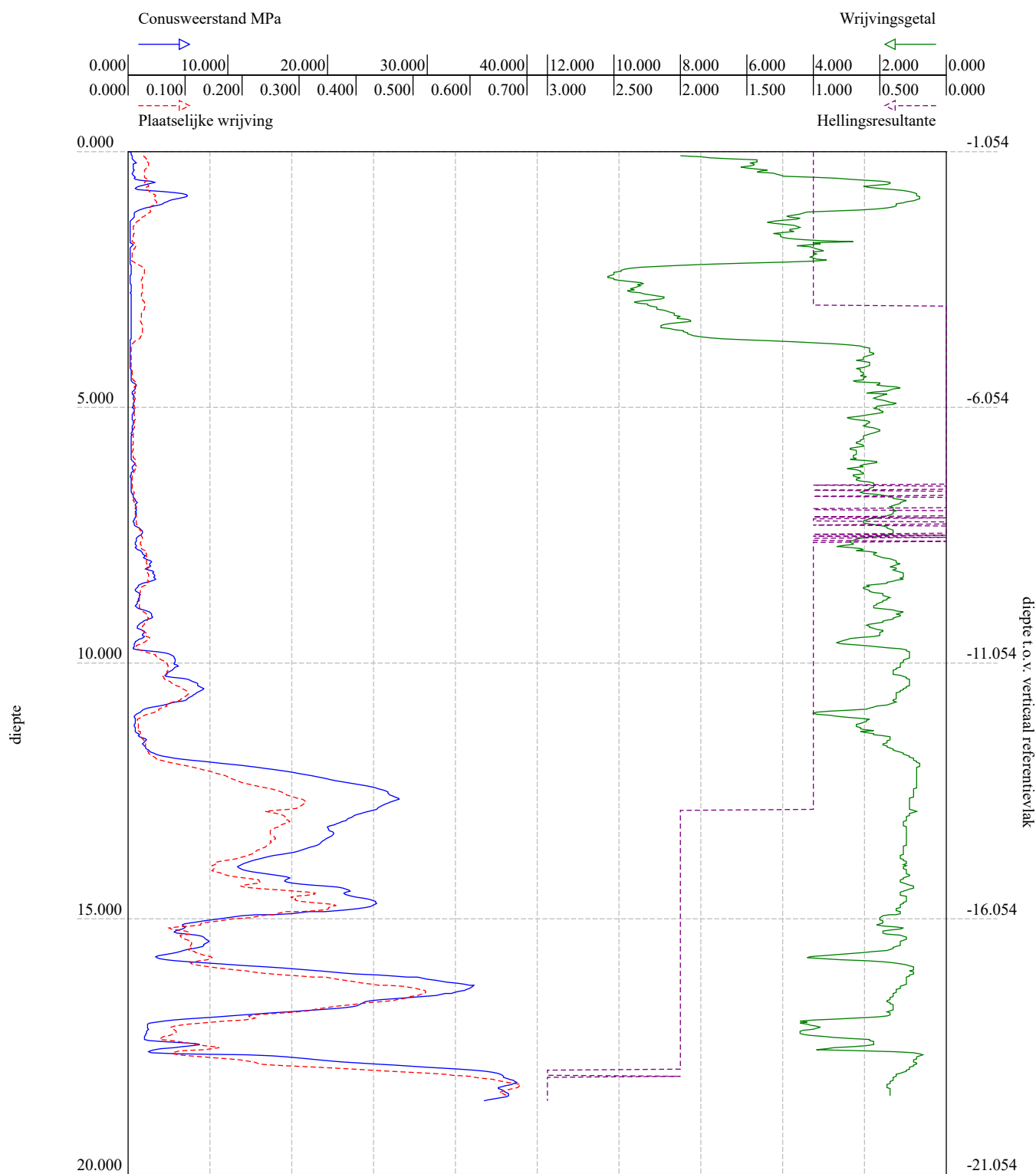


BRO-ID: CPT0000000020100

Verticale verschuiving: -0.100 (NAP)

Lokaal verticaal referentiepunt: maaiveld

Aangeleverde coördinaten: 123298.000, 491523.000 (urn:ogc:def:crs:EPSG::28992)

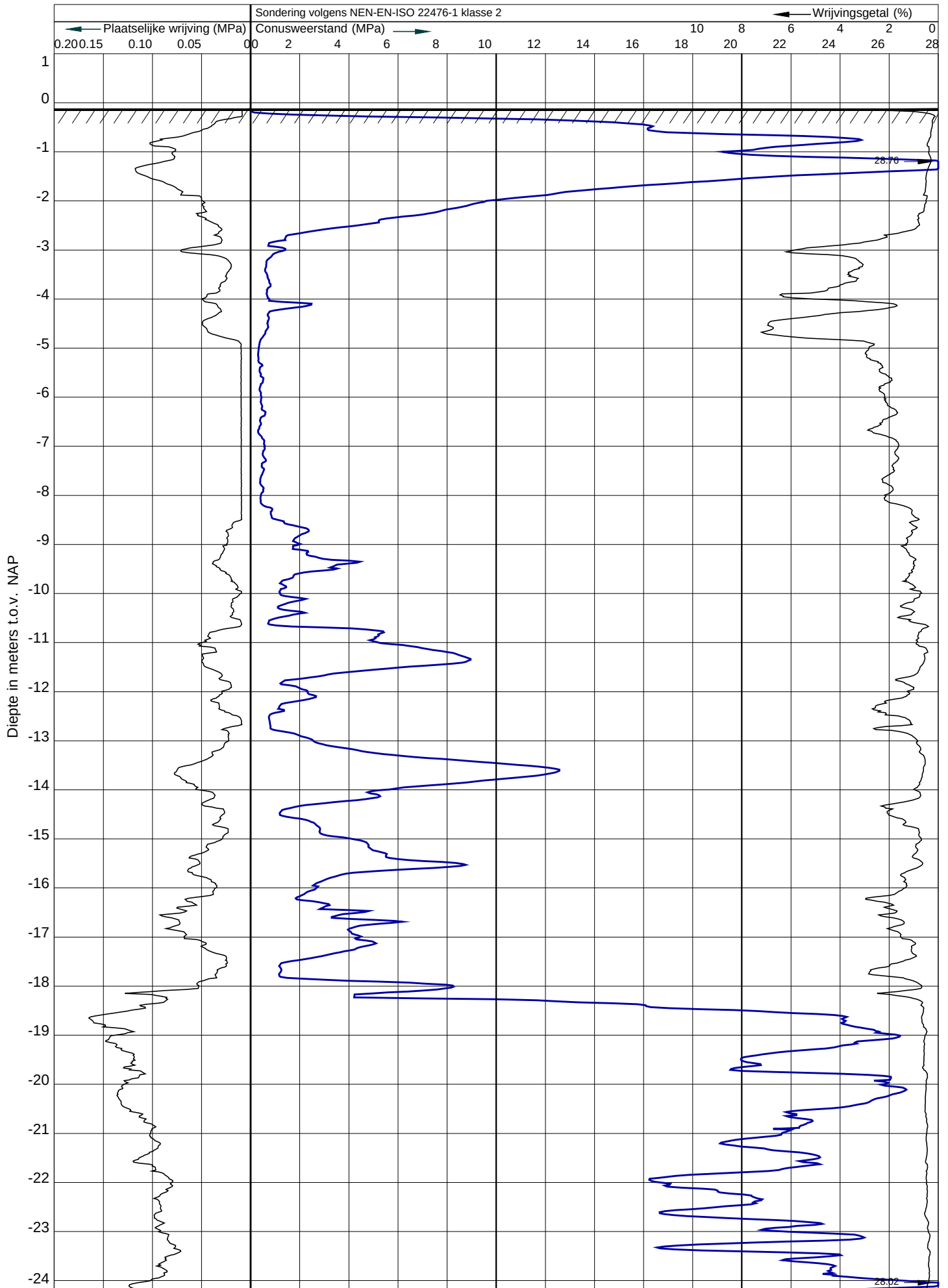


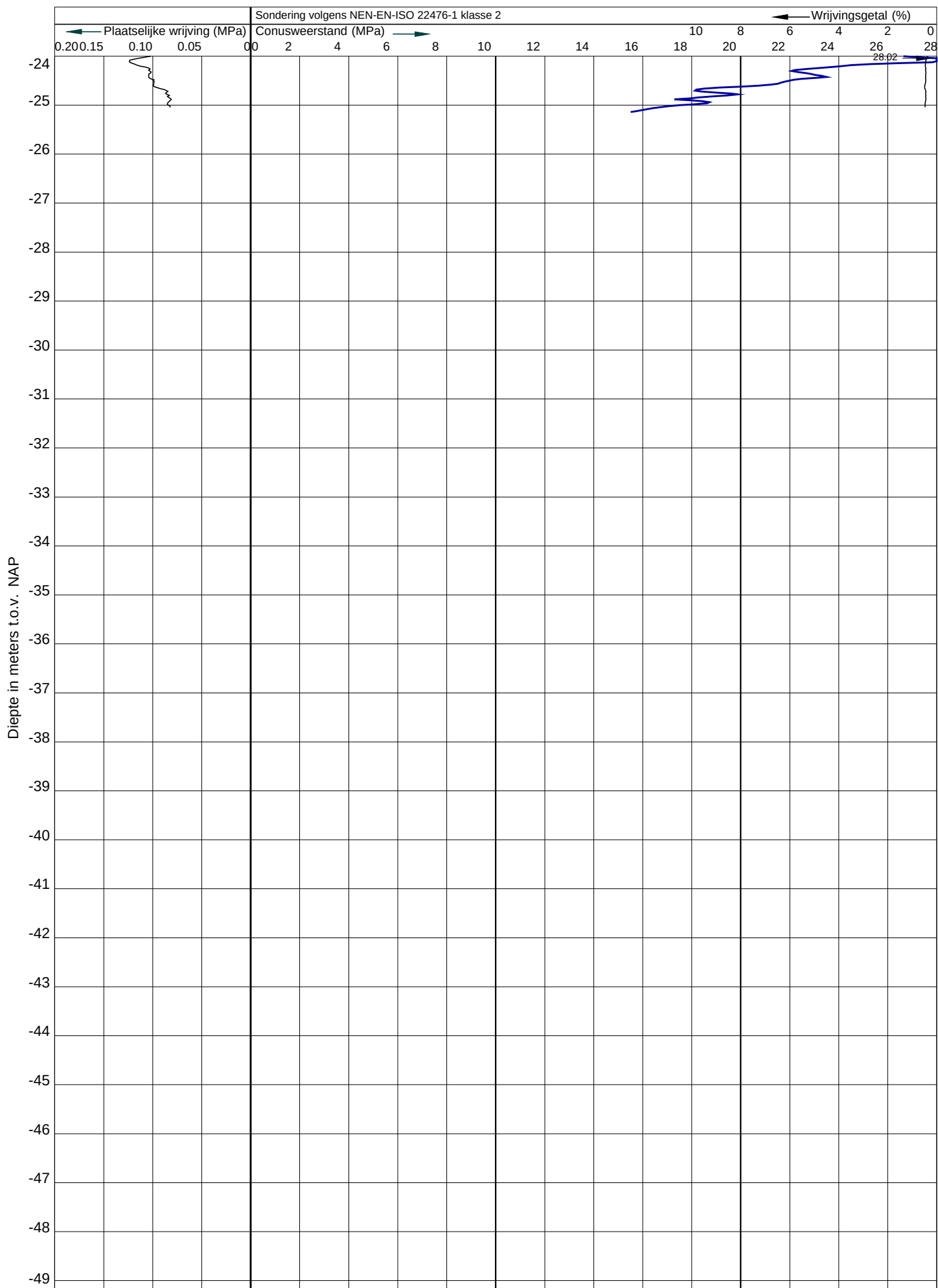
BRO-ID: CPT000000162545

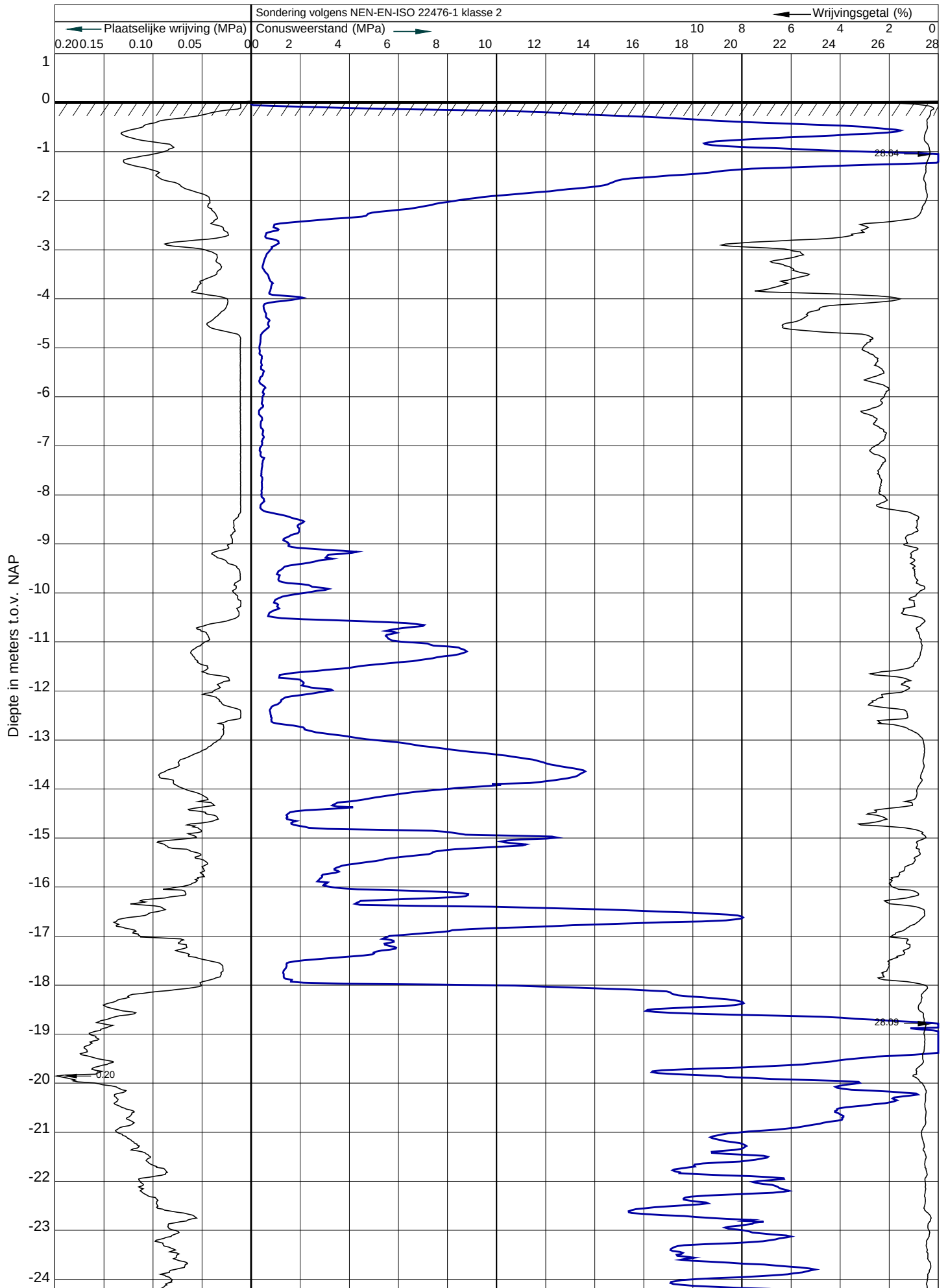
Verticale verschuiving: -1.054 (NAP)

Lokaal verticaal referentiepunt: maaiveld

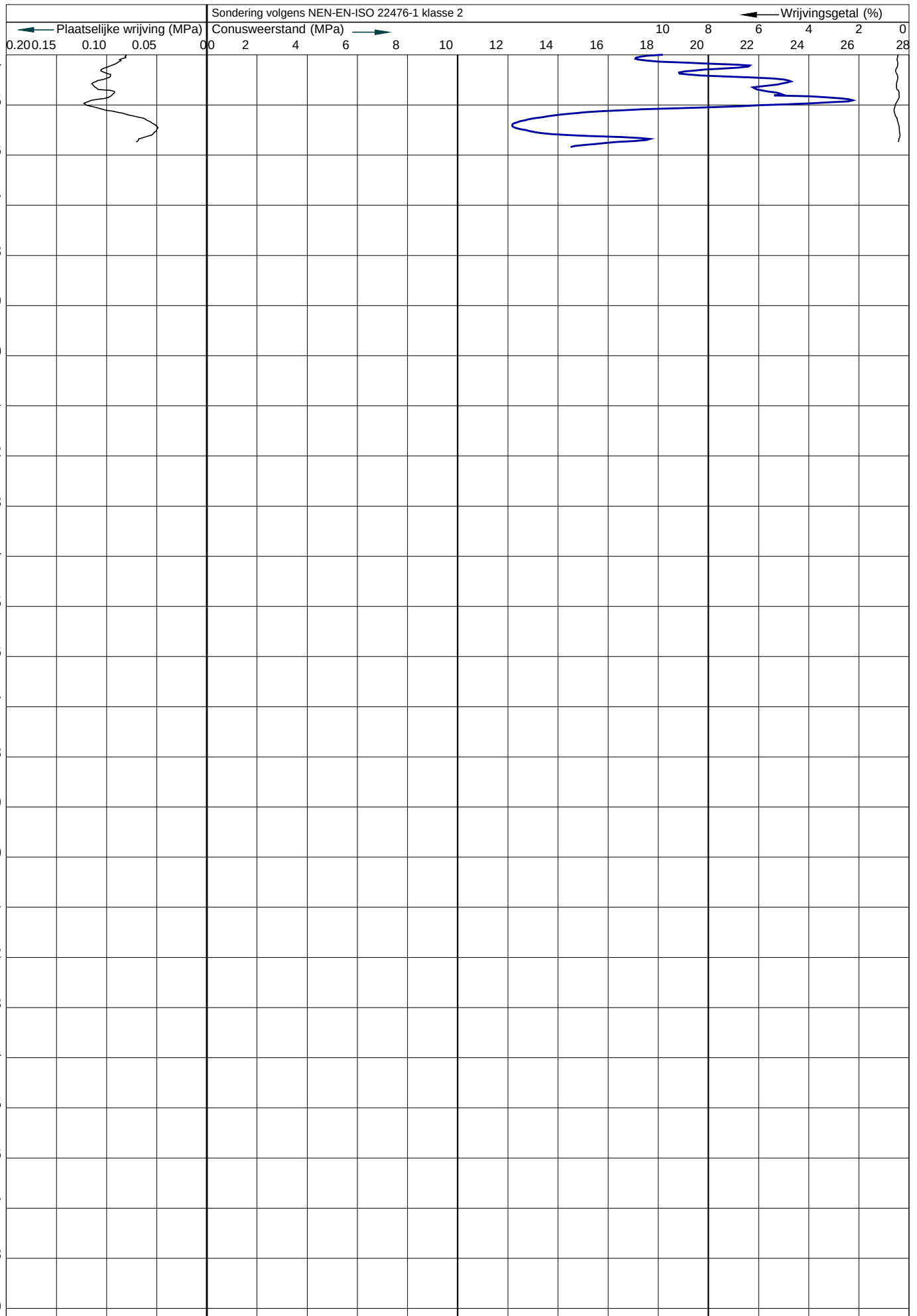
Aangeleverde coördinaten: 123089.970, 491871.135 (urn:ogc:def:crs:EPSG::28992)

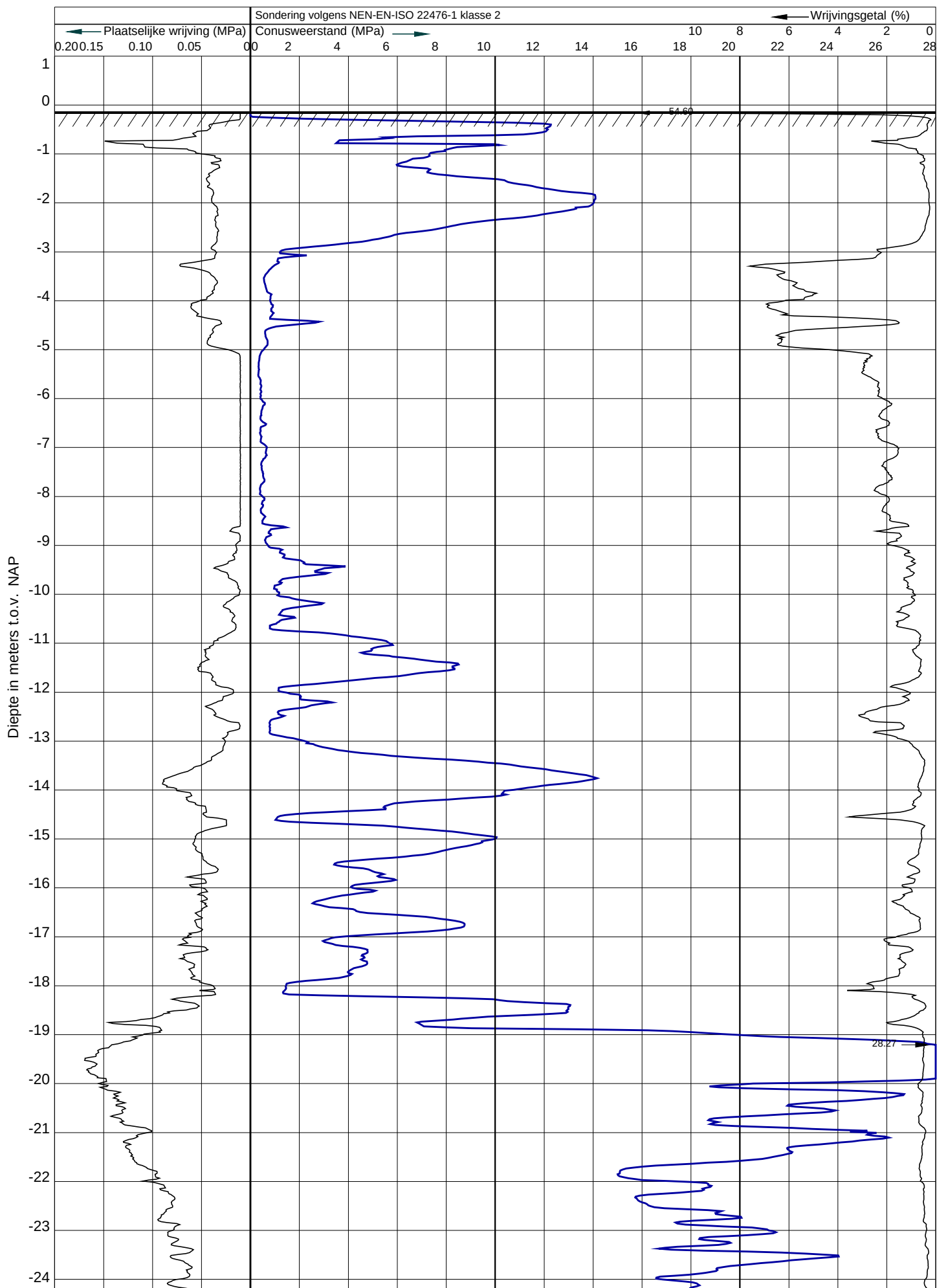






Diepte in meters t.o.v. NAP

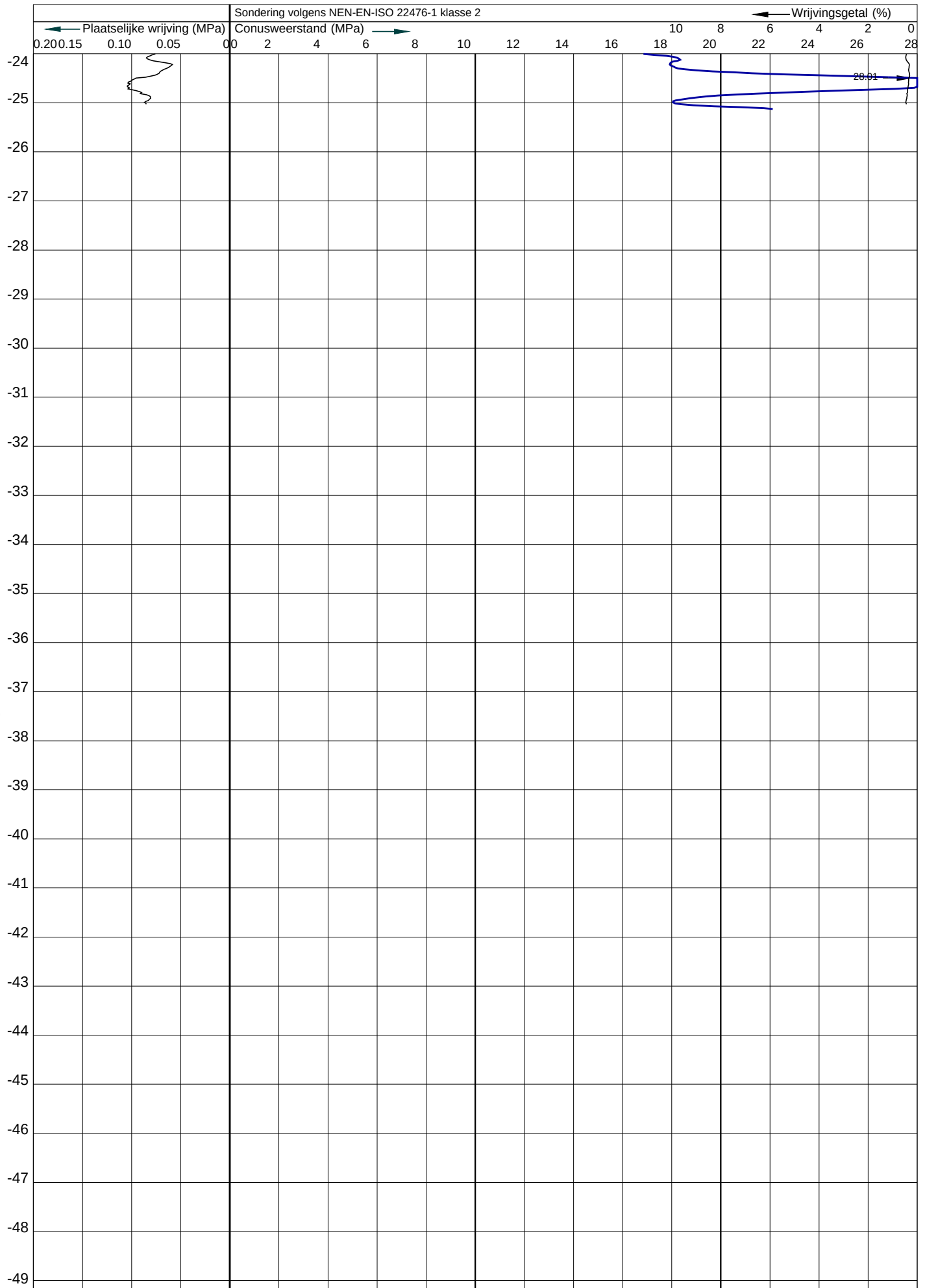


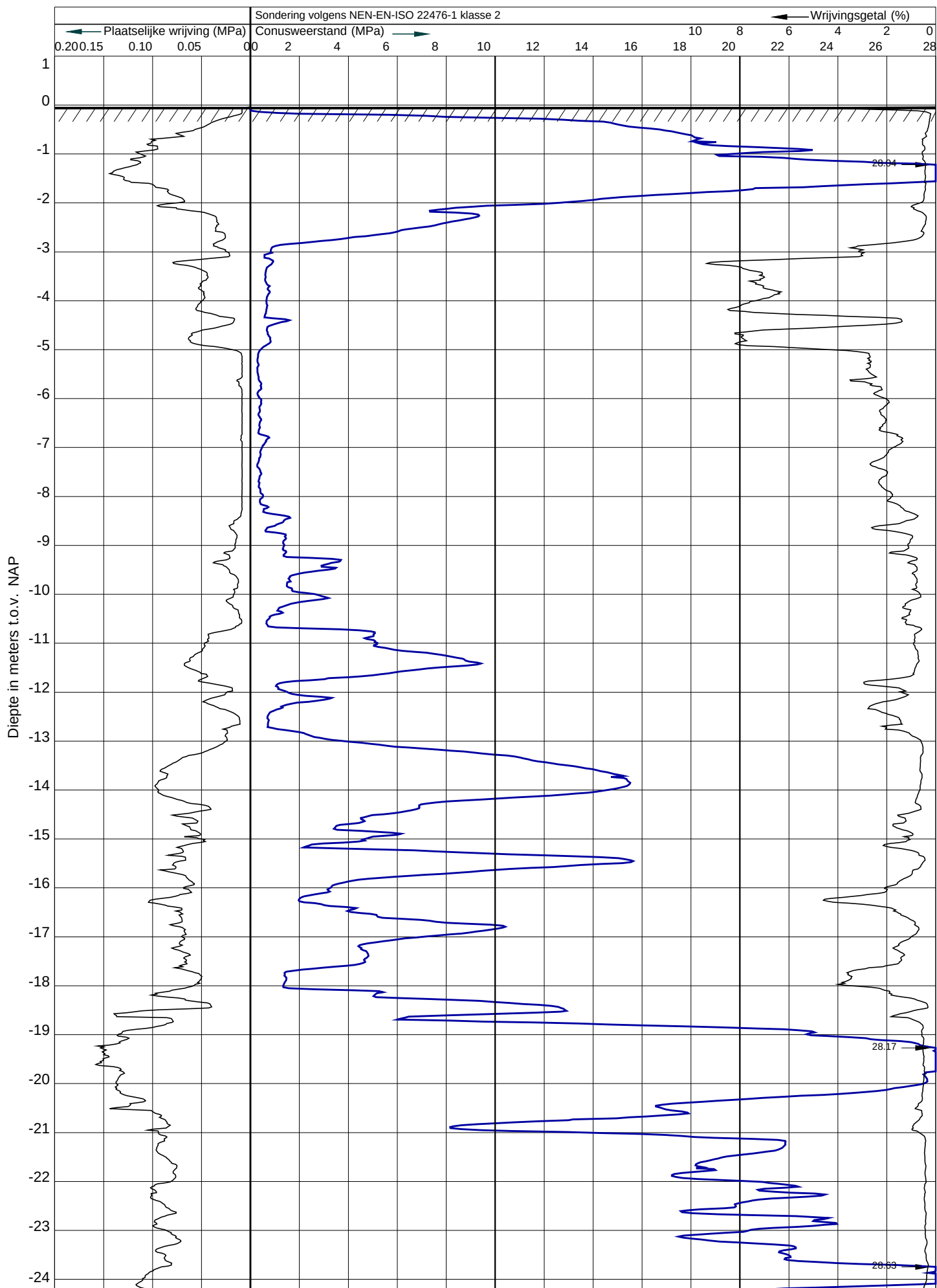


Werknummer : 240227
Sonderingnr. : 3
Datum : 5-6-2024
Maaiveld : -0.14 m. t.o.v. NAP
RD-coördinaten : X:123329.67Y:491658.61

Plaats : Amsterdam
Locatie : Parlevinker, "Banne Seniorenhof"
Conustype : I-CFY-15
Opdrachtgever : Van Rossum BV Amsterdam
Opmerking :

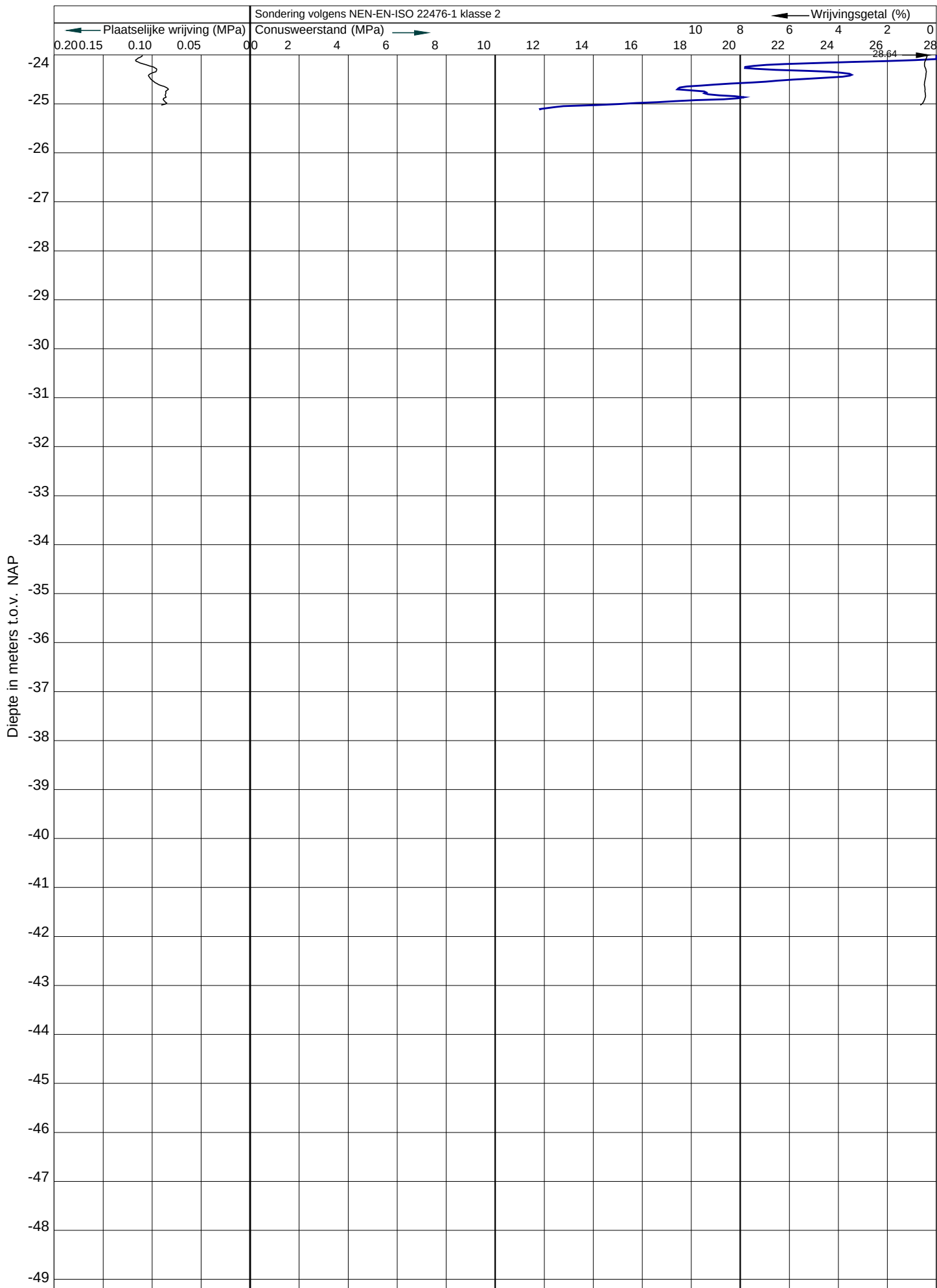
Diepte in meters t.o.v. NAP

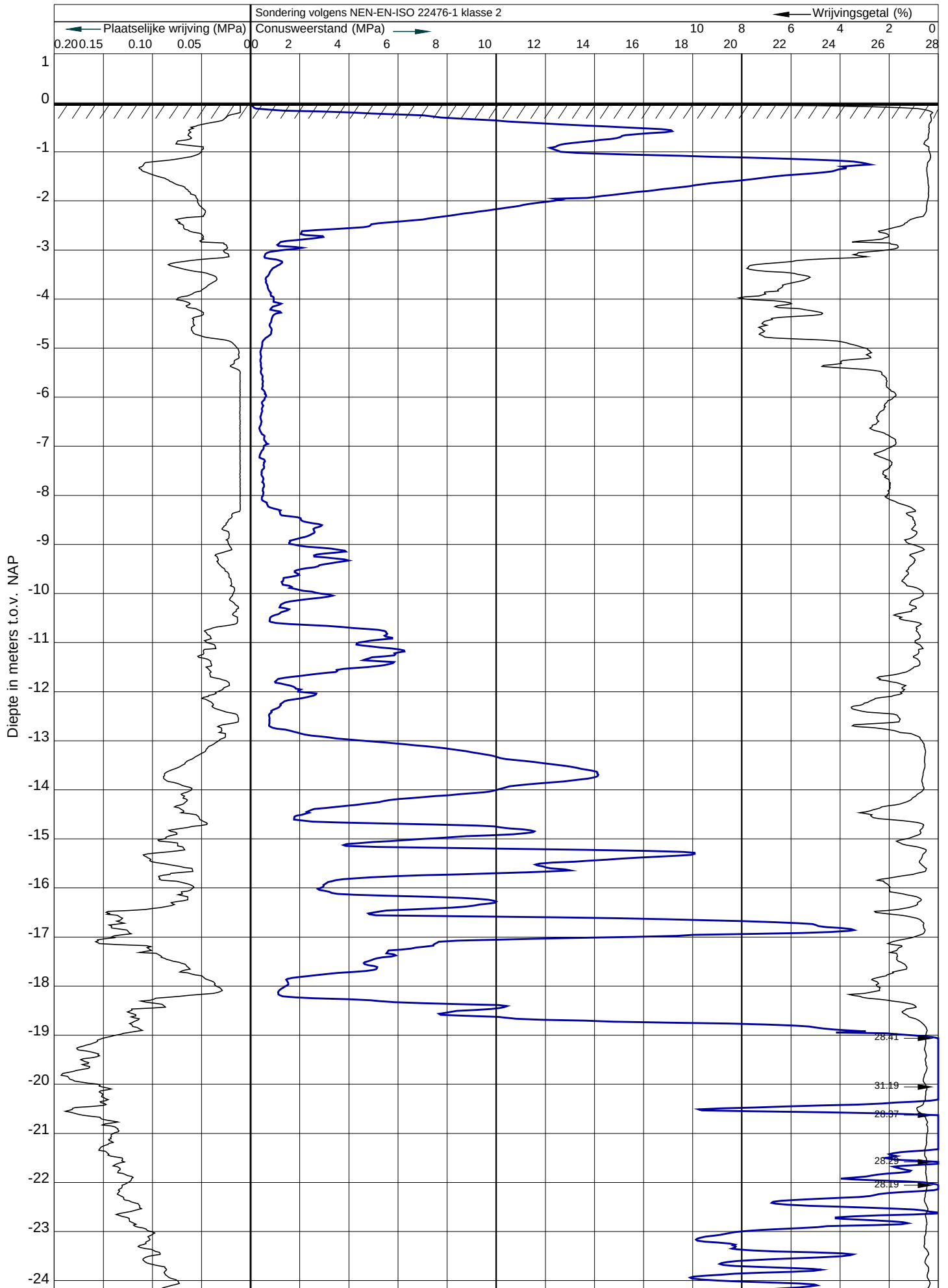




Werknummer : 240227
Sonderingnr. : 4
Datum : 3-6-2024
Maaiveld : -0.04 m. t.o.v. NAP
RD-coördinaten : X:123339.95Y:491652.43

Plaats : Amsterdam
Locatie : Parlevinker, "Banne Seniorenhof"
Conustype : I-CFY-15
Opdrachtgever : Van Rossum BV Amsterdam
Opmerking :

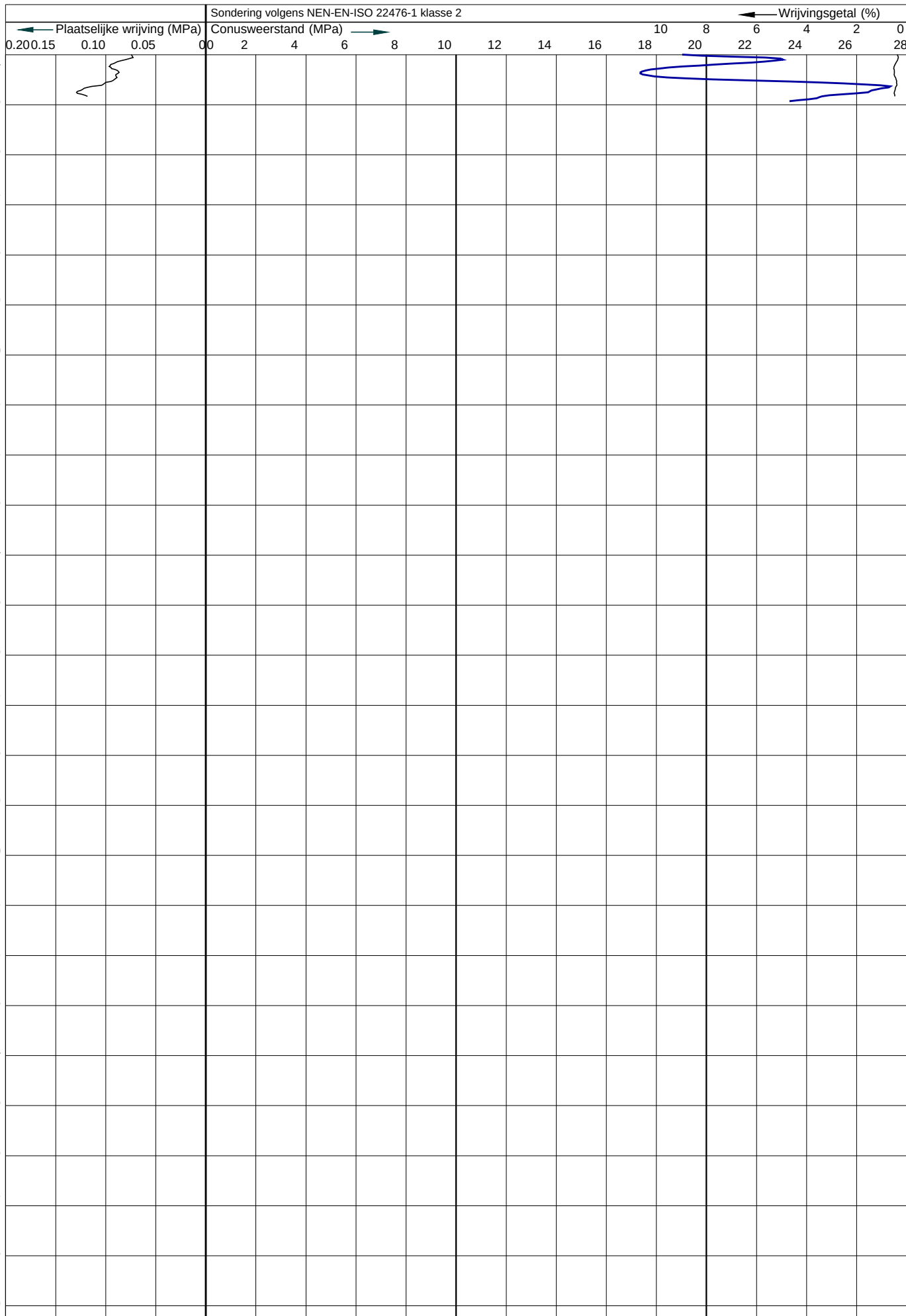


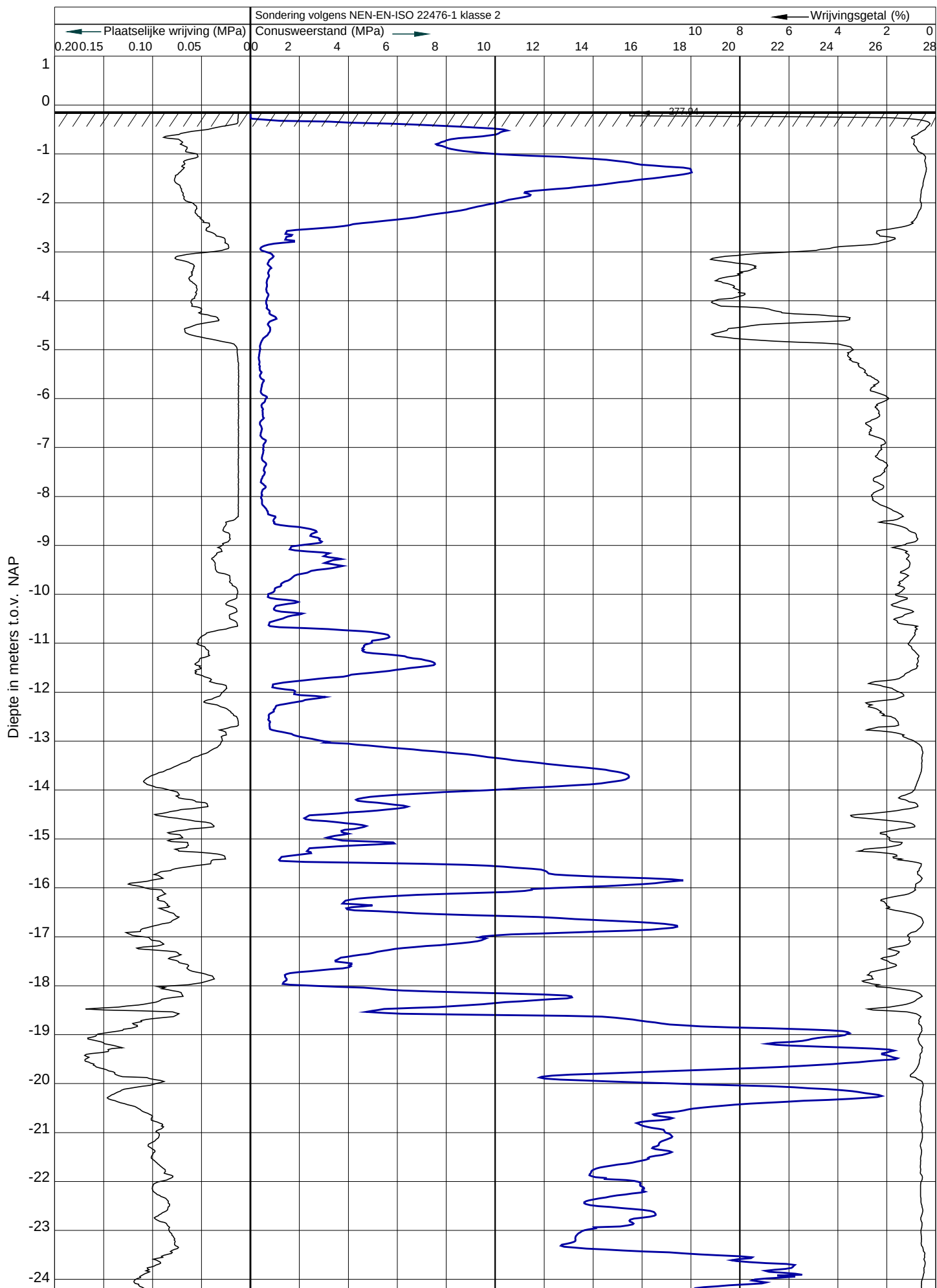


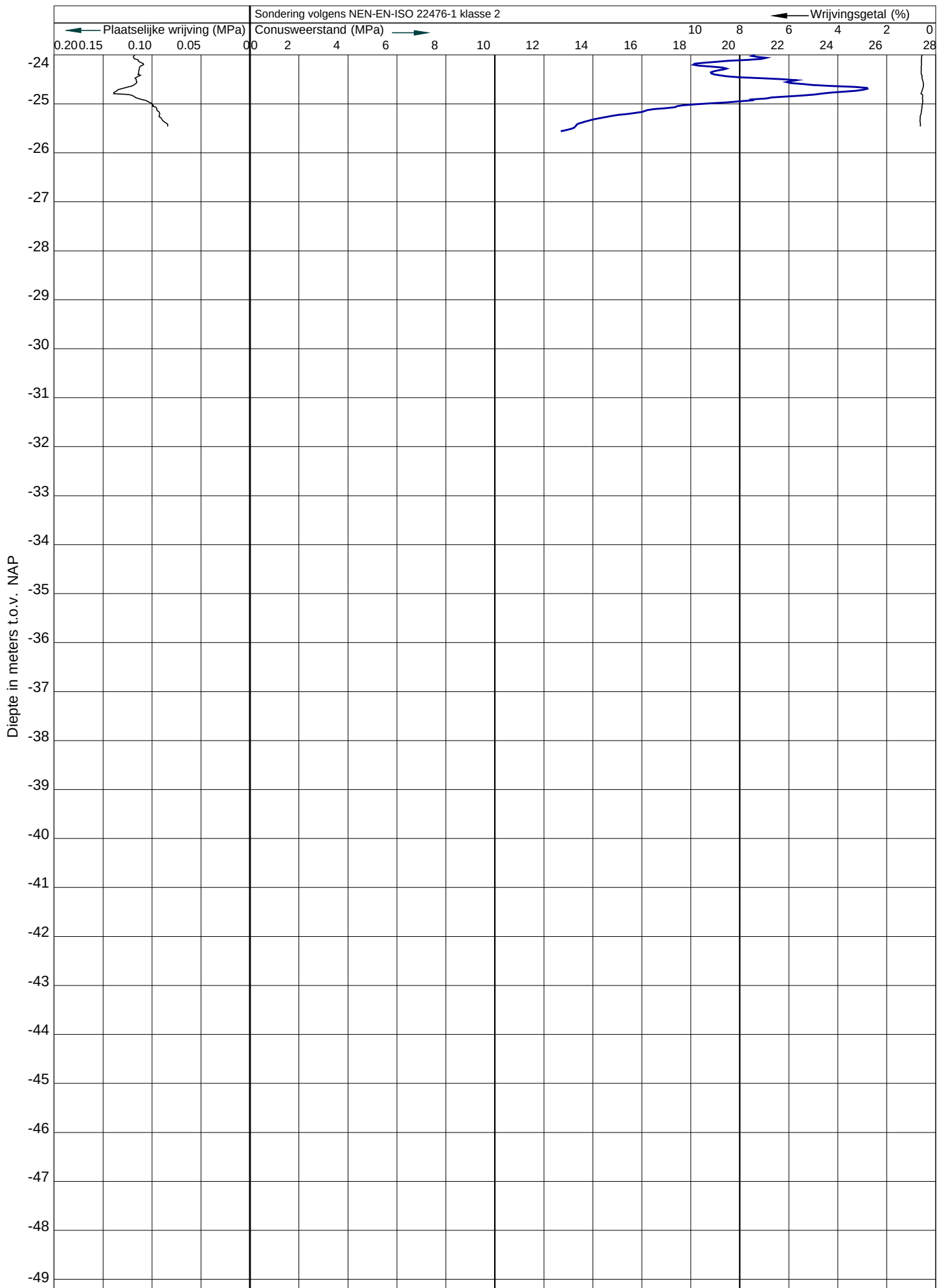
Werknummer : 240227
Sonderingnr. : 5
Datum : 5-6-2024
Maaiveld : -0.02 m. t.o.v. NAP
RD-coördinaten : X:123324.97Y:491647.44

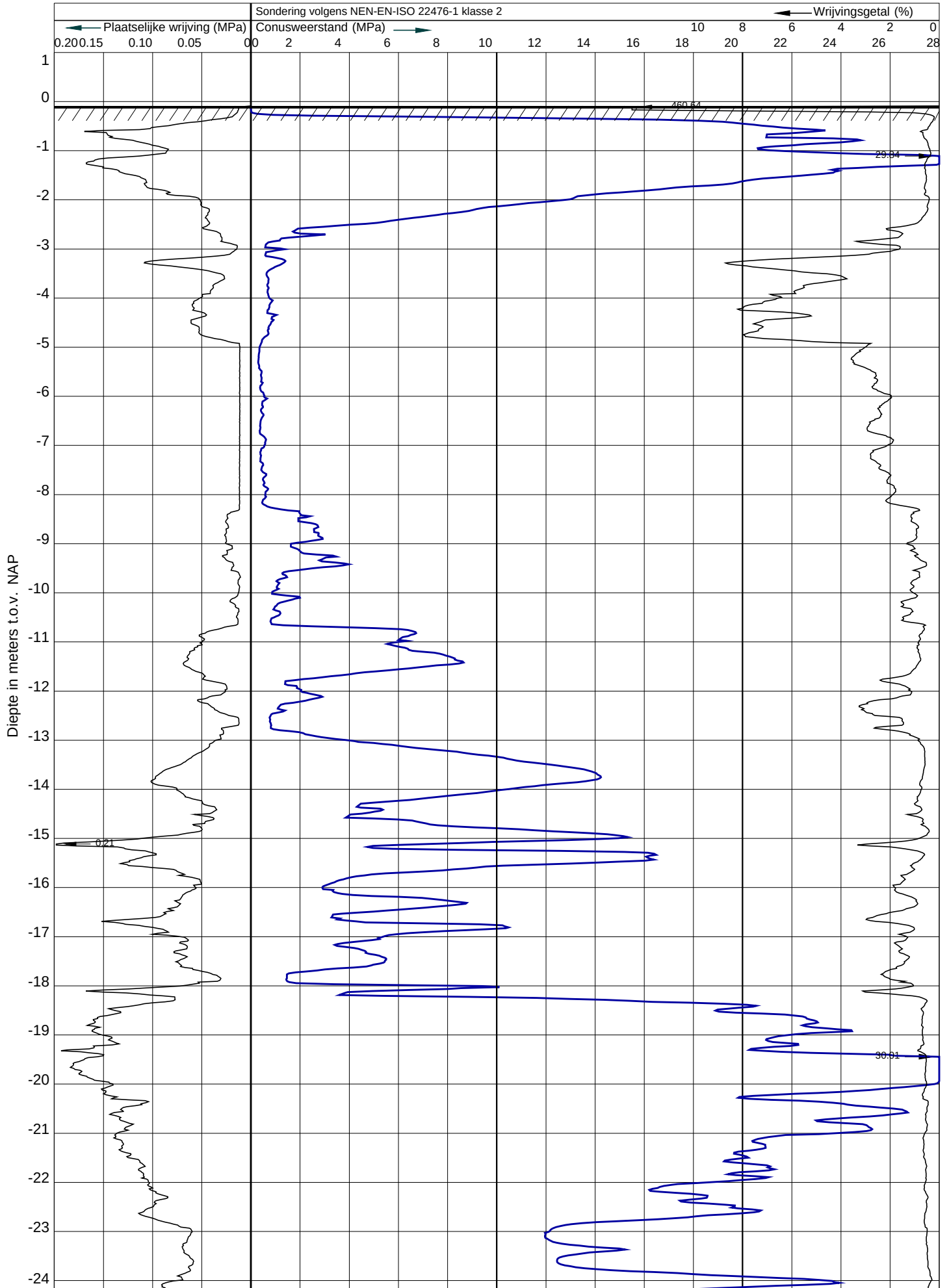
Plaats : Amsterdam
Locatie : Parlevinker, "Banne Seniorenhof"
Conustype : I-CFY-15
Opdrachtgever : Van Rossum BV Amsterdam
Opmerking :

Diepte in meters t.o.v. NAP



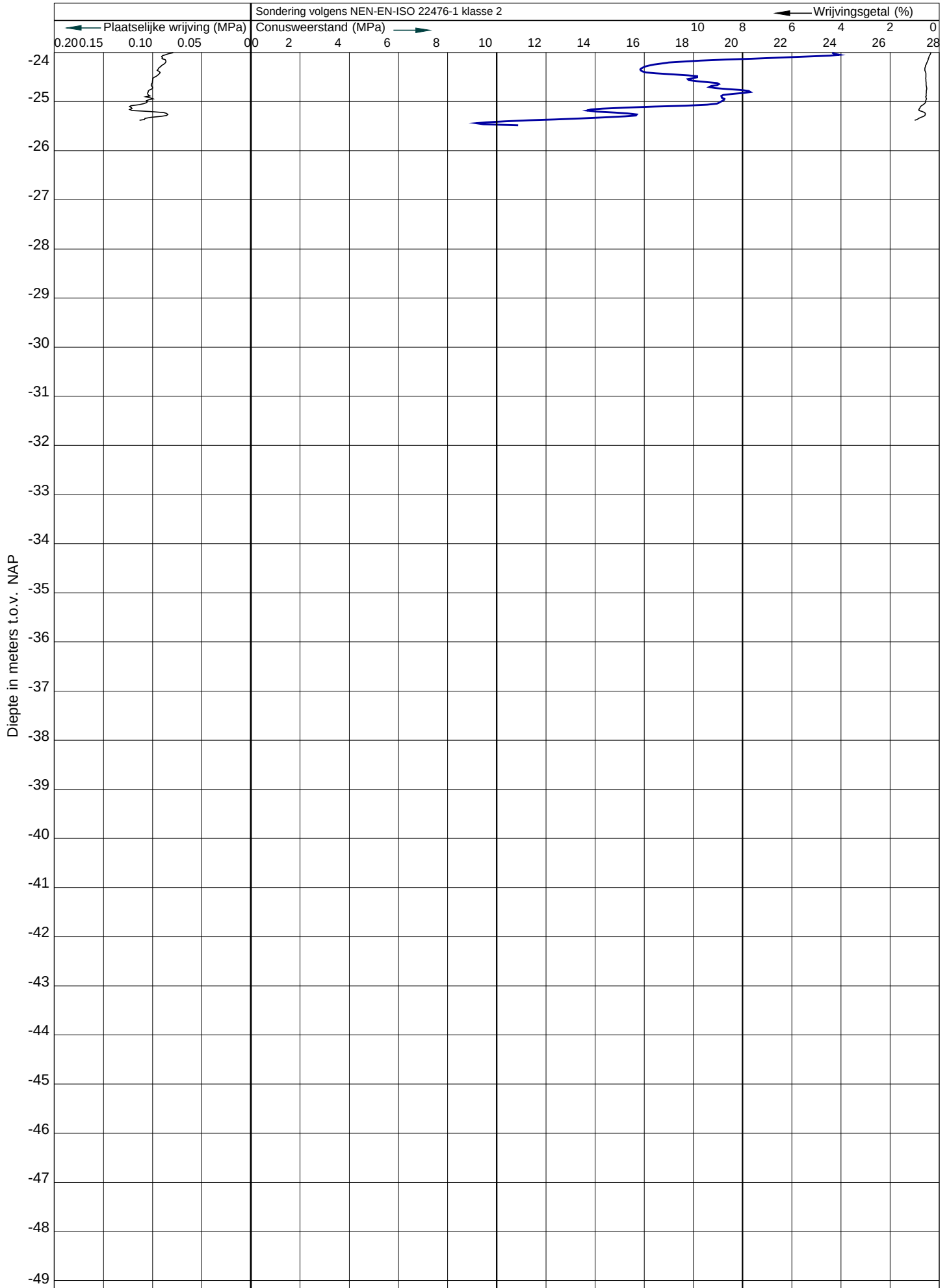


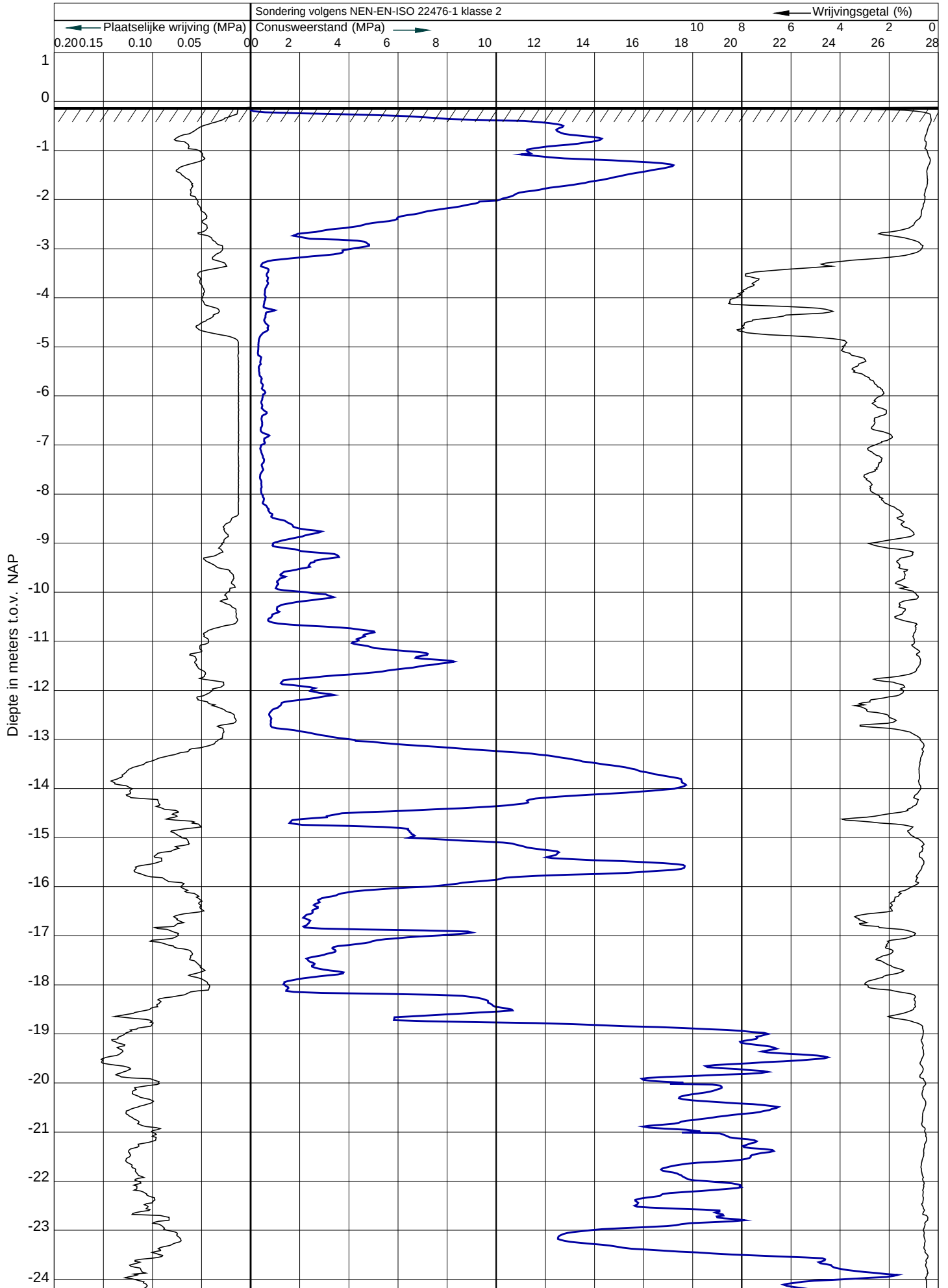




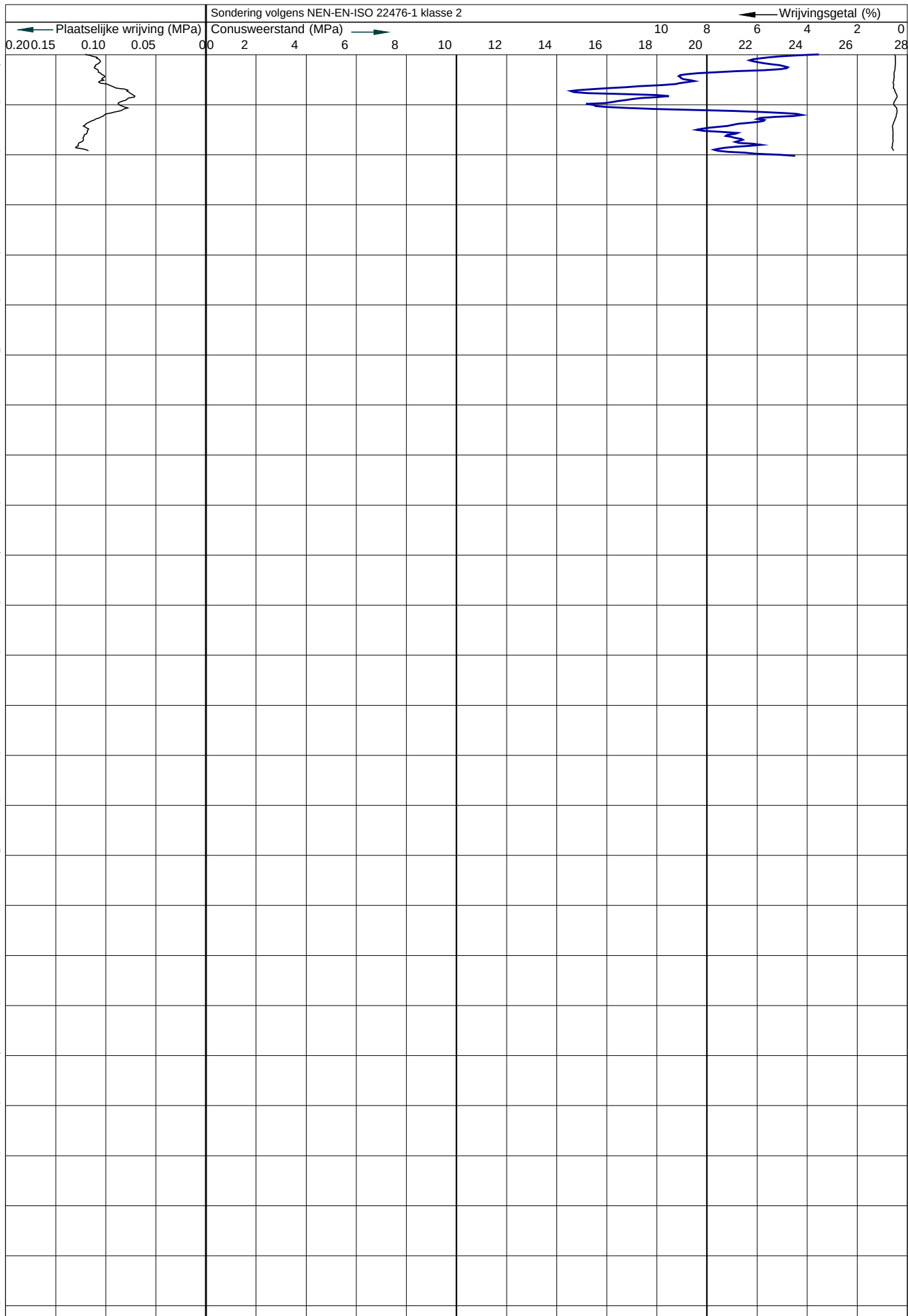
Werknummer : 240227
Sonderingnr. : 8
Datum : 31-5-2024
Maaiveld : -0.09 m. t.o.v. NAP
RD-coördinaten : X:123308.91 Y:491648.55

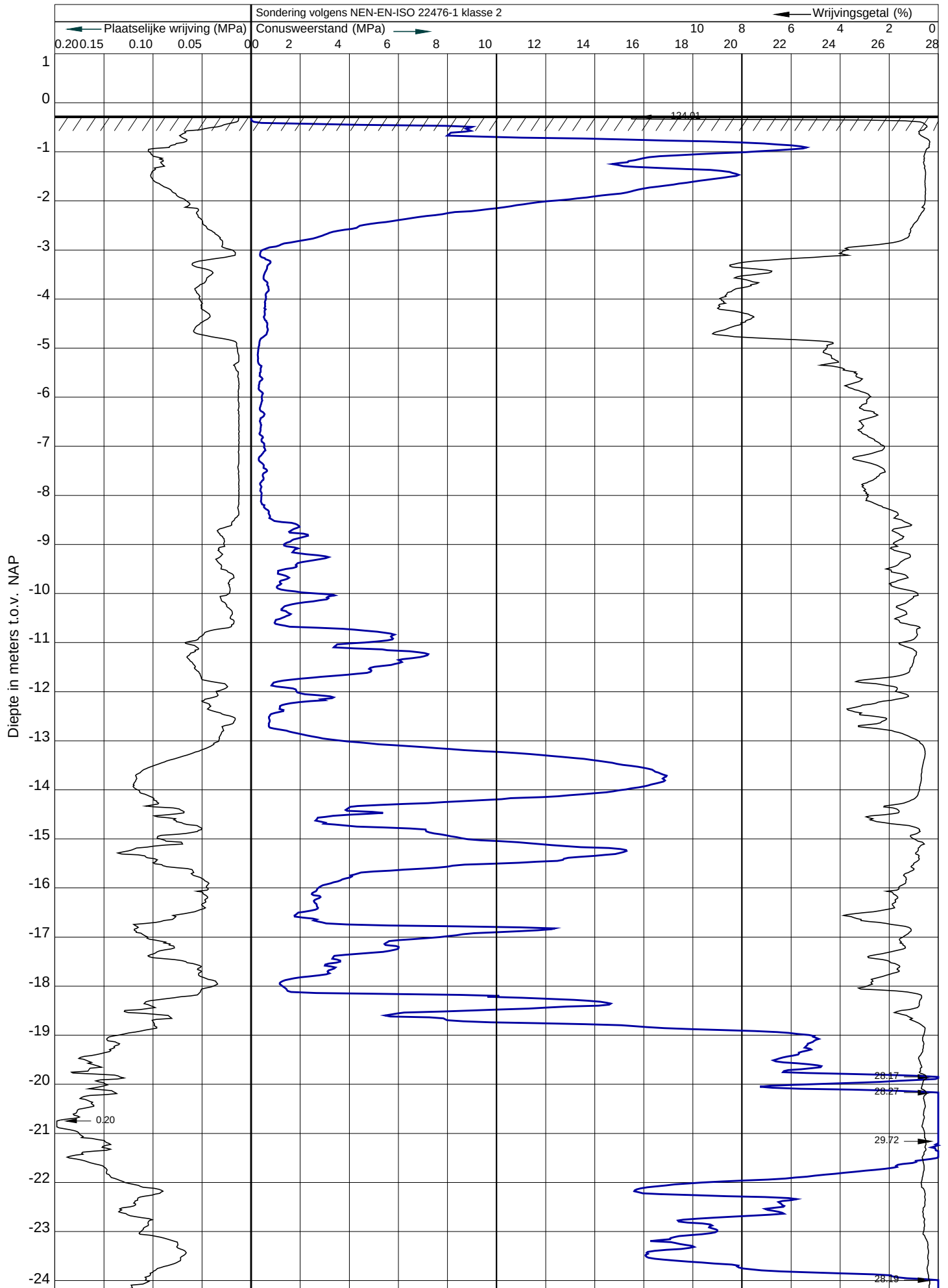
Plaats : Amsterdam
Locatie : Parlevinker, "Banne Seniorenhof"
Conustype : I-CFY-15
Opdrachtgever : Van Rossum BV Amsterdam
Opmerking : Grondwaterstand is 0.90m.-mv (NAP-0.99m.)

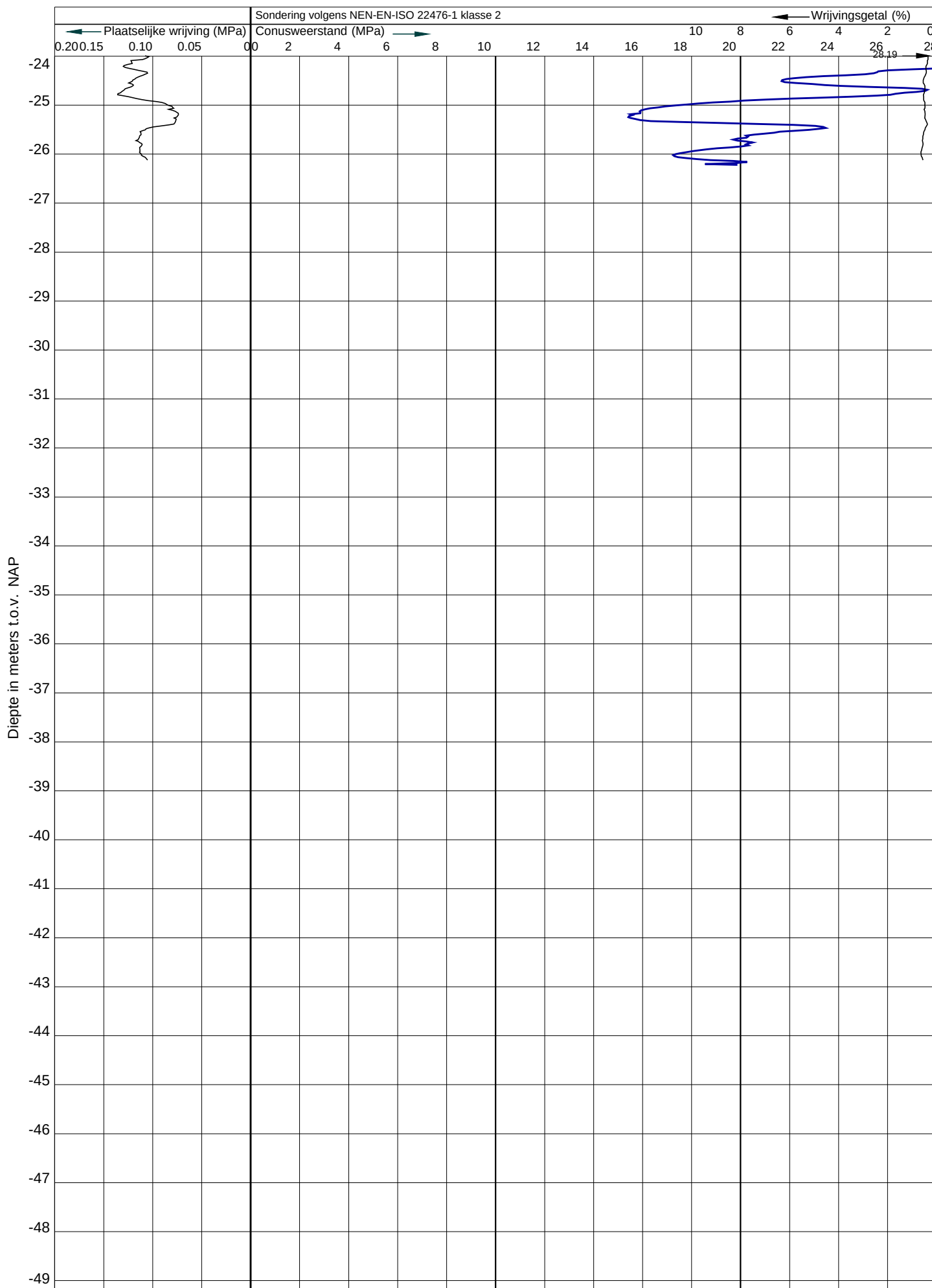




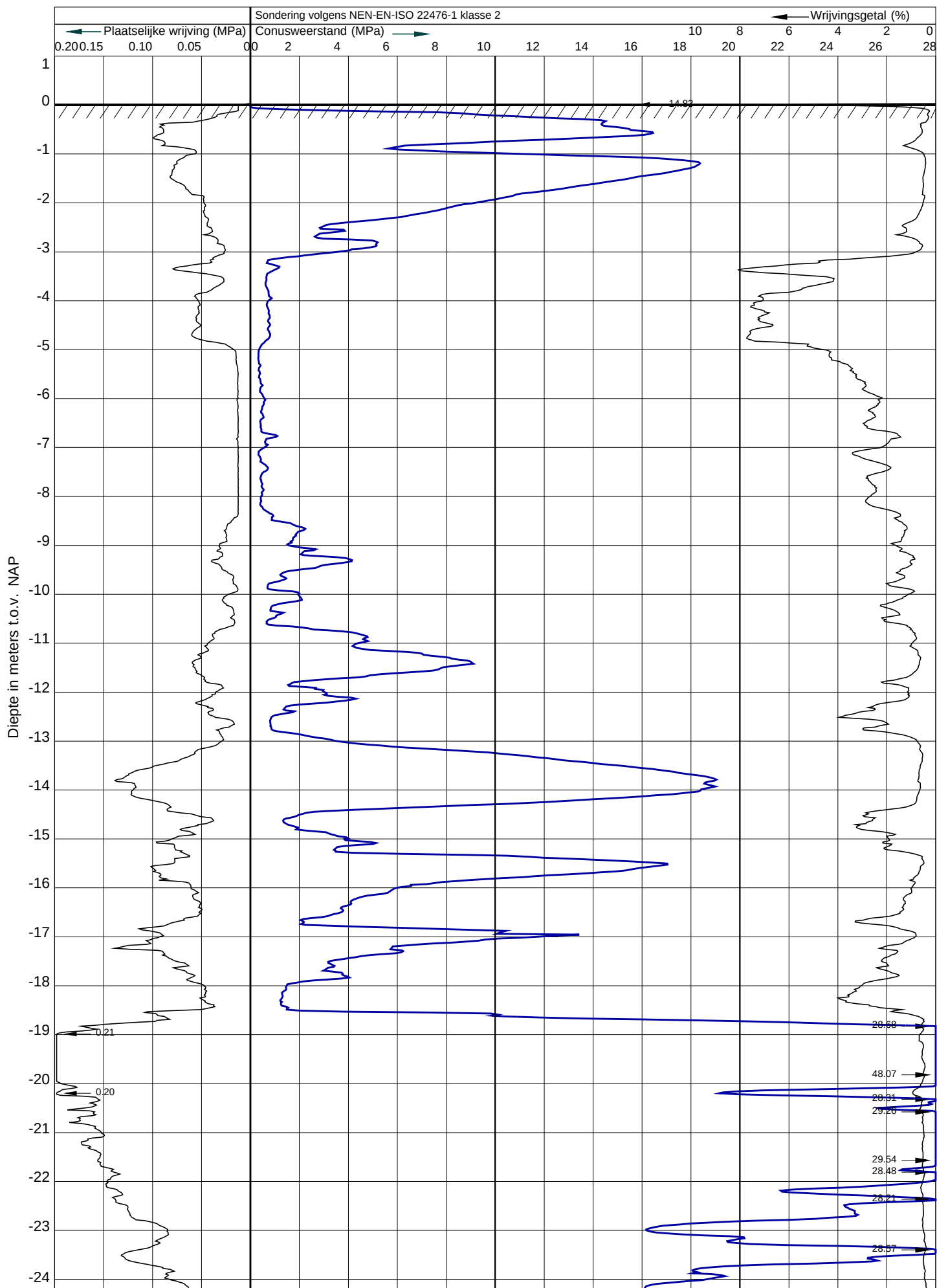
Diepte in meters t.o.v. NAP







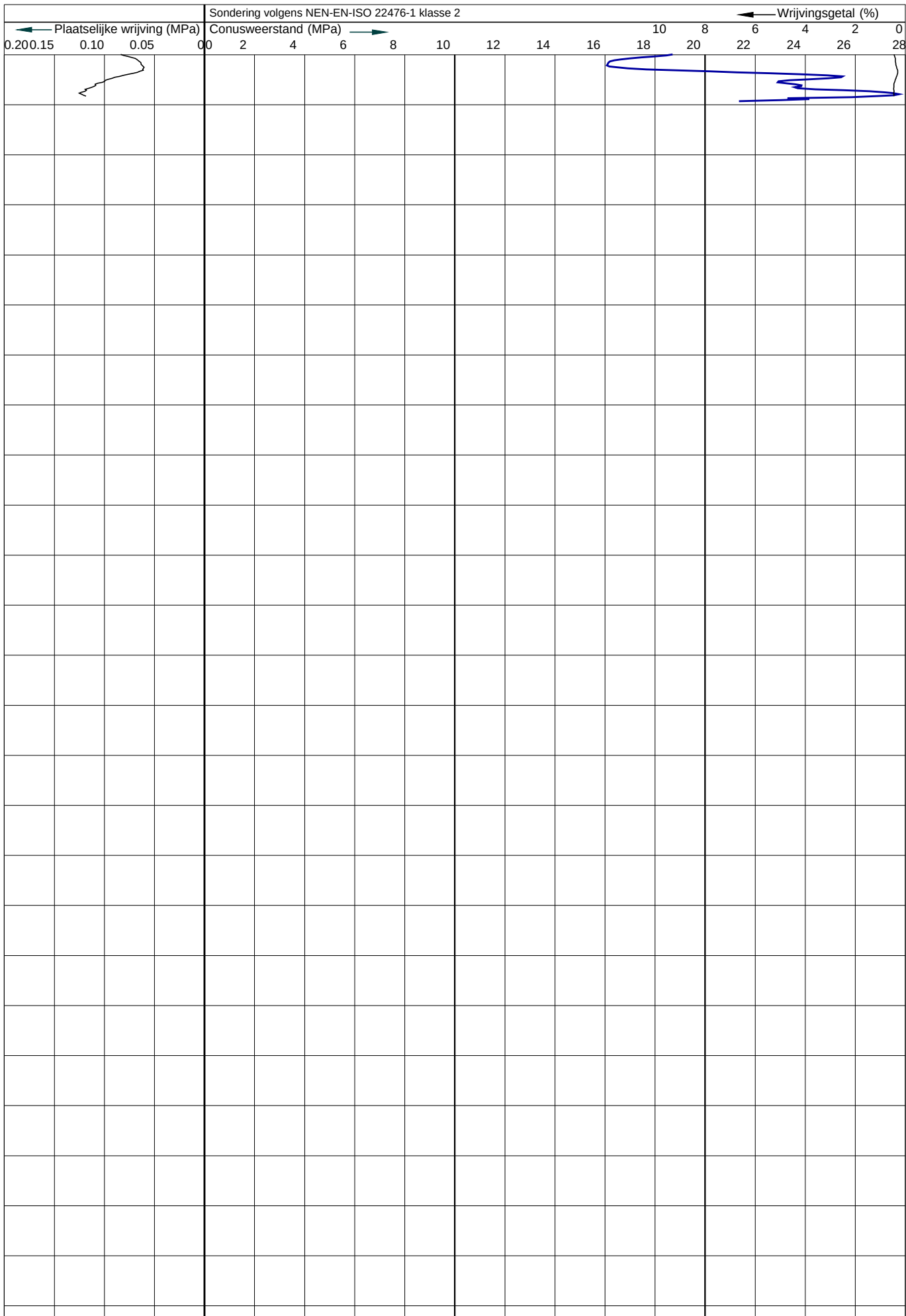
Werknummer : 240227
 Sonderingnr. : 12
 Datum : 5-6-2024
 Maaiveld : 0.03 m. t.o.v. NAP
 RD-coördinaten : X:123316.31 Y:491628.05

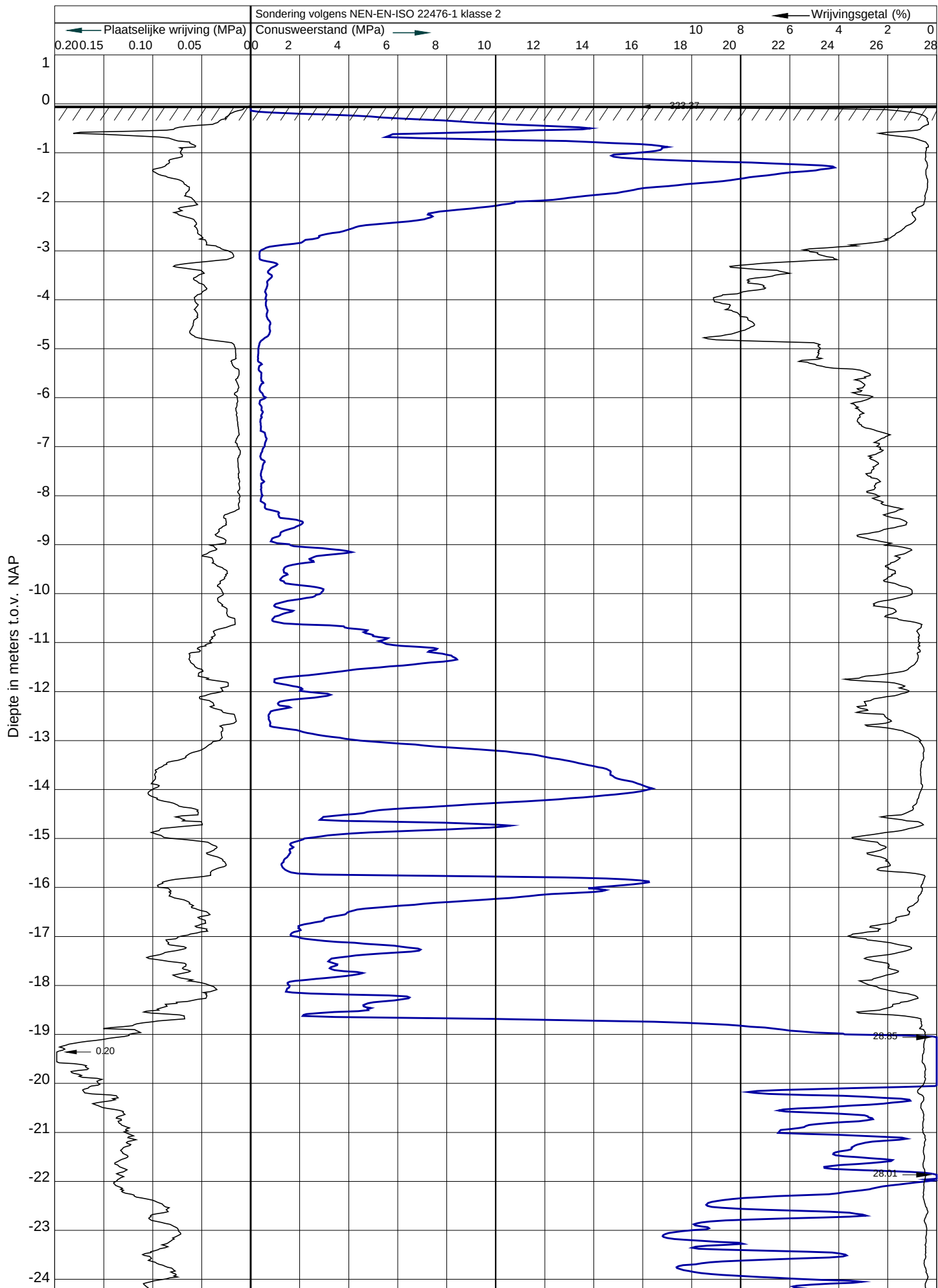
 Plaats : Amsterdam
 Locatie : Parlevinker, "Banne Seniorenhof"
 Conustype : I-CFY-15
 Opdrachtgever : Van Rossum BV Amsterdam
 Opmerking :


Werknummer : 240227
Sonderingnr. : 12
Datum : 5-6-2024
Maaiveld : 0.03 m. t.o.v. NAP
RD-coördinaten : X:123316.31 Y:491628.05

Plaats : Amsterdam
Locatie : Parlevinker, "Banne Seniorenhof"
Conustype : I-CFY-15
Opdrachtgever : Van Rossum BV Amsterdam
Opmerking :

Diepte in meters t.o.v. NAP

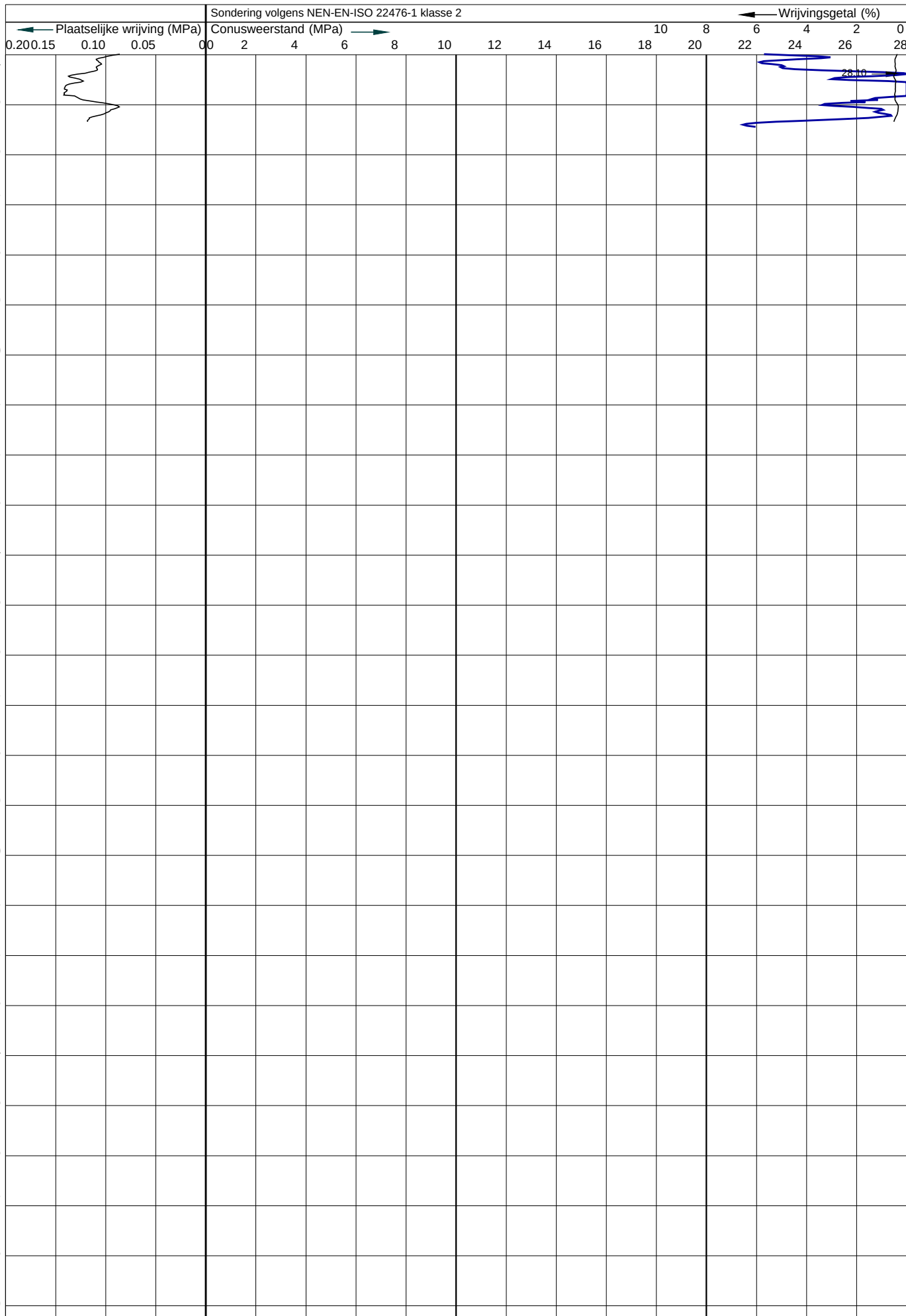


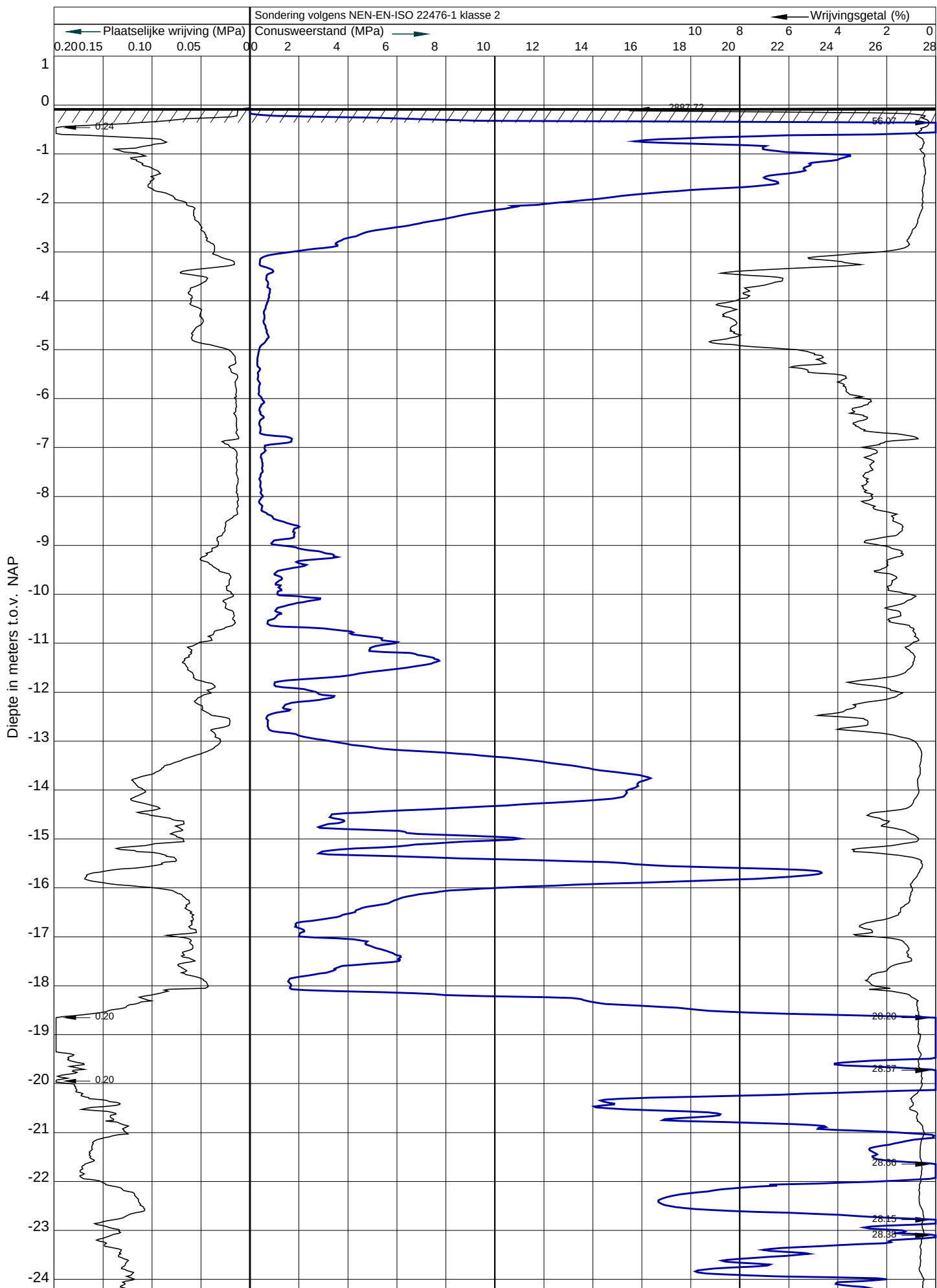


Werknummer : 240227
Sonderingnr. : 13
Datum : 5-6-2024
Maaiveld : -0.04 m. t.o.v. NAP
RD-coördinaten : X:123308.92Y:491617.47

Plaats : Amsterdam
Locatie : Parlevinker, "Banne Seniorenhof"
Conustype : I-CFY-15
Opdrachtgever : Van Rossum BV Amsterdam
Opmerking :

Diepte in meters t.o.v. NAP

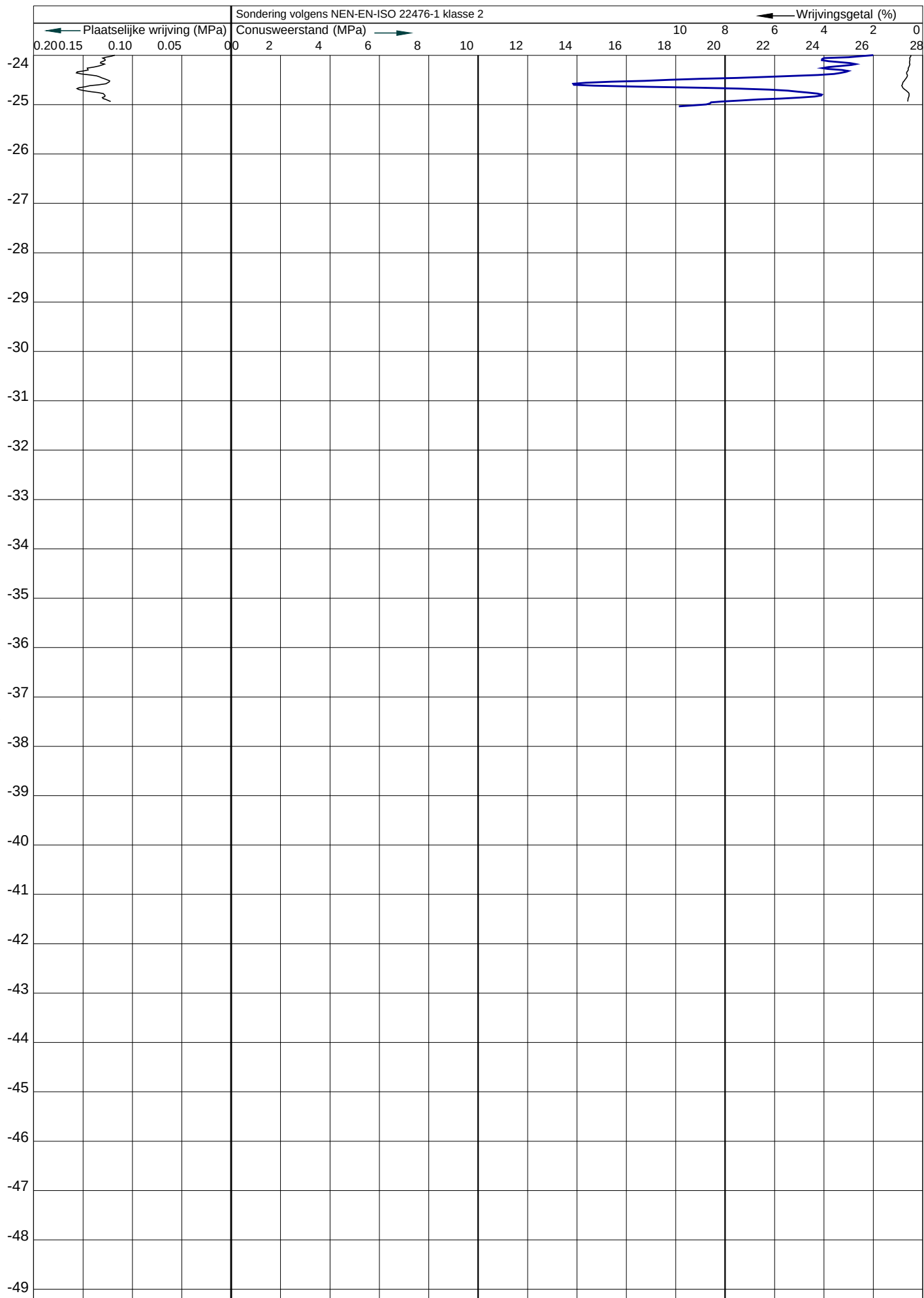


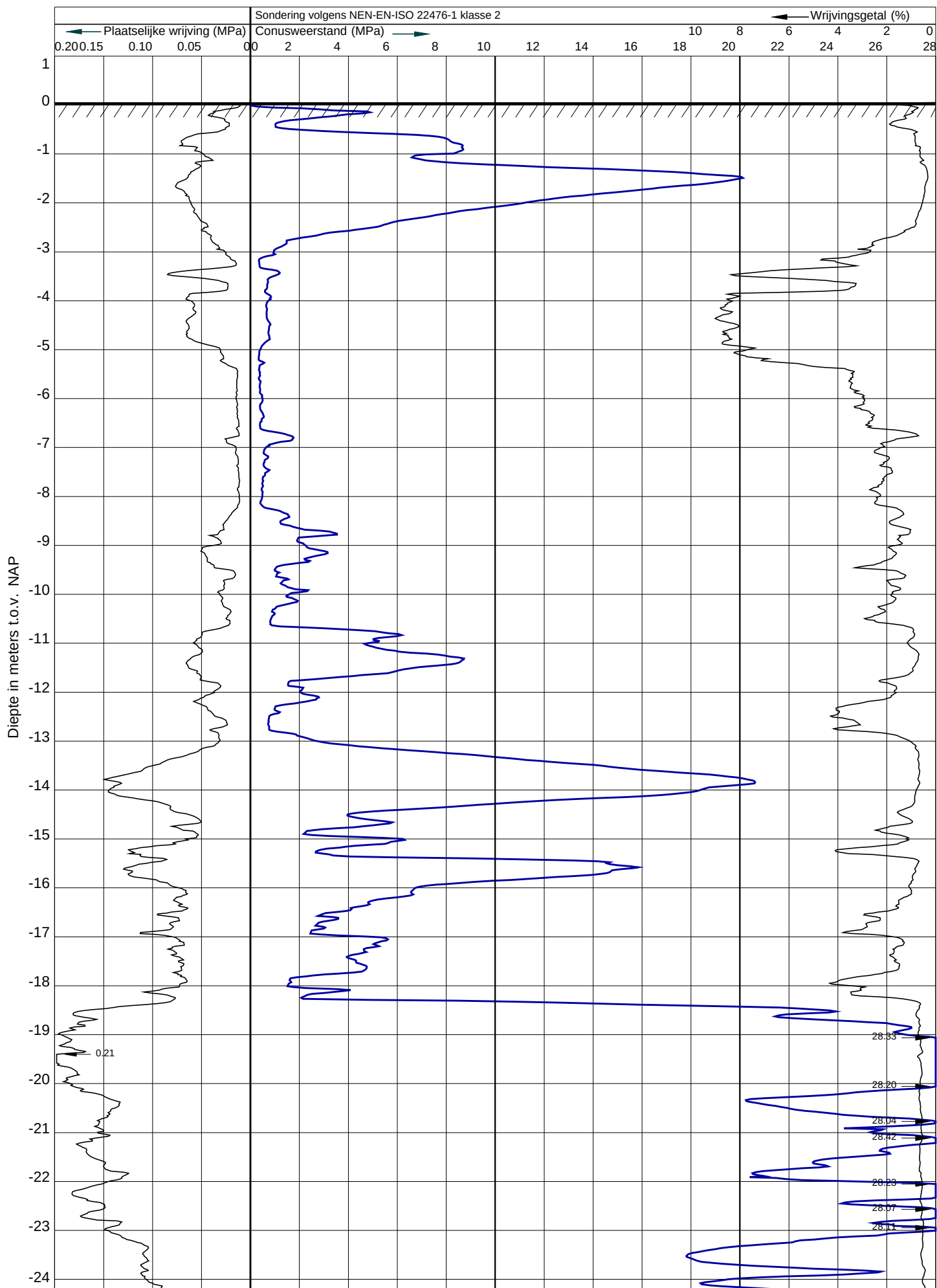


Werknummer : 240227
Sonderingnr. : 15
Datum : 31-5-2024
Maaiveld : -0.06 m. t.o.v. NAP
RD-coördinaten : X:123319.62Y:491609.32

Plaats : Amsterdam
Locatie : Parlevinker, "Banne Seniorenhof"
Conustype : I-CFY-15
Opdrachtgever : Van Rossum BV Amsterdam
Opmerking : Grondwaterstand is 0.85m.-mv (NAP-0.91m.)

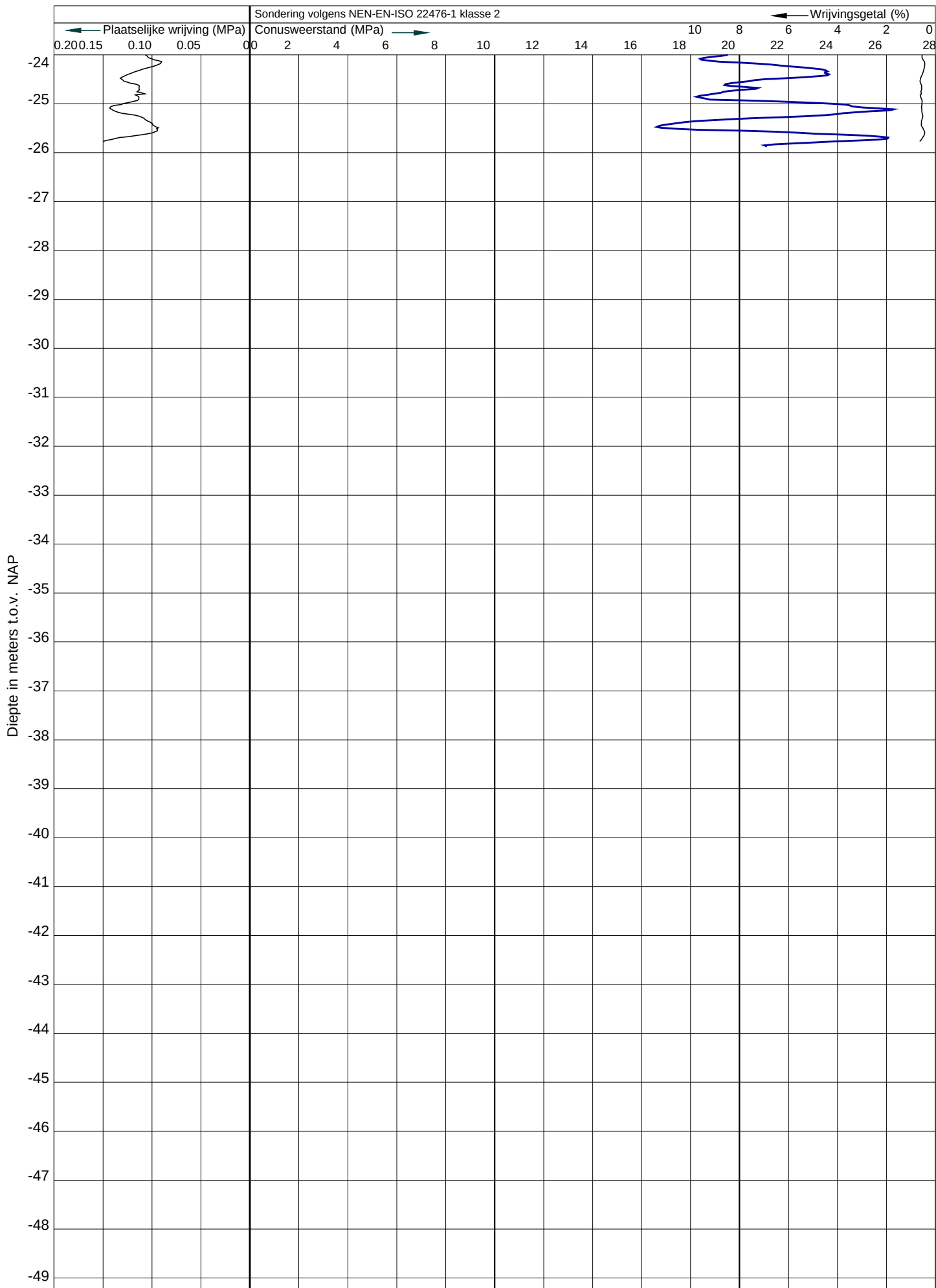
Diepte in meters t.o.v. NAP

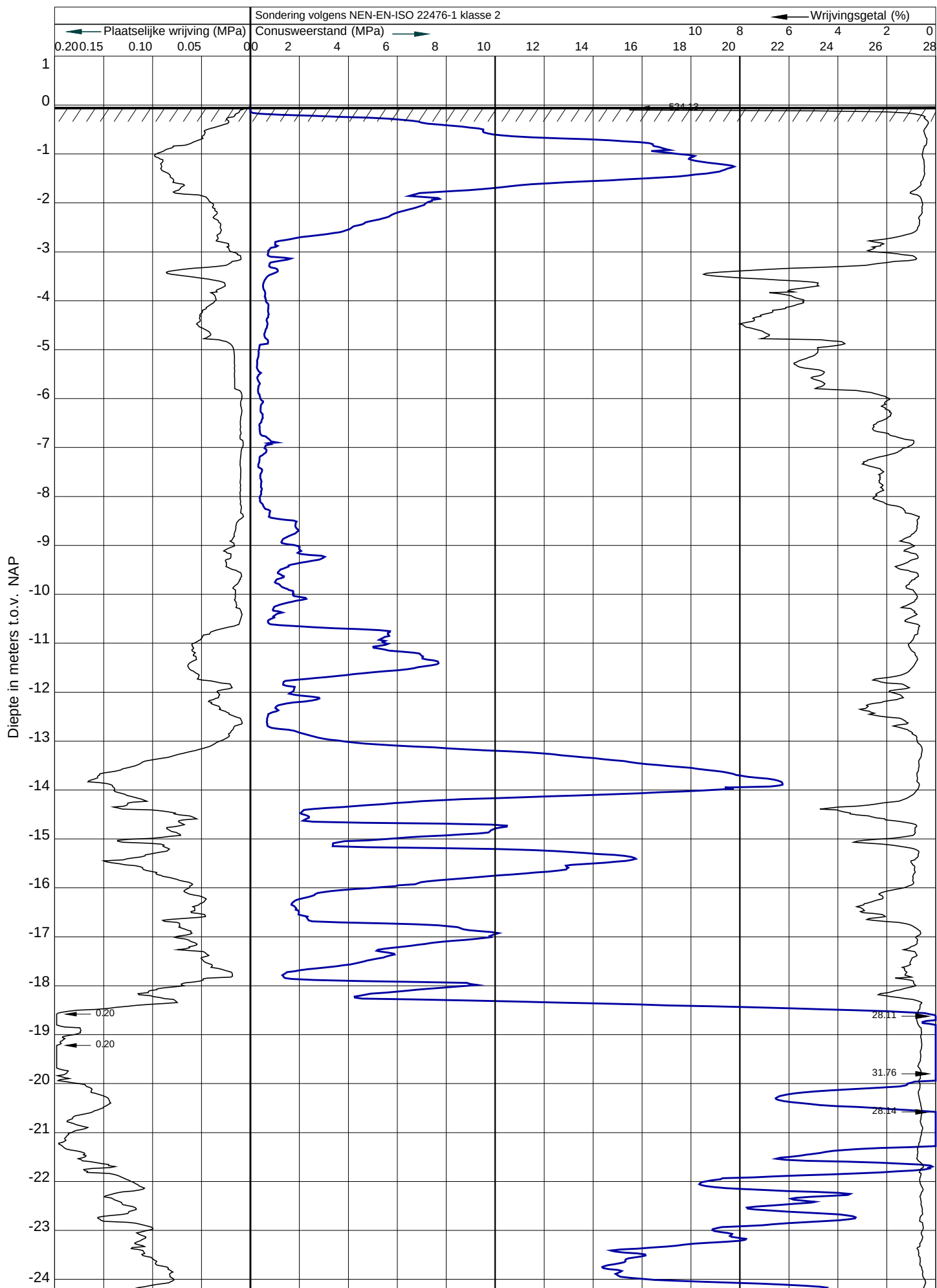


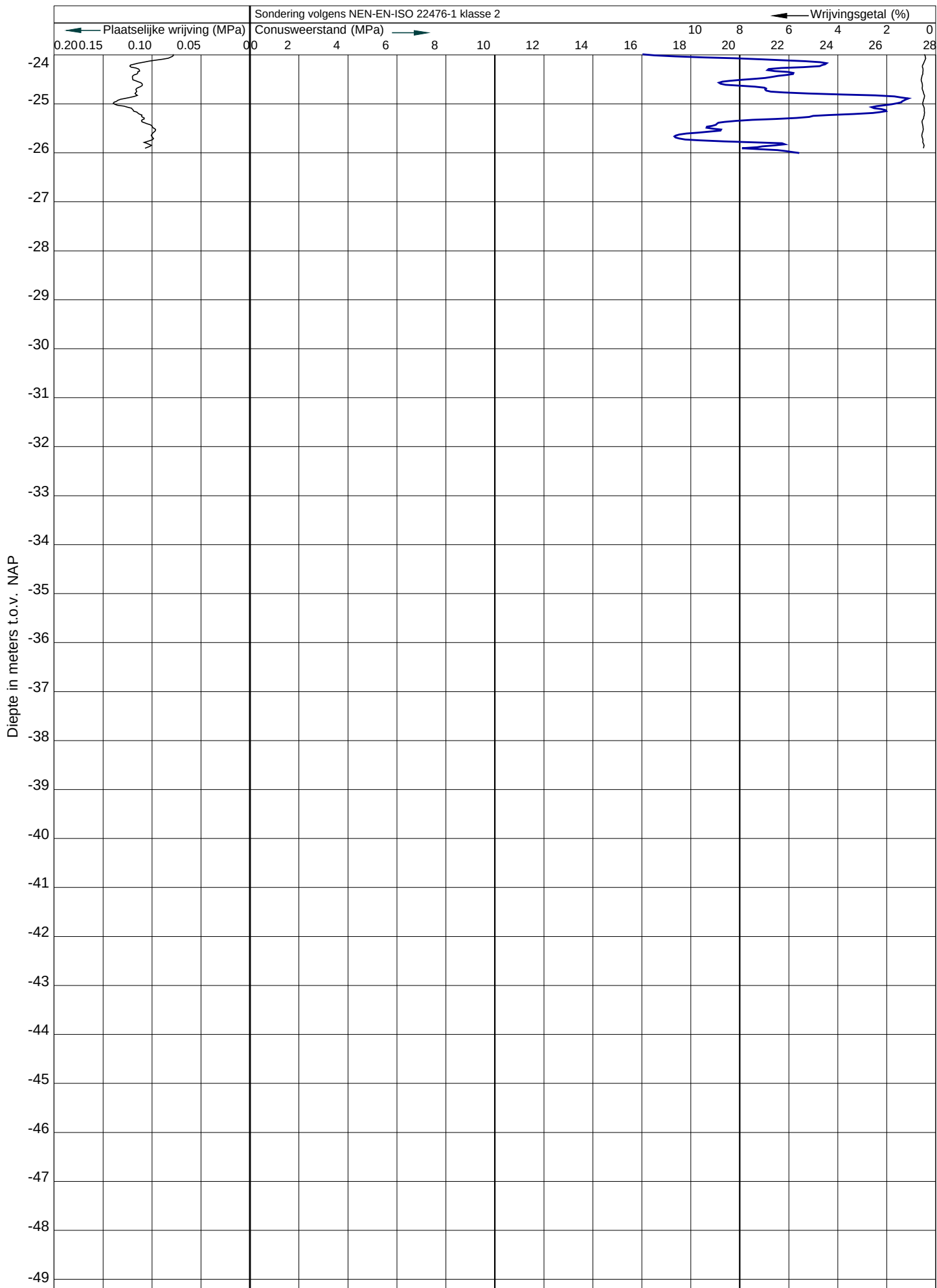


Werknummer : 240227
Sonderingnr. : 16
Datum : 31-5-2024
Maaiveld : 0.05 m. t.o.v. NAP
RD-coördinaten : X:123336.64Y:491596.97

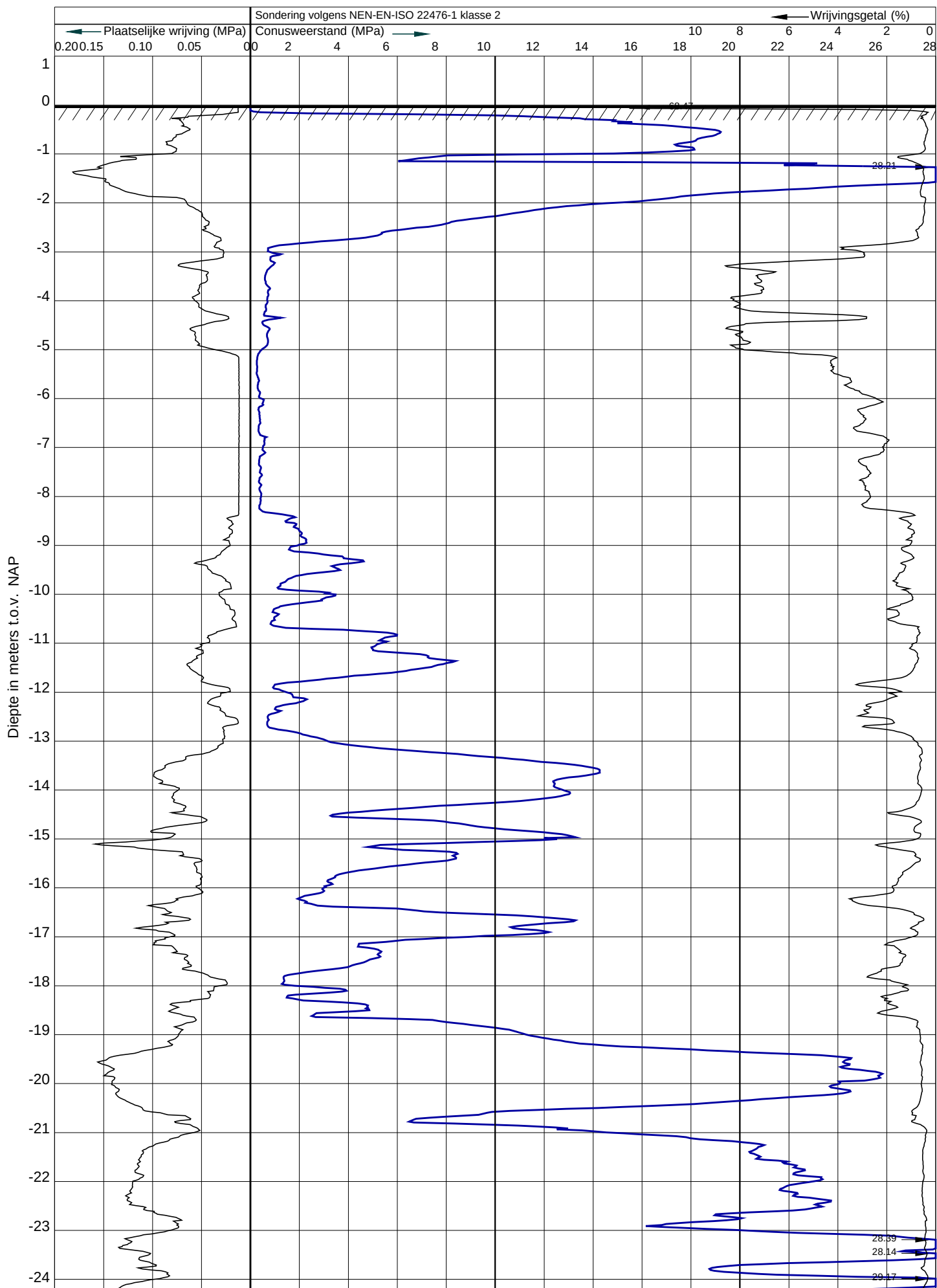
Plaats : Amsterdam
Locatie : Parlevinker, "Banne Seniorenhof"
Conustype : I-CFY-15
Opdrachtgever : Van Rossum BV Amsterdam
Opmerking :





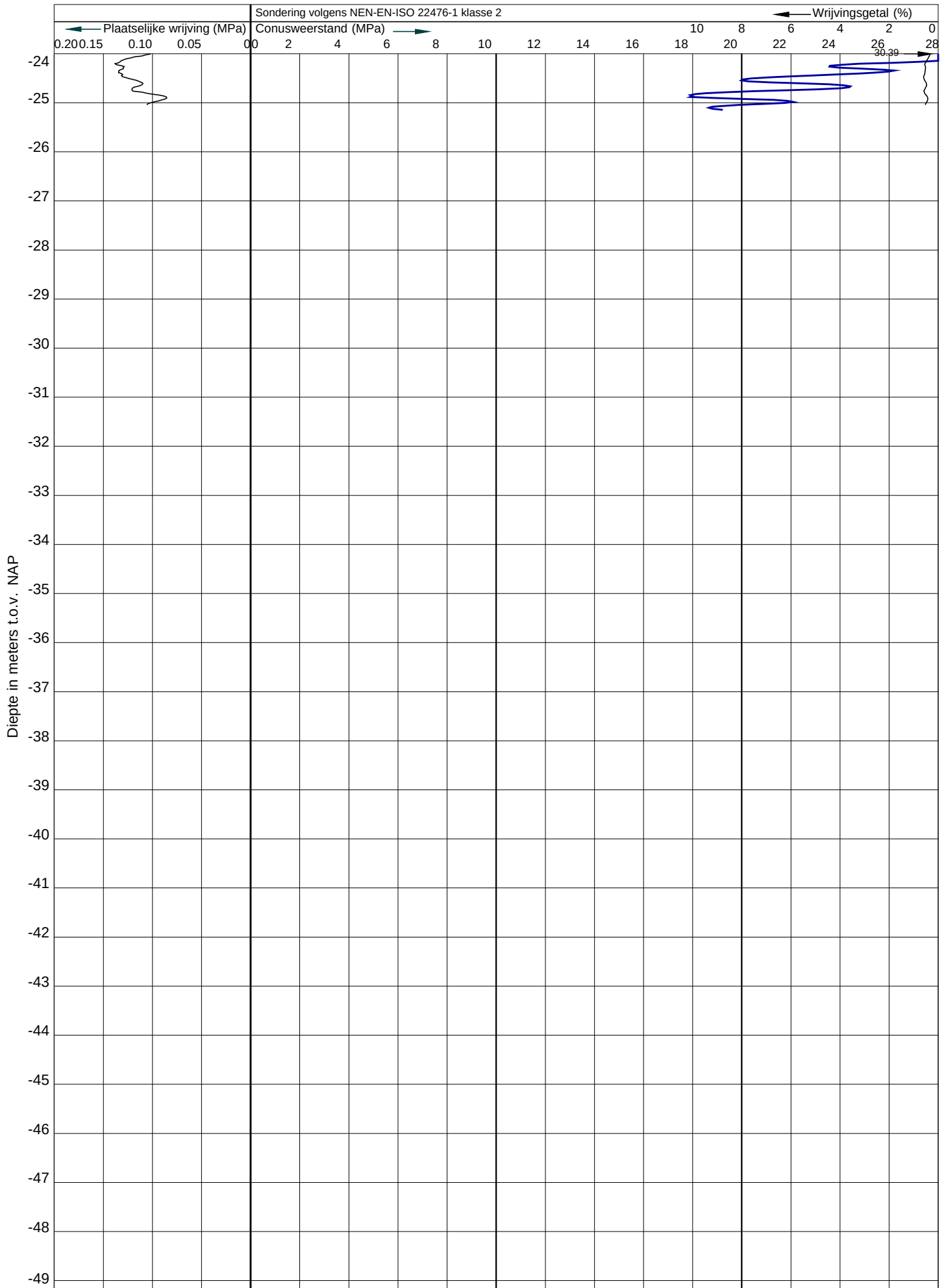


Werknummer : 240227
 Sonderingnr. : 19
 Datum : 5-6-2024
 Maaiveld : -0.01 m. t.o.v. NAP
 RD-coördinaten : X:123350.31 Y:491651.99

 Plaats : Amsterdam
 Locatie : Parlevinker, "Banne Seniorenhof"
 Conustype : I-CFY-15
 Opdrachtgever : Van Rossum BV Amsterdam
 Opmerking :


Werknummer : 240227
Sonderingnr. : 19
Datum : 5-6-2024
Maaiveld : -0.01 m. t.o.v. NAP
RD-coördinaten : X:123350.31 Y:491651.99

Plaats : Amsterdam
Locatie : Parlevinker, "Banne Seniorenhof"
Conustype : I-CFY-15
Opdrachtgever : Van Rossum BV Amsterdam
Opmerking :



Bijlage 5**Opbarstberekening**

Opbarsten

Invoer grondsoort en parameters

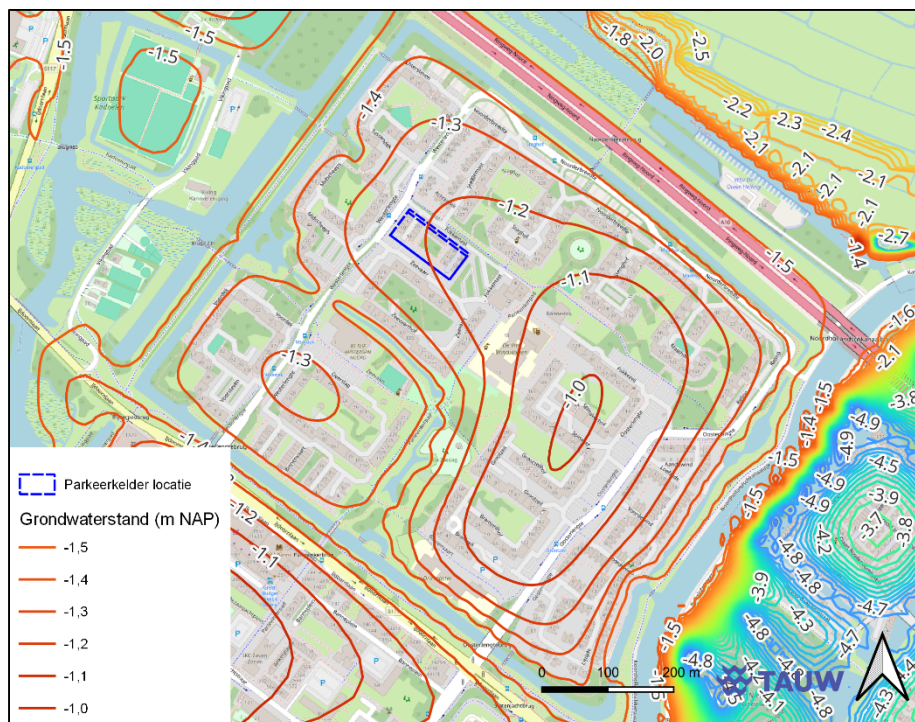
code	soort	$\gamma_{\text{unsat,gem}}$ kN/m ³	$\gamma_{\text{sat,gem}}$ kN/m ³
1	zand, los	17,0	19,0
2	zand, matig	18,0	20,0
3	klei, slap	14,0	14,0
4	klei, zwak zandig	15,0	15,0
5	klei, matig 1	16,0	16,0
6	klei, matig 2	17,0	17,0
7	klei, sterk zandig	16,5	16,5
8	klei, organisch	13,0	13,0
9	veen, slap	10,0	10,0
10	veen, matig slap	11,0	11,0
11	veen, matig	12,0	12,0
12	klei / veen	11,0	11,0
13	aanvulling zand	16,0	18,0

Invoer laagopbouw

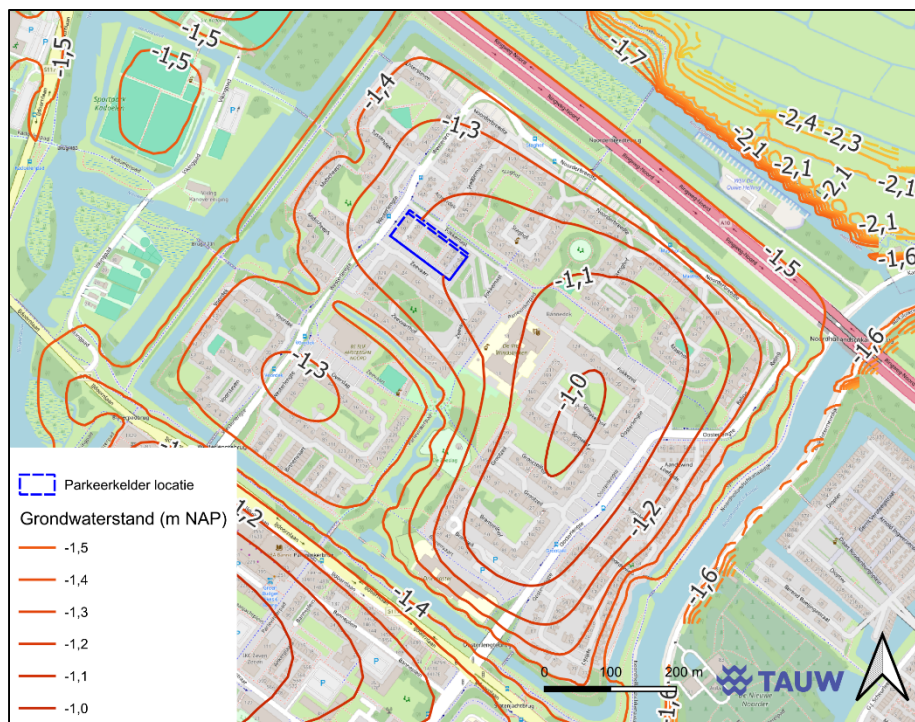
[illegible]

Bijlage 6 Aanvullende isohypsenpatronen (berekeningen 1 t/m 8)

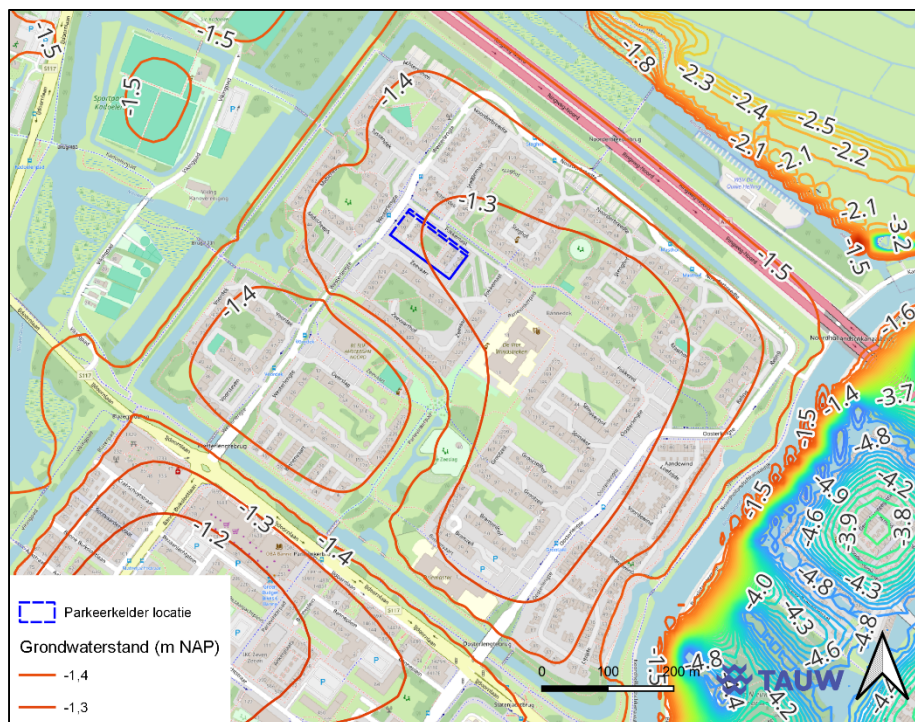
In deze bijlage staan de isohypsenpatronen opgenomen van de berekeningen om de verschillen te berekenen voor het effect van de kelder op de (lokale) grondwaterstand. Aan de rechterzijde van de figuren zijn wat grilliger patronen in isohypsen te zien. Dit is het gevolg van een gebied met een significant lager vastgesteld peil dan het gebied waar de beoogde kelder is in gelegen (zie ook figuur 2.1). De ligging van de waterkering is goed terug te zien daar waar het sterke verhang in isohypsen de overgang van het ene peilgebied naar het andere weergeeft. In werkelijkheid zal er minder opbolling binnen het lagere peilgebied ontstaan, mogelijk door betere afwatering in het gebied. Er is voor de huidige berekeningen niet voor gekozen om dit te corrigeren, aangezien dit verder niet van invloed is op de lokale geohydrologie ter plaatse van de kelder.



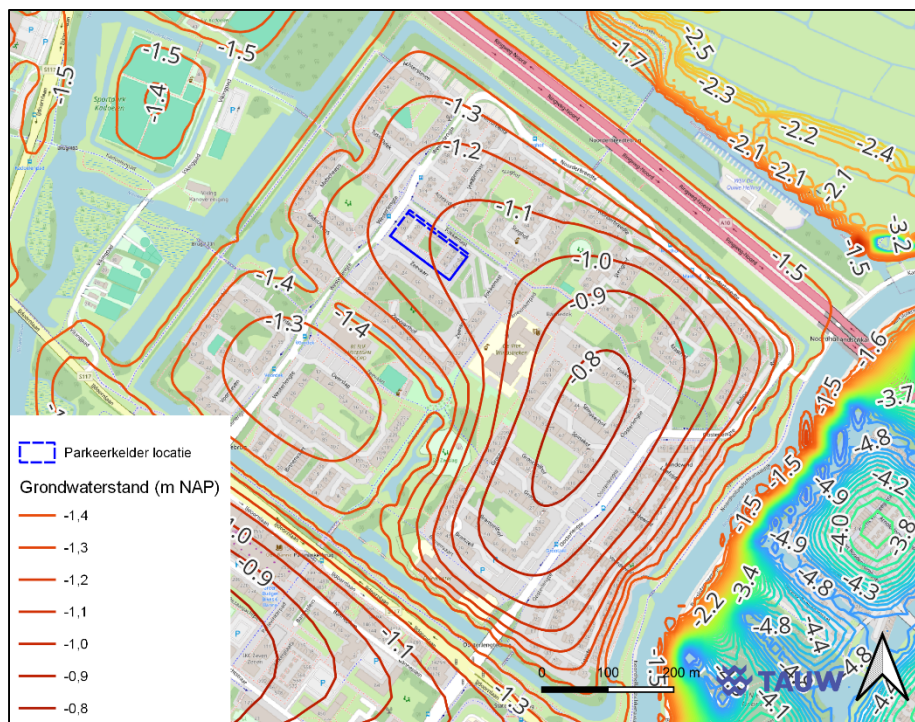
Figuur B6.1 Isohypsenvoorspatroon in de **situatie zonder nieuwe kelder** in het **huidig klimaat (2024)** voor een **gemiddelde grondwaterstand (GG)** (berekening 1)



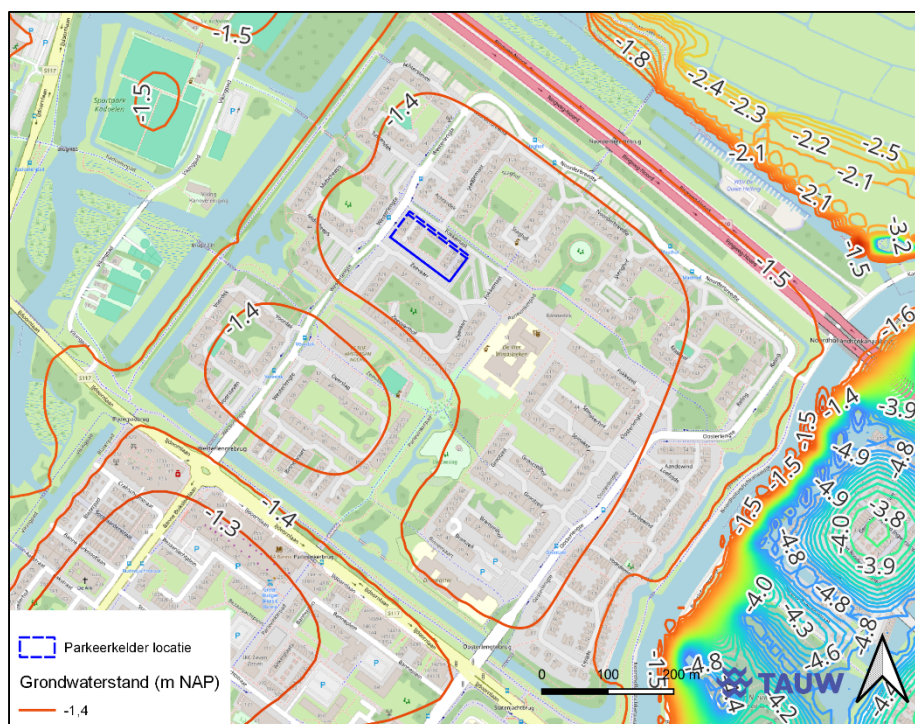
Figuur B6.2 Isohypsenvoorspatroon in de **situatie met kelder** in het **huidige klimaat (2024)** voor een **gemiddelde grondwaterstand (GG)** (berekening 2)



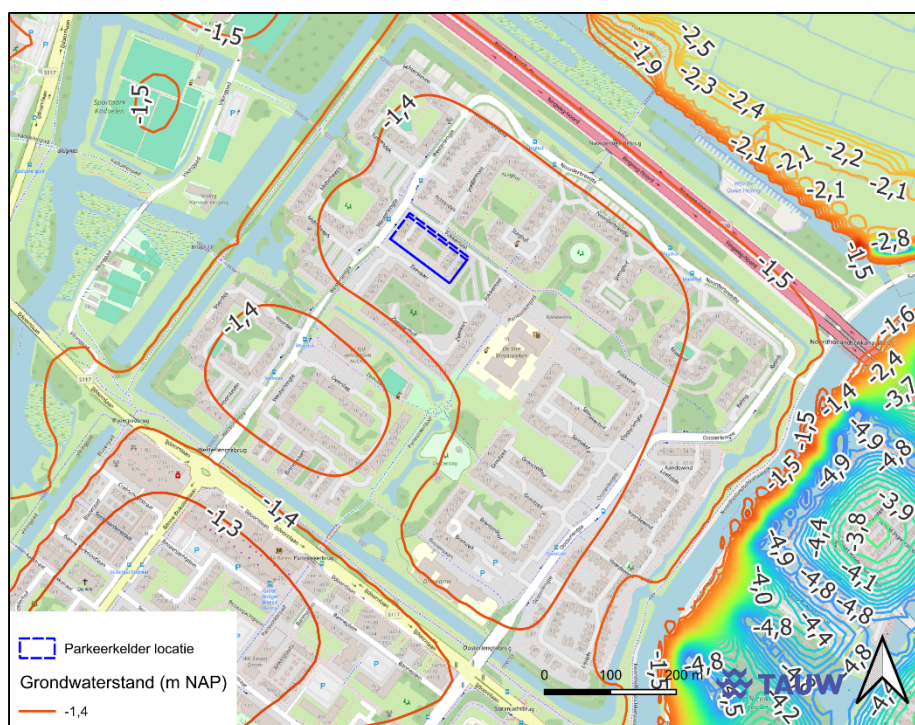
Figuur B6.3 Isohypsenvoorspatroon in de situatie zonder kelder in het huidige klimaat (2024) voor een representatief lage grondwaterstand (RLG) (berekening 3)



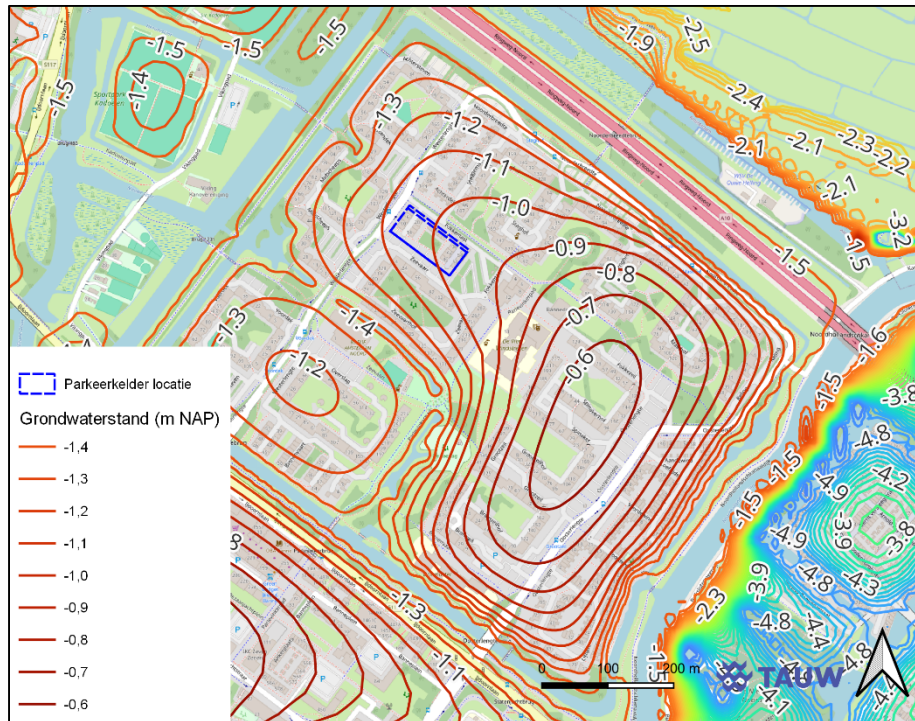
Figuur B6.4 Isohypsenvoorspatroon in de situatie zonder kelder in het huidige klimaat (2024) voor een representatief hoge grondwaterstand (RHG) (berekening 4)



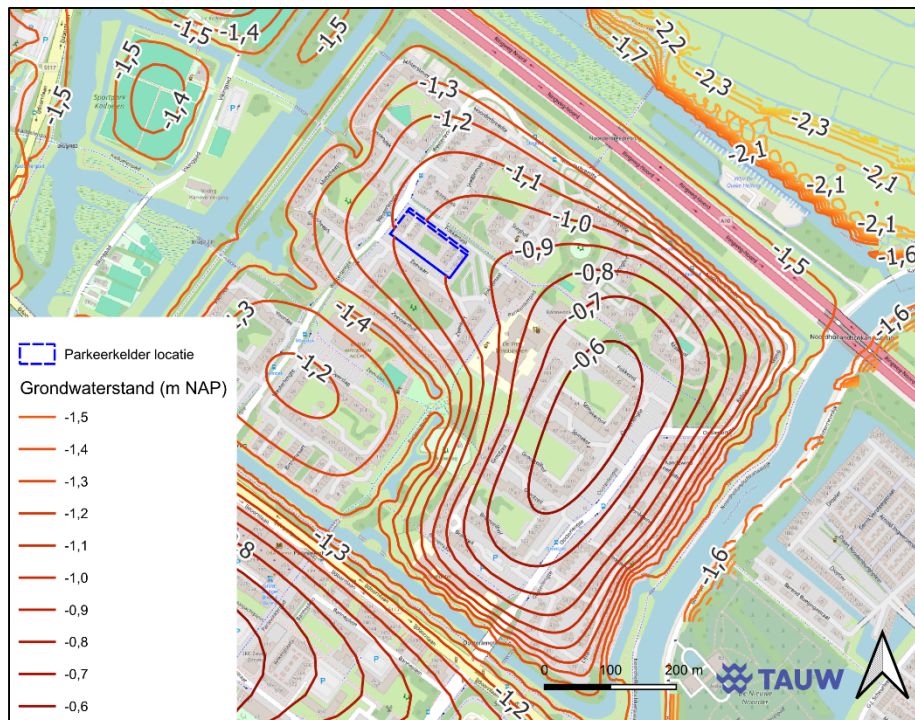
Figuur B6.5 Isohypsenspatroon in de *situatie zonder kelder* in het toekomstig klimaat (2050) voor een droge periode (RLG) (berekening 5)



Figuur B6.6 Isohypsenspatroon in de *situatie met kelder* in het toekomstig klimaat (2050) voor een droge periode (RLG) (berekening 6)



Figuur B6.7 Isohysenpatroon in de *situatie zonder kelder* in het toekomstig klimaat (2050) voor een natte periode (RHG) (berekening 7)



Figuur B6.8 Isohysenpatroon in de *situatie met kelder* in het toekomstig klimaat (2050) voor een natte periode (RHG) (berekening 8)