

**Rapport betreffende  
fundering nieuwbouw Paviljoen  
aan De Meent  
te Rotterdam**

Opdracht nummer	AA22202-2
Datum rapport	17 juli 2024

**Rapport betreffende  
fundering nieuwbouw Paviljoen  
aan De Meent  
te Rotterdam**

Opdracht nr.	AA22202-2
Datum rapport	17 juli 2024
Opdrachtgever	Bogem bv Mesdaglaan 8 3055 PR Rotterdam
Constructeur	Aronsohn Kruisplein 488 3012 CC Rotterdam tel: 010 280 80 66
Projectbegeleiding	Studio R Utrechtsedwardsstraat 143 1017 WE Amsterdam

**Bijlagen**

- tabel paalpunctniveaus	1
- bepaling negatieve kleeft paal	2
- berekening draagvermogen	3.1 t/m 3.4
- bepaling paalkopzakkings	4.1 en 4.2
- negatieve kleeft kelderwand	5
- sondeergrafieken met kleeftmeting	01 t/m 04
- handboorstaat	PB01
- coördinatentabel	1 blad
- situatie sondeerpunten	T01

## **INLEIDING**

Op 20 maart 2024 ontving ABO-Geomet van Studio R, namens Bogem, de opdracht voor het uitvoeren van een grondonderzoek en het uitbrengen van geotechnische advies voor de bouw van een paviljoen aan De Meent in Rotterdam.

In aansluiting op de reeds verstrekte gegevens bevat dit rapport de resultaten van het uitgevoerde grondonderzoek alsmede het funderingsadvies. Het advies inzake de opzet van de bouwput en bemaling wordt afzonderlijk gepresenteerd. Op 29 maart 2024 is het briefrapport AA22202-1brfv2 uitgebracht met de voorlopige bevindingen inzake de mogelijke invloed van de nieuwbouw van het paviljoen op korte afstand van de bestaande spoortunnel.

## **GRONDONDERZOEK**

Uitgevoerd werden 4 diepsonderingen met meting van de plaatselijke mantelwrijving, namelijk de sonderingen 01 t/m 04. In verband met vergunningsprocedures van Prorail kon het grondonderzoek pas uitgevoerd worden eind mei 2024. Vanwege obstakels is sondering 01 voortijdig afgebroken en op korte afstand overgemaakt als sondering 01A. De diepte op de sondeergrafieken is gegeven in meters ten opzichte van NAP. De uitzetgegevens zijn vermeld in de coördinatentabel en op situatietekening T01.

De sonderingen zijn uitgevoerd met een elektrische conus met hellingmeter conform NEN-EN-ISO 22476-1. Met de elektrische conus vindt een directe en continue meting plaats van zowel de weerstand aan de conuspunt als van de wrijving langs de kleefmantel. De continue registratie van de ondervonden bodemweerstand verzekert een gedetailleerd beeld van de bodemopbouw. Dit geldt niet alleen voor de sterkte van de bodem, maar tevens met betrekking tot de aard van de aanwezige grondlagen.

De verhouding tussen wrijvingsweerstand en conusweerstand, het zogenaamde wrijvingsgetal, heeft namelijk voor iedere grondsoort een andere waarde. Als indicatie gelden voor de gladde elektrische conus bij normaal geconsolideerde gronden onder de grondwaterstand de navolgende relaties:

<u>wrijvingsgetal in %</u>	<u>grondsoort</u>
0,3 – 1,2	zand, grof tot fijn
1,5 – 2,0	silt
2,5 – 5,0	klei
> 5,0	veen

Tussen de verschillende grondsoorten komen overgangsvormen voor waardoor de aangegeven grenzen niet als hard zijn te beschouwen.

In de conus bevindt zich een hellingmeter waardoor een controle mogelijk is op een eventueel afwijken van de verticaal. De gemeten afwijkingen zijn geïllustreerd op de sondeergrafieken. Bijzondere afwijkingen zijn niet vastgesteld.

### **BODEMGESTELDHEID**

Het project "Paviljoen aan De Meent" ligt aan de Binnenrotte nabij de Lombardkade te Rotterdam. Het maaiveldpeil ter plaatse van de sondeerpunten varieerde tijdens het grondonderzoek van 0,18 m+ NAP tot 0,52 m+ NAP. Een straatput is ingemeten op 0,14 m+ NAP en de as van de weg op 0,13 m+ NAP.

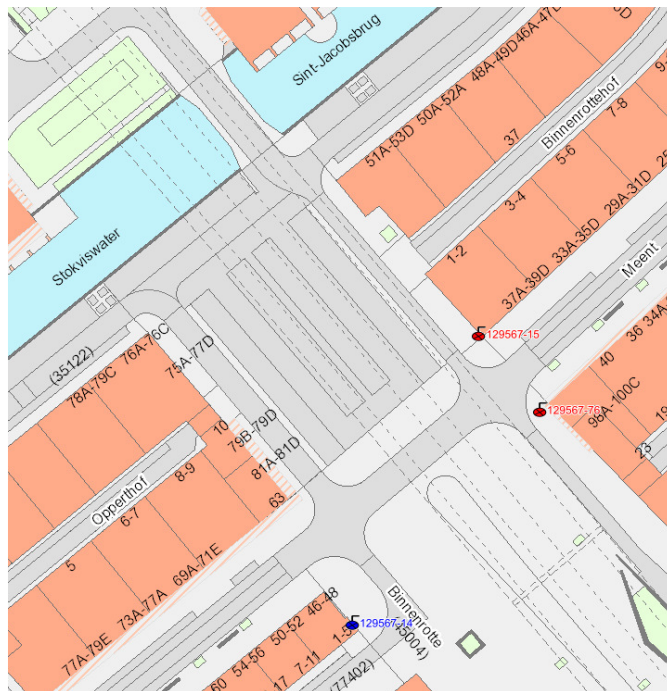
De grondwaterstand lag tijdens de uitvoering van het grondonderzoek in mei 2024 op ca. 0,9 à 1,0 m- NAP (sondeergaten). Opgemerkt wordt dat dit een serie éénmalige waarnemingen betreft. De freatische grondwaterstand varieert en is afhankelijk van neerslagoverschot, bodemopbouw en afstand tot open water.

Tot dusver zijn de onderstaande waarnemingen van de grondwaterstand uitgevoerd:

Overzicht waarnemingen peilbuizen		
	Peilbuis nummer	
	PB01	MDF01
maaiveldniveau	0,45 m+ NAP	0,45 m+ NAP
bovenkant peilbuis	0,39 m+ NAP	0,44 m+ NAP
onderkant filter	2,55 m- NAP	16,65 m- NAP
datum waarneming	grondwaterstand	
23-05-2024 (dag van plaatsen)	1,23 m- NAP	2,14 m- NAP
19-07-2024	1,05 m- NAP	1,93 m- NAP

Bij Dinoloket zijn geen bruikbare grondwaterdata te verkrijgen.

Ook is bij de gemeente Rotterdam informatie van het freatisch grondwater ingewonnen:

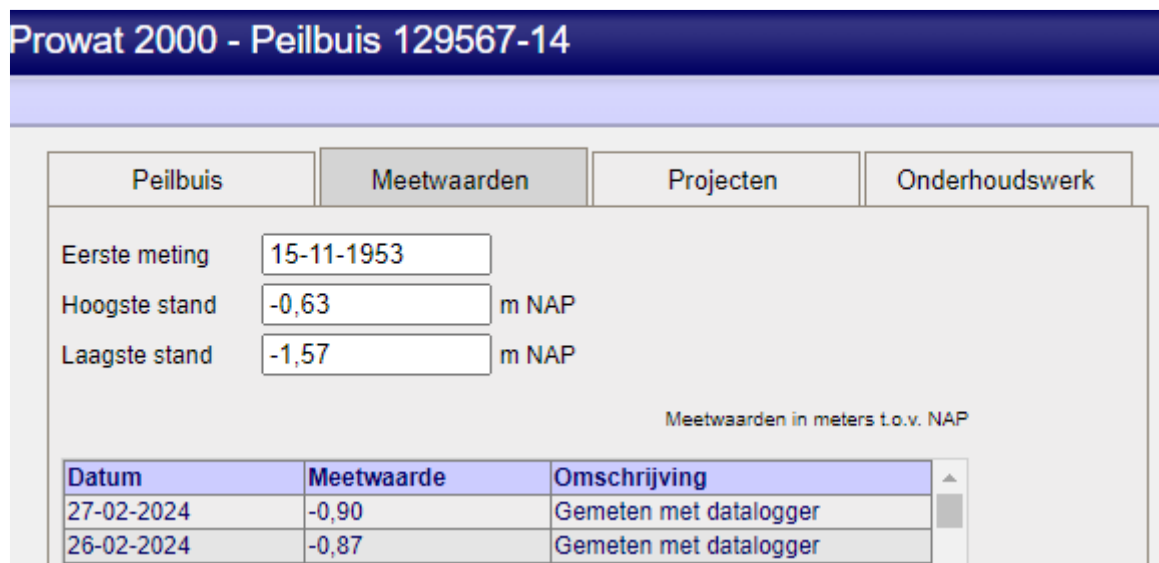


Figuur 1 overzicht peilbuizen (bron: gemeente Rotterdam)

Prowat 2000 - Peilbuis 129567-15			
Peilbuis	Meetwaarden	Projecten	Onderhoudswerk
Eerste meting	15-01-1958		
Hoogste stand	-0,78 m NAP		
Laagste stand	-1,75 m NAP		
Meetwaarden in meters t.o.v. NAP			
Datum	Meetwaarde	Omschrijving	
13-12-2010		Niet te meten	

Prowat 2000 - Peilbuis 129567-76			
Peilbuis	Meetwaarden	Projecten	Onderhoudswerk
Eerste meting	17-10-1994		
Hoogste stand	-0,53 m NAP		
Laagste stand	-1,84 m NAP		
Meetwaarden in meters t.o.v. NAP			
Datum	Meetwaarde	Omschrijving	
07-12-2012		Droog	
18-10-2012	-1,19	Gemeten	

Figuur 2 gedateerde / niet meer in gebruik zijn peilfilters (bron: gemeente Rotterdam)



Figuur 3 actuele grondwaterdata (bron: gemeente Rotterdam)

Uit de resultaten van het grondonderzoek kan de navolgende bodemopbouw worden afgeleid:

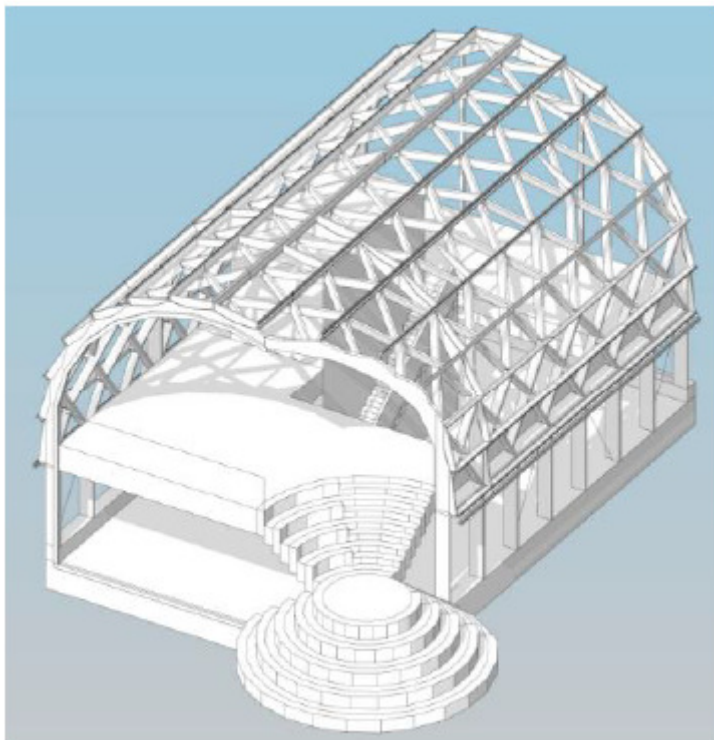
<u>Diepte in m- NAP</u>		<u>Bodembeschrijving</u>
m.v.	- 3,0 à 4,0	<u>ZAND</u> , matig vast tot zeer vast gepakt, lokaal met klei- en/of silthoudende laagjes, opgebracht
3,0 à 4,0	- 7,0 à 7,5	<u>KLEI</u> , silthoudend, slap
7,0 à 7,5	- ca. 8,0	<u>VEEN</u> , slap
ca. 8,0	- 13,0 à 13,5	<u>KLEI</u> , silthoudend, slap
13,0 à 13,5	- 14,5 à 15,0	<u>VEEN en KLEI</u> , basislaag Holocene
14,5 à 15,0	- 29,5 à 32,5	<u>ZAND</u> , vast tot zeer vast gepakt, deels met silthoudende laagjes tussen ca. 21,0 en 23,5 m- NAP, Pleistoceen
29,5 à 32,5	- ca. 35,0	<u>KLEI, LEEM en ZAND</u> , afwisselende overgeconsolideerde lagen, formatie van Waalre (voorheen: Laag van Kedichem).
ca. 35,0		maximaal verkende diepte

De bodemopbouw betreft een zo goed mogelijke inschatting, welke is gebruikt voor de adviezen. Hieraan kunnen geen rechten worden ontleend ten aanzien van samenstelling en eventuele bijmengingen van de grond.

## **FUNDERINGSADVIES**

Het paviljoen met een grondvlak van ca. 11 \* 15 m<sup>2</sup> wordt deels voorzien van een kelder en wordt op korte afstand gebouwd van de bestaande spoortunnel en kraagt deels uit boven de spoortunnel. De bovenzijde van de spoortunnel ligt volgens de verstrekte informatie op ca. 2,0 m- NAP (ruim 2 meter onder maaiveld). Het huidige parkeerterrein rondom het toekomstige paviljoen wordt omgevormd tot een parkachtige omgeving.

Het paviljoen heeft een houten hoofddragconstructie.



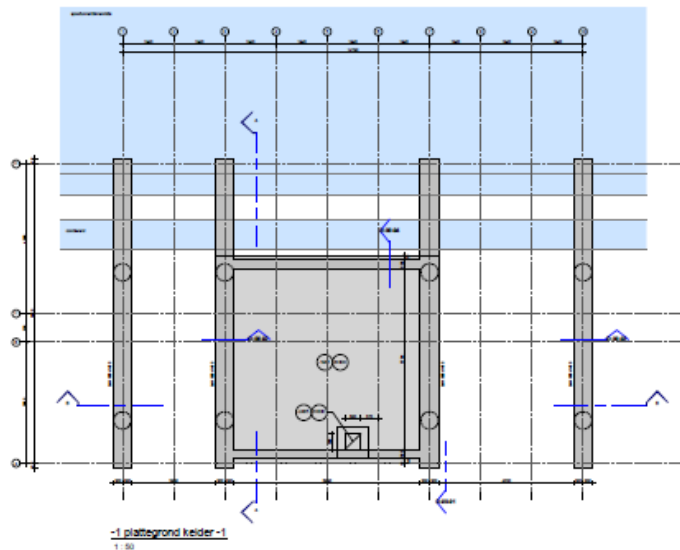
*Figuur 4 impressie constructie (bron: Aronsohn)*

De hoofddragconstructie wordt gefundeerd op 8 palen. Op het dek van de spoortunnel wordt alleen het onderste deel van de trap afgesteund. Deze beperkte steunreactie is geen probleem voor de spoortunnel. De spoortunnel (tussenwanden) is hier ontworpen om een gebouw van 3 verdiepingen te kunnen dragen. Voorts zal naar verwachting deze oplegging een “rolscharnier” zijn, zodat er mogelijk geen krachten in de spoortunnelconstructie geïntroduceerd worden.

Naast de bestaande spoortunnel is nog een (verloren) damwand aanwezig.

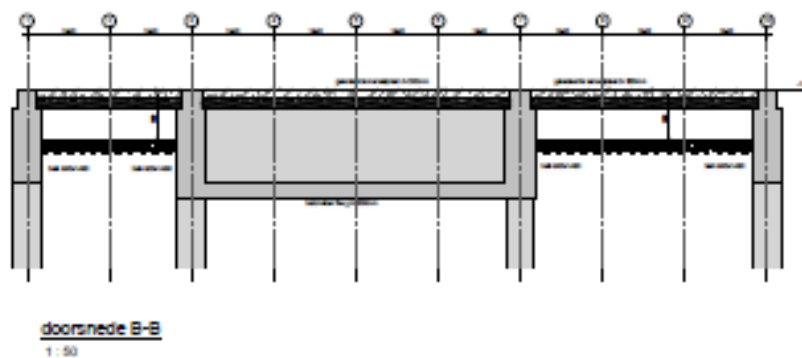
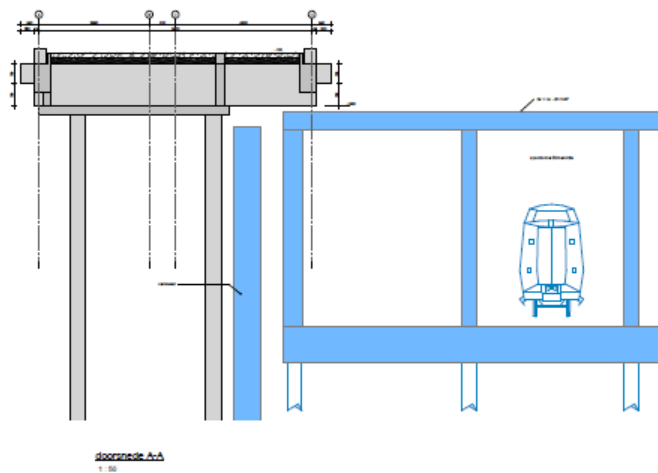
Het ontwerp van de kelder is gedurende de tijd nog al gevarieerd, van een prefab betonbak, die opgehangen wordt aan de rondom aanwezige funderingsbalken tot een in het werk gestorte kelder. Ook de diepte is aan variatie onderhevig (geweest), van ca. 1,5 meter tot ca. 2,0 meter stahoogte. Volgens de recent ontvangen informatie wordt bovenkant vloer 1,985 m- peil en de vloerdikte 0,3 meter, zodat de onderzijde dan op ca. 1,94 m- NAP uitkomt.

Qua bovenaanzicht en dwarsdoorsnede ziet één en ander er als volgt uit:



Figuur 5 bovenaanzicht project en spoortunnel (bron: Aronsohn)

en:



Figuur 6 doorsnedes project en spoortunnel (bron: Aronsohn)



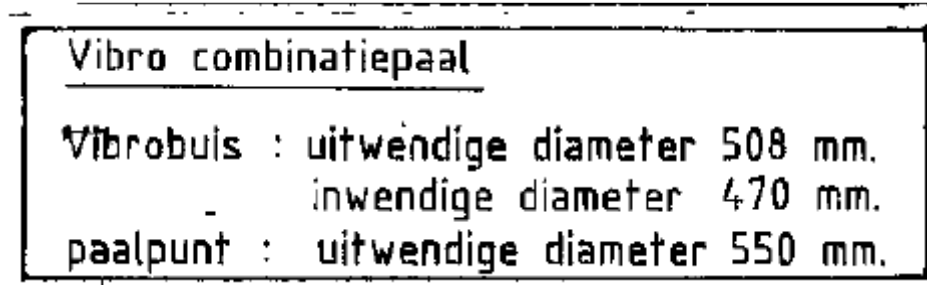
De 4 balken van figuur 5 hebben een breedte van 0,6 meter en een hoogte van 1,48 meter, zodat de onderzijde van de balk dan op 1,13 m- NAP moet komen te liggen.

De nieuwbouw wordt gefundeerd op 8 trillingsvrij in te brengen schroefpalen met verloren punt, zoals Fundex-palen of Hek-palen.

Het bouwpeil van de nieuwbouw wordt 0,35 m+ NAP.

De spoortunnel ligt iets onder afschot en het paviljoen komt op de positie nabij tunnelmoot 23. De bovenzijde van de tunnel is daar tussen 1,935 m- NAP en 2,15 m- NAP. Uit de door derden uitgevoerde proefsleuven is de afstand tussen de verloren damwand en de tunnelwand geraamd op ca. 0,5 meter. De bovenzijde van de damwand is ca. 0,5 meter lager gemeten dan de bovenzijde van de spoortunnel en ligt dan op ca. 2,6 m- NAP. Opgemerkt wordt dat Studio R bij de uitvoering van de proefsleuven aanwezig was. De inmetingen zijn ons inziens niet exact, omdat het gat steeds volliep met grondwater. Er is geen klokpomp ingezet om in den droge te kunnen werken. Het doel van de proefsleuven was namelijk inmeten van de verloren damwand, de tussenruimte en de bovenzijde / positie van de spoortunnel. Ons inziens lijkt een dagmaat tussen spoortunnel en stalen damwand van 0,5 meter erg weinig, Veelal wordt een grotere afstand toegepast, enerzijds voor de bekisting en enige werkruimte voor het personeel.

Volgens opgave van Prorail is de spoortunnel hier gefundeerd op vibro-combipalen.



*Figuur 7 toegepaste palen onder de spoortunnel ( bron: Prorail)*

Als prefab element is #320 mm toegepast. De palen zijn ingebracht tot op een paalpuntniveau van 23,0 tot 24,5 m- NAP.

De onderzijde van de spoortunnel / bovenzijde werkvloer ligt op ca. 9,7 / 9,8 m- NAP.

Gelet op de aangetroffen bodemopbouw komt alleen een fundering op palen in aanmerking. In overleg met de constructeur is derhalve besloten een fundering op trillingsvrij te installeren schroefpalen met verloren punt nader uit te werken. Dit zijn grondverdringende in de grond gevormde betonpalen, vervaardigd met schroevend ingebrachte stalen hulpbuis en verloren stalen schroefpunt.

Mogelijk wordt bij de paalinstallatie een constructieve groutinjectie of een injectie met dunne groutspecie uitgevoerd om de inbrengweerstand te reduceren.

Bij een paalinstallatie met constructieve groutinjectie wordt in principe een paalschacht in de funderingszandlaag geformeerd ter grootte van de schroefpunt. Een eventuele dunne groutinjectie heeft geen constructieve functie.

Nadere gegevens met betrekking tot paaltype:

- in het Handboek Funderingen zijn onder B4430 merknamen vermeld die onder dit paaltype vallen
- de gehanteerde draagkrachtfactoren en vervormingen gelden voor een schroefpunt met tapse spiraalvorm of bij constructieve groutinjectie onder de punt
- bij een platte schroefpunt kan een reductie van het draagvermogen en/of toename van de vervormingen van toepassing zijn, afhankelijk van de vorm en hoogte van de opgelaste strips
- de draagkrachtfactoren en berekende vervormingen gelden voor gladde hulpbuizen zonder spiraalstrips

Voor locaties met bestaande palen in de grond moeten de nieuwe palen worden verschoven waarbij een tussenafstand van minimaal 0,5 meter wordt aanbevolen. Een kleinere tussenafstand is mogelijk, maar geeft een risico van verplaatsing van de voetplaat waardoor de paal kan mislukken. Voor kritische delen kan worden overwogen om geschroefde stalen palen met aangelaste voetplaat en groutinjectie toe te passen (zoals Tubex-groutinjectie).

De uit de constructie bepaalde rekenwaarde van de optredende belasting volgens NEN-EN 1990 en NEN-EN 1991 is 1500 kN. Beschouwd zijn de paalafmetingen  $\varnothing 380/450$  mm alsmede  $\varnothing 460/560$  mm.

Het paal draagvermogen is bepaald conform NEN 9997-1:2016+ C2:2017. Het aan te houden paalpuntniveau is gegeven in de overzichtstabel in bijlage 1. Voor geschroefde palen geldt dat er slechts in beperkte mate controle mogelijk is op de vastheid van de bodemopbouw tijdens de installatie van de paal. Daarom dient voor het deelgebied zoveel mogelijk een gelijk paalpuntniveau te worden aangehouden.

De rekenwaarde van de negatieve kleeft op de kelderwand bedraagt ca. 12 kN/m<sup>1</sup>, uitgaande van een maaiveldniveau van ca. 0,25 m- NAP en onderkant constructie op ca. 2,0 m- NAP, zie bijlage 5.

#### afstand tot belendingen / spoortunnel

De nieuwbouw van het paviljoen ligt naast (en deels boven de bestaande) spoortunnel. De hart-op-hart-afstand van nieuwe palen tot de bestaande vibro-combipalen onder de tunnelbak is volgens Studio R minimaal 2,0 meter.

Nadere informatie van de verloren damwand is opgevraagd bij Prorail. Verwacht wordt dat deze damwand is doorgezet tot in de pleistocene funderingszandlaag. Dit zal mede de reden zijn dat deze damwand is afgebrand en niet is getrokken. Bij een korte afstand tussen damwand en funderingspalen is bij trekken het risico zeer groot op vervormingen en aantasting van het beschikbare draagvermogen van de palen onder de spoortunnel.

De verloren damwand fungeert hier als “buffer” tussen de nieuw in te brengen palen en bestaande fundering van de spoortunnel.

Om het risico voor de bestaande funderingen te minimaliseren is een h.o.h. afstand van  $2,0 \cdot D_{\text{bestaand}} + 2,0 \cdot D_{\text{nieuw}}$  of meer noodzakelijk. Hierbij is  $D$  de equivalente diameter van de paalvoet. Hierbij worden de nieuwe palen ingebracht in dezelfde funderingszandlaag als van de spoortunnel op ongeveer dezelfde paalpuntniveaus.

### berekeningen

Berekeningen zijn uitgevoerd volgens NEN 9997-1:2016+ C2:2017. Hierin zijn NEN-EN 1997-1+ C1+A1:2016+ NB:2016 opgenomen zodat berekeningen voldoen aan de eisen van het Bouwbesluit 2012.

De constructie is als een niet-stijf bouwwerk beschouwd. Ten aanzien van het grondonderzoek wordt gesteld dat voor het deelgebied 4 representatieve sonderingen zijn uitgevoerd. Bij bepaling van de rekenwaarde van de maximale draagkracht zijn op basis van de bovengenoemde randvoorwaarden correlatiefactoren  $\xi_3 = 1,28$  en  $\xi_4 = 1,03$  vastgesteld.

De maximale draagkracht van de paalpunt is berekend met de 4D/8D methode van Koppejan. Voor de berekening van het puntdraagvermogen geldt een paalklassefactor  $\alpha_p$  van 0,63 en verder zijn  $\beta$  en  $s$  gelijk aan 1,0 uitgaande van een verhouding tussen de oppervlakten van paalpunt en paalschacht kleiner dan 1,5 en volledige betondruk op de grond tijdens het trekken van de buis. De maximale schachtwrijvingskracht is bepaald aan de hand van een percentage van de gemiddelde conusweerstand. De aan te houden paalklassefactor  $\alpha_s$  is 0,009.

In geval van een gedeeltelijke onderkeldering van het gebouw worden in principe 2 berekeningsmethodieken uitgevoerd. Als eerste de maximale negatieve kleeft zonder reductie op de conusweerstand als gevolg van de ontgravingen en als tweede een lagere negatieve kleeft als gevolg van het gemiddeld lagere maaiveld in combinatie met een reductie op de conusweerstand. De eerste methodiek is hier maatgevend en als zodanig als enige in voorliggend rapport opgenomen.

De betrouwbaarheidsklasse RC1 t/m RC3 volgens NEN-EN 1990/NB heeft geen invloed op de berekende draagkracht van de paalfundering, maar bepaalt wel de rekenwaarde van de optredende belasting uit de constructie.

Iedere sondering is in principe als een afzonderlijk rekenelement te beschouwen, maar bij de bepaling van het paalpuntniveau wordt ook rekening gehouden met de resultaten van omliggende sonderingen. In bijlage 1 zijn de geadviseerde puntniveaus vermeld en in bijlage 3.1 t/m 3.4 de berekeningsresultaten.

Bij een uniforme bodemopbouw mag het draagvermogen worden gelijkgesteld aan de gemiddelde waarde op basis van  $\xi_3$ , waarbij tevens geldt dat deze niet hoger mag zijn dan de laagste waarde met  $\xi_4$  in de betreffende groep. Bij toepassing van een gemiddelde waarde van de draagkracht mag de variatiecoëfficiënt maximaal 12% zijn. Voor dit project is gerekend met een draagvermogen op basis van een gemiddelde. De resultaten hiervan zijn vermeld in de overzichtstabel in bijlage 1. Opgemerkt wordt dat vanwege deels aanwezige stoorlaagjes tussen ca. 20 en 23 m- NAP er tussen 20,0 en 24 m- NAP niet gerekend kan worden met gemiddelden. Met de afmeting  $\varnothing 380/450$  mm kan 1500 kN pas gemiddeld opgenomen worden op een paalpuntniveau van 25,0 m- NAP. Op 19,0 m- NAP is dat gemiddeld 1445 kN. Indien dit uiteindelijk toch de definitieve paalbelasting is, dan kan dit worden gehanteerd.

Als mogelijk alternatief kan de afmeting  $\varnothing 460/560$  mm worden toegepast op een paalpuntniveau van 18,0 m- NAP. Er kan dan ruim 1700 kN worden opgenomen. Op een niveau van 17,5 m- NAP is gemiddeld 1491 kN haalbaar.

Bij het bepalen van de benodigde paalpuntniveaus is rekening gehouden met het ontstaan van negatieve kleef langs de paalschacht. De samendrukbare lagen boven de vaste zandlaag kunnen hierdoor een zetting ondergaan die groter is dan de paalverplaatsing welke nodig is voor het ontwikkelen van het draagvermogen. Een berekening van de (maximale) negatieve kleefbelasting volgens NEN 9997-1 is in bijlage 2 gepresenteerd.

#### paalwapening en betonkwaliteit

De wapening en betonkwaliteit moeten door de constructeur of leverancier worden bepaald op basis van optredende belastingen in gebruiksfase en uitvoeringsfase. Eisen voor de wapening zijn vermeld in paragraaf 7.8.2 van NEN-EN 12699:2001. Bij de dimensionering dient rekening te worden gehouden met horizontale grondverplaatsingen en trekbelastingen ten gevolge van ontgravingen na paalinstallatie, het gewicht van de boorstelling en grondverdringing door installatie van omliggende palen. Alle palen moeten worden voorzien van een wapeningskorf tot in de funderingszandlaag. Eventuele trekpalen dienen volledig gewapend te worden.

De schroefpalen worden mogelijk voorzien van een constructieve groutschil. De water/cementverhouding moet dan worden afgestemd op de bodemgesteldheid en heeft vaak een waarde van ca. 1,5. Een te lage waarde moet worden voorkomen omdat dit tot stagnatie van de retourstroom kan leiden. De groutschil heeft een relatief lage sterkte. Deze is in principe voldoende om de maximale schachtwrijvingkracht over te brengen van buitenkant groutschil naar de paalkern. Bij een hogere water/cementverhouding dan ca. 1,5 zal deze overdracht mogelijk niet meer kunnen plaatsvinden. De water/cementverhouding dient bij tenminste 5% van de palen en minimaal 1 keer per dag gecontroleerd te worden door middel van bepaling van het volumegewicht van het groutmengsel. Cement-bentoniet mengsels zijn niet toegestaan voor dit paalttype.

Bij ophogingen of aanvullingen boven het oorspronkelijk maaiveldniveau kunnen palen worden belast door horizontale grondverplaatsingen. In voorkomende gevallen kan hiervoor een aanvullend grondmechanisch advies worden opgesteld.

### vervormingen

De zakking voor het ontwikkelen van het grondmechanisch draagvermogen is bepaald op ca. 19 mm voor een paalafmeting  $\varnothing 380/450$  mm en ca. 20 mm voor de afmeting  $\varnothing 460/560$  mm. Het betreft de paalkopzakking  $s$  van een alleenstaande paal volgens NEN 9997-1 in de bruikbaarheidsgrenstoestand. De berekening is gepresenteerd in bijlage 4.1 en 4.2. De maximale waarde van de representatieve paalkopbelasting  $F_{c;rep}$  is bepaald voor een partiële factor  $\gamma_F = 1,25$  uit de constructieve berekening. De berekende zakking is inclusief de elastische verkorting van de paal, waarbij een E-modulus van  $20.000 \text{ N/mm}^2$  is aangehouden. De berekende vervorming geldt voor een schroefpunt met tapse spiraalvorm en/of een constructieve groutinjectie. Bij toepassing van een gelaste stalen voetplaat moet rekening worden gehouden met iets meer vervorming voor het mobiliseren van het puntdraagvermogen, afhankelijk van de vorm en hoogte van de opgelaste verticale strips.

In bijlage 4.1 en 4.2 is op basis van bovengenoemde uitgangspunten de relatie tussen de representatieve waarde van de paalbelasting en de paalpuntzakking  $s_b$  gegeven. De grafiek geeft de mogelijk optredende waarde van de paalpuntzakking voor statische belasting, rekening houdend met enige variatie in de vastheid van het zandpakket. In bijlage 4.1 en 4.2 is tevens de veerstijfheid van de paal vermeld. Voor kortdurende belastingen zoals wind zijn hogere veerstijfheden toepasbaar. Bij de bepaling van de veerstijfheid in de uiterste grenstoestand is een partiële factor voor vervormingen  $\gamma_{m;k} = 1,30$  gehanteerd.

Voor paalgroepen kan een geringe toename  $s_2$  van de maximale paalzakking optreden ten gevolge van samendrukking in dieper gelegen lagen. Bij de onderhavige bodemopbouw en paalopzet is de invloed van deze zetting niet significant of nagenoeg uniform. De extra zakking bij paalgroepen is derhalve niet of nauwelijks van belang bij de toetsing van de grenstostanden.

### **INSTALLATIE SCHROEFPALEN MET VERLOREN PUNT (EN GROUTINJECTIE)**

De schroefpalen dienen te worden geïnstalleerd door een hierin gespecialiseerd en gerenommeerd bedrijf. De keuze van het boormoment is erg belangrijk. Door toepassing van een voldoende zwaar boormoment wordt voorkomen dat de maximale capaciteit wordt bereikt en de boorbuis vastslaat, voordat de noodzakelijke diepte is gehaald.

Bij eventuele toepassing van groutinjectie voor smering zonder constructieve functie wordt een dun groutmengsel toegepast met hoge water/cement verhouding.

Als het basisniveau is bereikt moet bij iedere paal een controle plaatsvinden op waterindringing in de buis. De wapeningskorf moet voldoende sterkte en stijfheid hebben zodat hij zonder blijvende vervorming kan worden getransporteerd en ingehangen. De buis dient tot boven het maaiveld te worden gevuld met plastische beton. Tijdens het trekken maakt de boorbuis een oscillerende beweging. Vooral bij langere wapeningskorven moet rekening worden gehouden met een afname van de betondruk aan de onderzijde van de buis. Tijdens het trekken is een voldoende uitstroomdruk in de funderingszandlaag belangrijk om te voldoen aan de uitgangspunten van het grondmechanisch draagvermogen. Maatregelen om de uitstroomdruk te verhogen zijn toepassing van een zeer plastisch betonmengsel met fijn toeslagmateriaal, het ophangen van de wapeningskorf op minimaal 0,5 meter boven de punt en het in aanvang aanbrengen van overhoogte van het beton in de buis.

Het bijvullen van het beton mag alleen plaatsvinden zolang onderkant buis nog in de funderingszandlaag hangt. Het is van belang dat de treksnelheid is afgestemd op de uitstroomsnelheid van het beton, teneinde de kans op insnoeringen te beperken. Het lager afstorten dan tot het werkniveau is niet toegestaan.

Bij het lossen van de voetplaat en het trekken van de buis mogen geen stagnaties optreden in de betondoorstroming. De controle hierop wordt uitgevoerd door middel van het waarnemen van het betonniveau en de wapening in de boorbuis. In het geval dat het betonniveau en de wapening mee omhoog komt zal het noodzakelijk zijn de paal naast de eerste locatie opnieuw te maken, waarbij een dieper paalpuntniveau wordt gehanteerd. Hierbij kunnen ook controlesonderingen nodig zijn om vast te stellen of het draagvermogen is afgenomen door ontspanning.

Als beperkte referentie voor de controle van het draagvermogen van de paal geldt het optredende boormoment voor het bereiken van het basisniveau. De gegevens verkregen op de sonderingen vormen de mogelijke leidraad voor de beoordeling van het draagvermogen van de tussen sonderingen geïnstalleerde palen. In gebieden met overgangen in paalpuntniveau kan het inboren op het hogere niveau worden gestopt, indien een voldoende hoog boormoment wordt bereikt dat correspondeert met de betere sonderingsopbouw. Indien de oploop van het boormoment duidelijk afwijkt van het sondeerbeeld, kan een controle van de grondslag door middel van sonderingen noodzakelijk zijn.

Tijdens het maken van nieuwe palen en het manoeuvreren met de heistelling moet het betonniveau van nog niet uitgeharde palen in de omgeving goed worden bewaakt. Beïnvloeding tijdens het maken van nieuwe palen kan in het algemeen worden voorkomen door het handhaven van een afstand van 4 maal de paalvoetdiameter, maar in specifieke gevallen kan een grotere afstand nodig zijn. Indien nazakking, oppersing of een opwaartse waterstroom door de verse paalschacht wordt vastgesteld dan dient een uitgebreidere controle van de paalschacht plaats te vinden en moet de onderlinge afstand bij de paalvervaardiging worden vergroot.

De hoeveelheid gebruikte beton dient te worden bijgehouden. Afwijkingen hierin kunnen optreden als gevolg van het ontstaan van insnoeringen en verdikkingen tijdens dan wel na het trekken van de buis. In verband hiermee verdient het aanbeveling de kwaliteit van alle palen na de verhardingstijd te controleren door middel van akoestisch doormeten, uitgevoerd volgens CUR aanbeveling 109. In geval van twijfel over de kwaliteit van de paalkop dient het bovenste deel van de paal te worden blootgegraven. Als na de akoestische meting nog ontgravingen of horizontale belastingen optreden kan het wenselijk zijn om een nieuwe meting uit te voeren.

De grout- en betonsamenstelling dient zodanig gekozen te worden dat rekening wordt gehouden met de specifieke bodemomstandigheden alsook de paalconfiguratie wat betreft diameter en wapening. Na het maken van de paal mag niet worden gepord of getrild in de verse paalkop. Na uitharding moet de paalkop worden gesneld over een lengte die tenminste zodanig is dat de vereiste betonsterkte en betonddoorsnede worden bereikt. Het snellen van paalkoppen dient op een zodanige wijze te worden uitgevoerd dat geen bezwijken van wapeningsstaven of scheurvorming mogelijk is. De betonkwaliteit in het bovenste deel van de palen moet worden gecontroleerd door middel van het boren en beproeven van betoncilinders bij tenminste 5% van de palen.

Een te hoge injectiedruk kan ontspanning in de funderingszandlaag veroorzaken. Daarom dient tijdens de uitvoering te worden gecontroleerd of een continue retourstroom naar maaiveldniveau plaatsvindt. De hoeveelheid groutinjectie dient per paal te worden geregistreerd. Na het op diepte boren dient te worden gecontroleerd of het groutmengsel niet is gelekt in de boorbuis. In geval van afwijkingen tijdens de uitvoering van de groutinjectie kunnen ter controle op ontspanning sonderingen worden uitgevoerd naast de paalschacht.

Alle verzamelde gegevens moeten worden vastgelegd. Dit geldt niet alleen voor het uiteindelijk bereikte puntniveau en betonverbruik, maar ook boormoment, boortijd, groutverbruik en -samenstelling, eventuele onregelmatigheden, installatievolgorde, wapening en overige bijzonderheden.

Een deskundig toezicht tijdens de uitvoering is een vereiste, teneinde de kwaliteit van de fundering en de uiteindelijke bebouwing te waarborgen. Richtlijnen hiervoor zijn vastgelegd in CUR Aanbeveling 114 "Toezicht op de realisatie van paalfunderingen".

Alphen a/d Rijn, 17 juli 2024

ABO-GEOMET B.V.

opgesteld door:

ir. J.J.A. Geertse  
Senior Consultant

ing. T.J.M. de Wit  
Hoofd Adviesafdeling



**OVERZICHTSTABEL PAALDRAAGVERMOGEN**  
(volgens NEN 9997-1:2016+ C2:2017)

schroefpalen met verloren punt			
paalafmeting	ø380/450 mm	ø380/450 mm	ø460/560 mm
draagvermogen $R_{c;netto;d}$	1445 kN	1508 kN	1750 kN
paalpuntniveau	19,0 m- NAP	25,0 m- NAP	18,0 m- NAP
constructie bouwwerk	niet-stijf	niet-stijf	niet-stijf
$R_{c;netto;d}$ minimum met $\xi_4$	1636 kN	1756 kN	1952 kN
$R_{c;netto;d}$ gemiddeld met $\xi_3$	1445 kN	1508 kN	1750 kN
standaarddeviatie	280 kN	125 kN	207 kN
variatiecoëfficiënt	9,7 %	7,0 %	9,9 %
sonderingen	01 t/m 04		
Het paal draagvermogen is bepaald op basis van een gemiddelde conform NEN 9997-1.			



**BEPALING NEGATIEVE KLEEFBELASTING BODEMPROFIEL 1**

Basis: Rekenmethode volgens NEN 9997-1:2016+ C2:2017  
 Berekening wrijving tussen paal en grond is gebaseerd op verticale korrelspanningen.

Maaiveld: 0,25 m NAP  
 Grondwaterstand: -1,25 m NAP  
 Bovenbelasting: 0,00 kN/m<sup>2</sup>  
 Paaltype: Schroefpaal met verloren punt zonder constructieve groutschil  
 Schachtdiameter d<sub>s</sub>: 380 mm  
 Paaloppervlak: 2 in de grond gevormd  
 Grondoppervlak A: 0,00 m<sup>2</sup> (alleenstaande paal)  
 Paalomtrek O<sub>s,gem</sub>: 1,19 meter  
 Partiële belastingsfactor γ<sub>f,nk</sub>: 1,00 (-)

laag	o.k. laag m NAP	γ <sub>j,rep</sub> kN/m <sup>3</sup>	φ' <sub>j,rep</sub> (°)	K <sub>0</sub> *tan δ <sub>j</sub> (-)	m <sub>j</sub> (-)	σ' <sub>v,j,rep</sub> kN/m <sup>2</sup>	σ' <sub>v,j,sur,rep</sub> kN/m <sup>2</sup>	σ' <sub>v,j,m,rep</sub> kN/m <sup>2</sup>	F <sub>nk,rep</sub> kN
0	0,25					0,00	0,00	0,00	0,00
1	-1,25	17,00	32,50	0,295	0,000	25,50	25,50	25,50	6,73
2	-4,00	20,00	32,50	0,295	0,000	53,00	53,00	53,00	44,71
3	-7,50	14,00	20,00	0,250	0,000	67,00	67,00	67,00	107,39
4	-8,00	11,00	17,50	0,250	0,000	67,50	67,50	67,50	117,42
5	-13,50	15,00	20,00	0,250	0,000	95,00	95,00	95,00	250,79
6	-15,00	12,00	17,50	0,250	0,000	98,00	98,00	98,00	293,99
7									
8									
9									
10									
11									
12									

De representatieve waarde van de maximale negatieve kleeft bedraagt:

$$F_{nk,rep} = 294 \text{ kN}$$

De rekenwaarde voor de maximale negatieve kleeft wordt dan  $F_{nk,d} = F_{nk,rep} * \gamma_{f,nk}$ :

$$F_{nk,d} = 294 \text{ kN}$$

Negatieve kleeft bij overige paalafmetingen:

$$F_{nk,d} = 246 \text{ kN/m}^1 \text{ paalomtrek}$$

**BEPALING REKENWAARDE MAXIMALE DRAAGKRACHT**

Rekenmethode volgens NEN 9997-1:2016+ C2:2017

Netto rekenwaarde maximale draagkracht

$$R_{c,netto;d} = R_{c;d} - F_{nk;d}$$

Rekenwaarde maximale draagkracht

$$R_{c;d} = R_{b;k}/\gamma_b + R_{s;k}/\gamma_s$$

Karakteristieke draagkracht alleenstaande paal

$$R_{c;k} = \text{Min} \{ (R_{b,cal} + R_{s,cal})_{gem} / \xi_3; (R_{b,cal} + R_{s,cal})_{min} / \xi_4 \}$$

Maximale draagkracht paalpunt

$$R_{b,cal,max;i} = A_{punt} \cdot \alpha_p \cdot \beta \cdot s \cdot (1/2 \cdot (q_{c,i,gem} + q_{c,i,II,gem}) + q_{c,i,III,gem})^{1/2}$$

Maximale schachtwrijvingskracht

$$R_{s,cal,max;i} = O_{s;\Delta L,gem} \cdot \Delta L \cdot \alpha_s \cdot q_{c,z;a}$$

Paaltype	:	Schroefpaal met verloren punt zonder constructieve groutschil	
Constructieve schachtafmeting	$d_s$ :	Ø 380 mm	
Schachtafmeting in funderingslagen	$d_s$ :	Ø 380 mm	
Puntafmeting	$D_p$ :	Ø 450 mm	$H_{voet}$ : 0 mm
Paalklassefactor punt	$\alpha_p$ :	0,630	grondsoort : zand
Paalklassefactor schacht	$\alpha_s$ :	0,009	OCR : 1,00
Paalvoetvormfactor	$\beta$ :	1,00	$D_{eq}^2 / d_{eq}^2$ : 1,40
Vormfactor paalvoetdwarsdoorsnede	$s$ :	1,00	$H_v / D_{eq}$ : 0,00
Correctiefactor ontgraving $q_b$	:	1,00	Stijf bouwwerk : nee
Correctiefactor ontgraving $q_{c,z;a}$	:	1,00	Aantal sonderingen $n$ : 4
Correctiefactor verdichting $q_{c,III}$ en $q_{c,z;a}$	:	1,00	Correlatiefactor $R_{c,cal,gem}$ $\xi_3$ : 1,28
Correctiefactor verdichting 4D onder punt	:	1,00	Correlatiefactor $R_{c,cal,min}$ $\xi_4$ : 1,03
Negatieve kleef $F_{nk,max;d}$	bodemprofiel 1 :	246 kN/m <sup>1</sup>	Materiaalfactoren $\gamma_b, \gamma_s$ : 1,20
	bodemprofiel 2 :	0 kN/m <sup>1</sup>	Belastingvariëfactoor $\gamma_{m,var;qc}$ : 1,00

sond nr	punt m NAP	$q_{c,i,gem}$	$q_{c,i,II,gem}$ MPa	$q_{c,i,III,gem}$	$\Delta L$ m	$q_{c,z;a}$ MPa	$q_{b,max}$ MPa	$R_{b,cal,max}$ kN	$R_{s,cal,max}$ kN	$R_{c;d}$ $\xi_3$ kN	$F_{nk;d}$ kN	$R_{c,netto;d}$ $\xi_4$ kN	$R_{c,netto;d}$ $\xi_3$ kN
01A	-17,00	22,4	19,9	9,2	2,00	13,4	9,57	1523	288	1179	294	1171	885
	-17,50	21,2	18,8	11,5	2,50	13,7	9,92	1577	369	1267	294	1280	973
	-18,00	20,5	17,5	13,3	3,00	13,9	10,17	1618	449	1346	294	1379	1052
	-18,50	19,8	17,5	15,7	3,50	14,1	10,81	1719	530	1464	294	1525	1170
	-19,00	19,1	17,5	17,1	4,00	14,2	11,16	1775	610	1553	294	1636	1259
	-19,50	22,9	16,3	16,3	4,50	14,3	11,33	1801	691	1623	294	1722	1329
	-20,00	21,2	9,1	8,7	5,00	14,4	7,52	1197	771	1281	294	1298	987
	-20,50	21,2	9,3	8,7	5,50	14,4	7,55	1200	852	1336	294	1367	1042
	-21,00	18,5	8,7	8,7	6,00	14,5	7,03	1119	933	1336	294	1366	1042
	-21,50	17,2	15,9	8,9	6,50	14,4	8,02	1276	1006	1485	294	1552	1191
	-22,00	17,5	17,4	9,9	7,00	14,4	8,60	1368	1086	1598	294	1691	1304
	-22,50	20,9	20,8	11,2	7,50	14,5	10,08	1604	1167	1804	294	1948	1510
	-23,00	24,0	16,2	12,0	8,00	14,5	10,09	1605	1248	1857	294	2014	1563
	-23,50	20,0	12,6	11,0	8,50	14,5	8,59	1367	1328	1754	294	1886	1460
	-24,00	16,8	12,7	11,5	9,00	14,6	8,28	1316	1409	1774	294	1911	1480
	-24,50	14,7	12,6	12,0	9,50	14,6	8,09	1287	1489	1808	294	1952	1514
	-25,00	12,8	12,8	12,6	10,00	14,6	7,98	1269	1566	1845	294	1999	1551
2	-17,00	24,1	23,3	9,5	2,00	13,4	10,46	1663	287	1270	294	1284	976
	-17,50	24,2	24,2	12,6	2,50	13,7	11,59	1843	368	1439	294	1495	1145
	-18,00	28,5	24,7	15,9	3,00	13,9	13,39	2130	448	1679	294	1792	1385
	-18,50	27,2	24,8	19,3	3,50	14,1	14,26	2267	529	1821	294	1968	1527
	-19,00	26,8	24,8	21,8	4,00	14,2	14,99	2385	609	1949	294	2128	1655
	-19,50	24,8	13,4	13,4	4,50	14,3	10,22	1626	690	1508	294	1580	1214
	-20,00	22,7	14,2	13,4	5,00	14,3	10,02	1594	771	1539	294	1619	1245
	-20,50	18,1	7,5	7,4	5,50	14,4	6,38	1014	851	1214	294	1215	920
	-21,00	15,1	7,6	7,4	6,00	14,5	5,91	940	932	1219	294	1221	925
	-21,50	13,5	7,7	7,4	6,50	14,5	5,67	902	1011	1245	294	1253	951
	-22,00	8,5	8,1	7,4	7,00	14,5	4,95	787	1088	1221	294	1223	927
	-22,50	19,2	18,3	8,0	7,50	14,2	8,44	1342	1148	1621	294	1721	1327
	-23,00	25,9	17,6	9,4	8,00	14,3	9,82	1562	1228	1817	294	1964	1523
	-23,50	23,7	17,6	10,8	8,50	14,3	9,92	1578	1309	1879	294	2042	1585
	-24,00	18,1	17,6	12,3	9,00	14,4	9,49	1510	1390	1888	294	2052	1594
	-24,50	22,6	15,5	12,4	9,50	14,4	9,90	1574	1470	1982	294	2169	1688
	-25,00	18,5	14,1	12,5	10,00	14,4	9,06	1441	1551	1947	294	2126	1653

Paaltype : Schroefpaal met verloren punt zonder constructieve groutschil  
 Stijf bouwwerk: nee

$d_s$  : Ø 380 mm  
 $D_n$  : Ø 450 mm

sond nr	punt m NAP	$q_{c,I,gem}$	$q_{c,II,gem}$ MPa	$q_{c,III,gem}$	$\Delta L$ m	$q_{c,z,a}$ MPa	$q_{b,max}$ MPa	$R_{b,cal,max}$	$R_{s,cal,max}$	$R_{c,d}$ $\xi_3$ kN	$F_{nk,d}$ kN	$R_{c,netto,d}$ $\xi_4$ kN	$R_{c,netto,d}$ $\xi_3$ kN
3	-17,00	18,4	18,4	8,7	2,50	11,9	8,54	1358	321	1093	280	1079	813
	-17,50	19,4	19,0	11,2	3,00	12,5	9,57	1521	401	1252	280	1276	972
	-18,00	26,8	22,3	13,7	3,50	12,8	12,05	1917	482	1562	280	1661	1282
	-18,50	25,7	22,1	16,3	4,00	13,1	12,68	2017	563	1679	280	1807	1400
	-19,00	24,2	22,0	18,0	4,50	13,3	12,95	2060	643	1760	280	1908	1480
	-19,50	21,5	10,4	10,4	5,00	13,5	8,30	1320	724	1331	280	1374	1051
	-20,00	17,2	5,1	5,1	5,50	13,6	5,12	814	804	1054	280	1030	774
	-20,50	13,1	3,5	3,3	6,00	13,7	3,65	581	885	954	280	906	675
	-21,00	8,7	3,5	3,3	6,50	13,8	2,97	472	965	936	280	883	656
	-21,50	5,6	3,3	3,3	7,00	13,7	2,45	389	1031	925	280	869	645
	-22,00	14,6	14,6	3,3	7,50	13,2	5,65	898	1062	1276	280	1306	996
	-22,50	24,6	18,1	4,9	8,00	13,2	8,27	1316	1132	1594	280	1701	1314
	-23,00	18,7	18,5	7,0	8,50	13,3	8,04	1279	1213	1623	280	1737	1343
	-23,50	23,2	14,7	7,8	9,00	13,4	8,42	1339	1294	1714	280	1850	1434
	-24,00	21,6	14,9	9,4	9,50	13,5	8,70	1384	1374	1796	280	1952	1516
	-24,50	18,0	11,0	8,5	10,00	13,5	7,24	1152	1455	1697	280	1829	1417
	-25,00	15,8	11,0	9,6	10,50	13,6	7,24	1152	1535	1749	280	1894	1470
4	-17,00	18,8	16,8	9,6	2,50	12,8	8,63	1373	344	1118	280	1109	838
	-17,50	19,6	19,1	11,8	3,00	13,2	9,83	1563	425	1294	280	1329	1015
	-18,00	21,5	21,1	14,5	3,50	13,4	11,28	1794	505	1497	280	1581	1217
	-18,50	22,9	18,6	15,9	4,00	13,6	11,56	1838	586	1578	280	1682	1299
	-19,00	22,7	18,7	17,1	4,50	13,8	11,90	1893	667	1666	280	1791	1386
	-19,50	21,0	16,2	16,2	5,00	13,9	10,95	1741	747	1620	280	1733	1340
	-20,00	17,6	5,6	5,0	5,50	14,0	5,21	828	828	1078	280	1060	799
	-20,50	12,8	0,8	0,8	6,00	14,1	2,40	382	908	840	280	764	560
	-21,00	8,7	1,2	0,8	6,50	14,2	1,80	286	989	830	280	752	550
	-21,50	5,1	0,8	0,8	7,00	14,1	1,18	187	1062	814	280	731	534
	-22,00	2,1	0,8	0,8	7,50	13,8	0,70	112	1109	795	280	708	515
	-22,50	4,5	0,8	0,8	8,00	13,1	1,07	170	1123	842	280	767	563
	-23,00	1,5	0,8	0,8	8,50	12,7	0,60	95	1157	815	280	734	536
	-23,50	13,6	11,3	1,0	9,00	12,1	4,25	675	1173	1204	280	1216	924
	-24,00	12,6	12,6	2,5	9,50	12,2	4,75	755	1245	1302	280	1339	1023
	-24,50	21,5	13,6	4,1	10,00	12,3	6,84	1088	1317	1566	280	1666	1286
	-25,00	20,1	13,0	5,7	10,50	12,4	7,03	1118	1397	1638	280	1756	1358

**BEPALING REKENWAARDE MAXIMALE DRAAGKRACHT**

Rekenmethode volgens NEN 9997-1:2016+ C2:2017

Netto rekenwaarde maximale draagkracht

$$R_{c,netto;d} = R_{c;d} - F_{nk;d}$$

Rekenwaarde maximale draagkracht

$$R_{c;d} = R_{b;k}/\gamma_b + R_{s;k}/\gamma_s$$

Karakteristieke draagkracht alleenstaande paal

$$R_{c;k} = \text{Min} \{ (R_{b,cal} + R_{s,cal})_{gem} / \xi_3; (R_{b,cal} + R_{s,cal})_{min} / \xi_4 \}$$

Maximale draagkracht paalpunt

$$R_{b,cal,max;i} = A_{punt} \cdot \alpha_p \cdot \beta \cdot s \cdot (1/2 \cdot (q_{c,i,gem} + q_{c,i,II,gem}) + q_{c,i,III,gem})^{1/2}$$

Maximale schachtwrijvingskracht

$$R_{s,cal,max;i} = O_{s;\Delta L,gem} \cdot \Delta L \cdot \alpha_s \cdot q_{c,z;a}$$

Paaltype	:	Schroefpaal met verloren punt zonder constructieve groutschil				
Constructieve schachtafmeting	$d_s$ :	Ø 460 mm				
Schachtafmeting in funderingslagen	$d_s$ :	Ø 460 mm				
Puntafmeting	$D_p$ :	Ø 560 mm				
		$H_{voet}$ :	0	mm		
Paalklassefactor punt	$\alpha_p$ :	0,630	grondsoort :	zand		
Paalklassefactor schacht	$\alpha_s$ :	0,009	OCR :	1,00		
Paalvoetvormfactor	$\beta$ :	1,00	$D_{eq}^2 / d_{eq}^2$ :	1,48		
Vormfactor paalvoetdwarsdoorsnede	$s$ :	1,00	$H_v/D_{eq}$ :	0,00		
Correctiefactor ontgraving $q_b$	:	1,00	Stijf bouwwerk	:	nee	
Correctiefactor ontgraving $q_{c,z;a}$	:	1,00	Aantal sonderingen	$n$ :	4	
Correctiefactor verdichting $q_{c,III}$ en $q_{c,z;a}$	:	1,00	Correlatiefactor $R_{c,cal,gem}$	$\xi_3$ :	1,28	
Correctiefactor verdichting 4D onder punt	:	1,00	Correlatiefactor $R_{c,cal,min}$	$\xi_4$ :	1,03	
Negatieve kleef $F_{nk,max;d}$	bodemprofiel 1 :	246	kN/m <sup>1</sup>	Materiaalfactoren	$\gamma_b, \gamma_s$ :	1,20
	bodemprofiel 2 :	0	kN/m <sup>1</sup>	Belastingvariatiefactor	$\gamma_{m,var;q_c}$ :	1,00

sond nr	punt m NAP	$q_{c,i,gem}$	$q_{c,i,II,gem}$ MPa	$q_{c,i,III,gem}$	$\Delta L$ m	$q_{c,z;a}$ MPa	$q_{b,max}$ MPa	$R_{b,cal,max}$ kN	$R_{s,cal,max}$ kN	$R_{c;d}$ $\xi_3$ kN	$F_{nk;d}$ kN	$R_{c,netto;d}$ $\xi_4$ kN	$R_{c,netto;d}$ $\xi_3$ kN
01A	-17,00	21,9	19,5	7,4	2,00	13,4	8,85	2180	349	1646	356	1690	1290
	-17,50	21,0	17,5	8,9	2,50	13,7	8,86	2183	446	1712	356	1771	1356
	-18,00	20,5	17,5	10,8	3,00	13,9	9,37	2309	544	1857	356	1952	1501
	-18,50	19,8	17,5	12,6	3,50	14,1	9,86	2428	641	1998	356	2127	1642
	-19,00	19,1	17,5	14,5	4,00	14,2	10,35	2548	739	2140	356	2304	1784
	-19,50	21,8	9,0	8,6	4,50	14,3	7,56	1861	836	1756	356	1827	1400
	-20,00	21,2	9,1	8,7	5,00	14,4	7,52	1853	934	1814	356	1899	1459
	-20,50	21,2	9,3	8,7	5,50	14,4	7,55	1859	1031	1882	356	1983	1526
	-21,00	18,5	8,7	8,7	6,00	14,5	7,03	1733	1129	1863	356	1959	1507
	-21,50	17,2	15,9	8,9	6,50	14,4	8,01	1973	1218	2077	356	2226	1721
	-22,00	17,8	17,7	9,6	7,00	14,4	8,63	2125	1315	2240	356	2428	1884
	-22,50	23,9	17,0	10,5	7,50	14,5	9,76	2405	1413	2485	356	2733	2130
	-23,00	22,0	12,6	10,1	8,00	14,5	8,62	2123	1510	2365	356	2583	2009
	-23,50	19,7	12,7	10,5	8,50	14,5	8,42	2074	1608	2397	356	2623	2041
	-24,00	16,8	12,7	10,9	9,00	14,6	8,10	1995	1705	2409	356	2638	2053
	-24,50	14,7	12,6	11,4	9,50	14,6	7,89	1942	1803	2438	356	2674	2082
	-25,00	13,1	13,1	11,8	10,00	14,6	7,86	1935	1895	2494	356	2743	2138
2	-17,00	24,1	23,3	7,7	2,00	13,4	9,89	2436	348	1812	356	1896	1456
	-17,50	25,6	25,6	10,2	2,50	13,7	11,29	2781	445	2100	356	2254	1744
	-18,00	28,3	24,8	12,9	3,00	13,9	12,41	3057	543	2344	356	2557	1988
	-18,50	27,2	24,8	15,5	3,50	14,1	13,08	3222	640	2514	356	2769	2158
	-19,00	26,0	18,5	15,1	4,00	14,2	11,76	2896	738	2366	356	2584	2010
	-19,50	23,4	14,0	12,9	4,50	14,3	9,94	2447	835	2137	356	2300	1781
	-20,00	20,5	7,4	7,4	5,00	14,3	6,73	1659	933	1687	356	1741	1331
	-20,50	18,1	7,5	7,4	5,50	14,4	6,38	1571	1030	1693	356	1748	1337
	-21,00	15,1	7,6	7,4	6,00	14,5	5,91	1456	1128	1683	356	1735	1327
	-21,50	13,5	7,7	7,4	6,50	14,5	5,67	1397	1223	1706	356	1764	1350
	-22,00	10,4	10,1	7,4	7,00	14,5	5,57	1371	1317	1750	356	1819	1394
	-22,50	19,5	18,9	7,9	7,50	14,2	8,54	2104	1390	2274	356	2471	1919
	-23,00	25,9	17,6	9,0	8,00	14,3	9,70	2389	1487	2523	356	2780	2167
	-23,50	23,7	17,6	10,2	8,50	14,3	9,71	2390	1585	2588	356	2860	2232
	-24,00	22,7	15,6	10,6	9,00	14,4	9,35	2304	1682	2595	356	2869	2239
	-24,50	21,4	14,1	10,7	9,50	14,4	8,96	2208	1780	2596	356	2870	2240
	-25,00	18,7	13,7	11,2	10,00	14,4	8,64	2128	1877	2607	356	2884	2252

Paaltype : Schroefpaal met verloren punt zonder constructieve groutschil  
 Stijf bouwwerk: nee

$d_s$  : Ø 460 mm  
 $D_n$  : Ø 560 mm

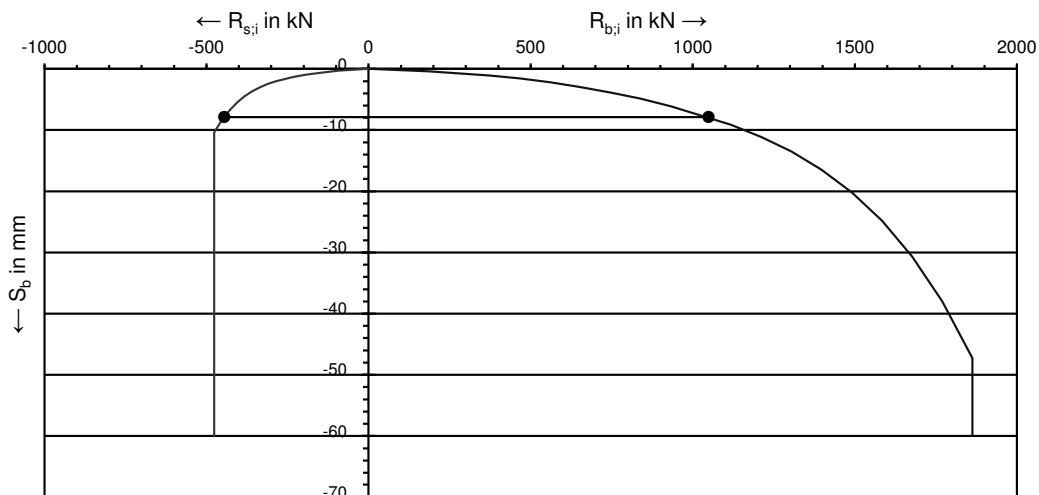
sond nr	punt m NAP	$q_{c,I,gem}$	$q_{c,II,gem}$ MPa	$q_{c,III,gem}$	$\Delta L$ m	$q_{c,z,a}$ MPa	$q_{b,max}$ MPa	$R_{b,cal,max}$	$R_{s,cal,max}$	$R_{c,d}$ $\xi_3$ kN	$F_{nk,d}$ kN	$R_{c,netto,d}$ $\xi_4$ kN	$R_{c,netto,d}$ $\xi_3$ kN
3	-17,00	19,2	18,4	7,1	2,50	11,9	8,15	2008	388	1560	338	1600	1222
	-17,50	19,4	19,0	9,0	3,00	12,5	8,90	2192	486	1744	338	1828	1405
	-18,00	26,0	22,5	11,1	3,50	12,8	11,12	2739	583	2163	338	2350	1825
	-18,50	25,3	22,0	13,5	4,00	13,1	11,70	2881	681	2319	338	2543	1981
	-19,00	22,9	12,6	11,4	4,50	13,3	9,18	2262	779	1979	338	2121	1641
	-19,50	19,4	6,3	6,3	5,00	13,5	6,04	1488	876	1539	338	1574	1200
	-20,00	15,4	3,4	3,3	5,50	13,6	4,00	986	974	1276	338	1247	938
	-20,50	13,1	3,5	3,3	6,00	13,7	3,65	900	1071	1283	338	1256	945
	-21,00	8,7	3,5	3,3	6,50	13,8	2,97	730	1169	1236	338	1198	898
	-21,50	5,6	3,3	3,3	7,00	13,7	2,45	602	1248	1205	338	1159	866
	-22,00	17,7	17,7	3,3	7,50	13,2	6,62	1631	1285	1898	338	2020	1560
	-22,50	24,6	18,1	4,6	8,00	13,2	8,17	2012	1371	2203	338	2399	1864
	-23,00	23,0	15,3	5,8	8,50	13,3	7,85	1933	1468	2215	338	2414	1876
	-23,50	22,9	14,9	6,9	9,00	13,4	8,12	1999	1566	2321	338	2546	1983
	-24,00	19,5	11,0	6,6	9,50	13,5	6,89	1696	1663	2187	338	2379	1849
	-24,50	18,0	11,0	7,5	10,00	13,5	6,91	1703	1761	2255	338	2464	1917
	-25,00	15,8	11,0	8,3	10,50	13,6	6,85	1686	1859	2308	338	2530	1969
4	-17,00	18,8	16,8	7,8	2,50	12,8	8,05	1984	417	1563	338	1604	1224
	-17,50	19,6	19,1	9,6	3,00	13,2	9,11	2245	514	1796	338	1894	1458
	-18,00	22,6	18,6	11,6	3,50	13,4	10,15	2499	612	2025	338	2178	1687
	-18,50	22,9	18,6	13,6	4,00	13,6	10,82	2665	709	2197	338	2392	1858
	-19,00	21,9	16,2	14,6	4,50	13,8	10,59	2607	807	2223	338	2424	1884
	-19,50	18,9	5,2	5,0	5,00	13,9	5,36	1319	904	1448	338	1460	1109
	-20,00	15,4	1,5	1,5	5,50	14,0	3,15	777	1002	1158	338	1101	819
	-20,50	11,6	1,3	0,8	6,00	14,1	2,29	564	1099	1083	338	1008	745
	-21,00	7,5	0,9	0,8	6,50	14,2	1,57	388	1197	1032	338	944	693
	-21,50	5,1	0,8	0,8	7,00	14,1	1,18	290	1286	1026	338	937	688
	-22,00	2,1	1,2	0,8	7,50	13,8	0,78	192	1343	999	338	903	661
	-22,50	4,5	0,8	0,8	8,00	13,1	1,07	264	1360	1057	338	975	719
	-23,00	2,0	1,5	0,8	8,50	12,7	0,79	194	1400	1038	338	951	699
	-23,50	13,6	11,3	1,0	9,00	12,1	4,23	1042	1420	1603	338	1654	1264
	-24,00	12,9	12,9	2,1	9,50	12,2	4,75	1169	1507	1742	338	1827	1404
	-24,50	20,5	13,0	3,4	10,00	12,3	6,34	1563	1594	2055	338	2216	1717
	-25,00	19,1	11,9	4,6	10,50	12,4	6,32	1556	1692	2114	338	2289	1776

## BEPALING PAALKOPZAKKING VOOR STATISCHE BELASTING

Rekenmethode volgens NEN 9997-1:2016+ C2:2017

Paalkopzакking  $s = s_1 + s_2$  $s_1 = s_b + s_{el}$ 

Paaltype	:	Schroefpaal met verloren punt zonder constructieve groutsc	
Schachtafmeting	$d_s$	: Ø 380 mm	$d_{eq}$ : 380 mm
Puntafmeting	$D_p$	: Ø 450 mm	$D_{eq}$ : 450 mm
Schachtdoorsnede		: 0,113 m <sup>2</sup>	
E-modulus paalschacht		: 20.000 N/mm <sup>2</sup>	alleenstaande paal
Sondering		: 2	$m$ : 0,96 (-)
Paalkopniveau		: -0,25 m NAP	$\sigma'_{v;4D}$ : 0 kPa
Paalpuntniveau		: -19,00 m NAP	$A_{4D}$ : 0,0 m <sup>2</sup>
Begin afdracht positieve kleeft		: -15,00 m NAP	$E_{ea,gem}$ : 60 MPa
Representatieve paalkopbelasting $F_{c;rep}$		: 1200 kN	
Representatieve negatieve kleeft $F_{nk;rep}$		: 294 kN	
Maximale draagkracht paalpunt	$R_{b;cal;max}$	: 2385 kN	Correlatiefactor $\xi_3$ : 1,28 (-)
Maximale schachtwrijving statisch	$R_{s;cal;max}$	: 609 kN	Materiaalfactoren $\gamma_b, \gamma_s$ : 1,00 (-)
Extra schachtwrijving bij korte duur	$R_{s;cal;max}$	: 0 kN	

zakking van de paalvoet  $s_b$ 

$R_{b;max;i}$	:	1863 kN
$R_{s;max;i}$	:	476 kN
$R_{b;i}$	:	1049 kN
$R_{s;i}$	:	445 kN
$s_b$	:	7,87 mm
$s_{el}$	:	11,00 mm
$s_1$	:	18,88 mm
$s_2$	:	0,00 mm
$s$	:	18,88 mm
veerstijfheid paalkop $k_{v;rep}$	:	63.600 kN/m1
$\gamma_{m;kh}$	:	1,3 (-)
rekenwaarde veerstijfheid $k_{v;d}$	:	48.900 kN/m1

### BEPALING PAALKOPZAKKING VOOR STATISCHE BELASTING

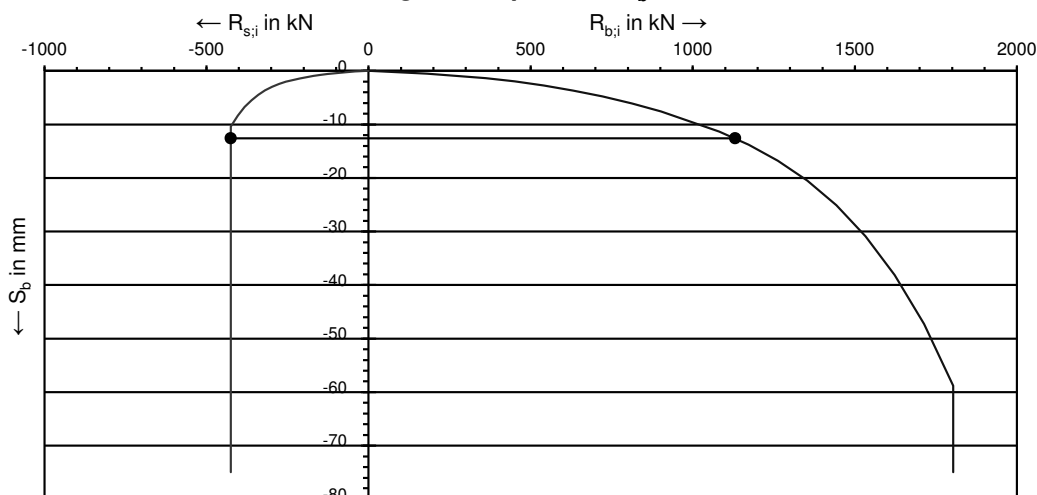
Rekenmethode volgens NEN 9997-1:2016+ C2:2017

Paalkopzakking  $s = s_1 + s_2$

$s_1 = s_b + s_{el}$

Paaltype	:	Schroefpaal met verloren punt zonder constructieve groutsc	
Schachtafmeting	$d_s$	: Ø 460 mm	$d_{eq}$ : 460 mm
Puntafmeting	$D_p$	: Ø 560 mm	$D_{eq}$ : 560 mm
Schachtdoorsnede	:	0,166 m <sup>2</sup>	
E-modulus paalschacht	:	20.000 N/mm <sup>2</sup>	alleenstaande paal
Sondering	:	01A	$m$ : 0,96 (-)
Paalkopniveau	:	-0,25 m NAP	$\sigma'_{v,4D}$ : 0 kPa
Paalpuntniveau	:	-18,00 m NAP	$A_{4D}$ : 0,0 m <sup>2</sup>
Begin afdracht positieve kleef	:	-15,00 m NAP	$E_{ea,gem}$ : 60 MPa
Representatieve paalkopbelasting $F_{c,rep}$	:	1200 kN	
Representatieve negatieve kleef $F_{nk,rep}$	:	356 kN	
Maximale draagkracht paalpunt	$R_{b,cal,max}$	: 2309 kN	Correlatiefactor $\xi_3$ : 1,28 (-)
Maximale schachtwrijving statisch	$R_{s,cal,max}$	: 544 kN	Materiaalfactoren $\gamma_b, \gamma_s$ : 1,00 (-)
Extra schachtwrijving bij korte duur	$R_{s,cal,max}$	: 0 kN	

#### zakking van de paalvoet $s_b$



$R_{b,max,i}$	:	1804 kN
$R_{s,max,i}$	:	425 kN
$R_{b,i}$	:	1131 kN
$R_{s,i}$	:	425 kN
$s_b$	:	12,63 mm
$s_{el}$	:	7,33 mm
$s_1$	:	19,96 mm
$s_2$	:	0,00 mm
$s$	:	19,96 mm
veerstijfheid paalkop $k_{v,rep}$	:	60.100 kN/m1
$\gamma_{m,kh}$	:	1,3 (-)
rekenwaarde veerstijfheid $k_{v,d}$	:	46.200 kN/m1

**BEPALING NEGATIEVE KLEEFBELASTING KELDER OF FUNDERING**

Basis: Rekenmethode volgens NEN 9997-1:2016+ C2:2017  
 Berekening wrijving tussen paal en grond is gebaseerd op verticale korrelspanningen.  
 De ingevoerde volumegewichten van de grond zijn effectieve waarden.

Maaiveld: 0,25 m NAP  
 Grondwaterstand: -1,25 m NAP  
 Onderkant constructie: -2,00 m NAP  
 Bovenbelasting: 0,00 kN/m<sup>2</sup>  
 Wandoppervlak A<sub>s</sub>: 1,00 m<sup>2</sup> per m<sup>2</sup> wand  
 Structuur oppervlak: beton ruw  
 Partiële belastingsfactor  $\gamma_{f,nk}$ : 1,00 (-)

laag	o.k. laag m NAP	$\gamma_{j,rep}$ kN/m <sup>3</sup>	$\phi'_{j,rep}$ (°)	$K_0 \cdot \tan \delta_j$ (-)	$\sigma'_{vj,rep}$ kN/m <sup>2</sup>	$F_{nk,rep}$ kN/m <sup>1</sup>
0	0,25				0,00	0,00
1	-1,25	17,00	30,00	0,289	25,50	5,52
2	-2,00	20,00	30,00	0,289	33,00	11,85
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

De representatieve waarde van de maximale negatieve kleef bedraagt:

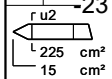
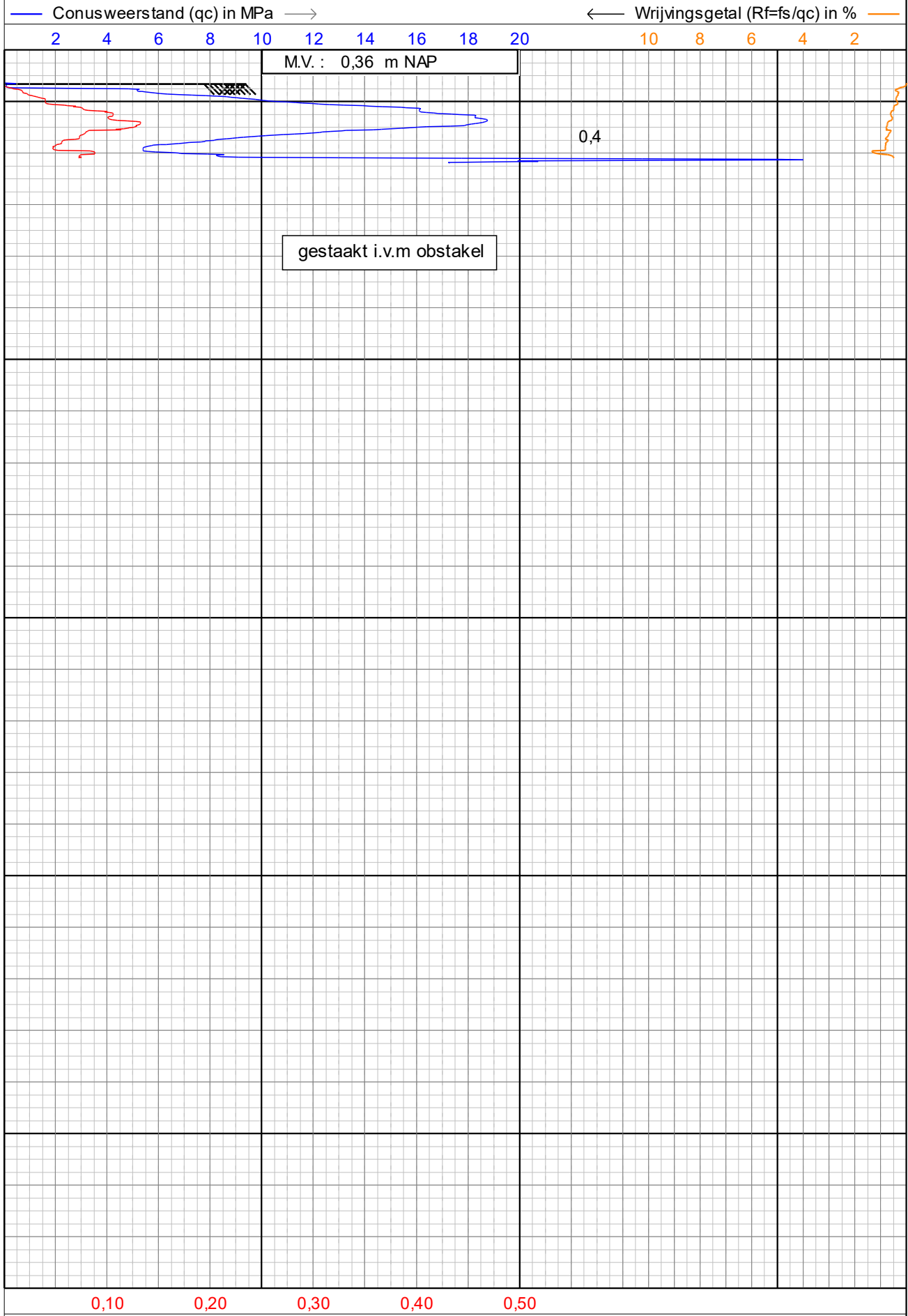
$$F_{nk,rep} = 12 \text{ kN/m}^1$$

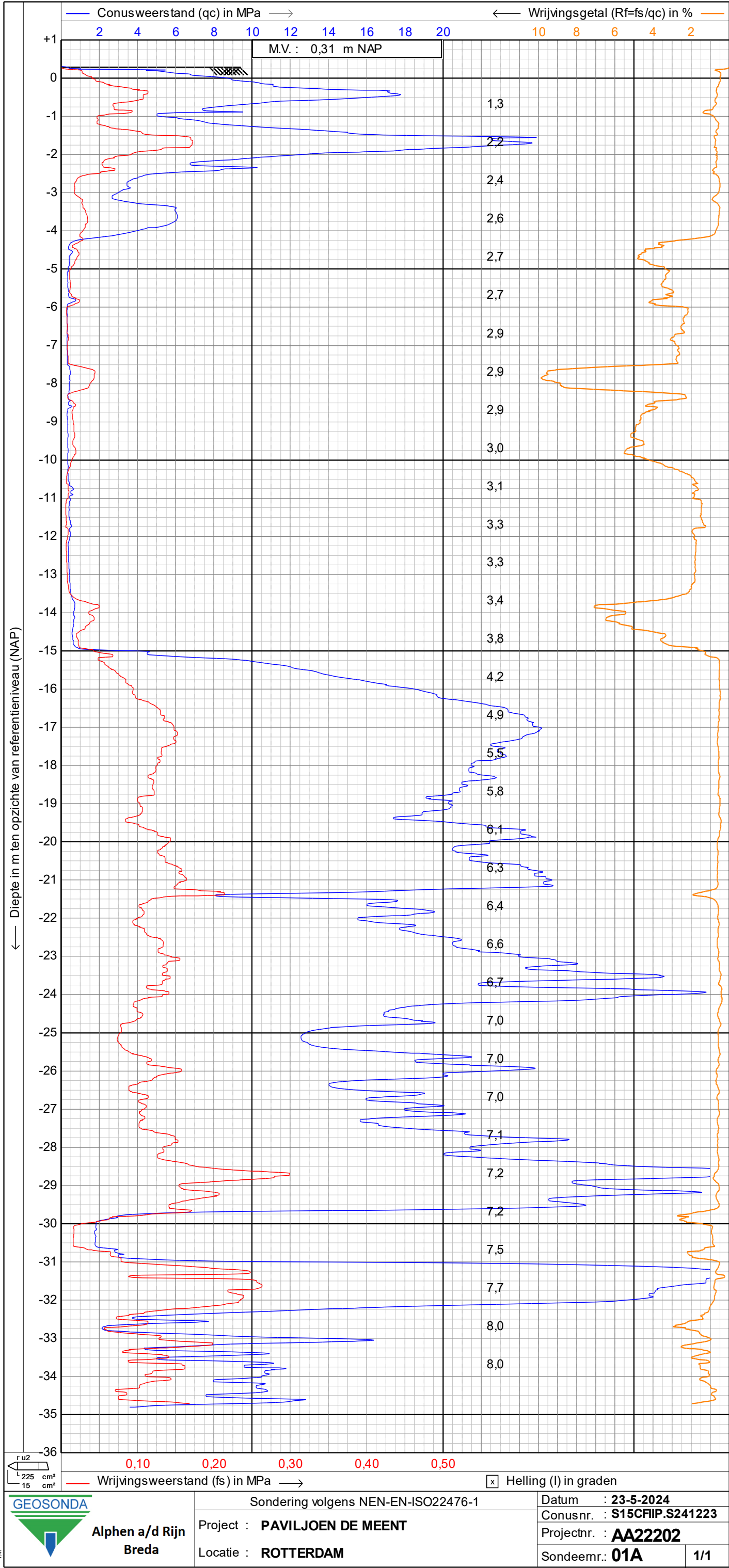
De rekenwaarde voor de maximale negatieve kleef wordt dan  $F_{nk;d} = F_{nk,rep} \cdot \gamma_{f,nk}$ :

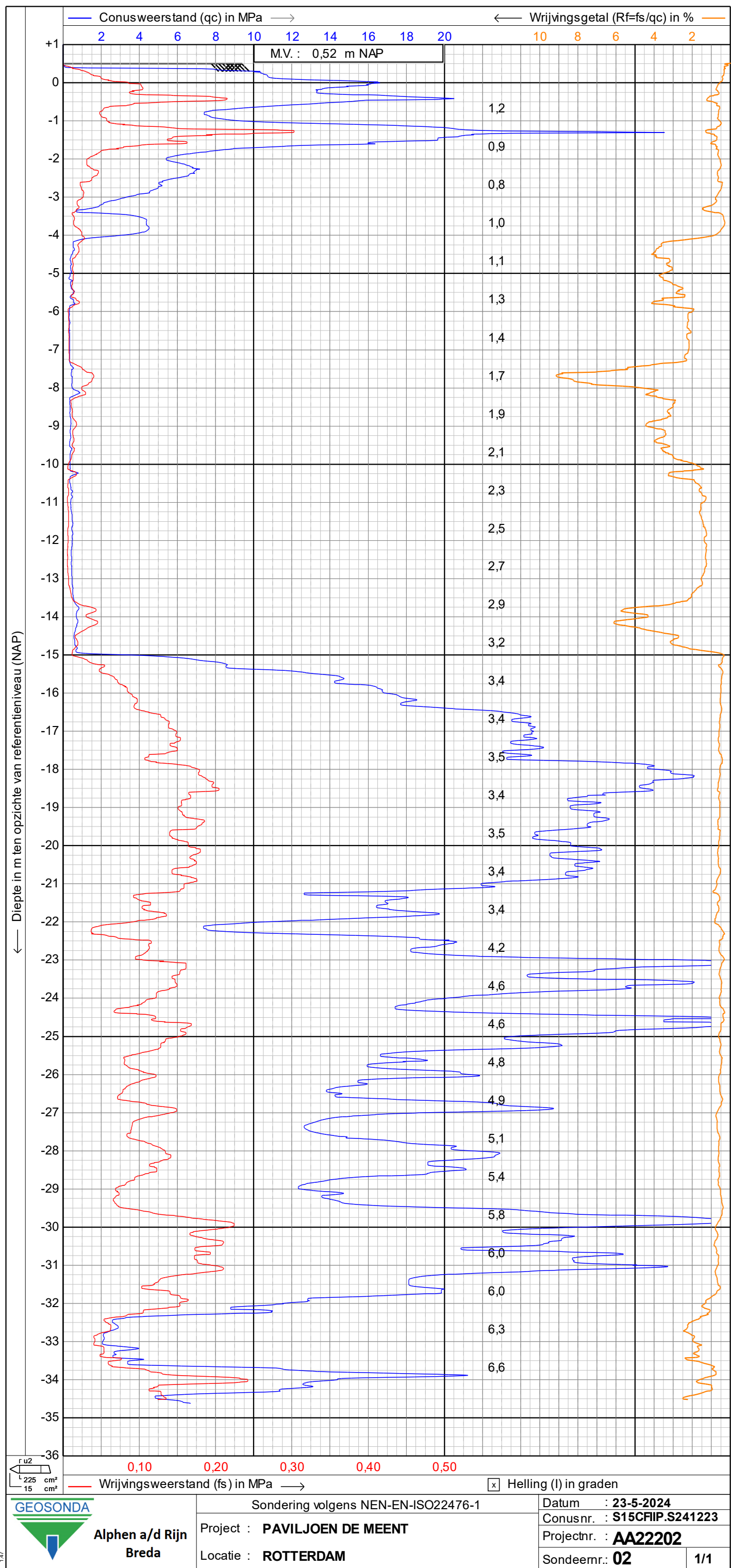
$$F_{nk;d} = 12 \text{ kN/m}^1$$

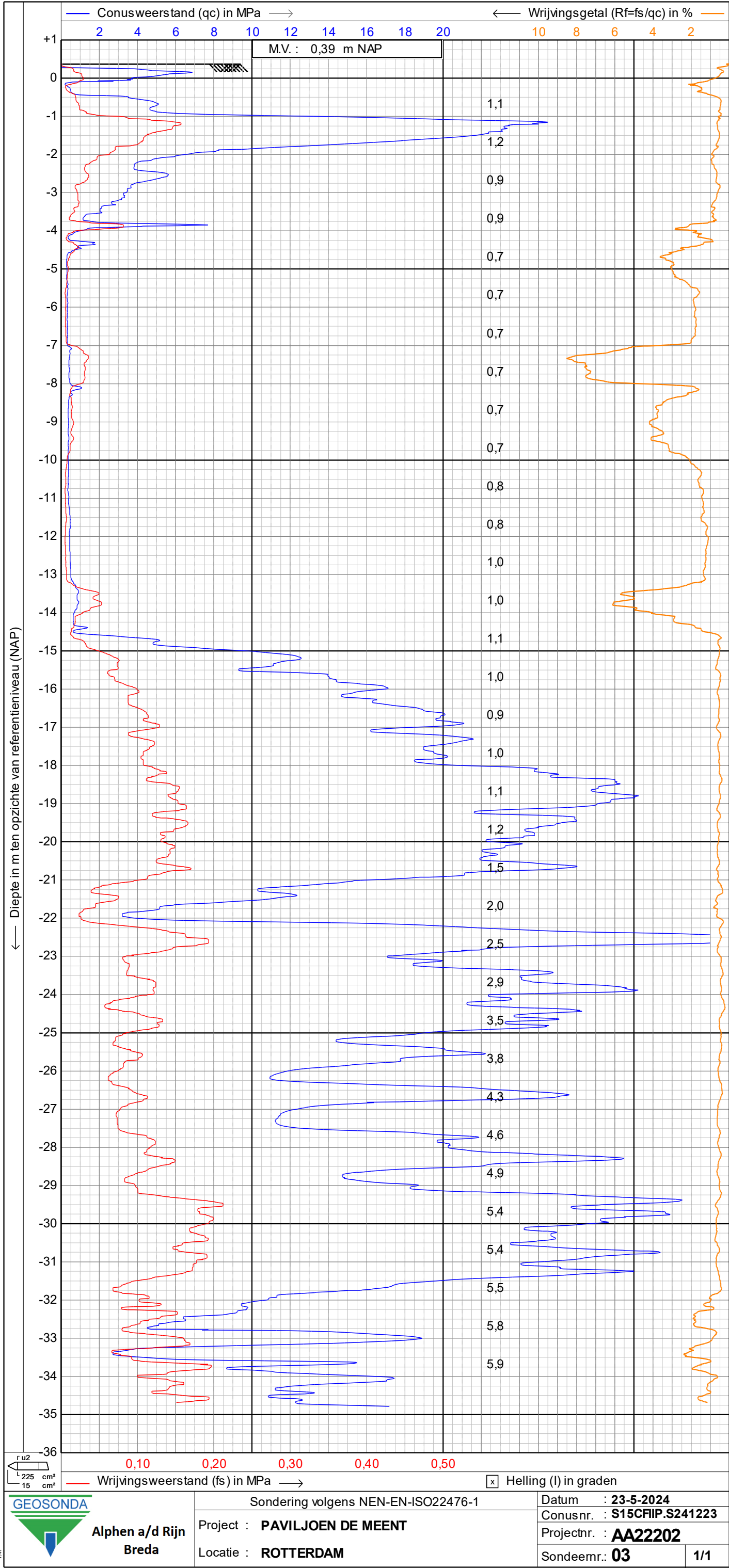


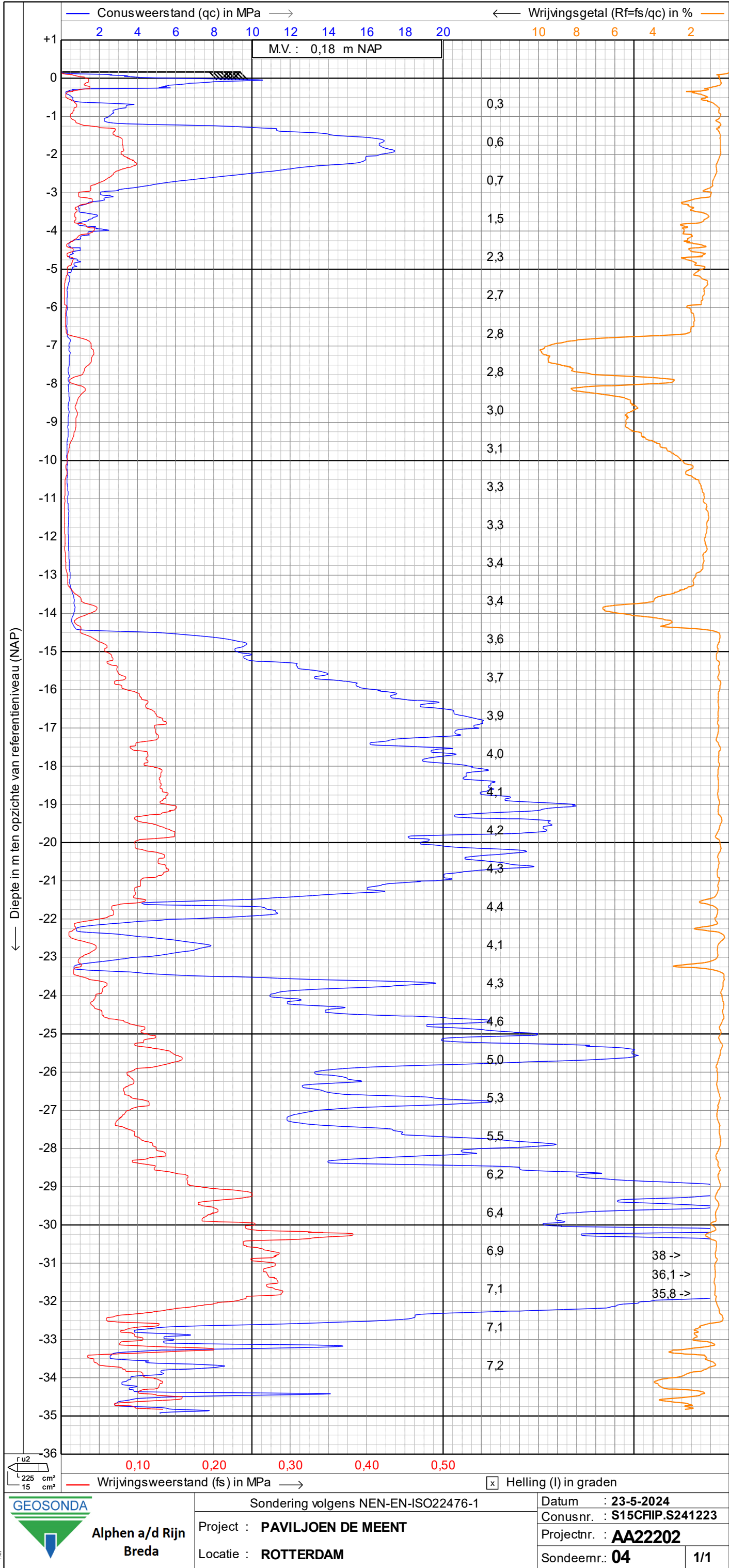
← Diepte in m ten opzichte van referentieniveau (NAP)

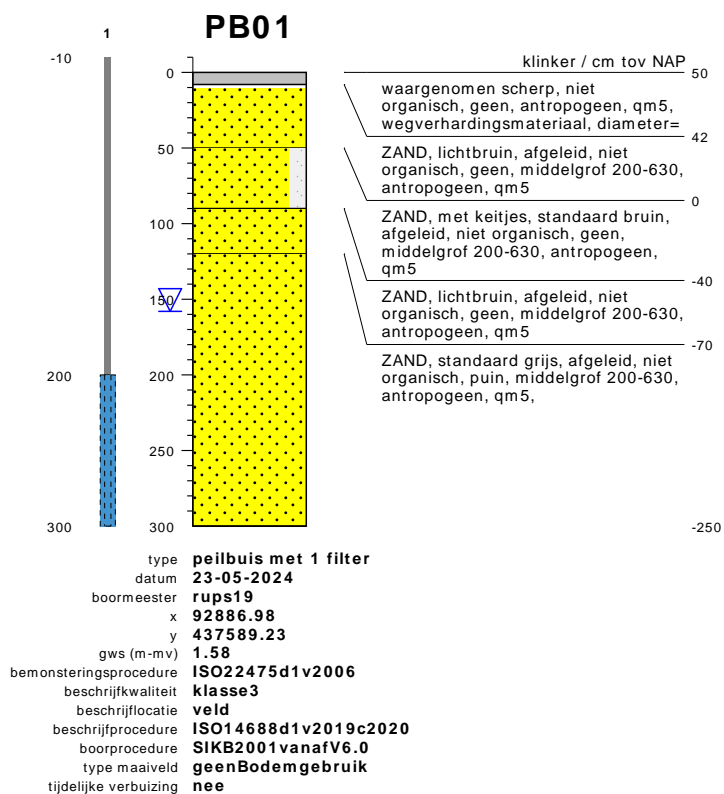








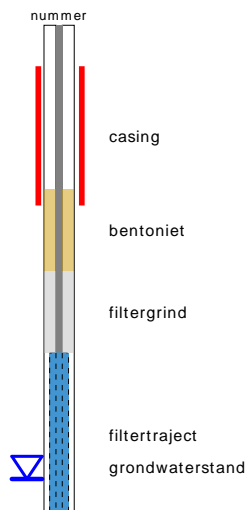




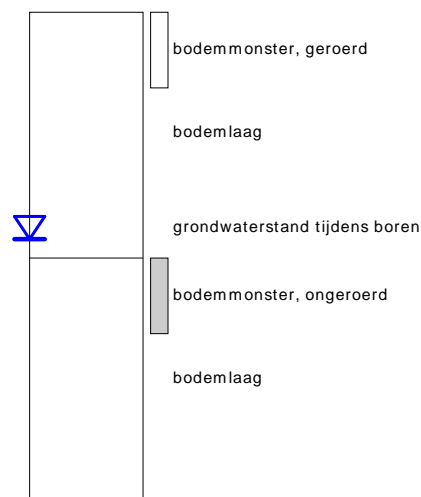
## bodemprofielen

onderzoek	<b>PAVILJOEN DE MEENT TE ROTTERDAM</b>
projectcode	<b>AA22202</b>
getekend conform	<b>NEN-EN-ISO 14688</b>
kader aanlevering	<b>publiekeTaak</b>
kader inwinning	<b>verkenndOnderzoek</b>
kaderstellende procedure	<b>EN1997d2v2007</b>
vakgebied	<b>geotechniek</b>

## PEILBUIS



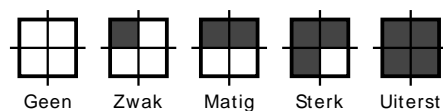
## BORING



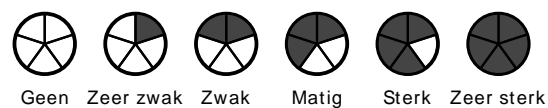
## GRONDSOORTEN



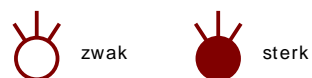
## OLIE OP WATER REACTIE



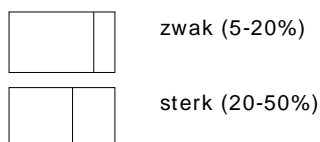
## GEUR INTENSITEIT



## ORGANISCHE STOF



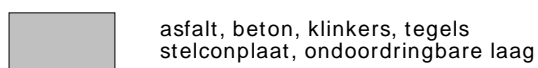
## SECUNDAIRE FRACTIES



## GRADATIE ZAND

grof (0,63-2mm)  
middelgrof (0,2-0,63mm)  
fijn (0,063-0,2 mm)

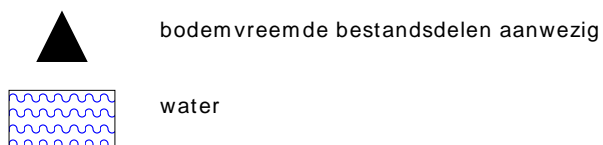
## VERHARDINGEN



## GRADATIE GRIND

f = fijn (2-5.6 mm)  
mg = matig grof (5.6-16 mm)  
zg = zeer grof (16-63 mm)

## OVERIG



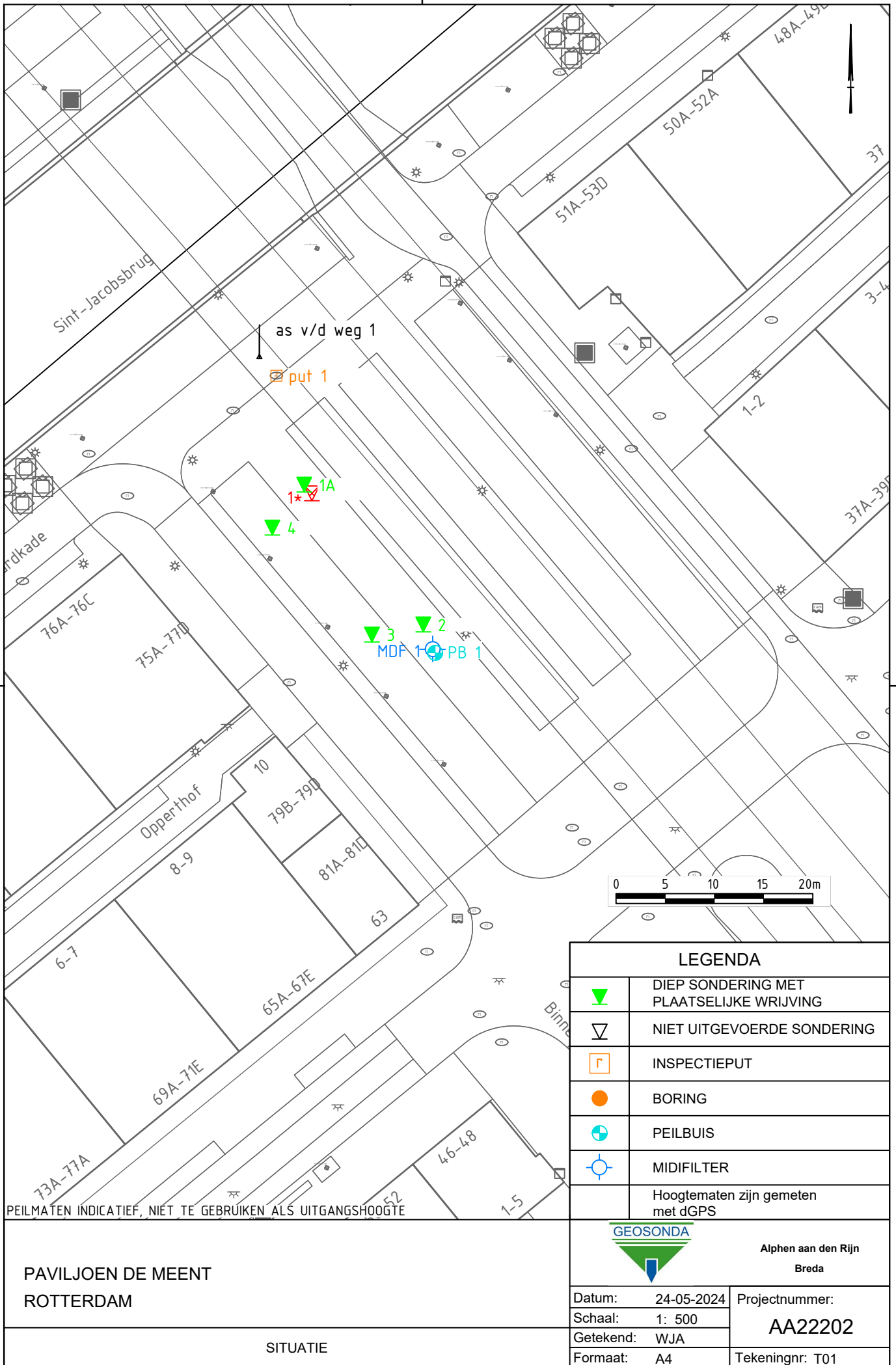
## BESCHRIJVING BODEMLAAG

pid = foto ionisatie detector  
bv = bodemvocht  
ow = olie op water  
tb = tertiaire bestanddelen  
di = disperse inhomogeniteit  
cf = consistentie fijn  
diepte aanduidingen links op de y-as zijn in cm onder maaiveld  
diepte aanduidingen rechts van het profiel zijn in cm boven NAP

## COÖRDINATEN TABEL

[illegible]





PAVILJOEN DE MEENT  
ROTTERDAM

SITUATIE

LEGENDA

	DIEP SONDERING MET PLAATSELIJKE WRIJVING
	NIET UITGEVOERDE SONDERING
	INSPECTIEPUT
	BORING
	PEILBUIS
	MIDIFILTER
Hoogtematen zijn gemeten met dGPS	



Alphen aan den Rijn  
Breda

Datum:	24-05-2024	Projectnummer: <b>AA22202</b> Tekeningnr: T01
Schaal:	1: 500	
Getekend:	WJA	
Formaat:	A4	