

Geotechnisch funderingsadvies

Project Nieuwbouw woning en schuur Waalbandijk 117 te Dodewaard

Opdrachtnummer 246016
Rapport 246016R01
Datum 6 mei 2024

Opdrachtgever Bouwkundig ontwerp- en adviesburo van Zeist b.v.
Kerklaan 3
4043 ME Opheusden

Constructeur Conplan
Wageningen

Bijlagen - Voorbeeldberekening paal draagvermogen
- Geotechnisch onderzoek

Adres Simon Stevinweg 2
3911 CE Rhenen
Telefoon +316 39 327 585

Email info@atellus.nl
Website www.koops-romeijn.nl
www.atellus.nl

Atellus Grondmechanica is partner in de Koops & Romeijn Geogroep. Een groep onafhankelijke, zelfstandige en ervaren adviseurs voor grondonderzoek, geotechniek en geohydrologie die sinds 1996 samenwerkt. U kunt ons vinden in: Ammerstol, Oegstgeest, Roden, Velp, Wageningen en Wijchen.

Op al onze werkzaamheden zijn de algemene leveringsvoorwaarden (ALV 2018) van de Vereniging Ondernemers Technisch Bodemonderzoek (V.O.T.B.), zoals gedeponeerd bij de Kamer van Koophandel Midden-Nederland te Utrecht onder nr. 40476246 en de rechtsverhouding opdrachtgever-architect, ingenieurs en adviseur DNR2011 van toepassing.



1.0 INLEIDING

Medio januari 2024 ontving Atellus Grondmechanica van Bouwkundig ontwerp- en adviesburo van Zeist b.v. de opdracht voor het uitvoeren van een geotechnisch grondonderzoek alsmede het uitbrengen van een funderingsadvies ten behoeve van de nieuwbouw van een woning en een schuur te Opheusden.

Het advies is gebaseerd op de ons verstrekte gegevens en het geotechnisch onderzoek dat onlangs op de projectlocatie is uitgevoerd. Dit rapport bevat tevens een beschrijving en de resultaten van het onderzoek.

2.0 PROJECTOMSCHRIJVING

De projectlocatie is gelegen aan de Waalbandijk 117 te Opheusden. De locatie is momenteel nog deels bebouwd en bevindt zich in landelijk gebied. De projectlocatie valt tevens in de beschermingszone van de Waalbandijk. Dit betreft een primaire waterkering onder het bevoegde gezag van Waterschap Rivierenland. De dichtst nabij de nieuwbouw gesitueerde bebouwing bevindt zich op een afstand van ca. 15 meter. Nadere gegevens omtrent de exacte afstand tot deze bebouwing, de aard, de conditie en funderingswijze van de bebouwing zijn ons niet bekend. Voor de ligging van de projectlocatie wordt verwezen naar de situatietekening die in de bijlage is toegevoegd.

Aangaande de historie van de projectlocatie zijn ons geen gegevens bekend. Mocht het om één of andere reden aannemelijk zijn dat er sprake kan zijn van bijvoorbeeld verontreinigingen en obstakels of geroerde grond dan moet worden nagegaan in hoeverre dit een knelpunt kan zijn voor het ontwerp of de uitvoering.

Het plan omvat de bouw van een vrijstaande woning met een grondvlak van ca. 140 m² alsmede een vrijstaande schuur met een grondvlak van ca. 125 m². In het ontwerp is voor zover bekend geen kelder voorzien. Het begane grondpeil van de nieuwbouw is bedraagt volgens opgave ca. NAP +8,1 m. Het aanlegniveau van de fundering is op ca. NAP +7,1 m verondersteld.

De rekenwaarden van paalbelastingen op druk bedragen volgens opgave van de constructeur maximaal ca. $F_c; d = 380$ kN.

Geadviseerd wordt om genoemde gegevens alsmede de elders in dit rapport gehanteerde aannamen en uitgangspunten te verifiëren voordat met de resultaten uit dit rapport wordt verder gewerkt.

3.0 GRONDONDERZOEK

Het grondonderzoek is uitgevoerd op 11 april 2024 en heeft bestaan uit 4 sonderingen. Vanwege de ligging van de projectlocatie in de beschermingszone van een primaire waterkering zijn de sondeergaten na afloop afgedicht middels zwelklei.

De sonderingen zijn uitgevoerd m.b.v. een elektrische (kleefmantel)conus met hellingmeter, conform norm NEN-EN-ISO 22476-1. De conusweerstand is hierbij continu elektrisch gemeten en geregistreerd. Bij de sonderingen is naast de conusweerstand ook de plaatselijke mantelwrijving elektrisch gemeten en geregistreerd. De relatie tussen conusweerstand en plaatselijke wrijving, het wrijvingsgetal, geeft beneden het grondwaterniveau een indicatie van de verschillende grondsoorten. De sondeerresultaten zijn weergegeven op de grafieken die zijn toegevoegd in de bijlagen, waarbij de diepte is uitgezet t.o.v. NAP.



Aanvullend op het sondeeronderzoek is een ondiepe handboring verricht ter nadere verkenning van de toplagen en bepaling van de actuele grondwaterstand. Op basis van een veldclassificatie is een boorbeschrijving gemaakt, die eveneens is toegevoegd aan de bijlage.

De sondeerlocaties, welke door de sondeerploeg in het terrein zijn uitgezet en gewaterpast t.o.v. NAP, zijn tezamen met enkele referentiepunten aangegeven op de situatietekening. Als basis heeft hiervoor gediend de door de opdrachtgever verstrekte tekening.

4.0 TERREIN- EN GRONDGESTELDHEID

Ten tijde van het onderzoek varieerde de maaiveldhoogte ter plaatse van de sondeerlocaties van NAP +7,8 m tot NAP +7,7 m.

Op basis van het grondonderzoek kan de grondopbouw globaal als volgt worden omschreven: onder een zandige topkleilaag worden tot ca. NAP +3,8 m kleiafzettingen aangetroffen doorsneden door een tussenzandlaag tussen ca. NAP +5,6 en +4,5 m. Vanaf ca. NAP +3,8 m worden tot ca. NAP -9 m zandafzettingen geregistreerd. Plaatselijk en op wisselende diepte komen in dit pakket teruggangen in de conusweerstand voor, die vermoedelijk worden veroorzaakt door kleihoudende zand- en zandhoudende kleiafzettingen en door afzettingen met een geringere pakkingsdichtheid of een grovere gradatie.

In het boorgat werd tijdens het grondonderzoek de actuele grondwaterstand waargenomen op NAP +7,0 m. Dit betreft een éénmalige waarneming welke mogelijk iets verstoord is door het boren. Door, onder andere, wisselingen in neerslagoverschot zijn fluctuaties van de grondwaterstand mogelijk.

5.0 FUNDERINGSADVIES

Gezien de aangetroffen grondopbouw en de aard van de bebouwing komt voor onderhavig project uitsluitend een fundering op palen in aanmerking. In dit rapport is in overleg met de opdrachtgever een fundering op prefab heipalen geadviseerd en nader uitgewerkt. Het bevoegde gezag van de primaire waterkering wil meestentijds namelijk zekerheid omtrent hetgeen de grond in wordt gebracht en accepteert over het algemeen ook geen grondverwijderende paalsystemen, zoals een standaard mortelschroefpaal. Dit alles vanwege de waterveiligheid van de primaire waterkering.

Het aanbrengen van een geheid paaltype gaat gepaard met trillingen en geluid. Beoordeling van de invloed op de omgeving valt buiten het kader van de opdracht. Geverifieerd moet worden of de invloed naar de omgeving kan worden geaccepteerd.

SLOOP BESTAANDE BEBOUWING

Met de sloop van de bestaande bebouwing dient de ondergrond zo min mogelijk te worden geroerd. Eventuele ontgravingen dienen deugdelijk te worden aangevuld. Palen mogen niet zonder meer worden getrokken.

Het trekken kan aanleiding geven tot gaten en ontspanning in de ondergrond. Als de palen bovendien niet geheel worden verwijderd kunnen ongezien resten achter blijven in de bodem.

Deze aspecten kunnen van invloed zijn op de uitvoering en daarmee op de kwaliteit van de nieuwe palen. Te denken valt aan verloop van de nieuwe palen, beïnvloeding van het draagvermogen en van de gesteldheid van de palen.



Op dit moment zijn ten aanzien van de bestaande fundering geen volledige gegevens bekend. Geadviseerd wordt om gegevens betreffende de fundering zo veel mogelijk te achterhalen (funderingswijze; indien op palen: paaltype, -afmeting, -puntniveaus, palenplan en gegevens betreffende misstanden en/of andere afwijkingen van het palenplan). Indien bestaande palenplannen beschikbaar zijn wordt geadviseerd om deze op één tekening te combineren met het nieuwe palenplan, zodat eventuele knelpunten tijdig kunnen worden gesignaleerd.

UITGANGSPUNTEN

- Projectgegevens zoals beschreven in hoofdstuk 2.
- Situering nieuwbouw zoals weergegeven op de situatietekening in de bijlage.
- Funderingselementen worden verticaal centrisch belast.
- Het advies is opgesteld op basis van NEN 9997-1 (juni 2016). Genoemde norm bevat de NEN-EN 1997-1 (Eurocode 7 – geotechnisch ontwerp – Deel 1 : Algemene regels) en de bijbehorende nationale bijlage.
- de veiligheid / gevolgklasse (NEN-EN 1990): CC2 RC2
- de Geotechnische Categorie (NEN 9997-1, 2.1): GC2
- aannahme stijfheid bebouwing: niet-stijf
- Fundering op prefab heipalen.
- Voor de berekening van de draagkracht zijn de volgende factoren aangehouden:

- paalklasse punt	$\alpha_p = 0,7$
- paalvoetvorm	$\beta = 1,0$
- paalvoetdwarsdoorsnede	$s = 1,0$
- paalklasse schacht	$\alpha_s = 0,01$
- Er wordt aangenomen dat de oorspronkelijke, op natuurlijke wijze gesedimenteerde bodemopbouw aanwezig is.
- Het terrein zal niet significant worden opgehoogd of ontgraven.
- Er is rekening gehouden met negatieve kleeft op de palen.
- Er wordt op gewezen dat een maaiveldniveau hoger dan aangenomen in dit rapport, aanleiding kan geven tot meer negatieve kleeft dan berekend.
- Het effect van horizontale belastingen op de palen (bijvoorbeeld bij maaiveldniveauverschillen aan weerszijden van de bebouwing) valt niet binnen het kader van de opdracht.
- De berekende paal draagvermogens dienen door de constructeur op basis van NEN-EN 1992-1-1 te worden gecontroleerd op toelaatbare betonspanningen.

EISEN TEN AANZIEN VAN STABILITEIT EN VERVORMINGEN

Van een geotechnische constructie moet worden onderzocht of één van de onderstaande grenstoestanden wordt bereikt:

- Uiterste grenstoestand (UGT)
De grenstoestand waarbij op de grens van de constructie en de grond een bezwijkmechanisme optreedt; hiervoor moet worden getoetst of de rekenwaarde voor de belasting, eventueel vermeerderd met de optredende negatieve kleeft, kleiner is dan de rekenwaarde van het paal draagvermogen ($F_{c;d} + F_{nk;d} \leq R_{c;d}$).
- Bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT)
Grenstoestand waarbij de vervormingen leiden tot verlies aan bruikbaarheid, schade of hoge onderhoudskosten.



In de meest voorkomende situaties zal, als aan de uiterste grenstoestand wordt voldaan, de paalkopzakking relatief gering zijn. Door deze relatief geringe paalkopzakkingen, wordt tevens voldaan aan de vervormingseisen voor de bruikbaarheidsgrenstoestand.

BEREKENINGSMETHODE

In het onderstaande zijn berekeningsmethoden voor het bepalen van de negatieve kleeft en het paal draagvermogen nader toegelicht. Van de berekening van de draagkracht van de palen is een voorbeeldberekening in de bijlage van dit rapport opgenomen.

-Bepaling van de rekenwaarde van de negatieve kleeft

Voor dit project is, in verband met de aangetroffen bodemgesteldheid, rekening gehouden met het optreden van negatieve kleeft langs de paalschachten tot een niveau van NAP +3,8 m.

-Bepaling van de maximale draagkracht van een paal

De maximale draagkracht van de paal, op basis van het resultaat van sondering i, is bepaald conform NEN 9997-1.

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

waarin:

$$\begin{aligned} R_{c;cal;i} &= \text{maximale draagkracht van de paal bij sondering i (kN)} \\ R_{b;cal;max;i} &= \text{maximale draagkracht van de paalpunt bij sondering i (kN)} \\ R_{s;cal;max;i} &= \text{maximale schachtwrijvingskracht bij sondering i (kN)} \end{aligned}$$

Voor verdere uitwerking van deze formule, de berekening van de beide componenten, wordt verwezen naar de voorbeeldberekening die in dit rapport is opgenomen.

-Bepaling van de karakteristieke waarde van de draagkracht

Voor de bepaling van de karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van een paal is uitgegaan van een niet-stijf bouwwerk. De karakteristieke waarde van het draagvermogen voor palen wordt bepaald met de volgende formules:

$$R_{c;k} = \text{Min} \{ (R_{c;cal;gem} / \xi_3); (R_{c;cal;min} / \xi_4) \}$$

waarin:

$$\begin{aligned} R_{c;k} &= \text{de karakteristieke waarde van het draagvermogen.} \\ R_{c;cal;gem} &= \text{het berekende gemiddelde draagvermogen van de in beschouwing genomen groep sonderingen.} \\ R_{c;cal;min} &= \text{het laagst berekende draagvermogen van de in beschouwing genomen groep sonderingen.} \\ \xi_3 / \xi_4 &= \text{factor, afhankelijk van het aantal sonderingen (NEN 9997-1, Tabel A.10a)} \end{aligned}$$

Voor de bepaling van het draagvermogen van de ondergrond gebaseerd op een aantal sonderingen, het zogenaamde groeperen, mag de variatiecoëfficiënt van het draagvermogen van de sonderingen niet groter zijn dan 12%.

- Bepaling van de rekenwaarde voor de maximale draagkracht

De rekenwaarde voor de maximale draagkracht van een paal ($R_{c;d}$) wordt bepaald met:



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

waarin:

γ_t = partiële weerstandsfactor op de totale weerstand voor op druk belaste palen, welke volgens NEN 9997-1, bijlage A, Tabel A.6 t/m Tabel A.8, de waarde 1,20 heeft.

PAALPUNTNIVEAU EN -DRAAGVERMOGEN

Er is uitgegaan van prefab betonpalen met schachtafmetingen van □ 220; □ 250 en □ 290 mm. In onderstaande tabel is per sondering voor de geadviseerde paalpuntniveaus en per schachtafmeting de rekenwaarde van de netto draagkracht gepresenteerd.

Tabel 1: Paalpuntniveaus en rekenwaarden netto draagkracht prefab betonpalen.

Sondering	Paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]	Rekenwaarde netto draagkracht ($R_{c;d}$) [kN]		
		□ 220 mm	□ 250 mm	
1	+1,5	180	210	260
	+1,0	190	230	280
	+0,5	200	240	310
	0,0	210	260	320
	-0,5	330	400	520
	-1,0	390	470	590
	-1,5	430	520	650
2	+1,5	260	320	390
	+1,0	270	330	390
	+0,5	270	330	420
	0,0	290	350	430
	-0,5	410	500	630
	-1,0	460	560	670
	-1,5	480	570	720
3	+1,5	210	260	330
	+1,0	230	280	370
	+0,5	310	360	450
	0,0	330	400	500
	-0,5	360	430	530
	-1,0	440	540	690
	-1,5	490	600	750
4	+1,5	210	260	310
	+1,0	220	260	310
	+0,5	220	250	290
	niet dieper, of; -1,5	370	440	550

De vermelde draagkracht betreft het geotechnisch draagvermogen dat wordt ontleend aan de ondergrond. Door de constructeur moeten constructieve aspecten van de funderingspalen, waaronder de sterkte, worden beoordeeld.

TOETSING

Zoals eerder aangegeven, wordt de sterkte-eis behorend bij de uiterste grenstoestand getoetst: $F_{c;d} \leq R_{c;d} - F_{nk;d}$

Indien de rekenwaarde voor de paalbelasting kleiner is dan (of gelijk aan) het netto paaldraagvermogen, wordt voldaan aan de uiterste grenstoestand. Tevens zal dan, in de meest voorkomende situaties, worden voldaan aan de bruikbaarheidsgrenstoestand.



VEERCONSTANTEN

Uitgaande van de karakteristieke waarde voor het paal draagvermogen ($R_{c;k}$) en de representatieve paalbelasting ($F_k + F_{nk;rep}$) is de veerconstante voor de paalkopzakking bepaald. Hierbij is voor de karakteristieke paalkopbelasting uitgegaan van de waarde bepaald uit $F_k = F_{c;d} / 1,35$.

Voor sondering 1 zijn, voor een paalpunt niveau van NAP -0,5 m, de navolgende indicatieve waarden berekend :

Paalafmeting in mm:	F_k in kN:	Veerconstante voor paalkopzakking in MN/m ¹ :
☐ 220	240	$k = 60 \text{ à } 65$
☐ 250	300	$k = 75 \text{ à } 80$
☐ 290	380	$k = 90 \text{ à } 95$

Opgemerkt wordt dat palen die grondmechanisch niet worden uitgenut, stijver reageren dan palen welke wel uitgenut worden. Dit kan voorkomen bij palen die om praktische redenen op een niveau met een hogere draagkracht worden gefundeerd dan noodzakelijk is om aan de gestelde eisen te voldoen.

6.0 UITVOERING HEIWERK

De eerste paal dient bij voorkeur ter plaatse van een sondering te worden geslagen en volledig te worden gekalenderd. De op het geadviseerde inheinniveau gevonden kalender kan, in combinatie met de sondering, een maatstaf vormen voor het bepalen van de juiste inheinniveaus van de tussen de sonderingen te heien palen. Ter plaatse van de opvolgende sondering moet deze maatstaf, door middel van een volledig slagdiagram, worden gecontroleerd en zonodig worden aangepast. Voorts adviseren wij, indien van toepassing, van een diep richting een ondiep paalpuntniveau te heien, zodat een relatief 'slechte' grondopbouw uitgeheid kan worden. Geadviseerd wordt alle (overige) palen over minimaal de drie meter te kalenderen. Van elke paal moet het inheinniveau en ten minste de eindkalender genoteerd worden.

- Trillingsmetingen

Bij de toepassing van geheide prefab betonpalen dient rekening te worden gehouden met het optreden van heitrillingen. De invloed van de trillingen op belendingen is sterk afhankelijk van de funderingswijze van de belendingen, de afstand van de belendingen tot het heiwerk en de grondopbouw.

In overweging wordt gegeven aan de meest nabijgelegen, bestaande bebouwing trillingsmetingen uit te voeren in combinatie met een bouwkundige vooropname en een trillingsprognose. De gemeten trillingen dienen in ieder geval te worden getoetst aan de SBR meet- en beoordelingsrichtlijn trillingen, deel A: schade aan gebouwen. Geadviseerd wordt voor de uitvoering en beoordeling van de trillingsmetingen een hierin gespecialiseerd en onafhankelijk bureau in te schakelen.

Indien de optredende trillingen onacceptabele waarden aannemen, dienen trillingsreducerende maatregelen te worden genomen, zoals het reduceren van de valhoogte van het heiblok. Voorts kan worden overwogen om plaatselijk een sleuf aan te brengen tot aan de grondwaterstand om oppervlakkige Rayleigh golven te beletten om via de uitgedroogde toplaag trillingshinder te veroorzaken.



- Controle paalschacht

Ter controle wordt geadviseerd de palen akoestisch door te meten. Deze testen geven informatie over de paallengte, scheuren en andere inhomogeniteiten. Gebleken is dat met deze testmethode meestentijds, alhoewel niet altijd, eventuele gebreken zijn op te sporen tegen geringe kosten.

Voorts zij het benadrukt dat het akoestisch doormeten informatie verschaft over de fysieke kwaliteit van de palen alsmede over de dimensies ervan, doch niet over het paal draagvermogen.

7.0 GEOTECHNISCHE WERKZAAMHEDEN NABIJ WATERKERING

Door het bevoegd gezag zoals bijvoorbeeld het waterschap kunnen randvoorwaarden worden opgelegd aan werkzaamheden in de nabijheid van een waterkering zoals bijvoorbeeld sloop-, grond-, bouw- en funderingswerkzaamheden.

Van belang is dat de veiligheid van de waterkering gewaarborgd blijft. Binnen dit kader kan het zijn dat:

- de omvang van het graafwerk of de ophoging moet worden beperkt,
- alleen mag worden gewerkt buiten het seizoen waarin kans is op hoog water.

Met het oog op eventueel toekomstige dijkverzwaringen kan het zijn dat rekening moet worden gehouden met:

- meer negatieve kleef en een horizontaalbelasting op de fundering.
- het gegeven dat soms geen funderingselementen mogen worden aangebracht binnen het "profiel van vrije ruimte".

In sommige gevallen kan het nodig zijn dat middels specifieke berekeningen wordt aangetoond dat aan bepaalde randvoorwaarden wordt voldaan. Geadviseerd wordt om bij het bevoegd gezag tijdig na te gaan of specifieke regelgeving van toepassing is en/of randvoorwaarden worden gesteld aan de geplande werkzaamheden

Atellus Grondmechanica

Ing. 
Adviseur geotechniek



VOORBEELDBEREKENING NEGATIEVE KLEEF

- gehanteerde sondering : 1
- paalttype : prefab betonpaal
- schachtafmeting : □ 220 mm

Voor de berekening is ervan uitgegaan dat de bodem samendrukbaar is tot een niveau van NAP +3,8 m. De daaronder gelegen lagen zijn dermate zanderig dat hierin geen zetting en derhalve geen negatieve kleeft zijn te verwachten.

De grondbouw is geschematiseerd in 3 lagen: een ophooglaag, een samendrukbare laag en een onsamendrukbare funderingslaag.

Berekening negatieve kleeft

De *representatieve waarde* van de maximale negatieve kleeftbelasting van een alleenstaande paal volgens hoofdstuk 7.3.2.2. NEN 9997-1 bedraagt:

$$F_{nk;rep} = \left(\frac{1}{2} \cdot h_1 \cdot K_{o;1} \cdot \tan \delta_1 \cdot \sigma'_{v;1} + h_2 \cdot K_{o;2} \cdot \tan \delta_2 \cdot (\sigma'_{v;1} + \sigma'_{v;2}) / 2 \right) \cdot O_s$$

= 26 kN.

waarin:		in dit geval:
h_1	= dikte van de ophooglaag of de droge zone van de bodem	1,8 m
h_2	= dikte van de samendrukbare lagen	2,5 m
$K_{o;1} \cdot \tan \delta_1$	= product van de representatieve waarde van de neutrale gronddruk factor met de tangens van de wrijvingshoek tussen paal en grond voor de ophooglaag	0,25 -
$K_{o;2} \cdot \tan \delta_2$	= idem voor de samendrukbare lagen	0,25 -
$\sigma'_{v;1}$	= representatieve waarde van de effectieve verticale spanning onder de ophooglaag	29,6 kN/m ²
$\sigma'_{v;2}$	= idem onder de samendrukbare lagen	50,7 kN/m ²
O_s	= omtrek van de paalschacht	0,88 m

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

$$F_{nk;d} = F_{s;nk;rep} \cdot \gamma_{f;nk}$$

waarin:		in dit geval:
$\gamma_{f;nk}$	= belastingfactor voor de negatieve kleeft (hoofdstuk 7.3.2.2 (7b) uit NEN 9997-1)	1,0 -



VOORBEELDBEREKENING VAN HET DRAAGVERMOGEN CONFORM NEN 9997-1

Voor de berekening van het draagvermogen is in dit voorbeeld, voor de berekening van de maximale draagkracht, sondering 1 aangehouden.

Paaltype	: prefab betonpaal		
Paalgegevens	: paalpuntniveau	- NAP -0,5 m	paalomtrek (O_p) - 0,88 m
	: schachtafmeting	- □ 220 mm	voetoppervlak (A_{punt}) - 0,0484 m ²

Het draagvermogen is opgebouwd uit puntdraagvermogen en positieve schachtwrijving in de zandige lagen verminderd met de negatieve kleef. Het draagvermogen is opgebouwd uit puntdraagvermogen en positieve schachtwrijving in de zandige lagen. De maximale draagkracht van de paal bij sondering i ($R_{C;cal;i}$ in kN) is bepaald volgens:

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

waarbij:

$R_{b;cal;max;i}$	=	maximale draagkracht van de paalpunt bij sondering i (kN)
$R_{s;cal;max;i}$	=	maximale schachtwrijvingskracht bij sondering i (kN)

De berekening van beide componenten wordt onderstaand nader uitgewerkt, de index i (sondering i) wordt hierbij verder niet vermeld.

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale draagkracht van de paalpunt ($R_{b;cal}$ in kN) wordt bepaald met:

$$R_{b;cal;max} = A_{punt} * q_{b;max}$$

waarin:

A_{punt}	=	oppervlakte van de paalpunt (m ²)
$q_{b;max}$	=	maximale puntweerstand (NEN 9997-1) (kN/m ²)

waarbij:

$$q_{b;max} = \frac{1}{2} * \alpha_p * \beta * s * [\frac{1}{2} * (q_{c;I;gem} + q_{c;II;gem}) + q_{c;III;gem}]$$

waarin rekening houdend met het paaltype:

α_p	=	0,7 (paalfactor, volgens tabel 7.c van NEN 9997-1)
β	=	1,0 (paalvoetvormfactor, volgens tabel 7.c van NEN 9997-1)
s	=	1,0 (vormfactor van de doorsnede paalvoet, volgens tabel 7.c NEN 9997-1)

en de uit de sondering bepaalde waarden:

$q_{c;I;gem}$	=	gemiddelde conusweerstand over een traject van 0,7 à 4d onder de punt. In dit geval 14,38 MN/m ² .
$q_{c;II;gem}$	=	minimale conusweerstand binnen het traject van 0,7 à 4d onder de punt. In dit geval 13,25 MN/m ² .
$q_{c;III;gem}$	=	gemiddelde minimale conusweerstand over een traject van 8d boven de punt. In dit geval 5,18 MN/m ² .

zodat:

$$q_{b;max} = 6,649 \text{ MN/m}^2 \text{ en}$$

$$R_{b;cal;max} = 322 \text{ kN}$$



Maximale positieve schachtwrijving

De maximale positieve paalschachtwrijving ($R_{s;cal}$ in kN) wordt bepaald met:

$$R_{s;cal;max} = O_p * l * \alpha_s * q_{c;gem}$$

waarin:

$$\begin{aligned} O_s &= \text{omtrek van de paalschacht, voor het beschouwde paaltype 0,88 m} \\ l &= \text{lengte waarover schachtwrijving in rekening wordt gebracht, in dit geval 4,0 m} \\ \alpha_s &= 0,01 \text{ (paalklassefactor, volgens tabel 7.c van NEN 9997-1)} \\ q_{c;gem} &= \text{de gemiddelde conusweerstand in de tot de schachtwrijving bijdragende} \\ &\quad \text{zandlagen, in dit geval 7,04 MN/m}^2. \end{aligned}$$

zodat:

$$R_{s;cal;max} = 0,88 \text{ m} * 4,0 \text{ m} * 0,01 * 7,04 * 10^3 \text{ kN/m}^2 = 248 \text{ kN}$$

Maximale draagkracht van de paal

Het maximale draagvermogen ($R_{c;cal}$) is berekend met:

$$\begin{aligned} R_{c;cal} &= R_{b;cal;max} + R_{s;cal;max} \\ \text{dus:} \\ R_{c;cal} &= 322 \text{ kN} + 248 \text{ kN} = 570 \text{ kN}. \end{aligned}$$

Bepaling karakteristieke waarde, uitgaande van draagvermogen per sondering

Uitgaande van palen onder een niet-stijf bouwwerk of een gedeelte daarvan, wordt de karakteristieke waarde van het paal draagvermogen als volgt bepaald:

$$R_{c;k} = R_{c;cal} / \xi_3$$

Voor het onderhavige project is uitgegaan van $\xi_3 = 1,32$ (NEN 9997-1, Tabel A.10a/b)

$$R_{c;k} = 570 \text{ kN} / 1,32 = 432 \text{ kN}$$

De rekenwaarde van de maximale draagkracht ($R_{c;d}$) wordt bepaald met:

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

met:

$$\gamma_t = 1,20 \text{ (partiële weerstandsfactor op de totale weerstand voor op druk belaste palen, volgens NEN 9997-1, bijlage A, Tabel A.6 t/m Tabel A.8).}$$

dus:

$$R_{c;d} = 432 / 1,20 = 360 \text{ kN}.$$

Bepaling rekenwaarde toelaatbare belasting $F_{c;d}$

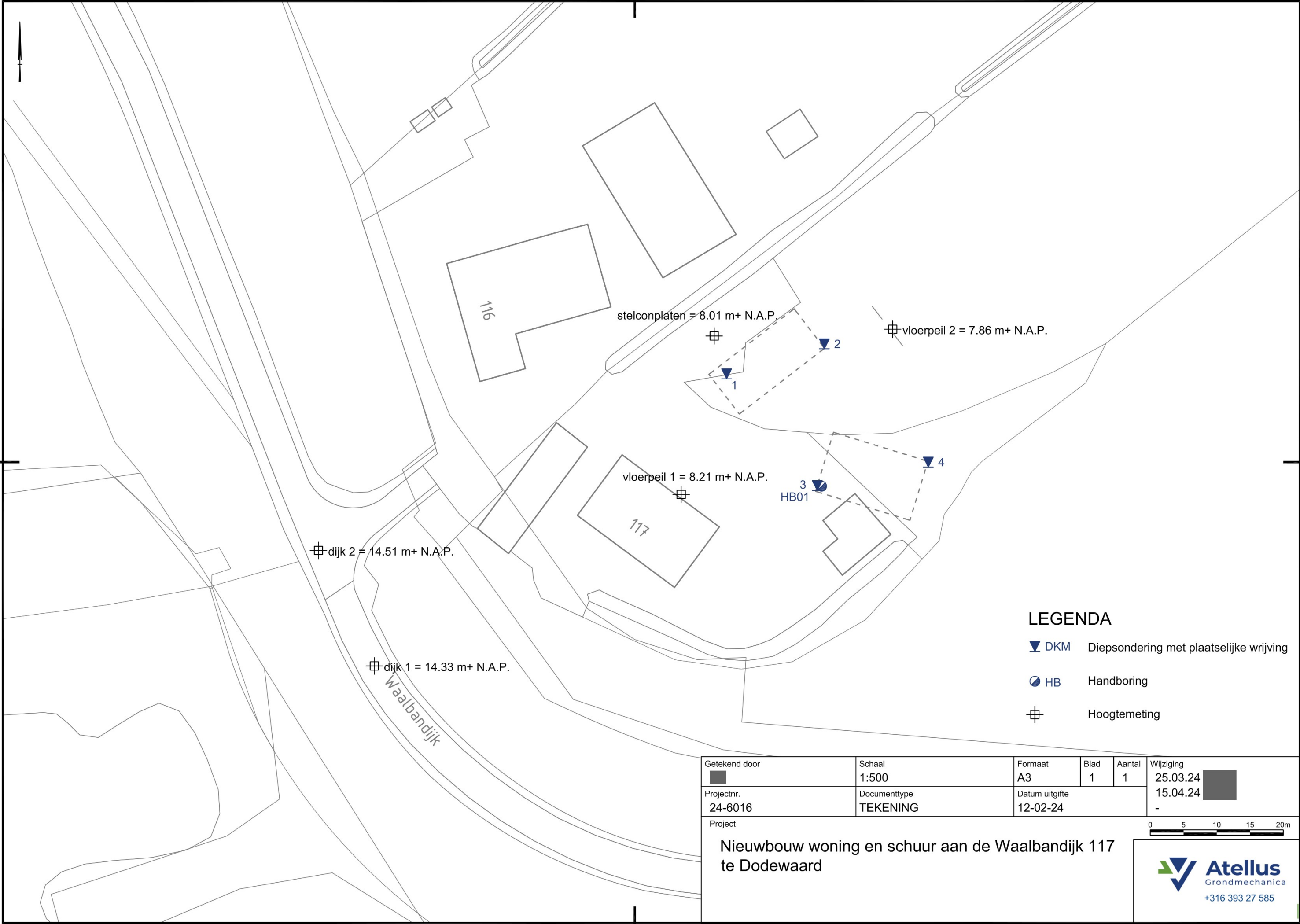
$$F_{c;d} \leq R_{c;d} - F_{nk;d}$$

met:

$$F_{nk;d} = \text{rekenwaarde maatgevende negatieve kleeft, in dit geval: 26 kN}$$

dus:

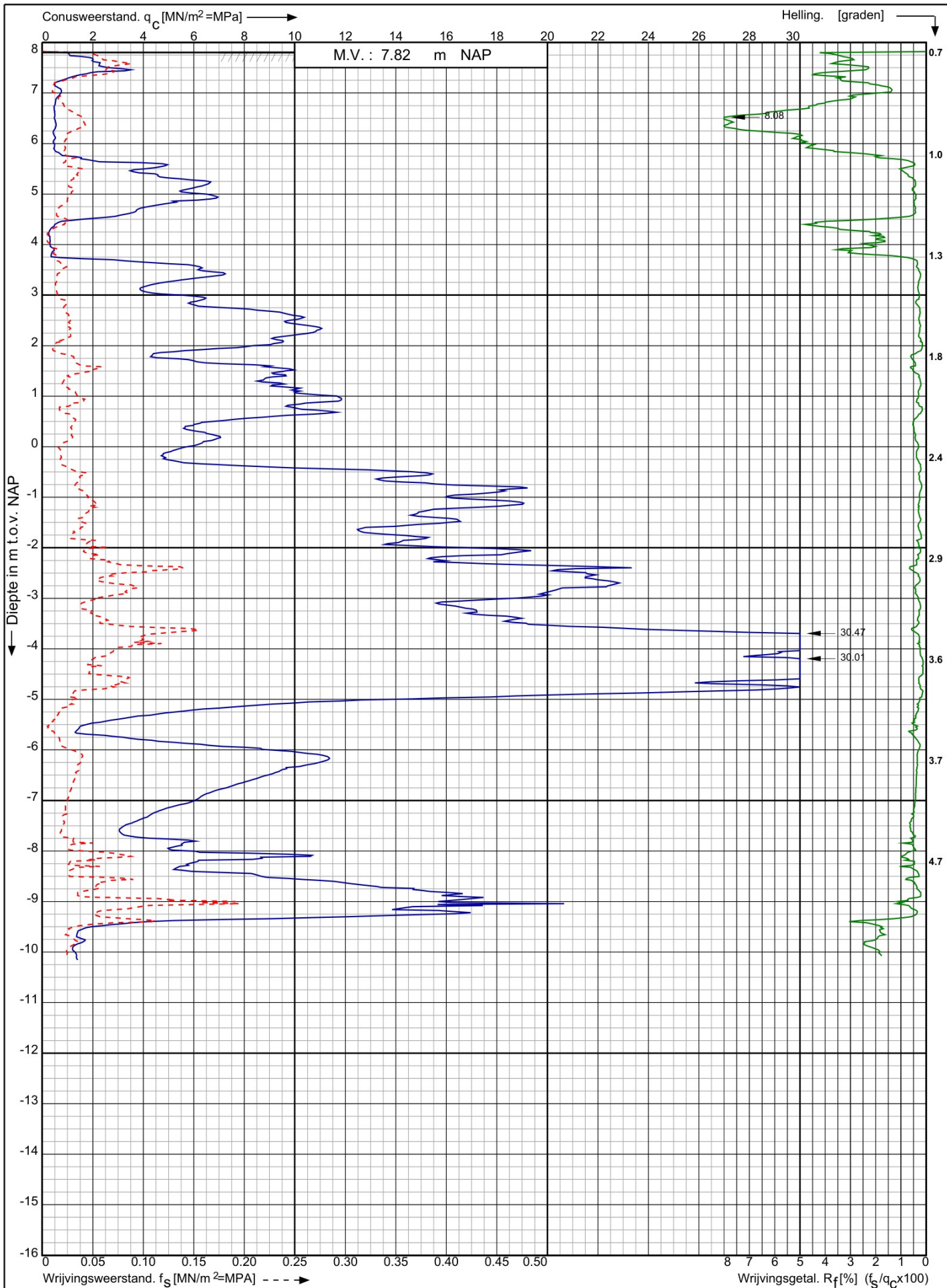
$$F_{c;d} \leq 360 - 26 = 334 \text{ kN (in de tabel afgerond op 330 kN)}$$



Conusserienummer: 070177

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Nwb. woning en schuur aan de Waalbandijk 117 te
Dodewaard

RD-coördinaten : X = 175884.18 Y = 434531.17

Opdr. nr. : 24-6016

Datum uitv. : 11-4-2024

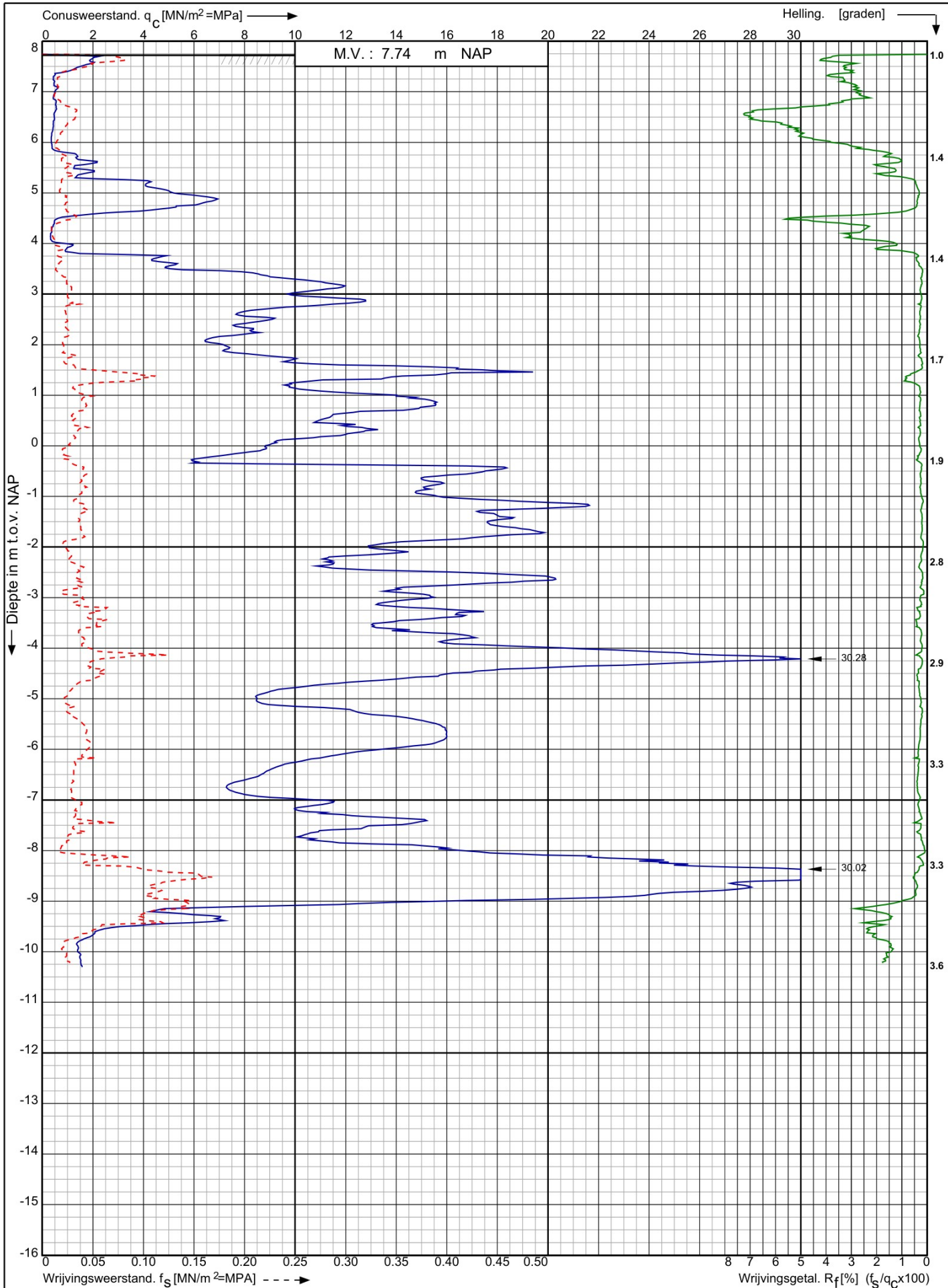
Sond. nr. : 1

Atellus
Grondmechanica
+316 393 27 585

Conusserienummer: 070177

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Nwb. woning en schuur aan de Waalbandijk 117 te
Dodewaard

RD-coördinaten : X = 175898.86 Y = 434535.68

Opdr. nr. : 24-6016

Datum uitv. : 11-4-2024

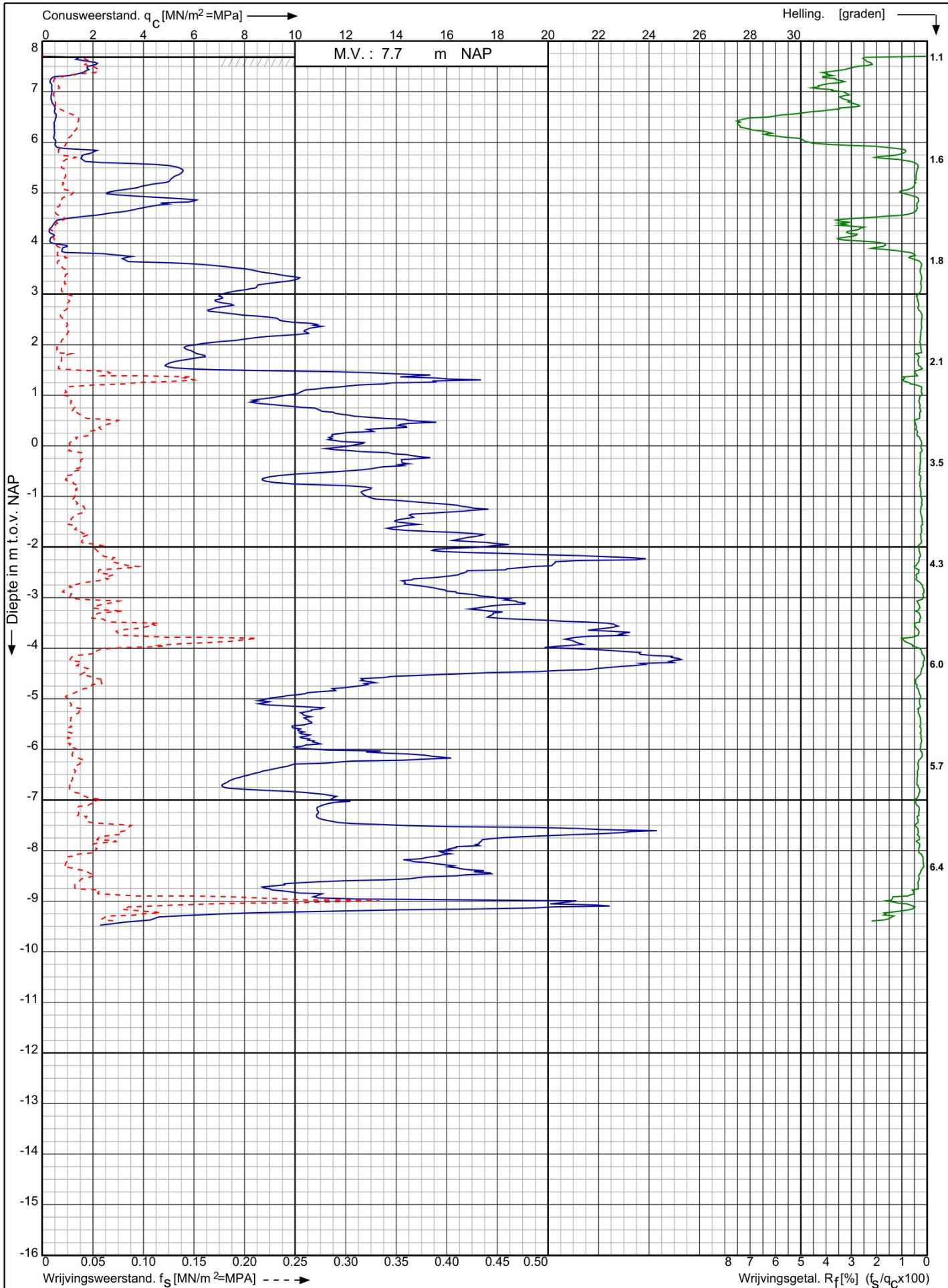
Sond. nr. : 2

Atellus
Grondmechanica
+316 393 27 585

Conusserienummer: 070177

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Nwb. woning en schuur aan de Waalbandijk 117 te
Dodewaard

RD-coördinaten : X = 175897.80 Y = 434514.38

Opdr. nr. : 24-6016

Datum uitv. : 11-4-2024

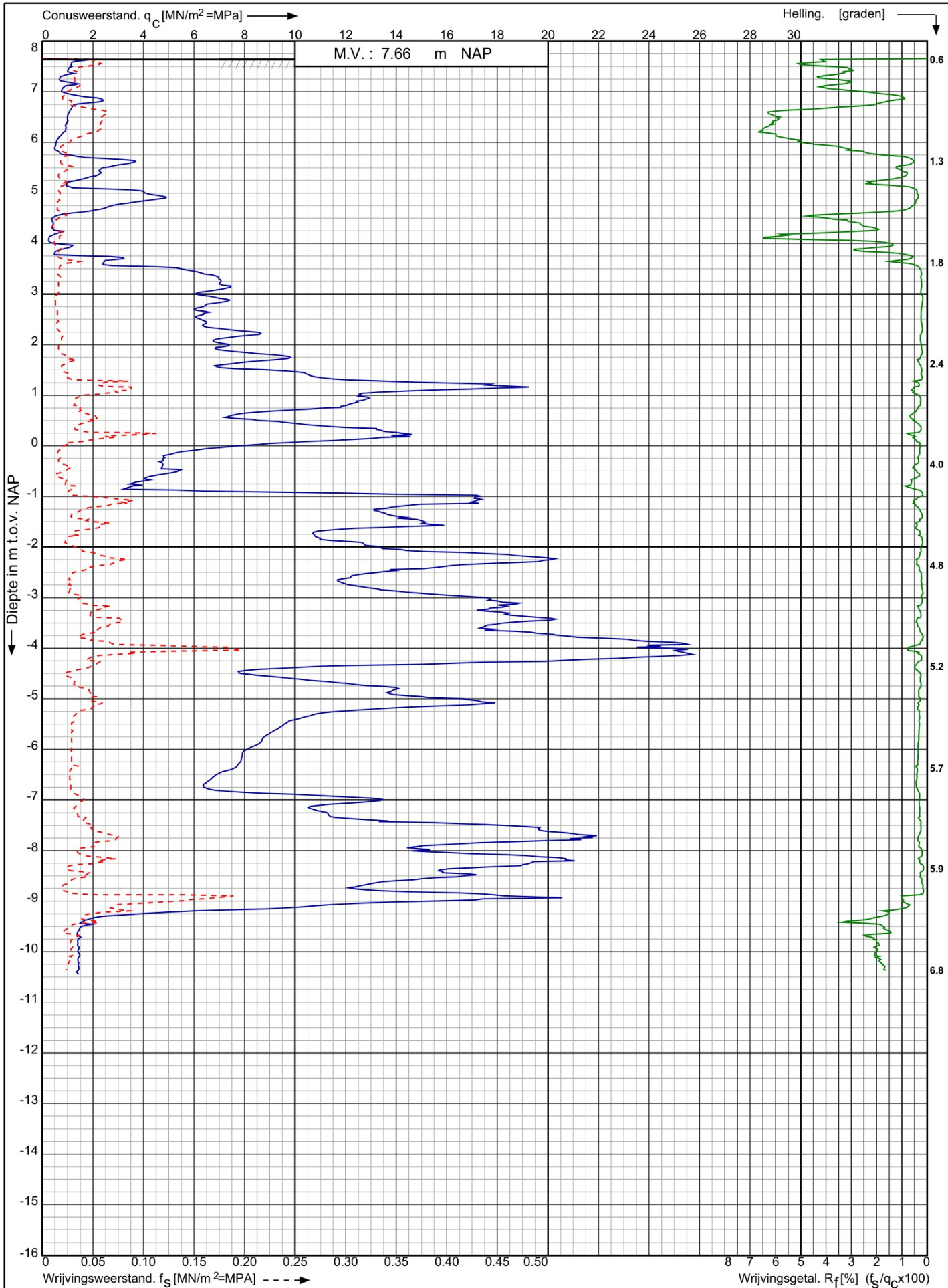
Sond. nr. : 3

Atellus
Grondmechanica
+316 393 27 585

Conusserienummer: 070177

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Nwb. woning en schuur aan de Waalbandijk 117 te
Dodewaard

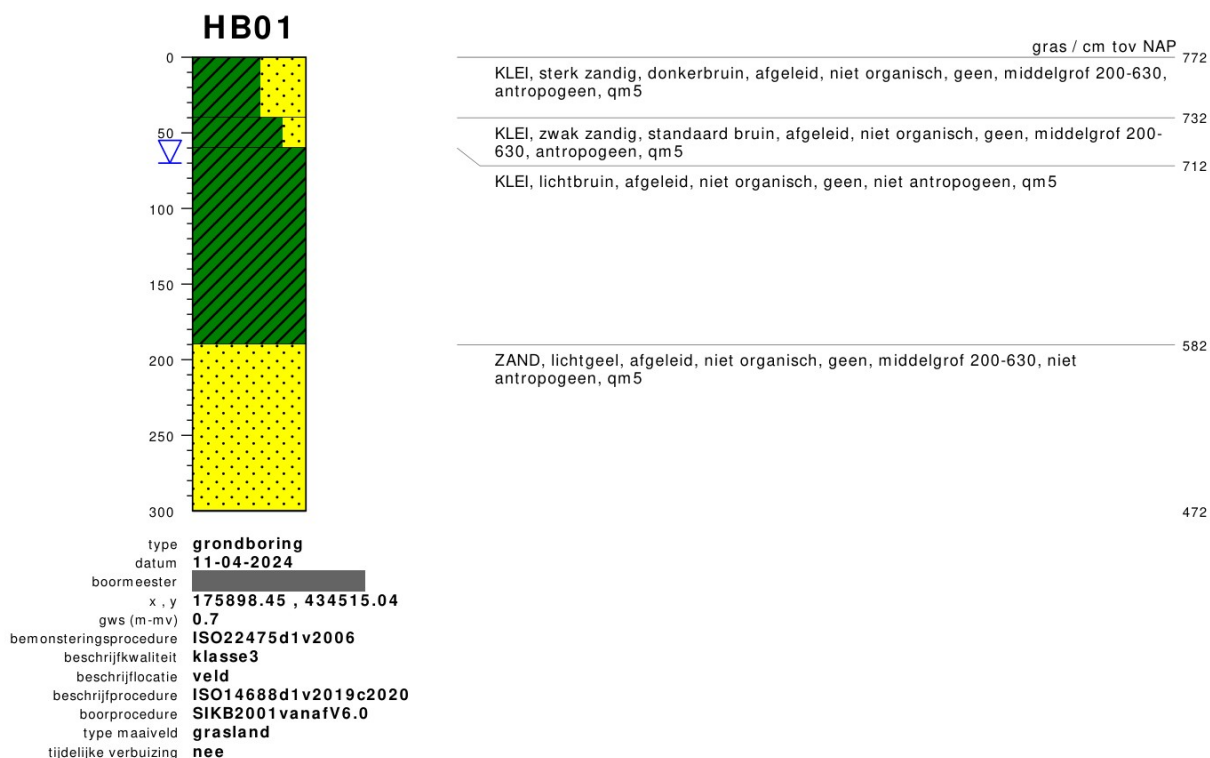
RD-coördinaten : X = 175914.50 Y = 434517.91

Opdr. nr. : 24-6016

Datum uitv. : 11-4-2024

Sond. nr. : 4

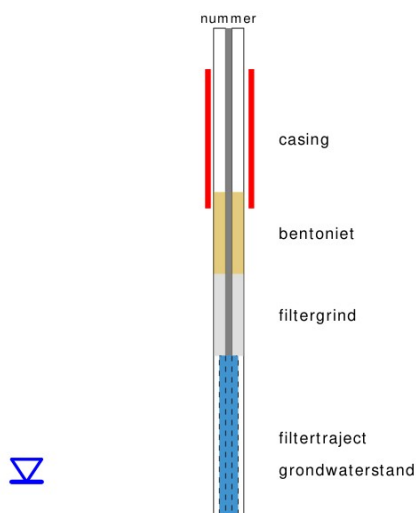




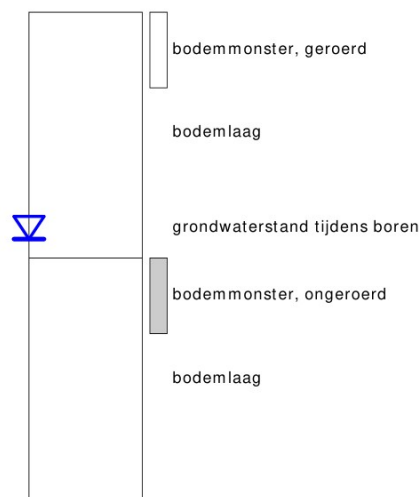
bodemprofielen schaal 1:50

onderzoek	Nwb. woning en schuur aan de Waalbandijk 117 te Dodewaard
projectcode	24-6016
getekend conform	NEN-EN-ISO 14688
kader aanlevering	publiekeTaak
kader inwinning	verkennendOnderzoek
kaderstellende procedure	EN1997d2v2007
vakgebied	geotechniek

PEILBUIS



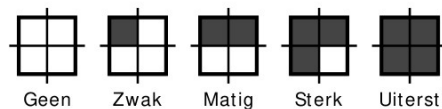
BORING



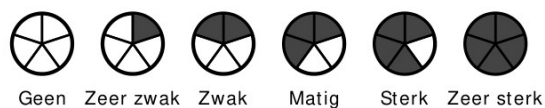
GRONDSOORTEN



OLIE OP WATER REACTIE



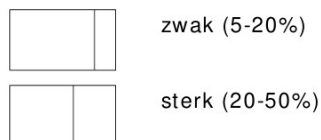
GEUR INTENSITEIT



ORGANISCHE STOF



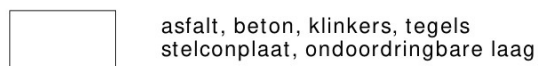
SECUNDAIRE FRACTIES



GRADATIE ZAND

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

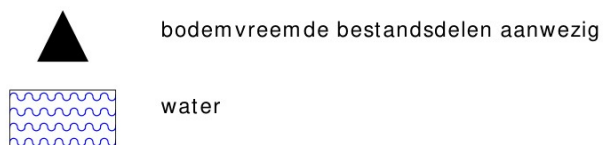
VERHARDINGEN



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