



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

Funderingsadvies

Nieuwbouw 2e ONF Vergister en transportband te
Wijster

VN-87800-1 | 28 februari 2025



Grondonderzoek



Geotechnisch
Laboratorium



Geomonitoring



GeoICT



Advies

Wilt u meer informatie over één van onze diensten, kijk dan op [wiertsema.nl](https://www.wiertsema.nl)



Onderwerp: Nieuwbouw 2e ONF Vergister en transportband te Wijster
Projectnummer: VN-87800-1
Opdrachtgever: Attero

Versie	Datum	Omschrijving wijziging
1	28 februari 2025	

Opgesteld door:	ing. [REDACTED]
Handtekening:	[REDACTED]
Documentnummer:	R101121
Status:	Definitief
Vrijgegeven door:	ing. [REDACTED]



Inhoudsopgave

blad

1	Inleiding.....	5
1.1	Aanleiding en doel	5
1.2	Gehanteerde gegevens	5
1.3	Normen en richtlijnen	5
1.4	Kwaliteitswaarborging	5
2	Project.....	6
3	Bodemopbouw.....	7
3.1	Beschikbaar geotechnisch onderzoek	7
3.2	Hoogtemetingen	7
3.3	Schematische bodemopbouw	7
3.4	Grondwaterstand.....	7
4	Funderingsadvies	8
4.1	Aandachtspunten algemeen.....	8
4.2	Aandachtspunten fundering op schroefpalen type avegaar	9
5	Fundering op palen	10
5.1	Uitgangspunten paalbelastingen	10
5.2	Geotechnisch draagvermogen	10
5.2.1	Gehanteerde uitgangspunten paal draagvermogen	10
5.2.2	Negatieve kleef	11
5.2.3	Positieve kleef	11
5.3	Berekeningsresultaten geotechnisch draagvermogen	11
5.4	Horizontaal belaste palen	12
5.4.1	Algemeen	12
5.4.2	Uitgangspunten	12
5.4.3	Bodemopbouw en parameters	13
5.4.4	Berekeningsresultaten / D-M-U lijnen.....	13
6	Uitvoering.....	15
6.1	Belendingen	15
6.1.1	Indien belending op staal gefundeerd.....	15
6.1.2	Indien belending op palen	15
6.2	Uitvoering avegaarpalen	16
6.2.1	Installatie avegaarpalen	16
6.2.2	Werkniveau	16
6.2.3	Paalschachtcontrole	17



Bijlagen:

- 1 Overzichtstabel paal draagvermogen – avegaarpaal (druk)
- 2 Overzichtstabel paal draagvermogen – avegaarpaal (trek)
- 3 Detailberekening paal draagkracht
- 4 DMU-lijnen (horizontale kracht)

1 Inleiding

In opdracht van Attero gevestigd te Wijster heeft Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. een funderingsadvies uitgebracht ten behoeve van de nieuwbouw van een tweede ONF vergister en een transportband bij Attero te Wijster.

1.1 Aanleiding en doel

Het doel van voorliggend funderingsadvies is het inzicht geven in de toelaatbare draagkracht op funderingsniveau en het bijbehorend zettingsgedrag ten behoeve van de ontwerpfase.

Raadgevend ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. (hierna: Wiertsema & Partners) benadrukt dat voorliggend advies niet voorziet in gedetailleerde engineering/uitwerking van de uitvoeringswijze. Deze zijn ter keuze van de aannemer en maken derhalve geen onderdeel uit van het advies.

Indien in de loop van het project veranderingen optreden in het bouwplan of in de in dit advies gehanteerde uitgangspunten, dient contact te worden opgenomen met Wiertsema & Partners, zodat de uitgangspunten en (berekenings-)resultaten zoals beschreven in voorliggend rapport hierop kunnen worden getoetst.

1.2 Gehanteerde gegevens

Het advies is opgesteld aan de hand van het door Wiertsema & Partners B.V. uitgevoerde grondonderzoek ten behoeve van onderhavig project. De resultaten van het grondonderzoek zijn gerapporteerd in het volgende rapport:

- [1] Geotechnisch onderzoek 'Nieuwbouw 2^e ONF Vergister en transportband te Wijster', projectnr. VN-87800-1, documentnr. R100979, d.d. 19 februari 2025.

1.3 Normen en richtlijnen

De volgende normen zijn van toepassing op de voorliggende rapportage:

- [2] NEN 9997+C2:2017, Geotechnisch ontwerp van Constructies – Deel 1: Algemene regels, november 2017.

In het rapport zal middels vierkante haken [] worden verwezen naar de genoemde rapporten, normen en richtlijnen.

1.4 Kwaliteitswaarborging

Het funderingsadvies is opgesteld onder het kwaliteitssysteem NEN-EN-ISO-9001 en het milieumanagementsysteem NEN-EN-ISO-14001. Wiertsema & Partners B.V. is in het bezit van een VGM-beheersysteem VCA** en Veiligheidsladder Trede 3.

2 Project

Het project betreft de nieuwbouw van een tweede ONF vergister en een transportband op het terrein van Attero te Wijster. Op de projectlocatie is bebouwing aanwezig (of voorheen aanwezig geweest) in de vorm van een silo. Op welke manier deze voormalige bebouwing gefundeerd is geweest is niet bekend bij Wiertsema en Partners.

In de directe omgeving van de projectlocatie is bestaande bebouwing aanwezig. Het is eveneens niet bij Wiertsema en Partners bekend op welke manier deze bestaande bebouwing gefundeerd is. In figuur 2.1 zijn de projectlocatie en de locaties van het uitgevoerde grondonderzoek weergegeven.



Figuur 2.1: Projectlocatie en locaties grondonderzoek

Voor zover bekend zullen er geen kelders worden gerealiseerd en zullen er geen significante ophogingen of afgravingen plaatsvinden.

3 Bodemopbouw

3.1 Beschikbaar geotechnisch onderzoek

De resultaten van het beschikbare grondonderzoek [1] zijn vastgelegd ten opzichte van NAP. Het grondonderzoek heeft bestaan uit het verrichten van:

- 7 continue sonderingen met elektrische conus en met elektronische registratie uitgevoerd volgens NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3 tot circa NAP +9,7 m à NAP +0,2 m.

Opgemerkt dient te worden dat DKM006 niet op diepte is gekomen en derhalve niet zal worden beschouwd in dit advies. DKM006A is de vervangende sondering, deze is wel op diepte gekomen. Tevens is sondering DKM007 niet uitgevoerd vanwege een obstakel in de ondergrond. In verband met de beperkte toegankelijkheid was er geen mogelijkheid tot verplaatsing.

3.2 Hoogtemetingen

De ingemeten maaiveldhoogte ter plaatse van de onderzoeklocaties varieerde ten tijde van het grondonderzoek van NAP +15,24 m tot NAP +15,46 m. De hoogtebepaling van de onderzoekspunten is uitgevoerd met als doel de bodemopbouw in te meten ten opzichte van NAP. De gerapporteerde hoogtes zijn niet geschikt voor andere doeleinden dan dit onderzoek. Tevens zijn de volgende onderdelen ingemeten:

- Diverse putten, Attero: NAP +15,28 m tot NAP +15,44 m;
- Wegas, Attero: NAP +15,49 m.

3.3 Schematische bodemopbouw

Op basis van het uitgevoerde grondonderzoek, waaronder metingen van de plaatselijke mantelwrijving en handboringen, is globaal een schematische bodembeschrijving vastgesteld, zoals weergegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1: Schematische bodemopbouw

Diepte [m NAP]			Bodembeschrijving
maaiveld	tot	+13,3/+12,3	(Antropogene en/of puinhoudende) zandlaag
+13,3/+12,3	tot	+10,0/+8,7	Veelal (zandige) siltlagen, afgewisseld met siltige zandlagen
+10,0/+8,7	tot	+0,2/+0,5	Zandpakket met wisselende pakking

* Maximaal verkende diepte

3.4 Grondwaterstand

Het beschikbare bodemonderzoek geeft geen informatie over de stand van het grondwater.

4 Funderingsadvies

Gezien de aangetroffen bodemgesteldheid, met hierin de aanwezigheid van (zettingsgevoelige) siltlagen, en de aard van de belastingen op de fundering wordt een fundering op palen geadviseerd. In dit advies is in overleg met de opdrachtgever van het werk een fundering op avegaarpalen verder uitgewerkt.

Een avegaarpaal is een geschroefd paalsysteem, waarbij de een avegaar, bestaande uit een holle as met daaromheen een doorgaand schroefblad rechtsom in de grond wordt geboord. Bij dit systeem wordt de onderzijde van de holle as voorzien van een klep. Als de beoogde diepte is bereikt wordt de avegaar teruggetrokken, tijdens het terugtrekken van de avegaar wordt beton door de holle as in het gat van de avegaar gepompt. Direct na het vervaardigen van de paalschacht wordt de wapening in de verse specie aangebracht.

Bij het toepassen van avegaarpalen dient rekening te worden gehouden met de aandachtspunten die benoemd zijn in paragraaf 4.1 en 4.2.

4.1 Aandachtspunten algemeen

- Het uitgangspunt is dat de grond ter plaatse van de voorgenomen projectlocatie vrij is van puin en/of obstakels en voldoende schoon is.
- Indien de voormalige bebouwing op palen was gefundeerd, dienen deze palen niet uit de grond te worden getrokken. Het trekken van bestaande palen kan aanleiding geven tot gaten en ontspanning van de ondergrond, waardoor vermindering van de draagkracht optreedt. De bestaande palen dienen te worden ingemeten om de posities in kaart te brengen en om conflicten met het nieuwe palenplan te voorkomen.
- Geadviseerd wordt om het gekozen paalsysteem in combinatie met de aangetroffen bodemopbouw en het beoogde paalpuntniveau af te stemmen met een uitvoerende partij.

4.2 Aandachtspunten fundering op schroefpalen type avegaar

- Bij beperkte ruimte of obstakels op de projectlocatie kunnen de benodigde werkruimte en manoeuvreerruimte voor de avegaarstelling onvoldoende zijn, wat de installatie van de palen kan bemoeilijken of zelfs niet mogelijk kan maken. Geadviseerd wordt om te overleggen met een uitvoerende partij wat betreft de haalbaarheid in deze situatie.
- Avegaarpalen kunnen dienen als trekpaal, indien bij de installatie van de paal de benodigde wapening is aangebracht om de trekkracht te kunnen opnemen. Doorgaans wordt hiervoor een centrale wapeningsstaaf in de holle buis van de avegaar gebracht. De paal kan worden voorzien van voorspanning middels het aanbrengen van een gedeeltelijk beklede wapeningsstaaf. De mogelijkheden voor voorliggend project dienen te worden afgestemd met een uitvoerende partij.
- Aangezien de palen op diepte worden geschroefd en/of geboord, ontbreekt een duidelijke controle tijdens het inbrengen, zoals bijvoorbeeld een kalenderwaarde bij een geheel paalsysteem. Zodoende is het bijzonder lastig om tijdens de uitvoering, in de tussen de sonderingen gelegen overgangsgebieden, een verantwoord paalpuntniveau en bijbehorend paal draagvermogen te kunnen bepalen. Er wordt namelijk geen duidelijkheid verkregen over de vastheid van de zandlaag. Op basis van bovenstaande wordt geadviseerd overgangen in het te hanteren paalpuntniveau tot een minimum te beperken en de palen op een eenduidig niveau te installeren. Daar waar overgangen onvermijdelijk zijn dient de overgang in het te hanteren paalpuntniveau zo dicht mogelijk bij de 'gunstige' sondering te worden gelegd en voor alle palen in het overgangsgebied het paalpuntniveau en draagvermogen van de 'ongunstige' sondering aan te worden gehouden.
- Een grondverwijderend paalsysteem, zoals schroefpalen type avegaar, kan in slappe(re) bodemlagen resulteren in afwijkingen van de paalschacht. De palen kunnen mogelijk enigszins 'uitdijen' in de slappe klei- en veenlagen. Dit uitdijen kan/zal resulteren in een toename van het betonverbruik en een discontinuïteit in de paalschacht. Het uitdijen van de paal hoeft over het algemeen geen nadelige gevolgen voor de functionaliteit van de paal te hebben. Geadviseerd wordt om met een uitvoerende partij te overleggen wat betreft de haalbaarheid in deze situatie.

5 Fundering op palen

5.1 Uitgangspunten paalbelastingen

Het uitgangspunt in voorliggende rapportage is axiaal op druk en trek belaste palen. Belastingen door gronddruk en/of grondverplaatsingen (bijvoorbeeld ten gevolge van verschil in bovenbelasting aan weerszijden van de paalfundering/eenzijdige ophoging/palen in een talud) zijn uitgesloten. Tevens worden de effecten van een horizontale paalbelasting, aangrijpend op het paalkopniveau, beschouwd.

De exacte belastingen op de funderingselementen zijn ten tijde van opstellen van het advies nog niet bekend. In dit stadium van het project volstaat het geven van inzicht in het geotechnische draagvermogen ten behoeve van het ontwerp.

5.2 Geotechnisch draagvermogen

Het geotechnisch draagvermogen van de ondergrond is beschouwd conform NEN9997-1+C2. De draagkracht is voor een statische situatie beschouwd.

5.2.1 Gehanteerde uitgangspunten paal draagvermogen

Voor de berekening van het geotechnisch draagvermogen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Het project valt in de geotechnische categorie 2.
- De constructie is beschouwd als zijnde een niet-stijf bouwwerk.
- De nieuwbouw wordt niet onderkelderd.
- Het bouwpeil is aangenomen op: NAP +15,5 m.
Het toekomstige maaiveld is aangenomen op: NAP +15,4 m.
De bovenkant van de paal is aangenomen op: NAP +14,5 m.
De grondwaterstand is aangenomen op: NAP +14,0 m.
- *Tabel 5.1: Paalfactoren*

Paalfactor	Avegaarpaal
α_p	0,56
α_s ; zand (tabel 7.c)	0,006
α_s ; klei/leem (tabel 7.d)	$\leq 0,03$ indien $q_{c,gem} \geq 2,5$ $0,02 \times (q_{c,gem} - 1)$ indien $q_{c,gem} \geq 2,0$ en $< 2,5$ $0,02$ indien $q_{c,gem} \leq 2$
α_t	0,0045
β	1,0
s	1,0
$q_{c,III,gem}$	≤ 2 MPa

– Tabel 5.2: Partiële factoren

Partiële factor	
γ_b	1,20
γ_s	1,20
$\gamma_{s,t}$	1,35
$\gamma_{m,var;q_c}$	1,50

– Correlatiefactoren:

ξ_3	1,39	tabel A.10.a, voor $n = 1$ en een niet stijf bouwwerk;
ξ_4	1,39	

5.2.2 Negatieve kleeft

Het uitgangspunt voor dit project is dat de zakking van het maaiveld beperkt is en zal blijven. Dit betekent dat er voor wat betreft de paalbelasting door negatieve kleeft van uitgegaan mag worden dat deze eveneens beperkt is en zal blijven. Voor dit project is rekening gehouden met een beperkte praktische paalbelasting door negatieve kleeft met een rekenwaarden ($F_{nk;d}$) van 25 kN/m-schachtomtrek. De waarde is verwerkt in de tabel met paalpuntniveaus en rekenwaarden netto draagkracht in tabel bijlage 1.

5.2.3 Positieve kleeft

Samendrukbare lagen boven het basishniveau en eventueel daarop rustende zandlagen hebben geen aandeel in de schachtwrijving van op druk belaste palen. Schachtwrijving wordt ontleend aan de grondlagen beneden circa NAP +10,0 m à NAP +8,7 m.

5.3 Berekeningsresultaten geotechnisch draagvermogen

In bijlage 1 (druk) en bijlage 2 (trek) is per sondering, paal(schacht)afmeting en paalpuntniveau de maximale rekenwaarde ($R_{c,netto;d} = R_{c;d} - F_{nk;d}$) van het geotechnisch draagvermogen weergegeven.

De genoemde rekenwaarden van de grondmechanische draagkracht zijn opgebouwd uit de punt- en schachtwoerstand en verminderd met de negatieve kleeft belasting. De genoemde draagkrachten gelden voor verticaal en centrisch op druk en trek belaste palen.

Toetsing volgens uiterste grenstoestand houdt in dat voldaan dient te worden aan:

- $F_{c;d} \leq R_{c,netto;d}$ $R_{c,netto;d} = R_{c;d} - F_{nk;d}$ voor drukpalen.
- $F_{t;d} \leq R_{t;d}$ voor trekpalen.

In bijlage 3 is een detailberekening van de draagkracht weergegeven, inclusief het last-zakkingsgedrag.

Met betrekking tot de vervorming zal in de regel de bruikbaarheidsgrenstoestand volgens NEN 9997-1+C2 bepalend zijn. Deze vervormingen zijn, gezien de zeer geringe vervorming van de palen niet maatgevend.

Opgemerkt dient te worden dat de palen niet zijn gecontroleerd op de slankheid en de maximale (beton)spanning in de paalschacht.

5.4 Horizontaal belaste palen

5.4.1 Algemeen

Voor het bepalen van de dwarskrachten, momenten en verplaatsingen is gebruik gemaakt van het computerprogramma D-Pile Group versie 20-2 van Delft Geosystems. In de berekening is uitgegaan van een alleenstaande horizontaal belaste paal.

5.4.2 Uitgangspunten

De berekeningen zijn opgesteld met een horizontaal kracht variërend van $F_{tr;d} = 10$ tot 30 kN per paal met intervallen van 10 kN.

De krachten grijpen aan ter hoogte van de bovenkant van de paal (aanname NAP +14,5 m). Met eventuele paalexcentriciteiten en eventuele tweede orde is geen rekening gehouden. De palen zijn zowel scharnierend als ingeklemd aangesloten in de fundering beschouwd.

De berekening zijn uitgevoerd voor avegaarpalen met afmetingen van $\varnothing 300$ mm, $\varnothing 350$ mm en $\varnothing 400$ mm. Voor de avegaarpalen is uitgegaan van een betonsterkteklasse C20/25 en een elasticiteitsmodulus van 20.000 N/mm^2 . De paaleigenschappen die behoren tot avegaarpalen zijn weergegeven in tabel 5.3.

Tabel 5.3 - Paaleigenschappen avegaarpalen

Diameter [mm]	EA [kN]	EI [kNm ²]
$\varnothing 300$	1.413.700,0	7.9522,0
$\varnothing 350$	1.924.200,0	14.732,0
$\varnothing 400$	2.513.300,0	25.133,0

5.4.3 Bodemopbouw en parameters

In tabel 5.4 is de lokale bodemopbouw schematisch weergegeven. De grondsoorten zijn afgeleid aan de hand van de kleefsonderingen. De voor de berekening benodigde parameters zijn op basis van ervaring geschat en aan de hand van NEN 9997-1; artikel 2.4.5.2 tabel 2.b getoetst. Voor een meer nauwkeurige analyse is aanvullend grond- en laboratoriumonderzoek noodzakelijk en zijn meer verfijnde rekenmodellen beschikbaar. Dit valt echter buiten het kader van de aan Wiertsema & Partners verstrekte opdracht.

Tabel 5.4: Algemene schematische bodemomschrijving en parameters

Bovenkant laag [m t.o.v. NAP]	Benaming Grondlaag	Karakteristieke parameters			Rekenparameters			
		$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	φ' [°]	C_u [kN/m ²]	$\gamma_d / \gamma_{\text{sat},d}$ [kN/m ³]	φ'_d [°]	$C_{u,d}$ kN/m ²	K_o [-]
Paalkop	Zand schoon los	17/19	30	n.v.t.	15,5/17,3	26,7	n.v.t.	0,55
+13,3	Leem sterk zandig	19/19	27,5	50	17,3/17,3	24,4	37,0	0,59
+8,7	Zand schoon matig	18/20	32,5	n.v.t.	16,4/18,2	29,0	n.v.t.	0,52

Opmerkingen bij de tabel:

- γ en γ_{sat} volumiek gewicht; sat = verzadigd. Voor de berekeningen in grenstoestand 1 is conform tabel A.4a van NEN 9997-1 een partiële factor van 1,1 gehanteerd;
- φ' effectieve hoek van inwendige wrijving. Voor de berekeningen in grenstoestand 1 is conform tabel A.4a van NEN 9997-1 een partiële factor van 1,15 gehanteerd;
- K_o neutrale gronddrukfactor ($1 - \sin \varphi'_d$);
- c_u ongedraineerde schuifsterkte. Voor de berekeningen in grenstoestand 1 is conform tabel A.4a van NEN 9997-1 een partiële factor van 1,35 gehanteerd.

5.4.4 Berekeningsresultaten / D-M-U lijnen

In tabel 5.5 zijn de berekeningsresultaten weergegeven. De dwarskracht-, momenten- en verplaatsingslijnen zijn weergegeven in bijlage 4.

Door Wiertsema & Partners is niet constructief gecontroleerd of de berekende momenten opneembaar (constructief/wapening) zijn in combinatie met de bijbehorende paalafmeting. Er dient met een paalleverancier contact te worden opgenomen betreffende de constructieve haalbaarheid van de gekozen paal. Het maximaal toelaatbare schachtmoment is afhankelijk van de paalafmeting, betonsterkteklasse, de gekozen wapening in de paal in combinatie met de minimaal optredende paalbelasting tijdens de aardbeving situatie.

Tabel 5.5: Berekeningsresultaten horizontaal belaste palen

Afmeting	Situatie paalkop	$F_{tr,d}$ [kN]	$M_{E;d;kop}$ [kN.m]	$M_{E;d;schacht}$ [kN.m]	Positie max. schachtmoment [m t.o.v. NAP]	Verplaatsing paalkop U_d [mm]
Ø300	Scharnier	10	0,0	10,7	-1,7	5,1
	Ingeklemd		10,9	3,4	-2,2	1,6
	Scharnier	20	0,0	22,4	-1,8	13,0
	Ingeklemd		22,8	7,2	-2,4	3,7
	Scharnier	30	0,0	36,8	-2,0	25,5
	Ingeklemd		35,7	11,4	-2,7	6,6
Ø350	Scharnier	10	0,0	11,7	-1,7	3,6
	Ingeklemd		12,0	3,5	-2,5	1,2
	Scharnier	20	0,0	24,2	-1,9	8,7
	Ingeklemd		24,8	7,5	-2,6	2,6
	Scharnier	30	0,0	38,1	-2,1	16,0
	Ingeklemd		38,6	12,0	-2,8	4,4
Ø400	Scharnier	10	0,0	12,5	-1,8	2,7
	Ingeklemd		13,2	3,7	-2,8	0,9
	Scharnier	20	0,0	25,9	-2,0	6,3
	Ingeklemd		26,7	7,6	-2,8	1,9
	Scharnier	30	0,0	40,3	-2,2	11,2
	Ingeklemd		41,5	12,3	-2,9	3,2

6 Uitvoering

6.1 Belendingen

6.1.1 Indien belending op staal gefundeerd

Het plaatsen van in de grond gevormde palen direct naast op staal gefundeerde belendingen kan resulteren in zettingen van de belendingen ten gevolge van ontspanningen in de ondergrond. Met name wanneer zich geen verdichte zandige lagen onder de belendende funderingselementen bevinden en/of de bouwput tot nabij het aanlegniveau van bestaande funderingen wordt ontgraven, kan hiervan sprake zijn.

Onderzoek naar de heersende grondslag onder op staal gefundeerde belendingen als ook achterhaling van aanlegniveaus van belendende funderingen wordt dan ook van groot belang geacht. Indien hieromtrent bijzonderheden naar voren mochten komen wordt geadviseerd contact op te nemen met Wiertsema & Partners teneinde de te hanteren werkwijze nader door te nemen.

Wanneer de palen goed uitgevoerd worden, oftewel zonder dat er tijdens het boren grond naar boven komt, is er weinig tot geen ontspanning van de omliggende grond zodat er geen aanleiding is voor de zetting van belendingen. De minimumafstand van de paal tot eventuele belendingen is in dat geval circa 1,0 m.

6.1.2 Indien belending op palen

Het plaatsen van nieuwe palen op korte afstand van bestaande palen, waarbij de nieuwe palen een dieper paalpuntniveau hebben is ongewenst.

Gezien het feit dat de nieuwbouw plaatselijk direct naast bestaande bebouwing wordt gerealiseerd, is het belangrijk om inzicht te hebben in de gehanteerde paalpuntniveaus van deze bestaande bebouwing. Kennis van deze paalpuntniveaus is van belang om te voorkomen dat in de directe nabijheid van een reeds aanwezige funderingspaal een paal wordt geplaatst met een paalpuntniveau dieper dan dat van de reeds aanwezige paal. Een dergelijke situatie zou namelijk resulteren in een afname van de draagkracht van de bestaande paal en is derhalve ongewenst.

Teneinde de kans op schade aan de belendingen tijdens het installeren van de palen te beperken, wordt geadviseerd om als hart op hart maat van nieuw in te brengen palen tot palen onder de belendingen tenminste de in tabel 6.1 weergegeven waarden aan te houden.

Tabel 6.1: Geadviseerde afstand nieuwe palen tot bestaande palen.

Bestaand paaltype	In te brengen paaltype naar hetzelfde paalpuntniveau of hoger dan de belending	In te brengen paaltype naar dieper paalpuntniveau dan de belending
	Grondverwijderende paal	Grondverwijderende paal
Houten palen	$4,5 \cdot Db + 1,5 \cdot Dn$	$6,0 \cdot Db + 1,5 \cdot Dn$
Overige palen	$4,5 \cdot Db + 1,5 \cdot Dn$	$6,0 \cdot Db + 1,5 \cdot Dn$

Toelichting bij tabel 6.1

Dieper gelegen zandlaag: indien q_c van de tussenlaag $< 2,0$ MPa.

Db = equivalente paalpunt diameter van de bestaande paal.

Dn = equivalente paalpunt diameter van de in te brengen paal.

Grondverwijderende palen zijn avegaarpalen, boorpalen en pulspalen. Indien de plaats van de palen onder de belending niet bekend is, moet worden gerekend vanaf buitenkant bouwmuur van de belending.

Tabellen zijn indicatief en gebaseerd op ervaringsgegevens van werken in Amsterdam.

De paalvervaardiging dient te beginnen met de palen direct naast de belending en vervolgens van de belending af ('van buiten naar binnen') te werken.

6.2 Uitvoering avegaarpalen

6.2.1 Installatie avegaarpalen

Bij het op diepte brengen van de avegaarpalen wordt geadviseerd een zo laag mogelijke schraapfactor te hanteren. Op deze wijze wordt de hoeveelheid af te voeren grond, alsmede de ontspanning in de ondergrond tot een minimum beperkt. De schraapfactor is het aantal omwentelingen van de avegaar dat nodig is om de avegaar over de lengte van $1 \times$ de spoed te doen zakken.

De palen kunnen onmiddellijk na elkaar worden vervaardigd, indien de onderlinge hart-op-hart afstand tenminste 4 maal de paaldiameter bedraagt, met een minimum van 2,0 m. Een kleinere hart-op-hart afstand is toegestaan, als de tijd tussen het maken van de eerste en de tweede paal zodanig lang is dat de specie in de eerst gemaakte paal voldoende is opgesteven. Voor genoemde tijd wordt minimaal 4 uur aangehouden. Indien er een vertragende hulpstof wordt toegepast, wordt de tijdsduur zo nodig verlengd.

In geval van verschillende puntniveaus moet van diep naar hoog worden gewerkt. Geadviseerd wordt de palen te maken vanaf een maaiveldniveau dat niet lager ligt dan de onderkant van de toekomstige funderingsbalk, zodat opstortingen niet nodig zijn.

6.2.2 Werkniveau

In het algemeen kan worden gesteld dat, teneinde ieder risico op welvorming te voorkomen, grondverwijderende paalsystemen gemaakt dienen te worden vanaf een zodanig werkniveau dat de stijghoogte van het grondwater in dieper gelegen watervoerende lagen niet reikt tot boven de grondwaterstand in bovenliggende lagen en/of het werkniveau. Dit geldt alleen over het traject van de toe te passen paallengte. Van een dergelijke situatie kan sprake zijn indien in de grond gevormde palen worden geplaatst vanuit bijvoorbeeld een ontgraven bouwput of in poldersituaties.

Uitgaande van de situatie waarbij de palen worden geïnstalleerd vanaf het huidige maaiveldniveau, wordt de kans op welvorming in dit geval niet aanwezig geacht.

Geadviseerd wordt dan ook, alvorens een dergelijk paaltype wordt aangebracht, de stijghoogten van de watervoerende lagen te verifiëren, opdat tijdig op eventueel nadelige gevolgen kan worden ingespeeld. Dit kan bijvoorbeeld middels het opvragen van stijghoogtegegevens van in de nabijheid van het werk aanwezige peilbuizen welke door TNO worden beheerd. Tevens is het plaatsen van één of meer peilfilters op het werk zelf een zeer nauwkeurige optie om informatie omtrent de heersende stijghoogtes te verkrijgen. Eventueel kan het achterhalen van deze gegevens ook door Wiertsema & Partners worden verzorgd.

6.2.3 Paalschachtcontrole

Na installatie van in de grond gevormde palen (zoals het type avegaarpaal) wordt geadviseerd de paalschachten op afwijkingen te laten controleren middels het uitvoeren van akoestische doormetingen. Dergelijke metingen kunnen desgewenst door Wiertsema & Partners worden uitgevoerd.

De bodemopbouw kenmerkt zich door de aanwezigheid van slappe(re) toplagen. Vanwege deze slappe(re) toplagen dient tijdens het aanbrengen van de palen extra zorg te worden besteed aan de uitvoering als wel aan het bepalen van de wapening. Dit om mogelijke paalbreuk te voorkomen. Bovenbelasting, bijvoorbeeld als gevolg van het verplaatsen van de schroefstelling en overig materieel zoals rondrijdende kranen en/of dumpers, kan door de slappe bodemopbouw leiden tot een ontoelaatbare horizontale belasting op de (verse) palen, met paalbreuk als gevolg. De optredende bovenbelastingen moeten voldoende gespreid worden. Daarbij is onder andere een goede werkvolgorde nodig, waarbij van de verse palen af wordt gewerkt.

Verder wordt opgemerkt op dat de toepassing van een grondverwijderend paalsysteem, zoals het type avegaarpaal, in de aangetroffen bodemopbouw kan resulteren in afwijkingen van de paalschacht. De palen kunnen mogelijk enigszins 'uitdijen' in de slappe klei- en veenlagen. Dit uitdijen zal resulteren in een toename van het betonverbruik en een discontinuïteit in de paalschacht. Echter, het uitdijen van de paal heeft geen nadelige gevolgen voor de functionaliteit van de paal.

Bijlage 1

OVERZICHT NETTO DRAAGVERMOGEN (DRUK) AVEGAARPALEN

Netto paal draagvermogen(s) zijn naar beneden toe afgerond op: 1.0 kN nauwkeurig
 Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: NAP

sondering	maaiveld paalpunt		$R_{c, netto; d}$	[kN]		
	niveau	niveau		ø300	ø350	ø400
DKM001	15.24	7.75	177*	245	329	
		7.50	296	407	538	
		7.25	449	614	794	
		7.00	471	622	797	
		6.75 **	462	613	776	
		6.50 **	452	597	762	
DKM002	15.41	8.00	272	364	472	
		7.75	378	509	663	
		7.50	448	592	755	
		7.25	460	605	770	
		7.00	470	616	782	
		6.75	475	623	772	
DKM003	15.35	6.50 **	501	620	760	
		7.00	404	547	714	
		6.75	491	653	840	
DKM004	15.46	6.50	557	717	871	
		8.00	234	311	401	
		7.75	264	358	470	
		7.50	377	507	657	
		7.25	445	596	766	
		7.00	474	630	807	
DKM005	15.33	6.75	487	646	827	
		6.50 **	500	661	800	
		7.75	369	502	649	
		7.50	370	498	645	
		7.25	374	503	652	
		7.00	415	556	716	
DKM006-A	15.32	6.75	431	574	737	
		6.50	443	592	763	
		8.00	300	383	481	
		7.75 **	291	377	475	
		7.50 **	287	375	476	
		7.25 **	289	379	466	
DKM007	15.32	7.00 **	293	375	470	
		6.75 **	299	385	462	
		8.00	300	383	481	

DKM007 sondering niet uitvoerbaar gebleken in verband met obstakels in de ondergrond. Er is meerdere keren gepoogd, zonder succes, nabij de oorspronkelijke locatie een plek te vinden zonder obstakels. In verband met kabels/leidingen is uitwijken op dat moment niet mogelijk gebleken.

* Een detailberekening is weergegeven in bijlage 3.

** Let op, kans op teruglopende draagvermogens!

Bijlage 2

OVERZICHT NETTO DRAAGVERMOGEN (TREK) AVEGAARPAAL

Netto paal draagvermogen(s) zijn naar beneden toe afgerond op: 1.0 kN nauwkeurig

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: NAP

sondering	maaiveld paalpunt		$R_{t, netto; d}$	[kN]		
	niveau	niveau		ø300	ø350	ø400
DKM001	15.24	7.75	22	27	33	
		7.50	27	33	39	
		7.25	33	40	47	
		7.00	39	47	55	
		6.75	45	54	63	
		6.50	51	61	71	
DKM002	15.41	8.00	48	57	66	
		7.75	53	64	74	
		7.50	59	70	82	
		7.25	65	77	90	
		7.00	71	84	98	
		6.75	77	91	106	
DKM003	15.35	6.50	83	98	114	
		7.00	48	57	67	
		6.75	54	64	75	
DKM004	15.46	6.50	59	71	83	
		8.00	27	33	39	
		7.75	33	40	47	
		7.50	39	47	55	
		7.25	45	54	63	
		7.00	51	61	71	
DKM005	15.33	6.75	57	67	79	
		6.50	62	74	87	
		7.75	23	28	34	
		7.50	29	35	42	
		7.25	35	42	50	
		7.00	41	49	58	
DKM006-A	15.32	6.75	47	56	65	
		6.50	53	63	73	
		8.00	35	42	50	
		7.75	41	49	58	
		7.50	47	56	66	
		7.25	53	63	74	
		7.00	59	70	81	
		6.75	65	77	89	

Bijlage 3



DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN ø300 (2); DKM001; N.A.P.7.75**Uitgangspunten**

- gehanteerde sondering : DKM001
- gehanteerde paal : ø300
- paalpuntniveau : N.A.P.7.75 m
- traject positieve kleef : N.A.P. 9.60 m
- tot: N.A.P. 7.75 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

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

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

$$= 3.835 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$q_{c;I;gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 11.74 MPa
$q_{c;II;gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 11.74 MPa
$q_{c;III;gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 1.96 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.56 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 32.5 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

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

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

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

$$= 271 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 A_b = oppervlak van de paalvoet = 0.0707 m²

Maximale paalschachtwrijving

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

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

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

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

$$= 64 \text{ kN}$$

Per laag

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

Nr	Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c,z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	9.60	--	--	--	--	--	--	--
1	Zand - Schoon - Matig	7.75	0.94	0.0060	100	6.09	0.037	1.85	63.7
totaal			0.94	0.0060		6.09	0.037	1.85	63.7

Maximale draagkracht

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

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

$$= 335 \text{ kN } (= 271 + 64)$$

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

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

$$= 241 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$\xi_3 \quad (n=1) = \text{factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering} = 1.39 -$$

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

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

$$= 201 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

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

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

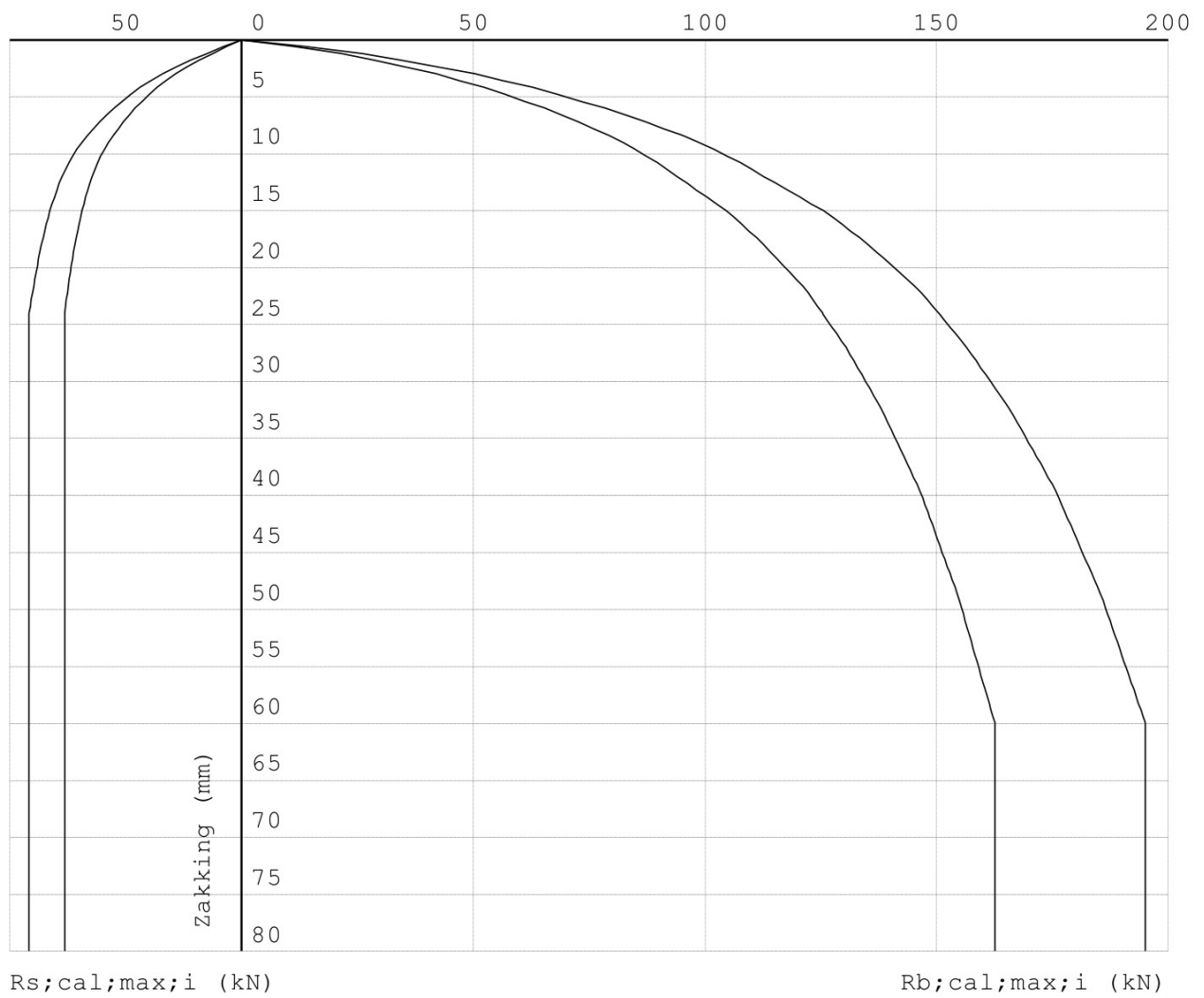
LAST_ZAKKINGSDIAGRAM ø300 (2)**Uitgangspunten**

- gehanteerde sondering : DKM001
- gehanteerde paal : ø300
- paalpuntniveau : N.A.P. 7.75 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.39

Last-zakkinggedrag paal

paalzakking (mm)					draagvermogen 1B (kN)					paalzakking (mm)					draagvermogen 2 (kN)				
voet	kop	punt	wrijving	totaal	voet	kop	punt	wrijving	totaal	voet	kop	punt	wrijving	totaal	voet	kop	punt	wrijving	totaal
0.0	0.0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0
0.6	0.7	11	3	14	0.6	0.7	14	4	17	0.6	0.7	14	4	17	0.6	0.7	14	4	17
1.2	1.3	22	6	28	1.2	1.4	26	7	34	1.2	1.4	26	7	34	1.2	1.4	26	7	34
1.8	2.0	29	9	38	1.8	2.0	34	11	45	1.8	2.0	34	11	45	1.8	2.0	34	11	45
2.4	2.6	35	12	47	2.4	2.7	43	14	57	2.4	2.7	43	14	57	2.4	2.7	43	14	57
3.0	3.3	42	14	56	3.0	3.3	50	17	67	3.0	3.3	50	17	67	3.0	3.3	50	17	67
3.6	3.9	47	16	63	3.6	4.0	57	20	76	3.6	4.0	57	20	76	3.6	4.0	57	20	76
4.2	4.5	52	18	71	4.2	4.6	63	22	85	4.2	4.6	63	22	85	4.2	4.6	63	22	85
4.8	5.2	57	20	77	4.8	5.2	68	24	92	4.8	5.2	68	24	92	4.8	5.2	68	24	92
5.4	5.8	61	22	83	5.4	5.9	73	26	99	5.4	5.9	73	26	99	5.4	5.9	73	26	99
6.0	6.4	65	23	88	6.0	6.5	78	28	106	6.0	6.5	78	28	106	6.0	6.5	78	28	106
6.6	7.0	69	24	94	6.6	7.1	83	29	112	6.6	7.1	83	29	112	6.6	7.1	83	29	112
7.2	7.7	73	26	98	7.2	7.7	87	31	118	7.2	7.7	87	31	118	7.2	7.7	87	31	118
7.8	8.3	76	27	103	7.8	8.4	91	32	123	7.8	8.4	91	32	123	7.8	8.4	91	32	123
8.4	8.9	79	28	107	8.4	9.0	95	33	128	8.4	9.0	95	33	128	8.4	9.0	95	33	128
9.0	9.5	82	29	111	9.0	9.6	99	34	133	9.0	9.6	99	34	133	9.0	9.6	99	34	133
9.6	10.1	85	30	114	9.6	10.2	102	35	137	9.6	10.2	102	35	137	9.6	10.2	102	35	137
12.0	12.6	94	32	126	12.0	12.7	113	39	152	12.0	12.7	113	39	152	12.0	12.7	113	39	152
15.0	15.6	105	34	139	15.0	15.8	126	41	167	15.0	15.8	126	41	167	15.0	15.8	126	41	167
18.0	18.7	113	36	149	18.0	18.8	135	43	178	18.0	18.8	135	43	178	18.0	18.8	135	43	178
21.0	21.7	120	37	157	21.0	21.9	144	45	188	21.0	21.9	144	45	188	21.0	21.9	144	45	188
24.0	24.8	125	38	164	24.0	24.9	150	46	196	24.0	24.9	150	46	196	24.0	24.9	150	46	196
24.1	24.8	125	38	164	24.1	25.0	151	46	196	24.1	25.0	151	46	196	24.1	25.0	151	46	196
27.0	27.8	130	38	169	27.0	27.9	156	46	202	27.0	27.9	156	46	202	27.0	27.9	156	46	202
30.0	30.8	135	38	173	30.0	31.0	162	46	207	30.0	31.0	162	46	207	30.0	31.0	162	46	207
33.0	33.8	139	38	177	33.0	34.0	167	46	212	33.0	34.0	167	46	212	33.0	34.0	167	46	212
36.0	36.8	142	38	180	36.0	37.0	171	46	217	36.0	37.0	171	46	217	36.0	37.0	171	46	217
39.0	39.9	146	38	184	39.0	40.0	175	46	221	39.0	40.0	175	46	221	39.0	40.0	175	46	221
42.0	42.9	149	38	187	42.0	43.0	178	46	224	42.0	43.0	178	46	224	42.0	43.0	178	46	224
45.0	45.9	151	38	189	45.0	46.1	181	46	227	45.0	46.1	181	46	227	45.0	46.1	181	46	227
48.0	48.9	154	38	192	48.0	49.1	185	46	231	48.0	49.1	185	46	231	48.0	49.1	185	46	231
51.0	51.9	156	38	194	51.0	52.1	187	46	233	51.0	52.1	187	46	233	51.0	52.1	187	46	233
54.0	54.9	158	38	196	54.0	55.1	190	46	236	54.0	55.1	190	46	236	54.0	55.1	190	46	236
57.0	57.9	160	38	199	57.0	58.1	193	46	238	57.0	58.1	193	46	238	57.0	58.1	193	46	238
59.9	60.9	163	38	201	59.9	61.1	195	46	241	59.9	61.1	195	46	241	59.9	61.1	195	46	241
300.0	300.9	163	38	201	300.0	301.1	195	46	241	300.0	301.1	195	46	241	300.0	301.1	195	46	241

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



Bijlage 4

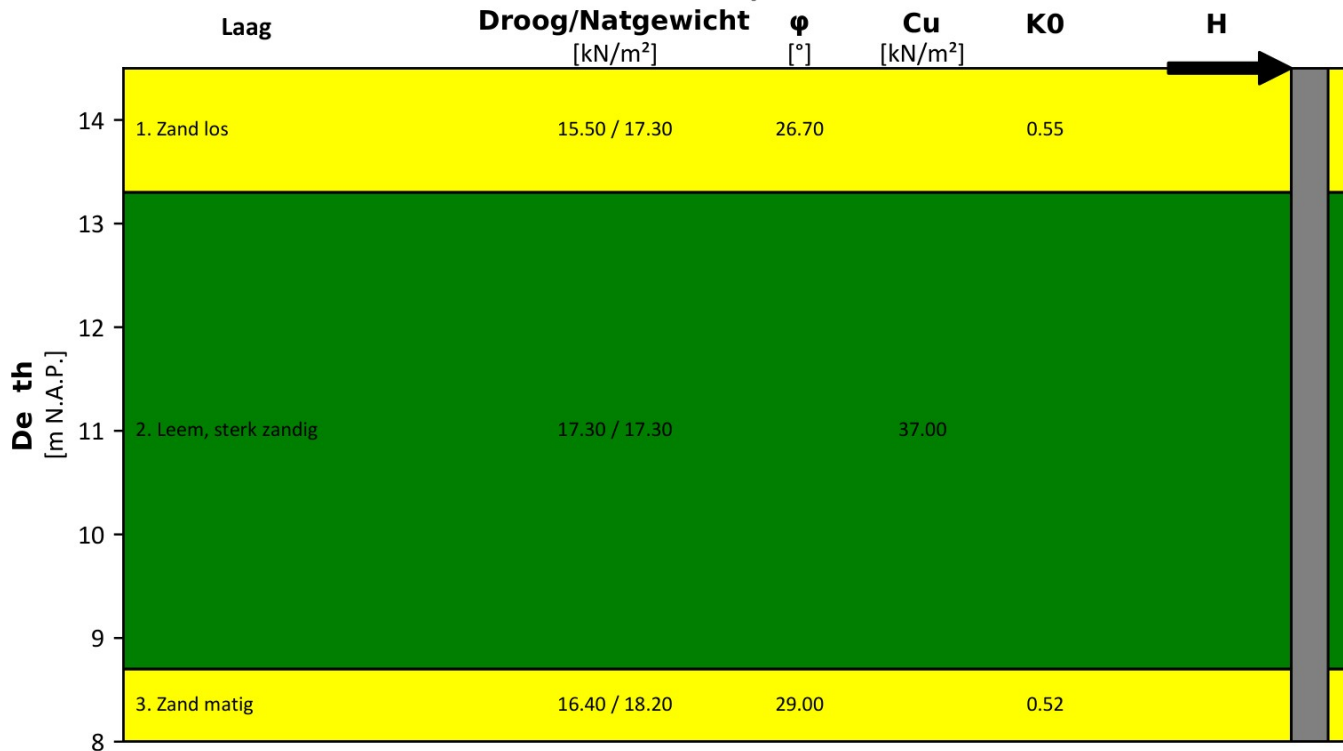
Project: Nieuwbouw ONF Vergister en transportband
Projectnummer: 87800
Plaats: Wijster
Datum: 28-2-2025
Tijd: 08:51:50
 Created by D-Pile Group version 20.2

Horizontale paalberekening

Type funderingspaal

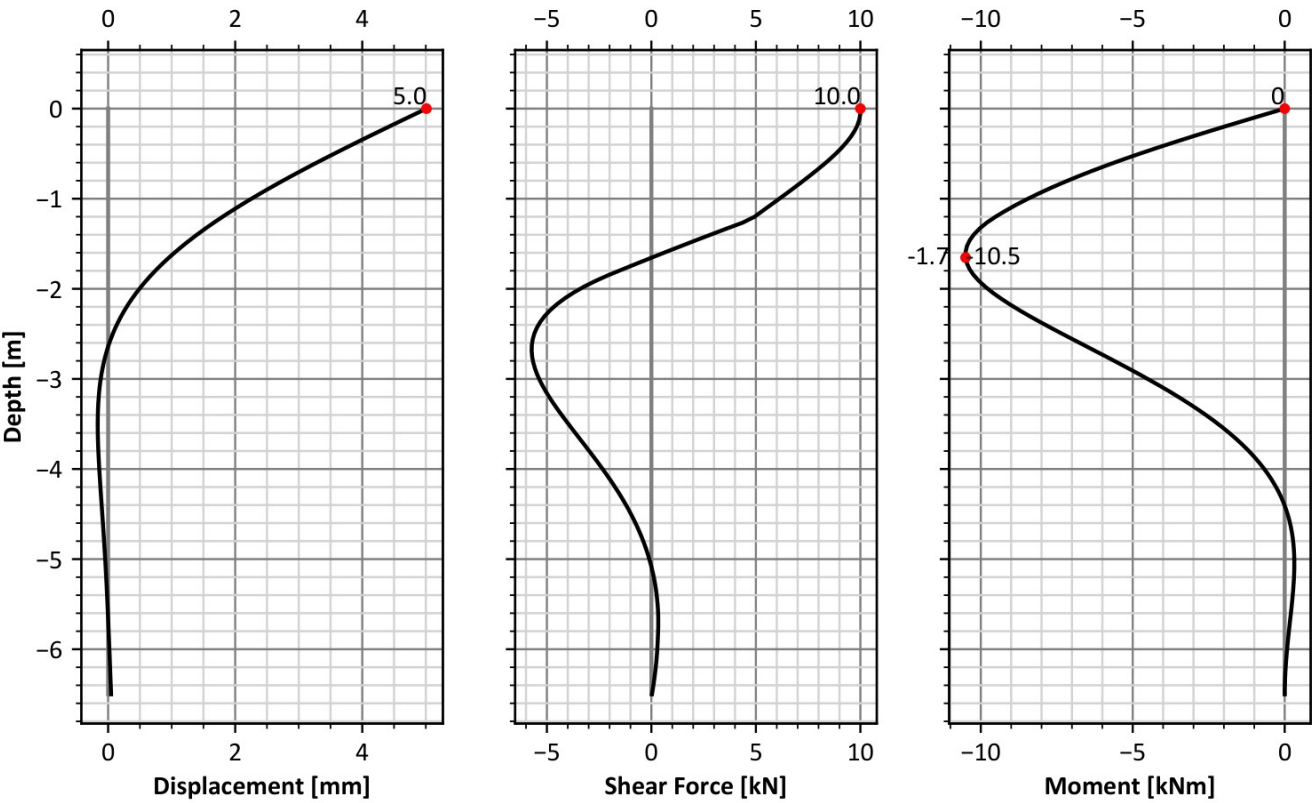
Paal naam: ø300
Paal type: Round
Segmenten: 1
Paal diameter: [m] 0.300
Paal lengte: [m] 6.50
E-Modulus: [GPa] 20.0
EI: [kN/m²] 7952
EA: [kN] 141e+4

Bodemopbouw

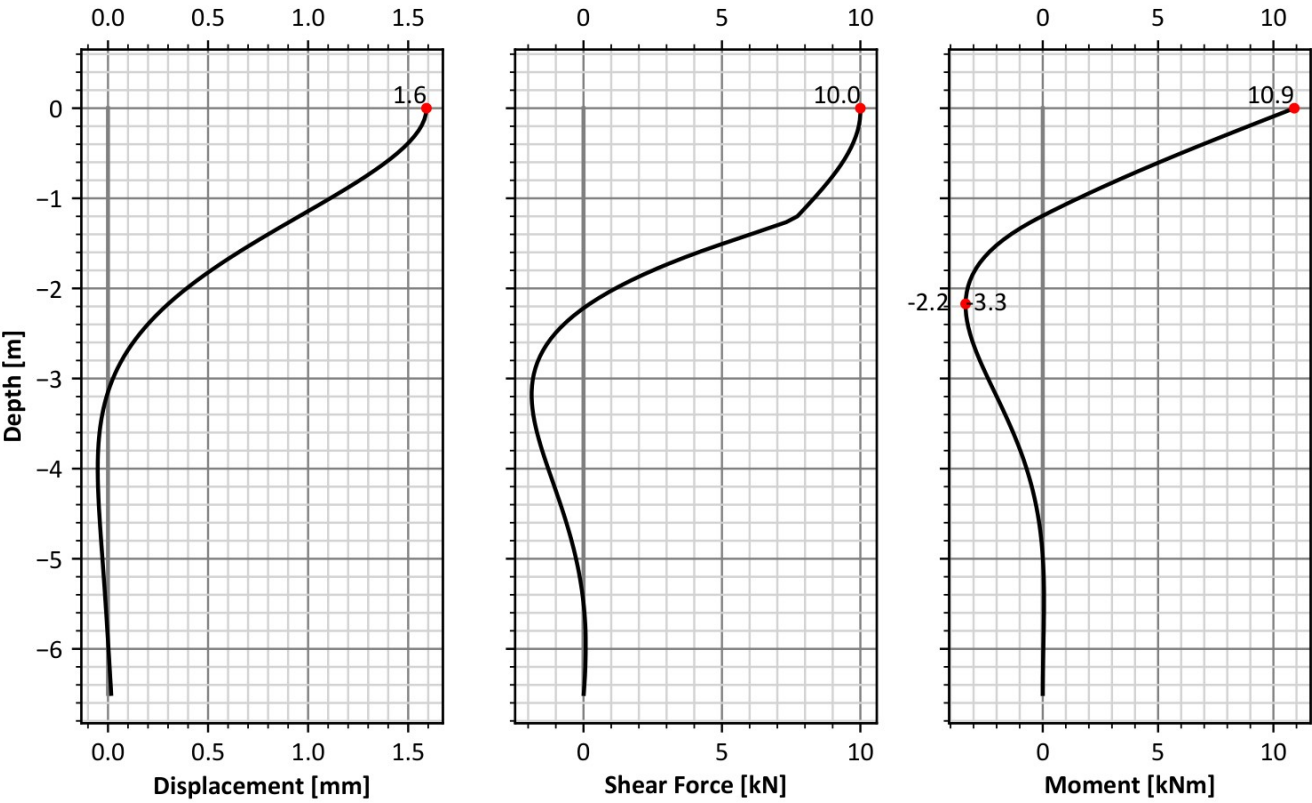


Project: Nieuwbouw ONF Vergister en transportband
Projectnummer: 87800
Plaats: Wijster
Datum: 28-2-2025
Tijd: 08:51:50
Created by D-Pile Group version 20.2

ø300 H= 10.0 kN (Scharnierend)

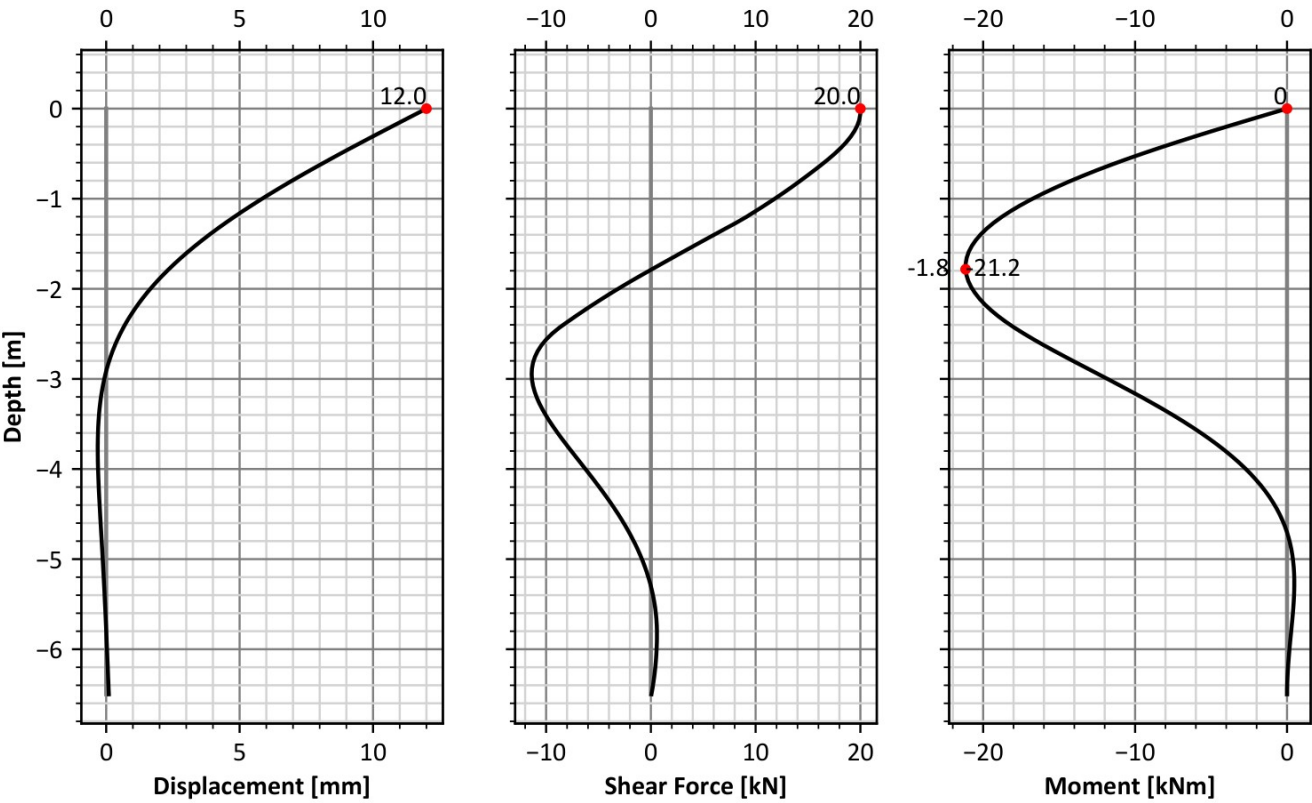


ø300 H= 10.0 kN (Ingeklemd)

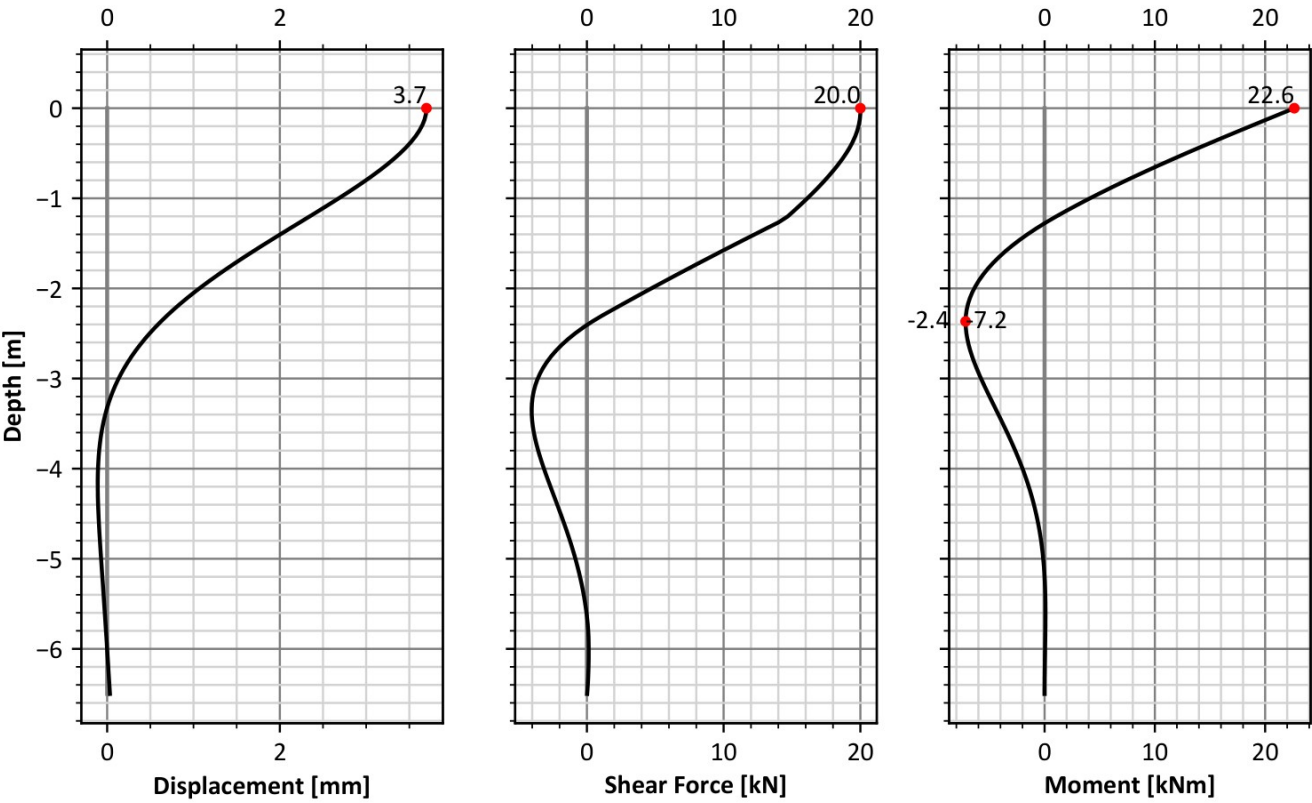


Project: Nieuwbouw ONF Vergister en transportband
Projectnummer: 87800
Plaats: Wijster
Datum: 28-2-2025
Tijd: 08:51:50
Created by D-Pile Group version 20.2

ø300 H= 20.0 kN (Scharnierend)

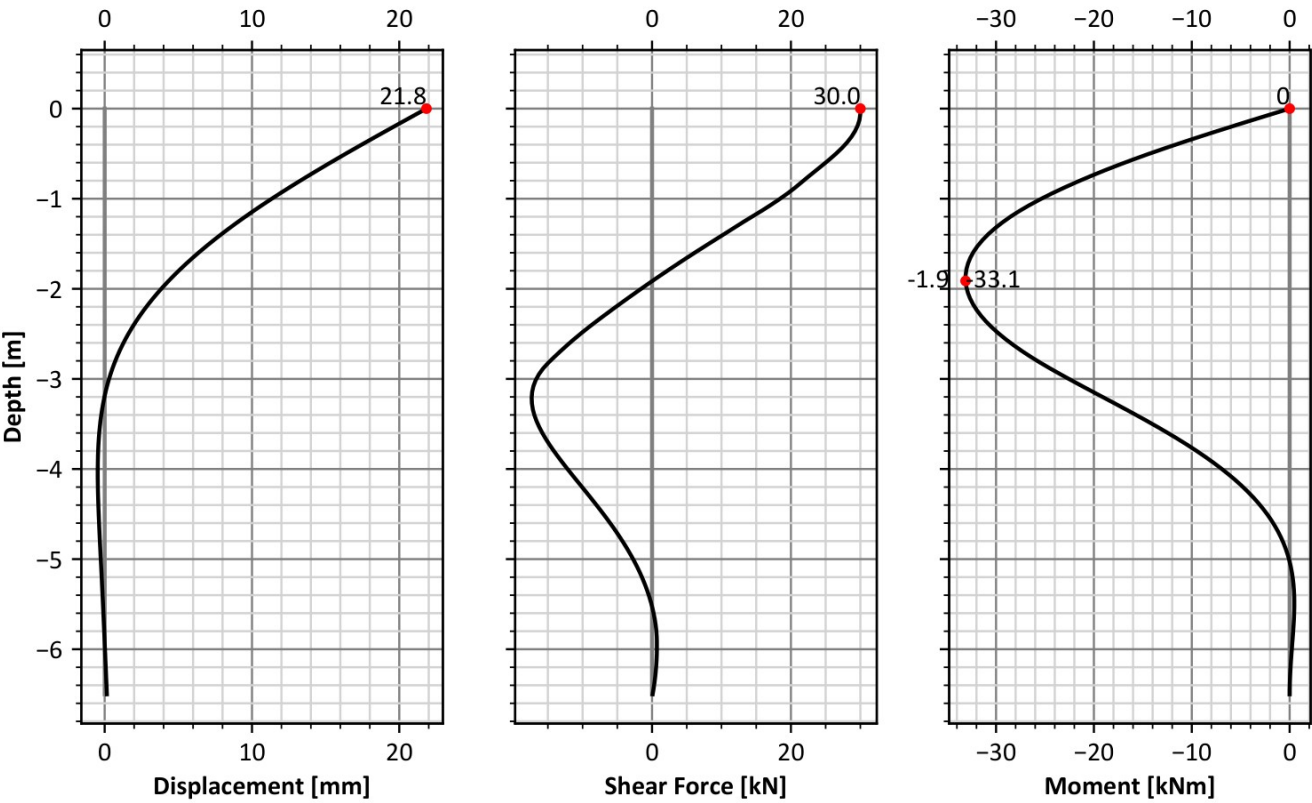


ø300 H= 20.0 kN (Ingeklemd)

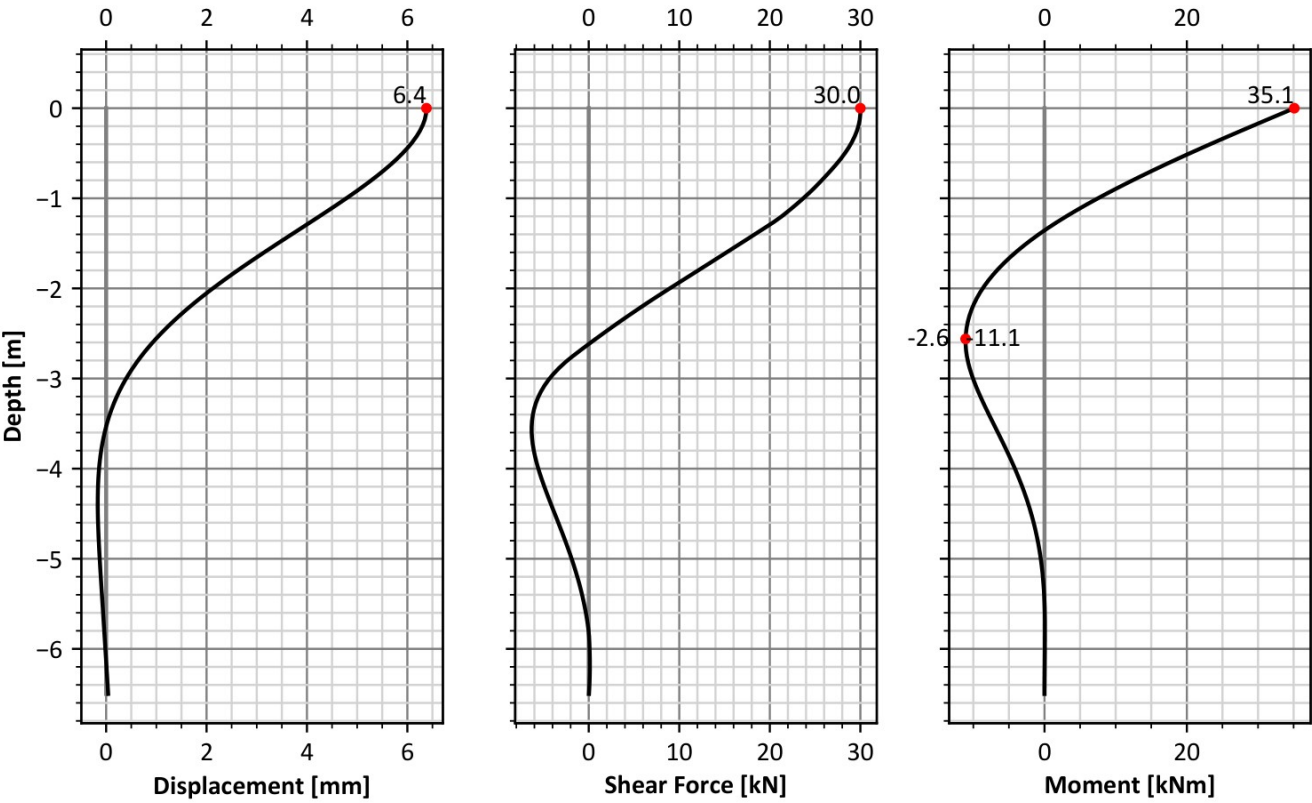


Project: Nieuwbouw ONF Vergister en transportband
Projectnummer: 87800
Plaats: Wijster
Datum: 28-2-2025
Tijd: 08:51:50
Created by D-Pile Group version 20.2

ø300 H= 30.0 kN (Scharnierend)



ø300 H= 30.0 kN (Ingeklemd)



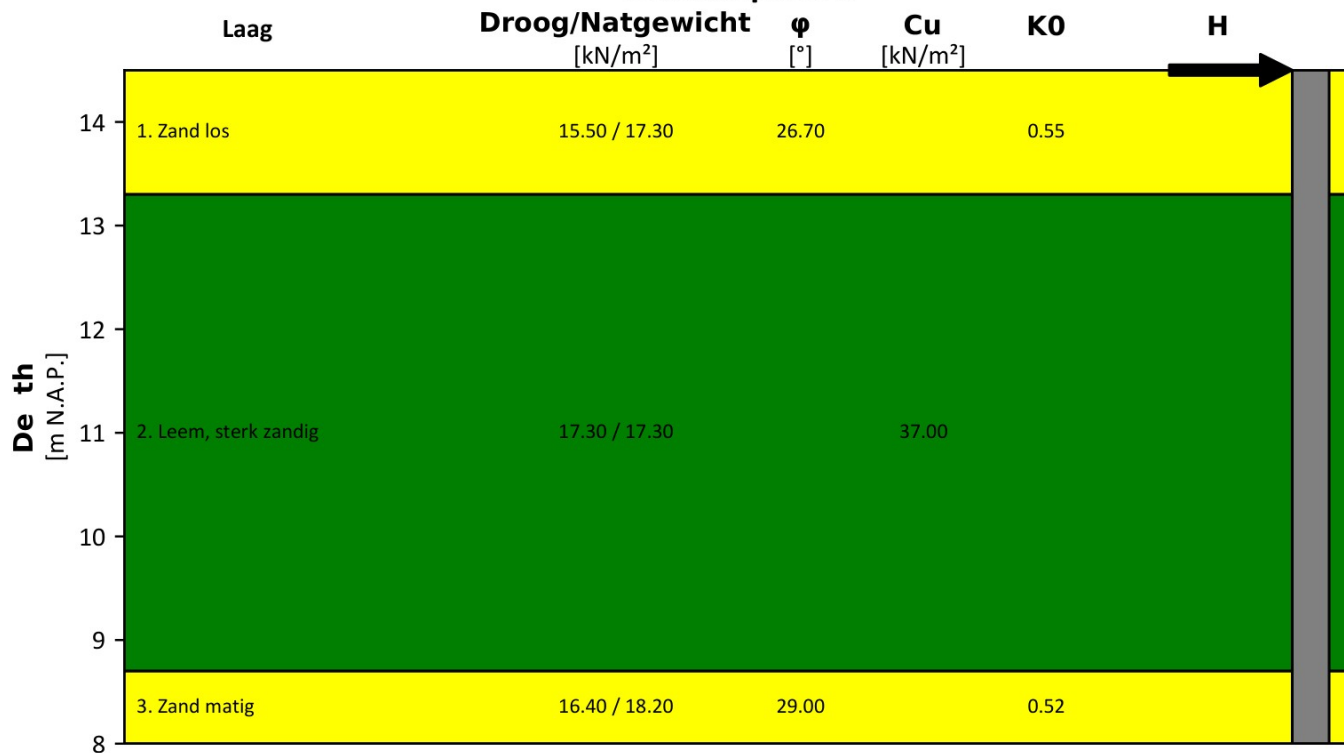
Project: Nieuwbouw ONF Vergister en transportband
Projectnummer: 87800
Plaats: Wijster
Datum: 28-2-2025
Tijd: 08:52:26
 Created by D-Pile Group version 20.2

Horizontale paalberekening

Type funderingspaal

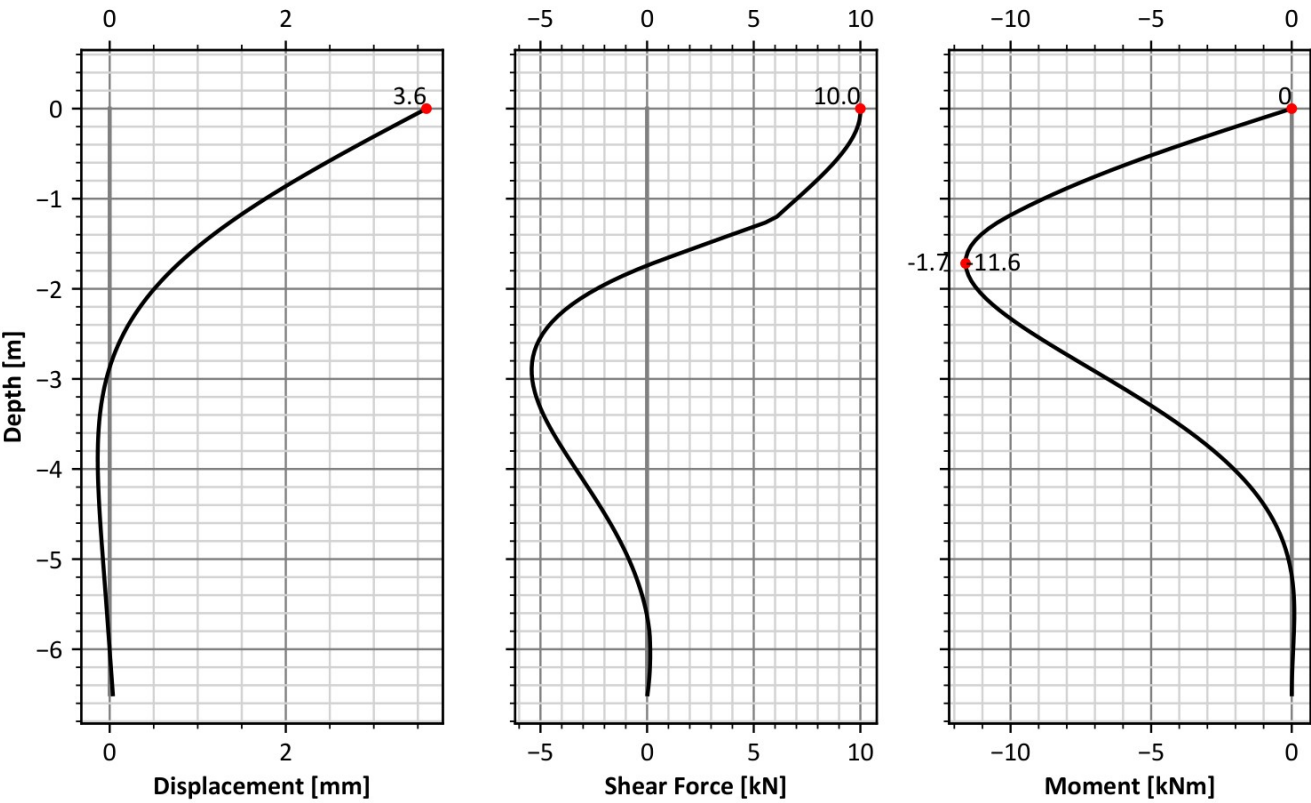
Paal naam: ø350
Paal type: Round
Segmenten: 1
Paal diameter: [m] 0.350
Paal lengte: [m] 6.50
E-Modulus: [GPa] 20.0
EI: [kN/m²] 14732
EA: [kN] 192e+4

Bodemopbouw

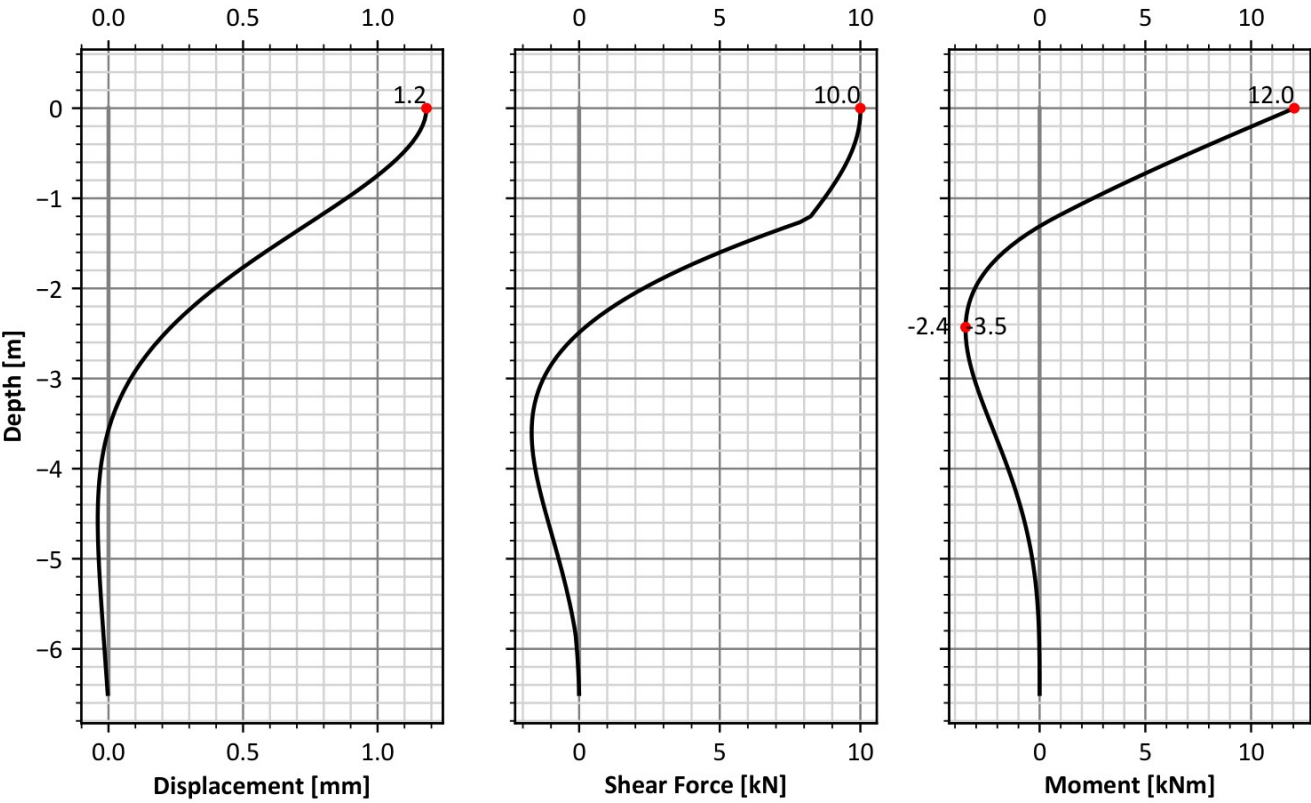


Project: Nieuwbouw ONF Vergister en transportband
Projectnummer: 87800
Plaats: Wijster
Datum: 28-2-2025
Tijd: 08:52:26
Created by D-Pile Group version 20.2

ø350 H= 10.0 kN (Scharnierend)

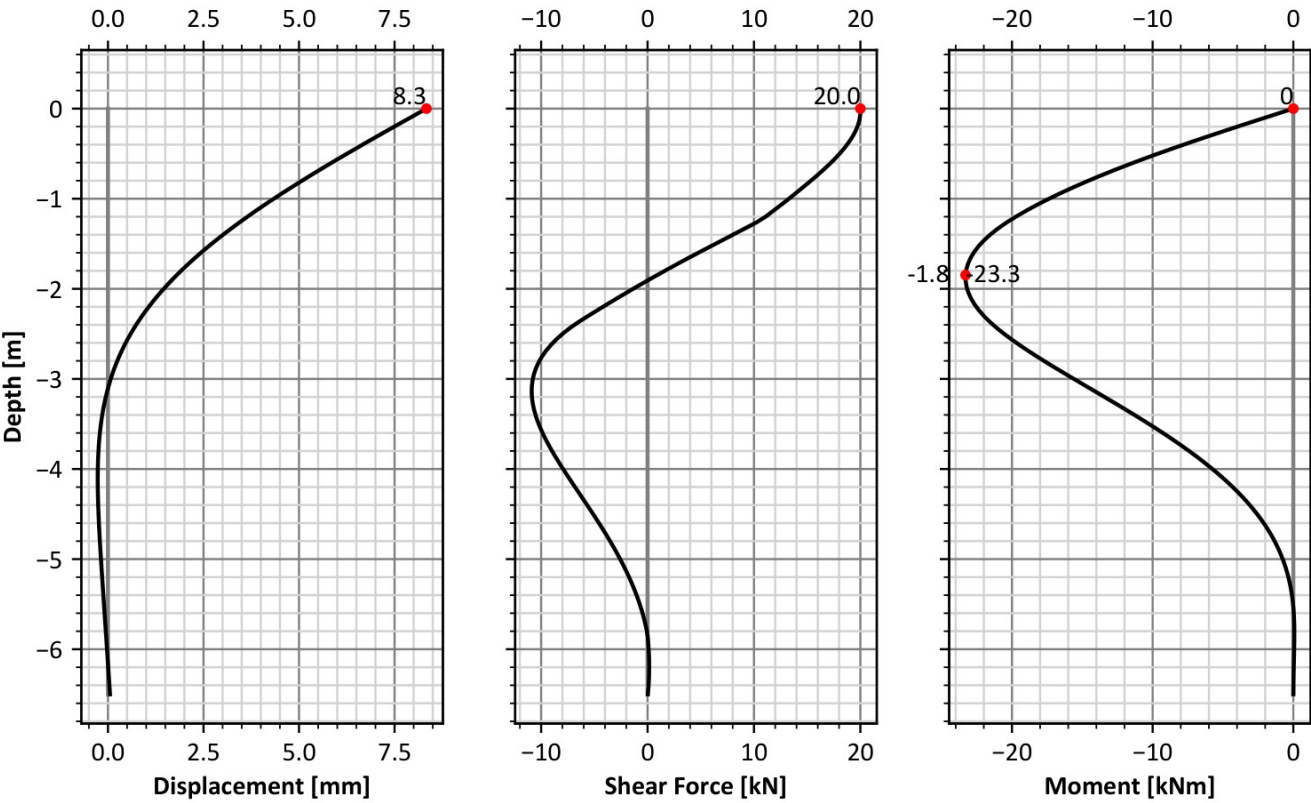


ø350 H= 10.0 kN (Ingeklemd)

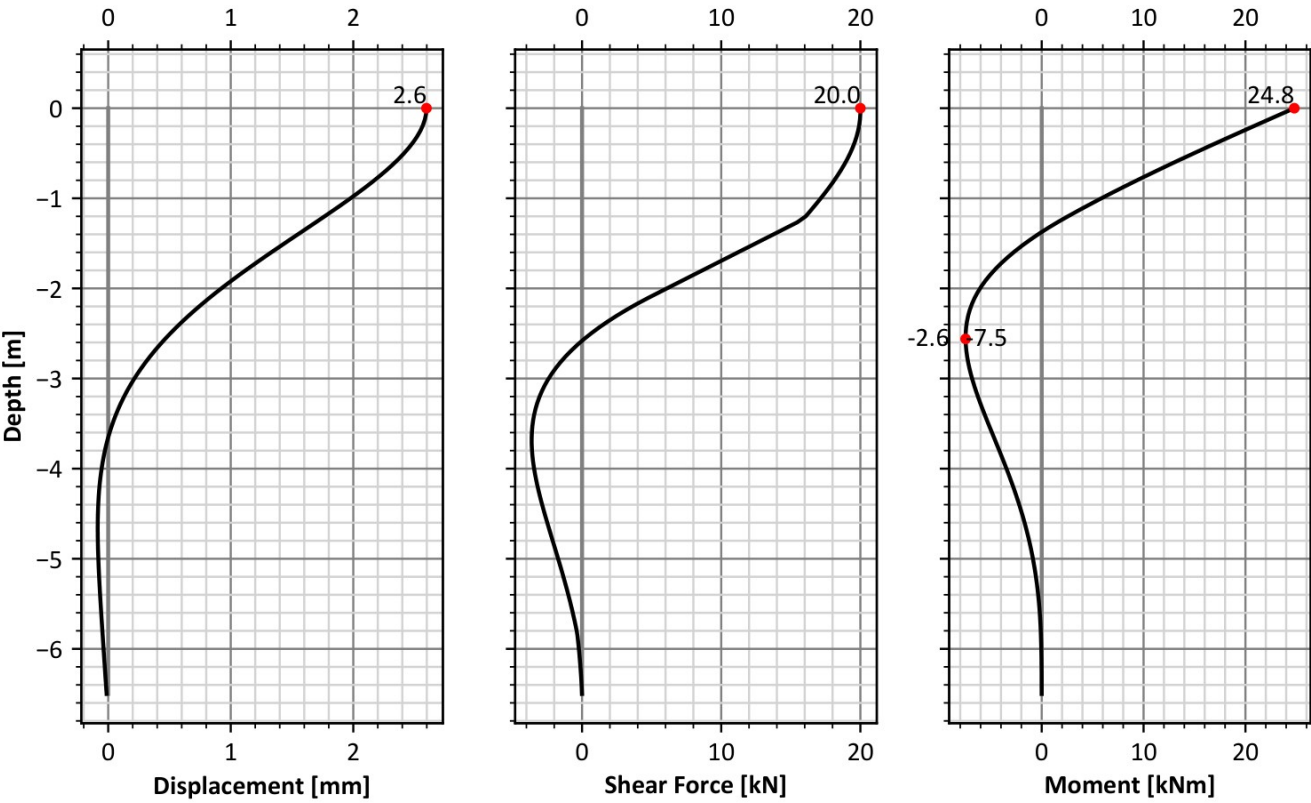


Project: Nieuwbouw ONF Vergister en transportband
Projectnummer: 87800
Plaats: Wijster
Datum: 28-2-2025
Tijd: 08:52:26
Created by D-Pile Group version 20.2

ø350 H= 20.0 kN (Scharnierend)

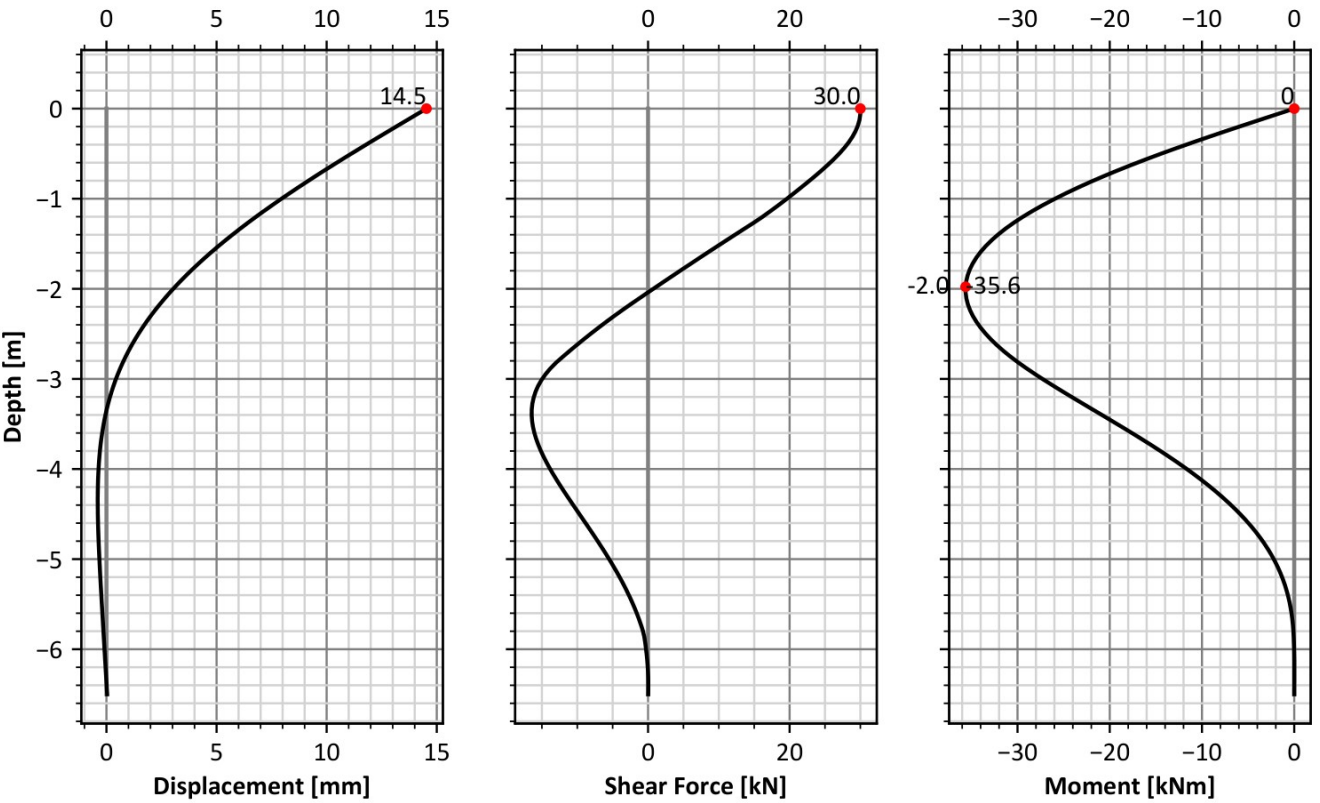


ø350 H= 20.0 kN (Ingeklemd)

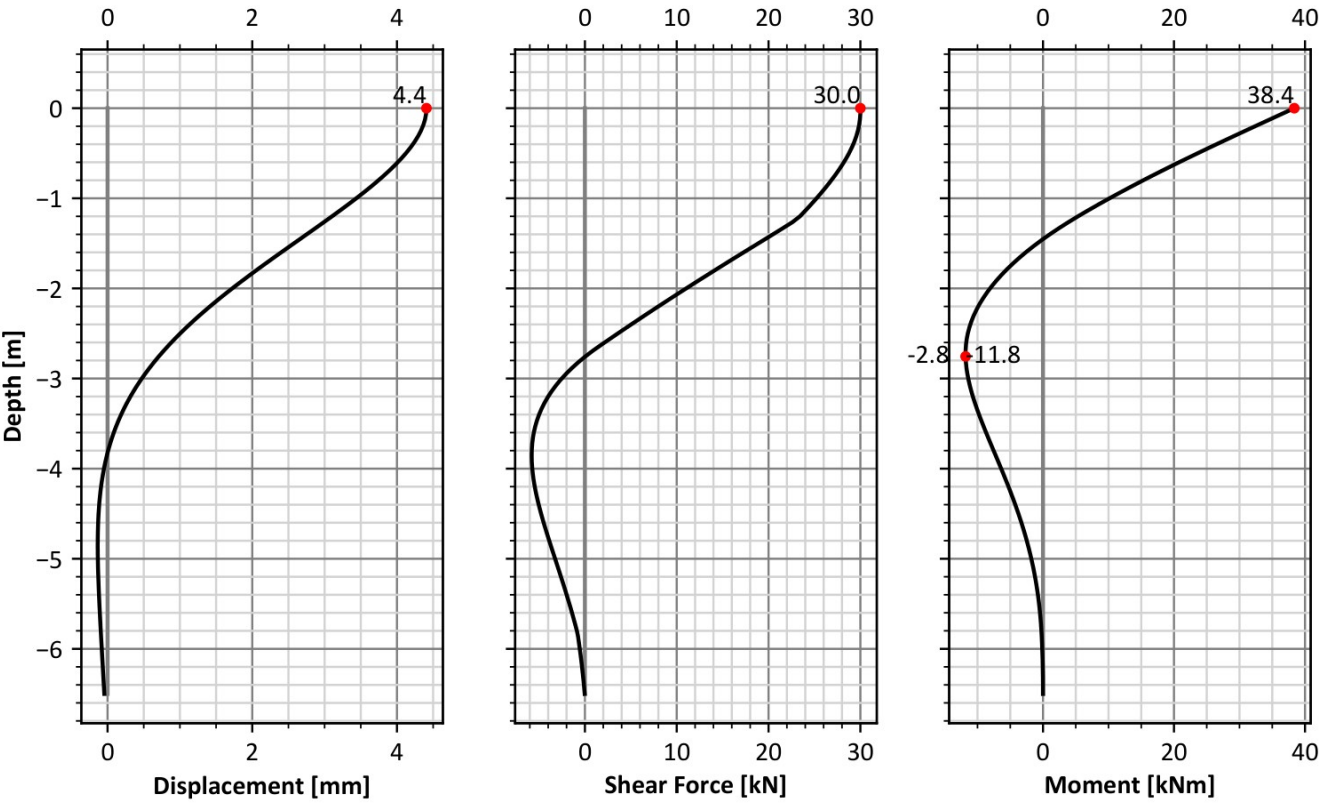


Project: Nieuwbouw ONF Vergister en transportband
Projectnummer: 87800
Plaats: Wijster
Datum: 28-2-2025
Tijd: 08:52:26
Created by D-Pile Group version 20.2

ø350 H= 30.0 kN (Scharnierend)



ø350 H= 30.0 kN (Ingeklemd)



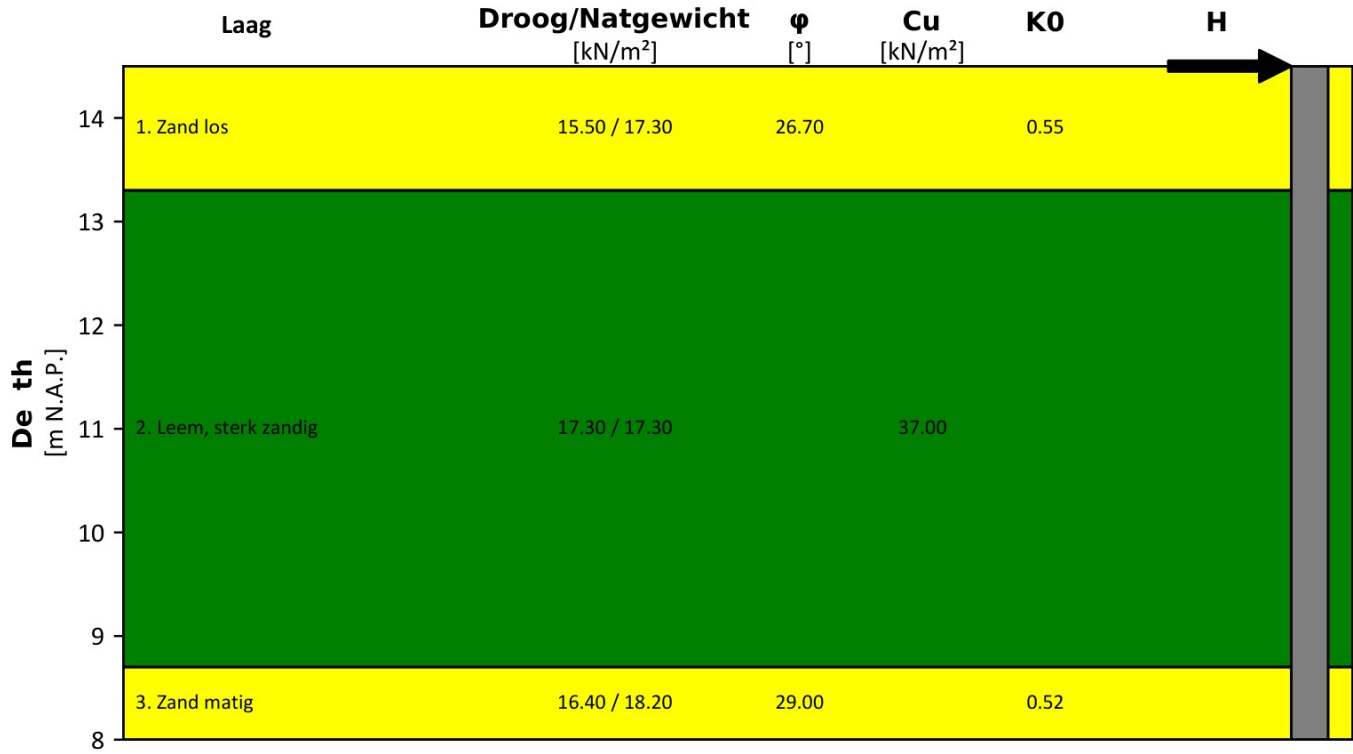
Project: Nieuwbouw ONF Vergister en transportband
Projectnummer: 87800
Plaats: Wijster
Datum: 28-2-2025
Tijd: 08:52:55
Created by D-Pile Group version 20.2

Horizontale paalberekening

Type funderingspaal

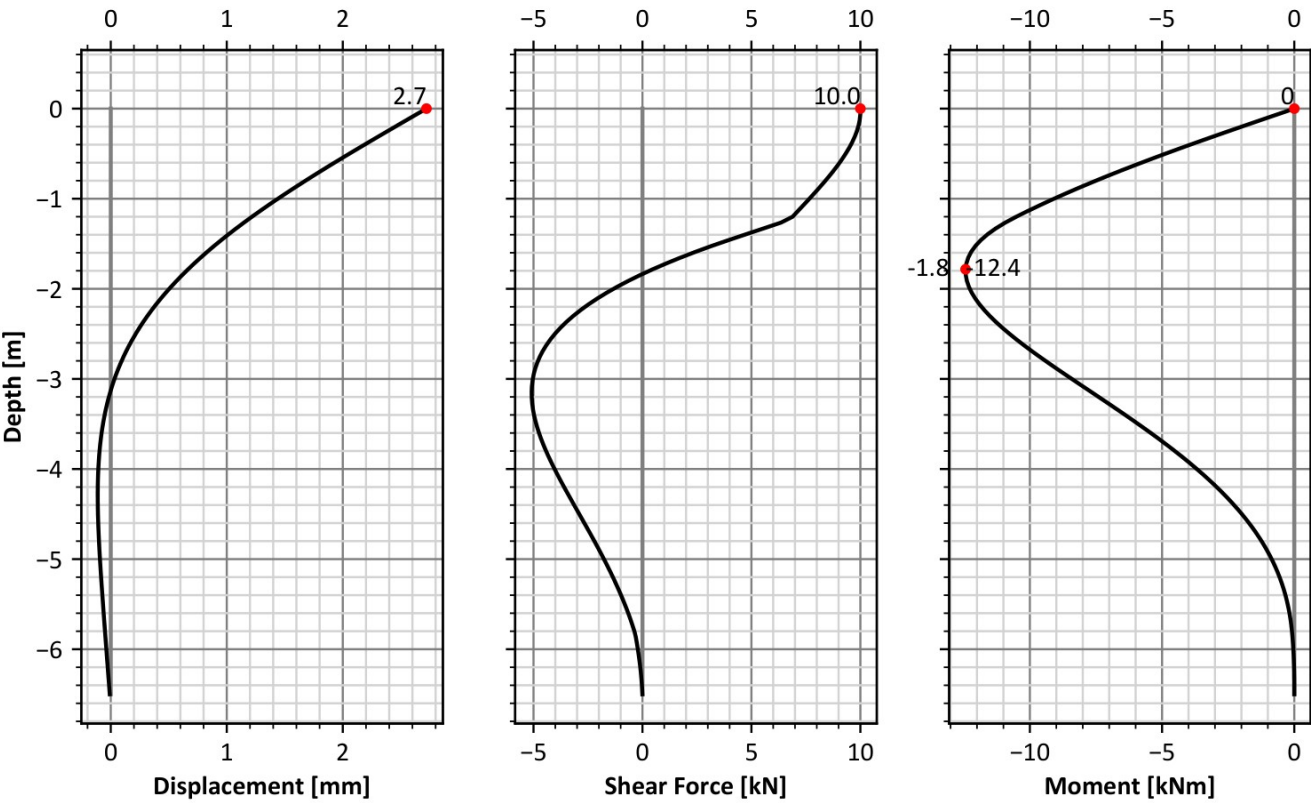
Paal naam: $\varnothing 400$
Paal type: Round
Segmenten: 1
Paal diameter: [m] 0.400
Paal lengte: [m] 6.50
E-Modulus: [GPa] 20.0
EI: [kN/m²] 25132
EA: [kN] 251e+4

Bodemopbouw

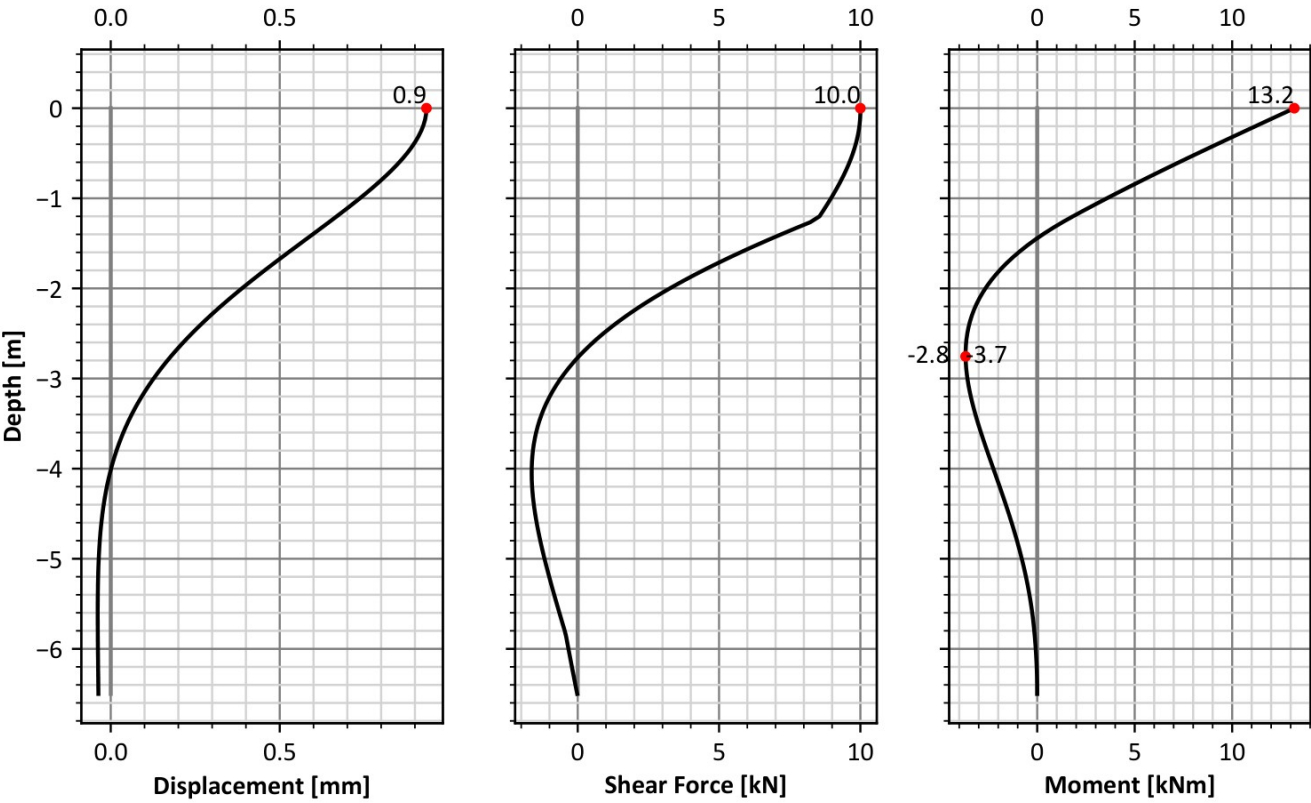


Project: Nieuwbouw ONF Vergister en transportband
Projectnummer: 87800
Plaats: Wijster
Datum: 28-2-2025
Tijd: 08:52:55
Created by D-Pile Group version 20.2

ø400 H= 10.0 kN (Scharnierend)

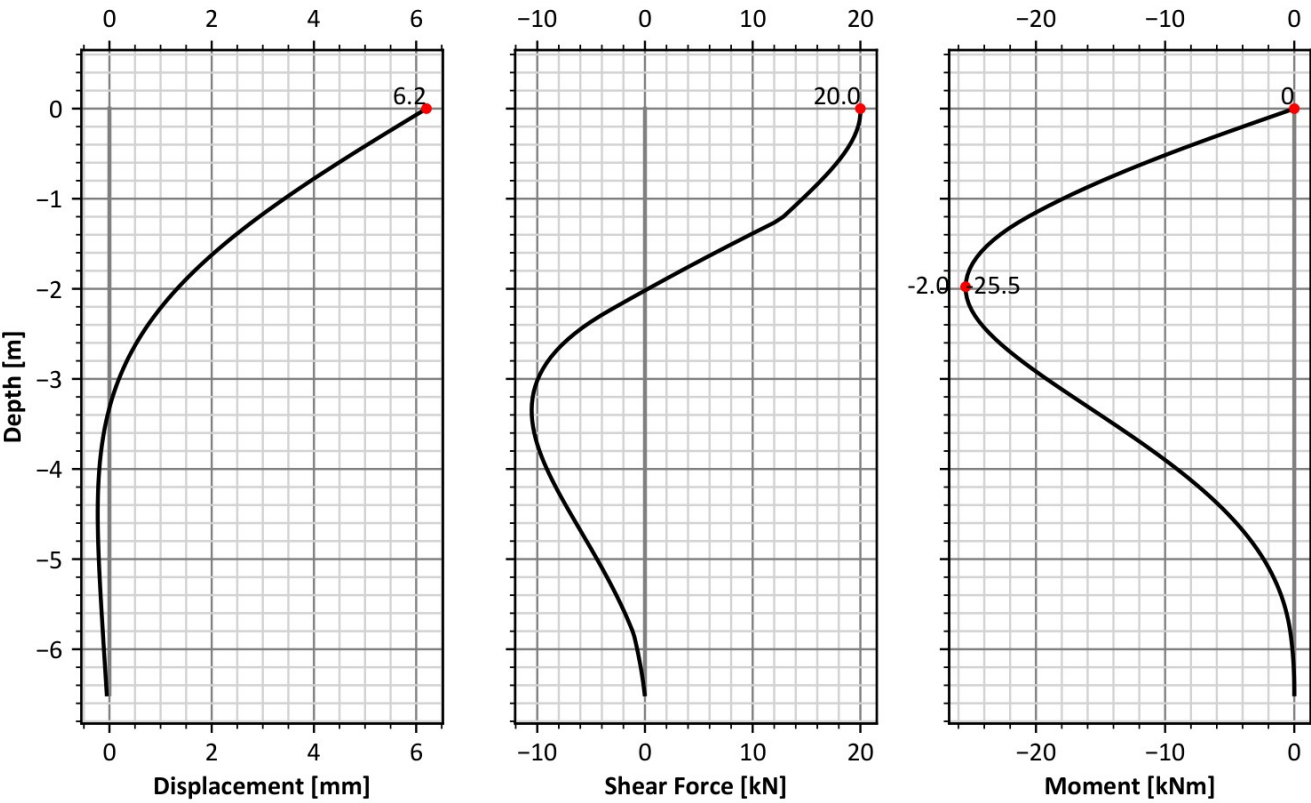


ø400 H= 10.0 kN (Ingeklemd)

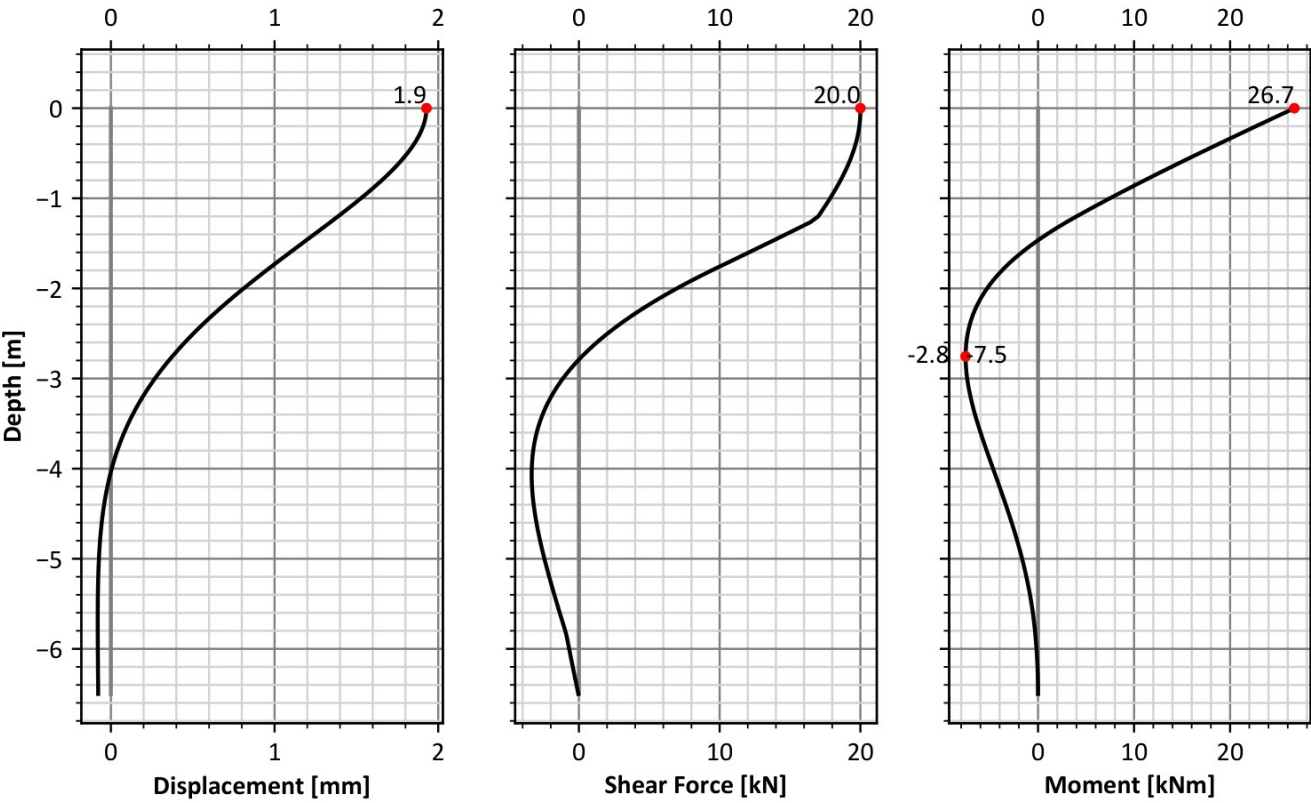


Project: Nieuwbouw ONF Vergister en transportband
Projectnummer: 87800
Plaats: Wijster
Datum: 28-2-2025
Tijd: 08:52:55
Created by D-Pile Group version 20.2

ø400 H= 20.0 kN (Scharnierend)

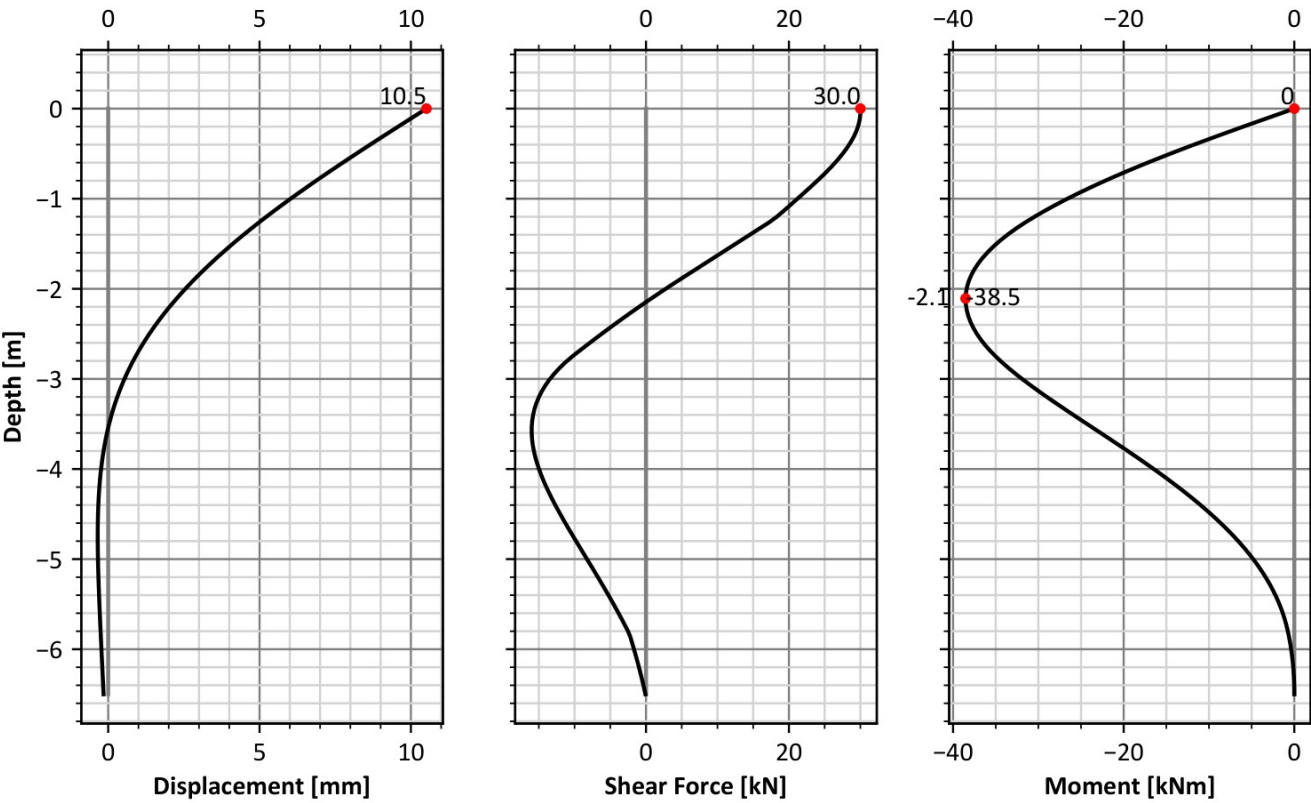


ø400 H= 20.0 kN (Ingeklemd)



Project: Nieuwbouw ONF Vergister en transportband
Projectnummer: 87800
Plaats: Wijster
Datum: 28-2-2025
Tijd: 08:52:55
Created by D-Pile Group version 20.2

ø400 H= 30.0 kN (Scharnierend)



ø400 H= 30.0 kN (Ingeklemd)

