



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

Funderingsadvies

Uitbreiding Maxima Centrale aan de IJsselmeerdijk 101
te Lelystad

VN-90328-1 | 26 februari 2026



Grondonderzoek



Geotechnisch
Laboratorium



Geomonitoring

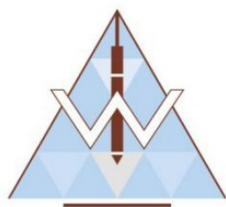


GeoICT



Advies

Wilt u meer informatie over één van onze diensten, kijk dan op wiertsema.nl



Onderwerp: Uitbreiding Maxima Centrale aan de IJsselmeerdijk 101 te Lelystad
Projectnummer: VN-90328-1
Opdrachtgever: Engie Energy Nederland N.V.

Versie	Datum	Omschrijving wijziging
1	26 februari 2026	

Opgesteld door:	
Handtekening:	
Documentnummer:	R107264
Status:	Definitief
Vrijgegeven door:	i



1	Inleiding.....	5
1.1	Aanleiding en doel	5
1.2	Gehanteerde gegevens	5
1.3	Normen en richtlijnen	5
1.4	Kwaliteitswaarborging	6
2	Project.....	7
3	Bodemopbouw.....	8
3.1	Beschikbaar geotechnisch onderzoek	8
3.2	Hoogtemetingen	8
3.3	Schematische bodemopbouw	8
3.4	Grondwaterstand.....	8
4	Funderingsadvies	9
4.1	Aandachtspunten algemeen.....	9
4.2	Aandachtspunten fundering op geheide stalen buispalen.....	9
4.3	Aandachtspunten fundering op casing draaipalen (zonder groutinjectie)	10
5	Fundering op palen	11
5.1	Uitgangspunten paalbelastingen	11
5.2	Geotechnisch draagvermogen	11
5.2.1	Negatieve kleef	12
5.2.2	Positieve kleef	12
5.3	Berekeningsresultaten geotechnisch draagvermogen	12
5.4	Horizontaal belaste palen	13
5.4.1	Uitgangspunten	13
5.4.2	Paaleigenschappen	13
5.4.3	Bodemopbouw en parameters	15
5.4.4	Berekeningsresultaten / D-M-U lijnen.....	15
6	Uitvoering.....	16
6.1	Uitvoering inwendig geheide stalen buispalen	16
6.1.1	Heiblok.....	16
6.1.2	Heiwijze	16
6.1.3	Heitrillingen.....	16
6.2	Casing-draaipalen.....	16
6.2.1	Installatie	16



Bijlagen:

- 1 Overzichtstabel paal draagvermogen – niet ontgraven (stalen buispaal)
- 2 Overzichtstabel paal draagvermogen – niet ontgraven (casing draaipalen)
- 3 Overzichtstabel paal draagvermogen – ontgraven (stalen buispaal)
- 4 Overzichtstabel paal draagvermogen – ontgraven (casing draaipalen)
- 5 Detailberekening paal draagkracht – stalen buispaal
- 6 Detailberekening paal draagkracht – casing draaipaal
- 7 Resultaten horizontale paal berekening – DMU

1 Inleiding

In opdracht van Engie Energy Nederland N.V. heeft Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. een funderingsadvies uitgebracht ten behoeve van de uitbreiding van de Maxima Centrale aan de IJsselmeerdijk 101 te Lelystad.

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.

Voor de aanleg van de kelder dient een bouwput te worden gegraven. Grondmechanische, eventuele geohydrologische aspecten, alsmede zaken betreffende de invloed van de bouwput op zijn directe omgeving vallen buiten het kader van dit funderingsadvies en worden in voorliggend advies verder niet behandeld.

Conform opgaaf is ter plaatse van de gasmotoren sprake van het (potentieel) optreden van dynamische belastingen. De beschouwing van deze belastingen vallen (vooralsnog) buiten de aan ons verstrekte opdracht en zijn derhalve in voorliggend advies niet behandeld.

Voorliggend advies voorziet niet 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 uitgevoerde grondonderzoek ten behoeve van onderhavig project. De resultaten van het grondonderzoek zijn gerapporteerd in het volgende rapport:

- [1] Geotechnisch onderzoek 'Uitbreiding Maxima Centrale aan de IJsselmeerdijk 101 te Lelystad', projectnr. VN-90328-1, documentnr. R106838, d.d. 30 januari 2026.

1.3 Normen en richtlijnen

De volgende normen en/of richtlijnen zijn van toepassing op de voorliggende rapportage:

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

*Toelichting gewijzigde norm NEN 9997-1:2025+C1:2025

Per juli 2025 is een herziene versie van de geotechnische norm NEN 9997-1 gepubliceerd (NEN 9997-1:2025+C1:2025), waarin onder andere wijzigingen zijn doorgevoerd in de paalklassefactoren. Deze norm heeft op dit moment een privaatrechtelijke status en is nog niet publiekrechtelijk aangewezen via wet- en regelgeving. De formele aanwijzing in het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) heeft tot op heden nog niet plaatsgevonden. Wanneer deze aanwijzing gaat plaatsvinden is (nog) niet bekend.

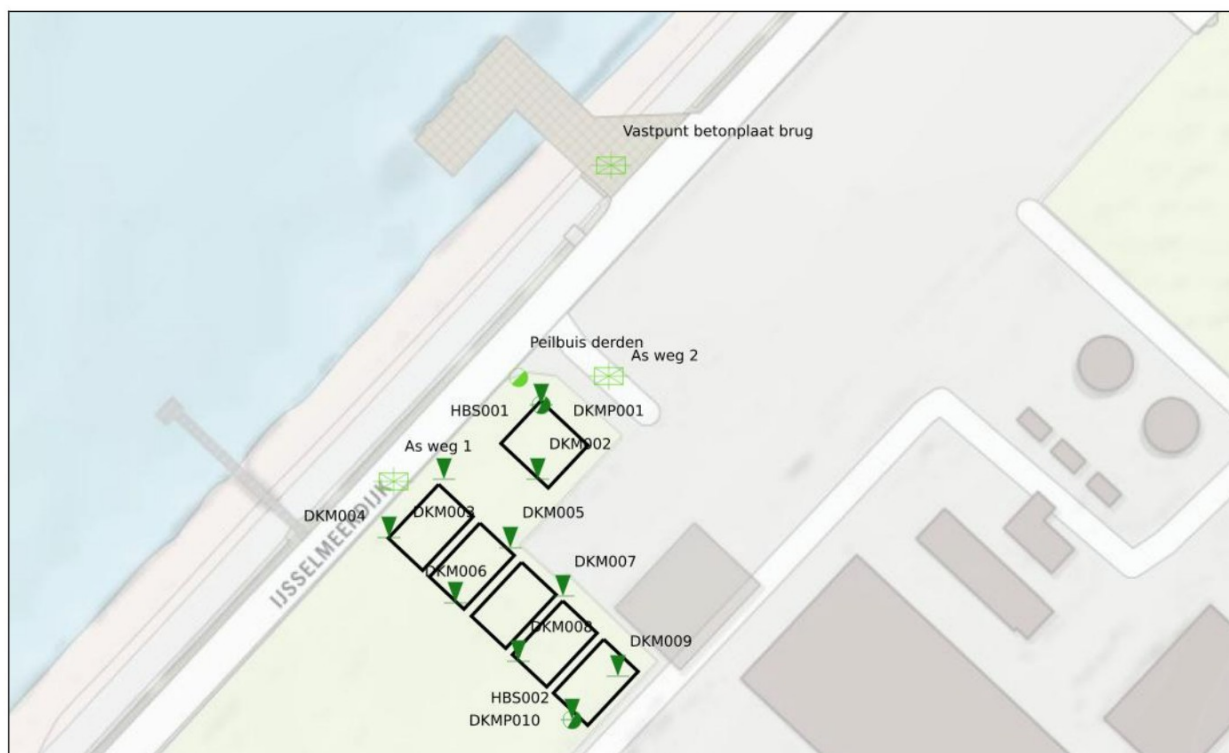
Tot het moment van officiële aanwijzing blijft Wiertsema & Partners B.V., tenzij anders vooraf overeengekomen of contractueel vastgelegd, uitgaan van de normversie die op dit moment is aangewezen (NEN 9997-1:2016+C2:2017), met bijbehorende paalklassefactoren. Indien in specifieke gevallen wordt gekozen voor toepassing van de nieuwe norm, zal moeten worden onderbouwd dat deze gelijkwaardig is aan de aangewezen norm, conform artikel 1.3 van het Bbl.

1.4 Kwaliteitswaarborging

Onze werkzaamheden zijn verricht onder ons kwaliteitsmanagementsysteem NEN-EN-ISO-9001. Onze aandacht voor duurzaamheid hebben we vastgelegd in ons milieumanagementsysteem NEN-EN-ISO-14001 en ons CO₂-managementsysteem conform de CO₂-Prestatieladder niveau 3. Veilig werken hebben wij geborgd in ons VGM-beheersysteem conform VCA** en de Safety Culture Ladder Trede 3.

2 Project

Het project betreft de uitbreiding van de Maxima Centrale aan de IJsselmeerdijk 101 te Lelystad. De uitbreiding omvat de realisatie van vijf fundaties ten behoeve van gasmotoren en een utiliteitsgebouw. Zowel de fundaties voor de gasmotoren als het utiliteitsgebouw worden op palen gefundeerd. Het utiliteitsgebouw wordt onderkelderd tot circa 2,0 m onder maaiveld. In de directe omgeving van de projectlocatie is bestaande bebouwing aanwezig. In figuur 2.1 zijn de projectlocatie en de posities van het uitgevoerde geotechnisch grondonderzoek weergegeven.



Figuur 2.1: Projectlocatie en locaties grondonderzoek.

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:

- 10 continue sonderingen met elektrische conus en met elektronische registratie uitgevoerd volgens NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 2 tot circa NAP -19,60 à -22,30 m.
 - Sonderingen DKMP001 en DKMP010 zijn tevens met waterspanningsmeting uitgevoerd.
- 2 handboringen uitgevoerd volgens NEN-EN-ISO 22475-1 tot circa NAP +0,00 à -0,01 m.

3.2 Hoogtemetingen

De ingemeten maaiveldhoogte ter plaatse van de onderzoeklocaties varieerde ten tijde van het grondonderzoek van NAP +3,02 m tot NAP +2,92 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:

- Wegas 1 IJselmeerdijk: NAP +2,94 m;
- Wegas 2 IJselmeerdijk: NAP +2,99 m;
- Vast punt betonplaat brug: NAP +3,12 m.

3.3 Schematische bodemopbouw

Op basis van het uitgevoerde grondonderzoek, waaronder sonderingen en handboringen, is een schematische bodembeschrijving vastgesteld, zoals weergegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1: Schematische bodemopbouw

Diepte [m NAP]		Bodembeschrijving
maaiveld	tot -12,00/-14,00	(Kleiige) zandlagen, afgewisseld met (zandige) kleilagen
-12,00/-14,00	tot -19,60/-22,30*	Matig tot vast vastgepakte zandlagen, lokaal kleiige insnoeringen

* Maximaal verkende diepte

3.4 Grondwaterstand

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

Deze waarneming betreft een momentopname en zegt niets over het verloop van de grondwaterstand over een langere periode. De vastgestelde grondwaterstand kan zijn verstoord door de uitgevoerde werkzaamheden. Door onder andere de weersgesteldheid en het heersende seizoen kan de grondwaterstand tevens fluctueren.

4 Funderingsadvies

Gezien de aangetroffen bodemgesteldheid en de aard van de belastingen op de fundering wordt een fundering op palen geadviseerd.

In dit advies is in overleg met de constructeur van het werk een fundering op stalen buispalen en casing draaipalen verder uitgewerkt. Bij het toepassen van stalen buispalen en casing draaipalen dient rekening te worden gehouden met de aandachtspunten.

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.
- Geadviseerd wordt om de uitvoerbaarheid van 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 geheide stalen buispalen

- De gekozen afmetingen van de stalen buispalen en bijbehorende voetplaatafmeting is een aannahme. De keuze én beschikbaarheid van verschillende afmetingen voetplaten is per uitvoerend heibedrijf verschillend. De definitieve paalafmetingen dienen met het uitvoerend heibedrijf te worden overlegd. Desgewenst kan Wiertsema & Partners na de definitieve keuze voor een stalen buispaalafmeting en voetplaatafmeting de getoonde paal draagvermogens toetsen aan de hand van de gekozen afmetingen.
- In het algemeen veroorzaakt het heien van palen trillingen. Echter, het heien van stalen buispalen wordt beschouwd als zijnde een trillingsarm systeem. Naast de bodemopbouw bepalen onder meer de wijze van funderen, de bouwkundige staat waarin de belendingen zich bevinden en de afstand tot het heiwerk de kans op schadelijke effecten als gevolg van deze heitrillingen. Bij het opstellen van dit funderingsadvies is ervan uitgegaan dat er in de directe omgeving van het heiwerk geen trillings- en/of zettingsgevoelige belendingen en/of objecten aanwezig zijn en er geheid kan en mag worden. In hoeverre dat in de gegeven situatie al dan niet correct is, is niet door Wiertsema & Partners beoordeeld. In twijfelgevallen is overleg met Wiertsema & Partners gewenst. Indien gewenst kan door Wiertsema & Partners een trillingspredictie worden opgesteld, zodat meer inzicht wordt verkregen in de verwachtingswaarden van de trillingen en overschrijdingskansen.
- Gezien de aanwezigheid van belendingen en teneinde de kans op schade aan de belendingen tijdens het heien te beperken, wordt geadviseerd om:
 - Meer palen met een kleinere schachtafmeting en geringere draagkracht in plaats van minder palen met een grotere schachtafmeting en meer draagkracht toe te passen.
 - Een voldoende zwaar heiblok toe te passen, één en ander te bepalen nadat het palenplan gereed is.
 - Een bouwkundige vooropname van de omliggende bebouwing uit te laten voeren en deze aan de betrokkenen (relevante omwonenden) ter beschikking te stellen.
 - Tijdens het heiwerk trillingsmetingen uit te laten voeren. Door middel van deze metingen

kan het niveau van de trillingsintensiteit worden vastgesteld. Indien nodig kan door het aanpassen van de valhoogte van het heiblok één en ander worden bijgesteld. Mocht de trillingsintensiteit echter onaanvaardbaar hoog zijn dan zal alsnog gekozen moeten worden voor een trillingsvrij paalsysteem.

- Indien er bezwaren zijn tegen een geheel paalsysteem, dient gekozen worden voor een trillingsvrij systeem.

4.3 Aandachtspunten fundering op casing draaipalen (zonder groutinjectie)

- Een casing-draaipaal betreft een grondverdringende stalen buispaal die schroevend op diepte wordt gebracht. De paal bestaat uit een stalen buis die aan de onderzijde is voorzien van schroefbladen. Het paaltype kan worden vervaardigd in segmenten en derhalve worden ingezet in geval van beperkte werkruimte. Hierbij worden de verschillende segmenten aan elkaar verbonden, bijvoorbeeld middels een lasverbinding. De geschikte koppelwijze dient met een uitvoerende partij te worden overlegd. Na het bereiken van het beoogde paalpuntniveau wordt de paal afgewerkt door een wapeningskorf af te hangen en de buis vervolgens te vullen met betonspecie. Optioneel kan er groutinjectie worden toegepast, in voorliggend advies is vooralsnog uitgegaan van uitvoering zonder groutinjectie.
- Aangezien de palen op diepte worden geschroefd c.q. 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 adviseren wij 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 houden;

5 Fundering op palen

5.1 Uitgangspunten paalbelastingen

Het uitgangspunt in voorliggende rapportage is axiaal op druk 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.

Conform opgaaf van de constructeur dient te worden uitgegaan van de volgende paalbelastingen:

- Drukbelasting $F_{c;d}$ = 500 kN;
- Horizontale belasting $F_{tr;d}$ = 60 kN.

5.2 Geotechnisch draagvermogen

Het geotechnisch draagvermogen van de ondergrond is beschouwd conform NEN 9997-1+C2:2017. De draagkracht is voor een statische situatie beschouwd. 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.
- Voor de bouw van de utiliteitsgebouw ter plaatse van DKMP001 en DKM002 is een kelder voorzien. De onderzijde van de kelder betreft circa NAP +1,00 m. de overige bouwdelen worden niet onderkelderd. De conusweerstand zijn gereduceerd conform NEN 9997-1+C2:2017, 7.6.2.3 (k). Uitgangspunt is dat de palen eerst worden geïnstalleerd, voordat de bouwput wordt ontgraven.
- Het bouwpeil is aangenomen op: NAP +3,10 m.
- Het toekomstige maaiveld is aangenomen op: NAP +3,00 m.
- De bovenkant van de paal is aangenomen op: NAP +1,00 m. (Utiliteitsgebouw)
NAP +2,10 m (Gasmotoren)
- In de berekening wordt uitgegaan van de paalfactoren uit tabel 5.1.

Tabel 5.1: Paalfactoren.

Paalfactor	Stalen buispalen/geheid*	Casing draaipalen (zonder groutinjectie)
α_p	0,70	0,56
α_s ; zand (tabel 7.c)	0,010	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	0,007	0,0045
β	0,88 à 0,89	0,61 à 0,72
s	1,0	1,0

* De voetplaat van de buispaal met gesloten voet mag niet meer dan 10 mm uitsteken buiten de buis.

- In de berekening wordt uitgegaan van de partiële factoren uit tabel 5.2.

Tabel 5.2: Partiële factoren.

Partiële factoren	
γ_b	1,20
γ_s	1,20
$\gamma_{s,t}$	1,35
$\gamma_{m,var,qc}$	1,50

- Correlatiefactoren (rekenend zonder sondeergroep):
 ξ_3 1,39 tabel A.10.a, voor $n = 1$ en een niet stijf bouwwerk;
 ξ_4 1,39

5.2.1 Negatieve kleef

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 kleef 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 kleef met een rekenwaarden ($F_{nk;d}$) van 20 kN/m-schachtomtrek. De waarde is verwerkt in de tabel met paalpuntniveaus en rekenwaarden netto draagkracht.

5.2.2 Positieve kleef

Samendrukbare lagen boven het basisniveau 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 -12,00 à -14,00 m.

5.3 Berekeningsresultaten geotechnisch draagvermogen

In bijlage 1 (stalen buispaal, niet ongraven), bijlage 2 (casing draaipaal, niet ontgraven), bijlage 3 (stalen buispaal, met ontgraving) en bijlage 4 (casing draaipaal, met ontgraving) 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 schachtweerstand en verminderd met de negatieve kleef belasting. De genoemde draagkrachten gelden voor verticaal en centrisch op druk 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.

Met betrekking tot de vervorming zal in de regel de bruikbaarheidsgrenstoestand volgens NEN 9997-1+C2:2017 bepalend zijn. Deze vervormingen zijn, gezien de zeer geringe vervorming van de palen niet maatgevend. In bijlage 5 (stalen buispaal) en 6 (casing draaipaal) is een detailberekening van de draagkracht weergegeven, inclusief het last-zakkingsgedrag.

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 Uitgangspunten

Ter plaatse van de fundaties van de gasmotoren is sprake van het optreden van een horizontale paalbelasting. 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.

Conform opgave van de constructeur bedraagt de horizontale belasting voor een alleenstaande paal circa $F_{tr,d} = 60$ kN per paal.

De krachten grijpen aan ter hoogte van de bovenkant van de paal (aanname NAP +2,10 m) Met eventuele paalexcentriciteiten en eventuele tweede orde is geen rekening gehouden. De palen zijn zowel scharnierend als ingeklemd aangesloten in de fundering beschouwd.

5.4.2 Paaleigenschappen

De berekeningen zijn uitgevoerd voor een inwendig geheide stalen buispaal met diameters van $\varnothing 273$ -290, $\varnothing 324$ -340 mm (diameter buis – diameter voetplaat) en casing draaipalen met diameters van $\varnothing 273$ -470 en $\varnothing 324$ -560 mm (diameter buis – diameter schroefblad). De wanddikte is hierbij aangenomen op 5 mm. De palen worden na installatie gevuld met beton (betonsterkteklasse minimaal C20/25).

Elasticiteitsmodulus: Staal	$E_{\text{staal}} = 210$ GPa
Beton C20/25	$E_{\text{cm}} = 30$ GPa

Voor de berekening van de paaleigenschappen wordt rekening gehouden met corrosie aan de buitenzijde van de paal over het gedeelte boven de minimale grondwaterstand. De grondwaterstand is aangehouden op NAP +0,00 m. Door onder andere de weersgesteldheid en het heersende seizoen kan de grondwaterstand fluctueren.

De corrosiesnelheid wordt bepaald aan de hand van de CUR-publicatie 166, 6^e herziene druk, deel 1, tabel 9.2 en 9.3, zie figuur 5.1.

Tabel 9.2. Aantasting (mm) van damwanden in bodem en ophogingen met of zonder grondwater (per blootgestelde zijde *).

Beoogde levensduur (jaar)	5 ***)	25 ***)	50	75	100
Ongeroerde, schone bodem	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Verontreinigde bodem, geroerde grond	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Zure bodem (veen, moeras)	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Onverdichte grond (klei, zand) **)	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Onverdicht, agressief ophoogmateriaal (bodemas, slakken, sintels)	0,50	2,00	3,25	4,50	5,75

*) Uit EC 3 deel 5. Genoemde waarden zijn ter oriëntatie. Werkelijke waarden zijn afhankelijk van lokale omstandigheden.

**) Corrosiesnelheden zijn in verdichte ophogingen lager dan in onverdichte. Voor verdichte ophogingen moeten de gegeven waarden door 2 gedeeld worden.

***) Getallen voor 5 en 25 jaar zijn gebaseerd op metingen. De overige waarden zijn geëxtrapoleerd.

Tabel 9.3. Aantasting (mm) van damwanden in zoet en zout water (per blootgestelde zijde *) **).

Beoogde levensduur (jaar)	5 ***)	25 ***)	50	75	100
Schoon, zoet water (rond de waterlijn)	0,15	0,55	0,90	1,15	1,40
Sterk verontreinigd zoet water (rond de waterlijn)	0,30	1,30	2,30	3,30	4,30
Zout water in gematigd klimaat (spatzone en laag waterzone)	0,55	1,90	3,75	5,60	7,50
Zout water in gematigd klimaat (permanent onderwaterzone)	0,25	0,90	1,75	2,60	3,50

*) Uit EC 3 deel 5. Genoemde waarden zijn ter oriëntatie. Werkelijke waarden zijn afhankelijk van lokale omstandigheden.

**) In water met getijdebeweging treden de hoogste corrosiesnelheden op ter hoogte van de spatzone en de laag waterzone, zie figuur 9.1.

***) Getallen voor 5 en 25 jaar zijn gebaseerd op metingen. De overige waarden zijn geëxtrapoleerd.

Figuur 5.1: Tabel 9.2 en 9.3 CUR-publicatie 166, 6^e herziene druk, deel 1.

Uitgangspunt is dat de palen in een bodem met of zonder grondwater worden geïnstalleerd. De bodem bestaat tot circa NAP -12 m uit zand (plaatselijk kleiig). Van toepassing uit CUR-tabel 9.2 in figuur 5.1 is 'Onverdichte grond (klei, zand)' en een levensduur van 50 jaar. De aantasting op basis van deze uitgangspunten is 1,2 mm per blootgestelde zijde. De paaleigenschappen die behoren tot het paalgedeelte dat boven de grondwaterstand van NAP +0,00 m zijn weergegeven in tabel 5.5. De paaleigenschappen die behoren tot het deel dat beneden de grondwaterstand van NAP +0,00 m zijn weergegeven in tabel 5.6.

Tabel 5.3: Paaleigenschappen boven grondwaterstand van NAP +0,00 m.

Buitendiameter [mm]	t buis [mm]	EA [kN]	EI [kNm ²]
270,6	3,8	2.298.621,3	12.998,2
321,6	3,8	3.119.835,2	24.375,3

Tabel 5.4: Paaleigenschappen beneden grondwaterstand van NAP +0,00 m.

Buitendiameter [mm]	t buis [mm]	EA [kN]	EI [kNm ²]
273,0	5,0	2.513.800,3	14.985,2
324,0	5,0	3.375.390,0	27.704,0



5.4.3 Bodemopbouw en parameters

In tabel 5.5 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+C2:2017; 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 5.5: 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_0 [-]
+2,10	Zand schoon los	17/19	30	nv.t.	15,5/17,3	26,7	n.v.t.	0,55
-12,00	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+C2:2017 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+C2:2017 een partiële factor van 1,15 gehanteerd.
- K_0 neutrale gronddrukfactor ($1 - \sin \phi'_d$).
- c_u ongedraineerde schuifsterkte. Voor de berekeningen in grenstoestand 1 is conform tabel A.4a van NEN 9997-1+C2:2017 een partiële factor van 1,35 gehanteerd.

5.4.4 Berekeningsresultaten / D-M-U lijnen

In tabel 5.6 zijn de berekeningsresultaten weergegeven per buisafmeting. De dwarskracht-, momenten- en verplaatsingslijnen zijn weergegeven in bijlage 7.

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 5.6: Berekeningsresultaten horizontaal belaste palen.

Afmeting buis	Situatie paalkop	$F_{tr,d}$ [kN]	$M_{E,d;kop}$ [kN.m]	$M_{E,d;schaft}$ [kN.m]	Positie max. schachtmoment [m t.o.v. NAP]	Verplaatsing paalkop U_d [mm]
ø273	Scharnier	60	0,0	86,7	-2,10	41,7
	Ingeklemd		80,7	25,3	-3,00	12,3
ø324	Scharnier	60	0,0	89,2	-2,30	28,0
	Ingeklemd		88,8	27,1	-3,35	9,0

6 Uitvoering

6.1 Uitvoering inwendig geheide stalen buispalen

6.1.1 Heiblok

Het op diepte brengen van de stalen buispalen kan middels de toepassing van een inwendig valgewicht dat gebruikelijk is bij dit type palen. De massa van het te hanteren valgewicht voor de stalen buispalen dient door het uitvoerend heibedrijf nader te worden bepaald.

6.1.2 Heiwijze

De eerste paal dient ter plaatse van een sondering te worden geheid en over volledige lengte te worden gekalenderd. Het opgenomen slagdiagram kan dan als richtlijn dienen voor de inheiniveaus van de tussen de sonderingen te heien palen. Van alle palen dienen de kalenderwaarden van de laatste twee meter, het bereikte puntniveau en de gehanteerde heienergie te worden vastgelegd in een heiregister. Indien meerdere puntniveaus worden gehanteerd, wordt geadviseerd het heiwerk te beginnen bij de sondering met het diepste paalpuntniveau en te heien in de richting van de ondiepere niveaus.

6.1.3 Heitrillingen

Bij het heien van palen zullen in de ondergrond trillingen worden veroorzaakt. Een funderingssysteem met stalen buispalen is een trillingsarm systeem. Naast de bodemopbouw bepalen onder meer de wijze van funderen, de bouwkundige staat waarin de belendingen zich bevinden en de afstand tot het heiwerk de kans op schadelijke effecten als gevolg van deze heitrillingen.

Door de trillingsniveaus tijdens het heiwerk te registreren kan een uitspraak worden gedaan over deze kans op schade aan bouwwerken (evenals inzicht in de hinder voor personen in gebouwen en schade aan apparatuur). Desgewenst kunnen dergelijke metingen door Wiertsema & Partners B.V. worden verricht.

6.2 Casing-draaipalen

6.2.1 Installatie

Aangezien de palen op diepte worden geschroefd c.q. geboord, ontbreekt een duidelijke controle tijdens het inbrengen, zoals bijvoorbeeld een kalenderwaarde bij een geheid 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 het bovenstaande adviseren wij 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 houden.

Bijlage 1

OVERZICHT NETTO DRAAGVERMOGEN DRUKPALEN - Geheide stalen buispaal

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

sondering	maaiveld niveau	paalpunt niveau	$R_{c, netto; d}$ [kN]	
			ø273-290	ø324-340
DKM003	3.00	-15.00	393	503
		-15.25	439	560
		-15.50	475	603
		-15.75	508	657
		-16.00	597	736
		-16.25	579*	755
		-16.50	594	778
		-16.75	608	796
		-17.00	614	797
		-17.25	624	809
		-17.50	649	843
DKM004	2.97	-15.00	342	451
		-15.25	362	472
		-15.50	409	531
		-15.75	464	611
		-16.00	518	643
		-16.25	528	680
		-16.50	545	705
		-16.75	551	723
		-17.00	557	730
		-17.25	577	763
		-17.50	648	848
DKM005	3.01	-15.00	439	561
		-15.25	460	592
		-15.50	489	630
		-15.75	516	667
		-16.00	537	694
		-16.25	542	701
		-16.50	678	891
		-16.75	726	938
		-17.00	753	970
		-17.25	777	1011
		-17.50	824	1066
DKM006	3.00	-15.00	370	480
		-15.25	389	507
		-15.50	432	561
		-15.75	451	583
		-16.00	463	595
		-16.25	499	664
		-16.50	650	850
		-16.75	684	896
		-17.00	704	918
		-17.25	715	928
		-17.50	822	1070

* zie bijlage 5 voor detailberekening

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

sondering	maaiveld paalpunt		$R_{c; netto; d}$ [kN]	
	niveau	niveau	ø273-290	ø324-340
DKM007	2.96	-15.00	484	634
		-15.25	594	780
		-15.50	650	847
		-15.75	685	890
		-16.00	732	859
		-16.25	678	871
		-16.50	688	891
		-16.75	706	916
		-17.00	715	928
DKM008	2.92	-16.25	479	627
		-16.50	537	666
		-16.75 **	528	485
DKM009	2.95	-13.50	430	559
		-13.75	458	597
		-14.00	481	620
		-14.25	508	651
		-14.50	543	696
		-14.75	635	794
		-15.00	635	808
		-15.25	640	759
		-15.50	549	689
		-15.75	545	709
		-16.00	558	722
		-16.25	568	733
		-16.50	574	737
		-16.75	629	809
		-17.00	649	833
DKMP010	2.99	-17.25	667	854
		-17.50	683	872
		-14.75	606	791
		-15.00	639	840
		-15.25	673	880
		-15.50	696	885
		-15.75	701	904
		-16.00	728	940
		-16.25	756	973
		-16.50	774	993
		-16.75	778	1012
		-17.00	813	1060
		-17.25	834	1086
		-17.50	830	1006

** let op, kans op aflopende draagvermogens, bij voorkeur niet kiezen

Bijlage 2

OVERZICHT NETTO DRAAGVERMOGEN DRUKPALEN - Casing draaipalen

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

sondering	maaiveld niveau	paalpunt niveau	R _{c, netto; d} [kN]	
			ø273-470	ø324-560
DKM003	3.00	-15.00	485	563
		-15.25	531*	611
		-15.50	563	644
		-15.75	629	725
		-16.00	668	748
		-16.25	695	766
		-16.50	698	794
DKM004	2.97	-15.00	477	552
		-15.25	496	587
		-15.50	534	622
		-15.75	603	699
		-16.00	632	737
		-16.25	660	763
		-16.50	673	776
DKM005	3.01	-15.00	530	614
		-15.25	557	643
		-15.50	587	677
		-15.75	614	709
		-16.00	631	730
		-16.25	653	793
		-16.50	850	990
DKM006	3.00	-15.00	449	518
		-15.25	495	574
		-15.50	526	605
		-15.75	543	624
		-16.00	548	631
		-16.25	682	828
		-16.50	832	971
DKM007	2.96	-15.00	634	750
		-15.25	787	824
		-15.50	754	854
		-15.75	774	883
		-16.00	792	916
		-16.25	820	943
		-16.50	835	829
DKM008	2.92	-16.25	389	412
		-16.50	364	397
		-16.75	343	378

* zie bijlage 6 voor detailberekening

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

sondering	maaiveld paalpunt		$R_{c; netto; d}$ [kN]	
	niveau	niveau	ø273-470	ø324-560
DKM009	2.95	-13.50	596	697
		-13.75	616	715
		-14.00	620	715
		-14.25	633	726
		-14.50	682	638
		-14.75	634	669
		-15.00	597	691
		-15.25	613	708
		-15.50	631	726
		-15.75	648	745
		-16.00	658	755
		-16.25	661	763
		-16.50	657	793
DKMP010	2.99	-14.75	772	849
		-15.00	781	883
		-15.25	804	921
		-15.50	836	942
		-15.75	868	977
		-16.00	887	1018
		-16.25	911	1051
		-16.50	926	1058

Bijlage 3

OVERZICHT NETTO DRAAGVERMOGEN DRUKPALEN - Geheide stalen buispalen**Ontgraven situatie**

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

sondering	maaiveld niveau	paalpunt niveau	$R_{c, netto; d}$ [kN]	
			ø273-290	ø324-340
DKMP001 - OG	1.00	-16.00	394	522
		-16.25	446	581
		-16.50	482	622
		-16.75	515	669
		-17.00	548	713
		-17.25	572	684
		-17.50	556	718
DKM002 - OG	1.00	-16.00	468	606
		-16.25	506	650
		-16.50	550	693
		-16.75	575	730
		-17.00	594	759
		-17.25	612	778
		-17.50	634	724
DKM003 - OG	1.00	-15.00	355	454
		-15.25	397	507
		-15.50	430	546
		-15.75	460	595
		-16.00	543	670
		-16.25	529	689
		-16.50	544	713
		-16.75	560	731
		-17.00	567	738
		-17.25	577	748
		-17.50	603	782

Bijlage 4

OVERZICHT NETTO DRAAGVERMOGEN DRUKPALEN - Casing draaipalen**Ontgraven situatie**

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

sondering	maaiveld niveau	paalpunt niveau	$R_{c, netto; d}$ [kN]	
			ø273-470	ø324-560
DKMP001 - OG	1.00	-16.00	547	640
		-16.25	582	640
		-16.50	614	656
		-16.75	594	672
		-17.00	613	701
		-17.25	627	721
		-17.50	673	739
DKM002 - OG	1.00	-16.00	578	678
		-16.25	612	716
		-16.50	649	668
		-16.75	663	674
		-17.00	596	695
		-17.25	604	698
		-17.50	625	680
DKM003 - OG	1.00	-15.00	438	508
		-15.25	480	553
		-15.50	510	583
		-15.75	570	659
		-16.00	607	683
		-16.25	634	702
		-16.50	640	729
		-16.75	661	750
		-17.00	683	708
		-17.25	686	685
		-17.50	616	705

Bijlage 5

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN ø273-290_vb; DKM003; N.A.P.-16.25**Uitgangspunten**

- gehanteerde sondering : DKM003
 - gehanteerde paal : ø273-290
 - paalpuntniveau : N.A.P.-16.25 m
 - traject positieve kleef : N.A.P.-13.10 m
- tot: N.A.P.-16.25 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

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

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

$$= 9.725 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$q_{c;I;gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 21.28 MPa
$q_{c;II;gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 13.95 MPa
$q_{c;III;gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 13.81 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 0.88 -
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:

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

$$= 642 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 A_b = oppervlak van de paalvoet = 0.0661 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:

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

$$= 353 \text{ kN}$$

Per laag

Alle niveaus/hogtes/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]
--	----	-13.10	--	--	--	--	--	--	--
1	Zand - Schoon - Los	-14.20	0.86	0.0100	100	10.08	0.101	1.10	95.1
2	Zand - Schoon - Matig	-16.24	0.86	0.0100	100	14.64	0.146	2.04	256.1
3	Zand - Schoon - Matig	-16.25	0.91	0.0100	100	15.00	0.150	0.01	1.4
totaal			0.86	0.0100		13.05	0.130	3.15	352.6

Maximale draagkracht

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

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

$$= 995 \text{ kN } (= 642 + 353)$$

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

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

$$= 716 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

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

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

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

$$= 596 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

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

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

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF ø273-290_vb; DKM003; N.A.P.-16.25**Uitgangspunten**

- gehanteerde sondering : DKM003
- gehanteerde paal : ø273-290
- paalpuntniveau : N.A.P.-16.25 m
- paalkopniveau : N.A.P. 2.10 m
- traject negatieve kleef : N.A.P. 3.00 m
- tot : N.A.P. -0.12 m
- $p_{sur;k}$: 16.20 kN/m²

Berekening negatieve kleef

De karakteristieke waarde van de maximale negatieve kleefbelasting v.e. alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 (d) bedraagt:

$$F_{nk;k} = O_{s;gem} * \sum d_j * K_{0;j;k} * \tan \delta_{j;k} * (\sigma'_{v;j-1;k} + \sigma'_{v;j;k}) / 2.0$$

$$= -17.2 \text{ kN}$$

waarin :

- $O_{s;gem}$ = omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht
- d_j = de dikte van de grondlaag i
- $K_{0;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de neutrale gronddrukfactor in laag i
- $\delta_{j;k}$ = de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek
- $\sigma'_{v;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de effectieve verticale spanning onder in laag j

Per laag

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

Nr Laag	Nivo [m]	Hoogte [m]	$O_{s;gem}$ [m ¹]	$K_{0;j} * \tan(\delta_i)$	$\sigma'_{v;j;k}$ [kN/m ²]
--	----	2.10	--	--	16.20
1 Zand - Schoon - Los	0.00	2.10	0.86	0.25	54.00
2 Zand - Schoon - Los	-0.12	0.12	0.86	0.25	55.15

Rekenwaarde

De rekenwaarde van de maximale negatieve kleefbelasting van een alleenstaande paal bedraagt :

$$F_{nk;d} = F_{nk;k} * \gamma_{f;nk} = -17.2 \text{ kN}$$

waarin :

in dit geval :

- $\gamma_{f;nk}$ = belastingfactor voor de negatieve kleef
(art. 7.3.2.2 (b)) 1.0 -

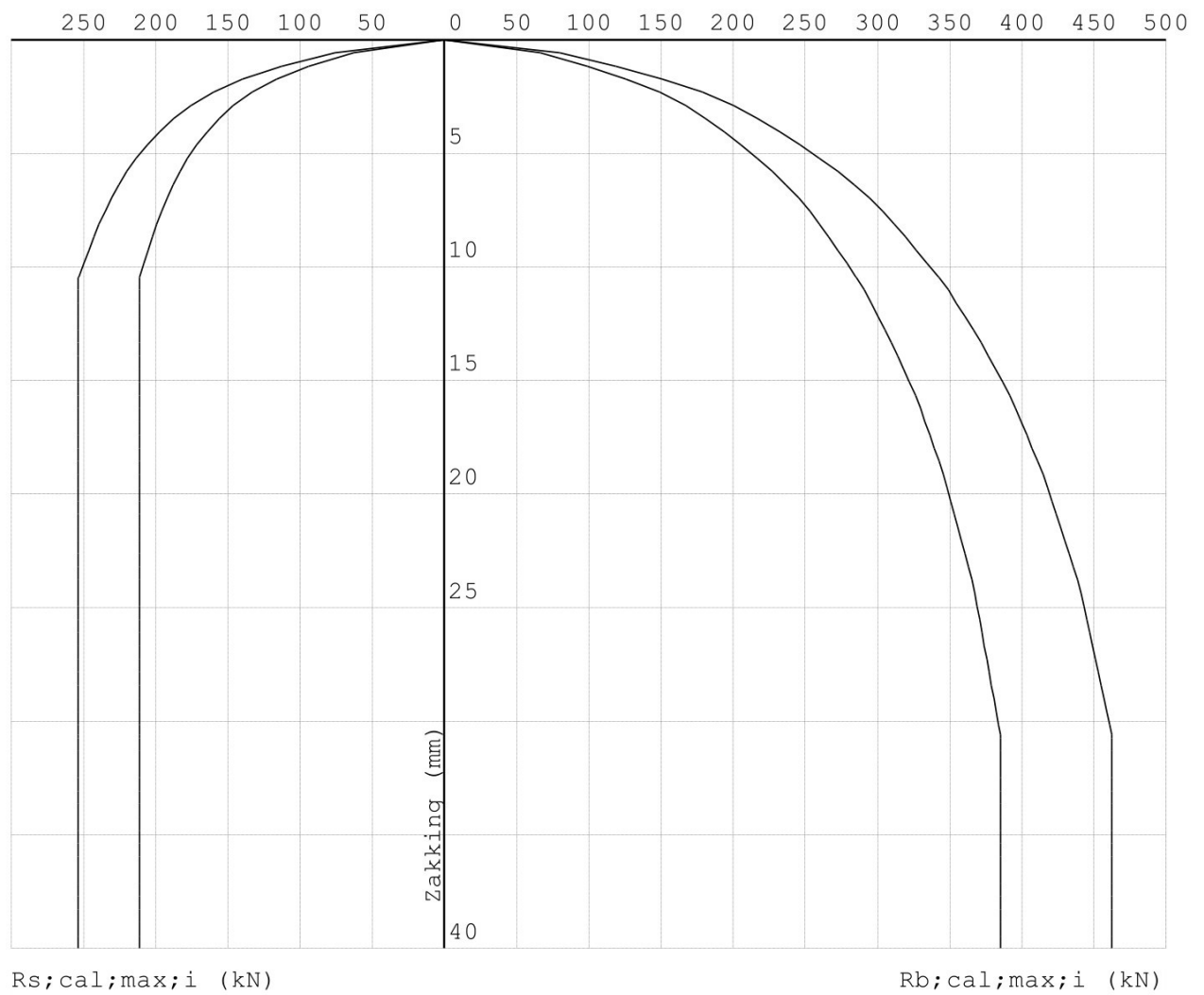
LAST_ZAKKINGSDIAGRAM ø273-290_vb**Uitgangspunten**

- gehanteerde sondering : DKM003
- gehanteerde paal : ø273-290
- paalpuntniveau : N.A.P.-16.25 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.39

Last-zakkingsgedrag 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	1.8	66	63	129	0.6	2.0	80	76	155	0.6	2.0	80	76	155	0.6	2.0	80	76	155
1.2	2.9	99	94	193	1.2	3.3	119	113	232	1.2	3.3	119	113	232	1.2	3.3	119	113	232
1.7	3.9	126	117	242	1.7	4.4	151	140	291	1.7	4.4	151	140	291	1.7	4.4	151	140	291
2.3	4.9	149	133	282	2.3	5.4	179	160	339	2.3	5.4	179	160	339	2.3	5.4	179	160	339
2.9	5.8	167	146	313	2.9	6.3	201	176	376	2.9	6.3	201	176	376	2.9	6.3	201	176	376
3.5	6.6	181	156	337	3.5	7.2	217	187	404	3.5	7.2	217	187	404	3.5	7.2	217	187	404
4.1	7.3	194	164	358	4.1	8.0	232	197	430	4.1	8.0	232	197	430	4.1	8.0	232	197	430
4.6	8.1	205	172	377	4.6	8.8	246	206	452	4.6	8.8	246	206	452	4.6	8.8	246	206	452
5.2	8.8	216	178	395	5.2	9.6	260	214	474	5.2	9.6	260	214	474	5.2	9.6	260	214	474
5.8	9.6	227	183	410	5.8	10.3	272	220	492	5.8	10.3	272	220	492	5.8	10.3	272	220	492
6.4	10.3	236	188	424	6.4	11.0	284	226	509	6.4	11.0	284	226	509	6.4	11.0	284	226	509
7.0	11.0	245	192	438	7.0	11.8	294	231	525	7.0	11.8	294	231	525	7.0	11.8	294	231	525
7.5	11.7	253	196	449	7.5	12.5	304	235	539	7.5	12.5	304	235	539	7.5	12.5	304	235	539
8.1	12.3	260	199	459	8.1	13.2	312	239	551	8.1	13.2	312	239	551	8.1	13.2	312	239	551
8.7	13.0	266	203	469	8.7	13.9	319	243	562	8.7	13.9	319	243	562	8.7	13.9	319	243	562
9.3	13.7	272	205	478	9.3	14.5	327	247	573	9.3	14.5	327	247	573	9.3	14.5	327	247	573
9.9	14.3	279	208	487	9.9	15.2	334	250	584	9.9	15.2	334	250	584	9.9	15.2	334	250	584
10.4	15.0	285	211	496	10.4	15.9	342	253	595	10.4	15.9	342	253	595	10.4	15.9	342	253	595
10.5	15.0	285	211	497	10.5	15.9	343	254	596	10.5	15.9	343	254	596	10.5	15.9	343	254	596
11.6	16.3	296	211	507	11.6	17.2	355	254	608	11.6	17.2	355	254	608	11.6	17.2	355	254	608
14.5	19.4	318	211	529	14.5	20.3	382	254	635	14.5	20.3	382	254	635	14.5	20.3	382	254	635
17.4	22.4	336	211	547	17.4	23.4	403	254	657	17.4	23.4	403	254	657	17.4	23.4	403	254	657
20.3	25.5	351	211	562	20.3	26.5	421	254	675	20.3	26.5	421	254	675	20.3	26.5	421	254	675
23.2	28.5	363	211	575	23.2	29.6	436	254	689	23.2	29.6	436	254	689	23.2	29.6	436	254	689
26.1	31.5	372	211	584	26.1	32.6	447	254	700	26.1	32.6	447	254	700	26.1	32.6	447	254	700
29.0	34.5	381	211	592	29.0	35.6	457	254	710	29.0	35.6	457	254	710	29.0	35.6	457	254	710
30.6	36.1	385	211	596	30.6	37.2	462	254	716	30.6	37.2	462	254	716	30.6	37.2	462	254	716
290.0	295.5	385	211	596	290.0	296.6	462	254	716	290.0	296.6	462	254	716	290.0	296.6	462	254	716

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



Bijlage 6

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN ø273-470_CD_vb; DKM003; N.A.P.-15.25**Uitgangspunten**

- gehanteerde sondering : DKM003
 - gehanteerde paal : ø273-470_CD
 - paalpuntniveau : N.A.P.-15.25 m
 - traject positieve kleef : N.A.P.-13.10 m
- tot: N.A.P.-15.25 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

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

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

$$= 4.483 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$q_{c;I;gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 16.06 MPa
$q_{c;II;gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 14.14 MPa
$q_{c;III;gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 7.20 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.56 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 0.72 -
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:

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

$$= 778 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 A_b = oppervlak van de paalvoet = 0.1735 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:

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

$$= 138 \text{ kN}$$

Per laag

Alle niveaus/hogtes/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]
--	----	-13.10	--	--	--	--	--	--	--
1	Zand - Schoon - Los	-14.20	0.86	0.0060	100	10.08	0.060	1.10	57.1
2	Zand - Schoon - Matig	-15.24	0.86	0.0060	100	14.92	0.090	1.04	79.8
3	Zand - Schoon - Matig	-15.25	1.48	0.0060	100	13.80	0.083	0.01	1.2
totaal			0.86	0.0060		12.44	0.075	2.15	138.1

Maximale draagkracht

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

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

$$= 916 \text{ kN} (= 778 + 138)$$

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

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

$$= 659 \text{ kN}$$

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 :

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

$$= 549 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

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

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

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF ø273-470_CD_vb; DKM003; N.A.P.-15.25**Uitgangspunten**

- gehanteerde sondering : DKM003
- gehanteerde paal : ø273-470_CD
- paalpuntniveau : N.A.P.-15.25 m
- paalkopniveau : N.A.P. 2.10 m
- traject negatieve kleef : N.A.P. 3.00 m
- tot : N.A.P. -0.12 m
- $p_{sur;k}$: 16.20 kN/m²

Berekening negatieve kleef

De karakteristieke waarde van de maximale negatieve kleefbelasting v.e. alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 (d) bedraagt:

$$F_{nk;k} = O_{s;gem} * \sum d_j * K_{0;j;k} * \tan \delta_{j;k} * (\sigma'_{v;j-1;k} + \sigma'_{v;j;k}) / 2.0$$

$$= -17.2 \text{ kN}$$

waarin :

- $O_{s;gem}$ = omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht
- d_j = de dikte van de grondlaag i
- $K_{0;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de neutrale gronddrukfactor in laag i
- $\delta_{j;k}$ = de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek
- $\sigma'_{v;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de effectieve verticale spanning onder in laag j

Per laag

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

Nr Laag	Nivo [m]	Hoogte [m]	$O_{s;gem}$ [m ¹]	$K_{0;j} * \tan(\delta_i)$	$\sigma'_{v;j;k}$ [kN/m ²]
--	----	2.10	--	--	16.20
1 Zand - Schoon - Los	0.00	2.10	0.86	0.25	54.00
2 Zand - Schoon - Los	-0.12	0.12	0.86	0.25	55.15

Rekenwaarde

De rekenwaarde van de maximale negatieve kleefbelasting van een alleenstaande paal bedraagt :

$$F_{nk;d} = F_{nk;k} * \gamma_{f;nk} = -17.2 \text{ kN}$$

waarin :

in dit geval :

- $\gamma_{f;nk}$ = belastingfactor voor de negatieve kleef
(art. 7.3.2.2 (b)) 1.0 -

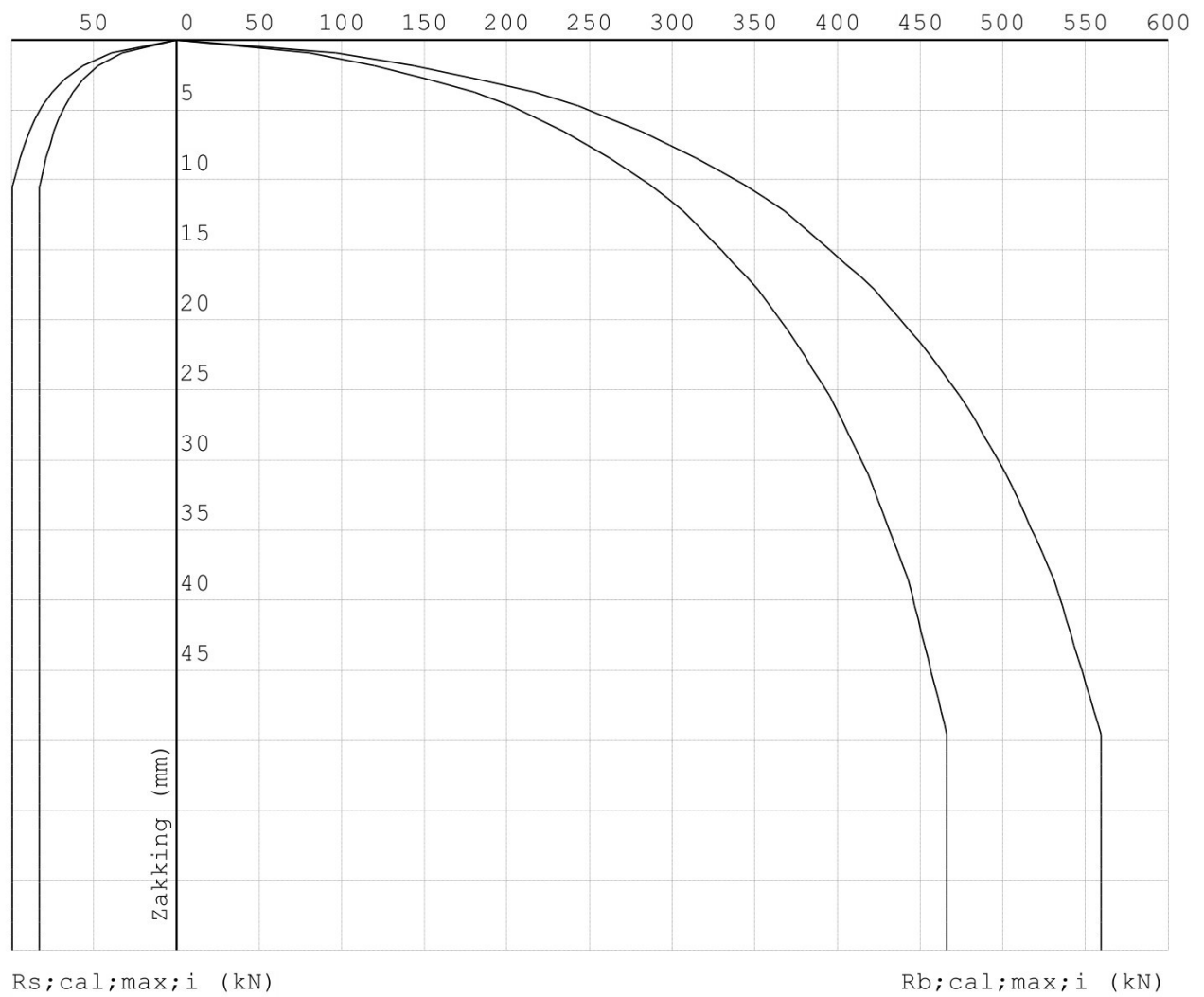
LAST_ZAKKINGSDIAGRAM ø273-470_CD_vb**Uitgangspunten**

- gehanteerde sondering : DKM003
- gehanteerde paal : ø273-470_CD
- paalpuntniveau : N.A.P.-15.25 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.39

Last-zakkingsgedrag paal

paalzakking (mm)		draagvermogen 1B (kN)			paalzakking (mm)		draagvermogen 2 (kN)		
voet	kop	punt	wrijving	totaal	voet	kop	punt	wrijving	totaal
0.0	0.0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0
0.9	2.6	80	33	113	0.9	2.9	96	39	136
1.9	4.3	120	47	167	1.9	4.8	144	57	201
2.8	5.9	152	57	209	2.8	6.5	183	68	251
3.8	7.3	180	63	243	3.8	8.0	216	75	292
4.7	8.6	202	68	270	4.7	9.4	243	81	324
5.6	9.9	219	71	290	5.6	10.7	262	86	348
6.6	11.1	235	74	309	6.6	12.0	281	89	371
7.5	12.3	249	77	325	7.5	13.2	298	92	390
8.5	13.4	262	79	341	8.5	14.4	315	95	409
9.4	14.6	275	81	355	9.4	15.6	330	97	427
10.5	15.9	288	83	371	10.5	17.0	345	99	445
11.3	16.8	297	83	380	11.3	17.9	357	99	456
14.1	20.0	322	83	405	14.1	21.2	387	99	486
18.8	25.3	358	83	441	18.8	26.5	429	99	529
23.5	30.4	385	83	468	23.5	31.7	462	99	561
28.2	35.4	407	83	490	28.2	36.8	488	99	588
32.9	40.3	425	83	508	32.9	41.8	510	99	609
37.6	45.3	440	83	522	37.6	46.8	528	99	627
42.3	50.1	451	83	534	42.3	51.7	541	99	640
47.0	55.0	461	83	544	47.0	56.6	553	99	652
49.6	57.6	466	83	549	49.6	59.3	560	99	659
470.0	478.1	466	83	549	470.0	479.7	560	99	659

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



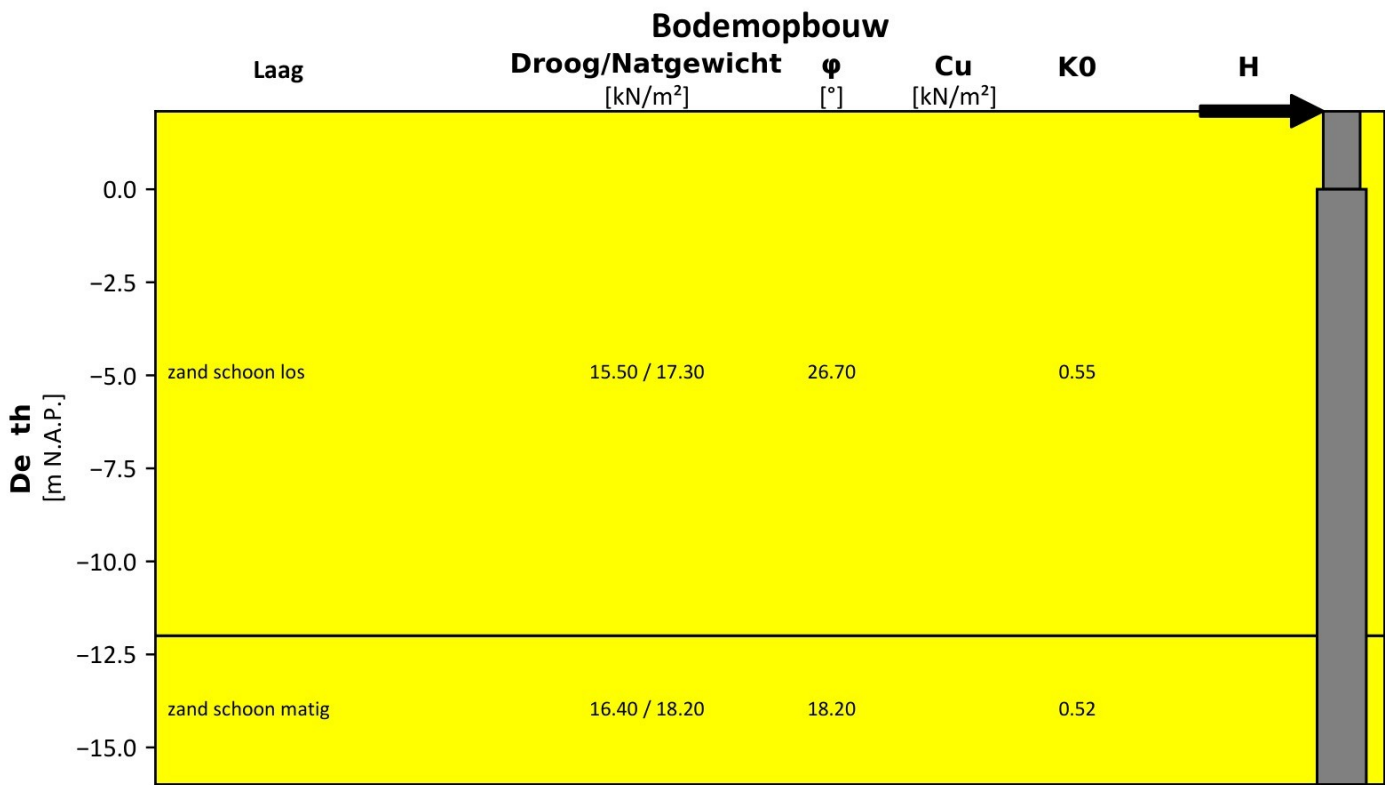
Bijlage 7

Project: Maxima centrale
Projectnummer: 90328-1
Plaats: Lelystad
Datum: 26-2-2026
Tijd: 11:32:39
Created by D-Pile Group version 20.2

Horizontale paalberekening

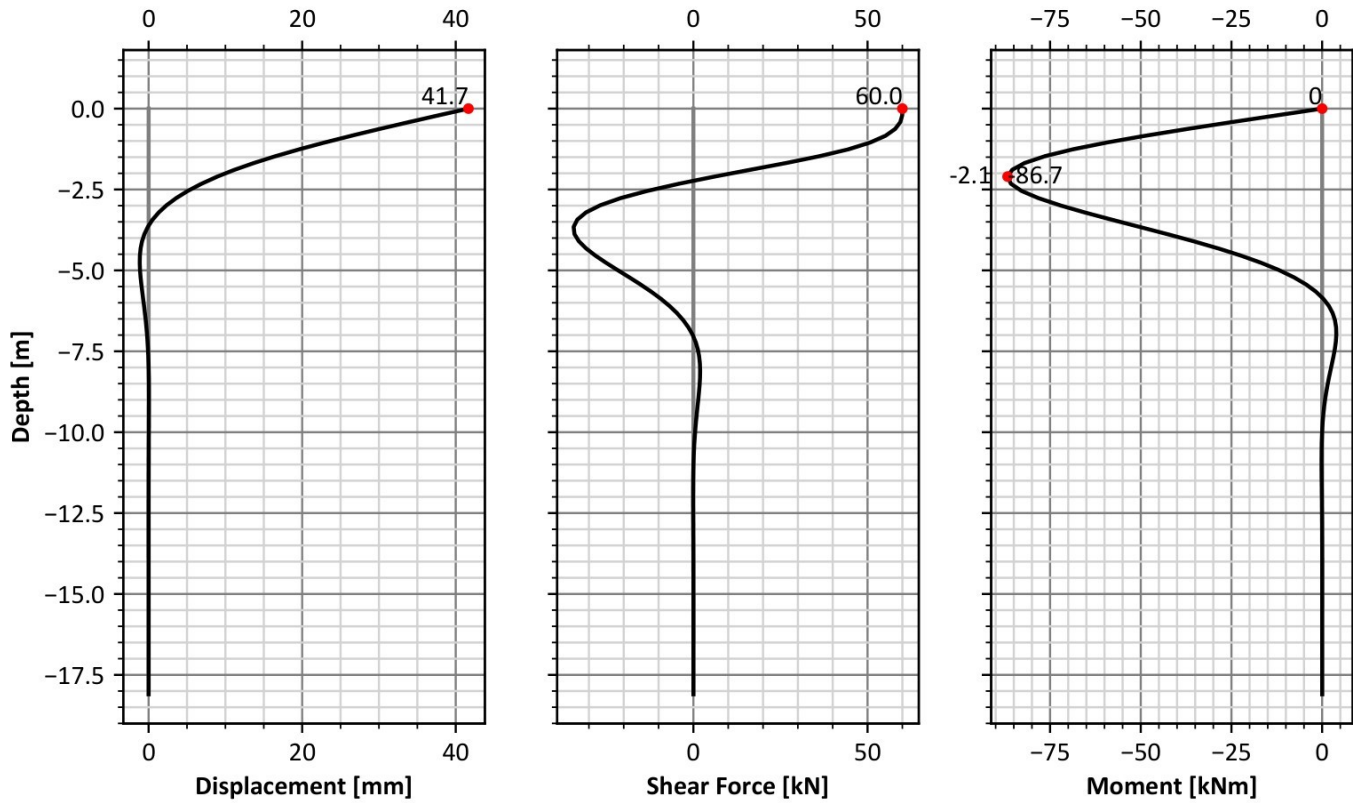
Type funderingspaal

Paal naam:	ø273-290		
Paal type:	Round		
Segmenten:	1	2	
Paal diameter:	[m]	0.271	0.273
Paal lengte:	[m]	2.10	16.00
E-Modulus:	[GPa]	20.0	1e-06
EI:	[kN/m²]	12998	14985
EA:	[kN]	230e+4	251e+4

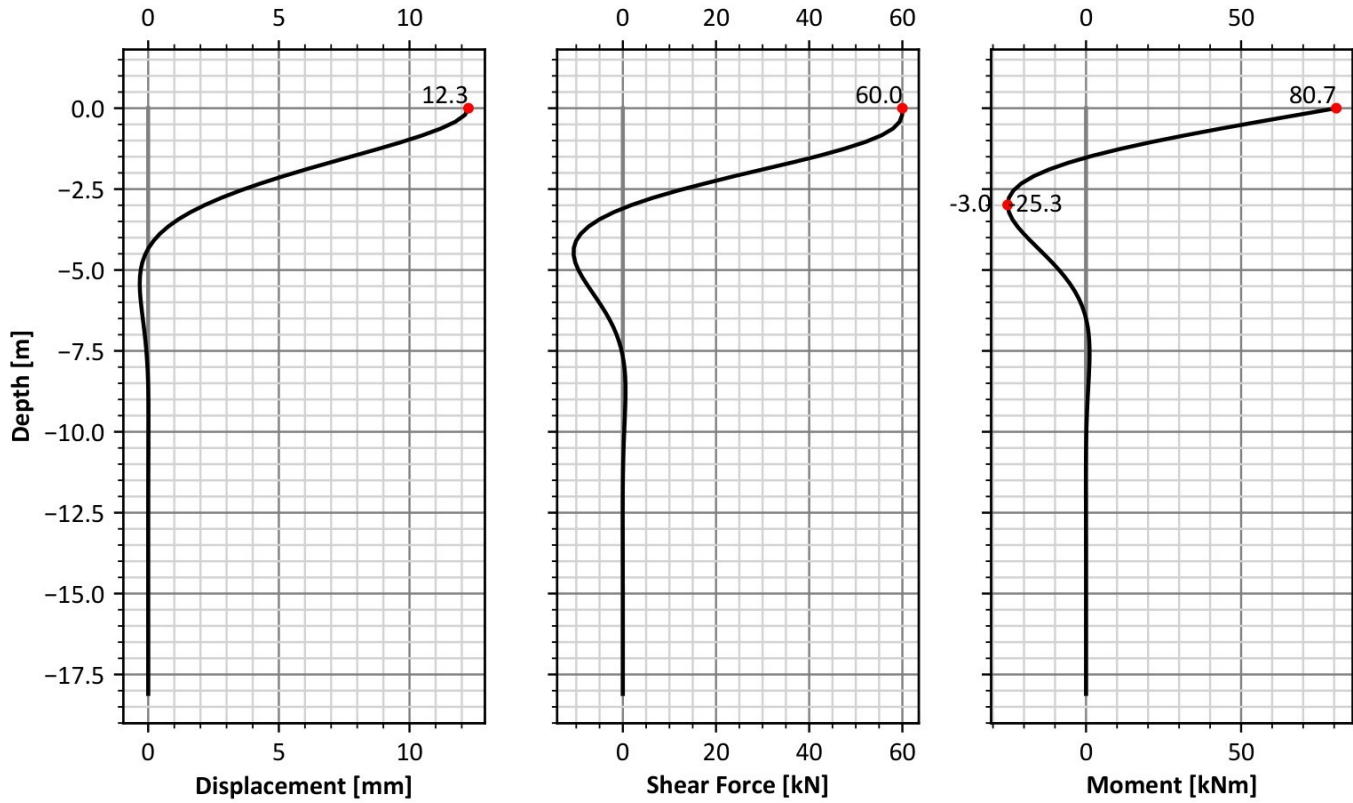


Project: Maxima centrale
Projectnummer: 90328-1
Plaats: Lelystad
Datum: 26-2-2026
Tijd: 11:32:39
Created by D-Pile Group version 20.2

ø273-290 H= 60.0 kN (Scharnierend)



ø273-290 H= 60.0 kN (Ingeklemd)



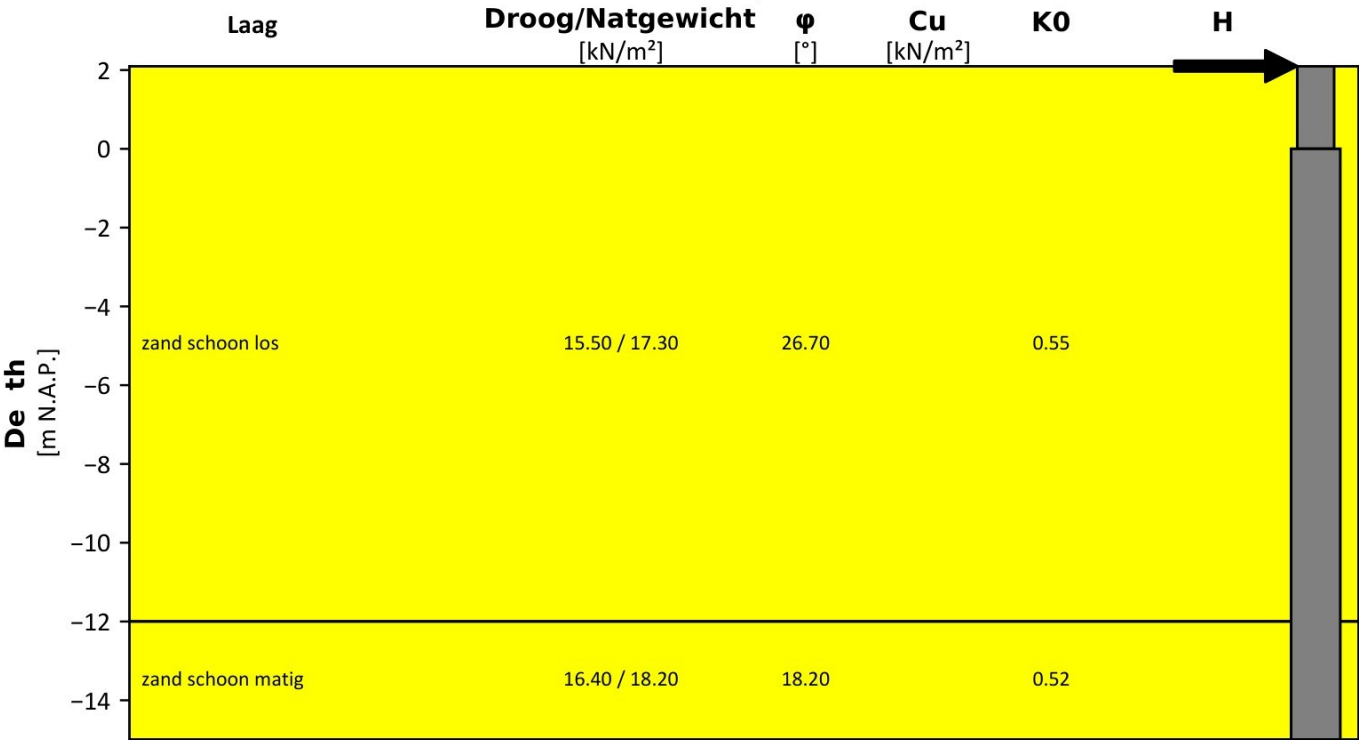
Project: Maxima centrale
Projectnummer: 90328-1
Plaats: Lelystad
Datum: 26-2-2026
Tijd: 11:32:59
Created by D-Pile Group version 20.2

Horizontale paalberekening

Type funderingspaal

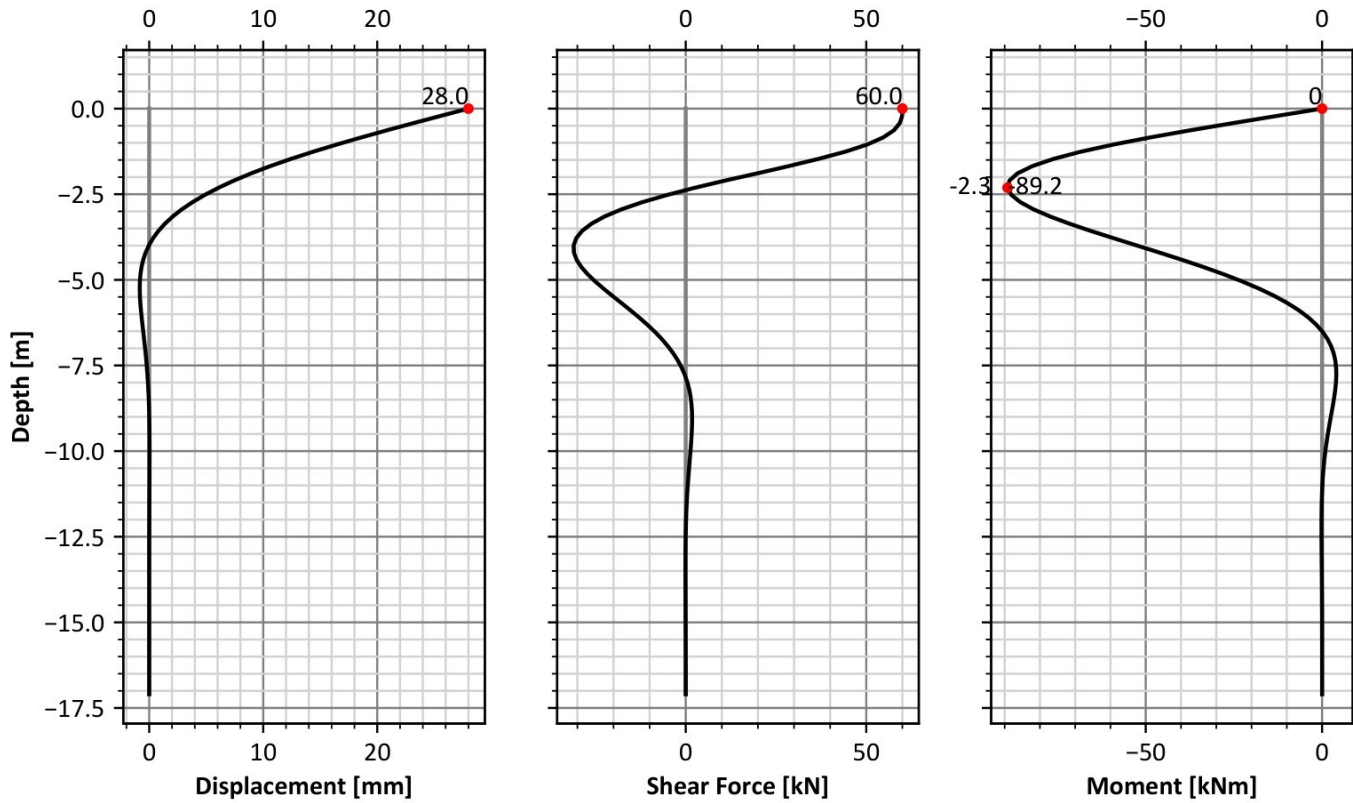
Paal naam:	ø324-340		
Paal type:	Round		
Segmenten:	1	2	
Paal diameter:	[m]	0.322	0.324
Paal lengte:	[m]	2.10	15.00
E-Modulus:	[GPa]	20.0	1e-06
EI:	[kN/m²]	24375	27704
EA:	[kN]	312e+4	338e+4

Bodemopbouw



Project: Maxima centrale
Projectnummer: 90328-1
Plaats: Lelystad
Datum: 26-2-2026
Tijd: 11:32:59
Created by D-Pile Group version 20.2

ø324-340 H= 60.0 kN (Scharnierend)



ø324-340 H= 60.0 kN (Ingeklemd)

