

MEMO

Onze ref. : AA18876-1mm2
Datum : 16 december 2019
Bestemd voor : IMD Raadgevende Ingenieurs
Attentie van : mevr. Ir. T. Bakal
Afzender : John Geertse
Direct : 0172-449828
E-mail : geertse@geomet.nl
Aantal pag's : 5 + 10



Curieweg 19
Postbus 670 2400 AR
NL- Alphen aan den Rijn

Betreft: Nieuwbouwproject Amstelkwartier 8A aan de Rademakersstraat te Amsterdam.

Beste Tana,

Hierbij doen we je een aanvullend voorlopig funderingsadvies toekomen voor de nieuwbouw aan de Rademakersstraat te Amsterdam. In vervolg op het voorlopige advies AA18876-1mm1 dd 11 december 2019, waarin schroefpalen met verloren punt zijn uitgewerkt, zijn in voorliggende rapportage vibropalen doorgerekend. Relevante aspecten zijn overgenomen. Het project wordt grotendeels voorzien van een kelder. Het bouwpeil wordt 1,08 m+ NAP. De onderkant van de kelder ligt op 3,26 m- peil (2,18 m- NAP) of 2,38 m- NAP.

Gelet op de aangetroffen bodemopbouw komt alleen een fundering op palen in aanmerking. In overleg is besloten een fundering op grondverdringende in de grond gevormde palen volgens het systeem vibro nader uit te werken.

De uit de constructie bepaalde rekenwaarde van de optredende belasting volgens NEN-EN 1990 en NEN-EN 1991 is 2000 kN en aan te houden paalafmetingen zijn in principe $\varnothing 456/510$ mm.

Het paal draagvermogen is bepaald conform NEN 9997-1:2016. In deze norm is vastgelegd dat vanaf 1 januari 2017 de paalklassefactor α_p voor de paalpunt verlaagd wordt met 30%.

Het per sondering aan te houden paalpuntniveau is gegeven in de overzichtstabel op bijlage 1. Variaties in bodemopbouw en benodigde lengte van de paal kunnen bij vibropalen in het werk worden opgevangen.

De rekenwaarde van de negatieve kleeft op de kelderwand bedraagt ca. 21 kN/m¹, uitgaande van een maaiveldniveau van 0,75 m+ NAP en onderkant constructie op ca. 2,4 m- NAP, zie bijlage 2.3.

berekeningen

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

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



De maximale draagkracht van de paalpunt is berekend met de 4D/8D methode van Koppejan. Voor de berekening van het puntdraagvermogen geldt een paalklassefactor α_p van 0,7 en verder zijn β en s gelijk aan 1,0 uitgaande van een verhouding tussen de oppervlakten van paalpunt en paalschacht kleiner dan 1,5 en volledige betondruk op de grond tijdens het trekken van de buis. De maximale schachtwrijving is bepaald aan de hand van een percentage van de gemiddelde conusweerstand. De aan te houden paalklassefactor α_s is 0,014, ervan uitgaande dat de buis heidend wordt getrokken.

Onderscheid is gemaakt in palen buiten de kelder en randpalen ten opzichte van palen onder de kelder. In geval van palen buiten de kelder geldt de maximale negatieve kleeft en is geen rekening gehouden met een reductie op de conusweerstand. Voor de palen onder de kelder geldt het verlaagde maaiveld onder de kelder (gunstig effect), maar wel in combinatie met een reductie op de conusweerstand vanwege de ontgravingen (ongunstig effect). De verschillen in beschikbaar paal draagvermogen zijn beperkt. De palen buiten de kelder zijn maatgevend. De resultaten van deze berekeningen zijn in bijlage 1 gepresenteerd.

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

Iedere sondering is in principe als een afzonderlijk rekenelement te beschouwen, maar bij de bepaling van het paalpuntniveau wordt ook rekening gehouden met de resultaten van omliggende sonderingen. In bijlage 1 zijn de geadviseerde puntniveaus vermeld en op bijlage 3.5 t/m 3.8 de berekeningsresultaten. Voor de tabellen geldt dat de berekening plaatsvindt op basis van de door de adviseur geïnterpreteerde waarden vanuit de sonderingen. Praktische aspecten van paalinstallatie zijn deels meegewogen bij bepaling van het draagvermogen.

Bij een uniforme bodemopbouw mag het draagvermogen worden gelijkgesteld aan de gemiddelde waarde op basis van ξ_3 , waarbij tevens geldt dat deze niet hoger mag zijn dan de laagste waarde met ξ_4 in de betreffende groep. Bij toepassing van een gemiddelde waarde van de draagkracht mag de variatiecoëfficiënt maximaal 12% zijn. Bij dit project is gerekend met een draagvermogen op basis van een gemiddelde.

Bij het bepalen van de benodigde paalpuntniveaus is rekening gehouden met het ontstaan van negatieve kleeft langs de paalschacht. De samendrukbare lagen boven de vaste zandlaag kunnen hierdoor een zetting ondergaan die groter is dan de paalverplaatsing welke nodig is voor het ontwikkelen van het draagvermogen. Een berekening van de negatieve kleeftbelasting volgens NEN 9997-1 is op bijlage 2.1 (buiten de kelder) en 2.2 (onder de kelder) gepresenteerd.

paalwapening en betonkwaliteit

De wapening en betonkwaliteit moeten door de constructeur of leverancier worden bepaald op basis van optredende belastingen in gebruiksfase en uitvoeringsfase. Bij de dimensionering moet rekening worden gehouden met horizontale grondverplaatsingen en trekbelastingen ten gevolge van ontgravingen na paalinstallatie, het gewicht van de heistelling en grondverdringing door installatie van omliggende palen. Alle palen moeten worden voorzien van een wapeningskorf tot in de funderingszandlaag.

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

vervormingen

De zakking voor het ontwikkelen van het grondmechanisch draagvermogen is bepaald op ca. 20 tot 23 mm voor een paalafmeting $\varnothing 456/510$ mm. Het betreft de paalkopzakking van een alleenstaande paal volgens NEN 9997-1 in de bruikbaarheidsgrenstoestand. De berekening is gepresenteerd op bijlage 4.3 en 4.4. De maximale waarde van de representatieve paalkopbelasting $F_{c,rep}$ is bepaald voor een partiële factor $\gamma_F = 1,25$ uit de constructieve berekening. De berekende zakking is inclusief de elastische verkorting van de paal, waarbij een E-modulus van 20.000 N/mm^2 is aangehouden.

Op bijlage 4.3 en 4.4 is op basis van bovengenoemde uitgangspunten de relatie tussen de representatieve waarde van de paalbelasting en de paalpuntzakking s_b gegeven. De grafiek geeft de mogelijk optredende waarde van de paalpuntzakking voor statische belasting, rekening houdend met enige variatie in de vastheid van het zandpakket. Op bijlage 4.3 en 4.4 is tevens de veerstijfheid van de paal vermeld. Voor kortdurende belastingen zoals wind zijn hogere veerstijfheden toepasbaar. Bij de bepaling van de veerstijfheid in de uiterste grenstoestand is een partiële factor voor vervormingen $\gamma_{m,k} = 1,30$ gehanteerd.

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

INSTALLATIE VIBROPALLEN

De vibropalen dienen te worden geïnstalleerd door een hierin gespecialiseerd en gerenommeerd bedrijf.

Het inbrengen van de stalen buis dient bij voorkeur te worden uitgevoerd met een regelbaar heimiddel. Bij de keuze van het heiblok dient rekening te worden gehouden met energieverliezen. Deze verliezen zijn afhankelijk van het type heimiddel, heimuts, ouderdom en slijtage van het blok. De zwaarte van het blok dient zodanig te zijn dat in de funderingszandlaag een voldoende hoge kalenderwaarde wordt bereikt om het benodigde basisniveau te kunnen verifiëren. Het energieniveau dient te worden afgesteld, waarbij de kalenderwaarde ter plaatse van de sonderingen in principe tussen 15 à 25 slagen per tocht van 0,25 meter zal bedragen. De gegevens verkregen op de sonderingen vormen de leidraad voor de beoordeling van het draagvermogen van de tussen de sonderingen geïnstalleerde palen.

Bij verschillen in inheinniveau dient van laag naar hoog te worden geheid, zodat een betere controle op het heiwerk mogelijk is. Teneinde voldoende inzicht te verkrijgen in de opbouw van het paal draagvermogen en de overgangen in de niveaus tussen de sonderingen is het noodzakelijk dat de kalenderwaarde wordt vastgelegd in de funderingszandlaag vanaf de bovenkant van het positieve kleeft raject.

Als het basisniveau is bereikt moet bij iedere paal een controle plaatsvinden op waterindringing in de buis. De wapeningskorf moet voldoende sterkte en stijfheid hebben zodat hij zonder blijvende vervorming kan worden getransporteerd en ingehangen. De buis dient tot boven het maaiveld te worden gevuld met plastische beton. Vooral bij langere wapeningslengtes moet rekening worden gehouden met een afname van de betondruk aan de onderzijde van de buis. Tijdens het trekken is een voldoende uitstroomdruk in de funderingszandlaag belangrijk om te voldoen aan de uitgangspunten van het grondmechanisch draagvermogen. Maatregelen om de uitstroomdruk te verhogen zijn toepassing van een zeer plastisch betonmengsel met fijn toeslagmateriaal, het ophangen van de wapeningskorf op minimaal 0,5 meter boven de punt en het in aanvang aanbrengen van overhoogte van het beton in de buis. Tijdens het trekken van de buis moet worden gecontroleerd of het nettendraad strak blijft staan. Het bijvullen van het beton mag alleen plaatsvinden zolang onderkant buis nog in de funderingszandlaag hangt. Het is van belang dat de treksnelheid is afgestemd op de uitstroomsnelheid van het beton, teneinde de kans op insnoeringen te beperken. Het lager afstorten dan tot het werkniveau is niet toegestaan.

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

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

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

Alle verzamelde gegevens moeten worden vastgelegd. Dit geldt niet alleen voor het uiteindelijk bereikte inheinniveau en de gevonden kalenderwaarden, maar ook type heiblok en afstelling, heivolgorde en overige bijzonderheden.

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

Met vriendelijke groet,

John Geertse

OVERZICHTSTABEL PAALDRAAGVERMOGEN

(volgens NEN 9997-1:2016)

Vibropalen	
paalafmeting	ø456/510 mm
rekenwaarde paalbelasting	$F_{c,d} = 2000$ kN
paalpuntniveau	24,5 m- NAP
sonderingen	01 t/m 13
$R_{c,netto;d}$ minimum met ξ_4	2334 kN
$R_{c,netto;d}$ gemiddeld met ξ_3	2060 kN
standaarddeviatie	110 kN
variatiecoëfficiënt	5,3 %
$R_{c,netto;d}$	2060 kN

BEPALING REKENWAARDE MAXIMALE NEGATIEVE KLEEFBELASTING

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

Maaiveld: 0,75 m NAP
 Grondwaterstand: -0,50 m NAP
 Bovenbelasting: 0,00 kN/m²
 Paaltype: 9 Schroefpaal met verloren punt
 Schachtdiameter d_s : 510 mm
 Paaloppervlak: 2 in de grond gevormd
 Grondoppervlak A: 0,00 m² (alleenstaande paal)
 Paalomtrek $O_{s;gem}$: 1,60 meter
 Partiële belastingsfactor $\gamma_{f,nk}$: 1,00 (-)

laag	o.k. laag m NAP	$\gamma_{j;rep}$ kN/m ³	$\phi'_{j;rep}$ (°)	$K_0 \cdot \tan \delta_j$ (-)	m_j (-)	$\sigma'_{v,j;rep}$ kN/m ²	$\sigma'_{v,j;sur;rep}$ kN/m ²	$\sigma'_{v,j;m;rep}$ kN/m ²	$F_{nk;rep}$ kN
0	0,75					0,00	0,00	0,00	0,00
1	-0,50	17,00	30,00	0,289	0,000	21,25	21,25	21,25	6,14
2	-4,50	20,00	30,00	0,289	0,000	61,25	61,25	61,25	82,46
3	-6,50	12,00	17,50	0,250	0,000	65,25	65,25	65,25	133,13
4	-11,00	15,00	20,00	0,250	0,000	87,75	87,75	87,75	271,02
5	-11,75	12,00	17,50	0,250	0,000	89,25	89,25	89,25	297,61
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

De representatieve waarde van de maximale negatieve kleeft bedraagt:

$$F_{nk;rep} = 298 \text{ kN}$$

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

$$F_{nk;d} = 298 \text{ kN}$$

Negatieve kleeft bij overige paalafmetingen:

$$F_{nk;d} = 186 \text{ kN/m}^1 \text{ paalomtrek}$$

BEPALING REKENWAARDE MAXIMALE NEGATIEVE KLEEFBELASTING

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

Maaiveld: -2,20 m NAP
 Grondwaterstand: -2,20 m NAP
 Bovenbelasting: 0,00 kN/m²
 Paaltype: 9 Schroefpaal met verloren punt
 Schachtdiameter d_s : 510 mm
 Paaloppervlak: 2 in de grond gevormd
 Grondoppervlak A: 0,00 m² (alleenstaande paal)
 Paalomtrek $O_{s;gem}$: 1,60 meter
 Partiële belastingsfactor $\gamma_{f,nk}$: 1,00 (-)

laag	o.k. laag m NAP	$\gamma_{j;rep}$ kN/m ³	$\phi'_{j;rep}$ (°)	$K_0 \cdot \tan \delta_j$ (-)	m_j (-)	$\sigma'_{v,j;rep}$ kN/m ²	$\sigma'_{v,j;sur;rep}$ kN/m ²	$\sigma'_{v,j;m;rep}$ kN/m ²	$F_{nk;rep}$ kN
0	-2,20					0,00	0,00	0,00	0,00
1	-2,20	17,00	30,00	0,289	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-4,50	20,00	30,00	0,289	0,000	23,00	23,00	23,00	12,23
3	-6,50	12,00	17,50	0,250	0,000	27,00	27,00	27,00	32,26
4	-11,00	15,00	20,00	0,250	0,000	49,50	49,50	49,50	101,21
5	-11,75	12,00	17,50	0,250	0,000	51,00	51,00	51,00	116,30
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

De representatieve waarde van de maximale negatieve kleeft bedraagt:

$$F_{nk;rep} = 116 \text{ kN}$$

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

$$F_{nk;d} = 116 \text{ kN}$$

Negatieve kleeft bij overige paalafmetingen:

$$F_{nk;d} = 73 \text{ kN/m}^1 \text{ paalomtrek}$$

BEPALING REKENWAARDE MAXIMALE NEGATIEVE KLEEFBELASTING

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

Maaiveld: 0,75 m NAP
 Grondwaterstand: -2,40 m NAP
 Bovenbelasting: 0,00 kN/m²
 Paaltype: 2 Prefab betonpaal
 Schachtdiameter d_s : 250 mm
 Paaloppervlak: 1 glad
 Grondoppervlak A: 0,00 m² (alleenstaande paal)
 Paalomtrek $O_{s;gem}$: 1,00 meter
 Partiële belastingsfactor $\gamma_{f,nk}$: 1,00 (-)

laag	o.k. laag m NAP	$\gamma_{j;rep}$ kN/m ³	$\phi'_{j;rep}$ (°)	$K_0 \cdot \tan \delta_j$ (-)	m_j (-)	$\sigma'_{v,j;rep}$ kN/m ²	$\sigma'_{v,j;sur;rep}$ kN/m ²	$\sigma'_{v,j;m;rep}$ kN/m ²	$F_{nk;rep}$ kN
0	0,75					0,00	0,00	0,00	0,00
1	-2,40	17,00	30,00	0,250	0,000	53,55	53,55	53,55	21,09
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

De representatieve waarde van de maximale negatieve kleeft bedraagt:

$$F_{nk;rep} = 21 \text{ kN}$$

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

$$F_{nk;d} = 21 \text{ kN}$$

Negatieve kleeft bij overige paalafmetingen:

$$F_{nk;d} = 21 \text{ kN/m}^1 \text{ paalomtrek}$$

BEPALING REKENWAARDE MAXIMALE DRAAGKRACHT

Rekenmethode volgens NEN 9997-1:2016, geldig vanaf 1 januari 2017

Netto rekenwaarde maximale draagkracht	$R_{c,netto;d} = R_{c;d} - F_{nk;d}$
Rekenwaarde maximale draagkracht	$R_{c;d} = R_{b;k}/\gamma_b + R_{s;k}/\gamma_s$
Karakteristieke draagkracht alleenstaande paal	$R_{c;k} = \text{Min} \{ (R_{b,cal} + R_{s,cal})_{gem} / \xi_3; (R_{b,cal} + R_{s,cal})_{min} / \xi_4 \}$
Maximale draagkracht paalpunt	$R_{b,cal,max;i} = A_{punt} * q_{b,max;i}$
Maximale schachtwrijvingskracht	$R_{s,cal,max;i} = O_{s;\Delta L,gem} * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a}$
Maximale puntweerstand	$q_{b,max;i} = 1/2 * \alpha_p * \beta * s * (1/2 * (q_{c;l,gem} + q_{c;ll,gem}) + q_{c;lll,gem})$

Paaltype	: Vibropaal (heind getrokken)	
Schachtafmeting	d_s : Ø 456 mm	
Puntafmeting	D_p : Ø 510 mm	H_{voet} : 0 mm
Paalklassefactor punt	α_p : 0,70	grondsoort : zand
Paalklassefactor schacht	α_s : 0,014	OCR : 1,00
Paalvoetvormfactor	β : 1,00	D_{eq}^2 / d_{eq}^2 : 1,25
Vormfactor paalvoetdwarsdoorsnede	s : 1,00	H_v / D_{eq} : 0,00
Correctiefactor ontgraving q_b	: 1,00	Stijf bouwwerk : nee
Correctiefactor ontgraving $q_{c;z;a}$: 1,00	Aantal sonderingen n : 4
Correctiefactor verdichting $q_{c;lll}$ en $q_{c;z;a}$: 1,00	Correlatiefactor $R_{c,cal,gem}$ ξ_3 : 1,28
Correctiefactor verdichting 4D onder punt	: 1,00	Correlatiefactor $R_{c,cal,min}$ ξ_4 : 1,03
Negatieve kleef $F_{nk;d}$	Waarde 1 : 186 kN/m ¹	Materiaalfactoren γ_b, γ_s : 1,20
	Waarde 2 : 0 kN/m ¹	Belastingvariatiefactor $\gamma_{m,var;q_c}$: 1,00

sond nr	punt m NAP	$q_{c;l,gem}$	$q_{c;ll,gem}$ MPa	$q_{c;lll,gem}$	ΔL m	$q_{c;z;a}$ MPa	$q_{b,max}$ MPa	$R_{b,cal,max}$ kN	$R_{s,cal,max}$ kN	$R_{c;d}$ ξ_3 kN	$F_{nk;d}$ kN	$R_{c,netto;d}$ ξ_4 kN	$R_{c,netto;d}$ ξ_3 kN
1	-24,00	33,1	30,7	14,8	1,50	15,0	15,00	3064	451	2289	266	2578	2023
	-25,00	33,1	33,0	21,8	2,50	15,0	15,00	3064	752	2485	266	2822	2218
	-26,00	40,6	40,3	29,4	3,50	15,0	15,00	3064	1053	2680	266	3065	2414
2	-24,00	28,8	23,7	9,9	1,00	15,0	12,67	2588	301	1881	266	2071	1615
	-24,50	28,5	23,8	12,5	1,50	15,0	13,52	2762	451	2092	266	2334	1826
	-25,00	26,4	26,0	15,0	2,00	15,0	14,41	2943	602	2308	266	2602	2042
	-25,50	32,9	32,7	17,8	2,50	15,0	15,00	3064	752	2485	266	2822	2218
	-26,00	34,3	34,0	21,3	3,00	15,0	15,00	3064	903	2583	266	2943	2316
3	-24,00	30,2	29,0	14,0	1,50	15,0	15,00	3064	451	2289	266	2578	2023
	-25,00	30,2	29,9	20,4	2,50	15,0	15,00	3064	752	2485	266	2822	2218
	-26,00	36,7	36,0	27,1	3,50	15,0	15,00	3064	1053	2680	266	3065	2414
4	-24,00	25,0	23,3	11,9	1,50	15,0	12,60	2573	451	1969	266	2181	1703
	-24,50	24,0	23,4	14,4	2,00	15,0	13,31	2720	602	2162	266	2421	1896
	-25,00	27,1	25,9	16,9	2,50	15,0	15,00	3064	752	2485	266	2822	2218
	-26,00	29,8	29,8	22,2	3,50	15,0	15,00	3064	1053	2680	266	3065	2414
5	-24,00	30,7	29,1	17,7	1,50	15,0	15,00	3064	451	2289	266	2578	2023
	-25,00	37,4	34,9	24,4	2,50	15,0	15,00	3064	752	2485	266	2822	2218
	-26,00	37,6	35,0	30,5	3,50	15,0	15,00	3064	1053	2680	266	3065	2414
6	-24,00	29,7	29,5	17,2	1,50	15,0	15,00	3064	451	2289	266	2578	2023
	-25,00	31,0	29,8	23,7	2,50	15,0	15,00	3064	752	2485	266	2822	2218
	-26,00	35,8	35,8	28,9	3,50	15,0	15,00	3064	1053	2680	266	3065	2414
7	-24,00	33,9	32,4	17,2	1,50	15,0	15,00	3064	451	2289	266	2578	2023
	-25,00	34,9	34,9	24,5	2,50	15,0	15,00	3064	752	2485	266	2822	2218
	-26,00	37,8	37,8	31,1	3,50	15,0	15,00	3064	1053	2680	266	3065	2414
8	-24,00	34,7	30,7	17,9	1,50	15,0	15,00	3064	451	2289	266	2578	2023
	-25,00	35,6	33,9	24,8	2,50	15,0	15,00	3064	752	2485	266	2822	2218
	-26,00	38,1	37,8	31,1	3,50	15,0	15,00	3064	1053	2680	266	3065	2414
9	-24,00	32,1	32,1	13,4	1,50	15,0	15,00	3064	451	2289	266	2578	2023
	-25,00	34,4	34,1	20,4	2,50	15,0	15,00	3064	752	2485	266	2822	2218
	-26,00	36,8	36,8	27,6	3,50	15,0	15,00	3064	1053	2680	266	3065	2414
10	-24,00	31,8	30,4	12,6	1,50	14,9	15,00	3064	450	2288	266	2577	2022
	-25,00	32,4	31,8	19,6	2,50	15,0	15,00	3064	751	2484	266	2820	2218
	-26,00	36,4	36,4	26,7	3,50	15,0	15,00	3064	1051	2679	266	3064	2413
11	-24,00	26,3	22,5	11,4	1,50	15,0	12,54	2562	451	1962	266	2172	1695
	-24,50	25,8	22,3	13,8	2,00	15,0	13,24	2705	602	2153	266	2409	1887
	-25,00	28,3	28,3	16,2	2,50	15,0	15,00	3064	752	2485	266	2822	2218
	-25,50	32,4	32,4	19,2	3,00	15,0	15,00	3064	903	2583	266	2943	2316

Paaltype (*) : Vibropaal (heidend getrokken)

dschacht :
Dpunt :Ø 456 mm
Ø 510 mm

sond nr	punt m NAP	q _{c,I,gem}	q _{c,II,gem} MPa	q _{c,III,gem}	ΔL m	q _{c,z,a} MPa	q _{b,max} MPa	R _{b,cal,max}	R _{s,cal,max} kN	R _{c,d} ξ ₃ kN	F _{nk,d} kN	R _{c,netto,d} ξ ₄ kN	R _{c,netto,d} ξ ₃ kN
11	-26,00	37,4	36,8	22,6	3,50	15,0	15,00	3064	1053	2680	266	3065	2414
12	-24,00	27,3	26,7	11,8	1,50	15,0	13,59	2777	451	2102	266	2346	1836
	-24,50	27,4	27,3	14,8	2,00	15,0	14,77	3017	602	2356	266	2661	2090
	-25,00	29,8	29,8	17,9	2,50	15,0	15,00	3064	752	2485	266	2822	2218
	-25,50	37,2	37,1	21,1	3,00	15,0	15,00	3064	903	2583	266	2943	2316
	-26,00	39,2	38,7	25,1	3,50	15,0	15,00	3064	1053	2680	266	3065	2414
13	-24,00	31,5	24,5	12,7	1,50	15,0	14,27	2916	451	2192	266	2458	1926
	-24,50	30,0	24,5	15,4	2,00	15,0	14,94	3052	602	2379	266	2690	2113
	-25,00	28,1	27,8	18,1	2,50	15,0	15,00	3064	752	2485	266	2822	2218
	-25,50	39,2	39,2	21,1	3,00	15,0	15,00	3064	903	2583	266	2943	2316
	-26,00	40,1	39,7	25,1	3,50	15,0	15,00	3064	1053	2680	266	3065	2414
1	-24,50	32,6	30,7	18,3	2,00	15,0	15,00	3064	602	2387	266	2700	2121
3	-24,50	30,0	29,0	17,2	2,00	15,0	15,00	3064	602	2387	266	2700	2121
5	-24,50	29,5	29,5	20,9	2,00	15,0	15,00	3064	602	2387	266	2700	2121
6	-24,50	29,8	29,6	20,4	2,00	15,0	15,00	3064	602	2387	266	2700	2121
7	-24,50	33,1	32,5	20,9	2,00	15,0	15,00	3064	602	2387	266	2700	2121
8	-24,50	32,7	30,7	21,3	2,00	15,0	15,00	3064	602	2387	266	2700	2121
9	-24,50	33,6	31,4	16,9	2,00	15,0	15,00	3064	602	2387	266	2700	2121
10	-24,50	32,4	31,1	16,1	2,00	15,0	15,00	3064	600	2386	266	2699	2120



BEPALING REKENWAARDE MAXIMALE DRAAGKRACHT

Rekenmethode volgens NEN 9997-1:2016, geldig vanaf 1 januari 2017

Netto rekenwaarde maximale draagkracht

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

Rekenwaarde maximale draagkracht

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

Karakteristieke draagkracht alleenstaande paal

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

Maximale draagkracht paalpunt

$$R_{b,cal,max,i} = A_{punt} \cdot q_{b,max,i}$$

Maximale schachtwrijvingskracht

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

Maximale puntweerstand

$$q_{b,max,i} = 1/2 \cdot \alpha_p \cdot \beta \cdot s \cdot (1/2 \cdot (q_{c,l,gem} + q_{c,ll,gem}) + q_{c,ill,gem})$$

Paaltype : Vibropaal (heidend getrokken)

Schachtafmeting

 d_s : Ø 456 mm

Puntafmeting

 D_p : Ø 510 mm H_{voet} : 0 mm

Paalklassefactor punt

 α_p : 0,70

grondsoort : zand

Paalklassefactor schacht

 α_s : 0,014

OCR : 1,00

Paalvoetvormfactor

 β : 1,00 D_{eq}^2 / d_{eq}^2 : 1,25

Vormfactor paalvoetdwarsdoorsnede

 s : 1,00 H_v / D_{eq} : 0,00Correctiefactor ontgraving q_b

: 0,97

Stijf bouwwerk

: nee

Correctiefactor ontgraving $q_{c,z,a}$

: 0,97

Aantal sonderingen

 n : 4Correctiefactor verdichting $q_{c,ill}$ en $q_{c,z,a}$

: 1,00

Correlatiefactor $R_{c,cal,gem}$ ξ_3 : 1,28

Correctiefactor verdichting 4D onder punt

: 1,00

Correlatiefactor $R_{c,cal,min}$ ξ_4 : 1,03Negatieve kleef $F_{nk,d}$ Waarde 1 : 73 kN/m¹

Materiaalfactoren

 γ_b, γ_s : 1,20Waarde 2 : 0 kN/m¹

Belastingvariatiëfactor

 $\gamma_{m,var,qc}$: 1,00

sond nr	punt m NAP	$q_{c,l,gem}$	$q_{c,ll,gem}$ MPa	$q_{c,ill,gem}$	ΔL m	$q_{c,z,a}$ MPa	$q_{b,max}$ MPa	$R_{b,cal,max}$ kN	$R_{s,cal,max}$ kN	$R_{c,d}$ ξ_3 kN	$F_{nk,d}$ kN	$R_{c,netto,d}$ ξ_4 kN	$R_{c,netto,d}$ ξ_3 kN
1	-24,00	32,1	29,8	14,3	1,50	15,0	15,00	3064	451	2289	104	2740	2185
	-25,00	32,1	32,1	21,1	2,50	15,0	15,00	3064	752	2485	104	2984	2381
	-26,00	39,4	39,1	28,5	3,50	15,0	15,00	3064	1053	2680	104	3227	2576
2	-24,00	28,0	23,0	9,6	1,00	15,0	12,29	2510	301	1830	104	2170	1726
	-24,50	27,7	23,1	12,1	1,50	15,0	13,12	2680	451	2038	104	2429	1934
	-25,00	25,6	25,3	14,5	2,00	15,0	13,98	2855	602	2251	104	2693	2147
3	-25,50	31,9	31,7	17,3	2,50	15,0	15,00	3064	752	2485	104	2984	2381
	-26,00	33,3	33,0	20,6	3,00	15,0	15,00	3064	903	2583	104	3105	2479
	-24,00	29,3	28,1	13,5	1,50	15,0	14,79	3021	451	2260	104	2705	2156
4	-25,00	29,3	29,0	19,8	2,50	15,0	15,00	3064	752	2485	104	2984	2381
	-26,00	35,6	34,9	26,3	3,50	15,0	15,00	3064	1053	2680	104	3227	2576
	-24,00	24,2	22,6	11,5	1,50	15,0	12,22	2496	451	1919	104	2281	1815
5	-24,50	23,2	22,7	13,9	2,00	15,0	12,92	2638	602	2109	104	2517	2005
	-25,00	26,3	25,2	16,4	2,50	15,0	14,73	3009	752	2449	104	2939	2345
	-26,00	28,9	28,9	21,5	3,50	15,0	15,00	3064	1053	2680	104	3227	2576
6	-24,00	29,7	28,2	17,1	1,50	15,0	15,00	3064	451	2289	104	2740	2185
	-25,00	36,3	33,9	23,6	2,50	15,0	15,00	3064	752	2485	104	2984	2381
	-26,00	36,5	33,9	29,6	3,50	15,0	15,00	3064	1053	2680	104	3227	2576
7	-24,00	28,8	28,6	16,7	1,50	15,0	15,00	3064	451	2289	104	2740	2185
	-25,00	30,1	28,9	23,0	2,50	15,0	15,00	3064	752	2485	104	2984	2381
	-26,00	34,7	34,7	28,0	3,50	15,0	15,00	3064	1053	2680	104	3227	2576
8	-24,00	32,8	31,4	16,7	1,50	15,0	15,00	3064	451	2289	104	2740	2185
	-25,00	33,9	33,9	23,8	2,50	15,0	15,00	3064	752	2485	104	2984	2381
	-26,00	36,6	36,6	30,2	3,50	15,0	15,00	3064	1053	2680	104	3227	2576
9	-24,00	33,7	29,8	17,4	1,50	15,0	15,00	3064	451	2289	104	2740	2185
	-25,00	34,5	32,9	24,0	2,50	15,0	15,00	3064	752	2485	104	2984	2381
	-26,00	36,9	36,7	30,2	3,50	15,0	15,00	3064	1053	2680	104	3227	2576
10	-24,00	31,1	31,1	13,0	1,50	15,0	15,00	3064	451	2289	104	2740	2185
	-25,00	33,4	33,1	19,8	2,50	15,0	15,00	3064	752	2485	104	2984	2381
	-26,00	35,7	35,7	26,8	3,50	15,0	15,00	3064	1053	2680	104	3227	2576
11	-24,00	30,9	29,5	12,3	1,50	14,9	14,86	3035	449	2268	104	2715	2164
	-25,00	31,4	30,8	19,0	2,50	15,0	15,00	3064	750	2483	104	2982	2379
	-26,00	35,3	35,3	25,9	3,50	15,0	15,00	3064	1051	2679	104	3225	2575
	-24,00	25,6	21,8	11,1	1,50	15,0	12,16	2485	451	1912	104	2272	1808
	-24,50	25,0	21,7	13,4	2,00	15,0	12,85	2624	602	2100	104	2506	1996
	-25,00	27,5	27,5	15,7	2,50	15,0	15,00	3064	752	2485	104	2984	2381
	-25,50	31,4	31,4	18,6	3,00	15,0	15,00	3064	903	2583	104	3105	2479



Paaltype (*) : Vibropaal (heidend getrokken)

dschacht :
Dpunt :Ø 456 mm
Ø 510 mm

sond nr	punt m NAP	q _{c,I,gem}	q _{c,II,gem} MPa	q _{c,III,gem}	ΔL m	q _{c,z,a} MPa	q _{b,max} MPa	R _{b,cal,max}	R _{s,cal,max} kN	R _{c,d} ξ ₃ kN	F _{nk,d} kN	R _{c,netto,d} ξ ₄ kN	R _{c,netto,d} ξ ₃ kN
11	-26,00	36,3	35,7	21,9	3,50	15,0	15,00	3064	1053	2680	104	3227	2576
12	-24,00	26,5	25,9	11,5	1,50	15,0	13,19	2694	451	2048	104	2441	1944
	-24,50	26,6	26,5	14,4	2,00	15,0	14,32	2926	602	2297	104	2750	2193
	-25,00	28,9	28,9	17,3	2,50	15,0	15,00	3064	752	2485	104	2984	2381
	-25,50	36,1	36,0	20,5	3,00	15,0	15,00	3064	903	2583	104	3105	2479
	-26,00	38,0	37,6	24,3	3,50	15,0	15,00	3064	1053	2680	104	3227	2576
13	-24,00	30,6	23,8	12,4	1,50	15,0	13,84	2828	451	2135	104	2549	2031
	-24,50	29,1	23,8	15,0	2,00	15,0	14,49	2961	602	2319	104	2778	2215
	-25,00	27,2	27,0	17,6	2,50	15,0	15,00	3064	752	2485	104	2984	2381
	-25,50	38,1	38,1	20,5	3,00	15,0	15,00	3064	903	2583	104	3105	2479
	-26,00	38,9	38,5	24,3	3,50	15,0	15,00	3064	1053	2680	104	3227	2576
1	-24,50	31,6	29,8	17,8	2,00	15,0	15,00	3064	602	2387	104	2862	2283
3	-24,50	29,1	28,2	16,7	2,00	15,0	15,00	3064	602	2387	104	2862	2283
5	-24,50	28,6	28,6	20,3	2,00	15,0	15,00	3064	602	2387	104	2862	2283
6	-24,50	28,9	28,7	19,8	2,00	15,0	15,00	3064	602	2387	104	2862	2283
7	-24,50	32,1	31,5	20,2	2,00	15,0	15,00	3064	602	2387	104	2862	2283
8	-24,50	31,7	29,8	20,7	2,00	15,0	15,00	3064	602	2387	104	2862	2283
9	-24,50	32,6	30,5	16,4	2,00	15,0	15,00	3064	602	2387	104	2862	2283
10	-24,50	31,4	30,2	15,6	2,00	14,9	15,00	3064	599	2385	104	2860	2281

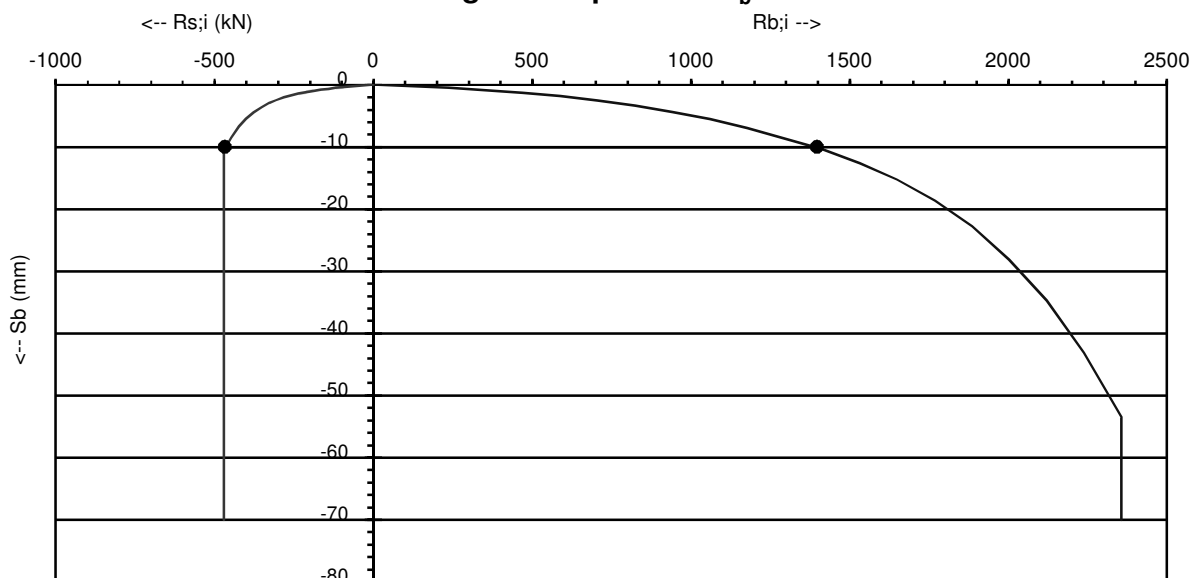
BEPALING PAALKOPZAKKING VOOR STATISCHE BELASTING

Rekenmethode volgens NEN 9997-1+ C1:2012, geldig tot 31 december 2016

Paalkopzакking $s = s_1 + s_2$

$s_1 = s_b + s_{el}$

Paaltype	:	Vibropaal (heidend getrokken)	
Schachtafmeting	d_s	: Ø 456 mm	d_{eq} : 456 mm
Puntafmeting	D_p	: Ø 510 mm	D_{eq} : 510 mm
Schachtdoorsnede	:	0,163 m ²	
E-modulus paalschacht	:	20.000 N/mm ²	alleenstaande paal
Sondering	:	12	m : 0,96 (-)
Paalkopniveau	:	0,50 m NAP	$\sigma'_{v;4D}$: 0 kPa
Paalpuntniveau	:	-24,50 m NAP	A_{4D} : 0,0 m ²
Begin afdracht positieve kleeft	:	-22,50 m NAP	$E_{ea,gem}$: 60 MPa
Representatieve paalkopbelasting $F_{c;rep}$:	1600 kN	
Representatieve negatieve kleeft $F_{nk;rep}$:	266 kN	
Maximale draagkracht paalpunt	$R_{b;cal;max}$: 3017 kN	Correlatiefactor ξ_3 : 1,28 (-)
Maximale schachtwrijving statisch	$R_{s;cal;max}$: 602 kN	Materiaalfactoren γ_b, γ_s : 1,00 (-)
Extra schachtwrijving bij korte duur	$R_{s;cal;max}$: 0 kN	

zakking van de paalvoet s_b 

$R_{b;max;i}$:	2357 kN
$R_{s;max;i}$:	470 kN
$R_{b;i}$:	1399 kN
$R_{s;i}$:	467 kN
$R_{s;korte\ duur;i}$:	0 kN
s_b	:	10,1 mm
s_{el}	:	13,2 mm
s_1	:	23,3 mm
s_2	:	0,0 mm
s	:	23,3 mm
veerstijfheid paalkop $k_{v;rep}$:	68.700 kN/m1
$\gamma_{m;kh}$:	1,3 (-)
rekenwaarde veerstijfheid $k_{v;d}$:	52.800 kN/m1

BEPALING PAALKOPZAKKING VOOR STATISCHE BELASTING

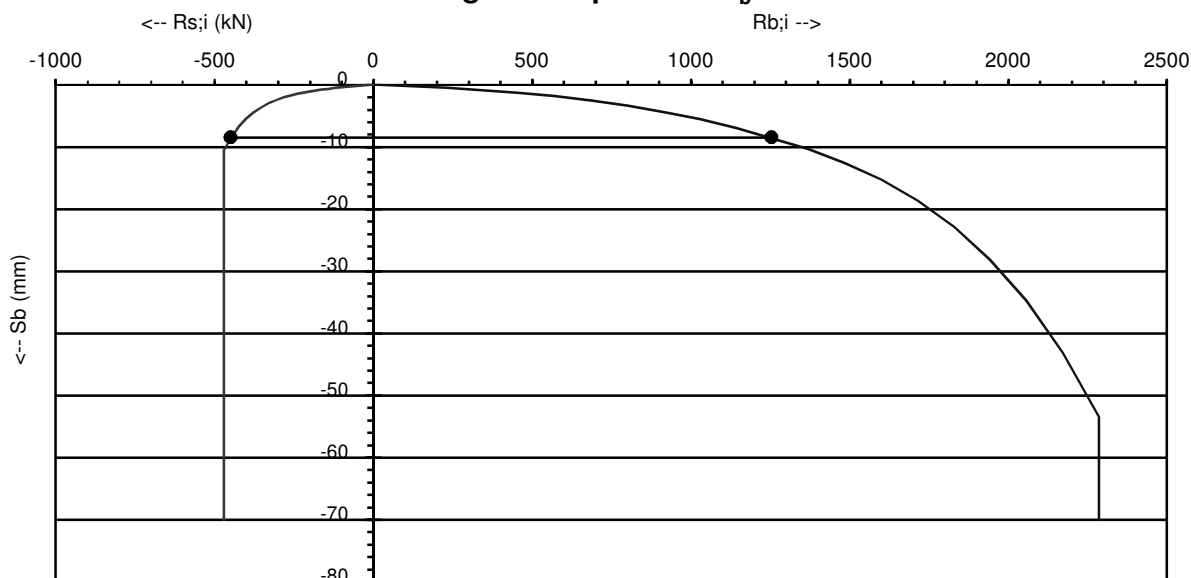
Rekenmethode volgens NEN 9997-1+ C1:2012, geldig tot 31 december 2016

Paalkopzакking $s = s_1 + s_2$

$s_1 = s_b + s_{el}$

Paaltype	:	Vibropaal (heidend getrokken)	
Schachtafmeting	d_s	: Ø 456 mm	d_{eq} : 456 mm
Puntafmeting	D_p	: Ø 510 mm	D_{eq} : 510 mm
Schachtdoorsnede	:	0,163 m ²	
E-modulus paalschacht	:	20.000 N/mm ²	alleenstaande paal
Sondering	:	12	m : 0,96 (-)
Paalkopniveau	:	-2,30 m NAP	$\sigma'_{v,4D}$: 0 kPa
Paalpuntniveau	:	-24,50 m NAP	A_{4D} : 0,0 m ²
Begin afdracht positieve kleeft	:	-22,50 m NAP	$E_{ea,gem}$: 60 MPa
Representatieve paalkopbelasting $F_{c,rep}$:	1600 kN	
Representatieve negatieve kleeft $F_{nk,rep}$:	104 kN	
Maximale draagkracht paalpunt	$R_{b,cal,max}$: 2926 kN	Correlatiefactor ξ_3 : 1,28 (-)
Maximale schachtwrijving statisch	$R_{s,cal,max}$: 602 kN	Materiaalfactoren γ_b, γ_s : 1,00 (-)
Extra schachtwrijving bij korte duur	$R_{s,cal,max}$: 0 kN	

zakking van de paalvoet s_b



$R_{b,max;i}$:	2286 kN
$R_{s,max;i}$:	470 kN
$R_{b,i}$:	1256 kN
$R_{s,i}$:	448 kN
$R_{s,korte\ duur;i}$:	0 kN
s_b	:	8,5 mm
s_{el}	:	11,1 mm
s_1	:	19,6 mm
s_2	:	0,0 mm
s	:	19,6 mm
veerstijfheid paalkop $k_{v,rep}$:	81.700 kN/m1
$\gamma_{m,kh}$:	1,3 (-)
rekenwaarde veerstijfheid $k_{v,d}$:	62.900 kN/m1