Nieuwbouw 6 woningen aan de Maasstraat 24 te Herten

Documentnummer: 2503154-RAP

SOCOTEC Geotechnics

Nieuwbouw 6 woningen aan de Maasstraat 24 te Herten

Opdrachtnummer: 2503154

Rapport betreffende
Resultaten geotechnisch onderzoek
Indicatief funderingsadvies

Documentnummer
2503154-RAP

Versie
1

Datum rapport
08-06-2026

Opdrachtgever
Niessen Onroerend Goed Ool BV

Opgesteld door:

Gecontroleerd door:

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING 1

2. PROJECTGEGEVENS 2

2.1 Projectlocatie 2
2.2 Bouwplan 3
2.3 Historie projectlocatie 3
2.4 Omgeving 3
2.4.1 Inleiding 3
2.4.2 Bebouwing 3
2.4.3 Waterkering 4
2.5 Tot slot 4

3. ONDERZOEK 5

3.1 Sondering 5
3.2 Boring 5
3.3 Uitzetten en waterpassen 5

4. BODEMOPBOUW EN GRONDWATER 6

4.1 Hoogteligging maaiveld 6
4.2 Beschrijving bodemopbouw 6
4.3 Grondwater 7
4.4 Oppervlaktewater 7

5. INDICATIEF FUNDERINGSADVIES 8

5.1 Funderingswijze 8
5.2 Uitgangspunten 9
5.3 Beschrijving paalsysteem 10
5.3.1 Avegaarpalen 10
5.3.2 Fundex-palen met groutinjectie (of gelijkwaardig) 10
5.4 Richtlijnen sloop bestaande bebouwing 10
5.5 Paalpuntniveau 11
5.6 Draagkracht op druk 11
5.7 Vervorming 12
5.8 Veercoëfficiënt 12
5.9 Resterend onderzoek 13
5.10 Richtlijnen uitvoering en kwaliteitszorg avegaarpalen en Fundex groutinjectiepalen (o.g.) 13

BIJLAGEN:

A Situatietekening
B Waterpasstaat
C Sondeergrafiek
D Boorstaat
E Verklaring codering
F Berekening fundering op avegaarpalen
G Berekening fundering op Fundexpalen met groutinjectie (of gelijkwaardig)
H Algemene richtlijnen uitvoering avegaarpalen
I Algemene richtlijnen in de grond gevormde paal met grondverdringend ingeschroefde hulpbuis

VERZENDLIJST:

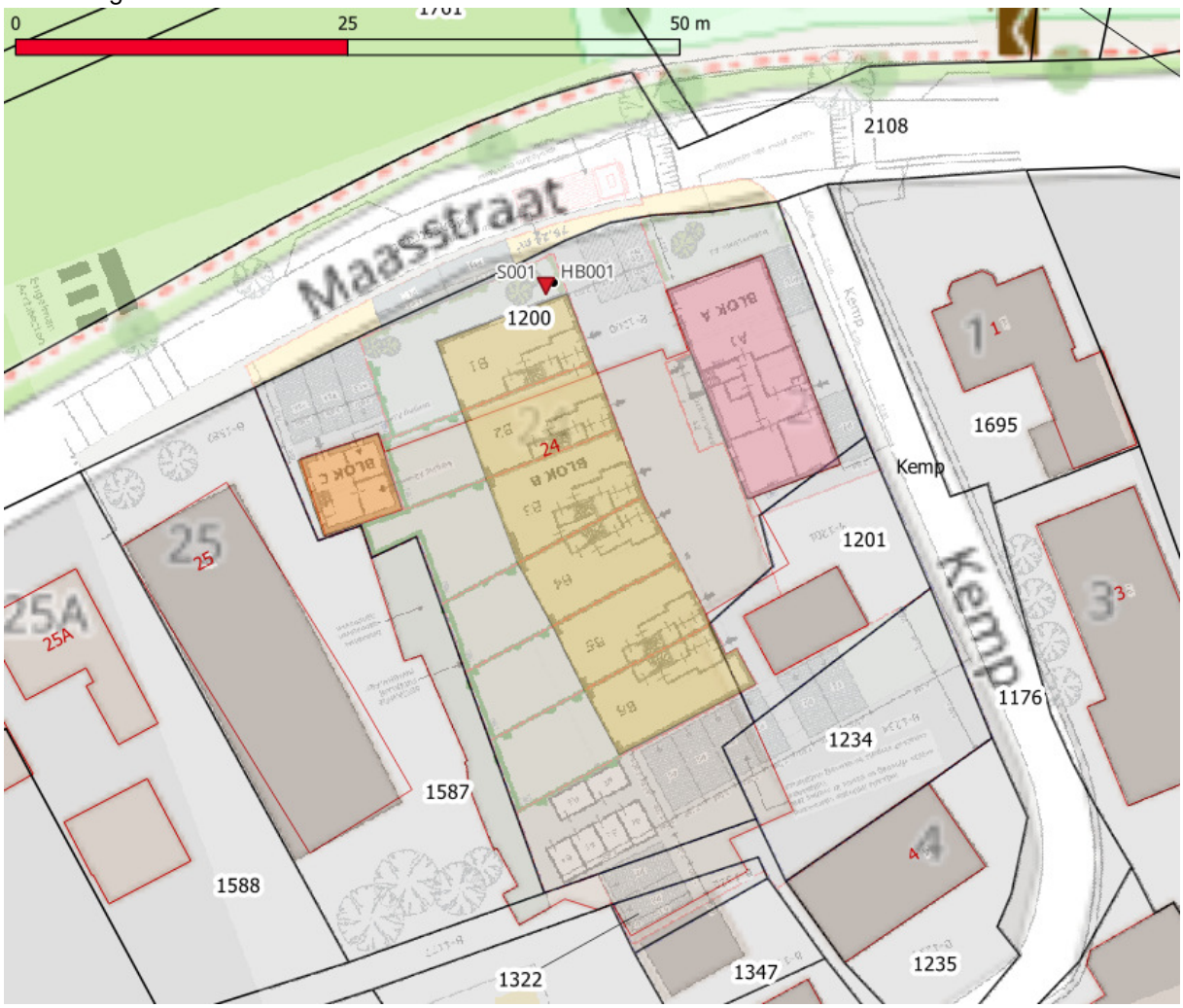
1. INLEIDING

Ten behoeve van de realisatie van 6 woningen aan de Maasstraat 24 te Herten wordt door ons bureau op verzoek van Niessen Onroerend Goed Ool BV uit Herten in voorliggend rapport een indicatief funderingsadvies gegeven. Het advies is gebaseerd op de ons verstrekte gegevens en het geotechnisch onderzoek dat onlangs op de projectlocatie is uitgevoerd. Dit rapport bevat tevens een beschrijving en de resultaten van het onderzoek.
Door de aanwezigheid van bestaande nog te slopen bebouwing kon niet het volledige geplande onderzoek worden verricht. Dit rapport heeft daardoor een indicatief karakter. Het resterende onderzoek is nodig om te komen tot een definitief advies.

2. PROJECTGEGEVENS

2.1 Projectlocatie

De projectlocatie is gelegen aan de Maasstraat 24 te Herten.
De locatie is momenteel nog bebouwd. De projectlocatie bevindt zich in bebouwd gebied. Voor de ligging van de projectlocatie wordt verwezen naar de situatietekening onder bijlage A en de navolgende afbeelding.



Figuur 1: Projectlocatie en omgeving. Roze gemarkeerd betreft de verbouw van 2 woningen (blok A), geel gemarkeerd blok B waarop voorliggend rapport betrekking heeft en oranje gemarkeerd blok C (een renovatie tot berging). Tevens is de ligging van sondering S001 en boring HB001 weergegeven.

2.2 Bouwplan

Het plan omvat de realisatie van een appartementengebouw voorzien van 6 woningen. Het betreft blok B zoals weergegeven op figuur 1.
Deze zal bestaan uit een begane grond, een eerste verdieping en een zolderverdieping onder een schuine kap. In het ontwerp is geen kelder opgenomen.
De constructeur is uitgegaan van een maximale paalbelasting op druk van $F_{c;d}$ = ca. 500 kN.

2.3 Historie projectlocatie

Op de projectlocatie is bestaande nog te slopen bebouwing aanwezig.



Figuur 2: Aanzicht bestaande nog te slopen bebouwing. Bron: Street Smart.

Uit gegevens van het BAG-register kan worden afgeleid dat deze bebouwing dateert uit 1969. Nadere gegevens hieromtrent en omtrent de verdere historie van de projectlocatie zijn ons niet bekend. Als er om enige reden aanleiding is om te veronderstellen dat sprake kan zijn van bijvoorbeeld geroerde grond of obstakels en verontreinigingen, dan dient te worden nagegaan in hoeverre dit mogelijk een knelpunt is voor het ontwerp of de uitvoering.

2.4 Omgeving

2.4.1 Inleiding

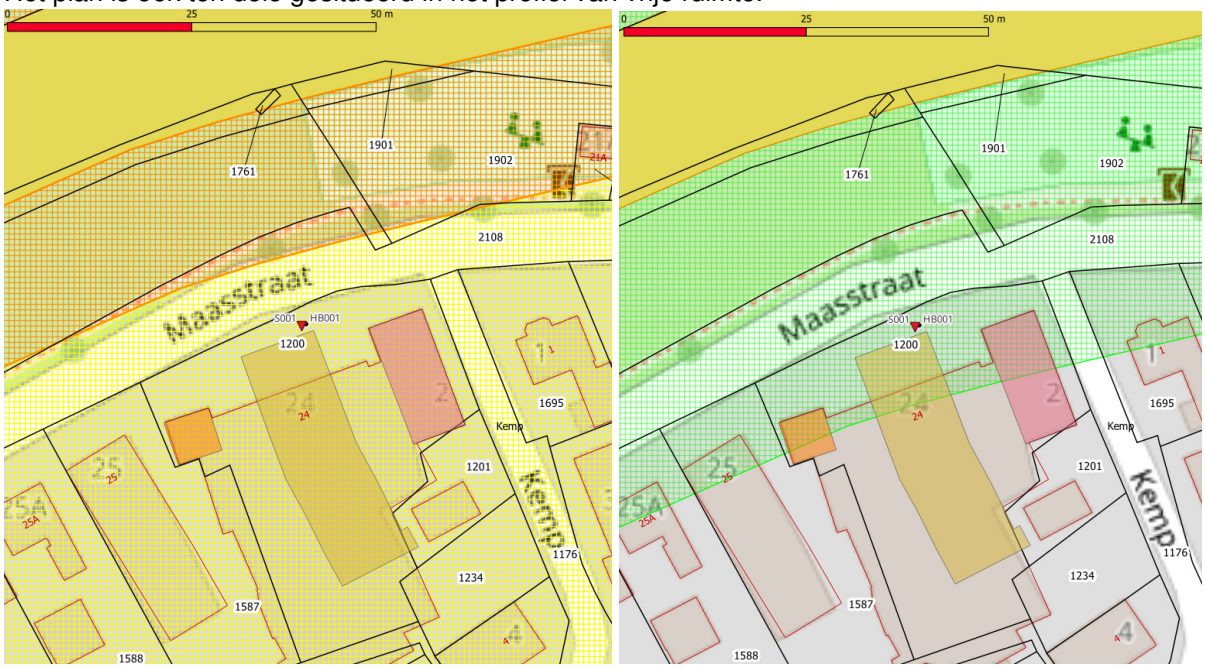
In de omgeving van de projectlocatie is sprake van diverse bebouwing en infrastructuur. Navolgend een beschrijving van de bebouwing in de omgeving en de aanwezigheid van een waterkering.

2.4.2 Bebouwing

In de omgeving van de projectlocatie is diverse bebouwing aanwezig.
De dichtst nabij de nieuwbouw gesitueerde bebouwing bevindt zich aan de Kemp 4 op een afstand van ca. 1,6 meter. Het betreft een bijgebouw welke volgens de website Streetsmart van Cyclomedia dateert uit 1996. De meest nabij gelegen overige bebouwing bevindt zich op een afstand van ruim 12 meter.
Nadere gegevens omtrent de exacte afstand tot deze bebouwing, de aard, de conditie en funderingswijze van de bebouwing zijn ons niet bekend.

2.4.3 Waterkering

De projectlocatie is gesitueerd in de zogenaamde “beschermingszone B” van een primaire waterkering. Het plan is ook ten dele gesitueerd in het profiel van vrije ruimte.



Figuur 3: Ligging nieuwbouw en beschermingszone waterkering (links) en groen gemarkeerd de zone van "profiel van vrije ruimte" (rechts).

Door het bevoegd gezag zoals bijvoorbeeld het waterschap kunnen randvoorwaarden worden opgelegd aan werkzaamheden in de nabijheid van een waterkering zoals bijvoorbeeld sloop-, grond-, bouw- en funderingswerkzaamheden.
Van belang is dat de veiligheid van de waterkering gewaarborgd blijft. Binnen dit kader kan het zijn dat:

- geen avegaarpalen of stalen buispalen met een vergrote voetplaat mogen worden toegepast (in verband met kans op welvorming),
- de omvang van het graafwerk of de ophoging moet worden beperkt,
- alleen mag worden gewerkt buiten het seizoen waarin kans is op hoog water.
- damwanden en bestaande palen niet mogen worden getrokken.

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

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

In sommige gevallen kan het nodig zijn dat middels specifieke berekeningen wordt aangetoond dat aan bepaalde randvoorwaarden wordt voldaan.

2.5 Tot slot

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

3. ONDERZOEK

3.1 Sondering

Aan de straatzijde is 1 sondering uitgevoerd met een elektrische conus conform NEN-EN-ISO 22476-1. Bij deze sondering is naast de conusweerstand tevens de plaatselijke wrijving gemeten en geregistreerd. De relatie tussen conusweerstand en plaatselijke wrijving, het wrijvingsgetal, geeft beneden het grondwaterniveau een indicatie van de verschillende grondsoorten.
De sondering is uitgevoerd door een sondeertruck. De sondeerdiepte reikte tot ca. 9,6 m - maaiveld.
Voor de grafieken van de sonderingen wordt verwezen naar bijlage C; de locatie van de sondeerpunten is aangegeven op de situatietekening onder bijlage A.

Opmerking
In verband met een te hoog oplopende sondeerweerstand kon sondering S001 niet tot de geplande diepte van 15 m - maaiveld worden uitgevoerd.

3.2 Boring

Ter aanvulling op de sonderingen is een boring uitgevoerd over een diepte van 0,5 meter.
Voor het profiel van de boring wordt verwezen naar bijlage D; de locatie van het boorpunt is aangegeven op de situatietekening onder bijlage A. Voor een verklaring van de op de tekening en het boorprofiel gebruikte tekens wordt verwezen naar de “Verklaring Codering” die onder bijlage E aan dit rapport is toegevoegd.

Opmerking
In verband met de aanwezigheid van puin kon boring HB001 niet dieper worden doorgezet.

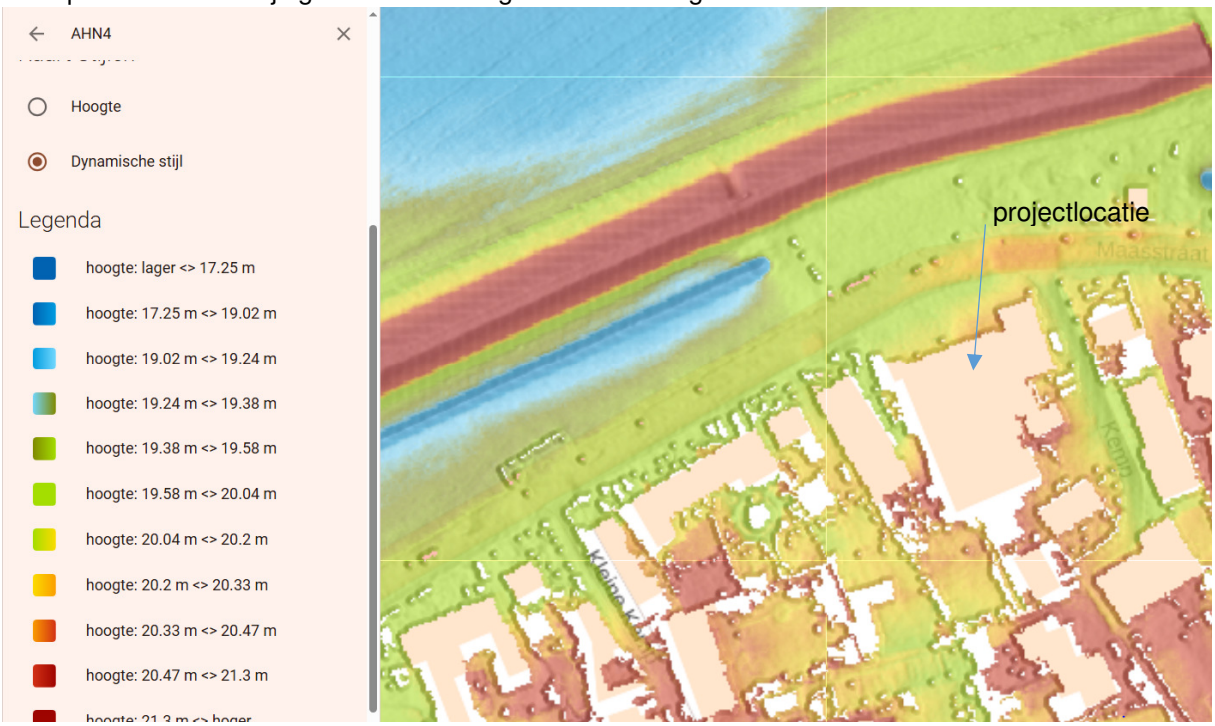
3.3 Uitzetten en waterpassen

Met behulp van een GNSS meetsysteem zijn de locaties van de onderzoekspunten uitgezet in RD-coördinaten en is de hoogte van het maaiveld ter plaatse van ieder onderzoekspunt bepaald ten opzichte van NAP.
Voor de resultaten van de inmeting en waterpassing wordt verwezen naar de inmeet- en waterpasstaat onder bijlage B.
De hoogtemeting dient om enig inzicht te geven in de hoogten en niveauverschillen ten behoeve van de door ons te verrichten werkzaamheden. De gegevens dienen niet voor andere doeleinden te worden gebruikt. Er dient te worden nagegaan of het resultaat van onze hoogtemeting overeenstemt met andere gegevens ten aanzien van de hoogteligging van het terrein.

4. BODEMOPBOUW EN GRONDWATER

4.1 Hoogteligging maaiveld

De hoogte van het maaiveld ter plaatse van de sondeer- en boorlocatie bedroeg ten tijde van het onderzoek NAP +20,12 m. Voor meer informatie over de hoogteligging wordt verwezen naar de waterpasstaat onder bijlage B en de navolgende afbeelding.



Figuur 4: Hoogteligging terrein omgeving. Bron: ahn.nl

4.2 Beschrijving bodemopbouw

Ter plaatse van boring HB001 is tot de maximaal verkende boordiepte van 0,5 m - maaiveld overwegend sprake van een sterk grindige kleilaag met puin.
Vervolgens worden tot een diepte van ca. NAP +16,5 m (dat is ruim 3,6 m - maaiveld) afwisselend zand- en kleiafzettingen waargenomen met een wisselende consistentie.
Daaronder worden tot de maximaal verkende diepte overwegend zeer vaste zand- en naar verwachting grindafzettingen geregistreerd met conusweerstanden die veelal variëren van ca. 30 tot 70 MPa. Plaatselijk komen in dit pakket teruggangen in de conusweerstand voor, die vermoedelijk worden veroorzaakt door kleihoudende zand- en zandhoudende kleiafzettingen en door afzettingen met een geringere pakkingsdichtheid of een grovere gradatie.

4.3 Grondwater

Ten tijde van de uitvoering van het grondonderzoek werd geen grondwater aangetroffen.
Voor een indruk van deze fluctuatie is een nabijgelegen TNO-peilbuis geraadpleegd met kenmerk GMW58D135693.
Uit deze gegevens kan worden afgeleid dat de freatische grondwaterstand in de meetperiode van 2023 – 2026 veelal fluctueerde tussen ca. NAP +16,8 en +17,5 m met enkele pieken die voornamelijk in de wintermaanden voorkomen, reikend tot ca. NAP +18,5 à 19,0 m.

4.4 Oppervlaktewater

Het plan is gesitueerd op ca. 140 m afstand van de Maas. Uit gegevens van waterinfo.rws.nl kan worden afgeleid dat de waterstand in de Maas ter hoogte van het meetpunt Roermond Boven normaliter fluctueert tussen ca. NAP +16,7 m (normaal) en +17,3 m (verhoogde waterstand).

5. INDICATIEF FUNDERINGSADVIES

5.1 Funderingswijze

De bodemopbouw in combinatie met de aard van de nieuwbouw geeft aanleiding uit te gaan van een fundering op palen.
Zoals beschreven in paragraaf 2.4.3 is de projectlocatie gesitueerd in de beschermingszone van een primaire dijk. Daardoor kunnen er zoals genoemd in paragraaf 2.4.3 onder andere restricties worden opgelegd aan het toe te passen paalsysteem.

In dit rapport wordt een fundering op avegaarpalen nader uitgewerkt. Het betreft immers in de basis een relatief goedkoop en bruikbaar paalsysteem.
Tijdens de uitvoering worden bij dit paaltype nagenoeg geen trillingen opgewekt en is er vanuit dit oogpunt geen risico voor schade aan bebouwing en infrastructuur (zoals de dijk) in de omgeving.
Met avegaarpalen worden wel tot een diepte van ca. 4,5 m – maaiveld kleilagen en kleiige zandlagen doorboord. Mogelijk dat vanuit het risico op welvorming langs de palen daardoor vanuit het waterschap wordt opgelegd dat een grondverdringend geboord paalsysteem in aanmerking moet komen.
Gelet op de aanwezigheid van zeer vaste zand/grindlagen die moeten worden gepasseerd wordt dan geadviseerd om een grondverdringend geboord paalsysteem met groutinjectie toe te passen. Een fundering op Fundexpalen met groutinjectie (of gelijkwaardig) kan hiervoor in aanmerking komen.

Opgemerkt wordt dat in plaats van Fundexpalen met groutinjectie ook vergelijkbare systemen kunnen worden toegepast. Hierbij kan (niet uitputtend) bijvoorbeeld worden gedacht aan Terr-econpalen met groutinjectie, Hekpalen met groutinjectie, HGSI-palen (Heijmans) of BVS-palen met groutinjectie (BAM).

Volledigheidshalve wordt in voorliggend rapport daarom ook een dergelijk paalsysteem verder uitgewerkt.
Geadviseerd wordt tijdig te overleggen met het waterschap of en zo ja welke randvoorwaarden/restricties hier van toepassing zijn.

Voor het bereiken van de in dit rapport genoemde paalpuntniveaus dienen relatief vaste zand- en grindlagen te worden gepasseerd. Het in te zetten materieel en de kwaliteit van de palen dient hierop te zijn afgestemd.
Van belang is dat de locatie toegankelijk en begaanbaar is voor het materieel waarmee de palen worden gemaakt en dat op de locatie voldoende werkruimte aanwezig is. Geadviseerd wordt omtrent het voorgaande tijdig te overleggen met de palenleverancier.
Aanbevolen wordt om een leverancier bij het werk te betrekken die aantoonbare ervaring heeft in vergelijkbare grondslag en omgeving.

5.2 Uitgangspunten

- Projectgegevens zoals beschreven in hoofdstuk 2.
- Situering nieuwbouw zoals weergegeven op figuur 1.
- Het project is ingedeeld in Geotechnische Categorie 2.
- Fundering op avegaarpalen.
- Fundering op Fundexpalen met groutinjectie (of gelijkwaardig).
- Funderingselementen worden verticaal centrisch belast.
- In de afgelopen jaren zijn proefbelastingen uitgevoerd op verschillende paaltypen en dat heeft geleid tot nieuwe inzichten in onder andere de paalklassefactoren. De inzichten zijn verwerkt de geotechnische norm NEN 9997-1:2025+C1 die is gepubliceerd op 1 juli 2025. Deze norm beschrijft onder andere de ontwerpregels voor funderingen op palen en vervangt de versie uit 2017.
- De inzichten leiden er toe dat voor verschillende paaltypen lagere draagvermogens worden berekend dan voorheen.
- Vooralsnog verwijst de Omgevingsregeling die onderdeel is van de Omgevingswet, nog niet naar de nieuwste norm NEN 9997-1:2025. Totdat deze verwijzing is geactualiseerd, is de versie uit 2017 leidend voor de toetsing van bouwaanvragen aan het Besluit Bouwwerken Leefomgeving (BBL). Er zal echter rekening mee moeten worden gehouden dat op termijn de nieuwe norm wél leidend zal zijn. Om die reden is in dit rapport gerekend zowel volgens NEN 9997-1:2025.
- Voor de berekening van de draagkracht zijn de navolgende factoren aangehouden.
  Avegaarpalen, paaltype B7
  - paalklasse punt $\alpha_p = 0{,}3$
  - paalvoetvorm $\beta = 1{,}0$
  - paalvoetdwarsdoorsnede $s = 1{,}0$
  - paalklasse schacht $\alpha_s = 0{,}006$

  In de grond gevormde palen met grondverdringend ingeschroefde hulpbuis, paaltype B6
  - paalklasse punt $\alpha_p = 0{,}3$
  - paalvoetvorm $\beta = 1{,}0$
  - paalvoetdwarsdoorsnede $s = 1{,}0$
  - paalklasse schacht $\alpha_s = 0{,}011$
- Gegevens over de stijfheid van het bouwwerk zijn niet bekend; deze zijn daarom niet in rekening gebracht.
- Er wordt aangenomen dat de oorspronkelijke, op natuurlijke wijze gesedimenteerde bodemopbouw aanwezig is.
- Het terrein zal niet significant worden opgehoogd of ontgraven.
- Er is rekening gehouden met negatieve kleef op de palen.
- Het effect van eventuele horizontale belastingen op de palen (bijvoorbeeld bij maaiveldniveauverschillen aan weerszijden van de bebouwing) valt niet binnen het kader van de opdracht.
- Naar verwachting komen grindlagen voor in de zone waaraan de palen hun draagvermogen ontlenen. Het effect van de korrelgrootte is in rekening gebracht door in de berekening van het puntdraagvermogen, de conusweerstanden te limiteren op 20 MPa. Dit overeenkomstig NEN 9997-1:2025 artikel 7.6.2.3.
- De in dit rapport berekende draagkracht betreft het geotechnisch draagvermogen dat wordt ontleend aan de ondergrond. Door de constructeur moeten constructieve aspecten van de funderingspalen, waaronder de sterkte, worden beoordeeld.

5.3 Beschrijving paalsysteem

5.3.1 Avegaarpalen

- Een avegaarpaal is een in de grond gevormde paal.
- De paal wordt gemaakt middels een avegaar die bestaat uit een holle as met daar omheen een doorgaand schroefblad.
- De avegaar die aan de onderzijde is voorzien van een losse afdichting (deksel), wordt op maaiveld geplaatst en vervolgens rechtsom draaiend en grondverwijderend op diepte geschroefd.
- De holle buis van de avegaar wordt vervolgens volgepompt met mortel- of betonspecie.
- Ten behoeve van het lossen van het deksel wordt de avegaar circa 0,1 m gelicht, waarna de avegaar stilstaand of langzaam rechtsom roterend uit de grond wordt getrokken en zodoende de paalschacht wordt gevormd. Gedurende dit proces moet het gehele systeem onder een voldoende speciedruk worden gehouden.
- Direct na het vervaardigen van de paalschacht wordt de wapening in de verse specie aangebracht. De paal wordt afgewerkt en de stelling kan worden verplaatst.
- In beginsel dienen de palen gemaakt te worden vanaf een zodanig werkniveau dat de stijghoogte van grondwater in de dieper gelegen watervoerende zandlagen niet hoger is dan de freatische grondwaterstand.
- Voor het opnemen van eventuele trekbelastingen dienen de palen over de volledige lengte te zijn gewapend.

5.3.2 Fundex-palen met groutinjectie (of gelijkwaardig)

- Een fundex paal is een in de grond gevormde paal.
- De paal wordt gemaakt middels een stalen hulpbuis.
- De hulpbuis wordt aan de onderzijde voorzien van een losse boorpunt en op maaiveld geplaatst.
- De buis wordt grondverdringend, op diepte geschroefd middels een boormoment en een axiale drukkracht onder toevoeging van groutinjectie aan de punt.
- Zodra het eindniveau is bereikt wordt de wapening in de buis afgehangen, waarna de buis wordt gevuld met beton.
- De hulpbuis wordt oscillerend getrokken waarbij de boorpunt achterblijft.
- De paal wordt afgewerkt en de stelling kan worden verplaatst.
- In beginsel dienen de palen gemaakt te worden vanaf een zodanig werkniveau dat de stijghoogte van grondwater in de dieper gelegen watervoerende zandlagen niet hoger is dan de freatische grondwaterstand.
- Voor het opnemen van eventuele trekbelastingen dienen de palen over de volledige lengte te zijn gewapend.

5.4 Richtlijnen sloop bestaande bebouwing

Met de sloop van de bestaande bebouwing dient de ondergrond zo min mogelijk te worden geroerd. Eventuele ontgravingen dienen deugdelijk te worden aangevuld. Palen mogen niet zonder meer worden getrokken.
Het trekken kan aanleiding geven tot gaten en ontspanning in de ondergrond. Als de palen bovendien niet geheel worden verwijderd kunnen ongezien resten achter blijven in de bodem.
Deze aspecten kunnen van invloed zijn op de uitvoering en daarmee op de kwaliteit van de nieuwe palen. Te denken valt aan verloop van de nieuwe palen, beïnvloeding van het draagvermogen en van de gesteldheid van de palen.
Op dit moment zijn ten aanzien van de bestaande fundering geen volledige gegevens bekend. Geadviseerd wordt om gegevens betreffende de fundering zo veel mogelijk te achterhalen (funderingswijze; indien op palen: paaltype, -afmeting, -puntniveaus, palenplan en gegevens betreffende misstanden en/of andere afwijkingen van het palenplan).
Indien bestaande palenplannen beschikbaar zijn wordt geadviseerd om deze op één tekening te combineren met het nieuwe palenplan, zodat eventuele knelpunten tijdig kunnen worden gesignaleerd.

Indien geen bestaande palenplannen beschikbaar zijn wordt geadviseerd om voorafgaand aan de sloop zo veel mogelijk te achterhalen waar de palen zullen zijn gesitueerd. Met de sloop van de bestaande bouw wordt aanbevolen om de locatie van de bestaande palen in te meten. De aangetroffen situatie moet uiteraard worden getoetst aan de tekening.
Na dient te worden gegaan in hoeverre de gegevens van invloed zijn op de inhoud van dit rapport (met name paalpuntniveaus en paaldraagvermogens).

5.5 Paalpuntniveau

In de tabel wordt voor sondering S001 de paalpuntniveaus gegeven waarvoor de draagkracht is berekend.

Tabel 1. Paalpuntniveau.

Sondering nr.	Hoogte maaiveld [1] [m t.o.v. NAP]	Paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]		Opmerking Nr.
		Avegaarpalen	Fundex GI-palen (o.g.)	
S001	+20,12	+15,5 tot +13,0	+15,5 tot +14,0	2

1) Niveau ten tijde van onderzoek
2) Bij vermelding “--- tot --- “ komen ook de tussenliggende niveaus in aanmerking.

5.6 Draagkracht op druk

Voor een voldoende draagkracht dient de centrisch aangrijpende maximale paalbelasting kleiner te zijn dan de netto draagkracht van de palen oftewel het draagvermogen van de palen verminderd met de belasting door negatieve kleef: $F_{c;d} \leq R_{c;d} - F_{nk;d}$ of te wel $F_{c;d} \leq R_{c;d;netto}$.
Het draagvermogen is bepaald voor avegaarpalen met een schachtdiameter van 300 tot 450 mm.
Het draagvermogen is tevens bepaald voor Fundex groutinjectiepalen (of gelijkwaardig) met een schacht/puntdiameter van 380/450 mm en 460/560 mm. Door groutinjectie wordt er van uitgegaan dat de diameter van het groutlichaam gelijk is aan de diameter van het schroefblad vanaf het niveau waaraan schachtdraagvermogen wordt ontleend.
Voor een overzicht van de berekende draagvermogens per sondering, paalafmeting en puntniveau wordt verwezen naar bijlage F (avegaarpalen) en bijlage G (Fundex groutinjectiepalen).
Bij elke berekening is voor een sondering een voorbeeldberekening gegeven met verwijzing naar de van toepassing zijnde artikelen uit de norm.
De vermelde draagkracht betreft het geotechnisch draagvermogen dat wordt ontleend aan de ondergrond. Door de constructeur moeten constructieve aspecten van de funderingspalen, waaronder de sterkte, worden beoordeeld.
Opgemerkt wordt dat het resterend onderzoek aanleiding kan geven om in het palenplan andere puntniveaus en draagvermogens aan te houden.

5.7 Vervorming

De vervormingen binnen de funderingsconstructie dienen zodanig te zijn dat in de bouwconstructie geen uiterste grenstoestand of bruikbaarheidsgrenstoestand wordt overschreden.
Tenzij specifieke vervormingseisen zijn gesteld wordt voor de uiterste grenstoestand veelal een relatieve rotatie β van maximaal 1:100 aangehouden. Voor de bruikbaarheidstoestand wordt in het algemeen aangenomen dat de scheefstand ω en/of de relatieve rotatie β de waarde van 1:300 niet mag overschrijden.

Uiterste Grenstoestand:	-Rotatiecriterium:	$\Delta s/\ell \leq 1:100$
Bruikbaarheidstoestand:	-Rotatiecriterium:	$\Delta s/\ell \leq 1:300$

Bij overschrijding van de bruikbaarheidstoestand zijn de vervormingen van dien aard dat binnen de bouwconstructie ongewenst verlies aan bruikbaarheid optreedt. In de regel zal deze toestand maatgevend zijn.
Vervormingen binnen de funderingsconstructie kunnen indicatief worden bepaald aan de hand van de last-zakkingsresultaten die zijn toegevoegd aan bijlage F (avegaarpalen) en bijlage G (Fundex groutinjectiepalen).
Voor het zakkingsverschil kan in eerste instantie tenminste een derde van de berekende maximale paalkopzakking worden aangehouden tussen twee palen of meerpaalspoeren met een onderlinge afstand ℓ. Indien bijvoorbeeld door belastingvariaties of verschillen in paalpuntniveau lokaal een groter zakkingsverschil optreedt, dan moet deze grotere waarde in rekening worden gebracht.

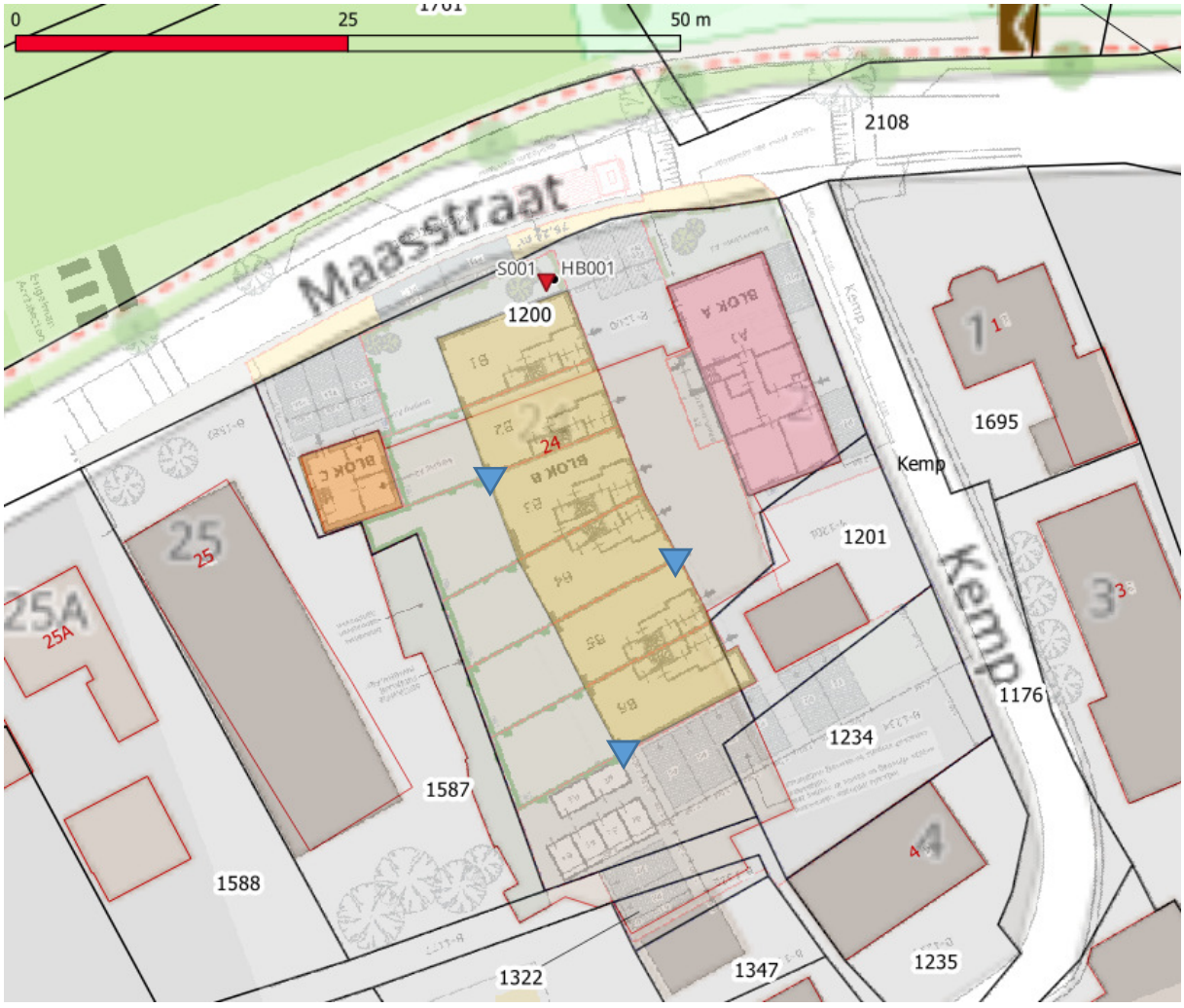
5.8 Veercoëfficiënt

Voor de statische secant veercoëfficiënt van de kop van een vrijstaande op druk belaste paal geldt $k_{v;rep} = F_{c;rep} / s_{1;bgt.}$ waarbij s_1 de paalkopzakking betreft als zijnde de som van s_{el}, de elastische verkorting van de paal en s_b, de zakking van de paalpunt nodig voor het mobiliseren van het paaldraagvermogen.
De rekenwaarde van de veercoëfficiënt is bepaald als $k_{v;d} = k_{v;rep} / \gamma_{m;k}$ waarbij $\gamma_{m;k} = 1{,}3$.
Bij concentraties van palen waarbij de hart-op-hart-afstand kleiner is dan tien maal de kleinste paalvoetdoorsnede, dient in principe in de paalkopzakking, de zakking te worden verdisconteerd in de lagen beneden het niveau van vier maal de kleinste dwarsafmeting van de paalpunt.
Voor de veercoëfficiënt geldt in dat geval $k_{v;rep} = F_{c;rep} / (s_{1;bgt.} + s_{2;bgt.})$ waarbij s_2 de extra zakking is als gevolg van het groepseffect in de dieper gelegen lagen.

Uitgaande van de last-zakkingsgrafiek voor de bruikbaarheidstoestand is sprake van een niet lineaire veerkarakteristiek. In dit rapport is ter indicatie voor sondering S001 en twee paalpuntniveaus, met intervallen van 10% de statische veerstijfheid berekend voor een belasting variërend van 10 tot 100 % van de paalcapaciteit.
Voor de veercoëfficiënten wordt verwezen naar bijlage F (avegaarpalen) en bijlage G (Fundex groutinjectiepalen).

5.9 Resterend onderzoek

Om te komen tot een volledig funderingsadvies dienen de resterende geplande sonderingen alsnog te worden uitgevoerd zodra het terrein voor de sondeerwagen toegankelijk is. Navolgend de globale opzet van het betreffend resterend onderzoek.



Figuur 5: Opzet resterende sonderingen, diep 15 m (blauw gemarkeerd).

Opgemerkt wordt dat het resterend onderzoek aanleiding kan geven om in het palenplan andere puntniveaus en draagvermogens aan te houden.

5.10 Richtlijnen uitvoering en kwaliteitszorg avegaarpalen en Fundex groutinjectiepalen (o.g.)

Onder respectievelijk bijlage H en bijlage I zijn met betrekking tot de toepassing van een fundering op avegaarpalen en Fundex groutinjectiepalen (of gelijkwaardig) algemene richtlijnen gegeven.
Onder meer wordt ingegaan op het belang van de controle van uitgangspunten en aannamen en op aspecten die van toepassing zijn op het werkterrein, de uitvoering en controle van de paalkwaliteit. Geadviseerd wordt hiervan kennis te nemen.
Bij toepassing van avegaarpalen vindt normaliter vijf dagen na het aanbrengen van de palen een kwaliteitscontrole plaats die onder meer inhoudt dat de palen akoestisch worden doorgemeten.
Deze controle kan desgewenst door ons bureau worden verzorgd.

BIJLAGE A

Situatietekening



Legenda

Onderzoekslocaties

Sondering

Boring

Achtergrondkaarten

OpenStreetMap

SOCOTEC Geotechnics

Project: 25SP1750: 6 woningen aan de Maasstraat 24 te Herten
Projectnummer: 2503154
Formaat: A3
Schaal: 1:500
Eenheid: meters
Datum: 19-05-2026
Auteur:

BIJLAGE B

Waterpasstaat

Opdracht : 2503154
Plaats :
Project : 25SP1750: 6 woningen aan de Maasstraat 24 te Herten

Inmeetdatum : 30-04-2026
Ingemeten door :
Coördinatenstelsel : RD
Metingen uitgevoerd met RTK GPS systeem

OVERZICHT UITGEVOERD GRONDONDERZOEK

SONDERINGEN						
Sondeernummer	X[m] ingemeten	Y[m] ingemeten	Z[m] t.o.v. NAP	GWS[m] t.o.v. NAP	Einddiepte[m] t.o.v. MV	Opmerkingen
S001	194273.85	355643.35	20.12	-	9.60	

BORINGEN						
Boringnummer	X[m] ingemeten	Y[m] ingemeten	Z[m] t.o.v. NAP	GWS[m] t.o.v. NAP	Einddiepte[m] t.o.v. MV	Opmerkingen
HB001	194274.39	355643.59	20.12	-	0.50	

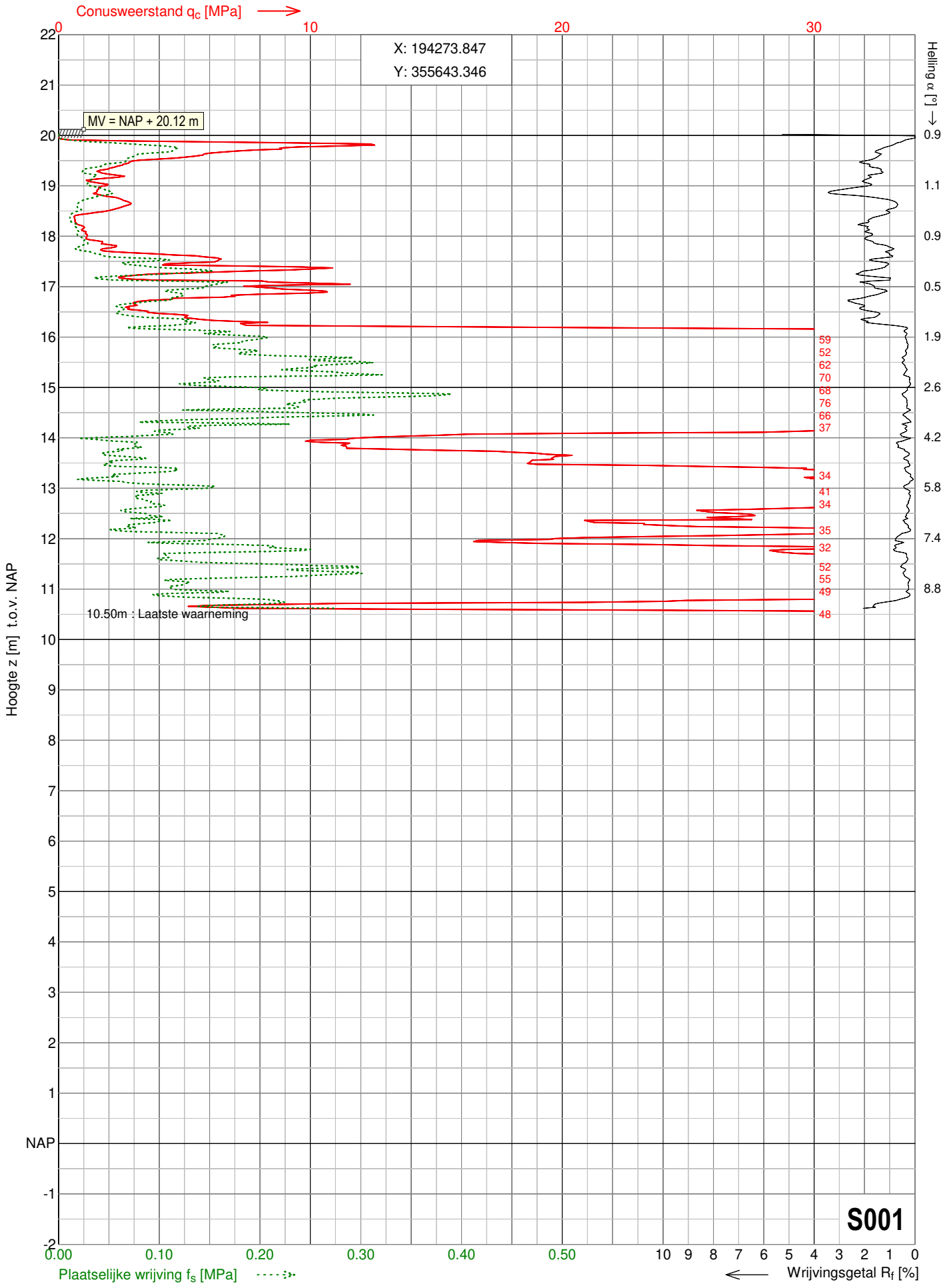
BIJLAGE C

Sondeergrafiek

Sondering S001

Opdracht	: 2503154	Conus nummer	: DP15C.71152	NEN-EN-ISO-22476-1	
Plaats	:	Soort conus	: Elektrisch	Klasse 2, type TE1	
Datum	: 04-05-2026	Opp. conuspunt	: 1500 mm^2	Sondeerunit : S34	
Project	: 25SP1750: 6 woningen aan de Maasstraat 24 te Herten			Blad: 1 van 1	

SOCOTEC



BIJLAGE D

Boorstaat

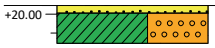
Opdracht : 2503154
Plaats :
Project : 25SP1750: 6 woningen aan de Maasstraat 24 te Herten

BOORBESCHRIJVING

Identificatie (veld)
NEN-EN-ISO 14688-1:2019+NEN 8990:2020

BORING : HB001

Datum	: 30-04-2026	X, Y (RD) :	194274.387, 355643.585	Boormethode	: Hand
Maaiveld	: NAP +20.12 m			Boormeester	:
GWS	: niet aangetroffen			Beschrijver	:
Conditie monsters : QM5 geroerd, veldvochtig				Beschrijfkwaliteit :	B3



Laag nr.	Diepte [m t.o.v. NAP] van	tot	Omschrijving grondlaag maaiveld: akker	Kleur
1	+20.12	+20.02	Zand (fijn 150-200 met afgeronde, bolle korrelvorm)	wit
2	+20.02	+19.62	Klei, sterk grindig, puin	donkergrijs

Afwerking boorgat

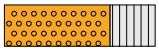
Diepte [m t.o.v. NAP] van	tot	Aanvulmateriaal
+20.12	+19.62	opgeboorde grond

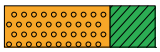
BIJLAGE E

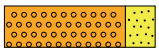
Verklaring codering

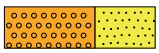
Legenda boorbeschrijving (grondsoorten conform NEN-EN-ISO 14688-1:2019+NEN 8991:2020)

Grind


Grind, siltig

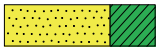

Grind, kleiig


Grind, zwak zandig

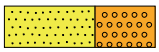

Grind, sterk zandig

Zand

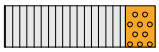

Zand, siltig

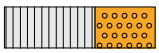

Zand, kleiig

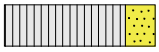

Zand, zwak grindig

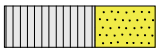

Zand, sterk grindig

Silt


Silt, zwak grindig


Silt, sterk grindig


Silt, zwak zandig


Silt, sterk zandig

Klei


Klei, zwak grindig


Klei, sterk grindig


Klei, zwak zandig


Klei, sterk zandig

Veen


Veen

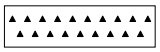

Veen, zwak zandig

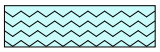

Veen, sterk zandig


Veen, siltig


Veen, kleiig

Overig


Puin


Water


Wegverhardingsmateriaal


Kleistop / afdichtpellets


Geroerd monster


Bus met ongeroerd monster

Grondwaterstand tijdens boren


Stijghoogte in peilbuis


Peilbuisfilter


Zandvang

Afkortingen

CRS	Constant Rate of Strain test
DSS	Direct Simple Shear test
SDR	Samendrukkingsproef
TRX	Triaxiaalproef
KVD	Korrelverdeling
VGM	Bepaling volumegewicht monster (zonder verdere beproeving)
VGB	Bepaling totaal volumegewicht bus

BIJLAGE F

Berekening fundering op avegaarpalen

SOCOTEC

Rekenwaarde maximum draagkracht in kN per sondering
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN1997-1:2025)

Paaltype : **Avegaarpaal**

Paalklassefactor punt	:	$\alpha_p = 0,3$	Bouwwerk	:	niet stijf
Paalvoetvormfactor	:	$\beta = 1,0$	Aantal sonderingen	:	N = 1
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor	:	s = 1,0	ξ-factor	:	$\xi_3 = 1,39$; $\xi_4 = 1,39$
Paalklassefactor schacht	:	$\alpha_s = 0,006$	Materiaalfactor	:	$\gamma_b = \gamma_s = 1,20$
			Belastingsfactor neg.kleef	:	$\gamma_{f;nk} = 1,0$

Paalafmeting : **0,300 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c:dnetto}$ [kN]	$q_{b:max}$ [MPa]	$R_{b:cal}$ [kN]	$R_{s:cal}$ [kN]	$R_{c:d}$ [kN]	$F_{nk:d}$ * [kN]
S001	20,12	15,50	**172**	3,4	240	70	186	14
		15,00	**186**	3,1	221	112	200	14
		14,50	**217**	3,3	230	154	231	14
		14,00	**235**	3,1	219	197	249	14
		13,50	**323**	4,6	327	234	336	14
		13,00	**345**	4,6	323	276	359	14

Paalafmeting : **0,350 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c:dnetto}$ [kN]	$q_{b:max}$ [MPa]	$R_{b:cal}$ [kN]	$R_{s:cal}$ [kN]	$R_{c:d}$ [kN]	$F_{nk:d}$ * [kN]
S001	20,12	15,50	**212**	3,1	298	81	227	16
		15,00	**237**	3,0	291	131	253	16
		14,50	**273**	3,1	301	180	289	16
		14,00	**296**	3,0	290	229	311	16
		13,50	**413**	4,6	442	273	429	16
		13,00	**438**	4,5	434	322	454	16

Paalafmeting : **0,400 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c:dnetto}$ [kN]	$q_{b:max}$ [MPa]	$R_{b:cal}$ [kN]	$R_{s:cal}$ [kN]	$R_{c:d}$ [kN]	$F_{nk:d}$ * [kN]
S001	20,12	15,50	**248**	2,8	350	93	266	18
		15,00	**293**	2,9	369	149	311	18
		14,50	**335**	3,0	382	206	353	18
		14,00	**367**	3,0	381	262	385	18
		13,50	**486**	4,2	529	312	504	18
		13,00	**540**	4,5	563	368	558	18

* Negatieve kleef bepaald voor alleenstaande paal, aan de rand van groep, in één rij en in groep met D > ✓(10 x d x h)

Toelichting

Maximum puntweerstand	:	$q_{b;max} = 0,5 * \alpha_p * \beta * s * (0,5[q_{c;I;gem} + q_{c;II;gem}] + q_{c;III;gem})$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum draagkracht punt	:	$R_{b;cal} = A_b * q_{b;max}$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum schachtwrijvingskracht	:	$R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a}$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde maximum draagkracht	:	$R_{c;d} = (R_{b;cal}/\xi)/\gamma_b + (R_{s;cal}/\xi)/\gamma_s$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d} = F_{nk} * \gamma_{f;nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde netto draagkracht	:	$R_{c;dnetto} = R_{c;d} - F_{nk;d}$	[par. 7.6.2.3]

Rekenwaarde maximum draagkracht in kN per sondering
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN1997-1:2025)

Paaltype : **Avegaarpaal**

Paalklassefactor punt	:	$\alpha_p = 0,3$	Bouwwerk	:	niet stijf
Paalvoetvormfactor	:	$\beta = 1,0$	Aantal sonderingen	:	$N = 1$
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor	:	$s = 1,0$	ξ-factor	:	$\xi_3 = 1,39$; $\xi_4 = 1,39$
Paalklassefactor schacht	:	$\alpha_s = 0,006$	Materiaalfactor	:	$\gamma_b = \gamma_s = 1,20$
			Belastingsfactor neg.kleef	:	$\gamma_{f;nk} = 1,0$

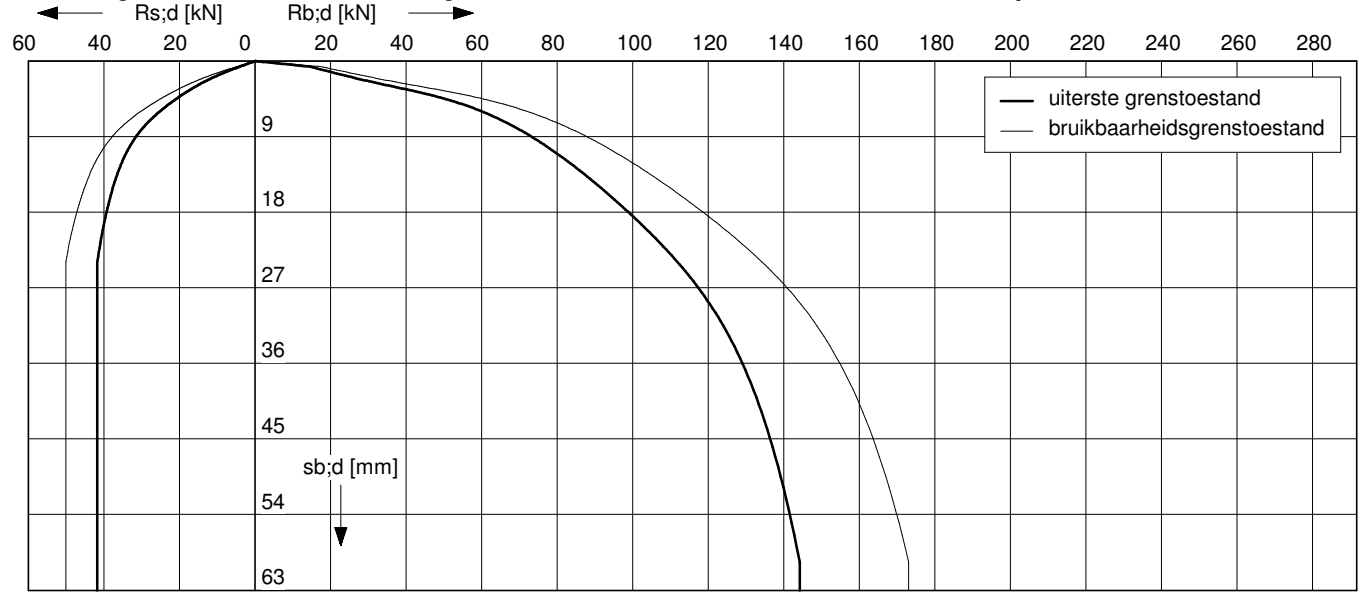
Paalafmeting : **0,450 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c:dnetto}$ [kN]	$q_{b:max}$ [MPa]	$R_{b:cal}$ [kN]	$R_{s:cal}$ [kN]	$R_{c:d}$ [kN]	$F_{nk:d}$ * [kN]
S001	20,12	15,50	**300**	2,7	429	104	320	20
		15,00	**352**	2,9	453	168	373	20
		14,50	**400**	2,9	469	232	420	20
		14,00	**442**	3,0	477	295	462	20
		13,50	**579**	4,1	650	351	600	20
		13,00	**645**	4,4	695	414	665	20

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN1997-1:2025)

Paaltype : Avegaarpaal
Sonderingen: S001
Berekening s_2 gebaseerd op sondering S001

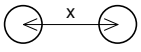
Paalafmeting : 0,300 m
Paalpuntniveau : 15,50 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;dnetto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;d}$ paal in groep [kN/mm]
172	14	186	56,4	0,6	57,0	0,7	57,7	9	8
155	14	169	33,3	0,5	33,9	0,6	34,5	10	10
138	14	151	22,7	0,5	23,2	0,5	23,7	11	11
121	14	134	16,5	0,4	16,9	0,5	17,4	12	12
104	14	117	11,7	0,4	12,0	0,4	12,5	13	13
86	14	100	8,0	0,3	8,3	0,4	8,6	15	14
69	14	83	5,6	0,3	5,8	0,3	6,1	15	14
52	14	66	3,9	0,2	4,1	0,2	4,4	16	15
35	14	48	2,7	0,1	2,9	0,2	3,0	17	16
18	14	31	1,5	0,1	1,6	0,1	1,7	23	21

Configuratie paalgroep voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;rep}$ paal in groep [kN/mm]
133	14	146	12,8	0,4	13,2	0,5	13,7	11	11
119	14	133	9,9	0,3	10,3	0,5	10,7	13	12
106	14	120	8,0	0,3	8,3	0,4	8,7	14	14
93	14	106	6,4	0,3	6,6	0,4	7,0	16	15
80	14	93	5,1	0,2	5,4	0,3	5,7	17	16
66	14	80	4,0	0,2	4,2	0,3	4,5	19	18
53	14	67	3,2	0,2	3,4	0,2	3,6	20	18
40	14	53	2,4	0,1	2,6	0,2	2,8	21	19
27	14	40	1,7	0,1	1,8	0,1	1,9	23	21
13	14	27	0,8	0,1	0,9	0,1	1,0	30	27

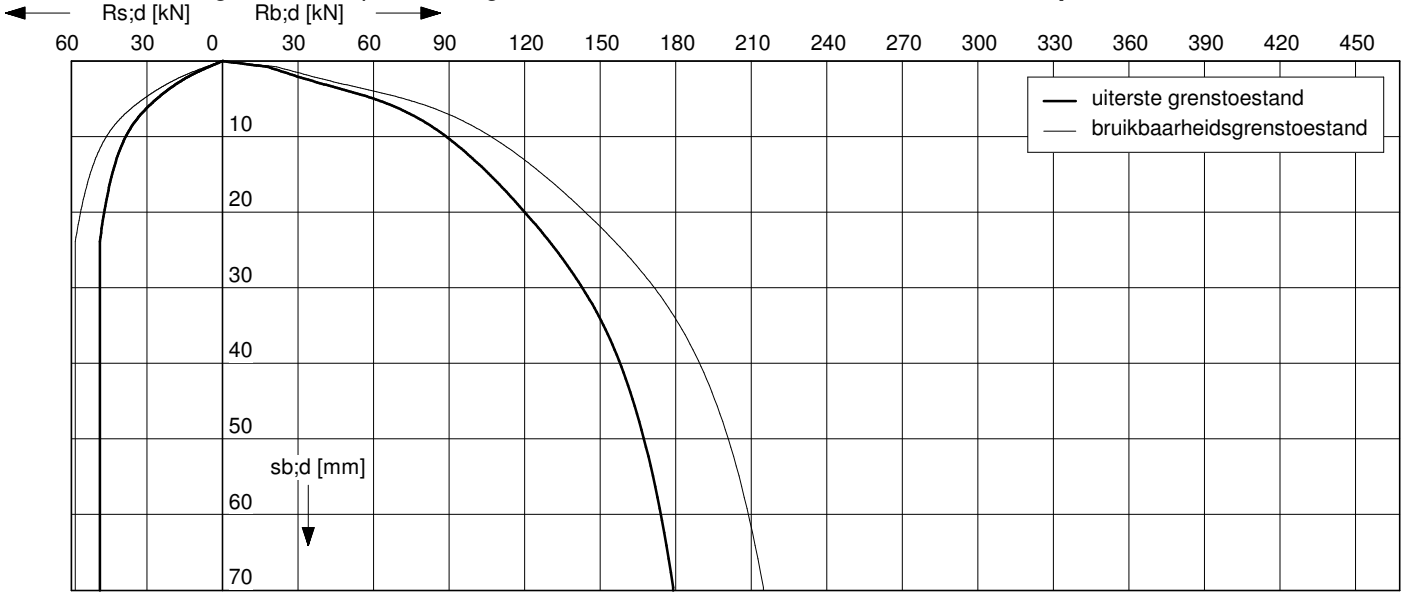
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN1997-1:2025)

Paaltype : Avegaarpaal
Sonderingen : S001
Berekening s_2 gebaseerd op sondering S001

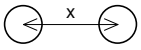
Paalafmeting : 0,350 m
Paalpuntniveau : 15,50 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;dnetto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;d}$ paal in groep [kN/mm]
212	16	227	67,7	0,5	68,2	0,7	68,9	9	9
191	16	206	38,9	0,5	39,4	0,6	40,0	11	10
169	16	185	26,6	0,4	27,0	0,6	27,6	12	12
148	16	164	18,9	0,4	19,3	0,5	19,8	14	13
127	16	143	12,9	0,3	13,2	0,4	13,6	15	14
106	16	122	8,9	0,3	9,2	0,4	9,5	16	15
85	16	101	6,2	0,2	6,5	0,3	6,8	17	16
64	16	79	4,4	0,2	4,6	0,2	4,8	18	17
42	16	58	3,0	0,1	3,1	0,2	3,3	19	18
21	16	37	1,6	0,1	1,7	0,1	1,8	24	22

Configuratie paalgroep voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;rep}$ paal in groep [kN/mm]
163	16	179	14,6	0,3	14,9	0,5	15,4	12	12
147	16	162	11,3	0,3	11,6	0,5	12,1	14	13
130	16	146	8,9	0,3	9,2	0,4	9,6	16	15
114	16	130	7,1	0,2	7,3	0,4	7,7	18	17
98	16	114	5,6	0,2	5,8	0,3	6,2	19	18
81	16	97	4,5	0,2	4,7	0,3	5,0	21	19
65	16	81	3,6	0,1	3,7	0,2	4,0	22	20
49	16	65	2,7	0,1	2,8	0,2	3,0	23	22
33	16	48	1,8	0,1	1,9	0,1	2,1	25	23
16	16	32	1,0	0,1	1,0	0,1	1,1	31	29

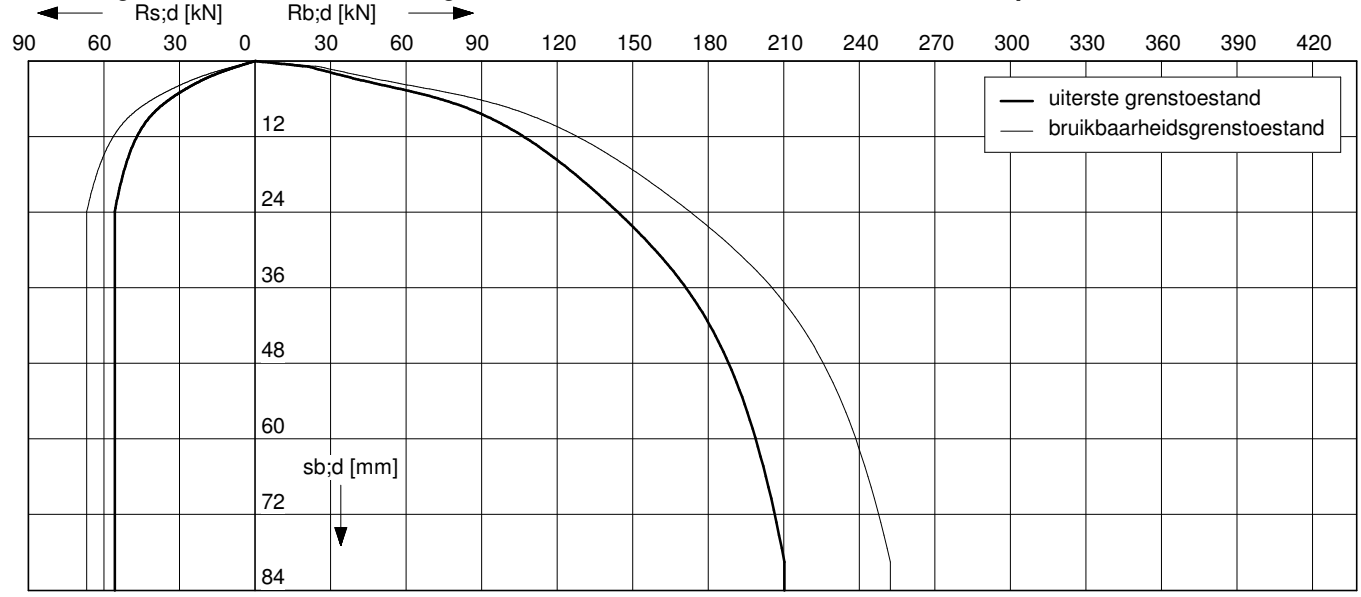
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN1997-1:2025)

Paaltype : Avegaarpaal
Sonderingen : S001
Berekening s_2 gebaseerd op sondering S001

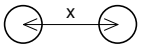
Paalafmeting : 0,400 m
Paalpuntniveau : 15,50 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;dnetto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;d}$ paal in groep [kN/mm]
248	18	266	77,3	0,5	77,8	0,7	78,5	10	9
223	18	241	44,4	0,4	44,9	0,6	45,5	11	11
198	18	216	30,4	0,4	30,8	0,5	31,3	13	12
173	18	191	21,1	0,3	21,4	0,5	21,9	15	14
149	18	167	14,4	0,3	14,7	0,4	15,1	16	15
124	18	142	9,7	0,2	10,0	0,4	10,3	17	16
99	18	117	6,8	0,2	7,0	0,3	7,3	18	17
74	18	92	4,8	0,2	5,0	0,2	5,2	19	18
49	18	68	3,2	0,1	3,4	0,2	3,5	21	20
25	18	43	1,7	0,1	1,7	0,1	1,8	27	25

Configuratie paalgroep voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;rep}$ paal in groep [kN/mm]
190	18	209	16,3	0,3	16,6	0,5	17,1	13	12
171	18	189	12,7	0,3	12,9	0,5	13,4	15	14
152	18	170	9,9	0,2	10,2	0,4	10,6	17	16
133	18	151	7,8	0,2	8,0	0,4	8,4	19	18
114	18	132	6,2	0,2	6,4	0,3	6,7	21	20
95	18	113	5,0	0,2	5,2	0,3	5,5	22	21
76	18	94	4,0	0,1	4,1	0,2	4,4	23	22
57	18	75	2,9	0,1	3,0	0,2	3,2	25	23
38	18	56	2,0	0,1	2,1	0,1	2,2	27	25
19	18	37	1,0	0,1	1,1	0,1	1,1	35	32

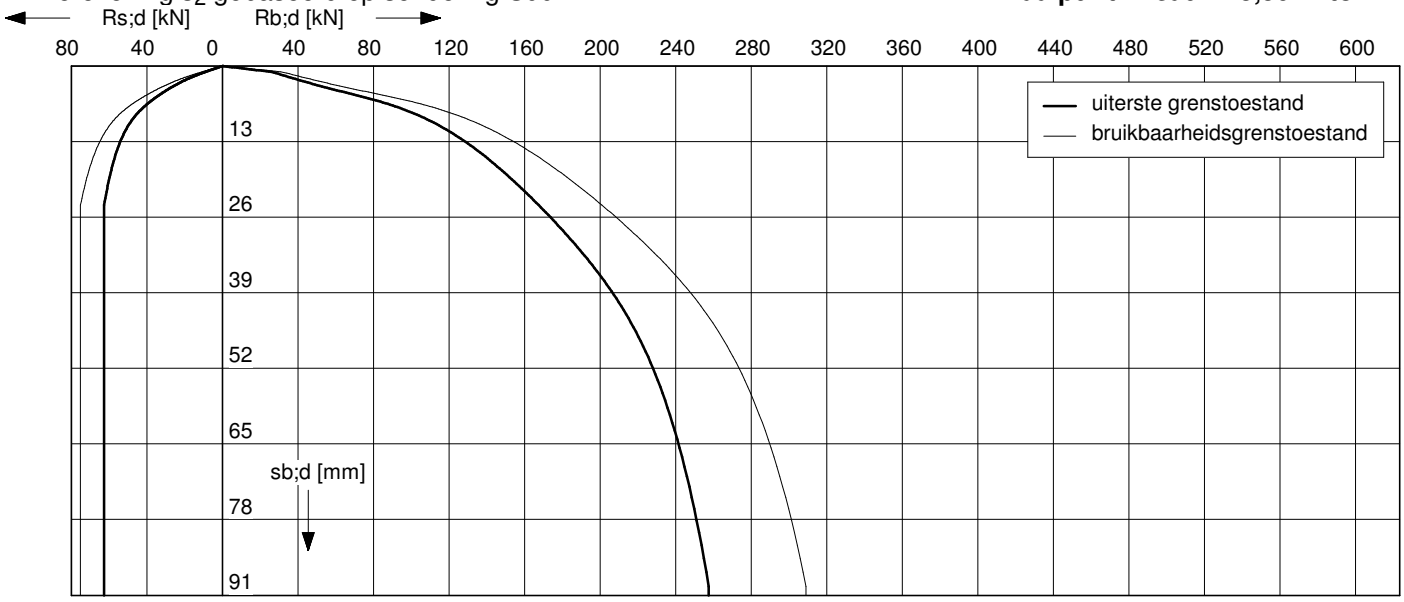
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN1997-1:2025)

Paaltype : Avegaarpaal
Sonderingen: S001
Berekening s_2 gebaseerd op sondering S001

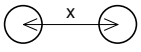
Paalafmeting : 0,450 m
Paalpuntniveau : 15,50 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;dnetto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;d}$ paal in groep [kN/mm]
300	20	320	87,0	0,4	87,4	0,7	88,1	11	10
270	20	290	50,0	0,4	50,4	0,6	51,0	12	12
240	20	260	34,2	0,4	34,6	0,6	35,1	14	14
210	20	230	23,5	0,3	23,8	0,5	24,3	16	15
180	20	200	16,0	0,3	16,3	0,4	16,7	17	17
150	20	170	10,7	0,2	10,9	0,4	11,3	19	18
120	20	140	7,4	0,2	7,6	0,3	7,9	20	19
90	20	110	5,2	0,1	5,4	0,2	5,6	21	20
60	20	80	3,5	0,1	3,6	0,2	3,8	24	22
30	20	50	1,7	0,1	1,8	0,1	1,9	32	29

Configuratie paalgroep voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;rep}$ paal in groep [kN/mm]
230	20	251	18,0	0,3	18,3	0,5	18,8	14	13
207	20	228	14,0	0,3	14,2	0,5	14,7	16	15
184	20	205	10,9	0,2	11,2	0,4	11,6	18	18
161	20	182	8,6	0,2	8,8	0,4	9,2	21	20
138	20	159	6,8	0,2	7,0	0,3	7,3	23	22
115	20	136	5,4	0,2	5,6	0,3	5,9	24	23
92	20	112	4,3	0,1	4,4	0,2	4,6	26	24
69	20	89	3,2	0,1	3,3	0,2	3,5	27	26
46	20	66	2,1	0,1	2,2	0,1	2,3	31	29
23	20	43	1,0	0,0	1,0	0,1	1,1	41	38

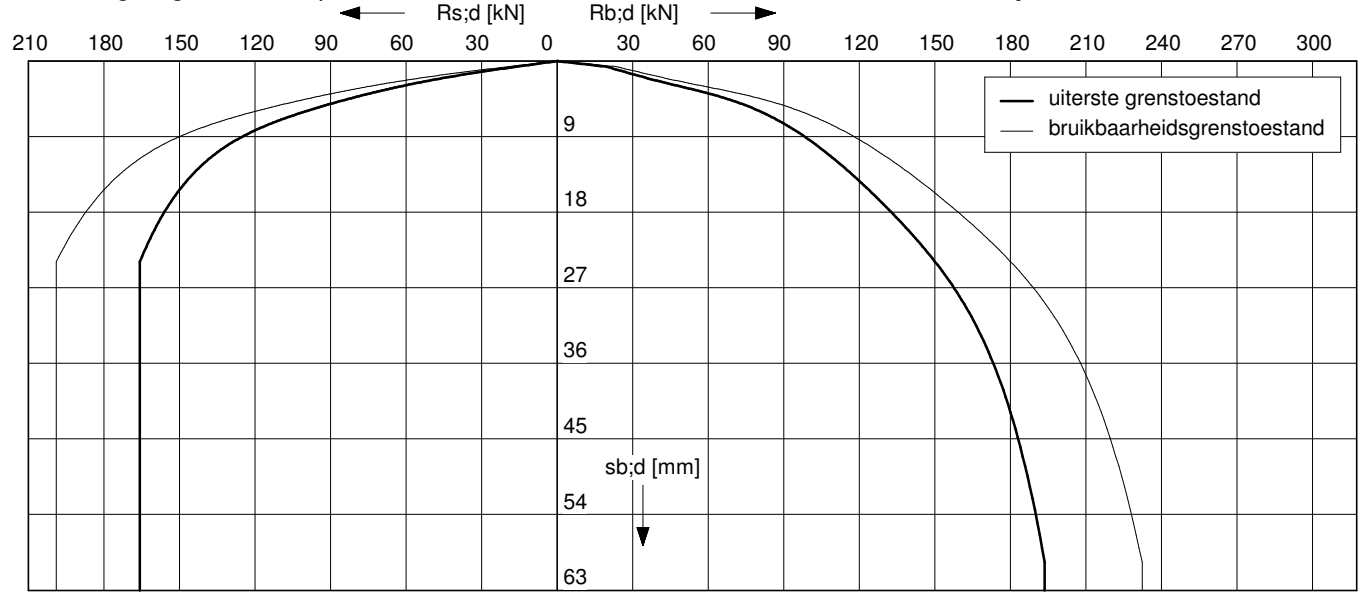
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN1997-1:2025)

Paaltype : Avegaarpaal
Sonderingen: S001
Berekening s_2 gebaseerd op sondering S001

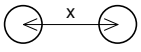
Paalafmeting : 0,300 m
Paalpuntniveau : 13,00 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;dnetto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;d}$ paal in groep [kN/mm]
345	14	359	58,0	1,6	59,7	1,0	60,6	20	19
311	14	325	27,1	1,5	28,5	0,9	29,4	22	21
276	14	290	18,3	1,3	19,6	0,8	20,3	24	22
242	14	256	12,5	1,1	13,6	0,7	14,3	26	24
207	14	221	8,7	1,0	9,7	0,6	10,3	28	25
173	14	187	6,3	0,8	7,1	0,5	7,6	29	26
138	14	152	4,5	0,7	5,2	0,4	5,6	30	27
104	14	118	3,2	0,5	3,7	0,3	4,0	32	29
69	14	83	2,1	0,4	2,4	0,2	2,6	35	32
35	14	49	1,0	0,2	1,2	0,1	1,3	39	35

Configuratie paalgroep voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;rep}$ paal in groep [kN/mm]
266	14	279	9,7	1,0	10,8	0,7	11,5	26	24
239	14	253	7,8	0,9	8,8	0,7	9,5	29	27
213	14	226	6,4	0,8	7,2	0,6	7,8	31	29
186	14	200	5,2	0,7	5,9	0,5	6,5	34	31
159	14	173	4,2	0,6	4,8	0,5	5,3	36	33
133	14	146	3,4	0,5	3,9	0,4	4,3	38	34
106	14	120	2,6	0,4	3,0	0,3	3,4	39	36
80	14	93	1,9	0,3	2,2	0,3	2,5	42	37
53	14	67	1,2	0,2	1,4	0,2	1,6	46	41
27	14	40	0,6	0,2	0,8	0,1	0,9	51	45

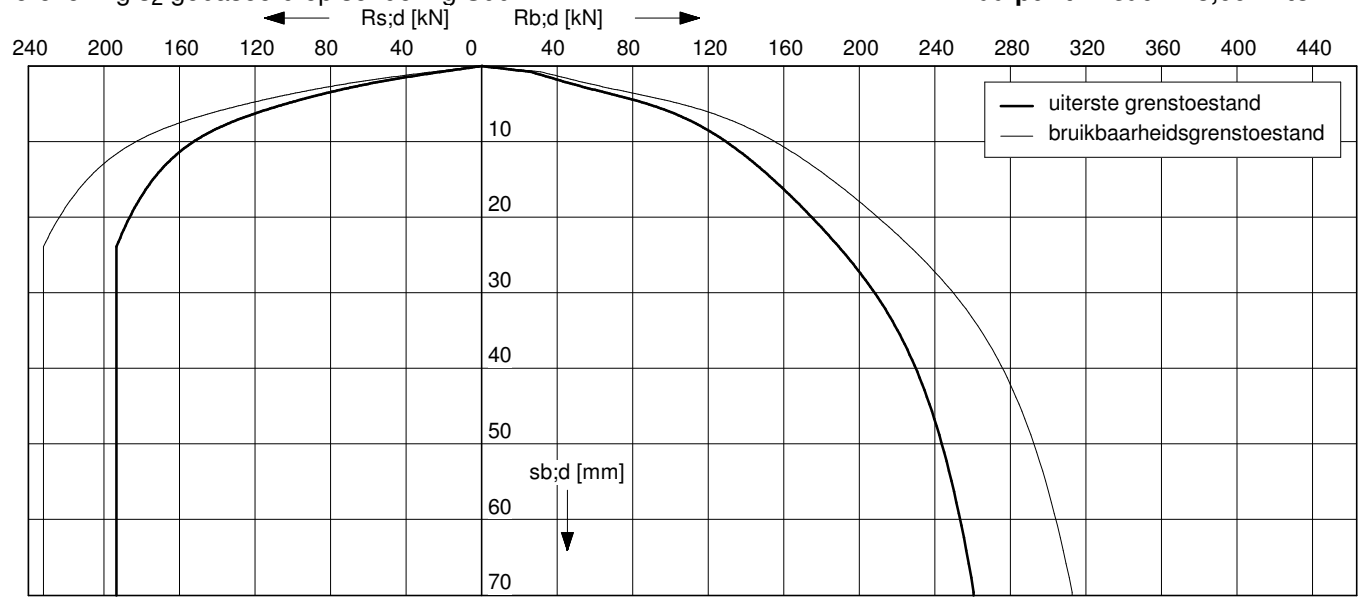
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN1997-1:2025)

Paaltype : Avegaarpaal
Sonderingen : S001
Berekening s_2 gebaseerd op sondering S001

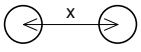
Paalafmeting : 0,350 m
Paalpuntniveau : 13,00 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;dnetto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;d}$ paal in groep [kN/mm]
438	16	454	67,7	1,5	69,2	1,0	70,2	23	21
394	16	410	32,7	1,4	34,0	0,9	34,9	26	24
350	16	366	20,6	1,2	21,8	0,8	22,6	28	26
306	16	322	14,1	1,1	15,2	0,7	15,9	31	28
263	16	279	9,6	0,9	10,5	0,6	11,1	32	30
219	16	235	6,8	0,8	7,6	0,5	8,1	34	31
175	16	191	5,0	0,6	5,6	0,4	6,0	36	32
131	16	147	3,5	0,5	4,0	0,3	4,3	38	35
88	16	104	2,2	0,3	2,5	0,2	2,8	42	38
44	16	60	1,1	0,2	1,3	0,1	1,4	48	42

Configuratie paalgroep voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;rep}$ paal in groep [kN/mm]
337	16	352	10,9	1,0	11,9	0,8	12,6	30	28
303	16	319	8,7	0,9	9,6	0,7	10,3	33	31
269	16	285	7,0	0,8	7,7	0,6	8,4	37	34
236	16	251	5,6	0,7	6,3	0,6	6,9	40	37
202	16	218	4,6	0,6	5,2	0,5	5,7	42	38
168	16	184	3,7	0,5	4,2	0,4	4,6	44	40
135	16	150	2,8	0,4	3,2	0,3	3,6	46	42
101	16	117	2,0	0,3	2,3	0,3	2,6	50	45
67	16	83	1,3	0,2	1,5	0,2	1,7	55	49
34	16	49	0,7	0,1	0,8	0,1	0,9	62	55

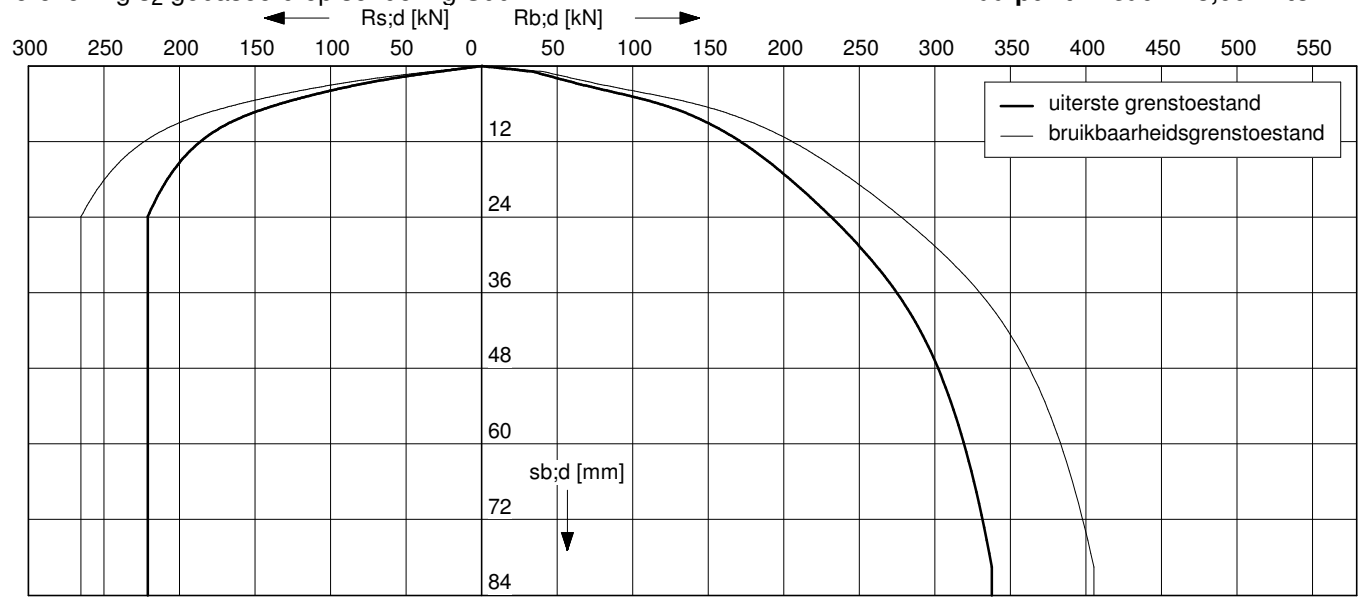
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN1997-1:2025)

Paaltype : Avegaarpaal
Sonderingen: S001
Berekening s_2 gebaseerd op sondering S001

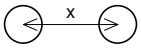
Paalafmeting : 0,400 m
Paalpuntniveau : 13,00 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;dnetto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;d}$ paal in groep [kN/mm]
540	18	558	77,3	1,5	78,8	1,1	79,9	26	24
486	18	504	38,6	1,3	39,9	1,0	40,9	29	27
432	18	450	23,3	1,1	24,5	0,9	25,3	32	30
378	18	396	15,7	1,0	16,7	0,8	17,4	35	32
324	18	342	10,6	0,9	11,5	0,7	12,1	37	34
270	18	288	7,4	0,7	8,2	0,6	8,7	39	35
216	18	234	5,4	0,6	5,9	0,5	6,4	41	37
162	18	180	3,8	0,5	4,3	0,3	4,6	44	40
108	18	126	2,4	0,3	2,7	0,2	2,9	50	44
54	18	72	1,1	0,2	1,3	0,1	1,4	55	49

Configuratie paalgroep voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;rep}$ paal in groep [kN/mm]
415	18	434	12,1	0,9	13,0	0,8	13,9	33	31
374	18	392	9,5	0,8	10,3	0,8	11,1	38	35
332	18	350	7,6	0,7	8,3	0,7	9,0	42	39
291	18	309	6,2	0,6	6,8	0,6	7,4	45	42
249	18	267	5,0	0,6	5,6	0,5	6,1	48	44
208	18	226	4,0	0,5	4,5	0,4	4,9	51	46
166	18	184	3,1	0,4	3,5	0,4	3,8	53	48
125	18	143	2,2	0,3	2,5	0,3	2,8	58	52
83	18	101	1,4	0,2	1,6	0,2	1,8	65	57
42	18	60	0,7	0,1	0,8	0,1	0,9	72	63

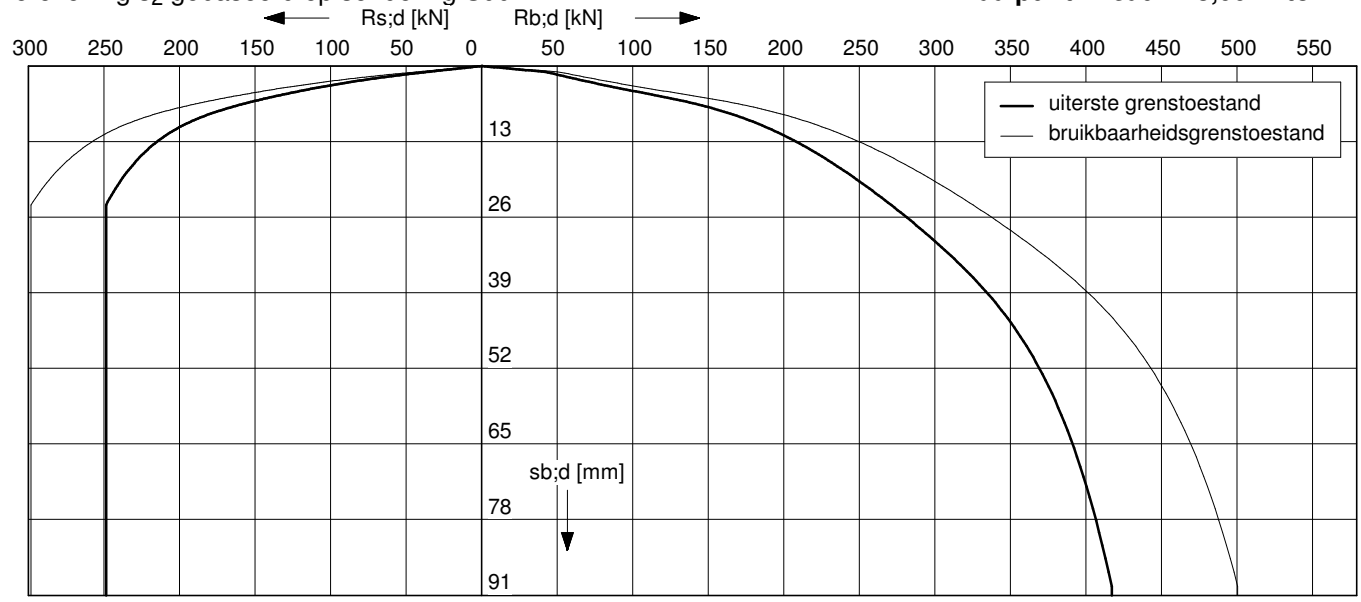
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN1997-1:2025)

Paaltype : Avegaarpaal
Sonderingen: S001
Berekening s_2 gebaseerd op sondering S001

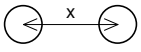
Paalafmeting : 0,450 m
Paalpuntniveau : 13,00 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;dnetto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;d}$ paal in groep [kN/mm]
645	20	665	87,0	1,4	88,4	1,3	89,7	28	26
580	20	601	44,1	1,2	45,4	1,2	46,6	32	30
516	20	536	27,4	1,1	28,5	1,1	29,6	36	33
451	20	472	17,5	0,9	18,4	0,9	19,4	39	35
387	20	407	11,7	0,8	12,5	0,8	13,3	41	37
322	20	343	8,0	0,7	8,7	0,7	9,4	43	39
258	20	278	5,8	0,6	6,4	0,6	6,9	46	41
193	20	214	4,1	0,4	4,5	0,4	4,9	50	44
129	20	149	2,5	0,3	2,8	0,3	3,1	58	50
64	20	85	1,1	0,2	1,3	0,2	1,5	63	54

Configuratie paalgroep voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;rep}$ paal in groep [kN/mm]
496	20	516	13,6	0,9	14,4	1,0	15,5	36	33
446	20	467	10,4	0,8	11,2	0,9	12,2	42	38
397	20	417	8,3	0,7	9,0	0,8	9,8	46	42
347	20	368	6,7	0,6	7,3	0,7	8,0	51	46
298	20	318	5,4	0,5	5,9	0,6	6,6	53	48
248	20	268	4,3	0,4	4,8	0,5	5,3	56	51
198	20	219	3,3	0,4	3,7	0,4	4,1	60	53
149	20	169	2,3	0,3	2,6	0,3	2,9	65	58
99	20	120	1,4	0,2	1,6	0,2	1,8	75	65
50	20	70	0,7	0,1	0,8	0,1	1,0	82	71

Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Voorbeeldberekening gebaseerd op sondering S001
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN1997-1:2025)

Paaltype **: Avegaarpaal** **paalafmeting : 0,300 m**
Paalpuntniveau : 15,5 meter tov NAP

Correctie conusweerstand bij ontgraving
Geen ontgraving, geen correctie van de conusweerstand.

Berekening maximum puntweerstand
$q_{b;max} = 0,5 * \alpha_p * \beta * s * (0,5[q_{c;I;gem} + q_{c;II;gem}] + q_{c;III;gem})$ [par. 7.6.2.3(e)]

Paalklassefactor : $\alpha_p = 0,3$ (f)
Paalvoetvormfactor : $\beta = 1,0$ (g)
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor : $s = 1,0$ (h)

$q_{b;max} = 3,4$ MPa

Berekening maximum schachtwrijving
$R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a}$ [par. 7.6.2.3(e)]

Startdiepte schachtwrijving : 16.5 m tov NAP
paalklassefactor : $\alpha\alpha_s = 0,006$ [tabel 7.d]
O_p : omtrek dwarsdoorsnede paalschacht
ΔL : traject schachtwrijving

diepte [m tov NAP]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	O_p [m]	ΔL [m]	$R_{s;cal}$ [kN]	$\Sigma R_{s;cal}$ [kN]
16,00	9,6	0,94	0,5	27	27
15,50	15,0	0,94	0,5	42	70

Berekening maximum draagkracht
$R_{c;cal} = A_b * q_{b;max} + R_{s;cal}$ [par. 7.6.2.3(e)]

Oppervlakte paalpunt : $A_b = 0,0707$ m^2

$R_{c;cal} = 240 + 70 = 310$ kN

Voorbeeldberekening gebaseerd op sondering S001
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN1997-1:2025)

Paaltype **: Avegaarpaal** **paalafmeting : 0,300 m**
Paalpuntniveau : 15,5 meter tov NAP

Berekening negatieve kleef, geen groepswerking

De representatieve waarde van de totale belasting ten gevolge van negatieve kleef ($F_{nk;rep}$) moet zijn bepaald met de formule:

$$F_{nk;rep} = O_s * \Sigma h_j * K_{0;j;rep} * \tan\delta_j * \frac{\sigma'_{v;j-1;rep}+\sigma'_{v;j;rep}}{2}$$ [par. 7.3.2.2(d)]

Dit geldt voor:

- alleenstaande palen;
- palen in één rij of aan de rand van een paalgroep;
- palen binnen een paalgroep waarbij de hart-op-hart afstand van de palen (D) voldoet aan:

$$D > \sqrt{10 \times d \times h}$$

waarin:

d *is de middellijn van de paalschacht, of de equivalente middelijn van de paalschachten van de groep, in m.*

h *is de dikte van de laag of lagen waarin de negatieve kleef werkt, in m.*

Uitgangspunten

Toekomstig maaiveld	:	20,10 m tov NAP
Huidig maaiveld	:	20,12 m tov NAP
Grondwater	:	16,70 m tov NAP
Bovenbelasting	:	0 kN/m^2
Voorbeeldsondering	:	S001
O_s	:	omtrek dwarsdoorsnede paalschacht
$K_{v;j;rep}$	:	representatieve waarde van de neutrale gronddruk in laag j
$\tan\delta_j$	:	representatieve waarde van de wrijvingshoek tussen paalschacht en grond in laag j
$\sigma'_{0;j;rep}$	:	representatieve waarde van de effectieve verticale spanning onderin laag j

diepte [m tov NAP]	h_j [m]	O_s [m]	γ [kN/m^3]	γ_{sat} [kN/m^3]	ϕ [graden]	$K_0*\tan\delta_j$	$\sigma'_{v;i}$ [kN/m^2]	$F_{nk;i;rep}$ [kN]	$\Sigma F_{nk;rep}$ [kN]
18,50	1,60	0,94	18,0	20,0	32,5	0,295	29	6	6
17,70	0,80	0,94	16,0	16,0	25,0	0,269	42	7	14

BIJLAGE G

Berekening fundering op Fundexpalen met groutinjectie (of gelijkwaardig)

Rekenwaarde maximum draagkracht in kN per sondering
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN1997-1:2025)

Paaltype : **In de grond gevormde grondverdringende betonpaal, middels een ingeschroefde stalen hulpbuis en verloren punt met groutinjectie**

Paalklassefactor punt	:	$\alpha_p = 0,3$	Bouwwerk	:	niet stijf
Paalvoetvormfactor	:	$\beta = 1,0$	Aantal sonderingen	:	N = 1
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor	:	s = 1,0	ξ-factor	:	$\xi_3 = 1,39$; $\xi_4 = 1,39$
Paalklassefactor schacht	:	$\alpha_s = 0,011$	Materiaalfactor	:	$\gamma_b = \gamma_s = 1,20$
			Belastingsfactor neg.kleef	:	$\gamma_{f;nk} = 1,0$

Paalafmeting : **0,380/0,450/0,450 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c:dnetto}$ [kN]	$q_{b:max}$ [MPa]	$R_{b:cal}$ [kN]	$R_{s:cal}$ [kN]	$R_{c:d}$ [kN]	$F_{nk:d}$ * [kN]
S001	20,12	15,50	**355**	2,7	429	191	372	17
		15,00	**439**	2,9	453	308	456	17
		14,50	**519**	2,9	469	425	536	17
		14,00	**593**	3,0	477	540	610	17

Paalafmeting : **0,460/0,560/0,560 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c:dnetto}$ [kN]	$q_{b:max}$ [MPa]	$R_{b:cal}$ [kN]	$R_{s:cal}$ [kN]	$R_{c:d}$ [kN]	$F_{nk:d}$ * [kN]
S001	20,12	15,50	**507**	2,6	643	238	528	21
		15,00	**612**	2,7	671	383	632	21
		14,50	**708**	2,8	687	528	729	21
		14,00	**831**	3,0	748	673	852	21

* Negatieve kleef bepaald voor alleenstaande paal, aan de rand van groep, in één rij en in groep met D > ✓(10 x d x h)

Toelichting

Maximum puntweerstand	:	$q_{b;max} = 0,5 * \alpha_p * \beta * s * (0,5[q_{c;I;gem} + q_{c;II;gem}] + q_{c;III;gem})$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum draagkracht punt	:	$R_{b;cal} = A_b * q_{b;max}$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum schachtwrijvingskracht	:	$R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a}$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde maximum draagkracht	:	$R_{c;d} = (R_{b;cal}/\xi)/\gamma_b + (R_{s;cal}/\xi)/\gamma_s$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d} = F_{nk} * \gamma_{f;nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde netto draagkracht	:	$R_{c;dnetto} = R_{c;d} - F_{nk;d}$	[par. 7.6.2.3]

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN1997-1:2025)

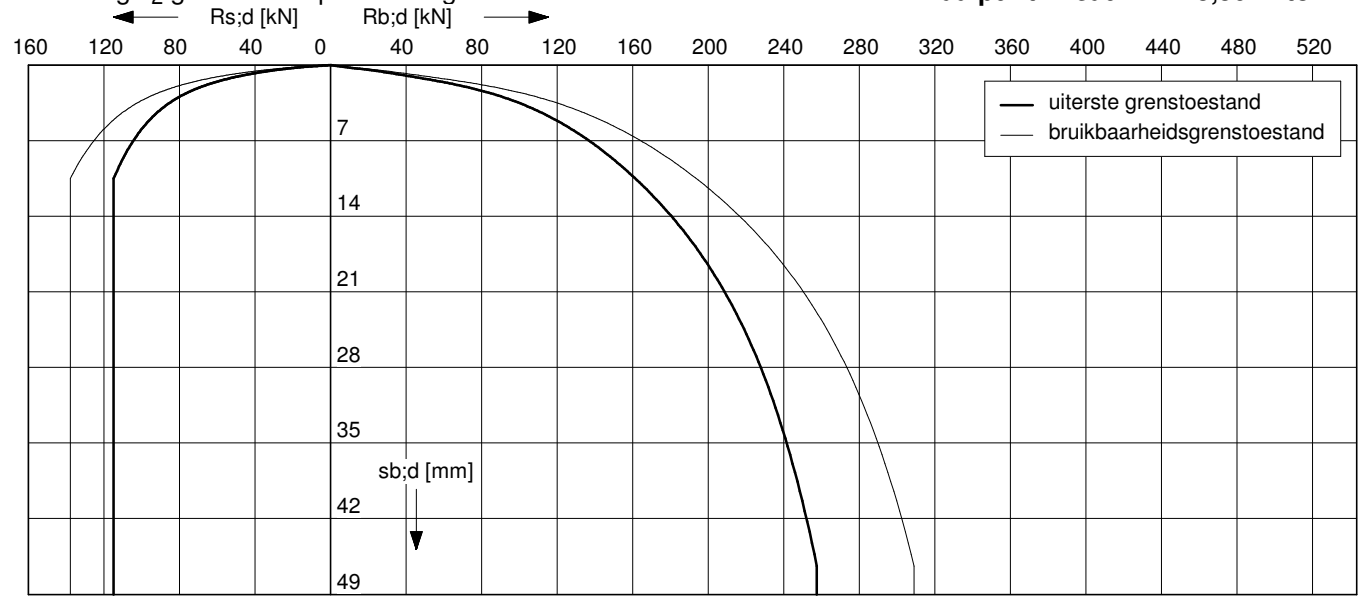
Paaltype : In de grond gevormde grondverdringende betonpaal, middels een ingeschroefde stalen hulpbuis en verloren punt met groutinjectie

Sonderingen : S001

Berekening s_2 gebaseerd op sondering S001

Paalafmeting : 0,380/0,450/0,450 m

Paalpuntniveau : 15,50 m tov NAP

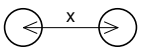


Uiterste grenstoestand

$F_{c;dnetto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d\ paal\ vrijstaand}$ [kN/mm]	$k_{v;d\ paal\ in\ groep}$ [kN/mm]
355	17	372	45,3	0,5	45,8	0,8	46,6	31	28
319	17	337	24,9	0,5	25,4	0,7	26,1	36	33
284	17	301	15,0	0,4	15,4	0,7	16,1	43	38
248	17	266	9,2	0,4	9,6	0,6	10,2	50	44
213	17	230	6,1	0,3	6,4	0,5	6,9	57	49
177	17	195	3,9	0,3	4,2	0,4	4,6	63	54
142	17	159	2,5	0,2	2,7	0,3	3,1	69	57
106	17	124	1,6	0,2	1,8	0,3	2,0	75	62
71	17	88	1,0	0,1	1,1	0,2	1,3	85	69
35	17	53	0,5	0,1	0,5	0,1	0,7	93	74

Configuratie paalgroep voor bepaling s2

2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand}$ [kN/mm]	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep}$ [kN/mm]
273	17	290	7,0	0,3	7,3	0,6	7,9	40	37
246	17	263	5,3	0,3	5,6	0,6	6,1	47	43
218	17	236	4,0	0,3	4,2	0,5	4,8	55	50
191	17	208	3,0	0,2	3,2	0,4	3,7	65	57
164	17	181	2,3	0,2	2,5	0,4	2,8	74	64
136	17	154	1,7	0,2	1,9	0,3	2,2	82	70
109	17	126	1,3	0,1	1,4	0,3	1,7	89	75
82	17	99	0,9	0,1	1,0	0,2	1,2	97	80
55	17	72	0,6	0,1	0,6	0,2	0,8	111	89
27	17	44	0,3	0,0	0,4	0,1	0,5	121	96

Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN1997-1:2025)

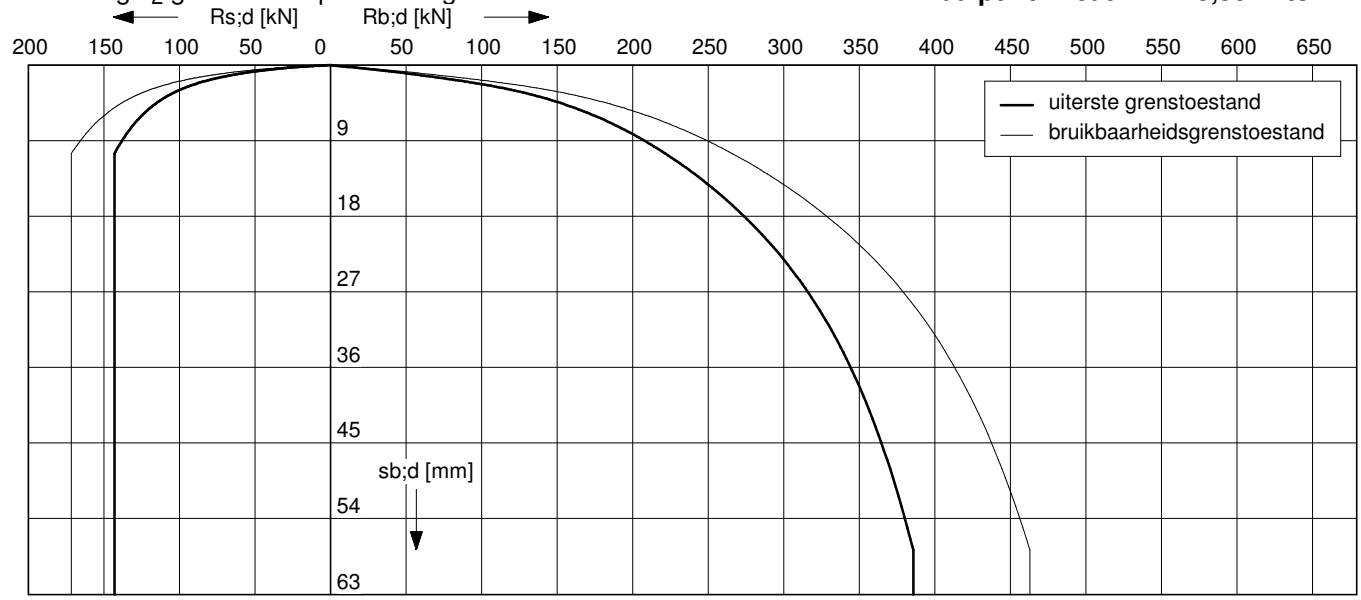
Paaltype : In de grond gevormde grondverdringende betonpaal, middels een ingeschroefde stalen hulpbuis en verloren punt met groutinjectie

Sonderingen : S001

Berekening s_2 gebaseerd op sondering S001

Paalafmeting : 0,460/0,560/0,560 m

Paalpuntniveau : 15,50 m tov NAP

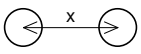


Uiterste grenstoestand

$F_{c;dnetto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;d}$ paal in groep [kN/mm]
507	21	528	56,4	0,5	56,8	0,9	57,7	35	33
457	21	477	32,2	0,4	32,6	0,8	33,4	42	39
406	21	427	19,4	0,4	19,8	0,7	20,5	50	45
355	21	376	11,7	0,3	12,0	0,6	12,7	59	53
305	21	325	7,5	0,3	7,8	0,5	8,3	67	59
254	21	275	4,8	0,2	5,0	0,5	5,5	75	65
203	21	224	3,0	0,2	3,2	0,4	3,6	84	71
152	21	173	2,0	0,1	2,1	0,3	2,4	94	78
102	21	122	1,1	0,1	1,2	0,2	1,4	106	86
51	21	72	0,5	0,1	0,6	0,1	0,7	118	94

Configuratie paalgroep voor bepaling s2

2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;rep}$ paal in groep [kN/mm]
390	21	411	8,7	0,3	9,0	0,7	9,6	46	43
351	21	372	6,5	0,3	6,8	0,6	7,4	55	50
312	21	333	4,9	0,2	5,1	0,6	5,7	65	59
273	21	294	3,6	0,2	3,8	0,5	4,3	77	68
234	21	255	2,7	0,2	2,9	0,4	3,3	88	76
195	21	216	2,1	0,2	2,2	0,4	2,6	98	84
156	21	177	1,5	0,1	1,6	0,3	1,9	109	92
117	21	138	1,0	0,1	1,1	0,2	1,4	122	102
78	21	99	0,7	0,1	0,7	0,2	0,9	137	112
39	21	60	0,4	0,0	0,4	0,1	0,5	153	122

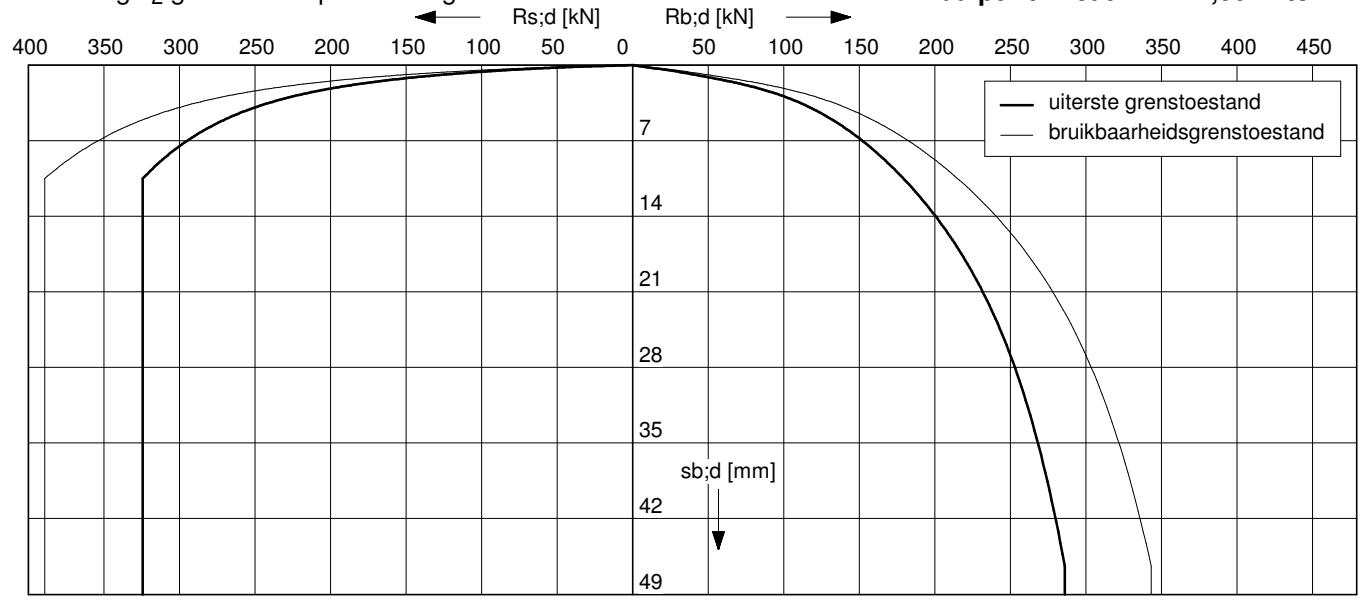
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN1997-1:2025)

Paaltype : In de grond gevormde grondverdringende betonpaal, middels een ingeschroefde stalen hulpbuis en verloren punt met groutinjectie
Sonderingen : S001
Berekening s_2 gebaseerd op sondering S001

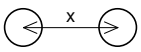
Paalafmeting : 0,380/0,450/0,450 m
Paalpuntniveau : 14,00 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;dnetto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;d}$ paal in groep [kN/mm]
593	17	610	45,3	1,0	46,3	1,2	47,5	68	58
533	17	550	19,5	0,9	20,4	1,1	21,5	80	66
474	17	491	9,6	0,8	10,4	1,0	11,4	90	73
415	17	432	6,2	0,7	6,9	0,8	7,7	102	81
355	17	373	4,0	0,6	4,6	0,7	5,4	112	87
296	17	313	2,7	0,5	3,2	0,6	3,8	122	93
237	17	254	1,8	0,4	2,2	0,5	2,7	135	101
178	17	195	1,1	0,3	1,4	0,4	1,8	147	107
118	17	136	0,6	0,2	0,9	0,3	1,1	159	113
59	17	76	0,3	0,1	0,4	0,1	0,6	177	122

Configuratie paalgroep voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;rep}$ paal in groep [kN/mm]
456	17	473	4,7	0,6	5,3	0,9	6,3	89	76
410	17	427	3,5	0,6	4,1	0,8	5,0	103	86
365	17	382	2,8	0,5	3,3	0,7	4,0	116	95
319	17	336	2,1	0,5	2,5	0,7	3,2	132	105
273	17	291	1,6	0,4	2,0	0,6	2,6	145	113
228	17	245	1,2	0,3	1,5	0,5	2,0	159	121
182	17	199	0,9	0,3	1,1	0,4	1,5	175	131
137	17	154	0,6	0,2	0,8	0,3	1,1	191	139
91	17	108	0,4	0,1	0,5	0,2	0,7	207	147
46	17	63	0,2	0,1	0,3	0,1	0,4	230	159

Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN1997-1:2025)

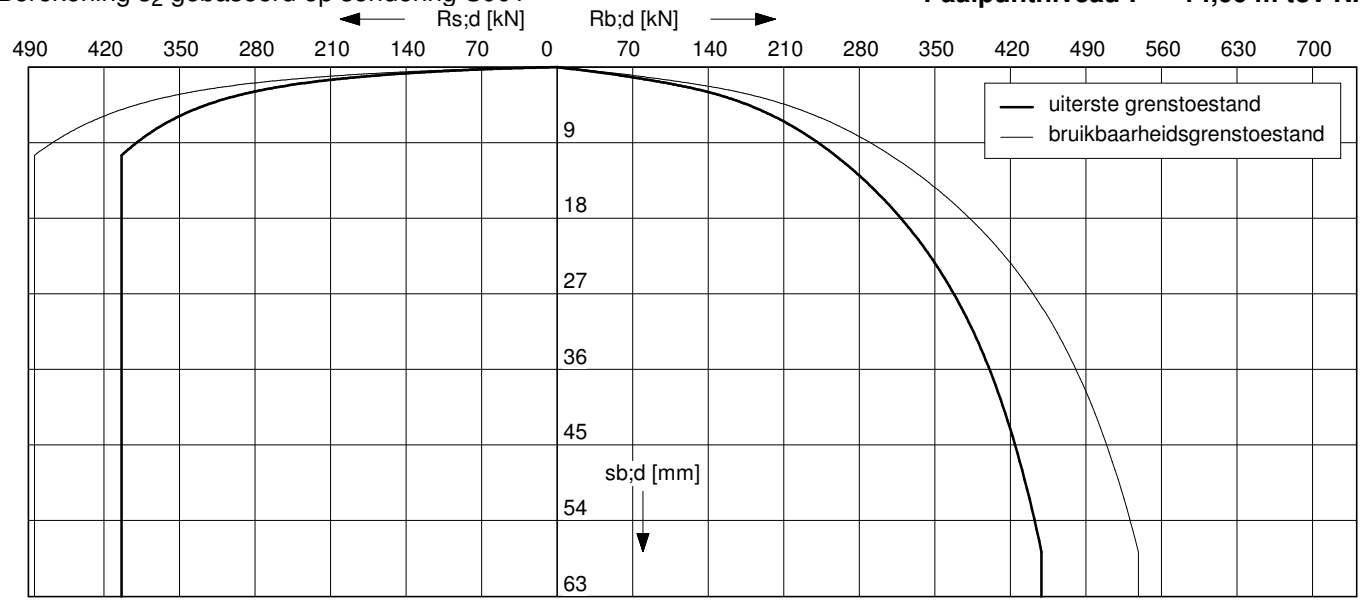
Paaltype : In de grond gevormde grondverdringende betonpaal, middels een ingeschroefde stalen hulpbuis en verloren punt met groutinjectie

Sonderingen: S001

Berekening s_2 gebaseerd op sondering S001

Paalafmeting : 0,460/0,560/0,560 m

Paalpuntniveau : 14,00 m tov NAP

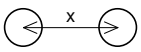


Uiterste grenstoestand

$F_{c;dnetto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;d}$ paal in groep [kN/mm]
831	21	852	56,4	1,0	57,3	1,2	58,5	80	69
748	21	769	26,1	0,9	27,0	1,1	28,1	94	80
665	21	686	13,0	0,7	13,7	1,0	14,7	109	91
582	21	602	7,7	0,7	8,3	0,9	9,2	123	100
499	21	519	4,9	0,6	5,4	0,7	6,2	138	110
416	21	436	3,1	0,5	3,6	0,6	4,2	153	119
333	21	353	2,1	0,4	2,4	0,5	2,9	167	128
249	21	270	1,3	0,3	1,6	0,4	2,0	187	139
166	21	187	0,7	0,2	0,9	0,3	1,2	209	151
83	21	104	0,3	0,1	0,4	0,1	0,6	231	162

Configuratie paalgroep voor bepaling s2

2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;rep}$ paal in groep [kN/mm]
639	21	660	5,8	0,6	6,4	0,9	7,3	103	90
575	21	596	4,3	0,5	4,9	0,8	5,7	123	104
511	21	532	3,3	0,5	3,8	0,8	4,5	142	118
447	21	468	2,5	0,4	2,9	0,7	3,6	160	130
384	21	404	1,9	0,4	2,3	0,6	2,8	179	143
320	21	340	1,4	0,3	1,7	0,5	2,2	199	155
256	21	276	1,0	0,2	1,3	0,4	1,7	218	166
192	21	213	0,7	0,2	0,9	0,3	1,2	243	181
128	21	149	0,4	0,1	0,5	0,2	0,8	272	196
64	21	85	0,2	0,1	0,3	0,1	0,4	300	210

Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Voorbeeldberekening gebaseerd op sondering S001
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN1997-1:2025)

Paaltype : In de grond gevormde grondverdringende betonpaal, middels een ingeschroefde stalen hulpbuis en verloren punt met groutinjectie
Paalafmeting : 0,380/0,450/0,450 m
Paalpuntniveau : 15,5 meter tov NAP

Correctie conusweerstand bij ontgraving

Geen ontgraving, geen correctie van de conusweerstand.

Berekening maximum puntweerstand

$q_{b;max} = 0,5 * \alpha_p * \beta * s * (0,5[q_{c;I;gem} + q_{c;II;gem}] + q_{c;III;gem})$ [par. 7.6.2.3(e)]

Paalklassefactor	:	$\alpha_p = 0,3$	(f)
Paalvoetvormfactor	:	$\beta = 1,0$	(g)
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor	:	$s = 1,0$	(h)
Traject I / II / III	:	18,6 / 10,0 / 3,7 MPa	

$q_{b;max} = 2,7$ MPa

Berekening maximum schachtwrijving

$R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a}$ [par. 7.6.2.3(e)]

Startdiepte schachtwrijving	:	16.5 m tov NAP
paalklassefactor	:	$\alpha\alpha_s = 0,011$ [tabel 7.d]
O_p	:	omtrek dwarsdoorsnede paalschacht
ΔL	:	traject schachtwrijving

diepte [m tov NAP]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	O_p [m]	ΔL [m]	$R_{s;cal}$ [kN]	$\Sigma R_{s;cal}$ [kN]
16,00	9,6	1,41	0,5	75	75
15,50	15,0	1,41	0,5	117	191

Berekening maximum draagkracht

$R_{c;cal} = A_b * q_{b;max} + R_{s;cal}$ [par. 7.6.2.3(e)]

Oppervlakte paalpunt : $A_b = 0,159$ m^2

$R_{c;cal} = 429 + 191 = 621$ kN

Voorbeeldberekening gebaseerd op sondering S001
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN1997-1:2025)

Paaltype : In de grond gevormde grondverdringende betonpaal, middels een ingeschroefde stalen hulpbuis en verloren punt met groutinjectie
Paalafmeting : 0,380/0,450/0,450 m
Paalpuntniveau : 15,5 meter tov NAP

Berekening negatieve kleef, geen groepswerking

De representatieve waarde van de totale belasting ten gevolge van negatieve kleef ($F_{nk;rep}$) moet zijn bepaald met de formule:

$$F_{nk;rep} = O_s * \Sigma h_j * K_{0;j;rep} * \tan\delta_j * \frac{\sigma'_{v;j-1;rep}+\sigma'_{v;j;rep}}{2}$$

[par. 7.3.2.2(d)]

Dit geldt voor:

- alleenstaande palen;
- palen in één rij of aan de rand van een paalgroep;
- palen binnen een paalgroep waarbij de hart-op-hart afstand van de palen (D) voldoet aan:

$$D > \sqrt{10 \times d \times h}$$

waarin:

d *is de middellijn van de paalschacht, of de equivalente middelijn van de paalschachten van de groep, in m.*

h *is de dikte van de laag of lagen waarin de negatieve kleef werkt, in m.*

Uitgangspunten

Toekomstig maaiveld	:	20,10 m tov NAP
Huidig maaiveld	:	20,12 m tov NAP
Grondwater	:	16,70 m tov NAP
Bovenbelasting	:	0 kN/m^2
Voorbeeldsondering	:	S001
O_s	:	omtrek dwarsdoorsnede paalschacht
$K_{v;j;rep}$	:	representatieve waarde van de neutrale gronddruk in laag j
$\tan\delta_j$	:	representatieve waarde van de wrijvingshoek tussen paalschacht en grond in laag j
$\sigma'_{0;j;rep}$	:	representatieve waarde van de effectieve verticale spanning onderin laag j

diepte [m tov NAP]	h_i [m]	O_s [m]	γ [kN/m^3]	γ_{sat} [kN/m^3]	ϕ [graden]	$K_0*\tan\delta_j$	$\sigma'_{v;i}$ [kN/m^2]	$F_{nk;i;rep}$ [kN]	$\Sigma F_{nk;rep}$ [kN]
18,50	1,60	1,19	18,0	20,0	32,5	0,295	29	8	8
17,70	0,80	1,19	16,0	16,0	25,0	0,269	42	9	17

BIJLAGE H

Algemene richtlijnen uitvoering avegaarpalen

Controle uitgangspunten
Voorafgaand aan de uitvoering moet worden gecontroleerd:
- de relatie tussen: maaiveldhoogte, werkhoogte, bouwpeil t.o.v. Ref/NAP,
- diameter avegaar en te realiseren paallengte in relatie tot grondonderzoek en funderingsadvies,
- overige relevante uitgangspunten geotechnische rapportages.

Uitvoering in relatie tot omgeving
Voor zover het in het advies niet aan de orde is gesteld, dient te worden nagegaan of de palen gemaakt kunnen worden zonder risico's voor bebouwing en infrastructuur in de omgeving. Hiertoe is informatie noodzakelijk omtrent de constructieve opbouw van bebouwing en infra en over de funderingswijze. Uiteraard is ook de bouwkundige staat van belang.

Werkterrein/bouwput
Het werkterrein dient dermate droog en stabiel te zijn dat verantwoord kan worden gewerkt.
Voorkomen moet worden dat eenmaal gemaakte palen beschadigen doordat deze horizontaal worden belast door bijvoorbeeld het manoeuvreren van materieel of door graafwerk rond de paal. Dit geldt vooral bij gedeeltelijk gewapende palen.
De ondergrond dient vrij te zijn van obstakels en verstoringen die van invloed kunnen zijn op de uiteindelijke paalkwaliteit. De ligging van kabels en leidingen dient in beeld te zijn gebracht.

Uitvoering in relatie tot bodemopbouw en geohydrologie
De uitvoerende partij dient zich tijdig te vergewissen van de bodemopbouw, de geohydrologie en de condities van het terrein.
De aanwezigheid van slappe lagen beneden maaiveld legt beperkingen op aan de vervaardiging van avegaarpalen. Van belang is dat de uitvoerende partij aantoonbare expertise heeft in vergelijkbare grondslag. De expertise dient eruit te bestaan dat men de betonsamenstelling en uitvoering (wijze van trekken, treksnelheid en betontoevoer) weet af te stemmen op de beperkte steundruk van de boorgatwand. Dit om 1) het beton omhoog te kunnen krijgen en het oververbruik te beperken, 2) te komen tot een schachtdoorsnede die zich laat controleren door middel van akoestisch doormeten en 3) te komen tot een paalschacht via welke de belasting op de diepere zandlagen kan worden overgedragen.
Let op: in beginsel dienen de palen gemaakt te worden vanaf een zodanig werkniveau dat er geen potentiaalsprong is tussen de freatische grondwaterspiegel en de stijghoogte van het grondwater in dieper gelegen watervoerende lagen (hydrostatisch verloop vanaf het werkniveau).

Paalafstanden
Het maken van een paal mag de verse schacht van een naburige paal niet beïnvloeden. Wanneer twee palen onmiddellijk na elkaar worden vervaardigd moet volgens NEN-EN 1536 de onderlinge hart op hart afstand ten minste vier maal de paaldiameter bedragen met een minimum van 2 m. Een kleinere afstand is toegestaan indien de tijd tussen het maken van de nieuwe paal en de naburige paal zodanig lang is dat de naburige paal voldoende is uitgehard (minstens 4 uur).
Tijdens de uitvoering van de palen moet het niveau van de specie in de reeds gemaakte naburige paal worden gecontroleerd. Wanneer er nazakking of oppersing wordt geconstateerd, moet een andere uitvoeringsvolgorde of een langere verhardingstijd worden aangehouden. De paal waarbij oppersing of nazakking is geconstateerd moet, indien geen vervangende paal wordt gemaakt, na verharding worden gecontroleerd.

Overige uitvoeringsaspecten

- Op de avegaar moet een markering worden aangebracht waaruit de juiste paallengte kan worden afgeleid.
- De avegaar dient voordat met het boren wordt begonnen te worden gecontroleerd op rechtheid en rechtstand, dan wel op de juiste schoorstand. Tevens dient het functioneren van de klep aan de onderzijde van de avegaar te worden gecontroleerd.
- De volgorde van uitvoering dient zodanig te zijn dat door het aanbrengen van een paal, de positie, de draagkracht en de integriteit van nabij gelegen palen niet negatief wordt beïnvloed.
- De eerste paal moet zo dicht mogelijk bij of op een sondering worden gemaakt.
- Het inboren moet geleidelijk geschieden met zo min mogelijk opwaarts grondtransport. Hiervoor dient de boormotor voldoende vermogen te leveren opdat een zo gering mogelijke schraapfactor wordt verkregen.
- De schraapfactor is het aantal omwentelingen van de boor dat nodig is om de boor over de lengte van eenmaal de spoed te doen zakken. Als indicatie geldt dat een schraapfactor van 2 à 3 veelal voldoet.
- Zodra de avegaar op diepte is en gevuld is met beton onder voldoende overdruk mag, indien nodig, deze avegaar maximaal 0,1 meter worden gelicht om de deksel te lossen.
- De avegaar behoort tijdens het trekken óf dezelfde draairichting te hebben als bij het boren óf stil te staan.
- De treksnelheid dient in overeenstemming te zijn met de specietoevoer, zodanig dat een continu gevulde schacht verzekerd is. Met name in bodemlagen met een lage sondeerweerstand en een geringere stabiliteit van de boorgatwand is dit van belang.
- De betondruk moet gemeten en continu geregistreerd worden. Bij het meten aan de bovenzijde van de avegaar zal tijdens het trekken een continue overdruk van 10-20 kN/m^2 over het algemeen voldoende zijn. Bij toepassing van een avegaar met grote binnenbuisdiameter (type buisschroefpaal) dient de buis tot tenminste het werkniveau met beton gevuld te zijn.
- Na het vervaardigen van een paal moet de verwerkte hoeveelheid beton worden vergeleken met de berekende inhoud.
- Aan de hand van de opgeboorde grond ter plaatse van de punt wordt inzicht verkregen in grondsoort ter hoogte van het gekozen paalpuntniveau. Deze grond moet overeenkomen met hetgeen kan worden afgeleid uit het grondonderzoek.

Vastlegging uitvoeringgegevens

- Datum en nummer palenplan en overige relevante werktekeningen.
- Conditie werkterrein.
- Werkniveau t.o.v. Ref/NAP, aanwezigheid eventuele bemalingen.
- Ingezet materieel.
- Samenstelling boorploeg.
- Vermogen boormotor (oliedruk, toerental).
- Rechtheid avegaar, positie en functioneren van de klep.
- Boorvolgorde met data.
- Paaltype, schachtafmeting, paalpuntniveau en wapening(code).
- Samenstelling specie (sterkteklasse, milieuklasse, cementgehalte, hulpstoffen e.d.).
- Datum en tijdstip vervaardiging palen.
- Bereikt paalpuntniveau t.o.v. Ref/NAP.
- Schraapfactor per eenheid van diepte.
- Draaimoment en axiale druk per eenheid van diepte.
- Speciedrukstaten en plaats van meting per eenheid van diepte.
- Specieverbruik in relatie tot theoretisch paalvolume /mixerwissel.

- Inboor- en treksnelheid (begintijd en eindtijd boren en trekken).
- Wijze van trekken (draaiend of stilstaand).
- Opgeboorde grond ter plaatse van de paalpunt.
- Wijze afwerking paalkoppen.
- Bijzonderheden tijdens uitvoering (verschoven piketten, verloop van de avegaar, plaatsafwijkingen, scheefstand, onderbrekingen tijdens trekken of het niet lossen van de deksel en de vervolgens gehanteerde werkwijze, water en/of grond in de boorbuis, stagnatie tijdens uitvoering paal, mee omhoog trekken of wegzakken van de wapening, veranderingen in specieniveau van nabijgelegen palen, plaatsafwijkingen, welpalen, bleeding, rijp op de wapening e.d.).

Controle

Door middel van akoestisch doormeten dient de integriteit van palen te worden beoordeeld. Deze metingen kunnen desgewenst door ons bureau worden uitgevoerd vanaf 5 dagen na productie. De meetgegevens geven informatie over o.a. discontinuïteiten, zoals scheuren, insnoeringen en uitstulpingen, over de lengte van de paal en over de kwaliteit van de paalkop.
Aan palen waarbij tijdens de uitvoering bijzonderheden werden geconstateerd dient tijdens de kwaliteitscontrole extra aandacht te worden besteed. Visuele controle van de paalkop kan plaatsvinden door deze vrij te graven. Hiervoor dient de paal wel voldoende te zijn gewapend.
Indien twijfel bestaat ten aanzien van het draagvermogen van een paal kan afhankelijk van de situatie worden nagesondeerd binnen 1,0 m van de paal, of kan een paal worden proefbelast.

Boortoezicht

Gezien de vele factoren die het installatieproces en daarmee de kwaliteit van de palen kunnen beïnvloeden wordt geadviseerd om per project na te gaan of onafhankelijk deskundig boortoezicht gewenst is. Desgewenst kan toezicht door ons bureau worden verzorgd.

Milieu

Er wordt op gewezen dat milieu aspecten met betrekking tot eventuele aan- en afvoer van grond en lozing van grondwater niet binnen het kader van deze opdracht vallen.

Tot slot

Voor meer algemene richtlijnen wordt verwezen naar:

- NEN-EN 1536 “uitvoering van bijzonder geotechnisch werk –boorpalen”,
- CUR-aanbeveling 109 “akoestisch doormeten van betonnen funderingspalen”,
- CUR 2004-1 “beoordelingssysteem voor de begaanbaarheid van bouwterreinen”,
- CUR-aanbeveling 114 “toezicht op de realisatie van paalfunderingen”,
- CROW Funderingshandboek,
- CROW-CUR Richtlijn 3 Voorkomen van schade aan in de grond gevormde palen,

- NVN 6724 “in de grond gevormde funderingselementen van beton of mortel”, formeel ingetrokken,
- BRL-2356 van het KIWA met bijlage A/B, formeel ingetrokken.

December 2024

BIJLAGE I

Algemene richtlijnen
in de grond gevormde paal met
grondverdringend ingeschroefde hulpbuis

Controle uitgangspunten
Voorafgaand aan de uitvoering moet worden gecontroleerd:
- de relatie tussen: maaiveldhoogte, werkhoogte, bouwpeil t.o.v. Ref/NAP,
- palenplan, afmetingen hulpbuis (diameter buis/punt) en de te realiseren paallengte in relatie tot het grondonderzoek en het funderingsadvies,
- overige relevante uitgangspunten van de geotechnische rapportages.

Uitvoering in relatie tot omgeving
Voor zover het in het advies niet aan de orde is gesteld, dient te worden nagegaan of de palen gemaakt kunnen worden zonder risico's voor bebouwing en infrastructuur in de omgeving. Hiertoe is informatie noodzakelijk omtrent de constructieve opbouw van bebouwing en infra en over de funderingswijze. Uiteraard is ook de bouwkundige staat van belang.

Werkterrein/bouwput
Het werkterrein dient dermate droog en stabiel te zijn dat verantwoord kan worden gewerkt.
Voorkomen moet worden dat eenmaal gemaakte palen beschadigen doordat deze horizontaal worden belast door bijvoorbeeld het manoeuvreren van materieel of door graafwerk rond de paal. Dit geldt vooral bij gedeeltelijk gewapende palen.
De ondergrond dient vrij te zijn van obstakels en verstoringen die van invloed kunnen zijn op de uiteindelijke paalkwaliteit. De ligging van kabels en leidingen dient in beeld te zijn gebracht.

Uitvoering in relatie tot bodemopbouw en geohydrologie
De uitvoerende partij dient zich tijdig te vergewissen van de bodemopbouw, de geohydrologie en de condities van het terrein.
De aanwezigheid van slappe lagen beneden maaiveld legt beperkingen op aan de vervaardiging van de palen. Van belang is dat de uitvoerende partij aantoonbare expertise heeft in vergelijkbare grondslag. De expertise dient eruit te bestaan dat men de betonsamenstelling en uitvoering (wijze van trekken, treksnelheid en betontoevoer) weet af te stemmen op de beperkte steundruk van de boorgatwand. Dit om 1) het beton omhoog te kunnen krijgen en het oververbruik te beperken, 2) te komen tot een schachtdoorsnede die zich laat controleren door middel van akoestisch doormeten en 3) te komen tot een paalschacht via welke de belasting op de diepere zandlagen kan worden overgedragen.
Bij dit paaltype bestaat de mogelijkheid om in de hulpbuis een prefab betonnen element te plaatsen via welke de belasting op de diepere zandlagen wordt overgedragen. In dat geval is sprake van een zogenaamde combipaal. De zorg voor wat betreft de slappe lagen is bij een combipaal minder aan de orde.
Let op: in beginsel dienen de palen gemaakt te worden vanaf een zodanig werkniveau dat er geen potentiaalsprong is tussen de freatische grondwaterspiegel en de stijghoogte van het grondwater in dieper gelegen watervoerende lagen (hydrostatisch verloop vanaf het werkniveau).

Paalafstanden
Het maken van een paal mag de verse schacht van een naburige paal niet beïnvloeden. Wanneer twee palen onmiddellijk na elkaar worden vervaardigd moet volgens het CROW Funderingshandboek de onderlinge hart op hart afstand in aanzet ten minste vier maal de paaldiameter bedragen met een minimum van 2 m. Een kleinere afstand is toegestaan indien de tijd tussen het maken van de nieuwe paal en de naburige paal zodanig lang is dat de naburige paal voldoende is uitgehard (minstens 20 uur). Deze richtlijnen vinden hun oorsprong in NVN 6724 "in de grond gevormde funderingselementen van beton of mortel" en de beoordelingsrichtlijn BRL 2356. Deze documenten sluiten voor wat betreft veel aspecten aan op de actuele uitvoeringspraktijk maar zijn formeel ingetrokken.
Bij ontbreken van uitvoeringsexpertise in relatie tot de stijfheid van de grond schrijft NEN-EN 12699 een hart op hart afstand van minimaal zes maal de paaldiameter voor. Bij grond met een lage ongedraineerde schuifsterkte (C_u < 50 KPa) kan de afstand zelfs oplopen tot tien maal de paaldiameter.
Tijdens de uitvoering van de palen moet het niveau van de specie in de reeds gemaakte naburige paal worden gecontroleerd. Wanneer er nazakking of oppersing wordt geconstateerd, moet een andere uitvoeringsvolgorde of een langere verhardingstijd worden aangehouden. De paal waarbij oppersing of

nazakking is geconstateerd moet, indien geen vervangende paal wordt gemaakt, na verharding worden gecontroleerd.

Overige uitvoeringsaspecten

- Op de hulpbuis moet een markering worden aangebracht waaruit de juiste paallengte kan worden afgeleid.
- De hulpbuis dient voordat met het boren wordt begonnen te worden gecontroleerd op rechtheid en rechtstand, dan wel op de juiste schoorstand. Bij aanwezigheid van een klep aan de onderzijde van de hulpbuis dient het functioneren ervan te worden gecontroleerd.
- De volgorde van uitvoering dient zodanig te zijn dat door het aanbrengen van een paal, de positie, de draagkracht en de integriteit van nabij gelegen palen niet negatief wordt beïnvloed.
- De eerste paal moet zo dicht mogelijk bij of op een sondering worden gemaakt.
- Het boormoment en de pull-down kracht op de hulpbuis dient zodanig te zijn afgestemd op de bodemopbouw, dat het inboren grondverdringend geschiedt, met zo min mogelijk opwaarts grond-transport en ontspanning.
- Zodra de buis op diepte is moet worden gecontroleerd of de buis droog is en vrij van grond. Vervolgens kan de wapening worden ingebracht en de buis worden gevuld met specie, zodanig dat sprake is van voldoende overdruk.
- Tijdens het trekken van de hulpbuis mag de wapening niet omhoog komen en dient te worden gecontroleerd of de onderafsluiting van de hulpbuis (klep, deksel, boorpunt) goed lost.
- De treksnelheid dient in overeenstemming te zijn met de specietoevoer, zodanig dat een continu gevulde schacht verzekerd is. Met name in bodemlagen met een lage sondeerweerstand en een geringere stabiliteit van de boorgatwand is dit van belang.
- Na het vervaardigen van een paal moet de verwerkte hoeveelheid beton worden vergeleken met de berekende inhoud.
- Bij sommige systemen kan de wrijvingsweerstand in zeer vaste bodemlagen worden gereduceerd door bijvoorbeeld een bepaalde hoeveelheid grout te injecteren iets boven de paalpunt, of door aan de punt onder hoge druk een zeer beperkte hoeveelheid water te injecteren. Hierbij mag geen grondtransport plaatsvinden en de toepassing van deze maatregelen dient in overeenstemming te zijn met de uitgangspunten van het funderingsontwerp en -advies.

Vastlegging uitvoeringgegevens

- Datum en nummer palenplan en overige relevante werktekeningen.
- Conditie werkterrein, aanwezigheid eventuele bemalingen.
- Werkniveau t.o.v. Ref/NAP.
- Ingezet materieel.
- Samenstelling boorploeg.
- Vermogen boormotor en pull-downkracht (oliedruk, toerental).
- Rechtheid hulpbuis, functioneren onderafsluiting hulpbuis (klep, deksel, boorpunt).
- Boorvolgorde met data.
- Paaltype, schacht/puntafmeting, paalpuntniveau en wapening(code).
- Samenstelling specie (sterkteklasse, milieuklasse, cementgehalte, hulpstoffen e.d.).
- Datum en tijdstip vervaardiging palen.
- Bereikt paalpuntniveau t.o.v. Ref/NAP.
- Draaimoment en pull-down kracht per eenheid van diepte.
- Specieverbruik in relatie tot theoretisch paalvolume, mixerwissels.
- Inboor- en treksnelheid (begintijd en eindtijd boren en trekken).
- Wijze van trekken (draaiend, oscillerend, stilstaand, trillend).
- Wijze afwerking paalkoppen.

- Bijzonderheden tijdens uitvoering (verschoven piketten, verloop van de hulpbuis, plaatsafwijkingen, scheefstand, onderbrekingen tijdens trekken of het niet lossen van onderafdichting en de vervolgens gehanteerde werkwijze, water en/of grond in de boorbuis, stagnatie tijdens uitvoering paal, mee omhoog trekken of wegzakken van de wapening, veranderingen in specieniveau van nabijgelegen palen, plaatsafwijkingen, welpalen, bleeding, rijp op de wapening e.d.).

Controle

Door middel van akoestisch doormeten dient de integriteit van de palen te worden beoordeeld. Deze metingen kunnen desgewenst door ons bureau worden uitgevoerd vanaf 5 dagen na productie. De meetgegevens geven informatie over o.a. discontinuïteiten, zoals scheuren, insnoeringen en uitstulpingen, over de lengte van de paal en over de kwaliteit van de paalkop.
Aan palen waarbij tijdens de uitvoering bijzonderheden werden geconstateerd dient tijdens de kwaliteitscontrole extra aandacht te worden besteed. Visuele controle van de paalkop kan plaatsvinden door deze vrij te graven. Hiervoor dient de paal wel voldoende te zijn gewapend.
Indien twijfel bestaat ten aanzien van het draagvermogen van een paal kan afhankelijk van de situatie worden nagesondeerd binnen 1,0 m van de paal, of kan een paal worden proefbelast.

Boortoezicht

Gezien de vele factoren die het installatieproces en daarmee de kwaliteit van de palen kunnen beïnvloeden wordt geadviseerd om per project na te gaan of onafhankelijk deskundig boortoezicht gewenst is. Desgewenst kan toezicht door ons bureau worden verzorgd.

Milieu

Er wordt op gewezen dat milieu aspecten met betrekking tot eventuele aan- en afvoer van grond en lozing van grondwater niet binnen het kader van deze opdracht vallen.

Tot slot

Voor meer algemene richtlijnen wordt verwezen naar:

- NEN-EN 12699 “uitvoering van bijzonder geotechnisch werk –verdringingspalen”,
- CUR-aanbeveling 109 “akoestisch doormeten van betonnen funderingspalen”,
- CUR 2004-1 “beoordelingssysteem voor de begaanbaarheid van bouwterreinen”,
- CUR-aanbeveling 114 “toezicht op de realisatie van paalfunderingen”,
- CROW Funderingshandboek,
- CROW-CUR Richtlijn 3 Voorkomen van schade aan in de grond gevormde palen,
- Eventuele interne kwaliteitsrichtlijnen van de uitvoerende partij,
- NVN 6724 “in de grond gevormde funderingselementen van beton of mortel”, formeel ingetrokken,
- BRL-2356 van het KIWA met bijlage E, formeel ingetrokken.

December 2024

Voor meer informatie zie: www.socotec.nl

SOCOTEC NEDERLAND SPECIALIST IN:

Geotechniek en milieu-expertise

Grondonderzoek
Geotechnisch laboratoriumonderzoek
Geotechnisch- en geohydrologisch advies
Bouwplaats- en grondwater monitoring
Waterveiligheid
Uitvoeringsbegeleiding
Milieutechniek

Risicobeheer, verzekering en inspecties

Claims
Controle van de omgeving
Risicoanalyses
Waardebepalingen

Gebouw veiligheid & duurzaamheid

Binnenklimaat
Drinkwaterveiligheid
Gebouw- en techniekinspecties
Gebouwprestatie
Gebouwinformatie