

Opdrachtgever:
Kenmerk: Q16-00687

De Meeuw Oirschot B.V.
Postbus 18
5688 ZG Oirschot

Gezien door de constructeurs
van de gemeente Leiden
gezien N.Breuer
d.d. 05/10/2016



Rapport:
versie:
datum:

Behoort bij beschikking van
Burgemeester en Wethouders
van Leiden

Wabo Z/23/3488822



Norm / richtlijn:

100984-XF
1
5 september 2016

NEN 9997-1

Rapport
Funderingsadvies
**Tijdelijke huisvesting aan de
Boerhaavelaan 292 te Leiden**

Lankelma Geotechniek Zuid B.V.
Moorland 4a
Postbus 38
5688 ZG Oirschot
Tel: 0499 - 578520
Fax: 0499 - 578573
E-mail: info@lankelma-zuid.nl
Internet: www.lankelma-zuid.nl

auteur:

ir. E. Corovic

adviesverantwoordelijke:

ir. E. Corovic

5-9-2016

X 

Inhoudsopgave

1	Projectbeschrijving	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Plangegevens	1
1.2.1	Administratieve indeling	1
1.2.2	Situatie actueel / voormalig	1
1.2.3	Bouwplan	1
1.2.4	Verstreckte plangegevens	2
2	Onderzoeksprogramma	3
2.1	Archief-/dossieronderzoek	3
2.1.1	Verstreckte onderzoeksgegevens derden	3
2.1.2	TNO	3
2.2	Overleg / inventarisatie	3
3	Bodem, water en omgeving	4
3.1	Hoogte maaiveld	4
3.2	Bodem	4
3.2.1	Laagopbouw van de grond en de variaties daarvan op de planlocatie	4
3.2.2	Geologie van de planlocatie en omgeving	4
3.3	Water	4
4	Funderingsadvies	5
4.1	Funderingsontwerp	5
4.1.1	Funderingskeuze	5
4.1.2	Paalkeuze	5
4.1.3	Beschrijving paaltype: Stalen buispaal - geheid	5
4.2	Uitgangspunten berekening	5
4.2.1	Rekenmethode	5
4.2.2	Berekeningsaannames	6
4.3	Rekenresultaten	6
4.3.1	Paaldiameter en paalpuntniveau	6
4.3.2	Maximumdraagkracht van de grond op druk	6
4.3.3	Zakking van de bovenkant van de paalfundering	7
4.4	Algemene richtlijnen uitvoering en ontwerp	7
4.4.1	Richtlijnen Stalen buispalen	7
4.4.2	Richtlijnen nieuwbouw/belending/bestaande bebouwing	7
4.5	Slotopmerking(en)	8

Bijlagen

Bijlage 1: Resultaten grondonderzoek

Bijlage 2: Berekeningsresultaten fundering op palen

1 PROJECTBESCHRIJVING

1.1 Inleiding

Ten behoeve van het project "Uitbreiding school De Wissel aan de Boerenhaavelaan 292 te Leiden" werd door derden (Fugro Ingenieursbureau B.V.) een grondonderzoek uitgevoerd, waarvan de resultaten weergegeven zijn in rapport 3007-0200-000. In onderhavig rapport is een funderingsadvies uitgewerkt voor dit project.

1.2 Plangegevens

1.2.1 Administratieve indeling

Het plan is gelegen aan de Boerhaavelaan 292 te Leiden. De coördinaten volgens het RD-stelsel zijn globaal: $x = 93,37$ en $y = 465,26$ [km].

1.2.2 Situatie actueel / voormalig

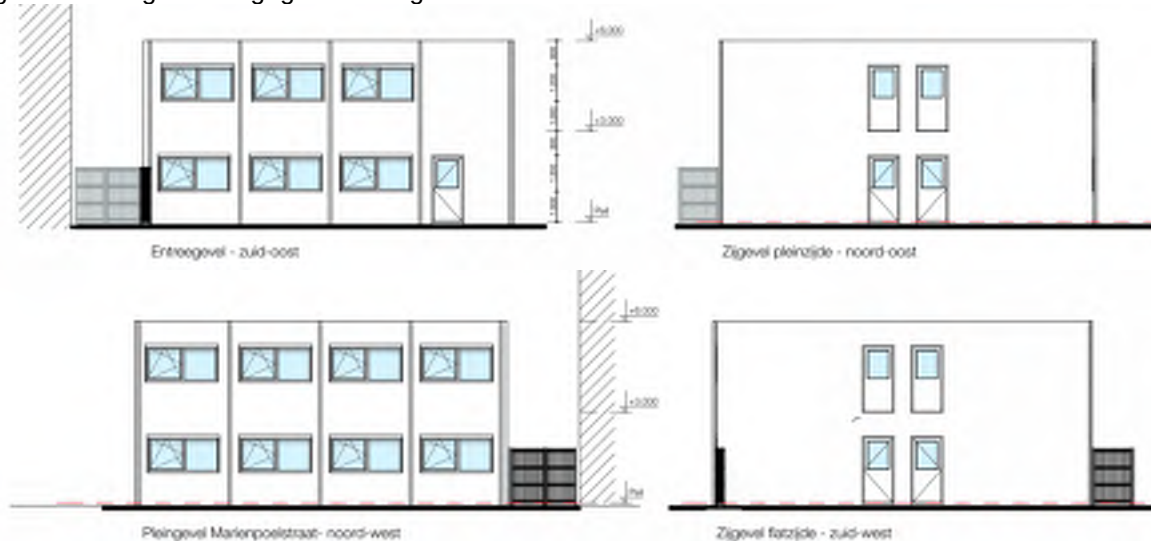
Het perceel is momenteel bebouwd met een school. De planlocatie is momenteel onbebouwd. Een indruk van de huidige terreinsituatie is weergegeven in Figuur 1..



Figuur 1.1 Indruk huidige / recente situatie (bron: opdrachtgever)

1.2.3 Bouwplan

Het plan omvat de realisatie van een tijdelijke bebouwing, opgebouwd uit prefab units in 2 bouwlagen. In het plan is geen kelder voorzien. Het grondvlak van de nieuwbouw is ca. $12,4 \times 12,4$ m². Voor een situatieschets van het plan wordt verwezen naar de tekening in Bijlage 1. Ter illustratie zijn enkele geveltekeningen weergegeven in Figuur 1.2.



Figuur 1.2 Geveltekeningen (bron: opdrachtgever)

Op basis van de verstrekte plangegevens (zie § 1.2.4) en aanvullende informatie van de opdrachtgever zijn de navolgende peilen aangenomen:

- Bouwpeil 0,6 m + NAP
- Maaiveld 0,5 m + NAP
- Aanlegniveau fundering 0,1 m + NAP

Geadviseerd wordt deze uitgangspunten te verifiëren.

1.2.4 Verstrekte plangegevens

Ten behoeve van het project zijn door of namens de opdrachtgever onder meer de navolgende tekeningen ter beschikking gesteld:

De Meeuw Oirschot B.V.

- Q16-00687-A-001 Tijdelijke leslokalen "De Vlieger" - plattegronden, gevels en doorsnede, d.d. 21-07-2016;

Bouwkundig werkburo Stramien 2000 VOF

- 201623 BA Tijdelijke huisvesting op speelplaats - voorblad massastudie, d.d. 15-07-2016;
- 201623 BA.01 Tijdelijke huisvesting op speelplaats - bestaande situatie, luchtfoto's, d.d. 15-07-2016;
- 201623 BA.02 Tijdelijke huisvesting op speelplaats - situatie, d.d. 15-07-2016;
- 201623 BA.03. Tijdelijke huisvesting op speelplaats - foto's speelplaats, d.d. 15-07-2016;
- 201623 BA.04 Tijdelijke huisvesting op speelplaats - kadastraletekening met portcabins, d.d. 15-07-2016;
- 201623 BA.05 Tijdelijke huisvesting op speelplaats - plattegronden, indeling portcabins, d.d. 15-07-2016;
- 201623 BA.06 Tijdelijke huisvesting op speelplaats - terrein, fundering, riolering, d.d. 15-07-2016;
- 201623 BA.07 Tijdelijke huisvesting op speelplaats - doorsnede, d.d. 15-07-2016;
- 201623 BA.08 Tijdelijke huisvesting op speelplaats - gevels, d.d. 15-07-2016;
- 201623 BA.09 Tijdelijke huisvesting op speelplaats - foto's schoolunits, d.d. 15-07-2016.

2 ONDERZOEKSPROGRAMMA

2.1 Archief-/dossieronderzoek

2.1.1 Verstreckte onderzoeksgegevens derden

Door de opdrachtgever zijn ons de volgende onderzoeksgegevens verstrekt van derden:

- 3007-0200-000 "Uitbreiding school De Wissel aan de Boerhaavelaan 292 te Leiden" Fugro Ingenieursbureau B.V., d.d. 7 mei 2007.

De sonderingen D1 t/m D3 zijn gebruikt voor het opstellen van onderhavig rapport. De sondeergegevens zijn aangeleverd in analoog formaat. Ten behoeve van de funderingsberekeningen zijn de sonderingen door ons bureau gedigitaliseerd. Hierbij dient te worden aangemerkt dat altijd enig kwaliteitsverlies optreedt bij het digitaliseren van de sonderingen. Volledigheidshalve zijn de relevante onderzoeksresultaten toegevoegd in Bijlage 1.

2.1.2 TNO

Teneinde meer inzicht te geven in de geologie van de bouwplaats en omgeving zijn, de (hydro)geologische gegevens geraadpleegd van het Regionaal geohydrologisch informatiesysteem (Regis / Dinoloket TNO). Het betreft met name de gegevens van het Landelijk model DGM V1.3 uit 2009 en/of Landelijk model Regis II.1 uit 2008.

2.2 Overleg / inventarisatie

Teneinde te komen tot een optimale funderingskeuze is telefonisch en per mail overleg gepleegd met de opdrachtgever.

3 BODEM, WATER EN OMGEVING

3.1 Hoogte maaiveld

De maaiveldhoogte ter plaatse van de onderzoekspunten varieert van 0,14 m + tot 0,20 m + NAP. Het terrein en de omgeving zijn relatief vlak.

3.2 Bodem

3.2.1 Laagopbouw van de grond en de variaties daarvan op de planlocatie

De lokale bodemopbouw kan, tot de maximaal verkende diepte, als volgt worden gekarakteriseerd.

Diepte tot [m - NAP]	lithologie / samenstelling	Kenmerk / bijzonderheden
1 à 1,5	zand	opgebracht / toplaag
9	klei en/of veen, weinig vast	
12	zand, los gepakt tot matig vast	
13	klei, zandige klei	
26	zand, matig vast tot zeer vast	plaatselijk teruggangen in conusweerstand door zand met een hogere siltfractie of lossere pakking

3.2.2 Geologie van de planlocatie en omgeving

De op basis van de geraadpleegde bronnen verwachte ondiepe geologie op de locatie is weergegeven in navolgende tabel. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het de geologische bodemopbouw betreft die door TNO is geïnterpoleerd op basis van onderzoek in de omgeving. De werkelijke laagopbouw en -samenstelling kunnen hiervan afwijken.

Diepte tot* [m - NAP]	Formatienaam*	Kenmerk	Lithologie**
13	Holocene afzettingen	jonge fluviatiele, mariene, lagunaire en strandafzettingen	klei, veen, zand
30	Kreftenheye	fluviatiele zand- en grindafzettingen van de rivier de Rijn, uit het laat Pleistoceen en Vroeg-Holoceen	grof zand en grind, met sporadisch fijne laagjes fijn zand, klei of veen
53	Urk	geologische formatie gevormd in het Midden-Pleistoceen	fijne tot grove bonte zanden en grinden, met kleilagen
55	Sterksel	rivierafzetting uit het Midden Pleistoceen en het laatste deel van het Vroeg Pleistoceen	grof zand en grind, soms keien

* Bron: Landelijk DGM model V1.3 - 2009, TNO, de werkelijke diepte en formatienaam kan afwijken (met name nabij geologische breukzones)

** Beschreven is de dominante lithologie. Ondergeschikte en sporadisch voorkomende lithologie zijn niet beschreven.

3.3 Water

Tijdens de uitvoering van het onderzoek d.d. 7 mei 2007 is de grondwaterstand aangetroffen op ca. 0,6 m - NAP.

Opmerking

Gemeten grondwaterstanden zijn momentopnamen en dienen met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd, omdat:

- waterniveaus gemeten direct na plaatsing van een sondering, boring of peilbuis, significant kunnen afwijken van de heersende grondwaterstand of stijghoogte. Het kan namelijk enige tijd duren voordat een representatieve waterspiegel is ingesteld (enkele seconden in grof zand tot soms enkele uren in slecht doorlatende klei).
- de grondwaterstand onder invloed van seizoensafhankelijke factoren in de tijd zal fluctueren. Deze fluctuatie varieert per regio/gebied; in polders meestal ca. 0,5 m, nabij grote rivieren soms 4 à 5 m en elders vaak 1,5 à 2 m. Een representatief beeld hiervan kan slechts worden gekregen door monitoring van de grondwaterstand gedurende langere tijd en/of door tijdreeksanalyse van gedurende langere tijd gemonitoorde peilbuizen uit de omgeving.

4 FUNDERINGSADVIES

4.1 Funderingsontwerp

4.1.1 Funderingskeuze

De bodemopbouw geeft, gezien de abundantie aanwezigheid van weinig vaste en samendrukbare lagen, voor het bouwplan aanleiding uit te gaan van een fundering op palen.

In overleg met de opdrachtgever is besloten een fundering op palen nader uit te werken.

4.1.2 Paalkeuze

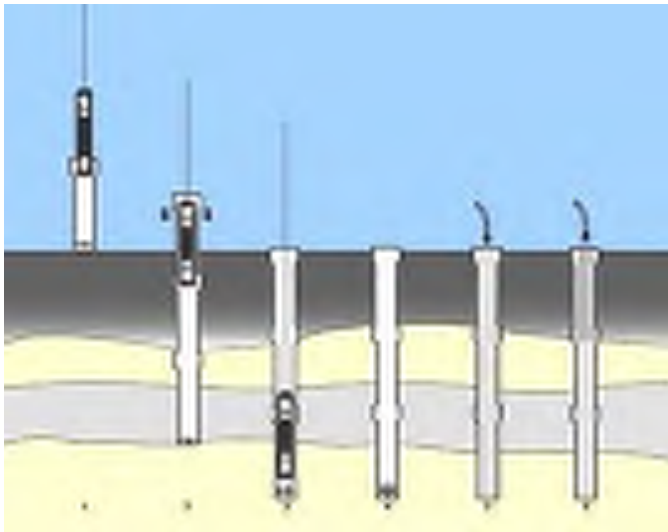
Na overleg met de opdrachtgever wordt een fundering op stalen buispalen nader uitgewerkt.

Ten aanzien van de paalkeuze dient het volgende te worden opgemerkt:

- De paalsysteemkeuze is gebaseerd op de voorhanden zijnde en verstrekte gegevens. Aanvullende milieukundige, archeologische, geohydrologische, gemeentelijke of overige randvoorwaarden kunnen aanleiding geven tot wijziging van het paaltype.
- De keuze voor alternatieve paalsystemen is niet uitgesloten.

4.1.3 Beschrijving paaltype: Stalen buispaal - geheid

Stalen buispalen bestaan uit stalen buiselementen met een lengte van ca. 1,0 tot ca. 3,0 meter (lengte is afhankelijk van de situatie en beschikbare ruimte). Het eerste element dat is voorzien van een voetplaat wordt met een inwendig valblok tot het maaiveld weggeheid. Vervolgens wordt hierop een tweede element geplaatst dat aan het eerste wordt bevestigd met een doorgaande elektrische las. Deze werkwijze wordt herhaald tot de vereiste diepte is bereikt. Tenslotte wordt de (verloren) stalen buis gevuld met beton en wordt, indien nodig, een kopnet geplaatst.



4.2 Uitgangspunten berekening

4.2.1 Rekenmethode

- In het rapport worden de draagkracht en vervormingen bepaald van axiaal op druk belaste funderingselementen.
- De draagkracht en vervorming van de palen is berekend volgens NEN 9997-1:2011. Deze norm omvat:
 - NEN-EN 1997-1 (Eurocode 7-1) deel 1: algemene regels,
 - NEN-EN 1997-1/NB nationale bijlage bij Eurocode 7-1
 - NEN 9097-1 Aanvullende regels voor toepassing van Eurocode 7-1 in Nederland, opgenomen uit NEN 6740, NEN 6743-1, NEN 6744 en CUR C-166.
- Voor de geotechnische berekeningen wordt conform NEN 9997-1 uitgegaan van ontwerpbenadering 3 (OB 3).

- In de berekeningen is gebruik gemaakt van de partiële weerstandsfactoren bedoeld voor toetsing van de draagkracht en vervorming in de uiterste grenstoestanden bij bezwijken of buitensporig vervormen van de constructie (STR) en de ondergrond (GEO) van de fundering op palen.
- Het project wordt ingedeeld in de geotechnische categorie 2 (GC2).

4.2.2 Berekeningsaannames

- De partiële factor voor de totale draagkracht van drukpalen (γ_t) is vastgesteld op 1,2, uitgaande van de berekening van de draagkracht op basis van sondeergegevens.
- Gerekend is met de correlatiefactoren ξ_3 en $\xi_4 = 1,39$, die aan de hand van tabel A.10a uit de NEN 9997-1 / NEN 1997-1/NB zijn bepaald, uitgaande van een niet stijf bouwwerk en presentatie van de draagkracht per afzonderlijke sondering.
- De paalkarakteristieken die zijn gehanteerd, zijn in beginsel afkomstig van het SBR Handboek Funderingen en tabel 7.c. uit de NEN 9997-1. Navolgend zijn de gehanteerde waarden en eventuele bijzonderheden samengevat:

Paaltype:	α_p	α_s^*	α_t^*	β^{**}	L-Z diagr.	Bijzonderheden
Stalen buispaal - geheid	1,0	0,010	0,007	0,9	1	voetplaat mag max. 10 mm uitsteken buiten de buis

* voor zand en zand/grindhoudende grond. Voor klei-, leem of veenlagen wordt, cf. NEN 9997-1 art. 7.6.1.1, door ons bureau schachtwrijving buiten beschouwing gelaten.

** bepaald op basis van de paalvoetvorm cf. NEN 9997 § 7.6.2.3

- In verband met de aanwezige samendrukbare grondslag is het optreden van negatieve kleeft in rekening gebracht voor een bodemprofiel met samendrukbare lagen tot een diepte van ca. 9 m - NAP. Conform NEN 9997-1 is voor de partiële belastingsfactor $\gamma_{f,nk}$ is de waarde 1,0 aangehouden.
- Voor de gehanteerde peilen en niveaus wordt verwezen naar § 1.2.
- De rekenwaarde van de grootste belasting die door de kolommen naar de fundering wordt overgebracht bedraagt maximaal 340 kN.

Geadviseerd wordt de uitgangspunten te verifiëren, voordat met de resultaten wordt verder gewerkt.

4.3 Rekenresultaten

4.3.1 Paaldiameter en paalpuntniveau

De draagkracht en vervormingen zijn bepaald voor:

- Stalen buispalen met een schacht-/voetafmeting van Ø 219/229, Ø 273/283 en Ø 324/334 mm.

De paalpuntniveaus waarvoor de draagkracht is berekend, inclusief de vanuit geotechnisch oogpunt preferente paalpuntniveaus (indien aanwezig), zijn weergegeven in navolgende tabel.

De uiteindelijke keuze van paalpuntniveau(s) en paalafmeting(en) dient door de opdrachtgever en/of constructeur te geschieden, op basis van deze tabel en de rekenresultaten (zie § 4.3.2 en 4.3.3).

Sondering [nr.]	Maaiveldhoogte [m + NAP]	Paalpuntniveau [m - NAP] Berekend	Preferent
D1	0,14	14,0 t/m 17,0	-
D2	0,20	14,0 t/m 17,0	-
D3	0,20	14,0 t/m 17,0	-

Opmerkingen / toelichting

- *Preferente paalpuntniveaus* zijn niveaus die onzes inziens vanuit geotechnisch oogpunt de voorkeur hebben. Het zijn niveaus die bijvoorbeeld geen significante beperkingen kennen ivm dikte van de draagkrachtige bodemlaag, de aanwezigheid van slechte / samendrukbare lagen, uitwisselbaarheid van paalpuntniveaus en/of diepte van de paal in het zandpakket. De preferente niveaus zijn niet bedoeld als bindend advies.
- Indien er onzes inziens geen paalpuntniveaus zijn te onderscheiden die een duidelijke voorkeur genieten boven andere (in positieve dan wel negatieve zin), is dit aangegeven met “-”.

4.3.2 Maximumdraagkracht van de grond op druk

De rekenresultaten zijn voor de geadviseerde paalpuntniveaus per sondering weergegeven in Bijlage 2. Hierbij is de berekende paalpuntweerstand ($q_{b,max}$), de schachtwrijving ($R_{s,cal,max}$), maximumdraagkracht van de paalpunt ($R_{b,cal,max}$), de rekenwaarde van de maximumdraagkracht ($R_{c,d}$), eventuele belasting door negatieve kleeft ($F_{s,nk;d}$) en de rekenwaarde van de netto draagkracht ($R_{c,net;d} = R_{c,d} - F_{s,nk;d}$) vermeld. Tevens is per paalafmeting een overzichtstabel weergegeven met de rekenwaarde van de netto draagkracht $R_{c,net;d}$.

In Bijlage 2 is, voor sondering D1, een rekenvoorbeeld weergegeven van:

- een stalen buispaal met een schacht-/voetafmeting van Ø 219/229 mm op 16,0 m - NAP;
- een stalen buispaal met een schacht-/voetafmeting van Ø 273/283 mm op 16,0 m - NAP;
- een stalen buispaal met een schacht-/voetafmeting van Ø 324/334 mm op 14,5 m - NAP;

Opmerking

- Indien de palen een flexibele c.q. niet stijve constructie ondersteunen, moet cf. NEN 9997-1, ervan worden uitgegaan dat de weerstand op druk van de minst draagkrachtige paal maatgevend is voor het ontstaan van een uiterste grenstoestand. Het draagvermogen van een paal dient derhalve te zijn afgestemd op de laagste draagkracht op hetzelfde paalpuntniveau van de omliggende sonderingen.
- De vermelde draagkracht wordt ontleend aan de ondergrond. Door de constructeur moeten constructieve aspecten van de funderingspalen, waaronder de sterkte, worden beoordeeld.

4.3.3 Zakking van de bovenkant van de paalfundering

Op basis van de berekende maximumdraagkracht van de paalpunt ($R_{b;cal;max}$) en de maximumwrijvingskracht over het deel van de schacht dat meedoet in de bepaling van de draagkracht ($R_{s;cal;max}$) is aan de hand van lastzakingsdiagrammen de zakking van de paalpunt (s_b) bepaald conform NEN 9997-1.

De rekenwaarde van de zakking van het bovineinde van een paal ten opzichte van de paalpunt als gevolg van elasticiteit van de paal (s_{el}) is bepaald conform NEN 9997-1. In deze berekening is voor de nominale waarde van de elasticiteitsmodulus ($E_{paal;nom}$) van het materiaal van de paalschacht, voor zover van toepassing, uitgegaan van 20×10^9 N/m² voor beton, 200×10^9 N/m² voor staal en 15×10^9 N/m² voor hout.

Voor de berekende paalkopzakking en een last-zakingsdiagram van de als rekenvoorbeeld gekozen paal wordt verwezen naar de voorbeeldberekening in Bijlage 2.

Door de constructeur moet worden beoordeeld of aan het vervormings- en rotatiecriterium wordt voldaan.

Zoals vermeld in NEN 9097-1 artikel 2.4.9 wordt voor woonfuncties en -gebouwen, en tenzij nader gedefinieerd ook voor overige gebouwen en bouwwerken, in het algemeen aangehouden dat de scheefstand ω en/of de relatieve rotatie β_x niet de waarde 1:300 mag overschrijden. Als eis voor de uiterste grenstoestand wordt vaak een relatieve rotatie β van 1:100 aangehouden. In de regel zal derhalve de bruikbaarheidsgrenstoestand bepalend zijn.

4.4 Algemene richtlijnen uitvoering en ontwerp

4.4.1 Richtlijnen Stalen buispalen

Voor algemene richtlijnen voor uitvoering van stalen buispalen wordt verwezen naar:

- BRL-1710 "het aanbrengen van stalen buissegmentpalen";
- NEN-EN-12699, "Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk - Verdringingspalen".

Volgens handboek funderingen dient de minimale hart-op-hart-afstand bij uitvoering normaliter 2,25 à 2,5 d_{voet} te zijn indien geen groutinjectie wordt toegepast. In het geval wel groutinjectie wordt toegepast dienen de naburige palen een ouderdom van minimaal 1 dag te hebben bereikt of dient een minimale h.o.h.-afstand van 4x d_{voet} te worden aangehouden.

De minimale tussenafstand tot belendingen bedraagt normaliter 0,5 m. Bij kleinere tussenafstanden moet de invloed van de uitvoering op de fundering van belending worden onderzocht. gecontroleerd. Deze metingen kunnen desgewenst door ons bureau worden verzorgd.

4.4.2 Richtlijnen nieuwbouw/belending/bestaande bebouwing

De volgende richtlijnen dienen in acht te worden genomen met betrekking tot de belending:

- Er dient te worden nagegaan of de vereiste ontgravingen zonder risico voor de belending kan worden uitgevoerd.
- Bij het ontwerp van het palenplan dient er in naar gestreefd te worden zo weinig mogelijk palen dicht bij eventueel op staal gefundeerde belending te plaatsen en een zo groot mogelijke afstand van de palen tot de belending aan te houden.
- Indien de belending op palen is gefundeerd dient er bij het ontwerp van het palenplan van de betonpalen rekening te worden gehouden met het volgende:

- Bij een geadviseerd paalpuntniveau hoger of gelijk aan dat van de palen onder de belending dient er bij betonpalen onder de belending een h.o.h. paalafstand van $3 D_{eq}$ te worden aanhouden, bij houten palen onder de belending wordt een minimale h.o.h. afstand van $0,75 m + 0,5 D_{eq}$ geadviseerd (D_{eq} van de grootste paalafmeting).
- Bij een geadviseerd paalpuntniveau dieper dan dat van de palen onder de belending wordt bij zowel bij houten als betonpalen onder de belending een minimale h.o.h. paalafstand van $4 D_{eq}$ geadviseerd met een minimum van 2 m.

Nadere gegevens met betrekking tot de (fundering van de) belending kunnen aanleiding geven tot een wijziging van het in dit rapport vermelde paalsysteem en/of paalpuntniveaus.

4.5 Slotopmerking(en)

Volgens NEN 9997-1 artikel 3.2.3 (e) moeten de onderzoekspunten zo over de plattegrond van het te bouwen project zijn verdeeld dat daaruit de grondgesteldheid ter plaatse van de geotechnische constructies betrouwbaar kan worden afgeleid. NEN 9997-1 artikel 3.2.3 (e) stelt bovendien dat:

- de sondeerafstand maximaal 25 meter mag zijn (afhankelijk van de rekenresultaten is mogelijk zelfs een kleinere sondeerafstand vereist).
- de oppervlakte van de bouwplaats waarbinnen de funderingselementen zijn geprojecteerd, volledig moet zijn afgedekt door gebieden met de plaatsen van de terreinproeven als middelpunt (bij een onderlinge afstand van de onderzoekspunten van 25 m en wordt volgens de NEN per terreinproef een oppervlakte bestreken van ten hoogste $25 m \times 25 m$).
- terreinproeven moeten zijn uitgevoerd op de omtrek van de bouwplaats waarbinnen funderingselementen zijn geprojecteerd.

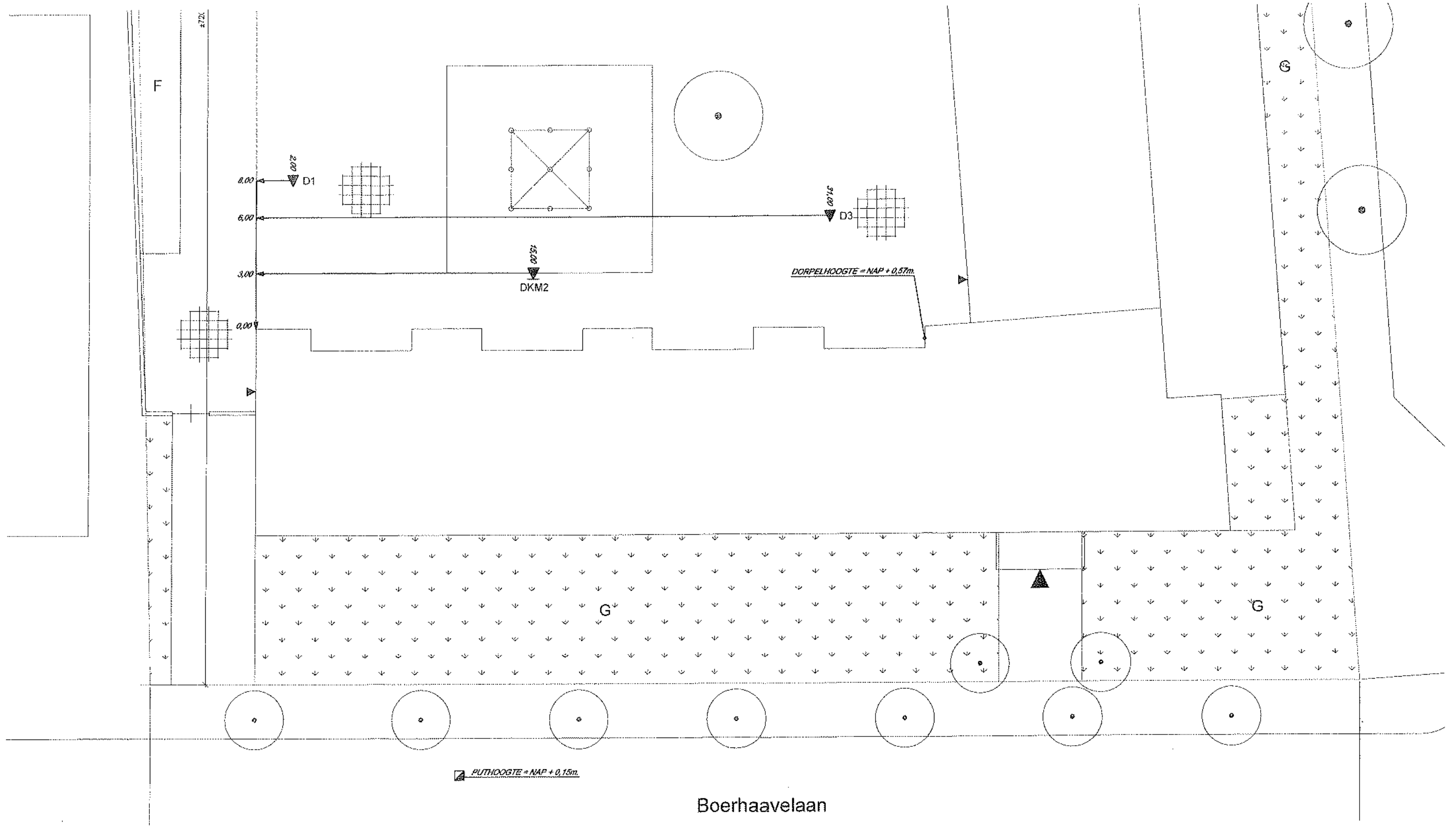
Dit is momenteel niet het geval. Opgemerkt wordt dat het aanvullend grondonderzoek aanleiding kan geven tot wijzigingen in paalpuntniveau c.q. draagkracht.

Bijlage 1 : Resultaten grondonderzoek

Toelichting sonderingen

De sondeergegevens worden in een grafiek weergegeven waarbij, indien van toepassing, het wrijvingsgetal (verhouding plaatselijke wrijving / conusweerstand) is berekend en gepresenteerd. Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand over het algemeen een indicatie van de bodemopbouw onder de grondwaterstand. In navolgende tabel zijn enige indicatieve waarden hiervoor aangegeven. Opgemerkt wordt dat boven het grondwater de waarden hiervan kunnen afwijken.

Grondsoort	Conusweerstand (q_c) [MPa]	Wrijvingsgetal (f_s/q_c) [%]
zand, grind	> 5	0,2 - 1,0
siltig zand,	> 4	0,8 - 1,4
kleiig zand	> 2	1,0 - 2,0
leem	1 - 3	2,0 - 4,0
klei	0 - 5	2,0 - 6,0
venige klei	0 - 6	5,0 - 8,0
veen	0 - 4	5,0 - 10,0



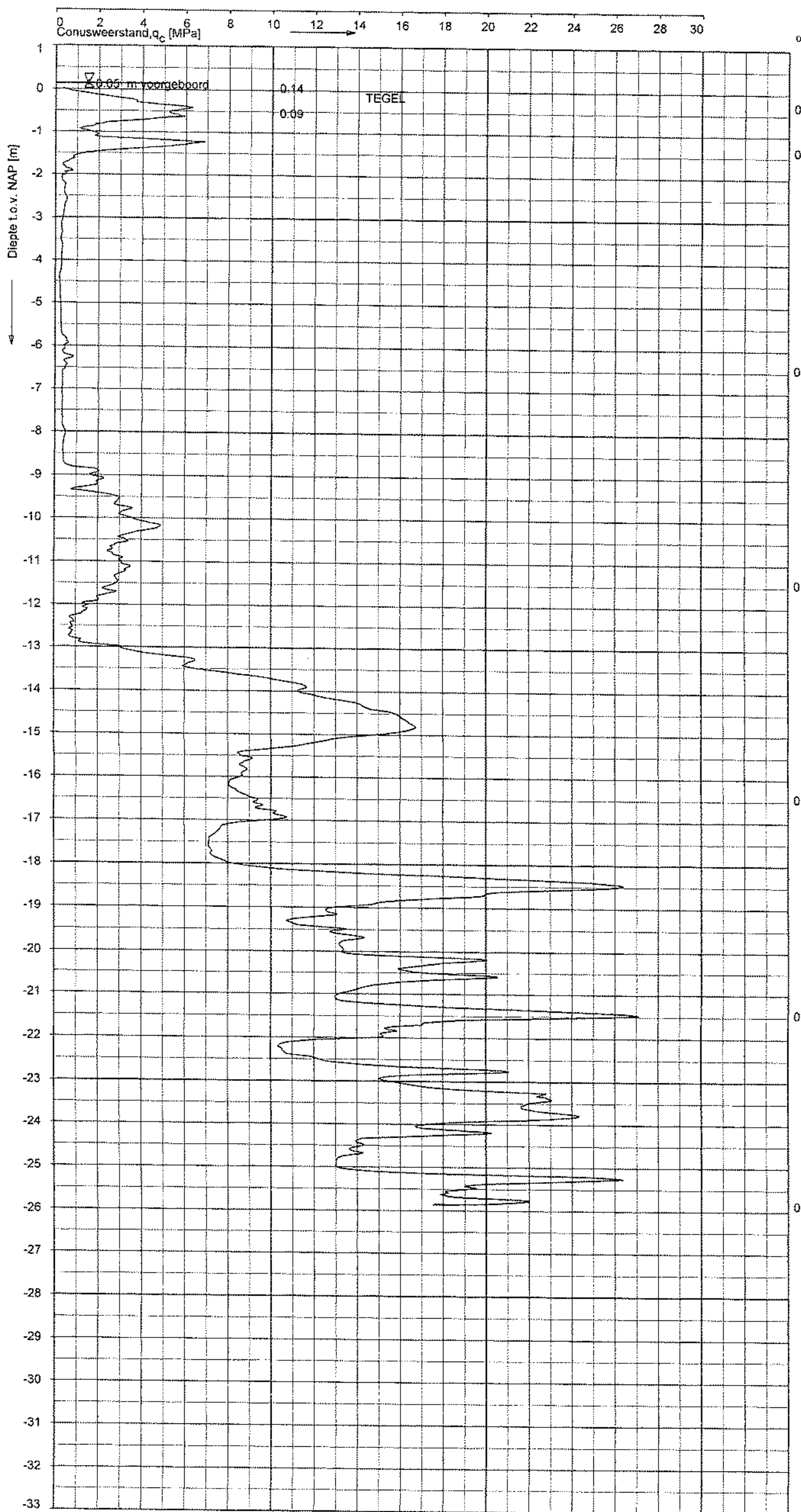
Boerhaavelaan

Referentie-punt : Bt157 (30F) = NAP + 0,870m.
Lokatie : Spoorbrug bij houtzaagmolen

0 2 4 6 8 10 m
SCHAAL 1:200

SITUATIE
UITBREIDING SCHOOL "DE WISSEL" A/D BOERHAAVELAAN 292
TE LEIDEN

Opdr. : 3007-0200-000
Bijl. : 1



Opdr.: YDL/Adverbo d.d. 07-May-2007
 Get.: KOOGERS d.d. 09-mei-2007

conus: F7.5CKE/B
 MV = NAP +0.14 m

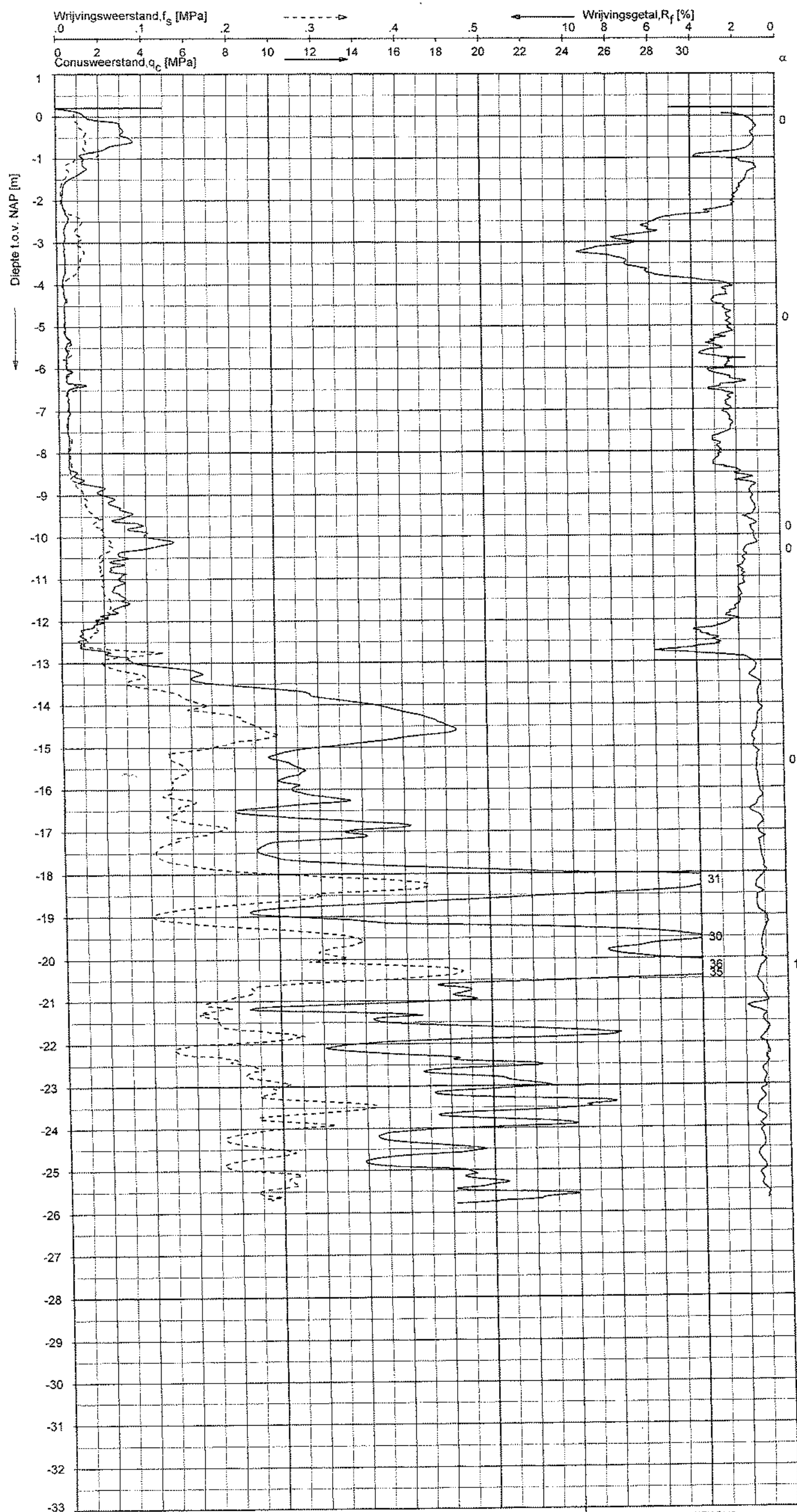
X =
 Y =

Sondering volgens norm NEN 5140
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal



SONDERING
 UITBREIDING SCHOOL "DE WISSEL" A/D BOERHAAVELAAN 292
 TE LEIDEN

Opdr. 3007-0200-000
 Sond. D1



Opg.: YDL/Adverba d.d. 07-Maj-2007
Gel.: KOOERS d.d. 09-mei-2007

conus: F7.SCKE/B
MV = NAP +0.20 m

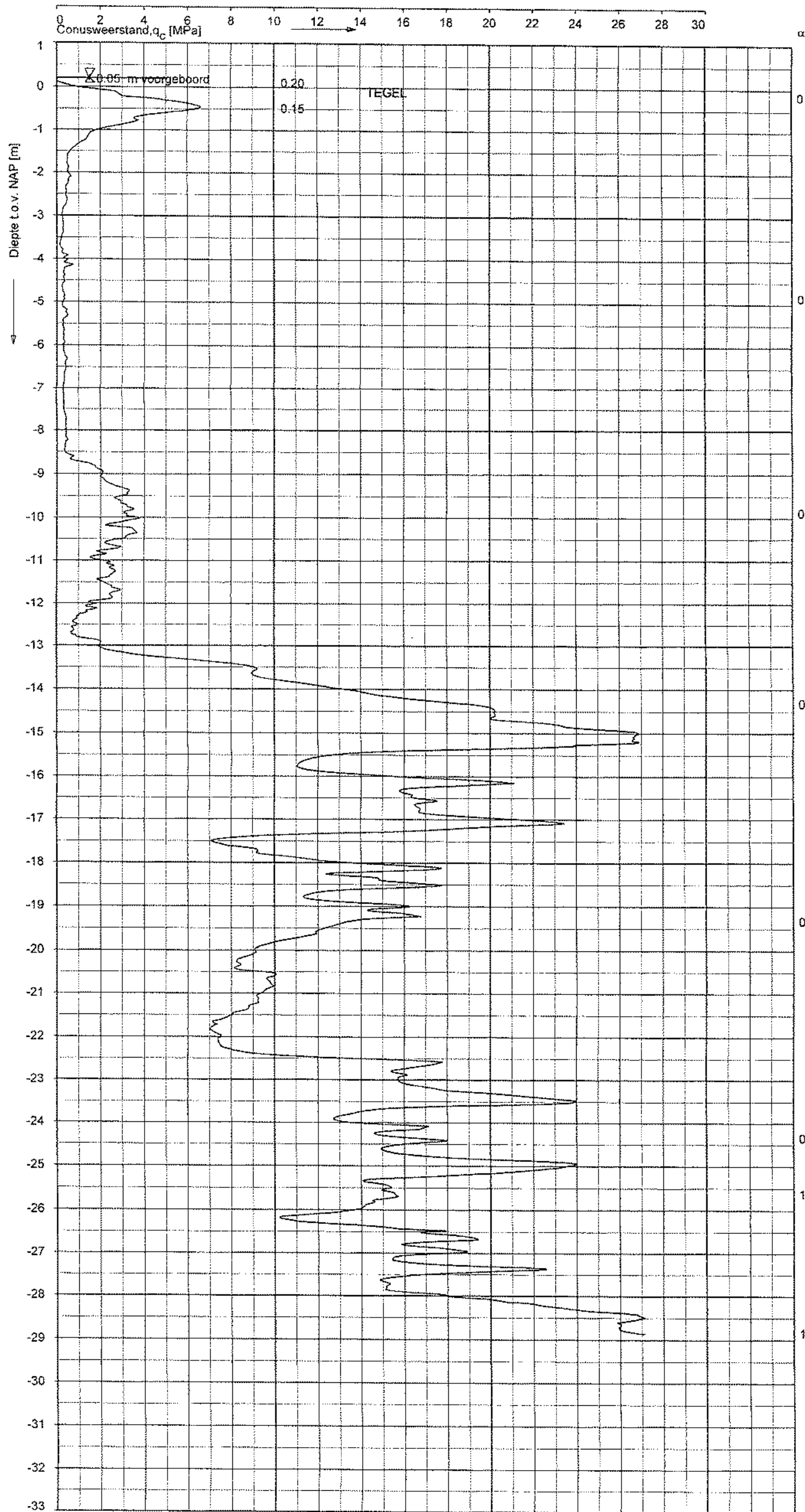
X =
Y =

Sondering volgens norm NEN 5140
conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
UITBREIDING SCHOOL "DE WISSEL" A/D BOERHAAYELAAN 292
TE LEIDEN

Opdr. 3007-0200-000
Sond. DKM2



Opg. : YDL/Adverbo d.d. 07-May-2007
 Get. : KOOGERS d.d. 09-mei-2007

conus : F7.5CKE/B
 MV = NAP +0.20 m

X =
 Y =

Sondering volgens norm NEN 5140
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal



SONDERING
 UITBREIDING SCHOOL "DE WISSEL" A/D BOERHAAVELAAN 292
 TE LEIDEN

Opdr. 3007-0200-000
 Sond. D3

Bijlage 2 : Berekeningsresultaten fundering op palen

Tijdelijke huisvesting aan de Boerhaavelaan 292 te Leiden

Resultaten draagkrachtberekening volgens NEN-EN 9997-1:2011, pagina 1 van 3
voor axiaal belaste funderingspalen.

PPN	paalpuntniveau	$R_{c;d}$	rekenwaarde maximumdraagkracht
$q_{b,max}$	paalpuntweerstand	$F_{s,nk;d}$	belasting door negatieve kleef
$R_{b,cal,max}$	maximumdraagkracht van de paalpunt	$R_{c,net;d}$	rekenwaarde netto draagkracht ($= R_{c;d} - F_{s,nk;d}$)
$R_{s,cal,max}$	schachtwrijving	$R_{t;d}$	rekenwaarde draagkracht op trek

Rekenresultaten

Paaltype stalen buispaal, afmeting Ø229 / 219 mm, $\xi_3 = 1,39$ en $\xi_4 = 1,39$

Sondering	Maaiveld [m tov NAP]	PPN [m tov NAP]	$q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b,cal,max}$ [kN]	$R_{s,cal,max}$ [kN]	$R_{c;d}$ [kN]	$F_{s,nk;d}$ [kN]	$R_{c,net;d}$ [kN]
D1	0,14	-14,00	7,6	314	53	220	68	153
		-14,50	8,1	333	94	256	68	189
		-15,00	8,0	331	136	280	68	212
		-15,50	7,6	313	173	292	68	224
		-16,00	7,5	309	204	308	68	240
		-16,50	7,0	288	234	313	68	246
		-17,00	6,7	275	269	326	68	259
D2	0,20	-14,00	9,4	386	60	267	69	198
		-14,50	8,7	360	101	277	69	208
		-15,00	8,8	363	142	303	69	234
		-15,50	8,8	361	179	324	69	255
		-16,00	8,1	335	217	331	69	263
		-16,50	8,6	354	255	366	69	297
		-17,00	8,5	348	295	386	69	317
D3	0,20	-14,00	9,1	375	54	257	69	188
		-14,50	12,3	508	95	362	69	293
		-15,00	11,2	463	136	360	69	290
		-15,50	10,4	428	205	380	69	311
		-16,00	13,1	541	246	472	69	403
		-16,50	9,3	383	287	402	69	333
		-17,00	8,1	335	351	411	69	342

Netto Draagkracht in [kN]

Paaltype stalen buispaal, afmeting Ø229 / 219 mm, $\xi_3 = 1,39$ en $\xi_4 = 1,39$

PPN [m tov NAP]	D1	D2	D3
-14,00	153	198	188
-14,50	189	208	293
-15,00	212	234	290
-15,50	224	255	311
-16,00	240	263	403
-16,50	246	297	333
-17,00	259	317	342

Toelichting rekenresultaten

- Indien er paalpuntniveaus te onderscheiden zijn die, vanuit geotechnisch oogpunt, al dan niet de voorkeur hebben ("preferente paalpuntniveaus"), is dat normaliter in de tabel in § 4.3.1 van de rapportage aangegeven.

Tijdelijke huisvesting aan de Boerhaavelaan 292 te Leiden

Resultaten draagkrachtberekening volgens NEN-EN 9997-1:2011, pagina 2 van 3
voor axiaal belaste funderingspalen.

PPN	paalpuntniveau	$R_{c;d}$	rekenwaarde maximumdraagkracht
$q_{b,max}$	paalpuntweerstand	$F_{s,nk;d}$	belasting door negatieve kleef
$R_{b,cal,max}$	maximumdraagkracht van de paalpunt	$R_{c,net;d}$	rekenwaarde netto draagkracht ($= R_{c;d} - F_{s,nk;d}$)
$R_{s,cal,max}$	schachtwrijving	$R_{t;d}$	rekenwaarde draagkracht op trek

Rekenresultaten

Paaltype stalen buispaal, afmeting Ø283 / 273 mm, $\xi_3 = 1,39$ en $\xi_4 = 1,39$

Sondering	Maaiveld [m tov NAP]	PPN [m tov NAP]	$q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b,cal,max}$ [kN]	$R_{s,cal,max}$ [kN]	$R_{c;d}$ [kN]	$F_{s,nk;d}$ [kN]	$R_{c,net;d}$ [kN]
D1	0,14	-14,00	7,3	461	66	316	84	232
		-14,50	7,4	463	117	349	84	264
		-15,00	7,2	452	169	372	84	288
		-15,50	7,5	470	216	411	84	327
		-16,00	7,3	460	254	428	84	344
		-16,50	6,9	434	292	436	84	352
		-17,00	6,7	420	335	453	84	369
D2	0,20	-14,00	7,8	493	74	340	86	255
		-14,50	8,1	509	126	381	86	295
		-15,00	8,3	525	177	421	86	335
		-15,50	8,0	505	224	437	86	351
		-16,00	8,1	512	271	470	86	384
		-16,50	8,5	538	318	514	86	428
		-17,00	8,4	530	367	539	86	453
D3	0,20	-14,00	8,8	555	67	373	86	287
		-14,50	10,3	648	119	460	86	374
		-15,00	10,5	661	170	499	86	412
		-15,50	10,1	636	256	535	86	449
		-16,00	13,1	825	307	679	86	593
		-16,50	8,6	540	358	539	86	452
		-17,00	8,2	513	437	570	86	484

Netto Draagkracht in [kN]

Paaltype stalen buispaal, afmeting Ø283 / 273 mm, $\xi_3 = 1,39$ en $\xi_4 = 1,39$

PPN [m tov NAP]	D1	D2	D3
-14,00	232	255	287
-14,50	264	295	374
-15,00	288	335	412
-15,50	327	351	449
-16,00	344	384	593
-16,50	352	428	452
-17,00	369	453	484

Toelichting rekenresultaten

- Indien er paalpuntniveaus te onderscheiden zijn die, vanuit geotechnisch oogpunt, al dan niet de voorkeur hebben ("preferente paalpuntniveaus"), is dat normaliter in de tabel in § 4.3.1 van de rapportage aangegeven.

Tijdelijke huisvesting aan de Boerhaavelaan 292 te Leiden

Resultaten draagkrachtberekening volgens NEN-EN 9997-1:2011, pagina 3 van 3
voor axiaal belaste funderingspalen.

PPN	paalpuntniveau	$R_{c;d}$	rekenwaarde maximumdraagkracht
$q_{b,max}$	paalpuntweerstand	$F_{s,nk;d}$	belasting door negatieve kleeft
$R_{b,cal,max}$	maximumdraagkracht van de paalpunt	$R_{c,net;d}$	rekenwaarde netto draagkracht ($= R_{c;d} - F_{s,nk;d}$)
$R_{s,cal,max}$	schachtwrijving	$R_{t;d}$	rekenwaarde draagkracht op trek

Rekenresultaten

Paaltype stalen buispaal, afmeting Ø334 / 324 mm, $\xi_3 = 1,39$ en $\xi_4 = 1,39$

Sondering	Maaiveld [m tov NAP]	PPN [m tov NAP]	$q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b,cal,max}$ [kN]	$R_{s,cal,max}$ [kN]	$R_{c;d}$ [kN]	$F_{s,nk;d}$ [kN]	$R_{c,net;d}$ [kN]
D1	0,14	-14,00	6,9	604	79	409	100	309
		-14,50	6,9	605	139	447	100	347
		-15,00	6,7	590	200	474	100	374
		-15,50	7,1	626	256	529	100	429
		-16,00	7,0	609	302	547	100	447
		-16,50	6,9	603	346	569	100	469
		-17,00	6,7	585	398	590	100	490
D2	0,20	-14,00	7,3	640	88	437	102	335
		-14,50	7,6	668	149	490	102	388
		-15,00	7,8	686	210	538	102	436
		-15,50	7,8	682	265	568	102	467
		-16,00	8,1	709	322	618	102	516
		-16,50	8,5	749	378	676	102	574
		-17,00	8,4	737	436	704	102	602
D3	0,20	-14,00	8,8	769	80	509	103	407
		-14,50	9,5	836	141	586	103	483
		-15,00	10,0	874	202	646	103	543
		-15,50	9,5	835	304	683	103	580
		-16,00	11,0	968	364	799	103	696
		-16,50	8,5	742	425	700	103	598
		-17,00	8,2	715	519	740	103	637

Netto Draagkracht in [kN]

Paaltype stalen buispaal, afmeting Ø334 / 324 mm, $\xi_3 = 1,39$ en $\xi_4 = 1,39$

PPN [m tov NAP]	D1	D2	D3
-14,00	309	335	407
-14,50	347	388	483
-15,00	374	436	543
-15,50	429	467	580
-16,00	447	516	696
-16,50	469	574	598
-17,00	490	602	637

Toelichting rekenresultaten

- Indien er paalpuntniveaus te onderscheiden zijn die, vanuit geotechnisch oogpunt, al dan niet de voorkeur hebben ("preferente paalpuntniveaus"), is dat normaliter in de tabel in § 4.3.1 van de rapportage aangegeven.

Voorbeeldberekening

Berekening, volgens NEN 9997-1:2011, van de draagkracht van de grond op druk en verticale verplaatsing van de paalfundering.

Uitgangspunten

Referentie niveau:	NAP
Gehanteerde sondering:	D1
Paaltype:	stalen buispaal
Paalpuntniveau:	-16 meter
Schachtafmeting:	219 mm
Oorspronkelijke maaiveldhoogte:	0,14 meter
Toekomstige maaiveldhoogte:	0,5 meter
Aanlegniveau fundering:	0,1 meter
Gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG):	-1,1 meter
Ophoging ten opzichte van maaiveld:	0,36 meter
Schachtwrijving startniveau:	-13 meter
Schachtwrijving eindniveau:	-16 meter

Rekenfactoren & resultaten

$q_{c,I,gem}$ =	8,4 MPa
$q_{c,II,gem}$ =	8,3 MPa
$q_{c,III,gem}$ =	8,3 MPa
a_p =	1
β =	0,9
s =	1
$p_{r,max;punt}$ =	7,51 MPa
a_s =	0,01
$q_{c,z;a}$ =	9,9 MPa
$q_{s,max}$ =	0,099 MPa
$R_{s;cal,max}$ =	204,011 kN
A_{punt} =	0,041 m ²
0_s =	0,688 m
Δ_L =	3 m
$R_{b;cal,max}$ =	309 kN
$R_{c;cal,max}$ =	513 kN
ξ_3 en ξ_4 =	1,39
$R_{c;cal,max;rep}$ =	369 kN
γ_t =	1,2
$R_{c;d}$ =	308 kN
$R_{c;net;d}$ =	240 kN

Negatieve Kleef

Negatieve kleef startniveau:	0,5 meter
Negatieve kleef eindniveau:	-8,8 meter
Gebruikte waterstand:	-1,1 meter
F_{snkd} =	68 kN

Tabel volumegewichten

Diepte [m]	Grondsoort	volumegewicht [kN/m ³]	γ -waarde	$K0_{rep} * \tan \gamma_{rep}$
-1,5	Zand Schoon Los	17	30	0,29
-8,7	Klei Schoon Slap	14	17,5	0,25

Voorbeeldberekening

Berekening, volgens NEN 9997-1:2011, van de draagkracht van de grond op druk en verticale verplaatsing van de paalfundering.

Uitgangspunten

Referentie niveau:	NAP
Gehanteerde sondering:	D1
Paaltype:	stalen buispaal
Paalpuntniveau:	-16 meter
Schachtafmeting:	273 mm
Oorspronkelijke maaiveldhoogte:	0,14 meter
Toekomstige maaiveldhoogte:	0,5 meter
Aanlegniveau fundering:	0,1 meter
Gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG):	-1,1 meter
Ophoging ten opzichte van maaiveld:	0,36 meter
Schachtwrijving startniveau:	-13 meter
Schachtwrijving eindniveau:	-16 meter

Rekenfactoren & resultaten

$q_{c,I,gem}$ =	8,4 MPa
$q_{c,II,gem}$ =	8,3 MPa
$q_{c,III,gem}$ =	7,9 MPa
a_p =	1
β =	0,9
s =	1
$p_{r,max;punt}$ =	7,31 MPa
a_s =	0,01
$q_{c,z;a}$ =	9,9 MPa
$q_{s,max}$ =	0,099 MPa
$R_{s;cal,max}$ =	254,315 kN
A_{punt} =	0,063 m ²
Q_s =	0,858 m
Δ_L =	3 m
$R_{b;cal,max}$ =	460 kN
$R_{c;cal,max}$ =	714 kN
ξ_3 en ξ_4 =	1,39
$R_{c;cal,max;rep}$ =	514 kN
γ_t =	1,2
$R_{c;d}$ =	428 kN
$R_{c;net;d}$ =	344 kN

Negatieve Kleef

Negatieve kleef startniveau:	0,5 meter
Negatieve kleef eindniveau:	-8,8 meter
Gebruikte waterstand:	-1,1 meter
F_{snkd} =	84 kN

Tabel volumegewichten

Diepte [m]	Grondsoort	volumegewicht [kN/m ³]	γ -waarde	$K_0;rep * \tan \gamma;rep$
-1,5	Zand Schoon Los	17	30	0,29
-8,7	Klei Schoon Slap	14	17,5	0,25

Verticale verplaatsing van de paalfundering

De paalkopzakking is berekend conform NEN-9997-1 § 7.6.4. De zakking van de lagen onder paalpuntniveau is berekend cf. NEN-9997-1 § 6.6.2 NEN-Bjerrum.

Grondparameters

De representatieve waarden van de grondparameters van de verschillende bodemlagen zijn op basis van het grondonderzoek ingeschat aan de hand van tabel 2.b uit de NEN 9997, eventueel i.c.m. algemene/locale kennis en ervaring.

Materiaalfactoren

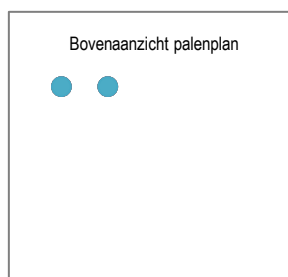
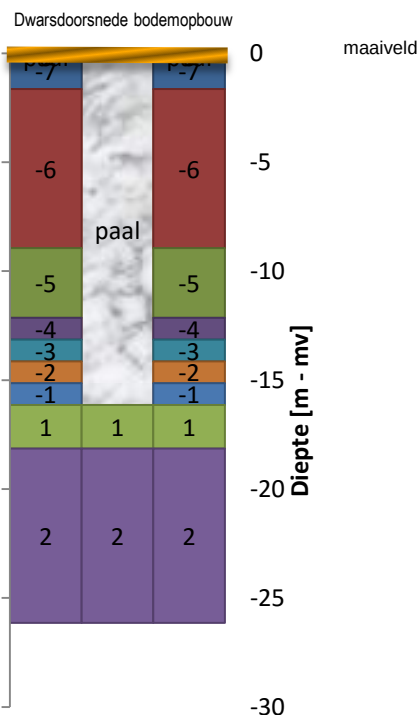
- Volumiek gewicht	1
- Tangent hoek inwendige wrijving	1
- Ongedraineerde schuifsterkte	1
- Cohesie	1

Bodemeigenschappen (aanname)

Oorspronkelijke maaiveldhoogte	0,14 [m tov NAP]
Toekomstige maaiveldhoogte	0,50 [m tov NAP]
Hoge grondwaterstand	-0,1 [m tov NAP]
Lage grondwaterstand	-1,1 [m tov NAP]
Pre-overburden pressure (POP)	2,0 [kN/m ²]

Paaleigenschappen

Paaltype	Stalen_buispaal
Vorm	rond
E-modulus	2,00E+08 kN/m ²
Last-zakkingsdiagram	1
Paalpuntniveau	-16,00 [m tov NAP]
Startniveau schachtwrijving	-13,00 [m tov NAP]
Paalkopniveau	0,10 [m tov NAP]
Aantal palen (X × Y)	2 × 1



tabel 1.1 - representatieve waarden van de gehanteerde grondparameters voor de oorspronkelijke bodemopbouw

laag	onderzijde [m tov NAP]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ' [°]	CR [-]	C_α [-]
-7	-1,5	18,0	20,0	32,0	0,009	0,000
-6	-8,8	13,0	14,0	17,5	1,357	0,013
-5	-12,0	17,0	19,0	30,0	0,021	0,000
-4	-13,0	14,0	15,0	22,5	0,759	0,009
-3	-14,0	18,0	20,0	32,0	0,009	0,000
-2	-15,0	18,0	20,0	32,5	0,006	0,000
-1	-16,0	18,0	20,0	32,0	0,009	0,000
0	-18,0	18,0	20,0	32,0	0,0	0,000
1	-18,0	18,0	20,0	32,0	0,0	0,000
2	-26,0	18,0	20,0	32,5	0,0	0,000

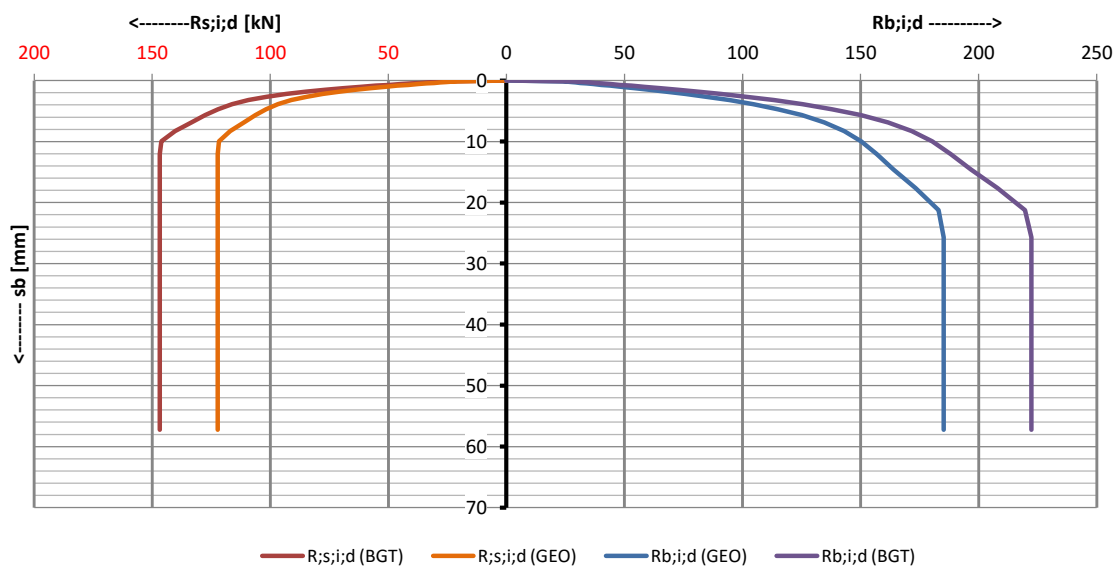
Symbolen en eenheden

γ	volumieke gewicht van grond (natuurlijk)	kN/m ³	Fc	Paalbelasting	kN
γ_{sat}	volumieke gewicht van verzadigde grond	kN/m ³	Fnk	Negatieve kleef	kN
ϕ'	effectieve hoek van inwendige wrijving	°	Fc;netto	Netto paalbelasting (Fc-Fnk)	kN
CR	compression ration (Cc/1+e0)	-	Sb	Paalpuntzakking tgv bovenbelasting	mm
Ca	secundaire samendrukkingsindex	-	Sel	Elastische verkorting paal	mm
			S1	Sb + Sel	mm
Rs	Schachtweerstand	kN	S2	Zakking tgv samendrukking lagen onder paal	mm
Rb	Puntweerstand	kN	Sd	Rekenwaarde paalkopzakking (= S1 + S2)	mm
Rc	weerstand van de grond op druk	kN	kv	statische veercoëfficiënt (Fc / Sd)	kN/mm

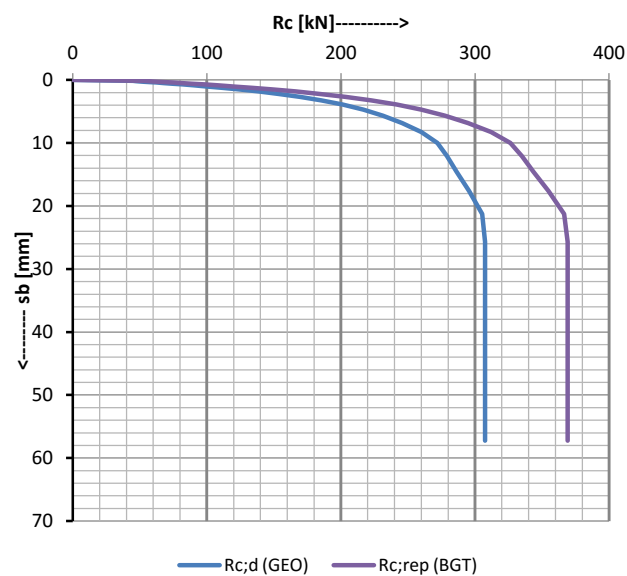
Paalkopzakking en last-zakkingsdiagram

Paaltype: Stalen_buispaal
Paalafmeting: 229 / 219 mm
Paalpuntniveau: -16,00 m tov NAP
Sondering: D1

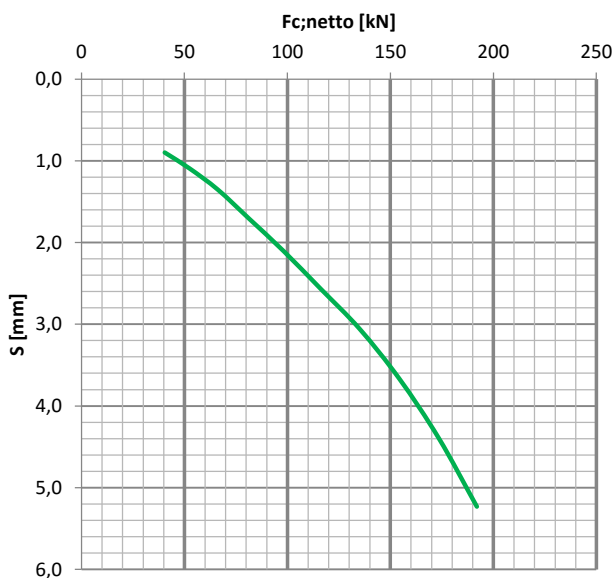
Palenplan	<i>x-richting:</i>	<i>y-richting:</i>
aantal	1	2
hoh-afstand [m]	nvt	2,0

Last / Zakking diagram : grenstoestand Geo en bruikbaarheidsgrenstoestand**Last / Zakking diagram**

Paalweerstand vs. paalpuntzakking

**Last / zakking diagram**

Netto paalbelasting vs paalkopzakking

**UGT**

Fc; d; netto [kN]	Fnk; d [kN]	Fc; d [kN]	Sb; d [mm]	Sel; d [mm]	S1; d [mm]	S2; d [mm]	S; d [mm]
240	68	308	26	1	26	0	27
237	68	305	21	0	22	0	22
228	68	296	18	0	18	0	19
218	68	286	15	0	15	0	15
211	68	279	12	0	13	0	13
192	68	260	8	0	9	0	9
163	68	231	6	0	6	0	6
133	68	201	4	0	4	0	4
101	68	169	3	0	3	0	3
70	68	138	2	0	2	0	2

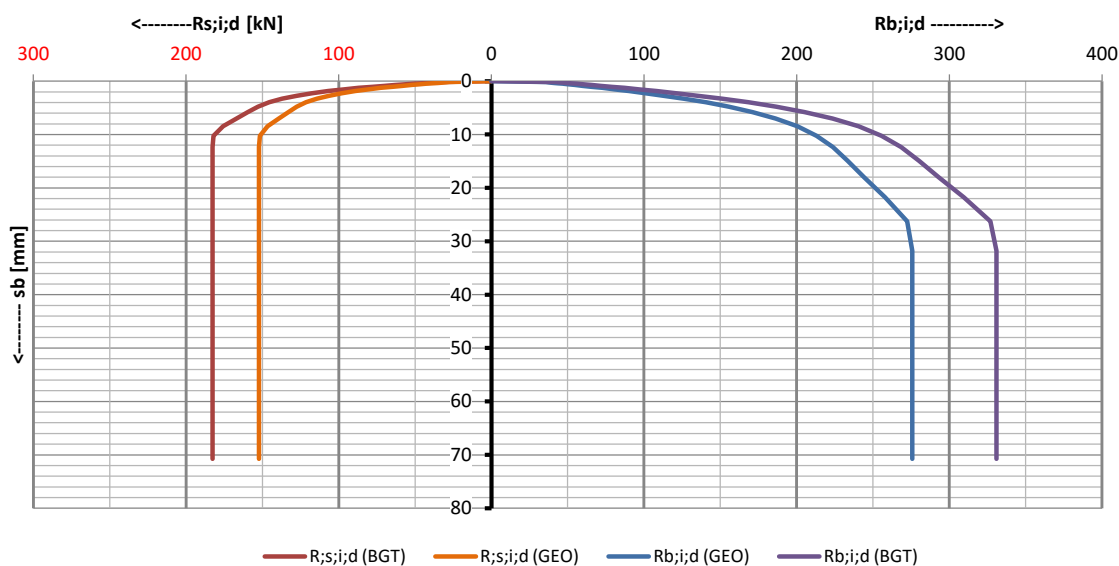
BGT

Fc; netto [kN]	Fnk [kN]	Fc [kN]	Sb [mm]	Sel [mm]	S1 [mm]	S2 [mm]	S [mm]	kv; rep [kN/mm]	kv; d [kN/mm]
192	68	260	5	0	5	0	5	50	38
174	68	242	4	0	4	0	4	55	42
154	68	222	3	0	3	0	4	61	47
135	68	203	3	0	3	0	3	66	51
116	68	184	2	0	2	0	3	72	55
98	68	166	2	0	2	0	2	79	61
81	68	149	2	0	2	0	2	87	67
66	68	134	1	0	1	0	1	99	76
52	68	120	1	0	1	0	1	110	85
40	68	108	1	0	1	0	1	120	93

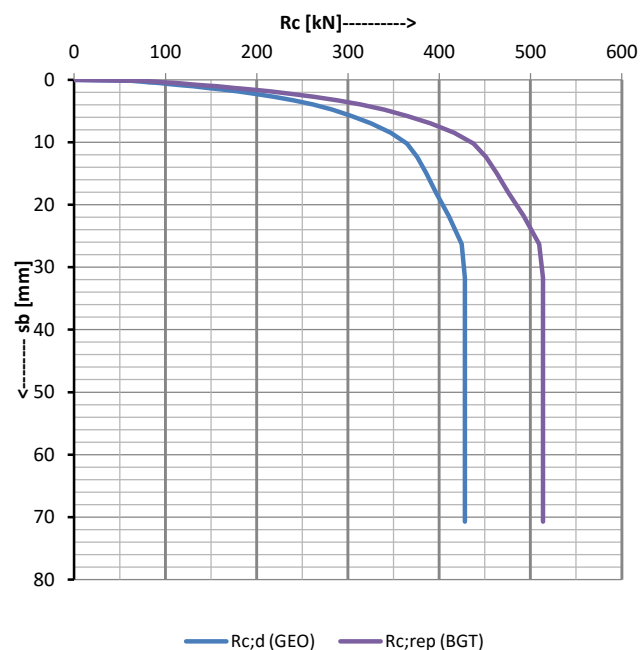
Paalkopzakkings en last-zakingsdiagram

Paaltype: Stalen_buispaal
Paalafmeting: 283 / 273 mm
Paalpuntniveau: -16,00 m tov NAP
Sondering: D1

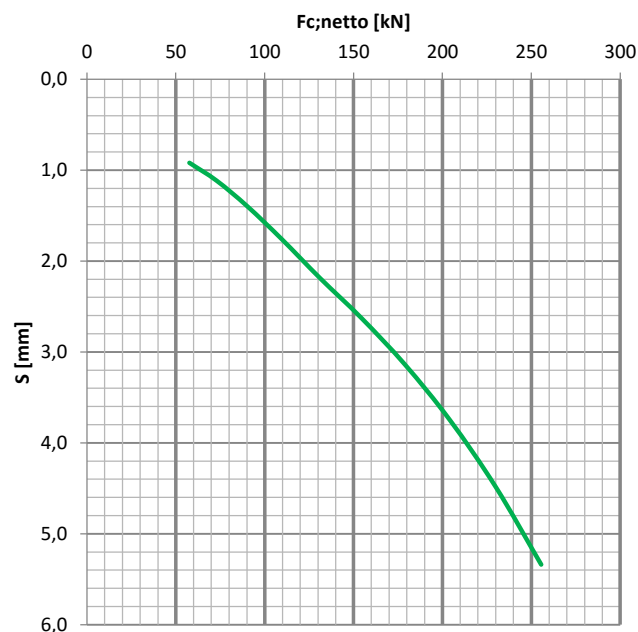
Palenplan		
	x-richting:	y-richting:
aantal	1	2
hoh-afstand [m]	nvt	2,0

Last / Zakking diagram : grenstoestand Geo en bruikbaarheidsgrenstoestand**Last / Zakking diagram**

Paalweerstand vs. paalpuntzakking

**Last / zakking diagram**

Netto paalbelasting vs paalkopzakkings

**UGT**

Fc;d,netto [kN]	Fnk;d [kN]	Fc;d [kN]	Sb;d [mm]	Sel;d [mm]	S1;d [mm]	S2;d [mm]	S;d [mm]
344	84	428	32	0	32	1	33
341	84	425	26	0	27	1	27
326	84	410	22	0	22	1	23
312	84	396	18	0	18	0	19
302	84	386	15	0	15	0	16
281	84	365	10	0	11	0	11
241	84	325	7	0	7	0	8
199	84	283	5	0	5	0	5
156	84	240	3	0	3	0	3
115	84	199	2	0	2	0	2

BGT

Fc,netto [kN]	Fnk [kN]	Fc [kN]	Sb [mm]	Sel [mm]	S1 [mm]	S2 [mm]	S [mm]	kv;rep [kN/mm]	kv;d [kN/mm]
256	84	340	5	0	5	0	5	64	49
230	84	314	4	0	4	0	4	70	54
204	84	288	3	0	3	0	4	77	59
179	84	263	3	0	3	0	3	84	64
154	84	238	2	0	2	0	3	91	70
131	84	215	2	0	2	0	2	98	76
110	84	194	2	0	2	0	2	110	85
90	84	174	1	0	1	0	1	125	96
73	84	157	1	0	1	0	1	141	108
58	84	142	1	0	1	0	1	154	119

Projectomschrijving: Leiden, Boerhaavelaan 292

Toetsing Grenstoestand Geo

Zakkingseis volgens NEN-EN 1997-1:2005 paragraaf 2.4.9; NEN 9097-1: $S_d \leq S_{req}$.

Door de norm aanbevolen criteria voor rotatie en relatieve rotatie-eis (NEN 9097-1 onder par. 2.4.9 van NEN-EN 1997-1) : $\theta = \beta = 1:100$.

Stalen_buispaal	229 / 219 mm	283 / 273 mm
Rekenwaarde netto draagkracht:	240 kN	344 kN
Rekenwaarde negatieve kleef:	68 kN	84 kN
Totale belasting op de paal (incl. neg. kleef)	260 kN	365 kN

Sd:	9 mm	11 mm
Sreq:	150 mm	150 mm
Voldoet aan de zakkingseis GEO:	ja	ja

Uitgaande van een onderlinge paalafstand van minimaal 2 m geldt:

Maximaal optredende (relatieve) rotatie	1 / 666	1 / 546
Maximaal toegestane (relatieve) rotatie	1 / 100	1 / 100
Voldoet aan aanbevolen rotatiecriterium	ja	ja

Verificatie Bruikbaarheidsgrenstoestand

Zakkingseis volgens NEN-EN 1997-1:2005 paragraaf 2.4.9; NEN 9097-1: $S_d \leq S_{req}$.

Voor woningen en woongebouwen geldt: $S_{req} = 0,05$ m. Voor overige typen bovenbouw geldt deze eis eveneens tenzij er een nadere zakkingseis is gedefinieerd.

Door de norm aanbevolen criteria voor rotatie en relatieve rotatie-eis (NEN-EN 1997 1:2005, par. 2.4.9, NEN 9097-1) voor woningen en woongebouwen : $\theta = \beta = 1:300$. Voor overige typen bovenbouw gelden deze eisen eveneens tenzij er nadere eisen zijn gedefinieerd.

Stalen_buispaal	229 / 219 mm	283 / 273 mm
Representatieve waarde draagkracht:	287 kN	413 kN
Rekenwaarde negatieve kleef:	68 kN	84 kN
Aanname gemiddelde belastingspercentage palen:	72%	74%
Representatieve belasting op de paal	242 kN	340 kN

Sd:	4 mm	5 mm
Sreq:	50 mm	50 mm
Voldoet aan de zakkingseis BGT:	ja	ja

Uitgaande van een onderlinge paalafstand van minimaal 2 m geldt:

Maximaal optredende (relatieve) rotatie	1 / 1457	1 / 1194
Maximaal toegestane (relatieve) rotatie	1 / 300	1 / 300
Voldoet aan aanbevolen rotatiecriterium	ja	ja

Voorbeeldberekening

Berekening, volgens NEN 9997-1:2011, van de draagkracht van de grond op druk en verticale verplaatsing van de paalfundering.

Uitgangspunten

Referentie niveau:	NAP
Gehanteerde sondering:	D1
Paaltype:	stalen buispaal
Paalpuntniveau:	-14,5 meter
Schachtafmeting:	324 mm
Oorspronkelijke maaiveldhoogte:	0,14 meter
Toekomstige maaiveldhoogte:	0,5 meter
Aanlegniveau fundering:	0,1 meter
Gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG):	-1,1 meter
Ophoging ten opzichte van maaiveld:	0,36 meter
Schachtwrijving startniveau:	-13 meter
Schachtwrijving eindniveau:	-14,5 meter

Rekenfactoren & resultaten

$q_{c,I,gem}$ =	12,7	MPa
$q_{c,II,gem}$ =	8,8	MPa
$q_{c,III,gem}$ =	4,6	MPa
a_p =	1	
β =	0,9	
s =	1	
$p_{r,max;punt}$ =	6,91	MPa
a_s =	0,01	
$q_{c,z;a}$ =	9,1	MPa
$q_{s,max}$ =	0,091	MPa
$R_{s;cal,max}$ =	139,418	kN
A_{punt} =	0,088	m ²
O_s =	1,018	m
Δ_L =	1,5	m
$R_{b;cal,max}$ =	605	kN
$R_{c;cal,max}$ =	745	kN
ξ_3 en ξ_4 =	1,39	
$R_{c;cal,max;rep}$ =	536	kN
γ_t =	1,2	
$R_{c;d}$ =	447	kN
$R_{c;net;d}$ =	347	kN

Negatieve Kleef

Negatieve kleef startniveau:	0,5	meter
Negatieve kleef eindniveau:	-8,8	meter
Gebruikte waterstand:	-1,1	meter
F_{snkd} =	100	kN

Tabel volumegewichten

Diepte [m]	Grondsoort	volumegewicht [kN/m ³]	γ -waarde	$K_0;rep * \tan \gamma;rep$
-1,5	Zand Schoon Los	17	30	0,29
-8,7	Klei Schoon Slap	14	17,5	0,25

Verticale verplaatsing van de paalfundering

De paalkopzakking is berekend conform NEN-9997-1 § 7.6.4. De zakking van de lagen onder paalpuntniveau is berekend cf. NEN-9997-1 § 6.6.2 NEN-Bjerrum.

Grondparameters

De representatieve waarden van de grondparameters van de verschillende bodemlagen zijn op basis van het grondonderzoek ingeschat aan de hand van tabel 2.b uit de NEN 9997, eventueel i.c.m. algemene/locale kennis en ervaring.

Materiaalfactoren

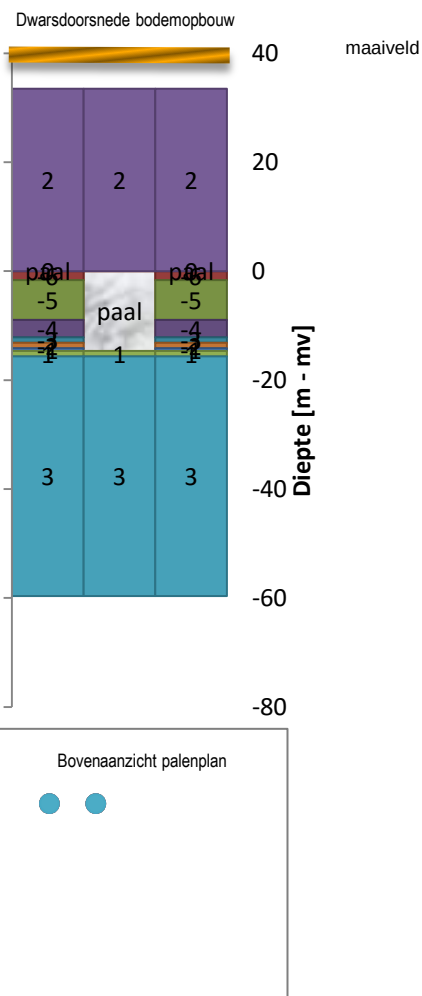
- Volumiek gewicht	1
- Tangent hoek inwendige wrijving	1
- Ongedraineerde schuifsterkte	1
- Cohesie	1

Bodemeigenschappen (aanname)

Oorspronkelijke maaiveldhoogte	0,14 [m tov NAP]
Toekomstige maaiveldhoogte	0,50 [m tov NAP]
Hoge grondwaterstand	-0,1 [m tov NAP]
Lage grondwaterstand	-1,1 [m tov NAP]
Pre-overburden pressure (POP)	2,0 [kN/m ²]

Paaleigenschappen

Paaltype	Stalen_buispaal
Vorm	rond
E-modulus	2,00E+08 kN/m ²
Last-zakkingsdiagram	1
Paalpuntniveau	-14,50 [m tov NAP]
Startniveau schachtwrijving	-13,00 [m tov NAP]
Paalkopniveau	0,10 [m tov NAP]
Aantal palen (X x Y)	2 x 1



tabel 1.1 - representatieve waarden van de gehanteerde grondparameters voor de oorspronkelijke bodemopbouw

laag	onderzijde [m tov NAP]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ' [°]	CR [-]	C_α [-]
-6	-1,5	18,0	20,0	32,0	0,009	0,000
-5	-8,8	13,0	14,0	17,5	1,357	0,013
-4	-12,0	17,0	19,0	30,0	0,021	0,000
-3	-13,0	14,0	15,0	22,5	0,759	0,009
-2	-14,0	18,0	20,0	32,0	0,009	0,000
-1	-14,5	18,0	20,0	32,5	0,006	0,000
0	-15,5	18,0	20,0	32,5	0,0	0,000
1	-15,5	18,0	20,0	32,5	0,0	0,000
2	18,0	18,0	20,0	32,0	0,0	0,000
3	-26,0	18,0	20,0	32,5	0,0	0,000

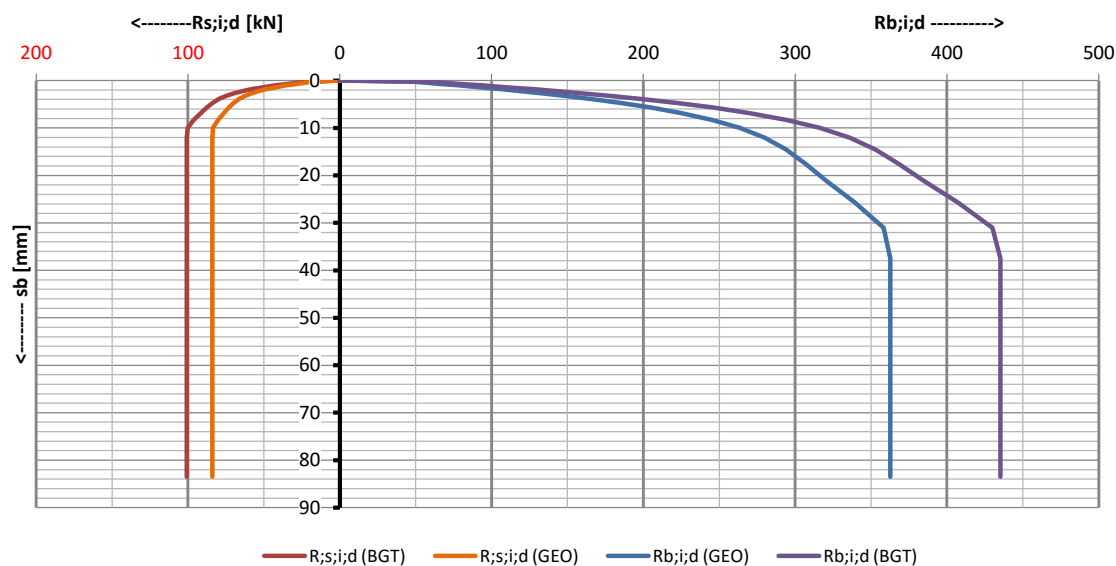
Symbolen en eenheden

γ	volumieke gewicht van grond (natuurlijk)	kN/m ³	Fc	Paalbelasting	kN
γ_{sat}	volumieke gewicht van verzadigde grond	kN/m ³	Fnk	Negatieve kleef	kN
ϕ'	effectieve hoek van inwendige wrijving	°	Fc; netto	Netto paalbelasting (Fc-Fnk)	kN
CR	compression ration (Cc/1+e0)	-	Sb	Paalpuntzakking tgv bovenbelasting	mm
Ca	secundaire samendrukkingsindex	-	Sel	Elastische verkorting paal	mm
			S1	Sb + Sel	mm
Rs	Schachtweerstand	kN	S2	Zakking tgv samendrukking lagen onder paal	mm
Rb	Puntweerstand	kN	Sd	Rekenwaarde paalkopzakking (= S1 + S2)	mm
Rc	weerstand van de grond op druk	kN	kv	statische veercoëfficiënt (Fc / Sd)	kN/mm

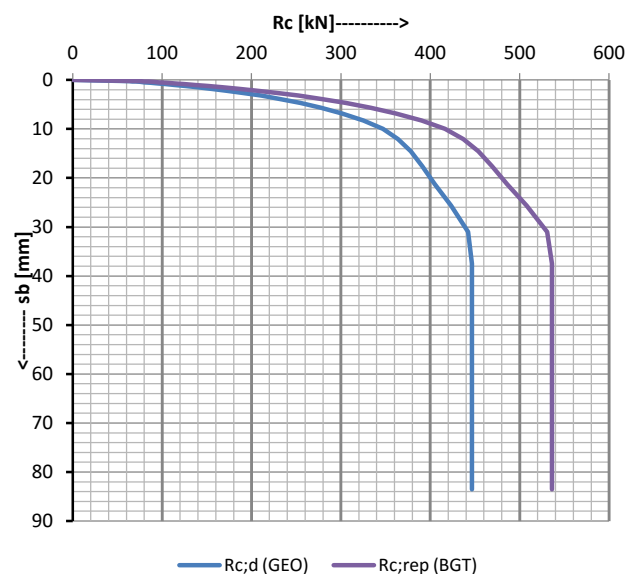
Paalkopzakkings en last-zakkingsdiagram

Paaltype: Stalen_buispaal
Paalafmeting: 334 / 324 mm
Paalpuntniveau: -14,50 m tov NAP
Sondering: D1

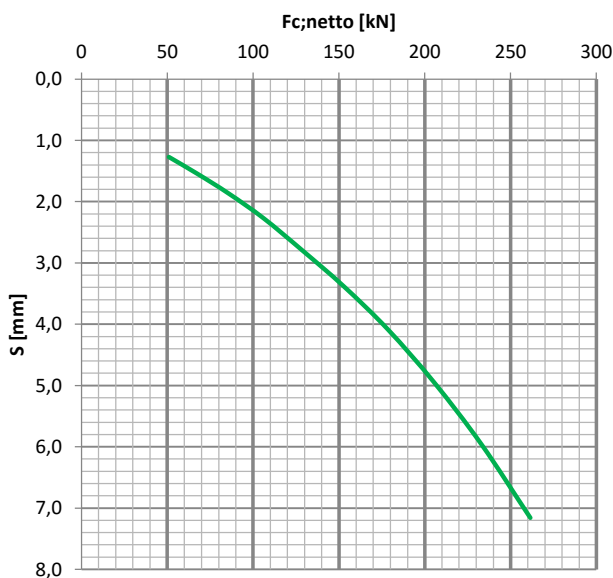
Palenplan	x-richting:	y-richting:
aantal	1	2
hoh-afstand [m]	nvt	2,0

Last / Zakking diagram : grenstoestand Geo en bruikbaarheidsgrenstoestand**Last / Zakking diagram**

Paalweerstand vs. paalpuntzakkings

**Last / zakkings diagram**

Netto paalbelasting vs paalkopzakkings

**UGT**

Fc;d;netto [kN]	Fnk;d [kN]	Fc;d [kN]	Sb;d [mm]	Sel;d [mm]	S1;d [mm]	S2;d [mm]	S;d [mm]
347	100	447	37	0	38	0	38
342	100	442	31	0	31	0	32
323	100	423	26	0	26	0	26
305	100	405	21	0	22	0	22
291	100	391	18	0	18	0	18
264	100	364	12	0	12	0	13
225	100	325	8	0	8	0	9
178	100	278	6	0	6	0	6
132	100	232	4	0	4	0	4
91	100	191	3	0	3	0	3

BGT

Fc;d;netto [kN]	Fnk [kN]	Fc [kN]	Sb [mm]	Sel [mm]	S1 [mm]	S2 [mm]	S [mm]	kv;rep [kN/mm]	kv;d [kN/mm]
261	100	361	7	0	7	0	7	51	39
233	100	333	6	0	6	0	6	56	43
205	100	305	5	0	5	0	5	62	47
179	100	279	4	0	4	0	4	68	52
153	100	253	3	0	3	0	3	75	58
129	100	229	3	0	3	0	3	82	63
106	100	206	2	0	2	0	2	91	70
86	100	186	2	0	2	0	2	100	77
67	100	167	2	0	2	0	2	109	84
51	100	151	1	0	1	0	1	119	91

Projectomschrijving: Leiden, Boerhaavelaan 292

Toetsing Grenstoestand Geo

Zakkingseis volgens NEN-EN 1997-1:2005 paragraaf 2.4.9; NEN 9097-1: $S_d \leq S_{req}$.

Door de norm aanbevolen criteria voor rotatie en relatieve rotatie-eis (NEN 9097-1 onder par. 2.4.9 van NEN-EN 1997-1) : $\theta = \beta = 1:100$.

Stalen_buispaal	334 / 324 mm
Rekenwaarde netto draagkracht:	347 kN
Rekenwaarde negatieve kleef:	100 kN
Totale belasting op de paal (incl. neg. kleef)	378 kN

Sd:	15 mm
Sreq:	150 mm
Voldoet aan de zakkingseis GEO:	ja

Uitgaande van een onderlinge paalafstand van minimaal 2 m geldt:

Maximaal optredende (relatieve) rotatie	1 / 399
Maximaal toegestane (relatieve) rotatie	1 / 100
Voldoet aan aanbevolen rotatiecriterium	ja

Verificatie Bruikbaarheidsgrenstoestand

Zakkingseis volgens NEN-EN 1997-1:2005 paragraaf 2.4.9; NEN 9097-1: $S_d \leq S_{req}$.

Voor woningen en woongebouwen geldt: $S_{req} = 0,05$ m. Voor overige typen bovenbouw geldt deze eis eveneens tenzij er een nadere zakkingseis is gedefinieerd.

Door de norm aanbevolen criteria voor rotatie en relatieve rotatie-eis (NEN-EN 1997 1:2005, par. 2.4.9, NEN 9097-1) voor woningen en woongebouwen : $\theta = \beta = 1:300$. Voor overige typen bovenbouw gelden deze eisen eveneens tenzij er nadere eisen zijn gedefinieerd.

Stalen_buispaal	334 / 324 mm
Representatieve waarde draagkracht:	416 kN
Rekenwaarde negatieve kleef:	100 kN
Aanname gemiddelde belastingspercentage palen:	75%
Representatieve belasting op de paal	361 kN

Sd:	7 mm
Sreq:	50 mm
Voldoet aan de zakkingseis BGT:	ja

Uitgaande van een onderlinge paalafstand van minimaal 2 m geldt:

Maximaal optredende (relatieve) rotatie	1 / 858
Maximaal toegestane (relatieve) rotatie	1 / 300
Voldoet aan aanbevolen rotatiecriterium	ja

Symbolen en eenheden

Symbool	Eenheid	Uitleg
$q_{c,I,gem}$	MPa	de gemiddelde waarde van de conusweerstand over een traject van 0,7 à 4,0 maal de equivalente diameter beneden de paalvoet
$q_{c,II,gem}$	MPa	de minimum gemiddelde waarde van de conusweerstand over dit traject
$q_{c,III,gem}$	MPa	de minimum gemiddelde waarde van de conusweerstand over een traject van 8,0 maal de equivalente diameter boven de paalvoet
a_p		paalklassefactor
β		factor voor de paalvoetvorm
s		factor voor de vorm van de dwarsdoorsnede van de paalvoet
$p_{r,max;punt}$	MPa	de maximale puntweerstand
a_s		factor afhankelijk van de uitvoering en het paaltype
$q_{c,z;a}$	MPa	de gemiddelde waarde van de conusweerstand over het traject waarover schachtwrijving wordt berekend
$q_{s,max}$	MPa	de maximale paalschachtwrijving
$R_{s,cal,max}$	kN	de maximale schachtwrijving
A_{punt}	m ²	oppervlakte van de paalvoet
O_s	m	omtrek paalschacht
Δ_L	m	Traject voor berekening schachtwrijving
$R_{b,cal,max}$	kN	de maximale draagkracht van de paalpunt
$R_{c,cal,max}$	kN	de maximale draagkracht van de paal
ξ_3 en ξ_4		correlatiefactoren
$R_{c,cal,max;rep}$	kN	de representatieve waarde van de maximale draagkracht van de paal
γ_t		partiële factor voor de totale draagkracht van een paal
$R_{c,d}$	kN	de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal
F_{snkd}	kN	de rekenwaarde van de maximale negatieve kleeftbelasting
$R_{c,net;d}$	kN	de rekenwaarde van de maximale draagkracht gecompenseerd met F_{snkd}
$\gamma_{i,rep}$	kN/m ³	de representatieve waarde van het volumiek gewicht van de grond van laag j

Lankelma Geotechniek Zuid B.V.

Geotechniek

- Sonderen in Nederland, België en Frankrijk.
- Sonderen met (track)truck, minirups, demontabel en hand
- Sonderen op het water (met hefeiland)
- Dissipatieproeven
- Peilbuizen wegdrukken
- Mechanisch (puls)boren conform protocol 'Mechanisch boren' (2101).
- Handboren (tot circa 5 m)
- Geotechnische monitoring
- Geotechnisch laboratoriumonderzoek
- Doorlatendheidsmetingen verzadigde en onverzadigde zone
- Palen doormeten (akoestisch)
- Onderzoek naar niet gesprongen explosieven (NGE)
- dGPS-metingen

Milieutechniek

Wij zijn gecertificeerd voor de BRL SIKB 2000 en BRL SIKB 6000.

- Verkennend onderzoek
- Onderzoek naar asbest in de bodem
- BOOT-onderzoek
- Nulsituatie-onderzoek
- Nader onderzoek
- Waterbodemonderzoek (monsternameboot)
- BUS-melding
- Saneringsplan
- Milieukundige begeleiding
- Second opinion

Geotechnisch en geohydrologisch advies

- Funderingsadvies bebouwing, leidingen, constructies
- Geohydrologische modellering (bemaling, drainage, wateroverlast, etc.)
- Bemalingsadvies, bemalingsplan, monitoringsplan, vergunningsaanvraag
- Bouwputadvies, damwandberekeningen en -advies
- Zettings- en ophoogadvies, inclusief voorbelasting, zettingsversnelling
- Stabiliteitsberekeningen taluds
- Infiltratiegeschiktheidsadvies, watertoetsadvies
- Civieltechnisch hergebruik grond
- Analyse waterstanden, doorlatendheid, wateroverlast.
- GIS-toepassingen en geostatistiek: (hoogtemodellen, zanddiepte kaarten, etc)

Laboratorium

- Materiaaleigenschappen, volumegewicht
- Samendrukkingsproeven, Proctorproeven
- Korrelverdeling, -vorm en afleiding k-waarden



Lankelma Geotechniek Zuid B.V.

Moorland 4a

Postbus 38

5688 ZG Oirschot

Tel: 0499 - 578520

Fax: 0499 - 578573

E-mail: info@lankelma-zuid.nl

Internet: www.lankelma-zuid.nl

