

Rapport:

FUNDERINGSADVIES

Nieuwbouw 2 woningen, Pampas (ong)
te **Vlijmen**

Opdrachtgever:

Constructeur: B & B Bouwadvies

Projectnummer: 2301563-XF

Versie: 1

Rapportdatum: 19 juni 2024

Norm / richtlijn: NEN 9997-1+C2:2017 nl

Auteur:

Gezien:

Vrijgave:

Inhoudsopgave

1	Projectbeschrijving	2
1.1	Inleiding	2
1.2	Locatiegegevens	2
1.3	Plangegevens	2
1.3.1	Bouwplan	2
1.3.2	Verstreckte plangegevens	2
2	Onderzoeksprogramma	3
2.1	Veldonderzoek	3
2.2	Archief-/dossieronderzoek	3
2.3	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
3.3	Water	4
3.3.1	Grondwater	4
4	Funderingsadvies	5
4.1	Keuze funderingstype	5
4.1.1	Vrijblijvend advies	5
4.1.2	Besluit funderingskeuze	6
4.1.3	Keuze subtype fundering op staal	6
4.2	Bekrachtiging funderingskeuze / toetsing grenstoestanden	7
5	Berekening fundering op staal	8
5.1	Uitgangspunten berekening	8
5.1.1	Rekenmethode	8
5.1.2	Geometrische gegevens	8
5.1.3	Geotechnische parameters (schematische bodemopbouw)	8
5.1.4	Opgegeven belastingen en vervormingseisen	9
5.2	Ontgravingsdiepte en grondverbetering	9
5.3	Rekenresultaten	10
6	Richtlijnen voor ontwerp, berekening en uitvoering	11
6.1	Algemeen	11
6.2	Aspecten uitvoering ontgraving / grondverbetering	11
6.3	Vloeren	11
6.4	Richtlijnen ontwerp / uitvoering kelder	11

Bijlagen

Bijlage 1: Berekeningsresultaten fundering op staal

Bijlage 2: Algemene richtlijnen uitvoering en ontwerp

Bijlage 3: Algemene eisen grondverbetering en verdichting

1 Projectbeschrijving

1.1 Inleiding

Door Lankelma Geotechniek Zuid B.V. is een grondonderzoek uitgevoerd voor het project "Nieuwbouw 2 woningen, Pampas (ong) Vlijmen". In onderhavig rapport wordt een funderingsadvies uitgewerkt voor dit project.

1.2 Locatiegegevens

De locatiekenmerken zijn samengevat in de navolgende tabel.

Locatie-eigenschap	Omschrijving / kenmerk (ten tijde van het onderzoek, tenzij anders vermeld)
Straat / huisnummer:	Pampas, nabij 9
Plaats (gemeente):	Vlijmen (Heusden)
Provincie:	Noord-Brabant
RD-coördinaten [km]:	X: 143,756 / Y: 412,526
Bebouwing op de planlocatie:	Onbebouwd
Bebouwing op de bouwplaats:	Onbebouwd
Belendingen:	Aanwezig

1.3 Plangegevens

1.3.1 Bouwplan

De plankenmerken zijn samengevat in de navolgende tabel.

Eigenschap	Omschrijving	Kenmerken, bijzonderheden, dimensies, opmerkingen
Type bouwplan:	Nieuwbouw	
Type bebouwing:	Woonhuis	
Bouwlagen/dak:	1 à 2 bouwlagen met plat dak	Zie Figuur 1.1
Kelder:	Deels onderkelderd	
Positionering:	Vrijstaand	Zie situatieschets rapportage grondonderzoek



Figuur 1.1 Doorsnede (bron: opdrachtgever)

1.3.2 Verstrekte plangegevens

Ten behoeve van het project zijn door of namens de opdrachtgever diverse schetsen/tekeningen ter beschikking gesteld.

2 Onderzoeksprogramma

2.1 Veldonderzoek

Voor het opstellen van onderhavig rapport is gebruik gemaakt van de onderzoeksresultaten uit de navolgende stukken¹.

Rapportnummer, -versie en -datum	Titel	Uitvoerende partij	Uitgevoerd onderzoek
2301563 v1 d.d. 28-6-2023	Nieuwbouw 2 woningen, Pampas (ong), Vlijmen	Lankelma Geotechniek Zuid B.V.	4 x sondering, 3 x boring, hoogtemeting tov NAP

2.2 Archief-/dossieronderzoek

Teneinde meer inzicht te krijgen in de geologische bodemopbouw van de bouwplaats en de omgeving zijn de (hydro-)geologische gegevens geraadpleegd van Dinoloket (TNO). Het betreft met name de gegevens van het Landelijk model Regis II v2.2 en/of GeoTOP 1.4.

2.3 Overleg / inventarisatie

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

¹ Voor de onderzoeksresultaten wordt verwezen naar de betreffende rapportage(s) en/of documenten. De juistheid, conformiteit en volledigheid van de informatie is door de auteur(s) van onderhavig advies niet geverifieerd.

3 Bodem, water en omgeving

3.1 Hoogte maaiveld

De maaiveldhoogte ter plaatse van de onderzoeks-punten varieert van 2,84 m + tot 2,95 m + NAP.

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 tov NAP]	Dominante lithologie / samenstelling	Kenmerken / bijzonderheden
ca. 2,0 +	Zand, organisch	
ca. 4,5 - à 5,5 -	Zand, los tot matig vast	Plaatselijke teruggangen in conusweerstand door zand met een hogere silt-kleifractie en/of een lossere pakking
ca. 12,0 -	Zand, matig vast tot (zeer) vast	Plaatselijke teruggangen in conusweerstand door zand met een hogere silt-klei (organische) fractie en/of een lossere pakking

3.3 Water

3.3.1 Grondwater

De tijdens het onderzoek geregistreerde grondwaterniveaus zijn weergegeven in de navolgende tabel.

Meetpunt [nr.]	Meetdiepte	Meetmoment [datum]	[relatief]	Waterspiegel ¹⁾	
				[m - mv]	[m + NAP]
B1	Freatisch	23-6-2023	Tijdens boren	1,50	1,39
B2	Freatisch	23-6-2023	Tijdens boren	1,50	1,42
B3	Freatisch	23-6-2023	Tijdens boren	1,60	1,32

- ¹⁾ Gemeten waterstanden zijn momentopnamen en dienen met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd, omdat:
- o waterniveaus gemeten direct na de 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).
 - o de grondwaterstand onder invloed van seizoens-afhankelijke factoren met 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 gemonitorde peilbuizen uit de omgeving.

4 Funderingsadvies

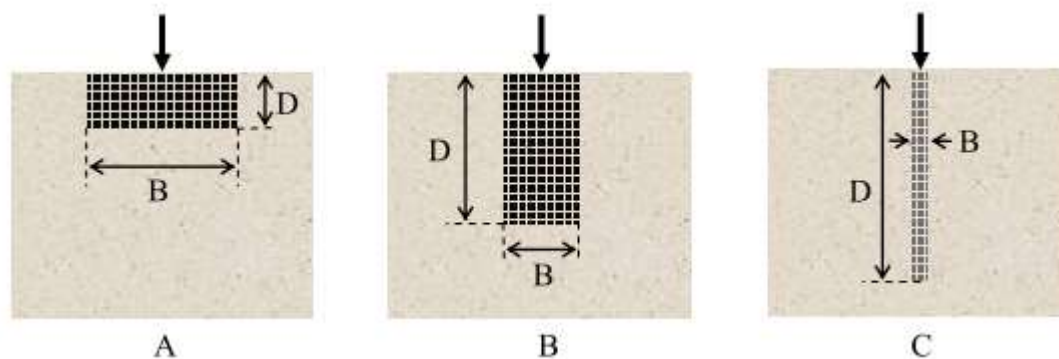
4.1 Keuze funderingstype

4.1.1 Vrijblijvend advies

Er zijn 3 hoofdtypen funderingen, te weten:

- Fundering op staal; een ondiepe fundering op de vaste grond. Een fundering op staal is vaak goedkoper dan een fundering op palen, wanneer op een geringe diepte goede, draagkrachtige bodemlagen aanwezig zijn. Bij een samendrukbare bodem is het vaak niet goed mogelijk om een fundering op staal te realiseren, omdat de zettingen dan te groot worden.
- Diepfundering; een tussenvorm van palen en staal met elementen met een diepte tussen circa 3 en $5 \times$ de breedte. Een diepfundering kan interessant zijn wanneer op een diepte van 2 tot 4 m een draagkrachtige bodemlaag aanwezig is en voor een normale fundering op staal te veel grondwerk zou zijn vereist.
- Fundering op palen; een fundering bestaande uit elementen met een diepte $> 5 \times$ de breedte/diameter. Een fundering op palen wordt doorgaans toegepast in gebieden met een slappe of heterogene bodem, of bij de uitbreiding van bestaande bebouwing (om zettingsverschillen te voorkomen) en/of bij zeer hoge funderingsbelastingen.

Een schematisch overzicht van de hoofdtypen is weergegeven in Figuur 4.1.



Figuur 4.1 Soorten funderingen: (a) fundering op staal (stroken, poeren, plaatfundering), (b) diepfundering en (c) paalfundering

Ons oordeel over de (geotechnische) geschiktheid van de onderzochte bodem voor de 3 hoofdtypen fundering is samengevat in navolgende tabel.

Aspect	Score*		Diepfundering	Fundering op palen
	Kelder	Plaat met vorstrand		
Inspanning nodig om draagkrachtige laag te bereiken	+	+	0	0
Inspanning nodig om trekkracht te kunnen opnemen	0	0	0	0
Risico op ontoelaatbare verticale verplaatsing (zetting)	+	+	0	+/-0
Risico op ontoelaatbare verschilzetting / rotatie	+	+	0	+/-0
Risico's tav erosie-, oplos-, krimp- of zweelgevoelige lagen	0	0	0	0
Uitvoeringsrisico's archeologie of verontreinigingen	0	0	0	0
Kosten (niet onderbouwde inschatting)	0	0	0	-
geo-score (= som plussen en minnen)	+3	+3	0	+1

* toelichting score:

- + naar verhouding klein
- 0 neutraal / niet bekend / niet relevant
- naar verhouding groot

Rekening houdend met voorgaande is onzes inziens, vanuit geotechnisch oogpunt, een fundering op staal de preferente funderingskeuze indien de berekende zetting acceptabel wordt geacht door de opdrachtgever en/of constructeur. Anders gaat de voorkeur uit naar een paalfundering.

Opmerking

- Het vrijblijvende keuzeadvies is gebaseerd op de voorhanden zijnde en verstrekte gegevens. Aanvullende milieukundige, archeologische, economische of bijvoorbeeld uitvoeringstechnische randvoorwaarden kunnen aanleiding geven tot een wijziging van het keuzeadvies.

4.1.2 Besluit funderingskeuze

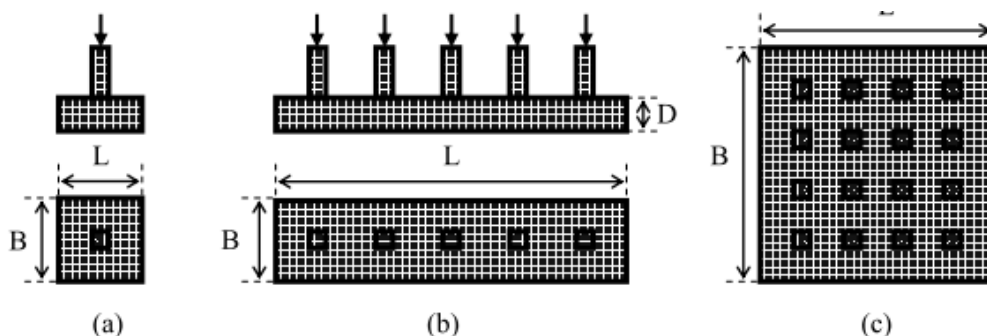
In overleg met de constructeur/opdrachtgever wordt een fundering op staal nader uitgewerkt.

4.1.3 Keuze subtype fundering op staal

Een fundering op staal is een ondiepe funderingsconstructie die zorgt voor spreiding van de lijn- en/of puntlasten over een groter oppervlakte. De 3 belangrijkste subtypen hiervan zijn:

- Poeren: kolommen of geprefabriceerde platen, meestal bestaande uit gewapend beton.
- Stroken: betonnen, meestal gewapende stroken.
- Plaatfundering: integraal vlakke platen (al dan niet voorzien van vorstranden) of keldervloeren.

Een schematisch overzicht van de 3 subtypen is weergegeven in Figuur 4.2.

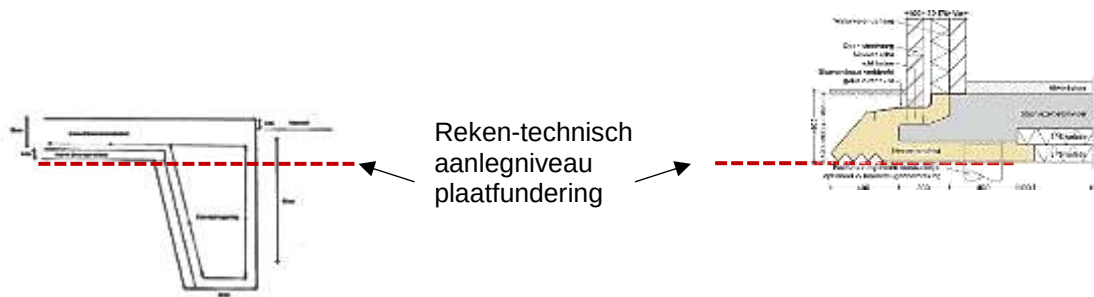


Figuur 4.2 Soorten funderingen op staal: (a) poeren, (b) stroken en (c) plaatfundering

In overleg met de constructeur wordt uitgewerkt: een plaatfundering.

Opmerking plaatfundering

- In de navolgende berekeningen worden de met wapening versterkte plaatgedeelten, waarover de lijn- en/of puntlasten worden gespreid, beschouwd als meewerkende funderingselementen (als richtwaarde wordt vaak een maat van circa $5 \times$ de vloerdikte aangehouden). Deze meewerkende oppervlakken worden verder in dit rapport aangeduid als meewerkende stroken en poeren. De afmetingen daarvan en de daartoe vereiste wapening dienen door de constructeur te worden bepaald aan de hand van de gegevens uit dit rapport.
- De plaat dient te worden voorzien van vorstranden tot een diepte van 0,7 m onder maaiveld, of in geval van horizontale vorstranden, tot een afdoende breedte. Volledigheidshalve wordt erop gewezen dat in de berekening de onderkant van de vloer wordt beschouwd als het aanlegniveau van de fundering (zie ook Figuur 4.3). Indien de vorstrand zelf als funderingselement wordt beschouwd, mogen de rekenresultaten voor de plaatfundering niet zonder meer worden gehanteerd. Er zou in dat geval moeten worden gerekend met de onderkant van vorstrand (als zijnde 'verzwaarde strook'), als het aanlegniveau van de fundering.



Figuur 4.3 Voorbeeld van een verticale en horizontale vorstrand en het reken-technisch aanlegniveau van de fundering

4.2 Bekrachtiging funderingskeuze / toetsing grenstoestanden

Om de keuze van funderingstype en -elementen te kunnen bekrachtigen, dient:

- te worden nagegaan of er sprake is van conflicterende uitvoeringsaspecten (zie onder meer hoofdstuk 6).
- cf. NEN 9997-1 een toetsing plaats te vinden van de weerstand en de vervorming bij constructieve en geotechnische grenstoestanden in blijvende en tijdelijke situaties:
 - Bij de beschouwing van een grenstoestand door bezwijken of uitzonderlijke vervorming van een constructief element of van de ondergrond (STR en GEO) moet zijn getoetst dat: $E_d \leq R_d$.
 - Bij de toetsing van bruikbaarheidsgrenstoestanden in de ondergrond of in een constructief onderdeel, element of constructieve verbinding is vereist dat: $E_d \leq C_d$.
 - Onderzocht moet worden of in de geotechnische constructie dusdanige vervormingen optreden dat een uiterste grenstoestand of bruikbaarheidsgrenstoestand in de bouwconstructie, die direct of indirect wordt beïnvloed door de geotechnische constructie, wordt overschreden ($S_d \leq S_{req}$). Ongelijkmatige verplaatsingen van funderingen, die vervormingen in de ondersteunde constructie tot gevolg hebben, moeten zo zijn beperkt dat ze niet leiden tot een grenstoestand in de ondersteunde constructie.

De rekenresultaten zijn weergegeven in hoofdstuk 5. Door de opdrachtgever en/of ontwerper van de constructie dient, aan de hand van deze rekenresultaten, te worden vastgesteld:

- met welke (meewerkende) afmetingen en eventueel vereiste wapening, de benodigde draagkracht kan worden behaald.
- of de zettingsverwachting acceptabel is². Indien de berekende zetting onacceptabel is, wordt geadviseerd om na te gaan of er maatregelen te nemen zijn om deze zettingen te beperken (bijvoorbeeld een diepere grondverbetering, een wijziging van het aanlegniveau of een reductie van de grondspanning) of om een fundering op palen toe te passen.

Opmerking

Zoals vermeld in NEN 9997-1 artikel 2.4.9 wordt voor woonfuncties en -gebouwen, en tenzij nader gedefinieerd ook voor overige gebouwen en bouwwerken, voor de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) 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 (UGT) type B wordt vaak een relatieve rotatie β van 1:100 aangehouden. In de regel zal derhalve de bruikbaarheidsgrenstoestand bepalend zijn.

² Conform NEN 9997-1 kan de toetsing aan de grenswaarden voor verplaatsing feitelijk niet door de geotechnische ontwerper worden gedaan, omdat de eisen met betrekking tot de zakkings (voor zowel de uiterste grenstoestand als voor de bruikbaarheidsgrenstoestand) afhankelijk zijn van de specifieke kenmerken van de constructie.

5 Berekening fundering op staal

5.1 Uitgangspunten berekening

5.1.1 Rekenmethode

- In dit rapport worden de draagkracht en de vervormingen bepaald van axiaal op druk belaste funderingselementen (stroken, poeren en plaatfundering) met statische of quasi-statische daarop werkende krachten en met een gronddekking van ten hoogste $5 \times$ de breedte van de basis van de fundering.
- De draagkracht en de vervorming van de grond zijn berekend conform NEN 9997-1 H6, waarbij
 - de draagkrachtberekeningen zijn uitgevoerd voor de gedraineerde en eventueel de ongedraineerde toestand, doorponsen en squeezing.
 - in de zettingsberekeningen de belasting in beginsel wordt afgeleid van de maximale draagkracht van de bodem (tenzij anders afgesproken) en waarbij spanningsspreiding in rekening is gebracht met een spanningsconcentratiefactor $m_\sigma = 3$.
 - onmiddellijke zetting (s_0) ten gevolge van afschuifvervorming en volumevermindering cf. § 6.6.2 verwaarloosbaar zijn gesteld.
 - Op de grondparameters de partiële factoren γ_M toegepast zijn van de verzameling M2 en de partiële factoren $\gamma_{R,v}$ toegepast zijn volgens de verzameling R3.
- Het project wordt ingedeeld in de geotechnische categorie 2 (GC2).

5.1.2 Geometrische gegevens

- Op basis van de verstrekte plangegevens (zie § 1.3.2) en aanvullende informatie van de opdrachtgever zijn de navolgende peilen aangenomen:

◦ Bouwpeil	3,2 m + NAP
◦ Maaiveld	3,1 m + NAP
◦ Aanlegniveau plaatfundering met vorstrand, ondiep	2,7 m + NAP
◦ Aanlegniveau kelder, diep	0,5 m - NAP
- Voor de berekeningen is uitgegaan van een maximale grondwaterstand van 2,4 m + NAP en een minimale grondwaterstand van 1,4 m + NAP.
- De gehanteerde grondwaterstanden zijn uitsluitend bedoeld als aannamen ten behoeve van de funderingsberekeningen. Zonder verificatie door de gebruiker mogen deze aannamen niet voor andere doeleinden te worden gebruikt.
- Meer inzicht in de (hoogste-laagste) grondwaterstand en de -fluctuatie kan worden verkregen door (een peilbuis te laten plaatsen en) de grondwaterstand gedurende langere periode te monitoren en/of een analyse uit te voeren van langjarige grondwaterstandgegevens (voor zover beschikbaar).
- De hoek van het maaiveld met de horizontaal is verwaarloosbaar gesteld.
- De draagkracht is onder meer afhankelijk van de gronddekking. Met gronddekking wordt bedoeld het minimale verschil van het aanlegniveau ten opzichte van de zich er direct naast bevindende grondslag (tijdens de levensduur van het bouwwerk, dus ook als deze slechts tijdelijk aanwezig is). Bij een plaatfundering is geen directe zandaanvulling aanwezig, maar bestaat de gronddekking in beginsel uit de combinatie van het eigen gewicht van de betonvloer en de weerstand die de betonvloer levert tegen buiging. Door ons bureau wordt gerekend met een gronddekking van maximaal 0,4 m; door de constructeur dient, op basis van de eigenschappen van de betonvloer, de te hanteren gronddekking te worden gekozen. Bij kelders wordt door ons bureau gerekend met een gronddekking van maximaal 0,7 m.

5.1.3 Geotechnische parameters (schematische bodemopbouw)

Ten behoeve van de berekening van het draagvermogen van de ondergrond en de zettingen van de funderingselementen is een representatief bodemprofiel opgesteld op basis van het grondonderzoek. Vervolgens is gebruik gemaakt van tabel 2.b in NEN 9997-1 om de karakteristieke waarden van deze grondeigenschappen te bepalen.

Opmerking

- Er wordt aangenomen dat de oorspronkelijke, op natuurlijke wijze gesedimenteerde bodemopbouw aanwezig is. Indien de grond geroerd of vergraven is, kan het gedrag van de bodem significant anders zijn dan aangenomen.
- De gunstige invloed van grondverbetering is, uitgaande van een uitvoering zoals beschreven in § 5.2, meegenomen in de berekening van de draagkracht en de vervormingen.

5.1.4 Opgegeven belastingen en vervormingseisen

- Voor het kelderdeel bedraagt de rekenwaarde van de funderingsdruk ca. 95 kN/m² en voor het overige deel (ondiepe fundering) ca. 57 kN/m².
- Door de opdrachtgever/ontwerper van de constructie zijn geen gegevens verstrekt betreffende de maximaal toelaatbare verplaatsing (s_{req}).

Algemene opmerking

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

5.2 **Ontgravingsdiepte en grondverbetering**

Rekening houdend met de uitgangspunten zoals weergegeven in § 5.1, wordt geadviseerd om de grond tot de in de navolgende tabel aangegeven diepte te vervangen door een goed verdicht zandpakket (grondverbetering in de vorm van grondvervanging).

Sondering [nr.]	Hoogte maaiveld [m + NAP]	Ontgravingsniveau tbv grondverbetering ¹⁾ [m + NAP]	
		Ondiep (plaat met vorstrand)	Diep (kelder)
D1	2,84	2,0	*
D2	2,91	2,0	*
D3	2,89	2,0	*
D4	2,95	2,1	*

¹⁾ Opmerking:

- Wanneer het aanlegniveau dieper is dan het geadviseerde ontgravingsniveau, dan hoeft daar geen grondverbetering te worden uitgevoerd en kan de fundering, na verdichting, direct op de aanwezige grondslag worden aangelegd.
- Indien de vrijkomende grond voldoende verdichtbaar is (bv. wanneer het zwak siltig en/of zwak humus-houdend los zand betreft), kan deze ter plaatse worden hergebruikt voor grondverbetering.

*** Na ontgraven tot aanlegniveau en het aftrillen van het ontgravingsvlak kan de kelder direct op de (natuurlijke) grondslag worden aangelegd. Geadviseerd wordt alvorens de fundering te storten het aanlegniveau af te trillen met een lichte trilplaat.**

Tussen de sonderingen moet tot dezelfde grondslag worden ontgraven zoals is aangetroffen ter plaatse van de aangrenzende sonderingen met het diepste ontgravingsniveau. Wanneer visueel het verloop van de laag is vast te stellen kan als ontgravingsniveau tussen de sonderingen het laagverloop worden aangehouden. Bestaat de onderste 0,2 à 0,4 meter uit los gepakt goed te verdichten zand dan hoeft dit niet te worden verwijderd maar kan, indien de vochtigheidsgraad dit toelaat, dit direct worden verdicht.

Wanneer op het ontgravingsniveau ten behoeve van de fundering insluitingen van slechte grond of andere ongewenste zaken zijn aangetroffen, dan moeten deze ongewenste insluitingen tot de vaste natuurlijke grondslag worden vervangen door zand of door een materiaal dat ten minste de eigenschappen qua draagkracht en vervorming heeft die als uitgangspunten voor het ontwerp zijn gebruikt. Ongewenste zaken onder een funderingselement kunnen zijn:

- cohesieve afzettingen (klei, veen);
- vegetatieresten (wortels, boomstronken);
- oude waterlopen;
- oude funderingen, putten, buizen e.d.

Bij de berekeningen wordt ervan uitgegaan dat de uitvoering van de grondverbetering voldoet aan de eisen zoals gesteld in NEN 9997-1 H5 en eventuele overige eisen vermeldt in dit rapport.

5.3 Rekenresultaten

De rekenresultaten zijn weergegeven in Bijlage 1;

A (plaat met vorstrand, ALN = 2,7 m + NAP) en

B (kelder, ALN = 0,5 m - NAP) met nummering:

- 1 Grondparameters, materiaalfactoren en overige uitgangspunten
- 2 Stroken (meewerkend): Draagkracht en maximale funderingsdruk
- 3 Stroken (meewerkend): Zakkingen en beddingscoëfficiënten
- 4 Poeren (meewerkend): Draagkracht en maximale funderingsdruk
- 5 Poeren (meewerkend): Zakkingen en beddingscoëfficiënten
- 6 Last-zakkingsdiagrammen voor (meewerkende) stroken
- 7 Last-zakkingsdiagrammen voor (meewerkende) poeren
- VBL Voorbeeldberekening

Opmerking

- Als gevolg van een mogelijke heterogeniteit van de ondergrond en uitvoeringsonvolkomenheden moet, voor toetsing van de vervorming, worden gerekend met een zakkingsverschil (ΔS_d) tussen twee afzonderlijk op staal gefundeerde elementen van in beginsel tenminste 50 % van de gemiddelde waarde van de zakking van de funderingselementen.
- Opgemerkt wordt dat de zettingsberekening is gebaseerd op beperkte informatie en als zodanig moet worden gehanteerd. Zo zijn de volumegewichten en samendrukkingsconstanten afgeleid uit het beschreven onderzoek. Aan de hand van een uitgebreider daartoe gericht grondonderzoek (met name door het uitvoeren van enkele classificatieproeven en/of samendrukkingsproeven in het laboratorium) is een betere prognose te geven van de te verwachten zettingen en zettingsverschillen.

6 Richtlijnen voor ontwerp, berekening en uitvoering

6.1 Algemeen

- Voor richtlijnen en aandachtspunten qua uitvoering en ontwerp, wordt verwezen naar Bijlage 2.
- Conform NEN 9997-1 art.6.4.3(d) geldt dat de oppervlakte van de fundering tenminste gelijk moet zijn aan die van de onderste doorsnede van de erop staande kolom of wand. Voor een wand geldt bovendien een funderingsbreedte van de strookfundering van tenminste 0,3 m.
- Eventuele terreinophogingen dienen voor of uiterlijk tijdens de funderingswerkzaamheden te worden aangebracht.
- Bij het kiezen van de diepte van een fundering op staal moet onder meer het volgende in beschouwing zijn genomen:
 - Er dient te worden nagegaan of de vereiste ontgraving zonder risico voor de bestaande bebouwing / belending kan worden uitgevoerd³.
 - Indien de mogelijkheid bestaat dat langs de fundering sleuven voor kabels en leidingen worden gegraven, moet hiervoor een diepte van 0,8 m en een breedte van 1,2 m worden aangehouden.
 - de diepte waarboven schade door vorst kan voorkomen; conform NEN 9997-1 art. 6.4 dient de aanlegdiepte van de fundering voor muren van bouwwerken langs de perceelsgrens, behoudens die tussen woningen en gebouwen onderling, tenminste 0,80 m te zijn. Voor het overige kan 0,60 meter worden aangehouden.

6.2 Aspecten uitvoering ontgraving / grondverbetering

- Voor richtlijnen en eisen omtrent de uitvoering en controle van grondverbetering en verdichting wordt verwezen naar Bijlage 3.
- Grondverbetering moet ten minste het gebied bestrijken waarin de belasting zich onder een hoek van 45° spreidt. De dikte van de te verdichten laag dient bij voorkeur hooguit 30 centimeter te bedragen, waarbij het grondwater zicht ten minste 0,5 m onder de te verdichten laag bevindt. Vervolgens dient de ontgraven bouwputbodan te worden aangetrild. De uitvoering van de grondverbetering dient te voldoen aan de eisen zoals gesteld in NEN 9997-1.

6.3 Vloeren

Indien de begane-grondvloer op een zandbed wordt aangelegd, wordt geadviseerd dezelfde ontgravingsdiepte aan te houden als vermeld in § 5.2.

Opgemerkt wordt dat het aanbrengen van een goed verdicht zandpakket voor de vloer in beginsel in twee fasen dient plaats te vinden. Allereerst dient grondverbetering plaats te vinden tot de onderkant van de fundering. Nadat de fundering is gestort en de muren zijn opgemetseld tot het vloerniveau dient een goed verdicht zandpakket (laagsgewijs) te worden aangebracht tot de onderkant van de vloer. Voor (algemene) richtlijnen en eisen hieromtrent wordt verwezen naar Bijlage 3.

6.4 Richtlijnen ontwerp / uitvoering kelder

- Om lekkage te voorkomen wordt geadviseerd de kelderwanden tot boven de hoogste grondwaterstand eveneens uit te voeren in gewapend beton.
- In verband met de benodigde ontgraving kan de grondslag/aanvulling rondom de kelder minder draagkrachtig zijn door ontspanning en/of onvoldoende verdichting. Dit kan additionele zettingen tot gevolg hebben. In verband hiermee wordt o.a. geadviseerd de aansluitende funderingsstroken en vloeren op de kelderwand op te leggen en deze te dimensioneren op een vrije overspanning van 3,0 meter.
- Geadviseerd wordt na te gaan of in de meest ongunstige situatie (ook tijdens de bouwfase) het eigen gewicht van de constructie (exclusief de veranderlijke belasting) voldoende is om de

³ Diverse CAR-polissen bieden geen dekking voor schade aan onroerende zaken, indien de schade is veroorzaakt door ontgraving of andere bodem-ontspannende activiteiten beneden de lijn "1 meter horizontaal, 45 graden naar beneden" vanaf de zijkant/onderkant van een belendende fundering, tenzij kan worden aangetoond dat geen schade aan die belendingen te verwachten is.

opwaartse waterdruk, t.g.v. de hoogste grondwaterstand, tegen de onderkant van de kelder te compenseren.

- Indien het eigen gewicht niet voldoende is dan kan (alleen bij kleine kelders) overwogen worden de keldervloer buiten de wanden te laten uitsteken, waarna een verdichte zandaanvulling wordt aangebracht. Voor de evenwichtsberekening kan het gewicht hiervan worden meegenomen.
- De bouw van de kelder dient vóór de overige onderdelen van de fundering (poeren, stroken en eventuele vloeren) te worden uitgevoerd. Hierbij dient extra aandacht te worden gegeven aan de aanvulling van de bouwput langs de kelderwand. Voor het verdichten van de zandaanvulling naast de kelderwanden moet een lichte trilstampen worden toegepast, waarbij steeds een beperkte te verdichten laagdikte wordt aangehouden.
- Bouwputaspecten zoals bijvoorbeeld een bemaling, taludstabiliteit, grondkering en de eventuele randvoorwaarden die deze aspecten direct of indirect stellen aan het bouwplan vallen buiten het kader van dit rapport en worden dus niet behandeld. Ons bureau kan hieromtrent desgewenst wel nader adviseren. Door ons bureau wordt nog separaat (een) damwandberekening(en) uitgevoerd.

Bijlage 1 : Berekeningsresultaten fundering op staal

Rapport berekening Fundering op staal cf. NEN 9997-1

IVgeo-FST is een rekenprogramma, ontworpen voor de bepaling van het draagvermogen de zetting van de grond voor quasi-statische verticale belastingen volgens NEN 9997-1 § 6.5.2.2 en § 6.6.2.

Grondparameters

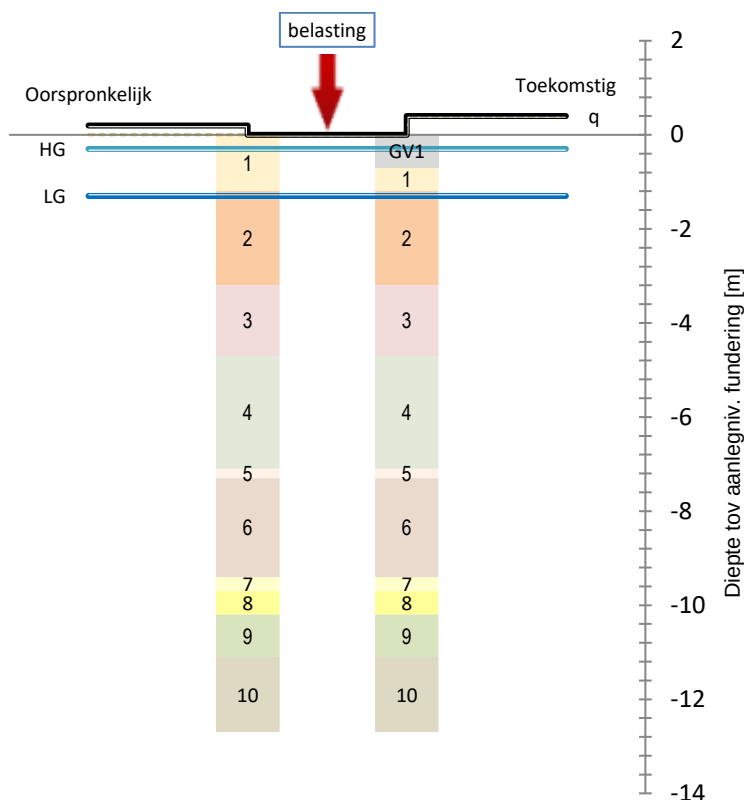
De grondparameters van de verschillende bodemlagen zijn op basis van het grondonderzoek ingeschat aan de hand van tabel 2.b uit de NEN 9997-1, eventueel i.c.m. algemene/locale kennis en ervaring.

Partiële factoren voor grondparameters γ_M

- Volumiek gewicht	1,1
- Tangent hoek inwendige wrijving	1,15
- Ongedraineerde schuifsterkte	1,35
- Cohesie	1,6

Berekeningsaannamen

Oorspronkelijke maaiveldhoogte [m NAP]	2,90
Toekomstige maaiveldhoogte [m NAP]	3,10
Hoek maaiveld met horizontaal [°]	0,00
Aanlegniveau fundering [m NAP]	2,70
Hoge grondwaterstand (HG) [m NAP]	2,4
Lage grondwaterstand (LG) [m NAP]	1,4
Pre-overburden pressure (POP) [kN/m ²]	2,0
Volumiek gewicht gronddekking dr./ nat [kN/m ³]	17/ 19
maatgevend gestelde gronddekking (q) [m]	0,40
Drempel spanningsverhoging zettingsberekening	20%



figuur 1.1 - Schematisatie van de bodemopbouw

Opmerking t.a.v. grondverbetering

De gunstige invloed van grondverbetering wordt, in afwijking op de rekenregels uit de NEN 9997-1, altijd verdisconteerd in de draagkracht; ook als de diepte < 1,5 x de effectieve funderingsbreedte bedraagt.

tabel 1.2 - karakteristieke waarden van de grondparameters van de oorspronkelijke bodemopbouw

laag	onderzijde [m NAP]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]	c_u [kPa]	CR^* [-]	$C\alpha$ [-]	c_v [m/s ²]
1	1,5	17,5	19,5	31,0	0,0	0,0	0,009	0	
2	-0,5	18,0	20,0	32,0	0,0	0,0	0,005	0	
3	-2,0	17,5	19,5	31,0	0,0	0,0	0,009	0	
4	-4,4	17,0	19,0	30,0	0,0	0,0	0,011	0	
5	-4,6	18,0	20,0	22,5	13,0	120,0	0,077	0,0031	1,00E-08
6	-6,7	18,0	20,0	32,0	0,0	0,0	0,005	0	
7	-7,0	18,0	20,0	22,5	13,0	120,0	0,077	0,0031	1,00E-08
8	-7,5	18,0	20,0	32,0	0,0	0,0	0,005	0	
9	-8,4	18,0	20,0	22,5	13,0	120,0	0,077	0,0031	1,00E-08
10	-10,0	18,0	20,0	27,5	0,0	0,0	0,012	0	

tabel 1.3 - karakteristieke waarden van de grondparameters van de te vervangen grond onder de fundering

GV1	2,0	18,0	20,0	32,0	0,0	0,0	0,005	0	
-----	-----	------	------	------	-----	-----	-------	---	--

* RR wordt, indien van toepassing, steeds aangenomen op 1/3 CR

Symbolen en eenheden

γ	volumiek gewicht, natuurlijke grond	kN/m ³	q	gronddekking	m
γ_{sat}	volumiek gewicht, verzadigde grond	kN/m ³	$\sigma'_{max;d}$	rekenwaarde funderingsdruk	kPa
ϕ'	effectieve hoek van inwendige wrijving	°	R_d	rekenwaarde verticale draagkracht	kN
c'	effectieve cohesie	kPa	s_1	primaire zakking	mm
c_u	ongedraineerde schuifsterkte	kPa	s_2	secundaire zakking	mm
CR	compression ratio; $C_c/(1+e_0)$	-	s	totale zakking	mm
$C\alpha$	secundaire samendrukkingsindex	-	$k_{v;d}$	rekenwaarde statische beddingscoëfficiënt	kN/m ³
RR	Recompression ratio (aanname 1/3 CR)	-	e_0	poriëngetal van de grond	-

Berekening draagvermogen van de grond voor een fundering van (meewerkende) stroken

Berekening van de weerstand tegen belasting loodrecht op het oppervlak van de fundering volgens NEN 9997-1 par. 6.5.2.2; analytische methode.
De berekeningen zijn uitgevoerd voor gelaagde grond in gedraineerde en ongedraineerde toestand.
De rekenresultaten zijn, voor verschillende funderingsafmetingen, weergegeven in tabel 2.1 en 2.2

tabel 2.1 - Rekenwaarden maximale funderingsdruk en weerstand tegen belasting

Strookbreedte [m]	Rekenwaarde maximale funderingsdruk in verschillende toestanden** $\sigma'_{\max;d}$ [kPa]				toelaatbare funderingsdruk* $\sigma'_{\max;d}$ [kPa]	rekenwaarde weerstand tegen belasting* R_d [kN/m']
	Ongedrain.	Gedraineerd	Doorponsen	Squeezing		
0,40	n.v.t.	142	1033	n.v.t.	142	57
0,50	n.v.t.	149	1034	n.v.t.	149	75
0,60	n.v.t.	156	1036	n.v.t.	156	94
0,70	n.v.t.	162	1037	n.v.t.	162	113
0,80	n.v.t.	167	1039	n.v.t.	167	134
0,90	n.v.t.	173	1041	n.v.t.	173	155
1,00	n.v.t.	178	1042	n.v.t.	178	178
1,10	n.v.t.	184	1044	n.v.t.	184	203
1,20	n.v.t.	191	1046	n.v.t.	191	229
1,30	n.v.t.	197	1048	n.v.t.	197	256
1,40	n.v.t.	203	1050	n.v.t.	203	285
1,50	n.v.t.	210	1052	n.v.t.	210	314
1,60	n.v.t.	216	1053	n.v.t.	216	346
1,70	n.v.t.	222	1054	n.v.t.	222	378
1,80	n.v.t.	229	1056	n.v.t.	229	412
1,90	n.v.t.	235	1057	n.v.t.	235	447
2,00	n.v.t.	242	1059	n.v.t.	242	484
2,10	n.v.t.	248	1060	n.v.t.	248	522

* Bij permanente gronddekking (q): 0,4 m

** De maatgevende toestand is dik gedrukt

tabel 2.2 - Rekenwaarde maximale funderingsdruk en draagkracht bij aangegeven dikte gronddekking

Strookbreedte [m]	Rekenwaarde maximale funderingsdruk $\sigma'_{\max;d}$ [kPa]				Rekenwaarde weerstand tegen belasting* R_d [kN/m']			
	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4
0,40	69	93	117	142	28	37	47	57
0,50	77	101	125	149	39	51	63	75
0,60	84	108	132	156	50	65	79	94
0,70	90	114	138	162	63	80	96	113
0,80	96	120	143	167	77	96	114	134
0,90	102	125	149	173	92	113	134	155
1,00	108	131	155	178	108	131	155	178
1,10	114	137	161	184	125	151	177	203
1,20	120	144	167	191	144	172	200	229
1,30	126	150	173	197	164	195	225	256
1,40	133	156	180	203	186	219	251	285
1,50	139	163	186	210	209	244	279	314
1,60	146	169	192	216	233	270	308	346
1,70	152	175	199	222	258	298	338	378
1,80	158	182	205	229	285	327	369	412
1,90	165	188	212	235	313	358	402	447
2,00	171	195	218	242	342	389	436	484
2,10	178	201	225	248	373	422	472	522

* q = dikte gronddekking

Berekenig zetting voor een fundering van (meewerkende) stroken

Berekening van de zetting van de grond cf. NEN 9997-1 par. 6.6.2, o.i.v. een gebruiksbelasting (V), die is afgeleid van het maximale draagvermogen of is opgegeven. De beddingscoëfficiënten zijn afgeleid van vermelde primaire zakkings.
In tabel 3.1 en Figuur 3 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

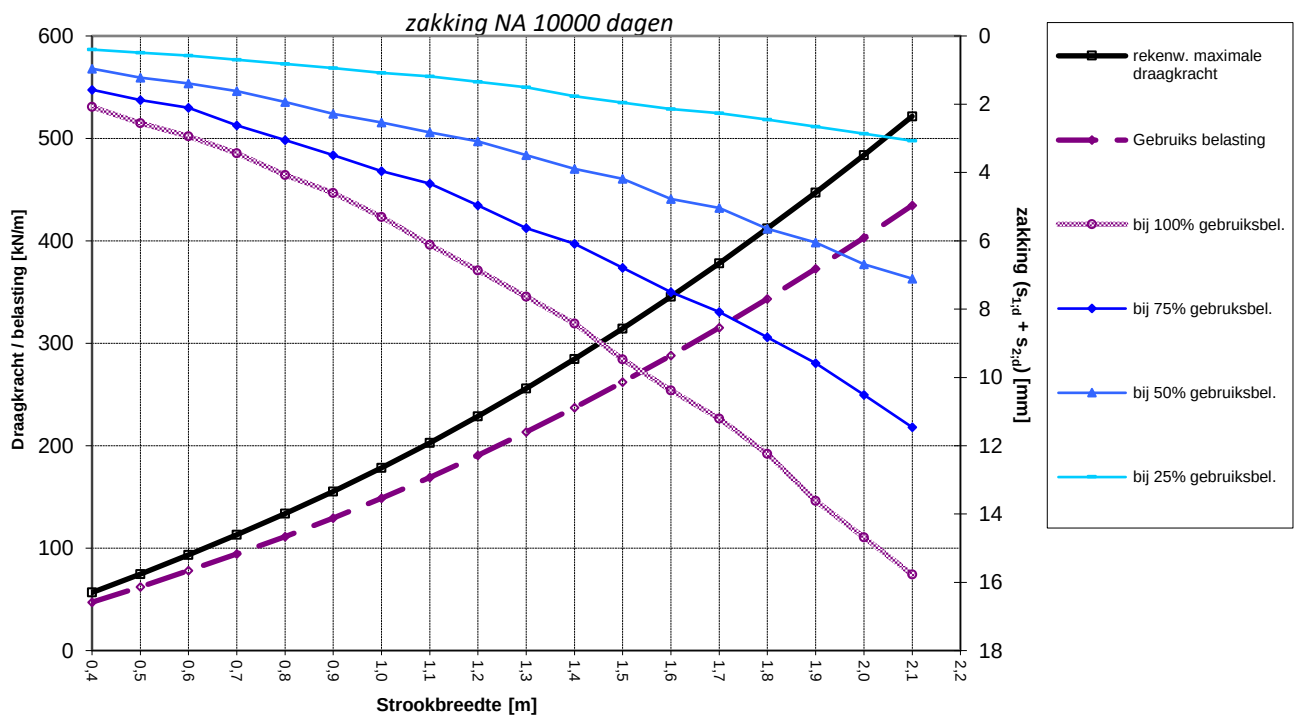
Tabel 3.1 - Rekenwaarden zakking en statische beddingscoëfficiënt (gronddekking 0,4 m), NA 10000 dagen

Strookbreedte	Gebruiks belasting	Primaire zakking	Secundaire zakking*	Totale zakking	Statische beddingscoëfficiënt	Extra zakking tgv ophoging/bovenb.
[m]	V [kN/m']	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v,d}$ [kN/m³]	s_{extra} [mm]
0,40	47	2,1	0,0	2,1	4,4E+04	0,0
0,50	62	2,6	0,0	2,6	3,7E+04	0,0
0,60	78	2,9	0,0	2,9	3,4E+04	0,0
0,70	94	3,4	0,0	3,4	3,0E+04	0,0
0,80	111	4,1	0,0	4,1	2,6E+04	0,0
0,90	129	4,6	0,0	4,6	2,4E+04	0,0
1,00	149	5,3	0,0	5,3	2,2E+04	0,0
1,10	169	6,1	0,0	6,1	1,9E+04	0,0
1,20	191	6,9	0,0	6,9	1,8E+04	0,0
1,30	213	7,6	0,0	7,6	1,7E+04	0,0
1,40	237	8,4	0,0	8,4	1,6E+04	0,0
1,50	262	9,5	0,0	9,5	1,4E+04	0,0
1,60	288	10,4	0,0	10,4	1,3E+04	0,0
1,70	315	11,2	0,0	11,2	1,3E+04	0,0
1,80	343	12,2	0,0	12,2	1,2E+04	0,0
1,90	373	13,6	0,0	13,6	1,1E+04	0,0
2,00	403	14,7	0,0	14,7	1,1E+04	0,0
2,10	435	15,8	0,0	15,8	1,0E+04	0,0

* Berekend cf. NEN 9997-1 (spanningsonafhankelijk), dag 1 - ∞

ONWAAR

Figuur 3 Draagkracht-last-zakkingsgrafiek



Berekening draagvermogen van de grond voor een fundering van (meewerkende) poeren

Berekening van de weerstand tegen belasting loodrecht op het oppervlak van de fundering volgens NEN 9997-1 par. 6.5.2.2; analytische methode.
De berekeningen zijn uitgevoerd voor gelaagde grond in gedraineerde en ongedraineerde toestand.
De rekenresultaten zijn, voor verschillende funderingsafmetingen, weergegeven in tabel 4.1 en 4.2

tabel 4.1 - Rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht

Poerafmeting		Rekenwaarde maximale funderingsdruk in verschillende toestanden**				toelaatbare funderingsdruk*	rekenwaarde weerstand tegen belasting*
B	L	$\sigma'_{\max;d}$ [kPa]				$\sigma'_{\max;d}$ [kPa]	R_d [kN]
[m]	[m]	Ongedrain.	Gedraineerd	Doorponsen	Squeezing		
0,40	0,40	n.v.t.	174	1451	n.v.t.	174	28
0,50	0,50	n.v.t.	179	1450	n.v.t.	179	45
0,60	0,60	n.v.t.	184	1450	n.v.t.	184	66
0,70	0,70	n.v.t.	187	1450	n.v.t.	187	92
0,80	0,80	n.v.t.	190	1449	n.v.t.	190	122
0,90	0,90	n.v.t.	194	1449	n.v.t.	194	157
1,00	1,00	n.v.t.	198	1449	n.v.t.	198	198
1,10	1,10	n.v.t.	202	1449	n.v.t.	202	244
1,20	1,20	n.v.t.	206	1449	n.v.t.	206	297
1,30	1,30	n.v.t.	210	1449	n.v.t.	210	356
1,40	1,40	n.v.t.	215	1448	n.v.t.	215	421
1,50	1,50	n.v.t.	219	1448	n.v.t.	219	493
1,60	1,60	n.v.t.	224	1447	n.v.t.	224	573
1,70	1,70	n.v.t.	228	1446	n.v.t.	228	660
1,80	1,80	n.v.t.	233	1446	n.v.t.	233	755
1,90	1,90	n.v.t.	238	1445	n.v.t.	238	858
2,00	2,00	n.v.t.	242	1444	n.v.t.	242	969
2,10	2,10	n.v.t.	247	1443	n.v.t.	247	1088

* Bij permanente gronddekking (q): 0,4 m

** De maatgevende toestand is dik gedrukt

tabel 4.2 - Rekenwaarde maximale funderingsdruk en draagkracht bij aangegeven dikte gronddekking

Poerafmeting		Rekenwaarde maximale funderingsdruk				Rekenwaarde weerstand tegen belasting*			
B	L	$\sigma'_{\max;d}$ [kPa]				R_d [kN]			
[m]	[m]	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4
0,40	0,40	67	103	138	174	11	16	22	28
0,50	0,50	73	108	144	179	18	27	36	45
0,60	0,60	77	113	148	184	28	41	53	66
0,70	0,70	81	117	152	187	40	57	74	92
0,80	0,80	85	120	155	190	55	77	99	122
0,90	0,90	89	124	159	194	72	100	128	157
1,00	1,00	94	128	163	198	94	128	163	198
1,10	1,10	98	132	167	202	118	160	202	244
1,20	1,20	102	137	171	206	147	197	246	297
1,30	1,30	107	141	175	210	180	238	297	356
1,40	1,40	111	145	180	215	218	285	353	421
1,50	1,50	115	150	184	219	260	337	415	493
1,60	1,60	120	154	189	224	307	395	484	573
1,70	1,70	124	159	193	228	360	459	559	660
1,80	1,80	129	163	198	233	418	530	641	755
1,90	1,90	133	168	203	238	482	607	731	858
2,00	2,00	138	173	207	242	552	690	828	969
2,10	2,10	143	177	212	247	628	781	934	1088

* q = dikte gronddekking

Berekenig zetting voor een fundering van (meewerkende) poeren

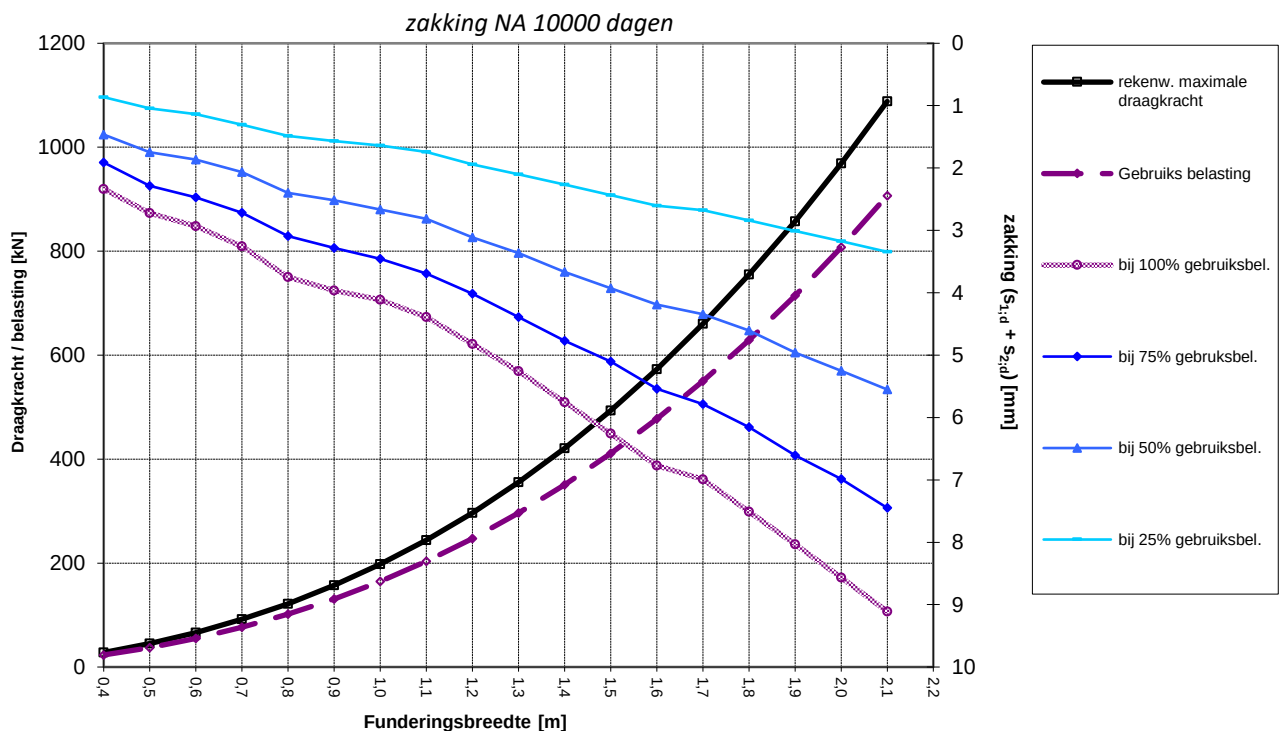
Berekening van de zetting van de grond cf. NEN 9997-1 par. 6.6.2, o.i.v. een gebruiksbelasting (V), die is afgeleid van het maximale draagvermogen of is opgegeven. De beddingscoëfficiënten zijn afgeleid van vermelde primaire zakkings.
In tabel 5.1 en Figuur 5 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 5.1 - Rekenwaarden zakkings en statische beddingscoëfficiënt (gronddekking 0,4 m), NA 10000 dagen

Poerafmeting		Gebbruiks belasting	Primaire zakkings	Secundaire zakkings*	Totale zakkings	Statische beddingscoëfficiënt	Extra zakkings tgv ophoging/bovenb.
B [m]	L [m]	V [kN]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s_d [mm]	$k_{v,d}$ [kN/m ³]	s_{extra} [mm]
0,40	0,40	23	2,3	0,0	2,3	4,8E+04	0,0
0,50	0,50	37	2,7	0,0	2,7	4,3E+04	0,0
0,60	0,60	55	2,9	0,0	2,9	4,1E+04	0,0
0,70	0,70	76	3,3	0,0	3,3	3,6E+04	0,0
0,80	0,80	101	3,7	0,0	3,7	3,3E+04	0,0
0,90	0,90	131	4,0	0,0	4,0	3,1E+04	0,0
1,00	1,00	165	4,1	0,0	4,1	3,1E+04	0,0
1,10	1,10	203	4,4	0,0	4,4	2,9E+04	0,0
1,20	1,20	247	4,8	0,0	4,8	2,8E+04	0,0
1,30	1,30	296	5,3	0,0	5,3	2,5E+04	0,0
1,40	1,40	351	5,8	0,0	5,8	2,4E+04	0,0
1,50	1,50	411	6,3	0,0	6,3	2,2E+04	0,0
1,60	1,60	478	6,8	0,0	6,8	2,1E+04	0,0
1,70	1,70	550	7,0	0,0	7,0	2,1E+04	0,0
1,80	1,80	629	7,5	0,0	7,5	2,0E+04	0,0
1,90	1,90	715	8,0	0,0	8,0	1,9E+04	0,0
2,00	2,00	807	8,6	0,0	8,6	1,8E+04	0,0
2,10	2,10	907	9,1	0,0	9,1	1,7E+04	0,0

* Berekend cf. NEN 9997-1 (spanningsonafhankelijk), dag 1 - ∞

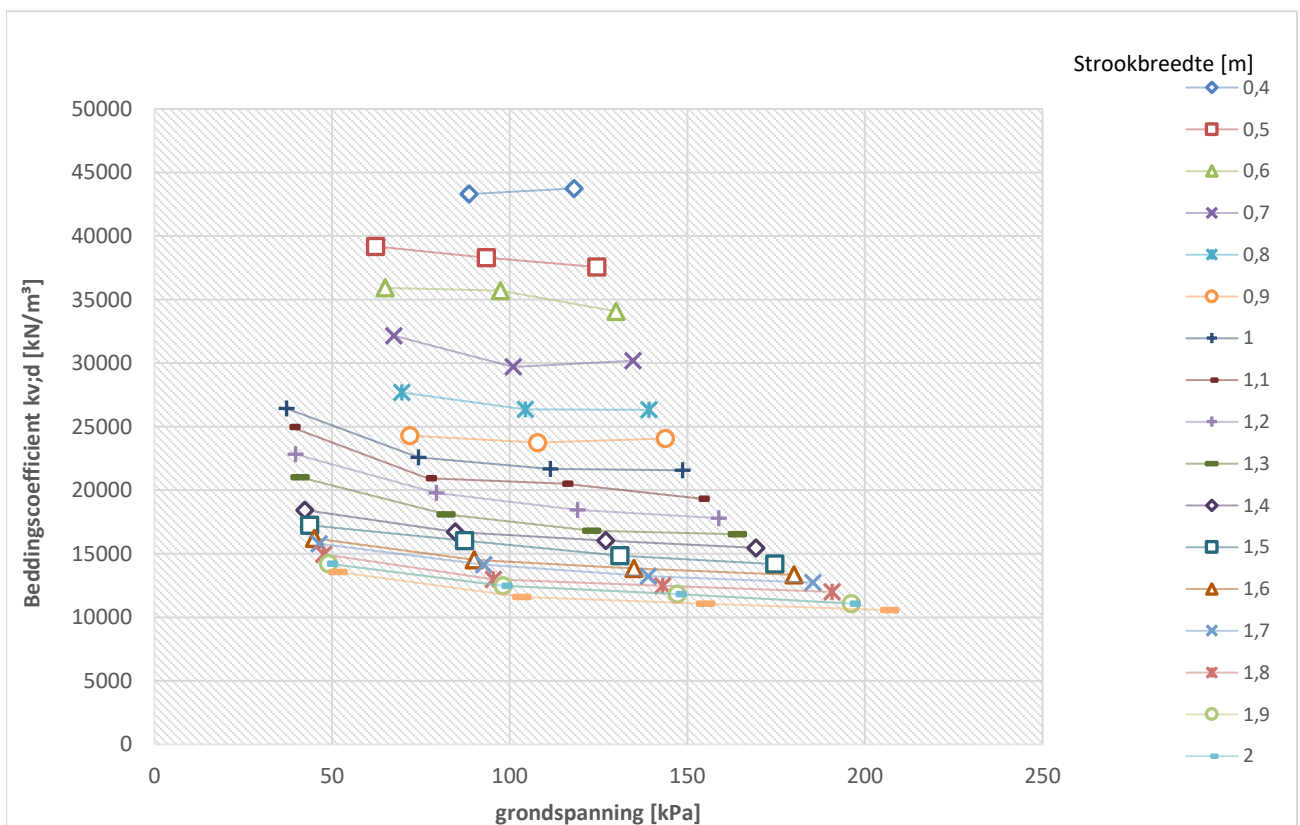
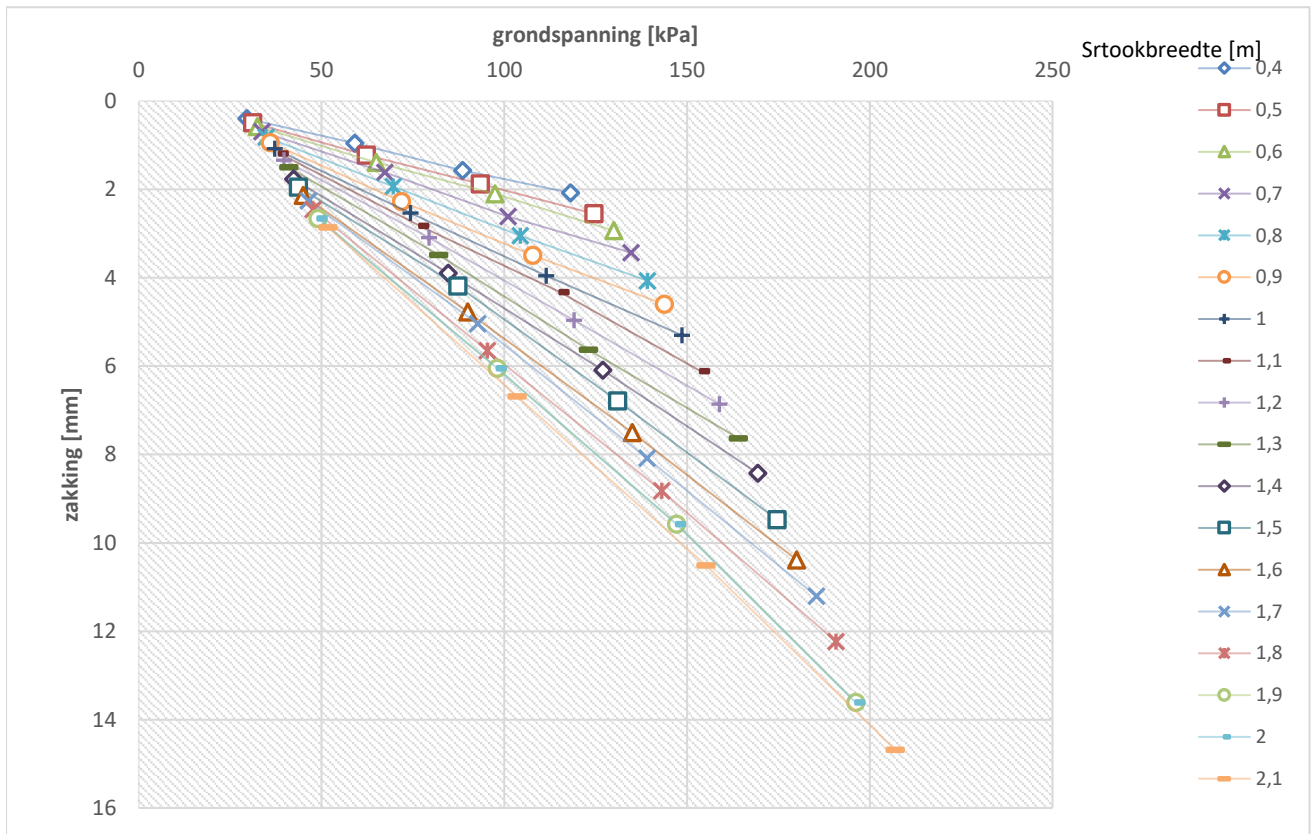
Figuur 5 Draagkracht-last-zakkingsgrafiek



Stroken

Last-zakkingsdiagram

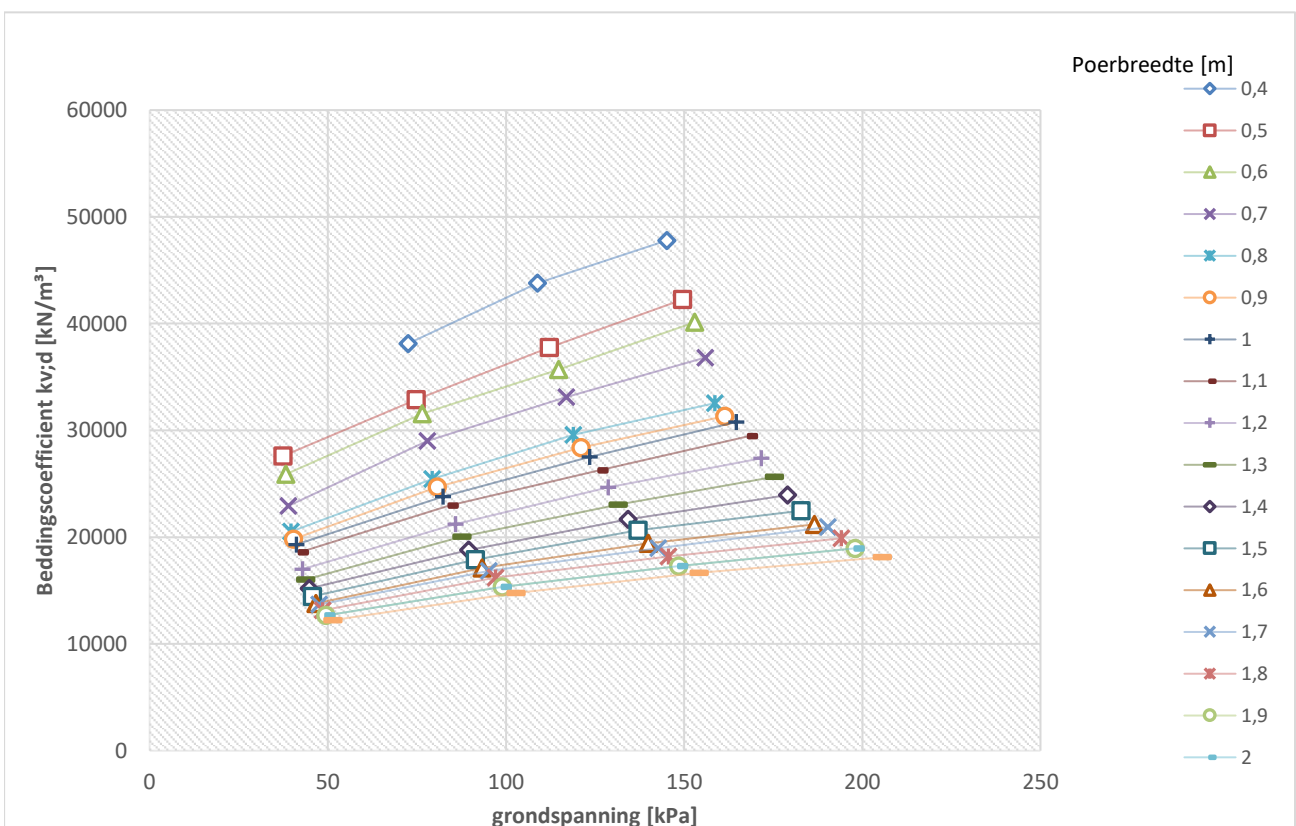
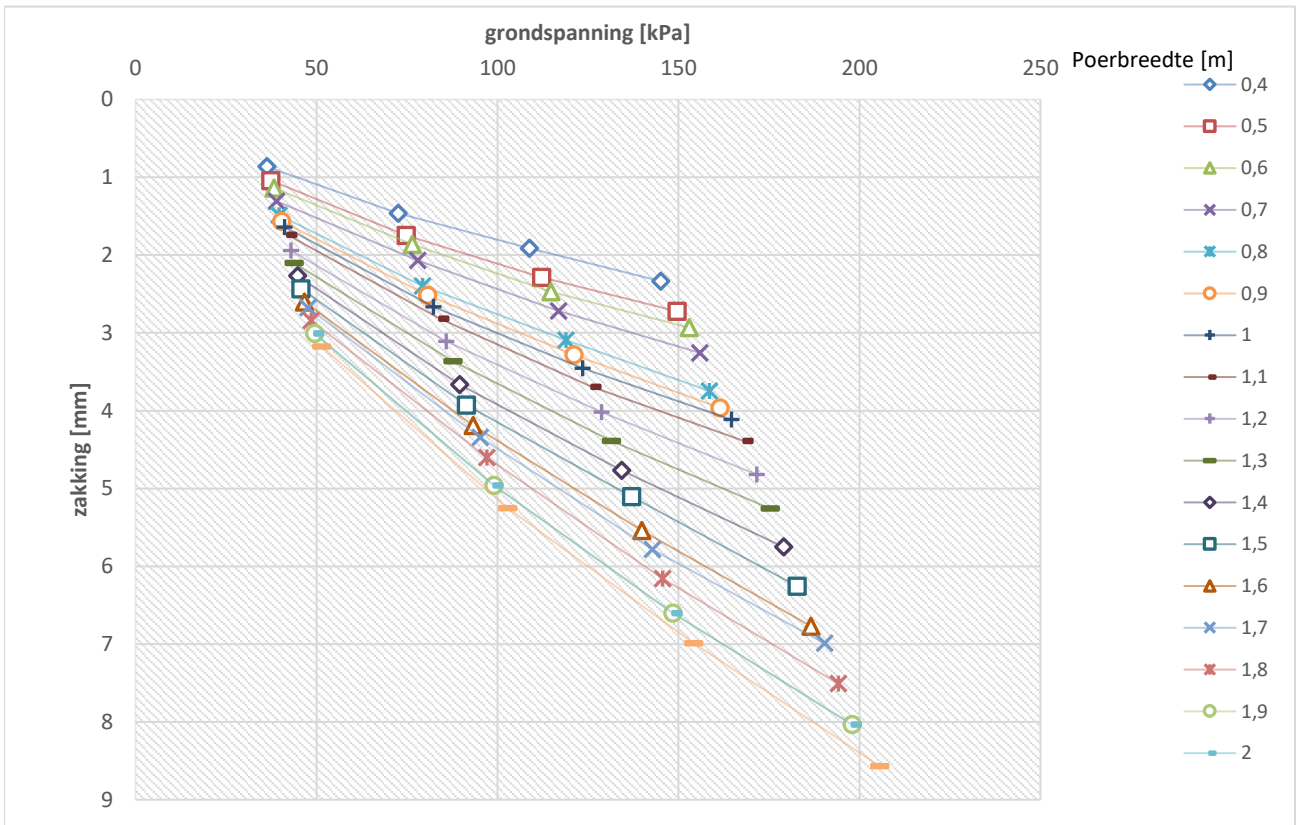
In de onderstaande last - zakkingsgrafiek zijn de zakkings (prim. + sec.) weergegeven bij verschillende gronddrukken en funderingsbreedten.



Poeren

Last-zakkingsdiagram

In de onderstaande last - zakkingsgrafiek zijn de zakkings (prim. + sec.) weergegeven bij verschillende gronddrukken en funderingsbreedten.



Voorbeeldberekening

Berekening maximale draagkracht (gedraineerd)

	stroken	poeren
Funderingsafmetingen rekenvoorbeeld [m]	1,0	1,0 X 1,0
Effectieve funderingsafmeting voor draagkracht [m]	1,0	1,0 X 1,0
Hoek maaiveld met horizontaal [°]	0,0	

Parameters	Berekende waarden	
	Stroken	Poeren
$\Phi_{gem;d}$ [°]	28,29	28,29
$\gamma'_{gem;d}$ [kN/m³]	11,04	11,04
$c'_{gem;d}$ [kPa]	0,00	0,00
N_c [-]	26,38	26,38
s_c [-]	1,00	1,51
i_c [-]	1,00	1,00
λ_c [-]	1,00	1,00
b_c [-]	1,00	1,00
N_q [-]	15,20	15,20
s_q [-]	1,00	1,47
i_q [-]	1,00	1,00
λ_q [-]	1,00	1,00
b_q [-]	1,00	1,00
N_γ [-]	15,29	15,29
s_γ [-]	1,00	0,70
i_γ [-]	1,00	1,00
λ_γ [-]	1,00	1,00
b_γ [-]	1,00	1,00
Invloedsbreedte [m]	3,83	3,83
Invloedsdiepte [m]	1,49	1,49
Rekenwaarde maximale funderingsdruk ($\sigma'_{max;d}$) [kN/m²]	178,37	197,59

Berekening zakkings

	stroken	poeren
Funderingsafmetingen rekenvoorbeeld [m]	1,0	1,0 X 1,0
Beschouwde gronddruk [kN/m²]	149	165
Berkende invloedsdiepte* [m NAP]	-0,35	0,05
Berkenede zetting [mm]	5,3	4,1

Bodemlaag diepte tot [m NAP]	ongedrain.	Percentage zakkings bij voorbeeldberekening			
		Stroken primaire	secundaire	Poeren primaire	secundaire
1,5	-	35%	0%	61%	0%
-0,5	-	57%	0%	39%	0%
-2,0	-	8%	0%	0%	0%
-4,4	-	0%	0%	0%	0%
-4,6	ja	0%	0%	0%	0%
-6,7	-	0%	0%	0%	0%
-7,0	ja	0%	0%	0%	0%
-7,5	-	0%	0%	0%	0%
-8,4	ja	0%	0%	0%	0%
-10,0	-	0%	0%	0%	0%

Tijd-zakkingsverloop		
direct optredende zakkings:	100%	100%
tijds-afhankelijke zakkings **:	0%	0% in 0 jaar oftewel 0 dagen

*De grondlagen (verdeeld in sublagen van 0,1 m) zijn in beschouwing genomen tot een diepte, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning ($\Delta\sigma'_{v;z}$) in het laagmidden, groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

Spanningsspreiding is hierbij verrekend volgens NEN 9997-1 (methode Boussinesq).

** het betreft hier een grove inschatting van de benodigde tijd voor de primaire zakkings (T100) op basis van geschatte C_v waarden.

Rapport berekening Fundering op staal cf. NEN 9997-1

IVgeo-FST is een rekenprogramma, ontworpen voor de bepaling van het draagvermogen de zetting van de grond voor quasi-statische verticale belastingen volgens NEN 9997-1 § 6.5.2.2 en § 6.6.2.

Grondparameters

De grondparameters van de verschillende bodemlagen zijn op basis van het grondonderzoek ingeschat aan de hand van tabel 2.b uit de NEN 9997-1, eventueel i.c.m. algemene/locale kennis en ervaring.

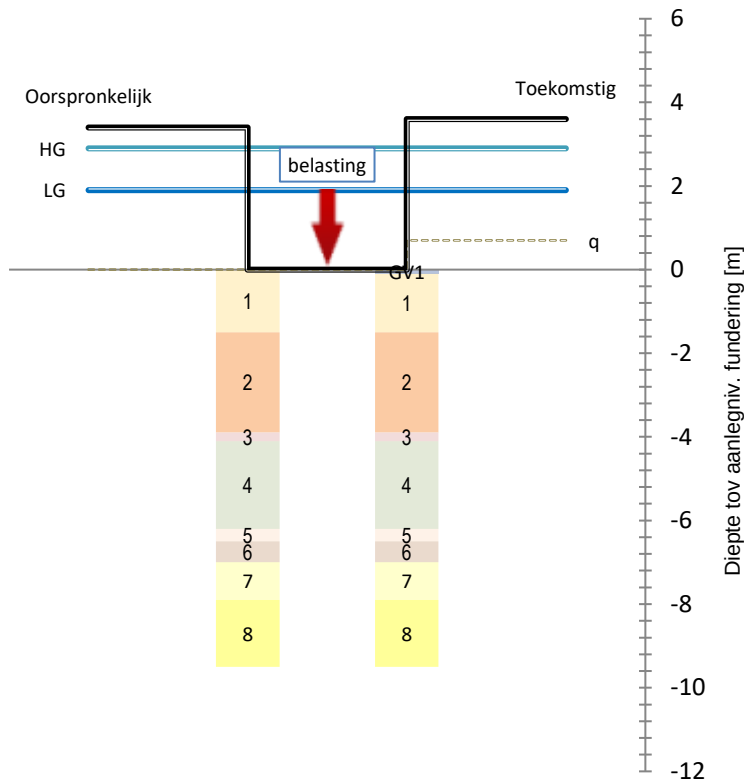
Partiële factoren voor grondparameters γ_M

- Volumiek gewicht	1,1
- Tangent hoek inwendige wrijving	1,15
- Ongedraineerde schuifsterkte	1,35
- Cohesie	1,6

Berekeningsaannamen

Oorspronkelijke maaiveldhoogte [m NAP]	2,90
Toekomstige maaiveldhoogte [m NAP]	3,10
Hoek maaiveld met horizontaal [°]	0,00
Aanlegniveau fundering [m NAP]	-0,50
Hoge grondwaterstand (HG) [m NAP]	2,4
Lage grondwaterstand (LG) [m NAP]	1,4
Pre-overburden pressure (POP) [k/m ²]	2,0
Volumiek gewicht gronddekking dr./ nat [kN/m ³]	17/ 19
maatgevend gestelde gronddekking (q) [m]	0,70
Drempel spanningsverhoging zettingsberekening	20%

Grondontspanning berekend voor ontgraving tot [m] -0,50



figuur 1.1 - Schematisatie van de bodemopbouw

Opmerking t.a.v. grondverbetering

De gunstige invloed van grondverbetering wordt, in afwijking op de rekenregels uit de NEN 9997-1, altijd verdisconteerd in de draagkracht; ook als de diepte < 1,5 x de effectieve funderingsbreedte bedraagt.

tabel 1.2 - karakteristieke waarden van de grondparameters van de oorspronkelijke bodemopbouw

laag	onderzijde [m NAP]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]	c_u [kPa]	CR^* [-]	$C\alpha$ [-]	c_v [m/s ²]
1	-2,0	17,5	19,5	31,0	0,0	0,0	0,009	0	
2	-4,4	17,0	19,0	30,0	0,0	0,0	0,011	0	
3	-4,6	18,0	20,0	22,5	13,0	120,0	0,077	0,0031	1,00E-08
4	-6,7	18,0	20,0	32,0	0,0	0,0	0,005	0	
5	-7,0	18,0	20,0	22,5	13,0	120,0	0,077	0,0031	1,00E-08
6	-7,5	18,0	20,0	32,0	0,0	0,0	0,005	0	
7	-8,4	18,0	20,0	22,5	13,0	120,0	0,077	0,0031	1,00E-08
8	-10,0	18,0	20,0	27,5	0,0	0,0	0,012	0	

tabel 1.3 - karakteristieke waarden van de grondparameters van de te vervangen grond onder de fundering

GV1	-0,6	18,0	20,0	32,0	0,0	0,0	0,005	0	
-----	------	------	------	------	-----	-----	-------	---	--

* RR wordt, indien van toepassing, steeds aangenomen op 1/3 CR

Symbolen en eenheden

γ	volumiek gewicht, natuurlijke grond	kN/m ³	q	gronddekking	m
γ_{sat}	volumiek gewicht, verzadigde grond	kN/m ³	$\sigma'_{max;d}$	rekenwaarde funderingsdruk	kPa
ϕ'	effectieve hoek van inwendige wrijving	°	R_d	rekenwaarde verticale draagkracht	kN
c'	effectieve cohesie	kPa	s_1	primaire zakking	mm
c_u	ongedraineerde schuifsterkte	kPa	s_2	secundaire zakking	mm
CR	compression ratio; $C_c/(1+e_0)$	-	s	totale zakking	mm
$C\alpha$	secundaire samendrukkingsindex	-	$k_{v;d}$	rekenwaarde statische beddingscoëfficiënt	kN/m ³
RR	Recompression ratio (aanname 1/3 CR)	-	e_0	poriëngetal van de grond	-

Berekening draagvermogen van de grond voor een fundering van (meewerkende) stroken

Berekening van de weerstand tegen belasting loodrecht op het oppervlak van de fundering volgens NEN 9997-1 par. 6.5.2.2; analytische methode.
De berekeningen zijn uitgevoerd voor gelaagde grond in gedraineerde en ongedraineerde toestand.
De rekenresultaten zijn, voor verschillende funderingsafmetingen, weergegeven in tabel 2.1 en 2.2

tabel 2.1 - Rekenwaarden maximale funderingsdruk en weerstand tegen belasting

Strookbreedte [m]	Rekenwaarde maximale funderingsdruk in verschillende toestanden** $\sigma'_{\max;d}$ [kPa]				toelaatbare funderingsdruk* $\sigma'_{\max;d}$ [kPa]	rekenwaarde weerstand tegen belasting* R_d [kN/m']
	Ongedrain.	Gedraineerd	Doorponsen	Squeezing		
0,40	n.v.t.	96	503	n.v.t.	96	39
0,50	n.v.t.	101	503	n.v.t.	101	51
0,60	n.v.t.	106	503	n.v.t.	106	64
0,70	n.v.t.	111	504	n.v.t.	111	78
0,80	n.v.t.	117	504	n.v.t.	117	93
0,90	n.v.t.	122	505	n.v.t.	122	109
1,00	n.v.t.	127	506	n.v.t.	127	127
1,10	n.v.t.	132	507	n.v.t.	132	145
1,20	n.v.t.	137	508	n.v.t.	137	164
1,30	n.v.t.	142	510	n.v.t.	142	184
1,40	n.v.t.	146	511	n.v.t.	146	205
1,50	n.v.t.	151	513	n.v.t.	151	226
1,60	n.v.t.	155	515	n.v.t.	155	248
1,70	n.v.t.	159	516	n.v.t.	159	271
1,80	n.v.t.	164	517	n.v.t.	164	295
1,90	n.v.t.	168	518	n.v.t.	168	320
2,00	n.v.t.	172	519	n.v.t.	172	345
2,10	n.v.t.	177	521	n.v.t.	177	371

* Bij permanente gronddekking (q): 0,7 m

** De maatgevende toestand is dik gedrukt

tabel 2.2 - Rekenwaarde maximale funderingsdruk en draagkracht bij aangegeven dikte gronddekking

Strookbreedte [m]	Rekenwaarde maximale funderingsdruk $\sigma'_{\max;d}$ [kPa]				Rekenwaarde weerstand tegen belasting* R_d [kN/m']			
	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7
0,40	64	75	85	96	26	30	34	39
0,50	69	80	90	101	35	40	45	51
0,60	75	85	95	106	45	51	57	64
0,70	80	90	100	111	56	63	70	78
0,80	85	95	105	117	68	76	84	93
0,90	90	100	111	122	81	90	100	109
1,00	95	106	116	127	95	106	116	127
1,10	100	111	121	132	111	122	133	145
1,20	105	116	126	137	127	139	151	164
1,30	110	120	131	142	143	157	170	184
1,40	115	125	135	146	161	175	189	205
1,50	120	130	140	151	179	194	210	226
1,60	124	134	144	155	199	215	231	248
1,70	129	139	149	159	219	236	253	271
1,80	133	143	153	164	239	258	276	295
1,90	137	147	157	168	261	280	299	320
2,00	142	152	162	172	284	304	324	345
2,10	146	156	166	177	307	328	349	371

* q = dikte gronddekking

Berekenig zetting voor een fundering van (meewerkende) stroken

Berekening van de zetting van de grond cf. NEN 9997-1 par. 6.6.2, o.i.v. een gebruiksbelasting (V), die is afgeleid van het maximale draagvermogen of is opgegeven. De beddingscoëfficiënten zijn afgeleid van vermelde primaire zakkings.

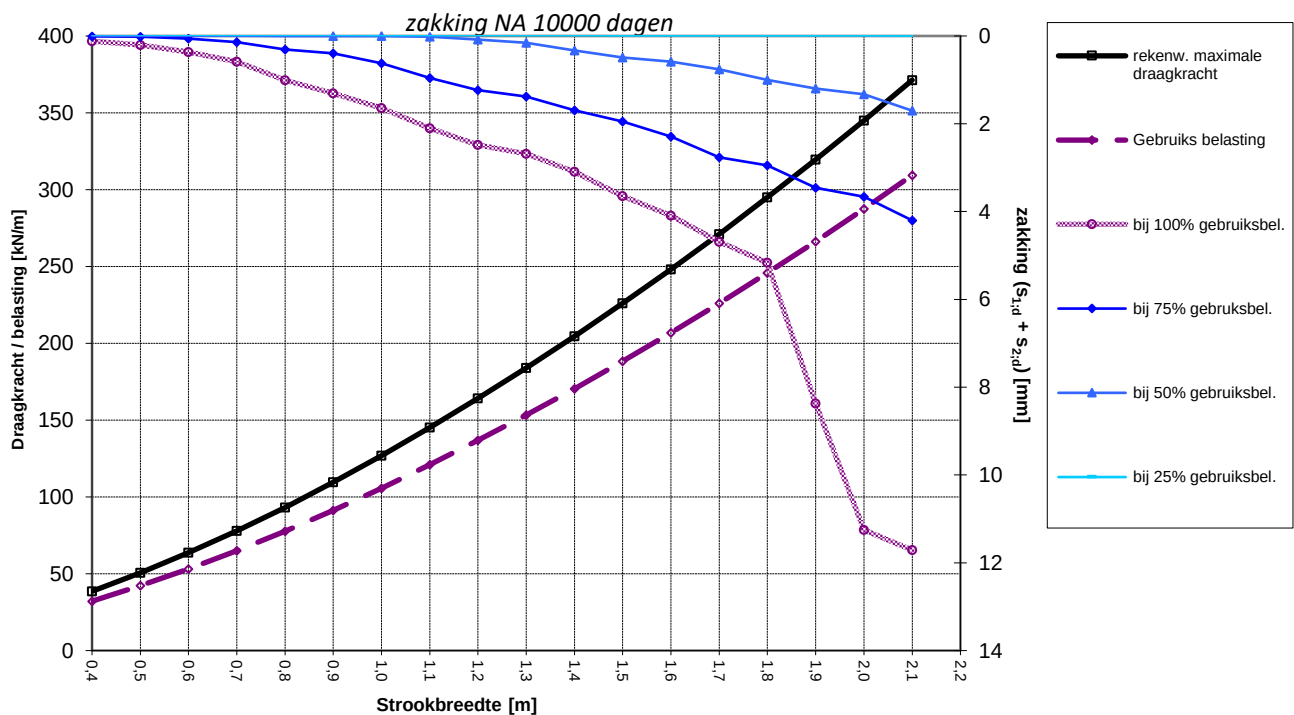
Tabel 3.1 - Rekenwaarden zakking en statische beddingscoëfficiënt (gronddekking 0,7 m), NA 10000 dagen

Strookbreedte	Gebruiks belasting	Primaire zakking	Secundaire zakking*	Totale zakking	Statische beddingscoëfficiënt	Extra zakking tgv ophoging/bovenb.
[m]	V [kN/m']	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v,d}$ [kN/m³]	s_{extra} [mm]
0,40	32	0,1	0,0	0,1	5,3E+05	0,0
0,50	42	0,2	0,0	0,2	3,2E+05	0,0
0,60	53	0,4	0,0	0,4	1,7E+05	0,0
0,70	65	0,6	0,0	0,6	1,2E+05	0,0
0,80	78	1,0	0,0	1,0	7,5E+04	0,0
0,90	91	1,3	0,0	1,3	6,0E+04	0,0
1,00	106	1,6	0,0	1,6	5,1E+04	0,0
1,10	121	2,1	0,0	2,1	4,0E+04	0,0
1,20	137	2,5	0,0	2,5	3,5E+04	0,0
1,30	153	2,7	0,0	2,7	3,4E+04	0,0
1,40	170	3,1	0,0	3,1	3,0E+04	0,0
1,50	188	3,6	0,0	3,6	2,7E+04	0,0
1,60	207	4,1	0,0	4,1	2,4E+04	0,0
1,70	226	4,7	0,0	4,7	2,2E+04	0,0
1,80	246	5,2	0,0	5,2	2,0E+04	0,0
1,90	266	7,1	1,2	8,4	1,5E+04	0,0
2,00	287	8,8	2,5	11,3	1,3E+04	0,0
2,10	309	9,2	2,5	11,7	1,2E+04	0,0

* Berekend cf. NEN 9997-1 (spanningsonafhankelijk), dag 1 - ∞

ONWAAR

Figuur 3 Draagkracht-last-zakkingsgrafiek



Berekening draagvermogen van de grond voor een fundering van (meewerkende) poeren

Berekening van de weerstand tegen belasting loodrecht op het oppervlak van de fundering volgens NEN 9997-1 par. 6.5.2.2; analytische methode.
De berekeningen zijn uitgevoerd voor gelaagde grond in gedraineerde en ongedraineerde toestand.
De rekenresultaten zijn, voor verschillende funderingsafmetingen, weergegeven in tabel 4.1 en 4.2

tabel 4.1 - Rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht

Poerafmeting		Rekenwaarde maximale funderingsdruk in verschillende toestanden**				toelaatbare funderingsdruk*	rekenwaarde weerstand tegen belasting*
B	L	$\sigma'_{\max;d}$ [kPa]				$\sigma'_{\max;d}$ [kPa]	R_d [kN]
[m]	[m]	Ongedrain.	Gedraineerd	Doorponen	Squeezing		
0,40	0,40	n.v.t.	124	707	n.v.t.	124	20
0,50	0,50	n.v.t.	127	705	n.v.t.	127	32
0,60	0,60	n.v.t.	131	703	n.v.t.	131	47
0,70	0,70	n.v.t.	134	701	n.v.t.	134	66
0,80	0,80	n.v.t.	137	700	n.v.t.	137	88
0,90	0,90	n.v.t.	141	699	n.v.t.	141	114
1,00	1,00	n.v.t.	144	698	n.v.t.	144	144
1,10	1,10	n.v.t.	148	697	n.v.t.	148	179
1,20	1,20	n.v.t.	151	697	n.v.t.	151	217
1,30	1,30	n.v.t.	154	697	n.v.t.	154	260
1,40	1,40	n.v.t.	157	696	n.v.t.	157	308
1,50	1,50	n.v.t.	160	696	n.v.t.	160	360
1,60	1,60	n.v.t.	163	697	n.v.t.	163	417
1,70	1,70	n.v.t.	166	697	n.v.t.	166	479
1,80	1,80	n.v.t.	169	695	n.v.t.	169	546
1,90	1,90	n.v.t.	172	694	n.v.t.	172	619
2,00	2,00	n.v.t.	174	694	n.v.t.	174	697
2,10	2,10	n.v.t.	177	694	n.v.t.	177	781

* Bij permanente gronddekking (q): 0,7 m

** De maatgevende toestand is dik gedrukt

tabel 4.2 - Rekenwaarde maximale funderingsdruk en draagkracht bij aangegeven dikte gronddekking

Poerafmeting		Rekenwaarde maximale funderingsdruk				Rekenwaarde weerstand tegen belasting*			
B	L	$\sigma'_{\max;d}$ [kPa]				R_d [kN]			
[m]	[m]	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7
0,40	0,40	77	92	108	124	12	15	17	20
0,50	0,50	80	96	111	127	20	24	28	32
0,60	0,60	84	99	114	131	30	36	41	47
0,70	0,70	87	103	118	134	43	50	58	66
0,80	0,80	91	106	121	137	58	68	78	88
0,90	0,90	95	110	125	141	77	89	101	114
1,00	1,00	98	113	128	144	98	113	128	144
1,10	1,10	102	117	132	148	123	141	159	179
1,20	1,20	105	120	135	151	151	173	194	217
1,30	1,30	108	123	138	154	183	208	233	260
1,40	1,40	111	126	141	157	218	248	277	308
1,50	1,50	115	129	144	160	258	291	324	360
1,60	1,60	118	132	147	163	301	339	377	417
1,70	1,70	121	135	150	166	349	391	434	479
1,80	1,80	124	138	153	169	401	448	496	546
1,90	1,90	127	141	156	172	457	510	563	619
2,00	2,00	130	144	159	174	519	577	635	697
2,10	2,10	133	147	162	177	585	649	713	781

* q = dikte gronddekking

Berekenig zetting voor een fundering van (meewerkende) poeren

Berekening van de zetting van de grond cf. NEN 9997-1 par. 6.6.2, o.i.v. een gebruiksbelasting (V), die is afgeleid van het maximale draagvermogen of is opgegeven. De beddingscoëfficiënten zijn afgeleid van vermelde primaire zakkings.

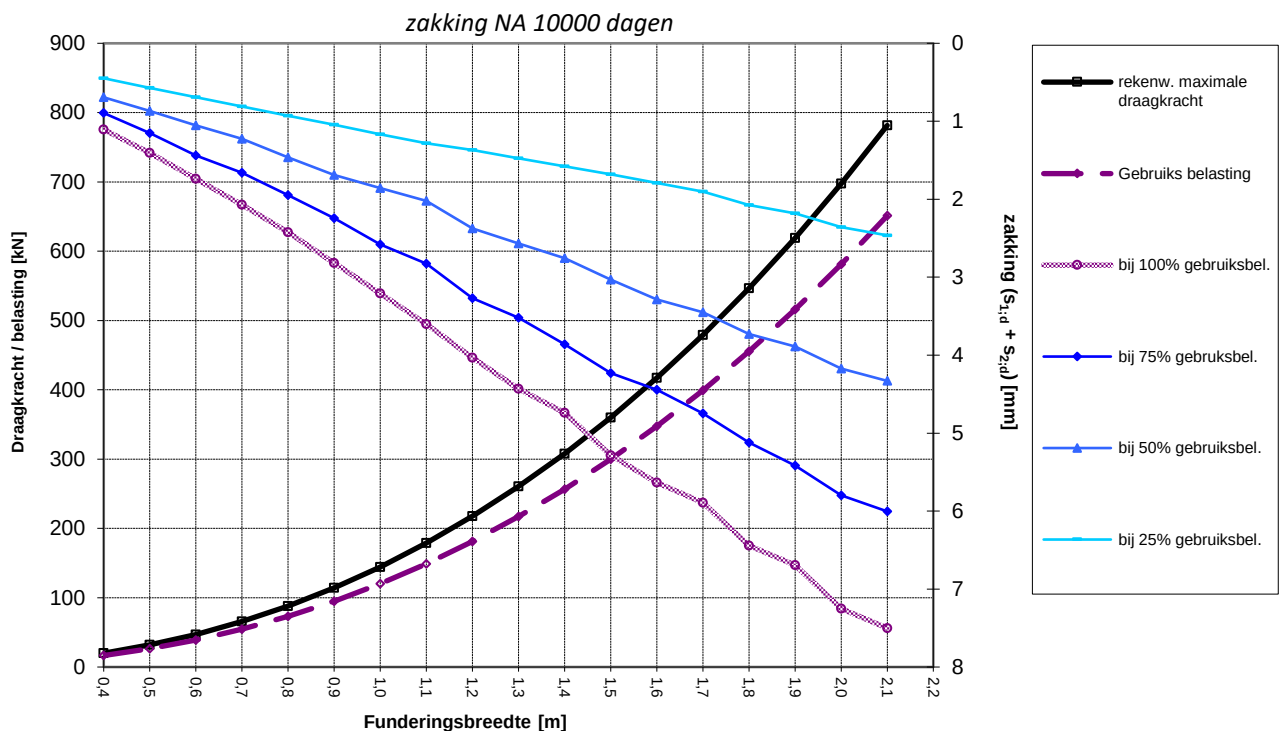
In tabel 5.1 en Figuur 5 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 5.1 - Rekenwaarden zakkings en statische beddingscoëfficiënt (gronddekking 0,7 m), NA 10000 dagen

Poerafmeting		Gebruiks belasting	Primaire zakkings	Secundaire zakkings*	Totale zakkings	Statische beddingscoëfficiënt	Extra zakkings tgv ophoging/bovenb.
B [m]	L [m]	V [kN]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s_d [mm]	$k_{v,d}$ [kN/m ³]	s_{extra} [mm]
0,40	0,40	17	1,1	0,0	1,1	7,2E+04	0,0
0,50	0,50	27	1,4	0,0	1,4	5,8E+04	0,0
0,60	0,60	39	1,7	0,0	1,7	4,9E+04	0,0
0,70	0,70	55	2,1	0,0	2,1	4,1E+04	0,0
0,80	0,80	73	2,4	0,0	2,4	3,7E+04	0,0
0,90	0,90	95	2,8	0,0	2,8	3,2E+04	0,0
1,00	1,00	120	3,2	0,0	3,2	2,9E+04	0,0
1,10	1,10	149	3,6	0,0	3,6	2,6E+04	0,0
1,20	1,20	181	4,0	0,0	4,0	2,4E+04	0,0
1,30	1,30	217	4,4	0,0	4,4	2,2E+04	0,0
1,40	1,40	257	4,7	0,0	4,7	2,1E+04	0,0
1,50	1,50	300	5,3	0,0	5,3	1,9E+04	0,0
1,60	1,60	348	5,6	0,0	5,6	1,9E+04	0,0
1,70	1,70	399	5,9	0,0	5,9	1,8E+04	0,0
1,80	1,80	455	6,4	0,0	6,4	1,7E+04	0,0
1,90	1,90	516	6,7	0,0	6,7	1,6E+04	0,0
2,00	2,00	581	7,3	0,0	7,3	1,5E+04	0,0
2,10	2,10	651	7,5	0,0	7,5	1,5E+04	0,0

* Berekend cf. NEN 9997-1 (spanningsonafhankelijk), dag 1 - ∞

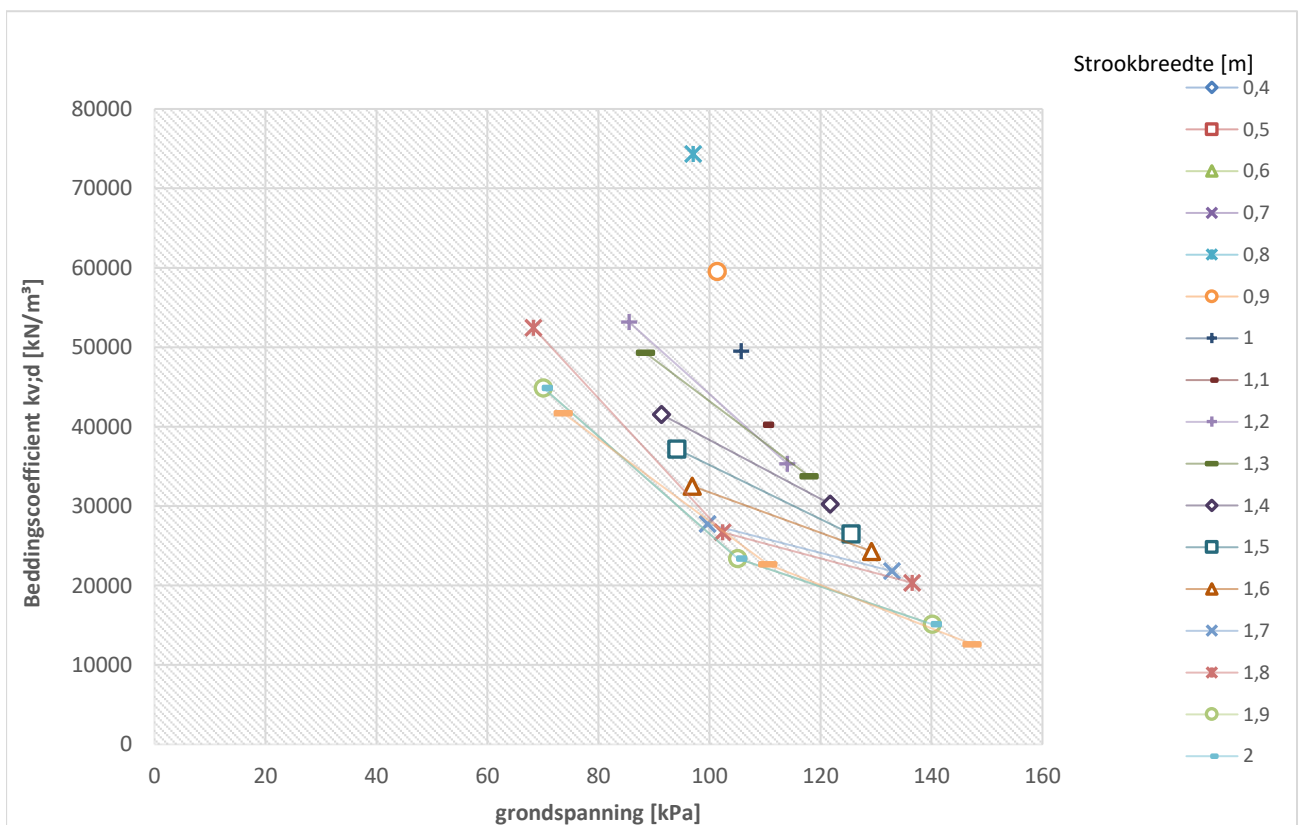
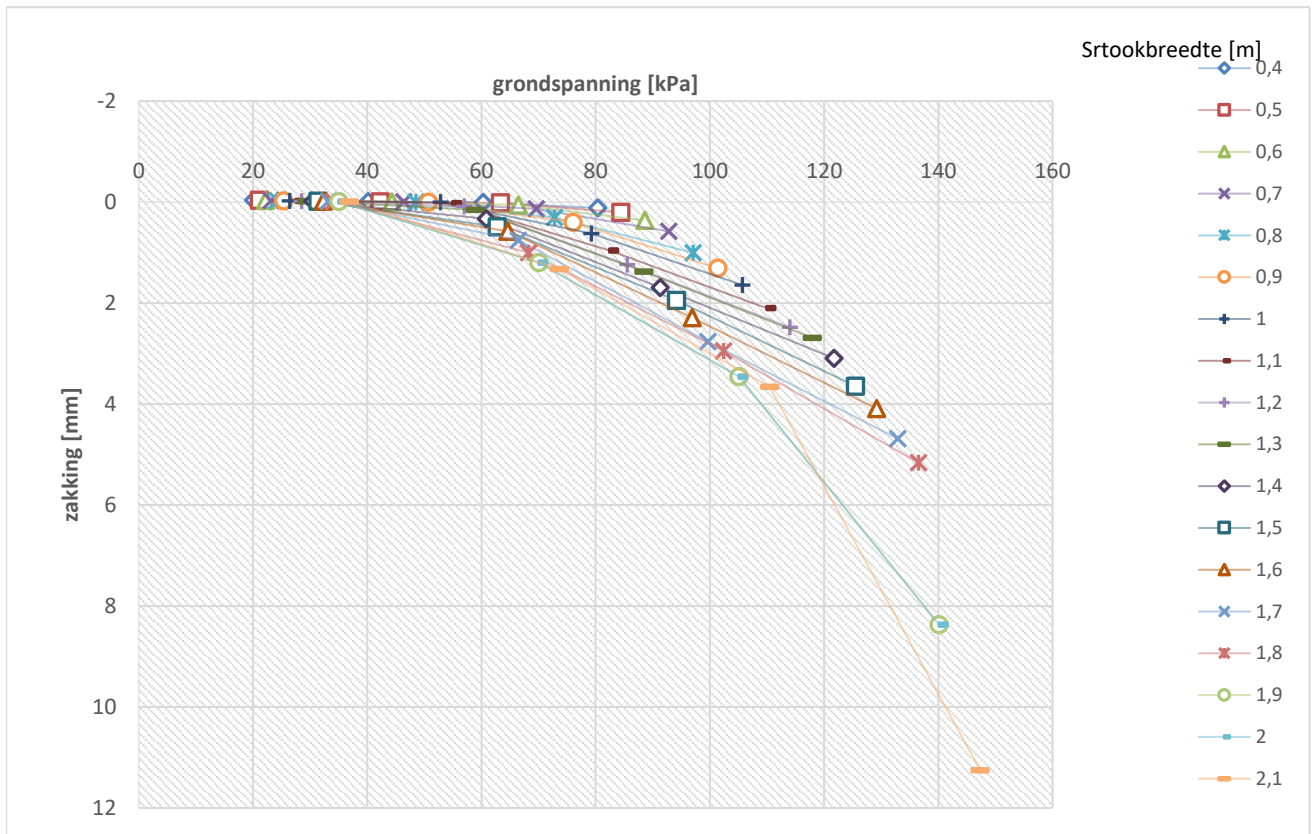
Figuur 5 Draagkracht-last-zakkingsgrafiek



Stroken

Last-zakkingsdiagram

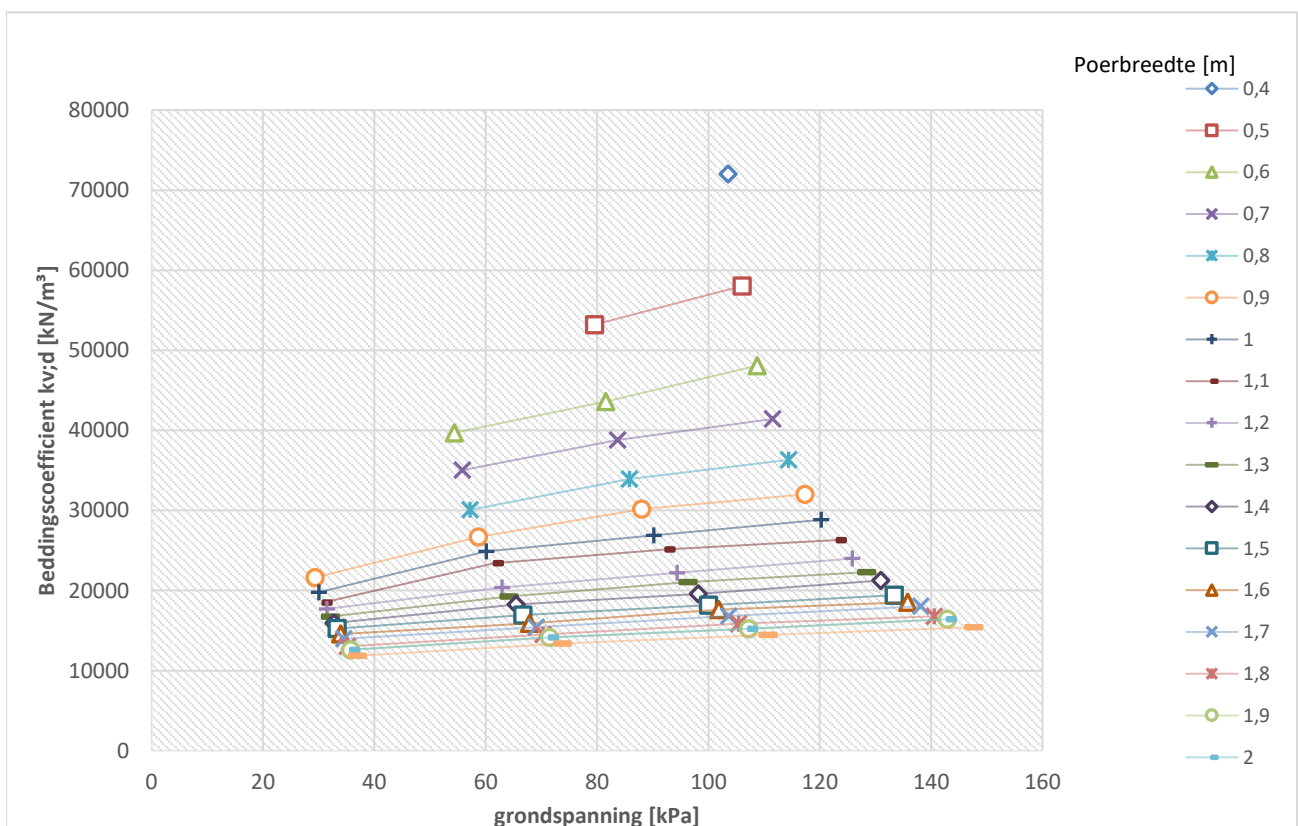
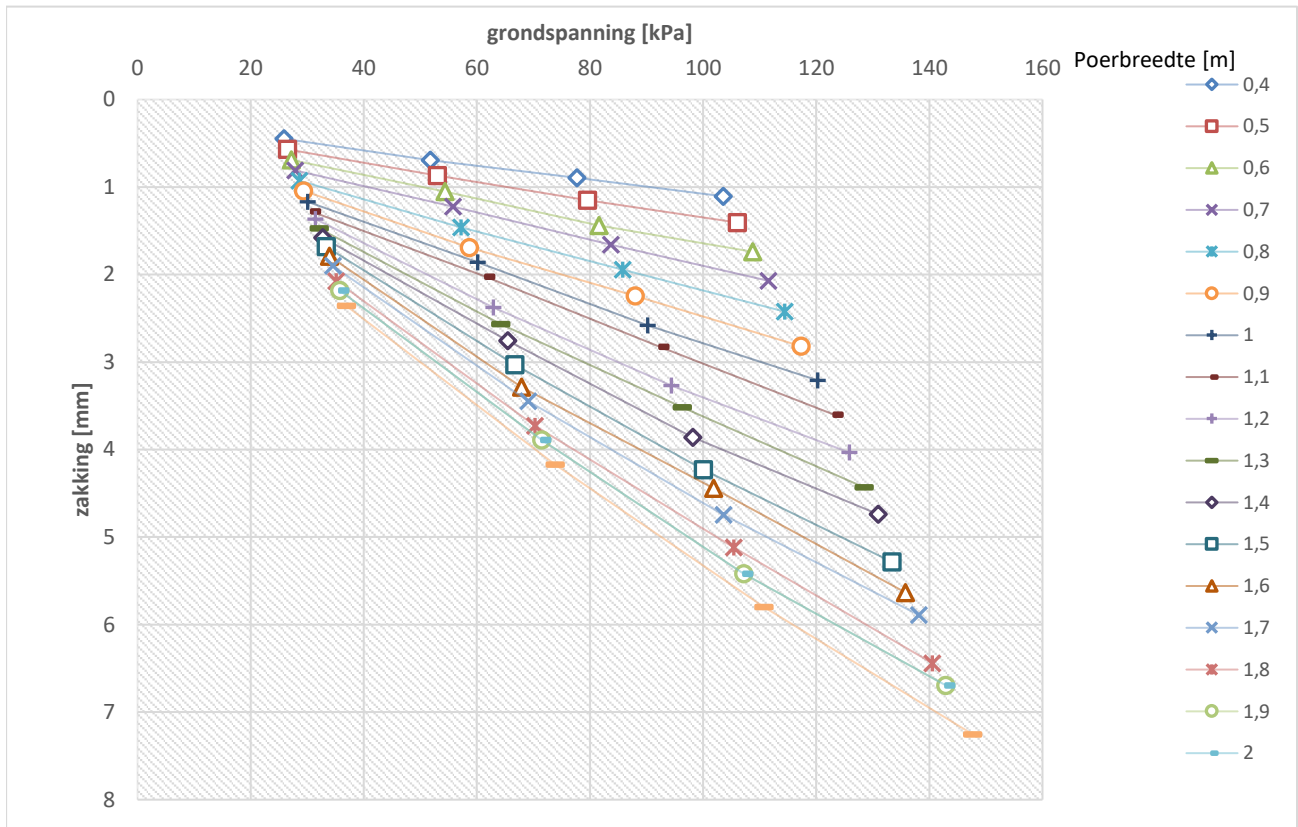
In de onderstaande last - zakkingsgrafiek zijn de zakkings (prim. + sec.) weergegeven bij verschillende gronddrukken en funderingsbreedten.



Poeren

Last-zakkingsdiagram

In de onderstaande last - zakkingsgrafiek zijn de zakkings (prim. + sec.) weergegeven bij verschillende gronddrukken en funderingsbreedten.



Voorbeeldberekening

Berekening maximale draagkracht (gedraineerd)

	stroken	poeren
Funderingsafmetingen rekenvoorbeeld [m]	1,0	1,0 X 1,0
Effectieve funderingsafmeting voor draagkracht [m]	1,0	1,0 X 1,0
Hoek maaiveld met horizontaal [°]	0,0	

Parameters	Berekende waarden	
	Stroken	Poeren
$\Phi_{gem;d}$ [°]	27,71	27,71
$\gamma'_{gem;d}$ [kN/m³]	7,79	7,79
$c'_{gem;d}$ [kPa]	0,00	0,00
N_c [-]	25,24	25,24
s_c [-]	1,00	1,50
i_c [-]	1,00	1,00
λ_c [-]	1,00	1,00
b_c [-]	1,00	1,00
N_q [-]	14,26	14,26
s_q [-]	1,00	1,46
i_q [-]	1,00	1,00
λ_q [-]	1,00	1,00
b_q [-]	1,00	1,00
N_γ [-]	13,93	13,93
s_γ [-]	1,00	0,70
i_γ [-]	1,00	1,00
λ_γ [-]	1,00	1,00
b_γ [-]	1,00	1,00
Invloedsbreedte [m]	3,70	3,70
Invloedsdiepte [m]	1,46	1,46
Rekenwaarde maximale funderingsdruk ($\sigma'_{max;d}$) [kN/m²]	126,83	144,31

Berekening zakkings

	stroken	poeren
Funderingsafmetingen rekenvoorbeeld [m]	1,0	1,0 X 1,0
Beschouwde gronddruk [kN/m²]	106	120
Berkende invloedsdiepte* [m NAP]	0,75	-2,45
Berkenede zetting [mm]	1,6	3,2

Bodemlaag diepte tot [m NAP]	ongedrain.	Percentage zakkings bij voorbeeldberekening			
		Stroken		Poeren	
		primair	secundair	primair	secundair
-2,0	-	37%	0%	85%	0%
-4,4	-	63%	0%	15%	0%
-4,6	ja	0%	0%	0%	0%
-6,7	-	0%	0%	0%	0%
-7,0	ja	0%	0%	0%	0%
-7,5	-	0%	0%	0%	0%
-8,4	ja	0%	0%	0%	0%
-10,0	-	0%	0%	0%	0%

Tijd-zakkingsverloop		
direct optredende zakkings:	100%	100%
tijds-afhankelijke zakkings **:	0%	0% in 0,1 jaar oftewel 19 dagen

*De grondlagen (verdeeld in sublagen van 0,1 m) zijn in beschouwing genomen tot een diepte, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning ($\Delta\sigma'_{v;z}$) in het laagmidden, groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

Spanningsspreiding is hierbij verrekend volgens NEN 9997-1 (methode Boussinesq).

** het betreft hier een grove inschatting van de benodigde tijd voor de primaire zakkings (T100) op basis van geschatte C_v waarden.

Bijlage 2 : Algemene richtlijnen uitvoering en ontwerp

Algemene richtlijnen en aandachtspunten uitvoering en ontwerp

(gebaseerd op onder andere: NEN 6740, NEN 9997, SBR Handboek funderingen)

Algemeen

Bij de uitvoering moet zijn gecontroleerd of aan de onderstaande uitgangspunten van het ontwerp van de fundering is voldaan:

- de grondgesteldheid, de grondwatertoestand en mogelijk andere omgevingsfactoren mogen niet ongunstiger zijn dan is aangenomen ten behoeve van het ontwerp. Hiertoe dient onder meer te worden nagegaan of het grondonderzoek voldoet aan de onderzoeksrichtlijnen uit de NEN 9997-1 (zie ook navolgend);
- de positie, diepte en afmetingen van de fundering moeten overeenstemmen met de ontwerpspecificaties;
- de kwaliteit van de constructieve onderdelen moet voldoen aan de desbetreffende materiaaleisen en de funderingselementen mogen niet zijn beschadigd;
- indien de nieuwe fundering zich binnen het belastingsspreidingsgebied van de bestaande fundering bevindt, moet de noodzaak van extra voorzieningen zijn overwogen.
- de aanleg van een fundering nabij een bestaande fundering moet voorzichtig en volgens de aanwijzingen in het geotechnisch ontwerp rapport zijn uitgevoerd. Hiertoe is informatie noodzakelijk omtrent de constructieve opbouw van deze belendingen, incl. de funderingswijze van de draagconstructie en de begane grondvloeren. Dit geldt in het bijzonder voor ontgravingen dieper dan het aanlegniveau van de fundering van op staal gefundeerde belendingen. Dergelijke ontgravingen verminderen de draagkracht van de bestaande fundering en dienen daarom zoveel mogelijk te worden voorkomen. Daarnaast is de bouwkundige staat, waarin de panden zich bevinden, van belang.

Richtlijnen uitvoering grondonderzoek in de geotechnische categorieën 2 en 3 (cf NEN 9997-1 § 3.2.3)

Algemeen

De afstand tussen de punten en de diepte van onderzoek moeten zijn bepaald op grond van de geologie van het gebied, indien aanwezig de kennis van de grondgesteldheid, de afmetingen van het bouwterrein, de aard van de fundering en van de geotechnische constructie. De onderzoekspunten moeten 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. In geotechnische categorie 3, moeten gedurende het onderzoek ook de aanwezige grondwaterniveaus worden vastgesteld van ieder vrijwaterniveau dat gedurende het onderzoek wordt opgemerkt. Daarnaast kan extra onderzoek worden verlangd of nodig zijn.

Grondwerken en grondkerende constructies

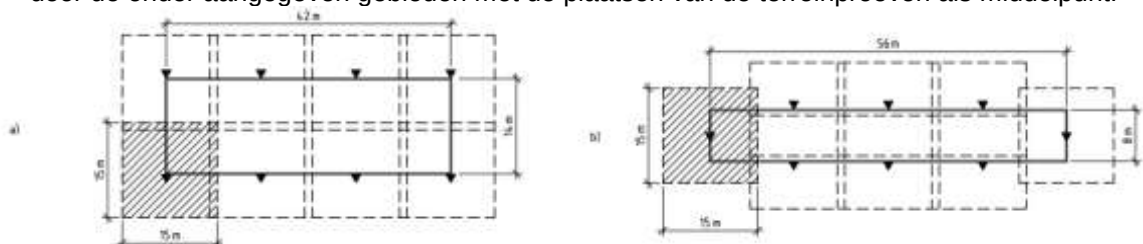
- Indien op basis van de geologische kennis van het gebied wordt verwacht dat afwijkingen in dikte van aanwezige klei-, veen- en leemlagen op het bouwterrein kleiner zijn dan 0,5 m, waardoor geen zakkingsverschillen groter dan 0,10 m over een afstand van 10 m zullen optreden, mag de afstand tussen de punten van onderzoek ten hoogste 100 m zijn. Als zakkingsverschillen van 0,1 m of meer over een afstand van 10 m kunnen leiden tot overstroming van dijken of dammen of tot enig gevaar voor de gebruikers van wegen en spoorwegen, moet de afstand tussen de onderzoekspunten worden verkleind tot ten hoogste 50 m.
- Het geotechnisch onderzoek moet hebben gereikt tot de onderkant van de laag die:
 - zakkingen en/of stabiliteitsverlies veroorzaakt als gevolg van het gewicht van de dam, dijk, aardebaan of kistdam;
 - in het geval van ontgravingen, zorg moet dragen voor de vereiste ondoorlatendheid voor water van de bodem van de bouwput.
- Als bij het grondwerk damwanden worden toegepast, moet het onderzoek in het terrein zijn uitgevoerd tot ten minste de onderkant van de te plaatsen damwanden.
- Als uit het geotechnisch onderzoek voor permanente ontgravingen, bijvoorbeeld voor verdiept aangelegde wegen of spoorwegen blijkt dat de dikte van de waterafsluitende of waterremmende laag meer varieert dan 50 % van de gemiddelde dikte van die laag, mag de afstand tussen de onderzoekspunten niet meer dan 50 m zijn.

Fundering op staal

- Er moeten minstens 2 terreinproeven zijn uitgevoerd en mag de afstand tussen de punten van geotechnisch onderzoek in het terrein ten hoogste 25 m zijn.
- De terreinproeven en boringen met monsterneming moeten ten minste tot een diepte onder het aanlegniveau van de funderingssloof, -poer of -plaat hebben bereikt van driemaal de breedte van het bouwwerk onder het aanlegniveau, waarbij 25 m als maximum mag zijn aangehouden.
- De terreinproeven moeten zijn uitgevoerd op de omtrek van het bouwwerk.

Fundering op palen

- Het geotechnisch onderzoek moet hebben bestaan uit een of meer proefbelastingen of terreinproeven, eventueel gecombineerd met boringen met monsternaming.
- Er moeten ten minste 2 terreinproeven (eventueel gecombineerd met boringen met monsternaming) zijn uitgevoerd die tot een diepte van 5 m onder het paalpuntniveau hebben bereikt. Bovendien moet een van de terreinproeven een diepte hebben bereikt van ten minste $10 \times$ de kleinste dwarsafmeting van de paalvoet onder het paalpuntniveau. Voor bouwwerken hoger dan 70 m moeten de terreinproeven ten minste tot een diepte hebben bereikt van driemaal de breedte van het bouwwerk onder het paalpuntniveau, waarbij 25 m als maximum mag zijn aangehouden.
- Worden terreinzettingen verwacht van meer dan 0,1 m, die het gevolg zijn van recent of vroeger aangebrachte terreinbelastingen in de buurt van het op palen te funderen bouwwerk of door verlaging van de grondwaterstand, dan moet, ten behoeve van de bepaling van de grootte van de representatieve waarde van de maximale negatieve kleeft ($F_{nk;rep}$), één boring met ongeroerde monsters uit de cohesieve samendrukbare grondlagen beschikbaar zijn, waarvan de schuifweerstandseigenschappen zijn/worden bepaald. Deze boring mag achterwege blijven als uit eerder onderzoek in de directe omgeving van het bouwproject betrouwbare gegevens met betrekking tot de schuifweerstandseigenschappen van de cohesieve samendrukbare grondlagen zijn verkregen, of als de samenstelling van de bodem en de grondeigenschappen aan tabel 2.b zijn ontleend.
- Als het geotechnisch onderzoek bestaat uit terreinproeven gelden de volgende voorwaarden:
 - Voor de gemiddelde onderlinge afstand van de onderzoekspunten (a_{gem}), als functie van $R_{c;cal;gem}$ (gemiddelde waarde van de maximumdraagkracht van de paal of palen onder het bouwwerk of deel van het bouwwerk, voor eenzelfde paalpuntniveau) en $\Delta R_{c;cal}$ (is het verschil tussen de hoogste en de laagste waarde van de maximumdraagkracht van de paal of palen onder het bouwwerk of deel van het bouwwerk, voor eenzelfde paalpuntniveau):
 - als $\Delta R_{c;cal} \leq 0,3 \times R_{c;cal;gem}$, dan is $a_{gem} \leq 25$ m en wordt per terreinproef een oppervlakte bestreken van ten hoogste 25 m $\times$ 25 m;
 - als $\Delta R_{c;cal} \leq 0,4 \times R_{c;cal;gem}$, dan is $a_{gem} \leq 20$ m en wordt per terreinproef een oppervlakte bestreken van ten hoogste 20 m $\times$ 20 m;
 - als $\Delta R_{c;cal} \leq 0,5 \times R_{c;cal;gem}$, dan is $a_{gem} \leq 15$ m en wordt per terreinproef een oppervlakte bestreken van ten hoogste 15 m $\times$ 15 m;
 - als $\Delta R_{c;cal} > 0,5 \times R_{c;cal;gem}$, dan is $a_{gem} \leq 15$ m en wordt per terreinproef een oppervlakte bestreken van ten hoogste 15 m $\times$ 15 m. Op basis van de resultaten van de terreinproeven moet worden beoordeeld of en hoe een verantwoord funderingsontwerp kan worden gemaakt voor de beoogde constructie.
- Het oppervlak waarbinnen de funderingselementen zijn geprojecteerd, moet volledig zijn afgedekt door de onder aangegeven gebieden met de plaatsen van de terreinproeven als middelpunt.



- Er moeten terreinproeven zijn uitgevoerd op de omtrek van het bouwwerk waarbinnen funderingselementen zijn geprojecteerd. Bij rechthoekige bouwwerken met zijden met een lengte groter of gelijk aan a_{gem} moet ten minste één terreinproef nabij elke hoek zijn uitgevoerd. Bij rechthoekige bouwwerken waarvan de breedte van het grondoppervlak kleiner is dan $0,6 \times a_{gem}$ mogen de terreinproeven nabij de hoeken zijn vervangen door één terreinproef halverwege elke korte zijde.
- De afstand tussen deze aanvullende terreinproeven hangt, behalve van de praktische mogelijkheden, ook af van de aard en de omvang van het overgangsgebied. Het kan in bepaalde gevallen voor het ontwerp van de paalfundering en de keuze van het paaltype, nodig zijn lokaal het net van terreinproeven te verdichten.

Wat als het grondonderzoek niet voldoet aan deze richtlijnen?

Indien het grondonderzoek niet voldoet aan de voornoemde richtlijnen, geldt dat:

- Een definitief advies slechts kan worden opgesteld nadat het gehele grondonderzoek is afgerond cf. deze onderzoeksrichtlijnen.
- Zo nodig andere onderzoeksmethoden moeten worden overwogen, zoals bv slagsonderingen, boorsonderingen, mechanische boringen.
- Bij de verdere verwerking van de resultaten van het funderingsadvies er rekening mee dient te worden gehouden dat de bodem op de bouwplaats kan afwijken van hetgeen is aangetroffen tijdens onderhavig onderzoek. De resultaten dienen derhalve met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd.

Afstand WKO-boringen tot fundering

Bij de uitvoering van een mechanische boring direct naast een gebouw of constructie (zoals een viaduct, dijklichaam, spoor, weg, riolering, etc.) moet men rekening houden met mogelijke negatieve effecten op (de fundering van) deze bouwwerken of constructies als gevolg van de grondontspanning die de boring veroorzaakt. Deze grondontspanning ontstaat bij het plaatsen van een eventuele mantelbuis en bij het boorproces.

Schade aan gebouwen en constructies kan worden voorkomen, door de boring op veilige afstand hiervan te plaatsen. Conform de uitvoeringseisen uit SIKB Protocol 2101 "Mechanisch boren", versie 4.0 d.d. 1 februari 2018 geldt dat, tenzij anders overeengekomen, een boring op een afstand van minimaal $10 \times$ de boorgatdiameter van een bestaand gebouw of constructie dient te worden geplaatst en $15 \times$ de boorgatdiameter van een bekend c.q. gepland gebouw of constructie.

Grondwater

Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden moet de bodem van de sleuf of de put droog zijn, tenzij speciale maatregelen zijn genomen om uitspoeling van beton of bindmiddelen te voorkomen.

Wanneer de grondwaterstand te hoog is, kan mede afhankelijk van de waterdoorlatendheid van het toegepaste zand, de ondergrond en de gebruikte verdichtingsapparatuur, een "drijfzand"-situatie ontstaan. Een verlaging van de grondwaterstand is doorgaans middels een van de volgende drie bemalingsmethoden te realiseren:

- horizontale drains in en rond de bouwput
- korte (vacuüm)filters rondom de bouwput, h.o.h. 2 m geplaatst, met zuigleiding aan een zuigperspomp verbonden
- plaatsing van enige grote en diepe deepwell-pompputten met een flinke reikwijdte met betrekking tot de verlaging van de grondwaterstand.

Van geval tot geval dient dit apart te worden bekeken of een bemalingsadvies is vereist. De noodzaak hiertoe kan onder meer afhankelijk zijn van de ligging van de bouwplaats (binnen of buiten beschermd gebied), het verwachte onttrekkingsdebiet/waterbezwaar (aanvraag vergunningen bij overschrijding vergunningsgrens) en invloed naar de omgeving (aanwezigheid van monumentale panden, of bomen). Ons bureau kan hieromtrent nader adviseren en desgewenst en indien van toepassing de (MER-) vergunnings- of meldingsprocedure verzorgen.

Bijlage 3 : Algemene eisen grondverbetering en verdichting

Eisen aan en controle tijdens de uitvoering grondverbetering

(gebaseerd op onder andere: NEN 6740, NEN 9997, SBR Handboek funderingen)

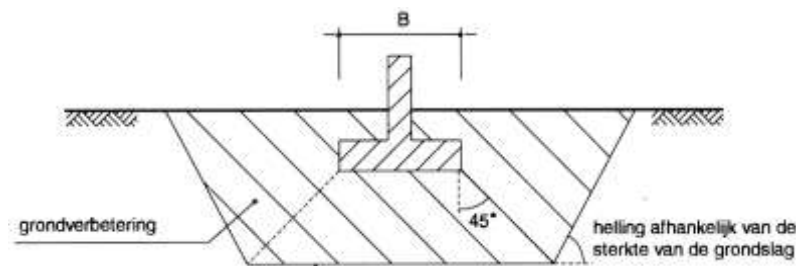
Algemeen

Voor de berekeningen wordt ervan uitgegaan dat de uitvoering van de grondverbetering en/of controle van de verdichting voldoet aan de eisen zoals gesteld in de vigerende norm NEN 9997-1 en de navolgende richtlijnen.

Uitvoering ontgraving

Indien het geadviseerde ontgravingsniveau lager ligt dan het aanlegniveau van de fundering moet een grondverbetering worden toegepast tot de onderkant van de fundering, en in het geval dat de vloeren op staal worden gefundeerd tot onderkant vloer.

In beginsel dient te worden ontgraven tot de in het rapport vermelde niveaus. De bodem van de ontgraving moet een zodanige breedte hebben, dat deze buiten het spannings-spreidingsgebied van de fundering ligt. Tenzij in het rapport anders is vermeld moet de grondverbetering tenminste worden aangebracht binnen een gebied waarin de belasting onder 45° spreidt (zie ook navolgende figuur).



Voor elk bouwdeel moet het graafwerk worden begonnen bij de sondering, waar het diepste ontgravingsniveau is geadviseerd. Op deze wijze kunnen in het werk aan de hand van de aangetroffen grondlagen de overgangen naar minder diepe ontgravingsniveaus worden vastgesteld. Deze overgangen moeten geleidelijk of trapsgewijs worden uitgevoerd in samenhang met de laagdikten van de grondverbetering.

Nadat de geadviseerde ontgravingsniveaus zijn bereikt, moet bij een staalfundering met een handsondeerapparaat worden gecontroleerd of zich direct onder dit niveau nog samendrukbare laagjes bevinden die niet bij de sondering zijn aangetroffen. Deze controle moet vooral tussen de sonderingen (en boringen) intensief worden uitgevoerd. Worden dergelijke laagjes aangetroffen dan dienen deze laagjes, tenzij anders in het rapport is aangegeven, verder te worden verwijderd en vervangen door een grondverbetering.

Het ontgravingsvlak moet worden verdicht wanneer dat tijdens de graafwerkzaamheden is verstoord. Dit is alleen mogelijk wanneer zich onder het ontgravingsniveau niet cohesieve grond bevindt. Indien direct op vaste klei- (bijvoorbeeld op potklei); leem- of löss- afzettingen wordt aangelegd en geen grondverbetering is geadviseerd dient de laatste 0,1 m voorzichtig te worden afgeschaafd, zodat de klei; leem of löss beneden het ontgravingsniveau niet wordt geroerd. Om verweking van de grondslag door neerslag te voorkomen moet zo snel mogelijk na ontgraven op de bodem van de ontgraving een bescherm laag (bijvoorbeeld zand) van ten minste 0,1 m worden aangebracht. Cohesief materiaal zoals klei; leem en löss kan namelijk niet of nauwelijks worden verdicht.

Uitvoering grondverbetering

Grondverdichting beoogt het bereiken van een zo groot mogelijke pakkingsdichtheid van de (zand)korrels. Dit kan worden bereikt door het uitoefenen van grote klappen (aanstampen, explosieverdichters of zeer grote valgewichten bij grote terreinen). Tegenwoordig worden echter hoofdzakelijk trilapparaten gebruikt.

De te gebruiken trilapparatuur dient te worden afgestemd op het beoogde verdichtingsbereik. De onderstaande tabel geeft inzicht in het dieptebereik van in te zetten trilapparatuur.

Massa trilplaat [kg]	Slagkracht [kN]	Verdichtingsbereik [m]
200 à 250	15	0,25-0,35
300 à 400	30	0,35-0,55
450 à 550	45	0,55-0,75
600 à 750	60	0,75-1,00

Een aanvulling met zand moet laagsgewijs zijn verdicht. Bij een breedte van de aanvulling van ten hoogste 0,5 m mag de laagdikte bij het verdichten niet groter dan of gelijk aan 0,1 m zijn geweest. Bij een breedte groter dan of gelijk aan 1 m mag de laagdikte ten hoogste 0,3 m zijn. Bij tussen gelegen waarden van de aanvullingsbreedte mag de laagdikte door interpolatie tussen de hiervoor genoemde waarden zijn bepaald.

Het verdichtingsbereik is daarbij ook sterk afhankelijk van het aantal walsovergangen. Naarmate de trillende passage herhaald wordt, neemt de dieptewerking en de verdichtingsgraad nog iets toe. In het algemeen worden er ten minste 3 kruislings gerichte overgangen gevraagd. In de praktijk wordt er vaak van 5 passages uitgegaan.

Wanneer zware trilapparatuur wordt gebruikt, moet op het funderingsniveau nagetrild worden met een lichte trilplaat omdat een zware trilplaat of trilwals de bovenste ca. 15 cm niet verdicht maar juist losschudt.

Voor de uitvoering dienen de volgende richtlijnen te worden gevolgd:

- Het grondwaterniveau moet zo nodig worden verlaagd, zodanig dat de grondwaterstand zich beneden de invloedssfeer van de verdichtingsapparatuur bevindt. NEN6740 en NEN 9997-1 stellen dat in GC2 de grondwaterstand zich minimaal 0,3 m onder het oppervlak bevinden, waarop de verdichtingmachine werkt. In de praktijk wordt vaak een diepte van 0,5 m gehanteerd.
- Bij voorkeur zal een grondverbetering tot een iets hoger peil (ca. 0,1 m) moeten worden uitgevoerd dan het aanlegniveau van de fundering, waarna de overhoogte voorzichtig weer wordt verwijderd.
- De aanvullingen van de bouwput rondom kelders en/of verdiepte funderingen moeten als grondverbetering worden uitgevoerd indien deze aanvulling binnen de invloedssfeer van een hoger gelegen bestaande of aan te brengen fundering ligt.

N.B. Transportmiddelen zoals bulldozers, loaders en scrapers geven slechts een verdichting tot een zeer geringe diepte, waarbij zeer veel overgangen noodzakelijk zijn voor het bereiken van een voldoende verdichting. Het is niet toegestaan een grondverbetering uit te voeren, waarbij aanplempen of inwateren van zand wordt toegepast.

Kwaliteitseisen zand grondverbetering

Het uitvoeren van een grondverbetering geschiedt vrijwel uitsluitend met zand. Dit kan van elders zijn aangevoerd of ook wel zijn vrijgekomen bij het ontgraven van de bouwput zelf (de goede grondlagen). In het verleden werden er veel eisen aan het materiaal gesteld teneinde een hoge draagkracht te kunnen verzekeren. Tegenwoordig is er in het kader van de prestatieconcepten of een resultaatsverplichting, in dit geval een vereiste conusweerstand, veel meer vrijheid voor de aannemer om zelf vast te stellen welk zand hij gebruikt. Zo kan er soms met langduriger trillen en/of zwaardere apparatuur ook met minder geschikt zand toch een goed draagkrachtige grondslag worden gecreëerd. Indien als aanvulmateriaal zand wordt gebruikt, dan moet dit conform NEN 6740 aan de volgende eigenschappen voldoen:

- de korrelfractie kleiner dan 0,016 mm dient lager te zijn dan 5 gewichtsprocenten.
- de korrelfractie kleiner dan 0,063 mm dient lager te zijn dan 10 gewichtsprocenten.

Daarnaast gelden de volgende praktische criteria:

- Het zand dient bij voorkeur een goede gradering te hebben; dat wil zeggen dat alle fracties zoveel mogelijk vertegenwoordigd zijn (zeefkromme met een niet te steil verloop). De gelijkmatigheidscoëfficiënt D_{60}/D_{10} moet tenminste 2 zijn. D_{60} = zeefopening met een doorval van 60 gewichtsprocenten. D_{10} - zeefopening met een doorval van 10 gewichtsprocenten;
- het humusgehalte (gloeiverlies) mag ten hoogste 3 gewichtsprocenten bedragen;

- de korrelvorm dient bij voorkeur enigszins hoekig te zijn. Brekerzand is bijvoorbeeld erg stabiel, maar stuifzand rolt gemakkelijk.
- de Proctorcurve van het zand (relatie vochtgehalte en verdichtbaarheid) rond de maximale dichtheid dient bij voorkeur een flauw verloop te hebben. Het vochtgehalte fungeert bij de verdichting enerzijds als smeermiddel en anderzijds door de capillairspanningen als lijm. Te veel vocht geeft echter verweking en werkt dus averechts. Over het algemeen wordt een goede verdichting verkregen bij een vochtpercentage van ongeveer 6 á 12%. Indien het materiaal óf te nat óf te droog is wordt zelden de vereiste verdichting verkregen.

Hierbij wordt het volgende opgemerkt:

- Indien zand wordt toegepast dat niet geheel aan voorgenoemde eisen voldoet dan kan, ten koste van meer verdichtingsenergie en/of mogelijke vertraging bij ongunstige weersomstandigheden, soms toch nog het gewenste resultaat worden bereikt.
- In plaats van zand kunnen ook andere korrelige materialen worden toegepast zoals stolgrind, puingranulaat en dergelijke. Hierbij geldt eveneens dat de gelijkmatigheidscoëfficiënt $D_{60}/D_{10} > 3$ moet zijn.

Controle verdichting

De kwaliteit van de aangebrachte grondverbeteringen kan als volgt wordt gecontroleerd:

- verkenning met het visiteerijzer; hiermee kan meteen na het aanbrengen van een laag een indruk worden verkregen van de bovenste verdichting van deze laag.
- mechanische (lichte)slagsonderingen; hierbij kan het volledige aangebrachte pakket achteraf worden gecontroleerd.
- sonderingen; middels handsonderingen kan een pakket van beperkte dikte (in beginsel 50 cm) worden gecontroleerd. In combinatie met voorboren is deze diepe enigszins te vergroten. Indien de aangebrachte grondverbetering berijdbaar is voor een sondeertruck kan op deze wijze het volledige aangebrachte pakket achteraf worden gecontroleerd.
- in-situ-dichtheidsbepalingen; met volumesteeeringen worden monsters genomen waarvan de dichtheid wordt bepaald. Ook nucleaire dichtheidsmetingen kunnen worden gebruikt.
- plaatdruk- en CBR-proeven; middels deze methoden kunnen de stijfheidseigenschappen op aanlegniveau van de fundering worden gecontroleerd. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de beperkte indringingsdiepte van de proeven.

Voor kwaliteitsbeoordeling van de aangebrachte grondverbeteringen worden in het algemeen de volgende kwalitatieve maatstaven gehanteerd:

- De indringing van een visiteerijzer met een doorsnede van 8 mm mag niet meer dan 10 à 15 cm bedragen.
- Bij controle met een (hand)sondeerapparaat moet, bij constructies ingedeeld in GC2, de conusweerstand toenemen met de diepte. Op 0,2 m diepte geldt $q_c \geq 3$ MPa, op 0,5 m onder de onderkant van de fundering moet $q_c \geq 5$ MPa zijn (eis NEN 6740).
Bij hoge funderingsdrukken en vervormingsgevoeligheid van het bouwwerk dienen hogere waarden te worden aangehouden. Voor constructies in GC1 geldt dat $q_c \geq 2$ MPa op 0,3 m diepte volstaat.
- De beoordeling van de gemeten dichtheid moet worden gerelateerd aan de uit de proctor-proeven verkregen maximale dichtheid. De gemeten dichtheid dient minimaal 95 à 98 % van de standaard (maximale) proctor-dichtheid te bedragen.

N.B. De bemaling mag pas worden beëindigd na afloop van de funderingswerkzaamheden, of als is aangetoond dat het opkomen van het water in de sleuf niet meer leidt tot een kwaliteitsachteruitgang van de al uitgevoerde werken.

Bijzondere aspecten

In afwijking op grondverbetering met zand, zoals hiervoor beschreven, bestaan alternatieven.

Voorbeelden hiervan (niet noodzakelijkerwijs toepasbaar in onderhavige situatie) zijn ondermeer:

- Verdichten van de grondslag tot op grote diepte door middel van ingebrachte verticale vibratoren c.q. trilnaalden. Deze techniek wordt veelal aangeduid met 'Rütteln' of 'Vibroflotation'.

- Verbetering van de ondergrond door middel van kolommen van grind-, steenslag of gebroken betongranulaat. De kolommen worden vervaardigd met behulp van een trilnaald die op diepte wordt gespoten. De trilnaald wordt getrokken en het ontstane gat wordt gevuld met grind, steenslag of gebroken puin. Vervolgens wordt de trilnaald weer op diepte gebracht en kunnen de hierboven omschreven handelingen worden herhaald totdat de gewenste kolomdiameter is gerealiseerd.
- Versteving van een bestaande grondslag. Grond kan in situ met cement gemengd worden om op die manier de draagkracht aan het oppervlak sterk te vergroten. In het buitenland is relatief veel ervaring opgedaan met de versteving van kleigronden door ze met kalk te vermengen. Gebeurt dit met een avegaar in een patroon zoals dit met verticale zanddrains ook wel geschiedt, dan wordt er van kalkpalen gesproken.
- Grondvervanging door met cement gestabiliseerd zand. Onder verhardingen, naast kelders enzovoort ter reductie van de zijdelingse gronddruk.
- Grondvervanging door lichtgewicht korrels (bijvoorbeeld argex of lytag) ten behoeve van isolatie en/of gewichtsreductie. Deze techniek wordt in oude binnensteden toegepast om de zware zandlagen naast gebouwen te vervangen door stroken met licht aanvulmateriaal. Hierdoor kan de negatieve kleefbelasting op de funderingspalen aanzienlijk gereduceerd worden om zo verdere zettingsverschillen te vermijden.
- Grondvervanging door schuimbeton of polystyreen in gebieden met een samendrukbare ondergrond om een zogeheten 'evenwichtsconstructie' te bereiken. Deze techniek wordt vooral bij lichte woningbouw en bedrijfsvloeren toegepast.



Geotechnisch bodemonderzoek

- Sonderen in Nederland, België en Frankrijk, 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
- Geotechnische monitoring
- Waterdoorlatendheidsmetingen
- Palen akoestisch doormeten
- Onderzoek niet gesprongen explosieven (NGE)
- dGPS-metingen

Milieukunde

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

Advies

- Funderingsadvies bebouwing, leidingen, constructies
- Geohydrologische modellering (bemaling, drainage, wateroverlast, barrièrewerking, etc.)
- Bemalingsadvies, bemalingsplan, monitoringsplan, vergunningsaanvraag, MER aanmeldnotitie
- Bouwputadvies, damwandberekeningen en -advies
- Zettings- en ophoogadvies
- Zettingsrisico's bemaling t.b.v. CAR-verzekering
- Stabiliteitsberekeningen taluds
- Infiltratiegeschiktheidsadvies, watertoetsadvies
- Analyse waterstanden, doorlatendheid, wateroverlast.
- GIS-toepassingen en geostatistiek
- Algemene expertise, controle grondverbetering

Laboratorium

- Classificatieproeven
- Foto's monsters en boringen
- Atterbergse grenzen (fallcone en Casagrande)
- Doorlatendheidsmetingen
- Samendrukkingsproeven, CRS
- Korrelverdeling, -vorm en afleiding k-waarden
- Triaxiaalproeven
- Directe afschuifproef (DS), Direct Simple Shear (DSS)
- Diverse RAW-proeven (o.a. 2, 9, 10, 11, 13, 14, 28, 35)
- Opstellen analyseplan/-strategie

Rapport: RESULTATEN GRONDONDERZOEK
Nieuwbouw 2 woningen, Pampas (ong)
Vlijmen

Opdrachtgever: Bouwbedrijf van Laarhoven B.V.
Zessprong 18
5684NV BEST

Projectnummer: 2301563

Versie: 1

Rapportdatum: 28 juni 2023

Contactpersoon: Henrie Vereijken

Dataverwerking: Bedrijfsbureau

Controle: Kayleigh Swinkels



Inhoudsopgave

1	Projectbeschrijving	1
1.1	Inleiding	1
2	Veldonderzoek.....	2
2.1	Onderzoeksopzet	2
2.2	Sonderingen	2
2.3	Boringen	2
2.4	Hoogtemeting	2

Bijlagen

Bijlage 1: Resultaten grondonderzoek

1 Projectbeschrijving

1.1 Inleiding

In opdracht van Bouwbedrijf van Laarhoven B.V. is door Lankelma Geotechniek Zuid B.V. een grondonderzoek uitgevoerd voor het project “nieuwbouw 2 woningen, Pampas (ong) te Vlijmen”.

In onderhavig rapport worden de resultaten van het grondonderzoek weergegeven.

2 Veldonderzoek

2.1 Onderzoeksopzet

Het grondonderzoek heeft plaatsgevonden op 23 juni 2023.

De onderzoeksopzet is bepaald door of namens de opdrachtgever.

De onderzoekspunten zijn door ons bureau in het terrein uitgezet en ingemeten.

2.2 Sonderingen

Voor dit project zijn door ons bureau 4 sonderingen gemaakt. Het betreft sondeernummers: D1 t/m D4. De sonderingen zijn uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1, met een sondeerunit met een elektrische kleefmantelconus klasse 2.

In Bijlage 1 zijn de sondeergegevens in grafiekvorm weergegeven, evenals een situatieschets met de locaties van de sondeerpunten. Stopcriterium en eventuele opmerkingen ten aanzien van de uitvoering zijn per sondering weergegeven in de waterpasstaat (Bijlage 1).

2.3 Boringen

Om inzicht te krijgen in de grondsamenstelling en de actuele grondwaterstand zijn 3 handboringen verricht. Het betreft boringen B1 t/m B3. Boring B1 is afgewerkt tot peilbuis.

De boorstaten en de eventueel gemeten grondwaterstanden zijn weergegeven in Bijlage 1. De situering van de boringen is weergegeven op de situatietekening.

2.4 Hoogtemeting

De hoogte van de onderzoekspunten is ingemeten ten opzichte van NAP.

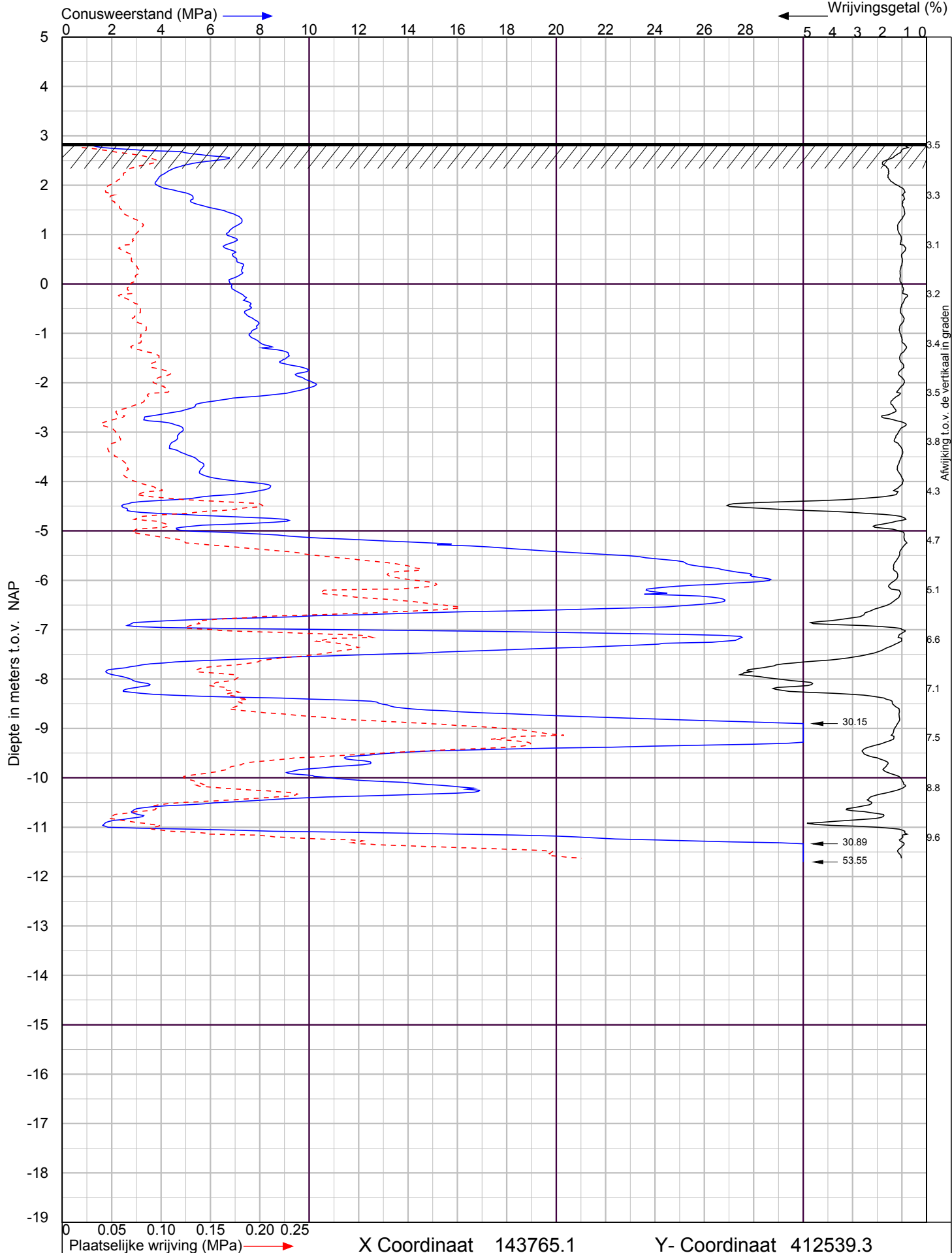
Voor de hoogteligging van de verschillende meetpunten wordt verwezen naar de waterpasstaat in Bijlage 1.

Bijlage 1 : Resultaten grondonderzoek



Projectnummer: 2301563		Project: Nieuwbouw 2 woningen, Pampas (ong) te Vlijmen	
Datum: 26 juni 2023		0 m 5 m 25 m Schaal 1:500	
Situatietekening	Formaat: A3		
Getekend: JUY	Maten in meters		





Pampas te Vlijmen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



Putstraat 9a 5091 TH Middelbeers
Postbus 38 5688 ZG Oirschot
tel. : 0499-578520
info@lankelma-zuid.nl
www.silt.nl

Datum : 23-6-2023

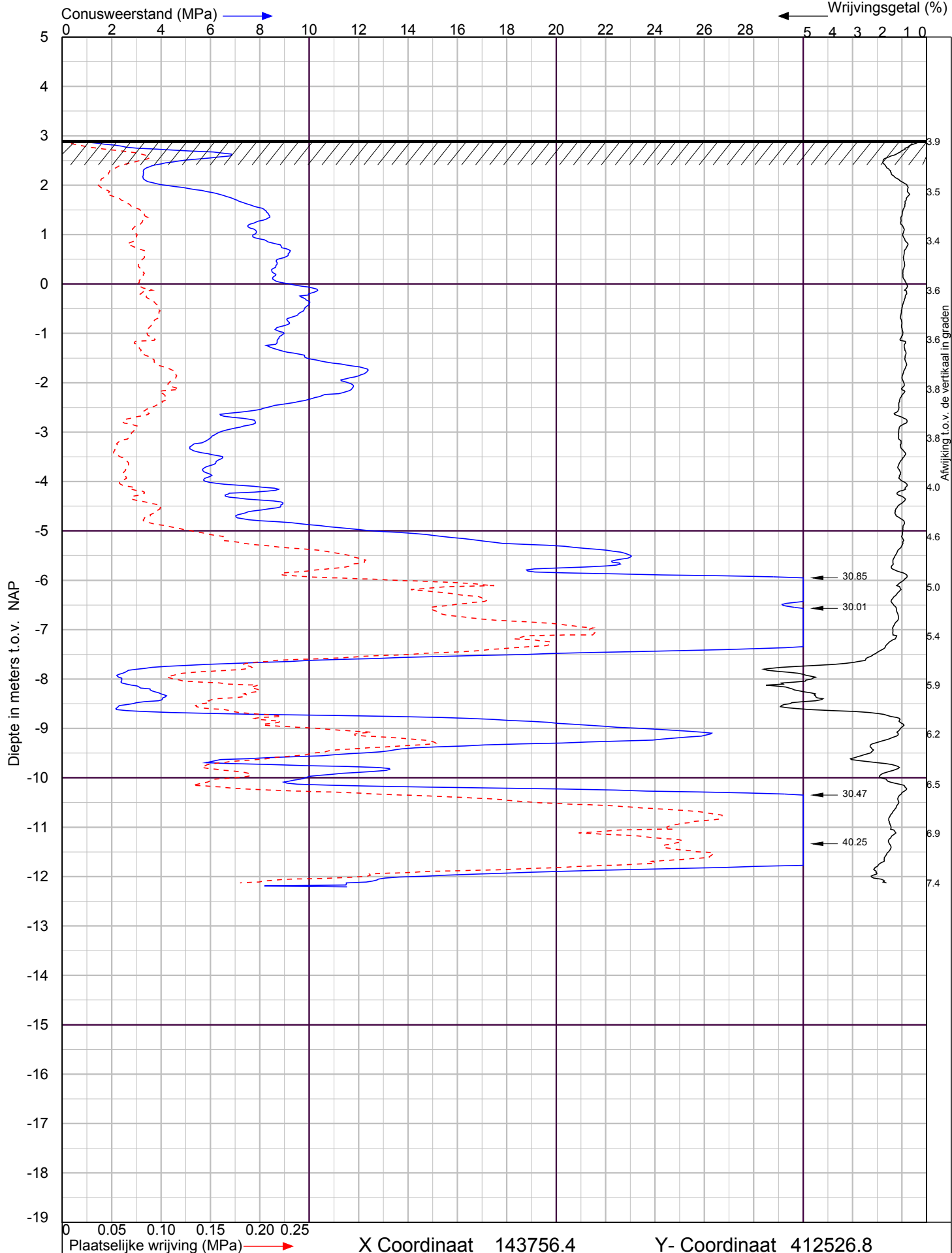
Conusnr. : 071221

MV. is 2.84 m t.o.v. NAP

Project nummer : **2301563**

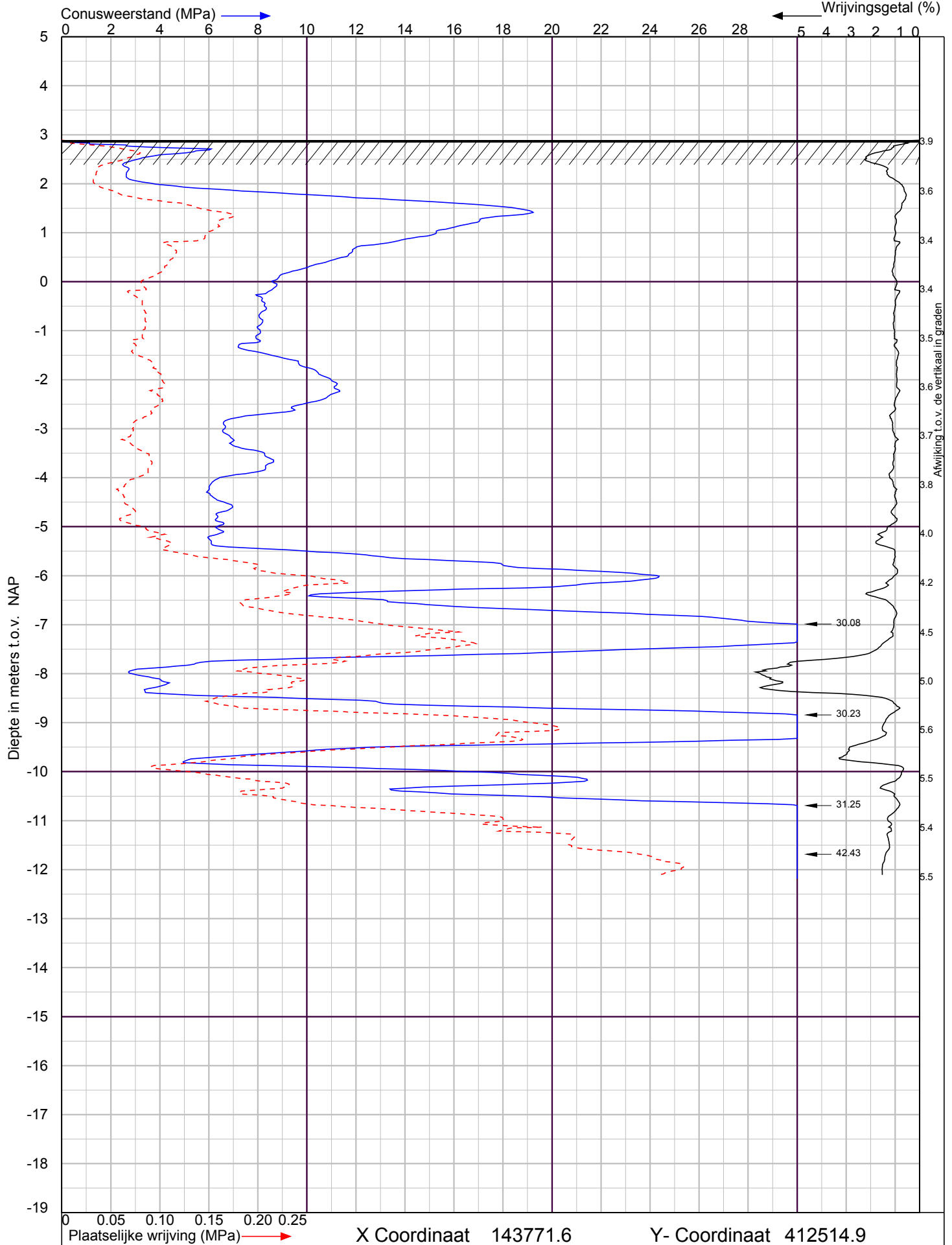
Sondering : **1**





Pampas te Vlijmen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



Pampas te Vlijmen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



Putstraat 9a 5091 TH Middelbeers
Postbus 38 5688 ZG Oirschot
tel. : 0499-578520
info@lankelma-zuid.nl
www.silt.nl

Datum : 23-6-2023

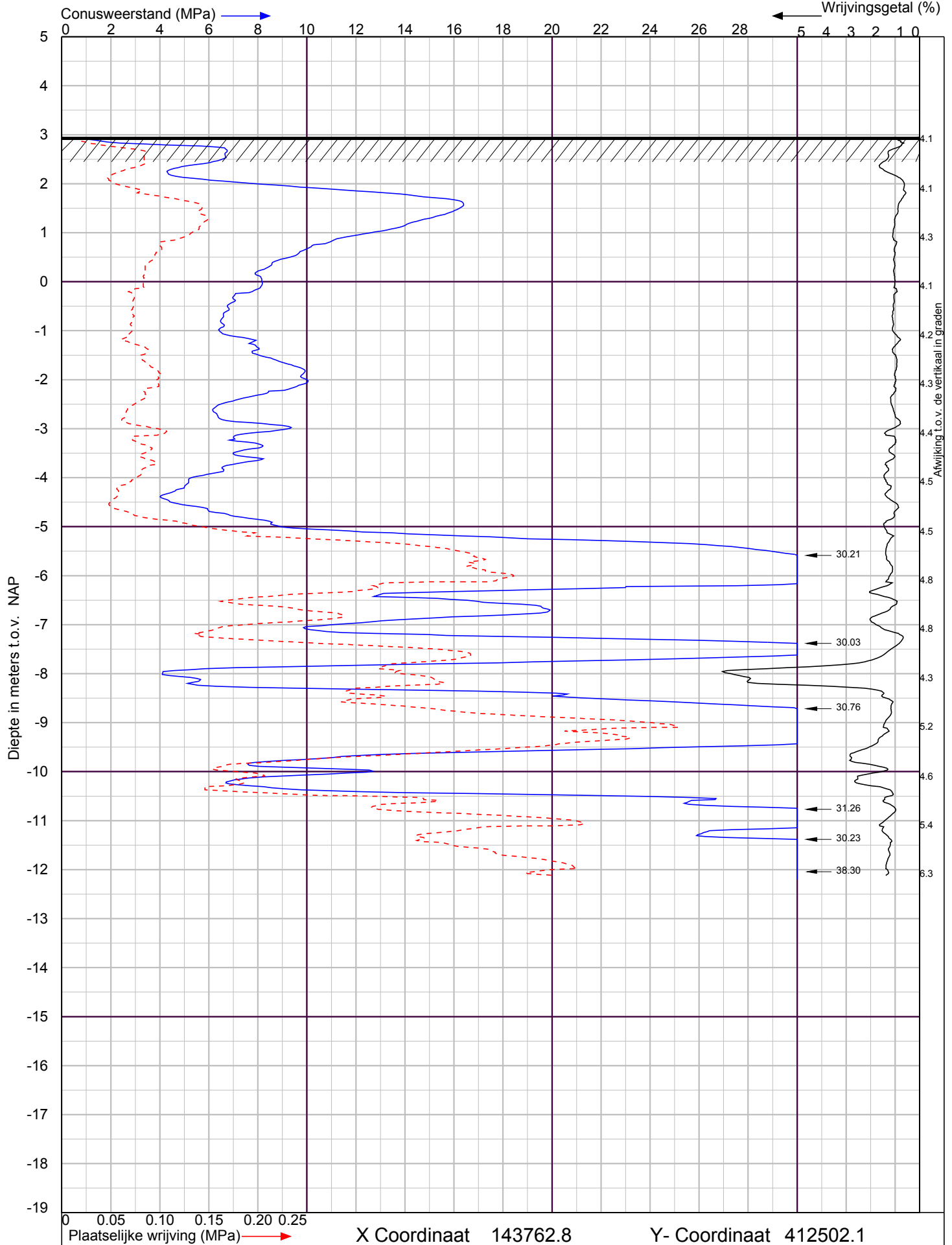
Conusnr. : 071221

MV. is 2.89 m t.o.v. NAP

Project nummer : **2301563**

Sondering : **3**





Pampas te Vlijmen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



Putstraat 9a 5091 TH Middelbeers
Postbus 38 5688 ZG Oirschot
tel. : 0499-578520
info@lankelma-zuid.nl
www.silt.nl

Datum : 23-6-2023

Conusnr. : 071221

MV. is 2.95 m t.o.v. NAP

Project nummer : **2301563**

Sondering : **4**

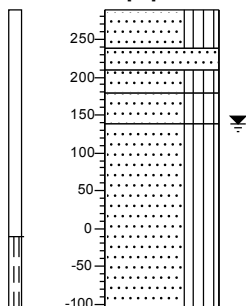


Boring: B1

Datum:
GWS:
NAP hoogte [m]:
X:
Y:

23-6-2023
150
2.89
143756,63
412519,96

t.o.v. NAP [cm]



0 t.o.v. M.V. [cm]

50 Zand middelgrof 200-300, siltig, sterk organisch, donkerbruin
80 Zand middelgrof 200-300, zwak organisch, lichtbruin
110 Zand middelgrof 200-300, siltig, geel
150 Zand middelgrof 200-300, siltig, lichtgrijs
Zand middelgrof 300-420, siltig, grijs

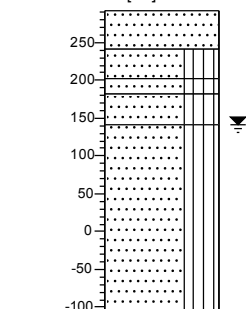
400

Boring: B2

Datum:
GWS:
NAP hoogte [m]:
X:
Y:

23-6-2023
150
2.92
143762,14
412535,46

t.o.v. NAP [cm]



0 t.o.v. M.V. [cm]

50 Zand fijn 150-200, sterk organisch, donkerbruin
90 Zand middelgrof 200-300, siltig, zwak organisch, bruin
110 Zand middelgrof 200-300, siltig, geel
150 Zand middelgrof 200-300, siltig, lichtgrijs
Zand middelgrof 200-300, siltig, grijs

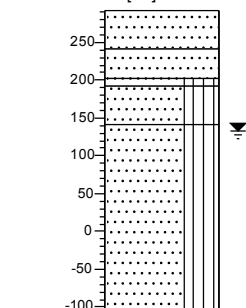
400

Boring: B3

Datum:
GWS:
NAP hoogte [m]:
X:
Y:

23-6-2023
160
2.92
143768,10
412511,01

t.o.v. NAP [cm]



0 t.o.v. M.V. [cm]

50 Zand fijn 150-200, sterk organisch, lichtbruin
100 Zand middelgrof 200-300, zwak organisch, bruin
150 Zand middelgrof 200-300, siltig, geel
Zand middelgrof 200-300, siltig, lichtgrijs
Zand middelgrof 300-420, siltig, grijs

400

Waterpasstaat

(+ stopcriterium sonderingen)
 Hoogten ingemeten met behulp van dGPS

Datum uitvoering: 23 juni 2023

Meetpunt	Hoogte* [m t.o.v. NAP]	Stopcriterium ¹	Opmerking
sondering 1	2,84 +	O3	
sondering 2	2,91 +	V	
sondering 3	2,89 +	V	
sondering 4	2,95 +	V	
boring 1 – maaiveld	2,89 +		
boring 1 – kop peilbuis	3,34 +		
boring 2	2,92 +		
boring 3	2,92 +		
put 1	2,96 +		
put 2	3,03 +		
kruin weg	2,97 +		
dorpel	3,21 +		

* Hoogten in deze waterpasstaat zijn uitsluitend bedoeld om inzicht te verkrijgen in de maaiveldhoogten van de meetpunten. Zonder verificatie door de gebruiker mogen deze hoogten niet voor andere doeleinden worden gebruikt

Grondwater

De tijdens het onderzoek geregistreerde stijghoogtes zijn weergegeven in navolgende tabel.

Meetpunt	Stijghoogte* [m - mv]	Grondwaterstand [m t.o.v. NAP]
Boorgat B1	1,50	1,39 +
Boorgat B2	1,50	1,42 +
Boorgat B3	1,60	1,32 +

- * Gemeten stijghoogtes zijn momentopnamen en dienen met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd, omdat:
- o 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).
 - o de stijghoogte onder invloed van seizoensafhankelijke factoren in de tijd zal fluctueren. Deze fluctuaties 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.

¹ Toelichting :

- V: streefdiepte bereikt
- D: streefdiepte overschreden i.v.m. minimaal benodigd geachte pakketdikte
- N1: beoogd sondeerpunt onbereikbaar voor sondeerunit i.v.m. (afmeting) doorgang
- N2: beoogd sondeerpunt onbereikbaar voor sondeerunit i.v.m. obstakels, begroeiing
- N3: beoogd sondeerpunt onbereikbaar voor sondeerunit i.v.m. berijdbaarheid terrein
- O1: totaalweerstand overschrijdt de maximaal toelaatbare druk sondeerequipement
- O2: uitbuiging sondeerstangen overschrijdt maximaal toelaatbare waarde
- O3: overschrijding toelaatbare puntdruk sondeerconus

Algemene toelichting onderzoeksmethoden

Toelichting sonderingen

Elektrische sonderingen worden uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1, met een elektrische (kleefmantel)conus.

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) [%]
grind	> 10	0,2 - 0,5
zand grof	> 10	0,4 - 0,6
zand	> 5	0,6 - 1,0
silt	1 - 3	2,0 - 4,0
klei vast	0 - 8	2,0 - 4,0
klei slap	0 - 2	4,0 - 6,0
veen	0 - 4	5,0 - 10,0

Handsonderingen

Sonderingen uitgevoerd met een handsondeerapparaat, waarbij tevens een boring wordt gemaakt. De sondeerwaarden worden handmatig geregistreerd.

Waterspanningsmeting

Bij deze sonderingen wordt met behulp van een piëzoconus naast de conusweerstand en de plaatselijke wrijving tevens de waterspanning geregistreerd. Meting van de waterspanning geeft meer inzicht in de stijghoogte(verschillen) van het grondwater, de gelaagdheid van de bodem en de aanwezigheid van waterremmende lagen. De geregistreeerde waterspanning is weergegeven op de betreffende sondeergrafiek. Opgemerkt dient te worden, dat uit de geregistreeerde waterspanning niet zonder meer de stijghoogte van de diverse lagen kan worden afgeleid, omdat de stijghoogte wordt beïnvloed door de beweging van de sondeerconus.

Dissipatieproef

Bij een dissipatietest wordt tijdens het sonderen de conus enige tijd gestopt, waarna wordt geregistreerd op welke wijze de door het wegdrukken geïnitieerde waterspanning reageert. Het waterspanningsverloop geeft een indicatie omtrent de waterdoorlatendheid in de desbetreffende laag. Indien de test wordt gecontinueerd totdat een quasistationaire waterspanning wordt bereikt kan tevens op betrouwbare wijze de stijghoogte van het grondwater van de betreffende laag worden bepaald.

Wegdrukpeilbuis

Wegdrukpeilbuizen worden geplaatst met behulp van een sondeertruck.

Mechanische boring

Machinaal uitgevoerde boring onder certificaat van de BRL SIKB 2100, conform protocol 2101.

Waterdoorlatendheidsmeting verrichting middels de Constant-flow-rate-methode (onverzadigde zone)

Waterdoorlatendheidsmeting, in de onverzadigde bodem (boven de grondwaterspiegel) verricht middels constant-flow-rate-methode conform ISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt, in onverzadigde grond, water met een constant debiet in een gesteund boorgat gepompt, totdat de bodem rondom verzadigd is en een constante waterspiegel ontstaat. Uit de verhouding van het pompdebiet en de waterspiegel kan de verzadigde waterdoorlatendheid worden berekend van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Waterdoorlatendheidsmeting verrichting middels de Constant-flow-rate-methode (verzadigde zone)

Waterdoorlatendheidsmeting, onder de grondwaterspiegel, uitgevoerd middels de constant-flow-rate-methode cf. ISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt de peilbuis met een constant debiet doorgepompt totdat een constante waterstandsverlaging ontstaat in de peilbuis. Uit de

verhouding tussen het pompdebiet en de waterstandsverlaging kan de doorlatendheid worden berekend van het bodemtraject waarin het filter is geplaatst.

Waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de falling-head-methode.

Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de horizontale waterdoorlatendheid van de verzadigde ondergrond (onder de grondwaterspiegel). Bij deze proef wordt een peilbuis geheel of gedeeltelijk gevuld met water, waarna de waterstandsval wordt gemeten. De dalingsnelheid van het water is een maat voor de horizontale waterdoorlatendheid (K_h -waarde) van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de rising-head-methode.

Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de horizontale waterdoorlatendheid van de verzadigde ondergrond (onder de grondwaterspiegel). Bij deze proef wordt peilbuis geheel of gedeeltelijk leeg getrokken, waarna de stijging van het grondwater in de peilbuis wordt geregistreerd. De stijgingsnelheid van het water is een maat voor de horizontale waterdoorlatendheid (K_h -waarde) van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

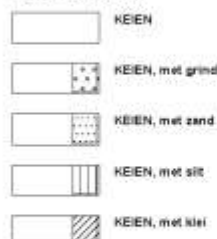
Onverzadigde zone (Ringinfiltratieproeven)

Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de verticale waterdoorlatendheid van de onverzadigde grond. De proeven worden uitgevoerd op maaiveld of diepte, met de dubbele ringinfiltratiemeter bestaande uit een buitenring met een diameter van ca. 0,53 m en een binnenring met een diameter van ca. 0,28 m.

Beide ringen worden op het ontgravingsvlak aangebracht en vervolgens enige centimeters de grond ingeslagen. Na het aanbrengen van een meetbrug met een vlotter worden beide ringen gevuld met water waarna met een zekere frequentie in de binnenring, de dalingsnelheid van het water wordt vastgesteld. Door toepassing van een buitenring infiltreert grondwater in de binnenring zoveel mogelijk verticaal. Uit de infiltratiesnelheid kan vervolgens de verticale waterdoorlatendheid worden afgeleid.

Legenda Boorstaat (conform NEN-EN-ISO 14688-1)

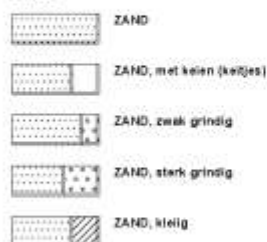
KEIEN (KEITJES)



GRIND



ZAND



peilbuis



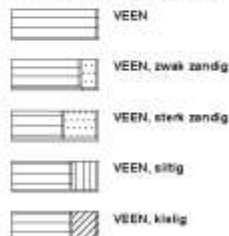
SILT



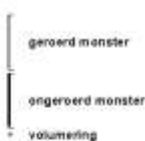
KLEI



VEEN (HUMUS, DETRITUS)



monsters

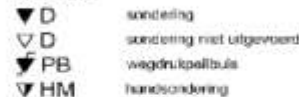


overig

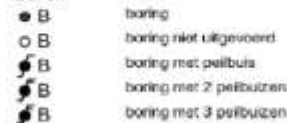


Legenda Situatietekening

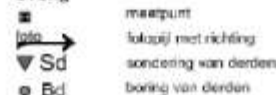
sonderen



boren

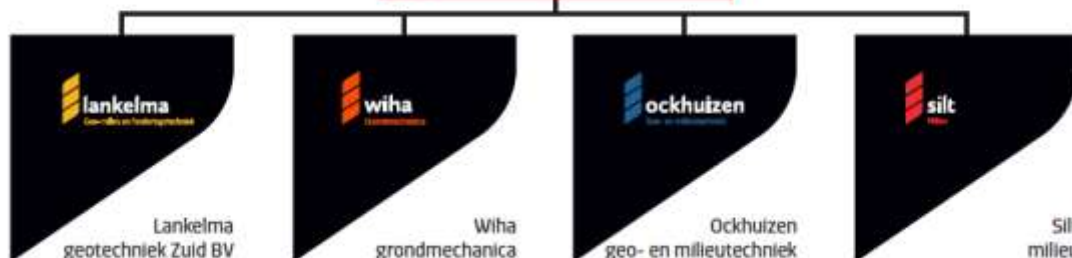


overig



fasering onderzoek





Geotechnisch bodemonderzoek

- Sonderen in Nederland, België en Frankrijk, 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
- Geotechnische monitoring
- Waterdoorlatendheidsmetingen
- Palen akoestisch doormeten
- Onderzoek niet gesprongen explosieven (NGE)
- dGPS-metingen

Milieukunde

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

Advies

- Funderingsadvies bebouwing, leidingen, constructies
- Geohydrologische modellering (bemaling, drainage, wateroverlast, barrièrewerking, etc.)
- Bemalingsadvies, bemalingsplan, monitoringsplan, vergunningsaanvraag, MER aanmeldnotitie
- Bouwputadvies, damwandberekeningen en -advies
- Zettings- en ophoogadvies
- Zettingsrisico's bemaling t.b.v. CAR-verzekering
- Stabiliteitsberekeningen taluds
- Infiltratiegeschiktheidsadvies, watertoetsadvies
- Analyse waterstanden, doorlatendheid, wateroverlast.
- GIS-toepassingen en geostatistiek
- Algemene expertise, controle grondverbetering

Laboratorium

- Classificatieproeven
- Foto's monsters en boringen
- Atterbergse grenzen (fallcone en Casagrande)
- Doorlatendheidsmetingen
- Samendrukkingsproeven, CRS
- Korrelverdeling, -vorm en afleiding k-waarden
- Triaxiaalproeven
- Directe afschuifproef (DS), Direct Simple Shear (DSS)
- Diverse RAW-proeven (oa. 2, 9, 10, 11, 13, 14, 28, 35)
- Opstellen analyseplan/-strategie