

FUNDERINGSADVIES

Project : Nieuwbouw bedrijfsgebouw
Kwakelkade 21
Alkmaar

Opdrachtgever : Hein Jong Alkmaar projectontwikkeling bv

Constructeur : Bouwadvies- en Konstruktieburo ing.

Projectnummer : **W2022.846**

Volgnummer : 1

Datum : 17 november 2022

Opgesteld door : ing.

Inhoudsopgave

1	INLEIDING en BOUWPLAN	1
1.1	Algemeen	1
1.2	Project gegevens	1
2	GRONDONDERZOEK en BODEMOPBOUW	2
2.1	Uitzetten en waterpassen	2
2.1.1	Geomechanica (4061/89)	2
2.1.2	Geomechanica (2636/11)	2
2.2	Sonderingen	2
2.2.1	Geomechanica (4061/89)	2
2.2.2	Geomechanica (2636/11)	2
2.3	Boringen Kwinfra (19212)	3
2.4	Grondwaterstand	3
2.4.1	Boringen Kwinfra (19212)	3
2.4.2	Bemalingsadvies Loots Grondwatertechniek (18230121B.1)	3
2.5	Bodemprofiel	4
3	FUNDERINGSADVIES	4
3.1	Gekozen funderingstype	4
3.2	Uitgangspunten	4
3.3	Minimaal vereiste ontgravingdiepte t.b.v. een grondverbetering	5
3.4	Schematische bodemopbouw	6
3.5	Draagkracht en Vervorming	6
3.5.1	Draagkracht	6
3.5.2	Zakkingen	9
3.5.3	Vervorming	10
3.5.4	Beddingconstanten	10
4	Slotopmerkingen	10
Bijlage 1.	Berekeningsresultaten fundering op staal	1
Bijlage 2.	Algemene richtlijnen voor de uitvoering staalfunderingen	2

1 INLEIDING en BOUWPLAN

1.1 Algemeen

Hein Jong Alkmaar projectontwikkeling bv heeft  [Geo]advies & Expertise, de opdracht verstrekt een funderingsadvies op te stellen ten behoeve van de nieuwbouw van een bedrijfsgebouw. Navolgend wordt in dit rapport het funderingsadvies weergegeven.

Als constructeur is Bouwadvies- en Konstruktieburo ing. R.P.H. Boom betrokken bij dit project.

1.2 Project gegevens

Het project is gelegen aan de Kwakelkade 21 te Alkmaar.

Ten behoeve van dit project zijn de volgende documenten beschikbaar gesteld:

- Bouwadvies- en Konstruktieburo ing. R.P.H. Boom, werknummer '21-0817', werk 'Nieuwbouw bedrijfsgebouw, Kwakelkade fase 2+3, Alkmaar',
 - Rapport 'Statische Berekening', d.d. 30-08-2022;
 - tekeningnr. '101', onderwerp 'Kelder Opzet fase 3', d.d. 01-10-2022;
- Loots Grondwatertechniek, projectomschrijving 'Kelder Kwakelkade 21 te Alkmaar', rapportage 'Bemalingsadvies', kenmerk '18230121B.1', status 'Definitief', versie '1', d.d. 08-10-2021.

Op basis van de, door de constructeur, verstrekte (aanvullende) informatie zijn de volgende projectgegevens afgeleid:

- Uitgangspunt is een fundering op staal;
- Er is sprake van een kelderconstructie;
- Het aanlegniveau van de fundering:
 - Keldervloer (dikte = 0,40 m) : NAP –2,80 m;
 - Poer (dikte = 0,40 m, excl. vloer) : NAP –3,20 m;
 - Poer (dikte = 0,60 m, excl. vloer) : NAP –3,40 m;
- Gronddruk op het aanlegniveau, inclusief veiligheidsfactoren ($\gamma_g = 1,20$ en $\gamma_q = 1,50$):
 - Keldervloer (dikte = 0,40 m) : 350 kN/m²;
 - Randstroken (dikte = 0,40 m) : 350 kN/m²;
 - Poer (dikte = 0,40 m, excl. vloer) : 500 kN/m²;
 - Poer (dikte = 0,60 m, excl. vloer) : 500 kN/m²;
- Er kan worden uitgegaan van een horizontaal maaiveld, alsmede van een verticaal en centrisch aangrijpende belastingen;
- De belasting wordt gelijkmatig verdeeld over de vloer en poer;
- Er vindt geen significante ontgraving, dan wel ophoging van het (omringende) terrein plaats.

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

2 GRONDONDERZOEK en BODEMOPBOUW

2.1 Uitzetten en waterpassen

2.1.1 Geomechanica (4061/89)

De sondeerpunten zijn door Geomechanica in het terrein uitgezet en gewaterpast ten opzichte van MV. Voor informatie over de hoogteligging van het maaiveld ter plaatse van de sondeerpunten wordt verwezen naar het grondonderzoek van Geomechanica, projectnummer '4061/89'.

2.1.2 Geomechanica (2636/11)

De sondeerpunten zijn door Geomechanica in het terrein uitgezet en gewaterpast ten opzichte van NAP. Voor informatie over de hoogteligging van het maaiveld ter plaatse van de sondeerpunten wordt verwezen naar het grondonderzoek van Geomechanica, projectnummer '2636/11'.

De gepresenteerde inmeet- en waterpasresultaten zijn alleen ten behoeve van het grondonderzoek te gebruiken; zij kunnen niet als basis voor de realisatie van het bouwproject of andere doeleinden gebruikt worden.

2.2 Sonderingen

2.2.1 Geomechanica (4061/89)

Door Geomechanica BV zijn op 31 oktober 1989, de sonderingen M1 en M2 uitgevoerd, tot een diepte van circa maaiveld –6,0 m à maaiveld –7,0 m. De sonderingen zijn uitgevoerd met een mechanische mantelconus, conform NEN 3680.

2.2.2 Geomechanica (2636/11)

Door Geomechanica BV zijn op 9 december 2011, de sonderingen DSKM1, DSKM2 en DSKM3 uitgevoerd, tot een diepte van circa NAP –15,7 m à NAP –16,0 m.

De sonderingen zijn uitgevoerd met een elektrische kleefmantelconus, conform NEN 5140, klasse 2. Naast de conusweerstand, is tevens de plaatselijke wrijving gemeten. De sondeergegevens worden in een grafiek weergegeven waarbij het wrijvingsgetal (verhouding plaatselijke wrijving/conusweerstand in %) is berekend en gepresenteerd. Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand over het algemeen een goed beeld van de bodemopbouw onder de grondwaterstand.

In Tabel 1 zijn voor de gladde elektrische kleefmantelconus enige indicatieve waarden hiervoor aangegeven.

Tabel 1. Indicatie van de grondsoorten op basis van het wrijvingsgetal

Grondsoort	Conusweerstand q_c [MPa]	Wrijvingsgetal $R_f = f_s/q_c$ [%]
Grind, grof zand	> 10	0,2 – 0,6
Zand	> 4	0,6 – 1,4
Silt, leem, löss	1 – 4	1,2 – 4,0
Klei	0 – 4	3,0 – 5,0
Veen	0 – 4	5,0 – 10,0

R_f = wrijvingsgetal

f_s = plaatselijke wrijving

q_c = conusweerstand

2.3 Boringen Kwinfra (19212)

Teneinde meer inzicht te verkrijgen in de grondwaterstand en bodemsamenstelling van de bovenlagen zijn, tot circa maaiveld $-1,5$ m à maaiveld $-3,0$ m, boringen 01 tot en met 05 uitgevoerd. De vrijgekomen grondslag is visueel geclassificeerd en tot boorprofiel verwerkt.

2.4 Grondwaterstand

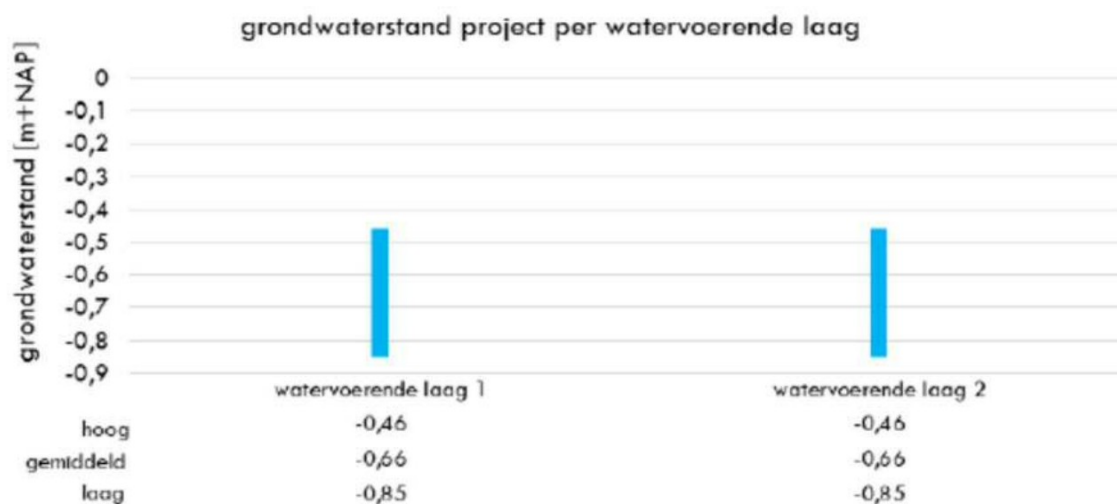
2.4.1 Boringen Kwinfra (19212)

Tijdens het uitvoeren van de boringen door Kwinfra, is een grondwaterstand aangetroffen van maaiveld $-1,05$ m. Deze waarneming is slechts een momentopname omdat spanningswater, lagenopbouw, lokale omstandigheden en seizoensafhankelijke factoren, een storende invloed kunnen hebben.

2.4.2 Bemalingsadvies Loots Grondwatertechniek (18230121B.1)

In de onderstaande grafieken is per watervoerende laag de maatgevend (hoog, gemiddeld, laag) grondwaterstand ten opzichte van NAP weergegeven. Onder elke kolom in de grafiek is het onderdeel en de maatgevende waarde in tabelvorm weergegeven.

Grafiek 3.3



2.5 Bodemprofiel

Op basis van de onderzoeksresultaten is de bodemopbouw geïnterpreteerd. Tabel 2 geeft hiervan een beknopt overzicht.

Tabel 2. Geïnterpreteerd bodemprofiel op basis van sonderingen Geomechanica (2636/11)

diepte vanaf circa (m t.o.v. NAP)	Bodembeschrijving
+0,63 à +0,55	Maaiveldhoogtes van de sondeerpunten Zand, matig tot vast gepakt, lokaal silthoudend
–0,46 à –0,85	Grondwaterstand
–16,00	Maximaal verkende diepte

3 FUNDERINGSADVIES

3.1 Gekozen funderingstype

De bodemopbouw geeft voor de nieuwbouw mogelijkheden voor toepassing van een fundering op staal, mogelijk in combinatie met een grondverbetering. Op verzoek van de opdrachtgever is een plaatfundering met poeren (c.q. verzwaringen van de vloer), verder uitgewerkt.

3.2 Uitgangspunten

De berekening van de draagkracht van de fundering is op de volgende uitgangspunten gebaseerd:

- In het rapport wordt conform de opdracht de draagkracht bepaald van verticaal centrisch en op druk belaste funderingselementen, met een horizontaal maaiveld;
- De maximale draagkracht voor vloer en poeren is berekend conform NEN 9997–1 “Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1 Algemene regels”, waarbij het ontwerp dient te voldoen aan eisen van veiligheid en bruikbaarheid;
- Het project wordt, conform § 2.1 van NEN 9997–1, ingedeeld in de geotechnische categorie 2 (GC2);
- Toegepast kunnen worden funderingselementen bestaande uit betonnen stroken en/of poeren; afmetingen en eventueel vereiste wapening dienen door de constructeur te worden bepaald aan de hand van de gegevens uit dit rapport;
- Er wordt aangenomen dat de oorspronkelijke, op natuurlijke wijze gesedimenteerde bodemopbouw aanwezig is.
- Voor de gehanteerde peilen wordt verwezen naar § 2.1 van dit rapport;
- Milieukundige aspecten van, met name de consequenties van eventueel te verplaatsen of af te voeren grond en het eventueel onttrekken/lozen van grondwater valt buiten het kader van dit rapport;
- Archeologische aspecten in verband met het verkrijgen van toestemming voor de ontgraving zijn in dit rapport buiten beschouwing gebleven.

3.3 Minimaal vereiste ontgravingdiepte t.b.v. een grondverbetering

Een staalfundering moet op een vorstvrij niveau worden aangelegd. Bij de aanleg van een kelder wordt ruimschoots aan deze eis voldaan. Op het draagvermogen van de keldervloer is, volgens de verrichte sonderingen, overwegend dichtgepakt, draagkrachtig zand aanwezig. Een grondverbetering is mogelijk niet vereist. De keldervloer met verzwaringen (lees poeren) van de vloer moet worden aangelegd op een funderingslaag van minimaal 0,30 m goed verdicht zand. Bij een zorgvuldige uitvoering is de bestaande ondergrond geschikt om de vloer op aan te leggen.

Op het aanlegniveau van de keldervloer met verzwaringen (lees poeren) van de vloer, moet bijvoorbeeld door middel van het verrichten van handsonderingen, worden gecontroleerd of zich direct onder de keldervloer c.q. verzwaringen nog cohesieve, minderdraagkrachtige lagen bevinden; zo kunnen bijvoorbeeld oude (gedempte) sloten en/of (opgevulde) ontgravingen aanwezig zijn. In die gevallen zal plaatselijk dieper moeten worden ontgraven tot dat het ongeroerde, draagkrachtige materiaal wordt aangetroffen.

Indien het, in Tabel 3 aangegeven, ontgravingsniveau beneden het constructieve aanlegniveau van de fundering is gelegen, dient de tussenliggende zone te worden opgevuld door middel van een goed verdicht zandpakket (grondverbetering). Wanneer het aanlegniveau onder het niveau van het geadviseerde ontgravingniveau bevindt hoeft daar geen grondverbetering te worden uitgevoerd. Het ontgravingsniveau dient, ook indien geen grondverbetering hoeft te worden aangebracht, met een lichte trilplaat in meerdere gangen te worden afgetrild en verdicht. Vóór en tijdens de ontgraving ten behoeve van de grondverbetering dient de grondwaterstand steeds lager dan 0,5 m beneden het ontgravingniveau te zijn of te worden gebracht. Tijdens het verdichten van grondlagen moet de grondwaterstand zich minimaal 0,5 m beneden het diepste ontgravingsniveau bevinden. Is dit niet het geval dan moet een bemaling worden geïnstalleerd, die in staat moet zijn de grondwaterstand tot ten minste dit niveau te verlagen. Deze verlaging moet zijn gerealiseerd voordat met ontgraven het vereiste niveau is bereikt. Bij het afzetten van de bemaling mag het grondwater slechts geleidelijk opkomen. De grondwaterspiegel mag niet méér worden verlaagd dan voor een goede uitvoering van de graafwerkzaamheden noodzakelijk is, dit vanwege mogelijke ongunstige invloeden op de omgeving. Ook de bemalingsduur moet om dezelfde redenen zoveel mogelijk worden beperkt. In voorkomende gevallen is het mogelijk een kwalitatief goede grondverbetering te realiseren door optimale afstemming van ontgravingsdiepte, laagdikte, grondwaterniveau en verdichtingsapparatuur.

Tabel 3. Minimaal vereiste ontgravingdiepte t.b.v. een grondverbetering

Sondering nr. Geomechanica (2636/11)	Hoogte maaiveld [m t.o.v. NAP]	Theoretisch (minimaal) constructief aanlegniveau [m t.o.v. NAP]	Theoretisch minimaal ontgravingniveau t.b.v. grondverbetering [m t.o.v. NAP]
DSKM1	+0,55	-2,80 ¹⁾ /-3,20 ²⁾ /-3,40 ³⁾	+3,65
DSKM2	+0,63	-2,80 ¹⁾ /-3,20 ²⁾ /-3,40 ³⁾	+3,50
DSKM3	+0,63	-2,80 ¹⁾ /-3,20 ²⁾ /-3,40 ³⁾	+3,65

1) Keldervloer;

2) Poer (dikte = 0,40 m, excl. vloer);

3) Poer (dikte = 0,60 m, excl. vloer);

Vóór en tijdens de ontgraving ten behoeve van de grondverbetering dient de grondwaterstand steeds lager dan 0,5 m beneden het ontgravingniveau te zijn of te worden gebracht. Vervolgens dient de ontgraven bouwputbodem te worden aangetrild.

Opgemerkt wordt dat de gegeven niveaus dienen ter indicatie. Tussen de sonderingen moet tot dezelfde grondslag worden ontgraven, zoals is aangetroffen ter plaatse van de aangrenzende sonderingen met het diepste ontgravingniveau. Wanneer visueel het verloop van de laag is vast te stellen, kan als ontgravingniveau tussen de sonderingen, het laagverloop worden aangehouden. Wanneer op het ontgravingniveau ten behoeve van de fundering nog humushoudende (zwart/bruin) zandlagen worden aangetroffen, dient in beginsel dieper te worden ontgraven tot de draagkrachtige (geel/grijs) grondslag ten behoeve van een grondverbetering. Indien bij het grondwerk eventuele verstoringen zoals vergravingen, oude sloten of een bodemopbouw afwijkend van die van het grondonderzoek wordt aangetroffen dient in beginsel tot de natuurlijke vaste grondslag te worden ontgraven.

De uitvoering van de grondverbetering dient te voldoen aan de eisen zoals gesteld in § 5 en § 6.9 van NEN 9997-1 zie Bijlage 2 "Algemene richtlijnen voor de uitvoering staalfunderingen".

3.4 Schematische bodemopbouw

Ten behoeve van de berekening van het draagvermogen van de ondergrond en de zettingen van de funderingselementen van de nieuwbouw zijn twee representatieve bodemprofielen opgesteld op basis van het grondonderzoek. Vervolgens is gebruik gemaakt van Tabel 2b van NEN 9997-1 om de representatieve waarden van deze grondeigenschappen te bepalen.

NB. De rekenwaarden zullen anders worden indien een ander aanlegniveau van de fundering wordt aangehouden dan welke in de berekening (zie Bijlage 1) zijn vermeld.

3.5 Draagkracht en Vervorming

3.5.1 Draagkracht

De berekening van de draagkracht van de fundering is gebaseerd op de geotechnische norm NEN 9997-1. Bij de berekening van de maximale verticale draagkracht is het aanlegniveau op NAP -2,80 m (Keldervloer), NAP -3,20 m (Poer, dikte = 0,40 m, excl. vloer) en NAP -3,40 m (Poer, dikte = 0,46 m, excl. vloer) en de grondwaterstand op NAP -0,50 m aangenomen.

Keldervloer

In dit rapport vermelde draagkrachten zijn berekend voor een fictieve gronddekking d_{fictief} . Het gewicht van de gronddekking komt overeen met het gewicht van de keldervloer en de dikte van de eventuele verzwaring in de keldervloer (zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). De draagkrachten zijn gebaseerd op alleen het gewicht van de vloer en niet op de sterkte van de vloer. De fictieve dekking d_{fictief} kan als volgt worden berekend:

$$d_{\text{fictief}} = (\text{dikte keldervloer} \times 24/10) + \text{dikte verzwaring (exclusief de dikte van de keldervloer)} + \text{gronddekking } d$$

Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de betonvloer in contact blijft met de zandondergrond. Met 0,40 m keldervloerdikte en 0,00 m verzwaring, en 0,0 m gronddekking, bedraagt de fictieve dekking 0,96 m.

Voor de berekening van de rekenwaarden van de draagkracht zijn voor de plaatfundering (=keldervloer), denkbeeldige stroken beschouwd, gebaseerd op meewerkende breedte. In de praktijk komt dit veelal overeen met een denkbeeldige strookbreedte tot maximaal circa 5 maal de vloerdikte. De "gronddekking" naast een dergelijke denkbeeldige strook bestaat uit de daar aanwezige grond en/of betonplaat met een eventuele verzwaring. De werkelijke draagkracht van de ondergrond is aanzienlijk hoger, omdat door de aanwezigheid van een gewapende betonvloer, de afschuifvlakken niet kunnen optreden.

Poer (dikte = 0,40 m, excl. vloer)

In dit rapport vermelde draagkrachten zijn berekend voor een fictieve gronddekking d_{fictief} . Het gewicht van de gronddekking komt overeen met het gewicht van de keldervloer en de dikte van de eventuele verzwaring in de keldervloer. De draagkrachten zijn gebaseerd op alleen het gewicht van de vloer en niet op de sterkte van de vloer. De fictieve dekking d_{fictief} kan als volgt worden berekend:

$$d_{\text{fictief}} = (\text{dikte keldervloer} \times 24/10) + \text{dikte verzwaring (exclusief de dikte van de keldervloer)} + \text{gronddekking } d$$

Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de poer in contact blijft met de zandondergrond. Met 0,40 m keldervloerdikte en 0,40 m verzwaring, en 0,0 m gronddekking, bedraagt de fictieve dekking 1,36 m.

Poer (dikte = 0,60 m, excl. vloer)

In dit rapport vermelde draagkrachten zijn berekend voor een fictieve gronddekking d_{fictief} . Het gewicht van de gronddekking komt overeen met het gewicht van de keldervloer en de dikte van de eventuele verzwaring in de keldervloer. De draagkrachten zijn gebaseerd op alleen het gewicht van de vloer en niet op de sterkte van de vloer. De fictieve dekking d_{fictief} kan als volgt worden berekend:

$$d_{\text{fictief}} = (\text{dikte keldervloer} \times 24/10) + \text{dikte verzwaring (exclusief de dikte van de keldervloer)} + \text{gronddekking } d$$

Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de poer in contact blijft met de zandondergrond. Met 0,40 m keldervloerdikte en 0,60 m verzwaring, en 0,0 m gronddekking, bedraagt de fictieve dekking 1,56 m.

De berekening van het rekenwaarden van de verticale draagkracht is uitgevoerd voor een ongedraineerde en gedraineerde situatie.

Ten behoeve van de toetsing van de uiterste grenstoestand 1A moeten de rekenwaarden van de verticale draagkracht (R_d) zijn bepaald. Deze moet getoetst worden aan de verticale belasting (V_d) uit de constructie: $V_d \leq R_d$.

De rekenwaarden van de (maximale) funderingsdruk en draagkracht zijn weergegeven in Bijlage 1 en samengevat in Tabel 4, Tabel 5 en Tabel 6.

Tabel 4. Draagkracht Keldervloer

Keldervloer		$\sigma'_{\text{max;d}}$	R_d
Breedte [m]	Fictieve gronddekking [m]	[kN/m ²]	[kN/m ¹]
0,40 (1× MWB)	0,96	119	48
0,80 (2× MWB)	0,96	138	111
1,20 (3× MWB)	0,96	158	189
1,60 (4× MWB)	0,96	177	283
2,00 (4× MWB)	0,96	196	392

Tabel 5. Draagkracht Poer (dikte = 0,40 m, excl. vloer)

Poer (dikte = 0,40 m, excl. vloer)		$\sigma'_{\max;d}$	R_d
Lengte × Breedte [m]	Fictieve gronddekking [m]	[kN/m ²]	[kN]
2,00	1,36	273	1090
2,20	1,36	279	1351
2,40	1,36	286	1647
2,60	1,36	293	1979
2,80	1,36	299	2348
3,00	1,36	306	2756
3,20	1,36	313	3204
3,40	1,36	320	3695
3,60	1,36	326	4230
3,80	1,36	333	4811
4,00	1,36	340	5438



Tabel 6. Draagkracht Poer (dikte = 0,60 m, excl. vloer)

Poer (dikte = 0,60 m, excl. vloer)		$\sigma'_{\max;d}$	R_d
Lengte × Breedte [m]	Fictieve gronddekking [m]	[kN/m ²]	[kN]
3,00	1,56	336	3027
3,20	1,56	343	3513
3,40	1,56	350	4044
3,60	1,56	357	4621
3,80	1,56	363	5246
4,00	1,56	370	5921
4,20	1,56	377	6646
4,40	1,56	384	7425
4,60	1,56	390	8258
4,80	1,56	397	9147
5,00	1,56	404	10094

3.5.2 Zakkingen

Uitgaande van een zorgvuldig uitgevoerde grondverbetering, kunnen door zettingen van de onderliggende lagen, in de bruikbaarheidsgrenstoestand eindzakkingen van circa 15 à 20 mm van de funderingselementen optreden. Verder moeten zettingsverschillen van circa 5 à 10 mm worden verwacht. Dit is afhankelijk van de werkelijk optredende belastingen, belastingsverschillen, verschillen in stijfheid van de fundering en verschillen in de opbouw van de ondergrond. Hierbij is ervan uitgegaan dat het terrein niet of nauwelijks wordt opgehoogd. Ook is geen rekening gehouden met restzettingen van in het verleden uitgevoerde terreinophoging(-en), grondwaterstandsverlaging(-en), etc. De zettingen zullen grotendeels tijdens de bouw tot stand komen.

Door de constructeur dient beoordeeld te worden of de opgegeven geprognoseerde zettingen van de fundering acceptabel zijn.

3.5.3 Vervorming

Voor de toetsing van grenstoestand 1B (constructieve veiligheid, conform § 2.4.9 van NEN 9997-1 is het rotatiecriterium gesteld van $s_d/l \leq 1:100$. Gezien het gestelde onder bruikbaarheidsgrenstoestand 2 is grenstoestand 1B niet maatgevend.

Toetsing van bruikbaarheidsgrenstoestand 2 wordt uitgevoerd met de momentane belastingcombinatie. Hierbij worden de volgende eisen gesteld:

- Vervormingcriterium : zakking $s_d < 0,15$ m;
- Rotatiecriterium : rotatie $s_d/l \leq 1:300$.

Bij de toetsing van de eis van rotatie $< 1:300$ moet worden uitgegaan van:

- Het zakkingverschil tussen de twee beschouwde funderingselementen;
- Tenminste 50% van de gemiddelde zakking van de beschouwde funderingselementen. Dit als gevolg van mogelijke heterogeniteit van de bodem en/of uitvoeringsonvolkomenheden.

3.5.4 Beddingconstanten

Voor de berekening van op een zandbed aangelegde betonnen vloer(en) en/of funderingsstroken kan, bij een zorgvuldige uitvoering, een statische beddingconstante van 15.000 kN/m^3 worden aangehouden.

4 Slotopmerkingen

De ontgravingniveaus dienen nauwgezet te worden geïnspecteerd op geroerde en/of verweekte zones. Ook na het ontgraven dient ervoor zorg gedragen te worden, dat het materiaal niet verweekt of wordt verkneed.

Toegepast kunnen worden funderingselementen bestaande uit betonnen stroken; afmeting en eventueel vereiste wapening dient door de constructeur te worden bepaald aan de hand van de gegevens uit dit rapport.

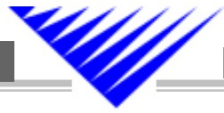
Indien het bouwplan en/of de uitgangspunten alsnog worden gewijzigd, heeft dit consequenties voor dit funderingsadvies. Indien u dat aangeeft, dan kan worden nagegaan of de wijzigingen gevolgen hebben voor het voorliggende funderingsadvies en kan dit funderingsadvies zo nodig hierop worden aangepast.

Voor algemene bouwputaspecten ten behoeve van de ontgraving voor het uitvoeren van de grondverbetering zoals bv. bemaling, taludstabiliteit, grondkering en dergelijke wordt verwezen naar Bijlage 2 "Algemene richtlijnen voor de uitvoering staalfunderingen"

Almere, 17 november 2022

 [Geo]advies & Expertise


ing. 



Bijlage 1. Berekeningsresultaten fundering op staal



ALGEMENE GEGEVENS

Project : W2022.846 Alkmaar - Kwakelkade - Nieuwbouw bedrijfsgebouw
 Onderdeel : Staalfundering
 Eenheden : [kN][m][MPa][graden] tenzij anders vermeld
 Datum : 15-11-2022
 Referentieniveau (RN) : N.A.P.
 Referentieperiode : 50 jaar
 Bestand : C:\Users\Charles\OneDrive -

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Beton	NEN-EN 1992-1-1:2011(nl)	C2/A1:2015(nl)	NB:2016(nl)
Geotechniek	EN 1997-1:2004	AC:2009	
	NEN-EN 1997-1:2005	C1+A1:2013	NB:2016
	NEN 9997-1:2016	C2:2017	

PROFIELGEGEVENS Vloer (d = 0,40 m)

Type	: Strook		
		Links	Rechts
Breedte	min [mm]	: 200	200
	max [mm]	: 1000	1000
	stap [mm]	: 200	200
Hoogte	[mm]	: 400	
Opstorting	breedte [mm]	: 0	
	lengte [mm]	: 200	

PROFIELGEGEVENS Poer (d= 0,40 m)

Type	: Poer		
		Links	Rechts
Breedte	min [mm]	: 1000	1000
	max [mm]	: 2000	2000
	stap [mm]	: 100	100
Lengte	voor [mm]	: 1000	
	achter [mm]	: 1000	De poer is vierkant.
Hoogte	[mm]	: 400	
Opstorting	breedte [mm]	: 0	
	lengte [mm]	: 200	

PROFIELGEGEVENS Poer (d= 0,60 m)

Type	: Poer		
		Links	Rechts
Breedte	min [mm]	: 1500	1500
	max [mm]	: 2500	2500
	stap [mm]	: 100	100
Lengte	voor [mm]	: 1500	
	achter [mm]	: 1500	De poer is vierkant.
Hoogte	[mm]	: 400	
Opstorting	breedte [mm]	: 0	
	lengte [mm]	: 200	

BODEMPROFIELGEGEVENS Bodemprofiel 1

Hoogte maaiveld [m] : 0.60

Laag	Van [m]	Tot [m]	Omschrijving
1	0.60	-16.00	Zand, matig gepakt

RESULTATEN GEDRAINEERD Vloer

Resultaten gedraineerd gedrag alle lagen (Bodemprofiel Bodemprofiel 1)

Er is gerekend volgens art. 6.5.2.2 (h) Geval: a

B-tot [m]	B-li [m]	B-re [m]	A' [m ²]	$\sigma'_{\max;d;c}$ [kPa]	$\sigma'_{\max;d;q}$ [kPa]	$\sigma'_{\max;d;\gamma}$ [kPa]	$\sigma'_{\max;d}$ [kPa]	$V_d \leq$ [kN]	R_d [kN]
0.40	0.20	0.20	0.40	0.0	99.9	19.3	119.2	5	48
0.80	0.40	0.40	0.80	0.0	99.9	38.5	138.4	10	111
1.20	0.60	0.60	1.20	0.0	99.9	57.8	157.7	16	189
1.60	0.80	0.80	1.60	0.0	99.9	77.0	177.0	21	283
2.00	1.00	1.00	2.00	0.0	99.9	96.3	196.2	26	392

RESULTATEN GEDRAINEERD Poer (d= 0,40 m)

Resultaten gedraineerd gedrag alle lagen (Bodemprofiel Bodemprofiel 1)

Er is gerekend volgens art. 6.5.2.2 (h) Geval: a

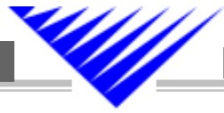
B-tot [m]	B-li [m]	B-re [m]	A' [m ²]	$\sigma'_{\max;d;c}$ [kPa]	$\sigma'_{\max;d;q}$ [kPa]	$\sigma'_{\max;d;\gamma}$ [kPa]	$\sigma'_{\max;d}$ [kPa]	$V_d \leq$ [kN]	R_d [kN]
2.00	1.00	1.00	4.00	0.0	205.1	67.4	272.5	1600	1090
2.20	1.10	1.10	4.84	0.0	205.1	74.1	279.2	1610	1351
2.40	1.20	1.20	5.76	0.0	205.1	80.9	286.0	1621	1647
2.60	1.30	1.30	6.76	0.0	205.1	87.6	292.7	1633	1979
2.80	1.40	1.40	7.84	0.0	205.1	94.4	299.4	1646	2348
3.00	1.50	1.50	9.00	0.0	205.1	101.1	306.2	1660	2756
3.20	1.60	1.60	10.24	0.0	205.1	107.9	312.9	1674	3204
3.40	1.70	1.70	11.56	0.0	205.1	114.6	319.7	1690	3695
3.60	1.80	1.80	12.96	0.0	205.1	121.3	326.4	1707	4230
3.80	1.90	1.90	14.44	0.0	205.1	128.1	333.1	1725	4811
4.00	2.00	2.00	16.00	0.0	205.1	134.8	339.9	1744	5438

RESULTATEN GEDRAINEERD Poer (d= 0,60 m)

Resultaten gedraineerd gedrag alle lagen (Bodemprofiel Bodemprofiel 1)

Er is gerekend volgens art. 6.5.2.2 (h) Geval: a

B-tot [m]	B-li [m]	B-re [m]	A' [m ²]	$\sigma'_{\max;d;c}$ [kPa]	$\sigma'_{\max;d;q}$ [kPa]	$\sigma'_{\max;d;\gamma}$ [kPa]	$\sigma'_{\max;d}$ [kPa]	$V_d \leq$ [kN]	R_d [kN]
3.00	1.50	1.50	9.00	0.0	235.2	101.1	336.3	4050	3027
3.20	1.60	1.60	10.24	0.0	235.2	107.9	343.1	4065	3513
3.40	1.70	1.70	11.56	0.0	235.2	114.6	349.8	4081	4044
3.60	1.80	1.80	12.96	0.0	235.2	121.3	356.6	4098	4621
3.80	1.90	1.90	14.44	0.0	235.2	128.1	363.3	4115	5246
4.00	2.00	2.00	16.00	0.0	235.2	134.8	370.0	4134	5921
4.20	2.10	2.10	17.64	0.0	235.2	141.6	376.8	4154	6646
4.40	2.20	2.20	19.36	0.0	235.2	148.3	383.5	4174	7425
4.60	2.30	2.30	21.16	0.0	235.2	155.0	390.3	4196	8258
4.80	2.40	2.40	23.04	0.0	235.2	161.8	397.0	4218	9147
5.00	2.50	2.50	25.00	0.0	235.2	168.5	403.7	4242	10094



Bijlage 2. Algemene richtlijnen voor de uitvoering staalfunderingen



ALGEMENE RICHTLIJNEN VOOR DE UITVOERING VAN STAALFUNDERINGEN

(gebaseerd op NEN 9997-1)

Voor aanvang van de uitvoering van ontgravingen en grondverbeteringen moeten de navolgende zaken bekend of gecontroleerd te zijn:

- Voldoet de uitvoering aan de gestelde uitgangspunten van het rapport zoals bodemopbouw en grondwaterniveau, ontgravingdiepte, aanlegniveau en afmetingen fundering;
- De locaties waar sonderingen en/of boringen zijn gemaakt in relatie tot het funderingsplan;
- De maaiveldhoogten ter plaatse van de te maken fundering;
- De maaiveldhoogten ter plaatse van de sondeer- en/of boorlocaties;
- Het funderingsplan met de afmetingen en aanlegniveaus van de funderingselementen.

Grondwater/bemaling

Tijdens de uitvoering van de graafwerkzaamheden moet het grondwaterniveau zo nodig worden verlaagd, zodanig dat de bodem van de put droog is en de grondwaterstand zich beneden de invloedssfeer van de verdichtingsapparatuur bevindt. 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. Eén en ander heeft tot gevolg dat verdichting onmogelijk wordt. Over het algemeen zal een verlaging van het grondwaterniveau met hulp van een bemaling tot 0,5 m onder de putbodem het gewenste resultaat opleveren.

De grondwaterspiegel mag niet méér worden verlaagd dan voor een goede uitvoering van de graafwerkzaamheden noodzakelijk is, dit vanwege ongunstige invloeden op de omgeving. Ook de bemalingsduur moet om dezelfde redenen zoveel mogelijk worden beperkt. In voorkomende gevallen is het mogelijk een kwalitatief goede grondverbetering te realiseren door optimale afstemming van ontgravingdiepte, laagdikte, grondwaterniveau en verrichtingsapparatuur.

Ter controle van de stijghoogte van het grondwater kan worden overwogen vooraf één of meer peilbuizen te plaatsen.

Milieu

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

Belendingen

Nagegaan moet worden of de noodzakelijke ontgravingen zonder risico voor de belendingen kunnen worden 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.

Ontgraving

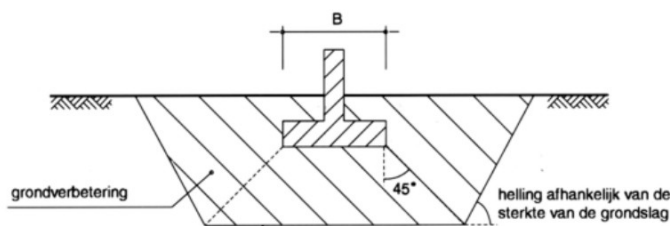
Bij afwezigheid van invloed van belendingen, ondergrondse kabels en leidingen kunnen de ontgravingen met een beperkte diepte worden uitgevoerd onder een talud van ca. 1 : 1. Hierbij is verondersteld dat langs de insteek van het talud geen zwaar materieel wordt geplaatst of zware materialen worden opgeslagen. Voor meer informatie wordt verwezen naar publicatieblad P no. 25 "Putten en Sleuven" van de Arbeidsinspectie.

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

Nadat de geadviseerde ontgravingniveaus 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.

De bodem van de ontgraving moet een zodanige breedte hebben, dat deze buiten het spanning–spreidingsgebied van de fundering ligt.

Tenzij in het rapport anders is vermeld moet de grondverbetering ten minste worden aangebracht binnen een gebied waarin de belasting onder 45° spreidt, zie Figuur 1.



Figuur 1 Principe grondverbetering

Het ontgravingvlak moet worden verdicht wanneer dat tijdens de graafwerkzaamheden is verstoord. Dit is alleen mogelijk wanneer zich onder het ontgravingniveau niet cohesieve grond bevindt.

Indien de grondslag (bodem van de put of sleuf) uit niet-cohesief materiaal bestaat zoals zand of grind (met een laag leemgehalte) dient de bodem te worden verdicht met een trilplaat. De mate van de verdichting dient te worden gecontroleerd, bijvoorbeeld met een handsondeerapparaat. Daarbij geldt als criterium dat de conusweerstand minimaal evenredig met de diepte moet toenemen tot minimaal 2,5 MPa op 0,1 m en 5 MPa op 0,3 m diepte. Hierna kan de werkvloer voor de fundering worden gestort of – bij een ontgravingniveau beneden het aanlegniveau – de eerste laag van de grondverbetering worden aangebracht.

Indien de staalfundering 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 ontgravingniveau niet wordt geroerd. Om vervolgens 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.

Zandaanvulling grondverbetering

Indien het geadviseerde ontgravingniveau 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.

Voor de uitvoering dienen de volgende richtlijnen te worden gevolgd:

- Het aanvulmateriaal moet laagsgewijs worden aangebracht en mechanisch worden verdicht door middel van trilapparatuur. De laagdikte moet zijn afgestemd op de verdichtingsapparatuur. Het is niet toegestaan een grondverbetering uit te voeren, waarbij aanplempen of inwateren van zand wordt toegepast;
- De laagdikte dient tijdens het verdichten bij voorkeur hooguit 0,3 m te bedragen;
- 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.

Kwaliteitseisen zand grondverbetering

Indien als aanvulmateriaal zand wordt gebruikt, dan moet dit 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;
- de gelijkmatigheidscoëfficiënt D60/D10 moet tenminste 2 zijn. D60 = zeefopening met een doorval van 60 gewichtsprocenten. D10 – 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;
- 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;
- middels proctor–proeven kan het optimale watergehalte van het materiaal worden bepaald in relatie tot de hoogst verkregen dichtheid bij een constante hoeveelheid toegevoegde energie.

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 echter een gelijkmatigheidscoëfficiënt D60/D10 van tenminste 3.



Verdichting

Het verdichten van de zandaanvulling moet laagsgewijs, zoveel mogelijk in kruislings gerichte gangen, worden uitgevoerd (minimaal 4 gangen). Ter indicatie zijn in onderstaande tabel gegevens verstrekt ten behoeve van de aan te wenden verdichtingsapparatuur. Een en ander dient te worden afgestemd op de kwaliteit van het zand en het te verdichten oppervlak.

Gewicht trilplaat [kN]	Centrifugekracht [kN]	Capaciteit [m ² /uur]	Laagdikte [m]
1,5 á 2	15	200	0,15
2 á 3,5	30	300	0,20
3,5 á 5	40	400	0,30

Opgemerkt wordt dat de in de fabrieksspecificatie opgegeven dieptewerking geen maatstaf is voor de toe te passen laagdikte, noch garantie biedt voor het verkrijgen van voldoende verdichting op het diepste niveau.

Aangezien het effect van de trilapparatuur zeer snel met de diepte afneemt, moet bij een grotere laagdikte rekening worden gehouden met forse toename van het aantal benodigde gangen. De effectiviteit en daarmee het aantal benodigde gangen is ook afhankelijk van het onderhoud en de slijtage van de apparatuur. Wanneer zware trilapparatuur wordt gebruikt, moet op het funderingsniveau nagetrild worden met een lichte trilplaat omdat een zware trilplaat of trilwals de bovenste circa 15 cm niet verdicht maar juist losschudt.

Controle verdichting

Controle op de kwaliteit van de aangebrachte grondverbeteringen kan geschieden op de volgende wijze:

- 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 (CPT NEN 5140). Indien de aangebrachte grondverbetering berijdbaar is voor een sondeertruck kan op deze wijze het volledige aangebrachte pakket achteraf worden gecontroleerd;
- handsonderingen. Vanwege de beperkte penetratie mogelijkheden kan hiermee een pakket van maximaal 50 cm diepte worden gecontroleerd. In combinatie met voorboren is deze diepte enigszins te vergroten;
- in-situ-dichtheidsbepalingen. Met volumesteeeringen worden monsters genomen waarvan de dichtheid wordt bepaald. Ook nucleaire dichtheidsmetingen kunnen worden gebruikt.

Stijfheidseigenschappen op aanlegniveau van de fundering kunnen worden gecontroleerd door middel van plaatdruk- en CBR-proeven.

Eisen aangebrachte grondverbetering

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;
- De conusweerstand moeten tot een diepte van ca 0,5 m gelijkmatig toenemen tot ca. 5 MPa. Hieronder moeten de conusweerstand een waarde bereiken van ca 10 MPa op 1 m diepte. Bij hoge funderingsdrukken en vervormingsgevoeligheid van het bouwwerk dienen hogere waarden te worden aangehouden;
- 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.

