

Ontwerpadvies L-keringen

Realisatie MO units aan de Bakkerstraat te Venlo
GA241428.R02.V1.0

3 december 2024



Ontwerpadvies L- keringen

Realisatie MO units aan de Bakkerstraat te Venlo

Documentnummer GA241428.R02.V1.0

3 december 2024

Opdrachtgever

Gemeente Venlo

Postbus 3434

5902 RK Venlo

+31 88 130 06 00

info@geonius.nl

Postbus 1097

6160 BB Geleen

Geonius.nl

Functie	Naam	Handtekening
---------	------	--------------

Inhoud

1	Inleiding	4
1.1	Samenvatting	4
2	Projectbeschrijving	5
2.1	Uitgangspunten	5
2.2	Algemene beschrijving	5
2.3	Uitgangspunten	6
2.4	Geotechnische uitgangspunten	8
3	Grondonderzoek, terre ingesteldheid en bodemopbouw	9
3.1	Algemeen	9
3.2	Bodemopbouw en grondparameters	9
3.3	Geohydrologische situatie	11
4	Ontwerpadvies L-keerwand	12
4.1	Algemeen	12
4.2	Berekeningsresultaten	12
4.2.1	Samenvatting berekeningsresultaten	12
4.2.2	Minimaal ontgravingsniveau.....	14
4.3	Conclusie en aanbevelingen	15
5	Uitvoering	17
5.1	Grondwater	17
5.2	Grondwerk en/of ontgravingen	17
5.3	Begaanbaarheid terrein	17

Bijlagen

Bijlage 1 Situatietekening

Bijlage 2 Sondeergrafieken

Bijlage 3 Boorprofiel

Bijlage 4 L-wand berekeningen

Bijlage 5 Richtlijnen uitvoering grondverbetering/-verdichting

1 Inleiding

Door Gemeente Venlo werd aan Geonius Geotechniek B.V. opdracht gegeven om een ontwerpadvies voor de L-grondkering op te stellen voor de realisatie van tijdelijke (minimaal 10 jaar) Maatschappelijke Opvang (verder: MO) units aan de Bakkerstraat te Venlo. De ligging van de projectlocatie is weergegeven in Figuur 1.1.

Door onze firma is op locatie reeds een geotechnisch grondonderzoek uitgevoerd en een funderingsadvies opgesteld onder rapportage nummer: GA241428.R01.V1.0 d.d. 12-11-2024.

Op basis van de resultaten van het geotechnisch grondonderzoek is in voorliggend advies het ontwerp van de grondkering gedimensioneerd. Voorliggende rapportage kan dan ook als aanvulling op rapportage GA241428.R01.V1.0 d.d. 12-11-2024 worden beschouwd.

Voorliggend rapport bevat de resultaten van het grondonderzoek en het ontwerpadvies voor de grondkering. Het ontwerpadvies is uitgewerkt conform NEN 9997-1 (Geotechnisch ontwerp Deel 1: Algemene regels), CUR 166 6e druk en NEN 1997-2 (Geotechnisch ontwerp Deel 2: Grondonderzoek en beproeving). Beide delen vormen de basis van Eurocode 7.



Figuur 1.1: Luchtfoto met ligging projectlocatie, indicatief aangegeven met rood kader [bron: PDOK 2023].

1.1 Samenvatting

Op basis van de resultaten van het grondonderzoek en de geplande nieuwbouw kunnen L-wanden en T-wanden worden toegepast. Enkele specifieke aandachtspunten volgend uit het grondonderzoek, het funderingsadvies en/of de omgeving zijn vermeld in Tabel 1.1.

Tabel 1.1: Overzicht aandachtspunten

Aandachtspunt	Verwijzing binnen rapport
#1 Controle constructieve uitgangspunten	Hoofdstuk 2, pagina 5.
#2 L-wanden voor locaties waar verticale fundatie van MO-units géén sprake is. Aanbrengen grondverbetering noodzakelijk.	Hoofdstuk 4, vanaf pagina 11.
#3 T-wanden voor locaties waar verticale fundatie van MO-units toegepast gaat worden. Aanbrengen grondverbetering noodzakelijk.	Hoofdstuk 4, vanaf pagina 11.

2 Projectbeschrijving

2.1 Uitgangspunten

Vanuit geotechnisch oogpunt bevindt het project zich ten tijde van het opstellen van het rapport in een VO ontwerpfase. De projectuitgangspunten zijn op basis van de in Tabel 2.1 opgenomen documenten vastgesteld, welke door opdrachtgever zijn aangeleverd. Bij schrijven van voorliggend advies was nog geen constructeur betrokken bij het project.

Tabel 2.1: Overzicht geraadpleegde projectgegevens

Ref.	Document / Tekening / Grondonderzoek	Versie	Datum
[1]	Presentatie MO 03022024	SO	03-02-2024
[2]	20241003_2441_VO-000-situatie	VO	03-10-2024
[3]	20241003_2441_VO-100-begane grond	VO	03-10-2024
[4]	20241003_2441_VO-101-eerste verdieping	VO	03-10-2024
[5]	20241003_2441_VO-102-tweede verdieping	VO	03-10-2024
[6]	Keerwanden MO locatie Bakkerstraat 20241016 sonderingslocatie	VO	16-10-2024
[7]	Mail van dhr. R. Pilet van de gemeente Venlo inzake uitgangspunten nieuwbouw	-	04-10-2024
[8]	Gezamenlijk overleg tussen Gemeente Venlo en Geonius inzake uitgangspunten funderingswijze	-	08-11-2024
[9]	MO locatie 20241114	-	14-11-2024
[10]	Funderingsadvies: GA241428.R01.V1.0	1.0	12-11-2024

2.2 Algemene beschrijving

De gemeente Venlo is bezig met de voorbereidingen voor de realisatie van tijdelijke MO units aan de Bakkerstraat te Venlo. Het huidige perceel ligt ca. 2,0 à 2,1 m lager dan de aangrenzende Bakkerstraat. De gemeente is voornemens het perceel op te hogen, waardoor aangesloten kan worden op de Bakkerstraat. Vervolgens zullen op dit verhoogd maaiveld de tijdelijke units worden aangebracht. Voor de funderingswijze van de tijdelijke units zijn verschillende opties, welke zijn beschouwd in het funderingsadvies in rapportage GA241428.R01.V1.0 d.d. 12-11-2024 (Ref. [10]).

Op de perceelsgrenzen, en in verband met naastgelegen bestaande bomen, is opdrachtgever voornemens het nieuwe hoogteverschil (oud en nieuw maaiveld) op te vangen middels het plaatsen van L-grondkeringen. Deze zullen aan de westzijde van het perceel enkel gebruikt worden om de grond te keren (1). Aan de noord en oostzijde is opdrachtgever voornemens om deze keringen tevens als fundatie (verticaal op druk belast) voor de tijdelijke units te gebruiken (2). In voorliggend advies worden beide situaties (1 & 2) beschouwd, waarmee de benodigde kering wordt berekend. Op basis van deze berekeningen kan opdrachtgever in overleg met (de) leverancier(s) en de constructeur het verdere plan uitwerken.

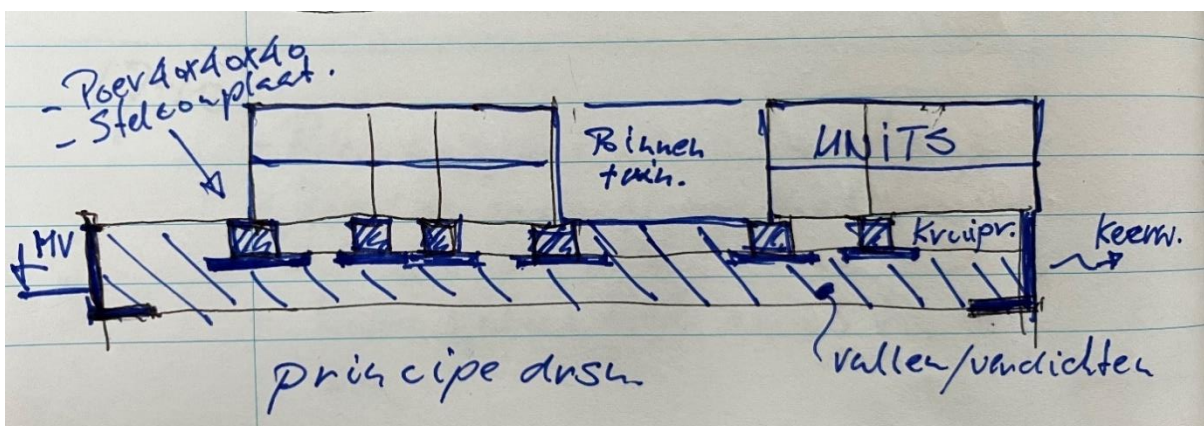
2.3 Uitgangspunten

Voor het ontwerpadvies voor de grondkering zijn mede op basis van de door de opdrachtgever verstrekte gegevens de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Het huidig maaiveld niveau / lage zijde grondkeringen is op basis van ingemeten maaiveldniveaus en Ref. [9] aangenomen op een maatgevend (laag) niveau van NAP +21,3 m;
- Het niveau van het toekomstig maaiveld / hoge zijde grondkeringen is op basis van Ref. [9] aangenomen op NAP +23,4 m;
- Dit resulteert in een maximaal kerende hoogte van 2,1 m;
- Voor de keerwanden is rekening gehouden met een horizontaal maaiveld voor zowel de hoge- als lage zijde van de keerwanden;
- **Voorliggend document beschouwt enkel het geotechnisch funderingsontwerp van de keerwand, waarbij de keerwanden worden getoetst op de mechanismen omschreven in par. 4.1. De constructieve sterkte en de uitwerking van de onderlinge verbinding van de keerwanden vormt geen onderdeel van voorliggende opdracht; dit zal door een constructeur en/of leverancier moeten worden uitgewerkt;**
- In voorliggend advies is uitgegaan van de toepassing van geprefabriceerde L-wanden ($\delta' = 2/3 \varphi'$) welke zijn gefundeerd op een grondverbetering ($\varphi'_{rep} = 32,5^\circ$). Voor de minimale ontgravingsniveaus, van waarop de grondverbetering dient te worden opgebouwd zijn gegeven in Tabel 4.3;
- Gezien de gedraineerde grondslag is in de berekening geen rekening gehouden met eventueel stagnerend water aan de hoge zijde van de keerwanden. Er dienen voorzieningen te worden aangebracht in de vorm van drainage aan zowel de voetzijde als aan de wandzijde, zodat stagnerend regenwater wordt voorkomen;
- De scenario's die worden beschouwd zijn (1) L-kering enkel in gebruik als grondkering en (2) L-kering in gebruik als grondkering en als verticale fundatie MO-units. Een principe schets van beide scenario's is gegeven in Figuur 2.1, waarin linkerzijde scenario (1) en rechterzijde scenario (2) zijn weergegeven;
- Voor het scenario (1), waarbij enkel sprake is van een grondkering wordt rekening gehouden met de volgende belastingen. Voor de bovenbelasting is een belastingspreiding van 30% aangehouden:
 - A - Geval fundering op staal MO units en geén toepassing zwaar bouwverkeer op ophoging tot 5 m uit top L-wand:
 - Bovenbelasting van 5 kN/m², over een breedte van 2,5 m op 1 m uit top L-wand. Deze belasting betreft het gebruik van een onderhoudsvoertuig. Dit is van toepassing wanneer de nieuwbouw op staal gefundeerd gaat worden en er bij deze wanden geen sprake is van zwaarder bouwverkeer;
 - Horizontale gronddruk als gevolg van kering grond van ca. 2,1 m hoog;
 - Horizontale gronddruk als gevolg van hoog aangezette poeren MO units. Op basis van Ref. [9] wordt uitgegaan van een minimale afstand tussen top L-wand en poeren van 3,5 m. De poeren worden daarnaast ca. 1 m+ aanlegniveau L-wand aangezet. Bij een spreiding van de belasting vanuit de poeren onder een hoek van 45° zal deze niet aangrijpen op de wand van de L-kering, waardoor geen sprake is van een additionele horizontale druk op de L-wand. Mogelijk zal deze belasting wel aangrijpen op de voet van de L-wand, maar dit zal enkel een positief effect hebben en is derhalve niet meegenomen in de beschouwing. **Indien in het definitief ontwerp blijkt dat er sprake is van een kleinere afstand tussen L-wand en poerfundatie dan voornoemde 3,5 m, dient contact opgenomen te worden met Geonius. Mogelijk dient voorliggende berekening te worden herzien;**

- B - Geval fundering op palen MO units:
 - Bovenbelasting van 15 kN/m². Dit betreft een aanname voor een compacte heistelling voor de realisatie van inwendig geheide stalen buispalen en het gebruik van ander bouwverkeer tijdens de realisatiefase. Dit is van toepassing wanneer de nieuwbouw op palen gefundeerd gaat worden. Er dient bij de paalleverancier en aannemer gecontroleerd te worden of een dergelijke belasting voldoet. **Mocht dit niet het geval zijn, dan dient de berekening in voorliggend rapport te worden herzien;**
 - Horizontale gronddruk als gevolg van kering grond van ca. 2,1 m hoog;
- Voor het scenario (2), waarbij sprake is van een grondkering en fundering van de MO units bovenop de L-wand (verticale belasting) wordt rekening gehouden met de volgende belastingen:
 - Bovenbelasting van 15 kN/m² van bouwverkeerd in de bouwfase;
 - Puntlasten op hoekpunten van 2 units, excl. eigen gewicht fundering [$V_{d;puntlast}$]: ca. 205 kN;
 - Horizontale gronddruk als gevolg van kering grond van ca. 2,1 m hoog;
 - Horizontale gronddruk als gevolg van hoog aangezette poeren MO units. Op basis van Ref. [9] wordt uitgegaan van een minimale afstand tussen top L-wand en poeren van 3,5 m. De poeren worden daarnaast ca. 1 m+ aanlegniveau L-wand aangezet. Bij een spreiding van de belasting vanuit de poeren onder een hoek van 45° zal deze niet aangrijpen op de wand van de L-kering, waardoor geen sprake is van een additionele horizontale druk op de L-wand. Mogelijk zal deze belasting wel aangrijpen op de voet van de L-wand, maar dit zal enkel een positief effect hebben en is derhalve niet meegenomen in de beschouwing. **Indien in het definitief ontwerp blijkt dat er sprake is van een kleinere afstand tussen L-wand en poerfunderatie dan voornoemde 3,5 m, dient contact opgenomen te worden met Geonius. Mogelijk dient voorliggende berekening te worden herzien;**
- Eventuele beperkingen of randvoorwaarden als gevolg van milieukundige aspecten zijn buiten beschouwing gelaten.

Indien wordt afgeweken van voornoemde uitgangspunten dan dient ons bureau te worden gecontacteerd daar dan het ontwerpadvies mogelijk moet worden aangepast



Figuur 2.1: Principeschets funderingswijze MO Units Bakkerstraat Venlo [bron: Gemeente Venlo].

2.4 Geotechnische uitgangspunten

Gezien de belastingen als gevolg van de nieuwbouw en de te verwachten bodemopbouw is het project door ons bureau conform NEN 9997 ingedeeld in de geotechnische categorie 2 (GC2). Dit betekent dat het terrein- en bodemonderzoek moet worden uitgevoerd volgens hoofdstuk 3.2 van NEN 9997 en een onderzoeksrapport dient te worden overlegd conform hoofdstuk 3.4 van NEN 9997.

De toetsing voor de L-wand is uitgewerkt conform NEN 9997 (Eurocode 7 Deel 1) en de richtlijnen gegeven in het handboek funderingen hoofdstuk A 3600 L-vormige keermuren (SBRCURnet).

3 Grondonderzoek, terreingesteldheid en bodemopbouw

3.1 Algemeen

Ten behoeve van het grondonderzoek zijn in november 2024 in totaal 6 diepsonderingen en 1 handboring uitgevoerd. De sonderingen zijn uitgevoerd met een 20-tons sondeermachine.

Voor meer informatie over het uitgevoerde grondonderzoek en de huidige terreingesteldheid wordt verwezen naar rapportage GA241428.R01.V1.0 d.d. 12-11-2024.

3.2 Bodemopbouw en grondparameters

De bodemopbouw is op basis van het uitgevoerde grondonderzoek geïnterpreteerd en onderstaand beschreven:

Vanaf maaiveld wordt tot een maximaal verkende diepte van ca. NAP +7,0 m een matig vast tot vastgepakt zandpakket aangetroffen. De bovenste ca. 0,5 m (SW03 en SW06) tot ca. 1,5 (SW02 en SW05) à ca. 2,0 m (SW01 en SW04) van dit pakket is geroerd. Op basis van een ontvangen beschrijving van de opdracht (Ref. [7]) is aan de westelijke zijde van het terrein in het verleden sprake geweest van bebouwing, welke is gesloopt. Onze verwachting is dat de dikte van de geroerde grondslag ter plekke van SW01 en SW04 gevolg zijn van de sloopwerkzaamheden en/of verwijdering van voormalige funderingen.

De conusweerstand in het zandpakket variëren van ca. 1,0 MPa voor de geroerde toplaag tot meer dan 20 MPa voor het vast gepakte zand.

De bodemopbouw ten behoeve van voorliggend vraagstuk kan globaal als volgt worden omschreven en gemodelleerd, zie Tabel 3.1. De bij de berekeningen gehanteerde grondparameters zijn vastgesteld aan de hand van de sonderingen, boringen, onze ervaring met de aangetroffen grondsoorten en tabel 2.b van NEN 9997 en gelden voor ongeroerde grond. Werkelijke parameters kunnen enkel op basis van laboratoriumonderzoek worden vastgesteld.

Daar op locatie sprake is van een geroerde toplaag, dient onderstaande laagnummer 1 vervangen te worden door een grondverbetering, waarvan de eigenschappen zijn gegeven in Tabel 3.2. De minimale ontgravingsniveaus voor de grondverbetering zijn gegeven in Tabel 4.3. De richtlijnen zijn gegeven in bijlage 5.

Teneinde de rekenwaarden van de sterkteparameters te bepalen dienen de karakteristieke waarden te worden gedeeld door de partiële factoren behorende bij de geldende risicoklasse. Voor de keerwand (L-wand) is het project ingedeeld in risicoklasse 2 (RC2). De partiële factoren zijn weergegeven in Tabel 3.3.

Tabel 3.1: Modelleren grondopbouw en grondparameters.

Laag- nummer	Bovenkant laag [m NAP]	Grondsoort	$\gamma_{\text{nat}} / \gamma_{\text{sat}}$	φ'_{rep}	φ'_{d}	c'_{rep}	c'_{d}
			kN/m ³	(°)	(°)	kN/m ²	kN/m ²
1	+21,3 (maaiveld lage zijde)	Zand, silthoudend, geroerd	17 / 19	28,0	23,9	0	0
2	+19,2	Zand, matig vast	18 / 20	32,5	28,0	0	0

Tabel 3.2: Grondparameters aan te brengen grondlagen

Grondsoort	$\gamma_{\text{nat}} / \gamma_{\text{sat}}$	φ'_{rep}	φ'_{d}	c'_{rep}	c'_{d}
	kN/m ³	(°)	(°)	kN/m ²	kN/m ²
Zand, vast, aanvulling / grondverbetering	18 / 20	32,5	28,0	0	0

Tabel 3.3: Partiële factoren voor bepalen rekenwaarden sterkteparameters

Sterkte-eigenschappen	Keerwand
	(EC7 RC2)
Tangens hoek van inwendige wrijving ($\tan \phi'$)	1,2
Cohesie (c')	1,5
Volumiek gewicht	1,1

3.3 Geohydrologische situatie

Het grondwaterniveau is tijdens de uitvoering van het grondonderzoek in de sondeergaten vastgesteld op een diepte van ca. 2,6 m- à 2,7 m- maaiveld. Dit komt overeen met ca. NAP +18,7 m. Het betreft hier slechts een eenmalige meting, waardoor deze waarneming slechts een indicatie betreft.

Op basis van bovenstaande is voor dit adviesrapport voor de freatische grondwaterstand een niveau van ca. NAP +18,7 m gehanteerd.

De grondwaterstand verschilt van seizoen tot seizoen en wordt beïnvloed door zomer-/winterpeil, variërende neerslag, lagenopbouw en lokale omstandigheden (aanvoer van grondwater uit hoger gelegen gebieden, grondwateronttrekkingen, kwel en/of inzijging). Het is niet uit te sluiten dat in nattere of drogere jaargetijden een hogere of lagere grondwaterstand kan worden aangetroffen. Exacte vaststelling van de grondwaterpotentialen en fluctuatie hiervan, kan alleen middels frequente en/of langdurige peilbuismetingen worden verkregen.

4 Ontwerpadvies L-keerwand

4.1 Algemeen

De toetsing voor de L-wand is uitgewerkt conform NEN 9997 (Eurocode 7 Deel 1) en de richtlijnen gegeven in het handboek funderingen hoofdstuk A 3600 L-vormige keermuren (SBRCURnet).

In de berekening worden de keerwanden getoetst op de volgende bezwijkmechanismen:

- Kantelstabiliteit
- Weerstand tegen horizontaal glijden (horizontaal evenwicht)
- Draagkracht ondergrond (verticaal evenwicht)

In voorliggend ontwerp is uitgegaan van de grondlagen en -eigenschappen en partiele factoren zoals vermeld in paragraaf 3.2, en overige uitgangspunten conform paragraaf 2.3.

4.2 Berekeningsresultaten

4.2.1 Samenvatting berekeningsresultaten

De keerwanden zijn berekend op basis van scenario's (1) en (2). Er is gestart met het berekenen van 'standaard' prefab keerwanden. Indien een standaard prefab keerwand niet voldeed, is een groter of zwaarder profiel getoetst met een langere voet en/of hak en/of een dieper aanlegniveau. Indien dit alsnog niet voldoet is vervolgens overgegaan op een T-profiel kering.

In dit hoofdstuk worden de voornoemde bezwijkmechanismen getoetst voor grenstoestand 1 op basis van de dimensionering in de verstrekte documenten (Tabel 2.1). De geometrie is nogmaals in onderstaande Tabel 4.1 vermeld.

Tabel 4.1: Dimensionering geometrie

Dwarsprofiel	Niveau hoge zijde [m NAP]	Niveau lage zijde [m NAP]	Kerende hoogte [m]	Kering horizontale gronddruk [Ja/Nee]	Belastingen
Scenario 1A	+23,4	+21,3	2,1	Ja	5 kN/m ²
Scenario 1B	+23,4	+21,3	2,1	Ja	15 kN/m ²
Scenario 2	+23,4	+21,3	2,1	Ja	15 kN/m ² / 205 kN

Enkel de maatgevende situatie per toets is in onderstaande Tabel 4.2 vermeld. Voor de volledige resultaten en krachten op de wanden wordt verwezen naar de bijlagen.

Tabel 4.2: Resultaten keerwandberekeningen

-					Toetsing met toepassing van grondverbetering conform paragraaf 4.2.2 en bijlage 5.			
Type L- kering / Hoogte	Lengte voetpla at	Minimale Grond Dekking	Aanleg- Niveau	Neus/ hak	Stabiliteits- factor kantelen	Veiligheidsfactor draagvermogen ondergrond	Stabiliteits- factor Hor. Glijden	Voldoet
[m]	[m]	[m]	[m NAP]	[m]	[-]	[-]	[-]	[ja/nee]
Scenario 1A								
L300Hak / 3,0 of gelijk- waardig	1,90	0,40	+20,90	0,20	3,68	Zonder grondverbetering 0,86 / Met grondverbetering 1,43 ¹⁾	1,17	Ja
Scenario 1B								
L300Hak / 3,0 of gelijk- waardig	1,90	0,80	+20,50	0,20	1,85	Zonder grondverbetering 0,54 / Met grondverbetering 0,78	0,77	Nee
3,0	2,40	0,40	+20,90	0,20	3,66	Zonder grondverbetering 0,78 / Met grondverbetering 1,30 ¹⁾	1,02	Ja
Scenario 2								
3,0	2,40	0,40	+20,90	0,20	11,70	Zonder grondverbetering 0,30 / Met grondverbetering 0,47	5,79	Nee
T-kering 3,0	2,10	0,90	+20,40	1,05	1,91	Zonder grondverbetering 0,90 / Met grondverbetering 2,29 ¹⁾	1,04	Ja

4.2.2 Minimaal ontgravingsniveau

Uit de berekeningen volgt dat het verticaal draagvermogen kritisch is voor het ontwerp van de keerwand. Hierdoor is er geen verticaal evenwicht tussen enerzijds de belasting uit de keerwand (en de ophoging op de voet) en anderzijds de tegenwerkende kracht van de ondergrond. Dit resulteert in dat de keerwandconstructie gaat vervormen/afschuiven om zo tot een nieuwe evenwicht te komen.

Om de draagkracht van de ondergrond te verhogen dient een grondverbetering aangebracht te worden waarbij de geroerde ondergrond wordt verwijderd en vervangen door een grondverbetering.

In Tabel 4.3 zijn de minimale ontgravingsniveaus per sondering gegeven. Het betreft hier een ontgravingsniveau ter plaatse van de sonderingen. Deze ontgravingsniveaus dienen als leidraad genomen te worden voor de gebieden tussen de sonderingen. Indien, onder de funderingselementen op de aangegeven niveaus, plaatselijk nog zeer losse geroerde gedeelten worden aangetroffen, zal dit moeten worden verwijderd tot op de draagkrachtige zandlaag.

Daar waar het aanlegniveau hoger ligt dan het minimaal ontgravingsniveau, dient vanaf ontgravingsniveau de grondverbetering te worden opgebouwd tot aan het aanlegniveau van de fundering. Richtlijnen betreffende gestelde eigenschappen van het materiaal, het uitvoeren van grondverbeteringen en verdichting zijn gegeven in bijlage 5.

Bij twijfel over de aangetroffen grondslag wordt geadviseerd contact op te nemen met Geonius, zodat in samenspraak eventuele (aanvullende) maatregelen kunnen worden bepaald.

Tabel 4.3: Te hanteren niveaus voor fundering en grondverbetering

Sondering nummer	Maaiveldniveau in m t.o.v. NAP	Bouwpeilniveau in m t.o.v. NAP	Aanlegniveau in m t.o.v. NAP	Minimaal ontgravingsniveau in m t.o.v. NAP
SW01	+21,33	+23,50	+20,90 / +20,40	+19,20 / +19,20
SW02	+21,44			+19,40 / +19,40
SW03	+21,41			+20,40 / +20,40
SW04	+21,47			+19,40 / +19,40
SW05	+21,46			+20,30 / +20,30
SW06	+21,32			+20,60 / +20,40

Indien een hoger aanlegniveau wordt gehanteerd dan in Tabel 5.2 is vermeld, is te allen tijde een grondverbetering noodzakelijk tot het aangegeven minimale ontgravingsniveau.

De in dit rapport berekende draagkracht betreft de geotechnische draagkracht, welke wordt ontleend aan de ondergrond. De rekenwaarde van de totale funderingsbelasting dient lager te zijn dan de door ons opgegeven rekenwaarden. Hiermede is aan de uiterste grenstoestand 1A (bezwijken van de funderingsgrondslag) voldaan.

Door de constructeur zal het uiteindelijke funderingsontwerp, op basis van de door ons opgegeven parameters, nog getoetst moeten worden aan de uiterste grenstoestand 1B (maximaal toelaatbare vervormingen in de funderingsconstructie). Tevens dienen door de constructeur of leverancier de constructieve aspecten van de fundering op staal te worden gecontroleerd en beoordeeld.

4.3 Conclusie en aanbevelingen

Scenario 1A - enkel grondkering van ca. 2,1 m:

Uit de berekeningen volgt dat voldaan kan worden met een type L300Hak (of vergelijkbaar), welke aangezet wordt met een minimale gronddekking van 0,4 m. Omdat het verticale evenwicht (draagvermogen ondergrond) kritisch is in de huidige situatie, dient een grondverbetering toegepast te worden waarmee het draagvermogen van de grond wordt verhoogd. Voor de minimale ontgravingsniveaus voor de grondverbetering wordt verwezen naar Tabel 4.3.

Scenario 1A is enkel van toepassing in het geval geen bouwverkeer in de realisatiefase of ander zwaar verkeer in de gebruiksfase toegepast wordt binnen 5 m van de top van de L-kering op nieuw maaiveldniveau. Indien wel sprake is van een dergelijk zwaardere belasting, dient uitgegaan te worden van Scenario 1B. Daar voornoemde een uitvoeringsrisico betreft, adviseren wij uit te gaan van Scenario 1B, waardoor robuustheid in het ontwerp wordt gecreëerd.

Scenario 1B - grondkering van ca. 2,1 m + bouwverkeer:

Uit de berekeningen volgt dat niet voldaan kan worden met een regulier type L300Hak (of vergelijkbaar). Derhalve dient een L-wand te worden toegepast met een voetplaat (incl. hak van 0,2 m) van totaal 2,4 m lengte, welke aangezet wordt met een minimale gronddekking van 0,4 m. Omdat het verticale evenwicht (draagvermogen ondergrond) kritisch is in de huidige situatie, dient een grondverbetering toegepast te worden waarmee het draagvermogen van de grond wordt verhoogd. Voor de minimale ontgravingsniveaus voor de grondverbetering wordt verwezen naar Tabel 4.3.

Scenario 2 - grondkering van ca. 2,1 m + verticale fundatie MO-units:

Uit de berekeningen volgt dat niet voldaan kan worden met een regulier type L300Hak (of vergelijkbaar). Het gebruik van een L-wand zal niet resulteren in een stabiele constructie, daar als gevolg van de verticale belasting uit de MO-units een te grote excentriciteit op zal treden, waardoor het effectief funderingsoppervlakte te gericht zal zijn. Het gevolg is het falen/kantelen van de constructie.

Derhalve dient een **T-wand** te worden toegepast met een voetplaat van 2,1 m lengte, waardoor de excentriciteit wordt gelimiteerd en voldoende effectief funderingsoppervlakte gehandhaafd blijft. Deze T-wand dient te worden aangezet met een minimale gronddekking van 0,9 m. Omdat het verticale evenwicht (draagvermogen ondergrond) kritisch is in de huidige situatie, dient een grondverbetering toegepast te worden waarmee het draagvermogen van de grond wordt verhoogd. Voor de minimale ontgravingsniveaus voor de grondverbetering wordt verwezen naar Tabel 4.3.

Algemeen:

Op basis van de berekeningsresultaten in Tabel 4.2 dienen keerwanden toegepast te worden met een wandhoogte van 3 m. Daar voor scenario 1A en 1B sprake is van een minimaal benodigde gronddekking van 0,4 m, zullen de wanden bij toepassing van deze gronddekking ca. 0,5 m boven nieuw maaiveld uitsteken (NAP +23,9 m t.o.v. NAP +23,4 m). Indien dit niet gewenst is, kan er voor gekozen worden om de wanden dieper aan te zetten, waardoor tevens sprake zal zijn van een dikkere gronddekking, hetgeen geotechnisch gezien enkel positief zal werken.

Voor Scenario 2 is reeds sprake van een minimale gronddekking van 0,9 m, zal de top van de T-wanden op ongeveer het nieuwe maaiveldniveau uitkomen van ca. NAP +23,4 m.

Gezien de gedraineerde grondslag is in de berekening geen rekening gehouden met eventueel stagnerend water aan de hoge of lage zijde van de keerwanden. Er dienen afwateringsmogelijkheden aangebracht te worden om het regenwater weg te leiden van de keerwanden. Door voorzieningen aan te brengen als een drainage of HWA langs de keerwanden kan de uitspoeling van de grond onder en achter de keerwanden worden voorkomen. Het afdichten van de voegen tussen de keerwanden kan hier tevens aan bijdragen.

5 Uitvoering

5.1 Grondwater

Voor een juiste uitvoering van een grondverbetering ten behoeve van de fundering is het noodzakelijk dat de grondwaterstand ten minste 0,5 m onder het verdichtingsniveau ligt. Op deze wijze kan de ondergrond op een juiste wijze worden verdicht. Zie ook bijlage 5 voor richtlijnen omtrent de uitvoering van grondverbeteringen/-verdichting.

Op basis van de in paragraaf 5.3 gehanteerde grondwaterstand zijn geen maatregelen nodig vanuit het grondwater.

5.2 Grondwerk en/of ontgravingen

Het verdient aanbeveling om het ontgravingsniveau zorgvuldig en in droge toestand af te trillen. Zodoende worden ontgravingsverstoringen teniet gedaan en wordt een zo optimaal mogelijke funderingsgrondslag verkregen.

Bij het ontgraven voor de funderingen dient rekening worden met het mogelijk inkalven van de wanden van de sleuven. Dit kan ook optreden bij de taluds van de eventuele bouwput. Oorzaken van het inkalven kunnen zijn:

- Weinig cohesieve, weke en/of plaatselijk geroerde toplagen;
- Steile taluds;
- Uitspoeling door regenwater/afstromend hellingwater.

Bij ontgravingswerkzaamheden dient rekening gehouden te worden met de stabiliteit van en/of horizontale grondbelasting op aanwezige objecten en/of situaties. Deze kunnen onder andere bestaan uit belendende funderingen, grondlichamen, aanwezige ondergrondse infrastructuur en/of binnen het project gerealiseerde bouwonderdelen. Het is aan te bevelen om vooraf de omvang en mogelijke beïnvloeding van dergelijke objecten vast te stellen. Dit is mogelijk middels bijvoorbeeld: een bureaustudie, inspecties, metingen of het graven van enkele (kleine) proefgaten en dergelijke. Desgewenst kan ons bureau deze werkzaamheden uitvoeren/begeleiden en nader adviseren omtrent de uitvoeringswijze van de nieuwe fundering.

Afhankelijk van het vrijkomende materiaal (bijvoorbeeld puin, leem of zand) ten tijde van de ontgraving, kan een milieukundige verklaring (b.v. AP04) nodig zijn. Indien gewenst kan Geonius dit verzorgen.

5.3 Begaanbaarheid terrein

Voor de begaanbaarheid van het terrein en het manoeuvreren van eventueel materieel is het noodzakelijk een draagkrachtige ondergrond te hebben. De benodigde draagkracht is afhankelijk van het gewicht van het materieel, de aanwezige grondwaterstand en het toepassen van eventuele (dragline) schotten. Het wordt te allen tijde aanbevolen om voor aanvang van de werkzaamheden de terreinomstandigheden te controleren en indien nodig voorzorgsmaatregelen te treffen. Indien gewenst kan Geonius hiervoor een ontwerp opstellen, terreininspectie uitvoeren of metingen verrichten.

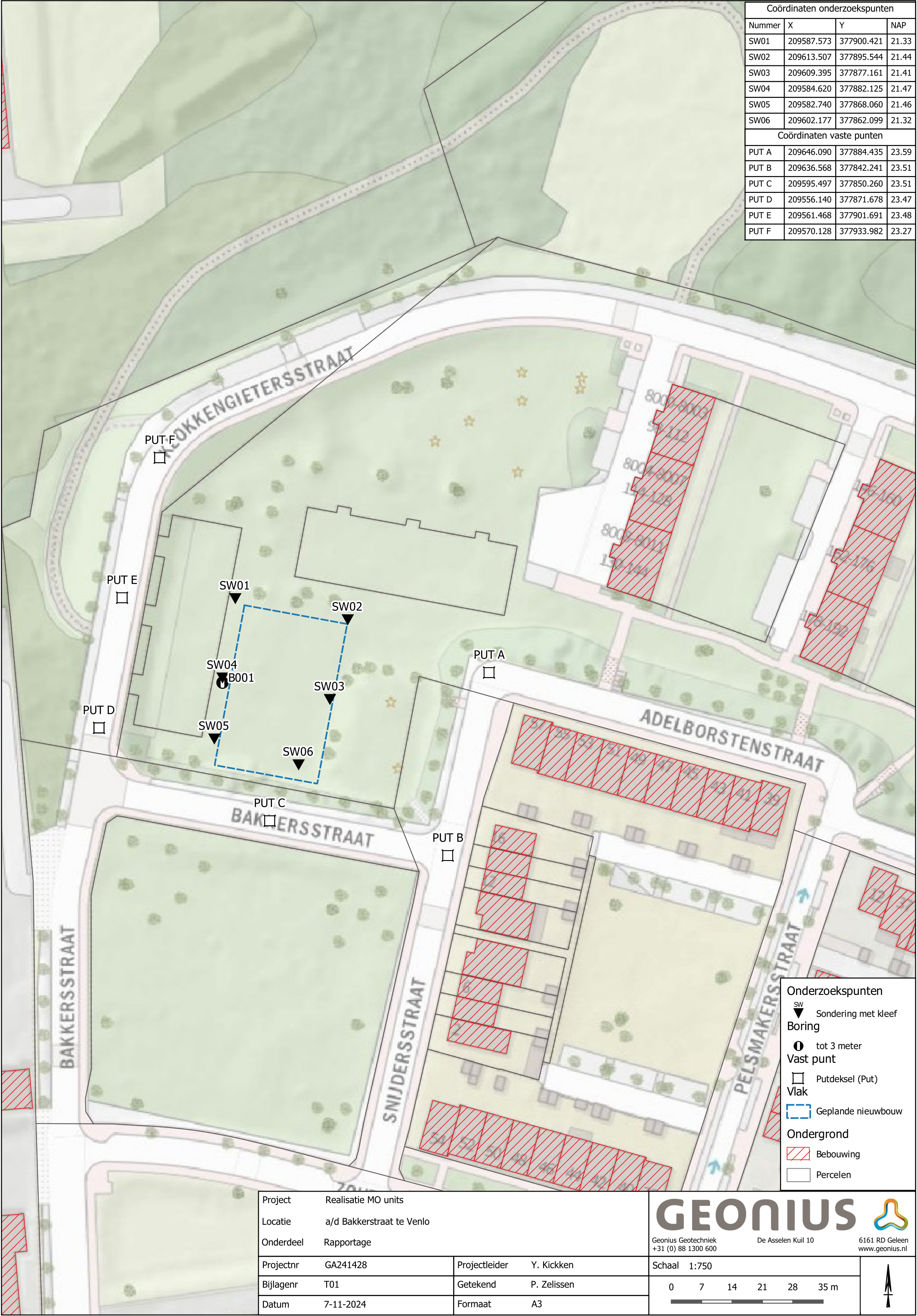
Bijlagen

Bijlage 1

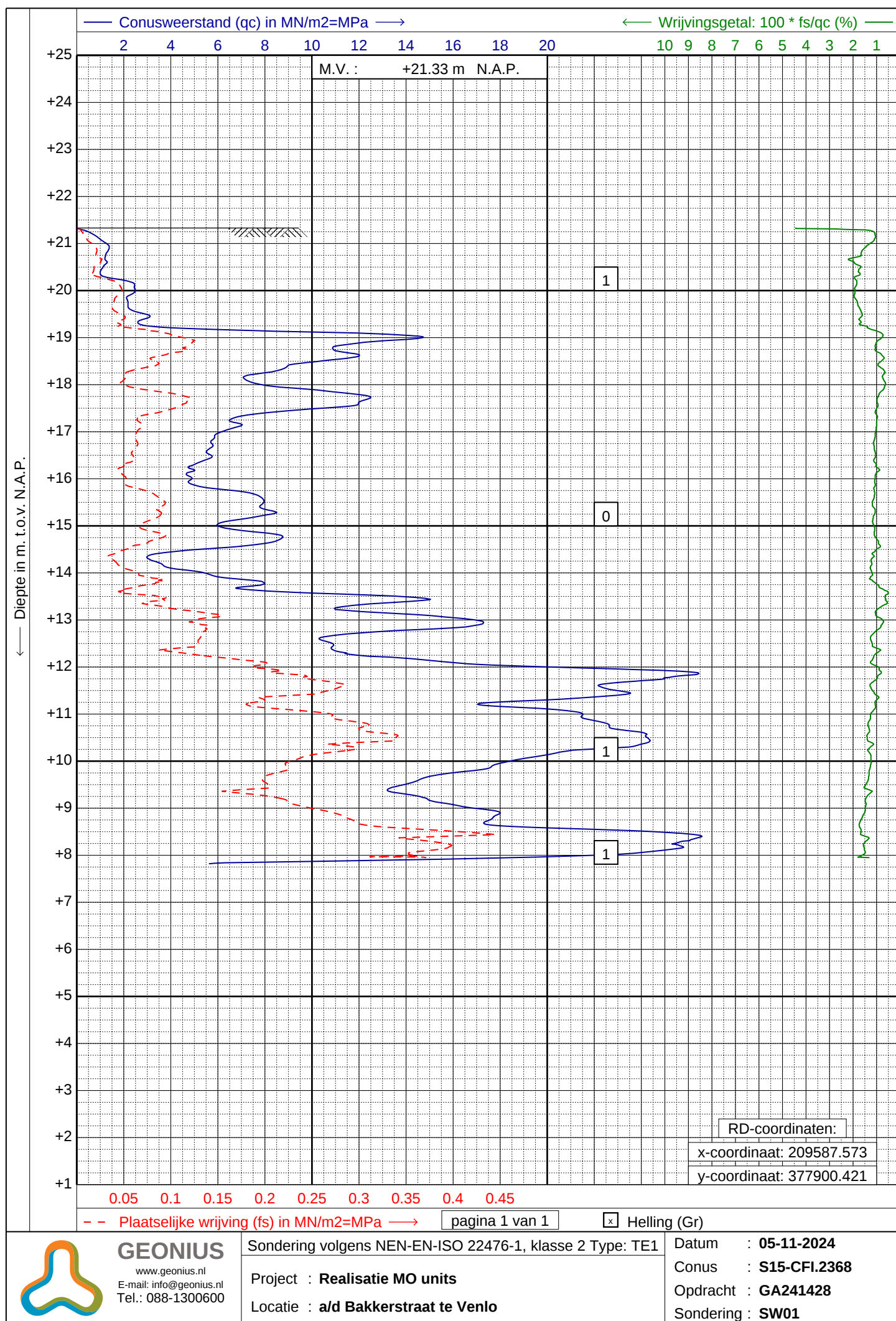
Bijlage 2

Bijlage 3

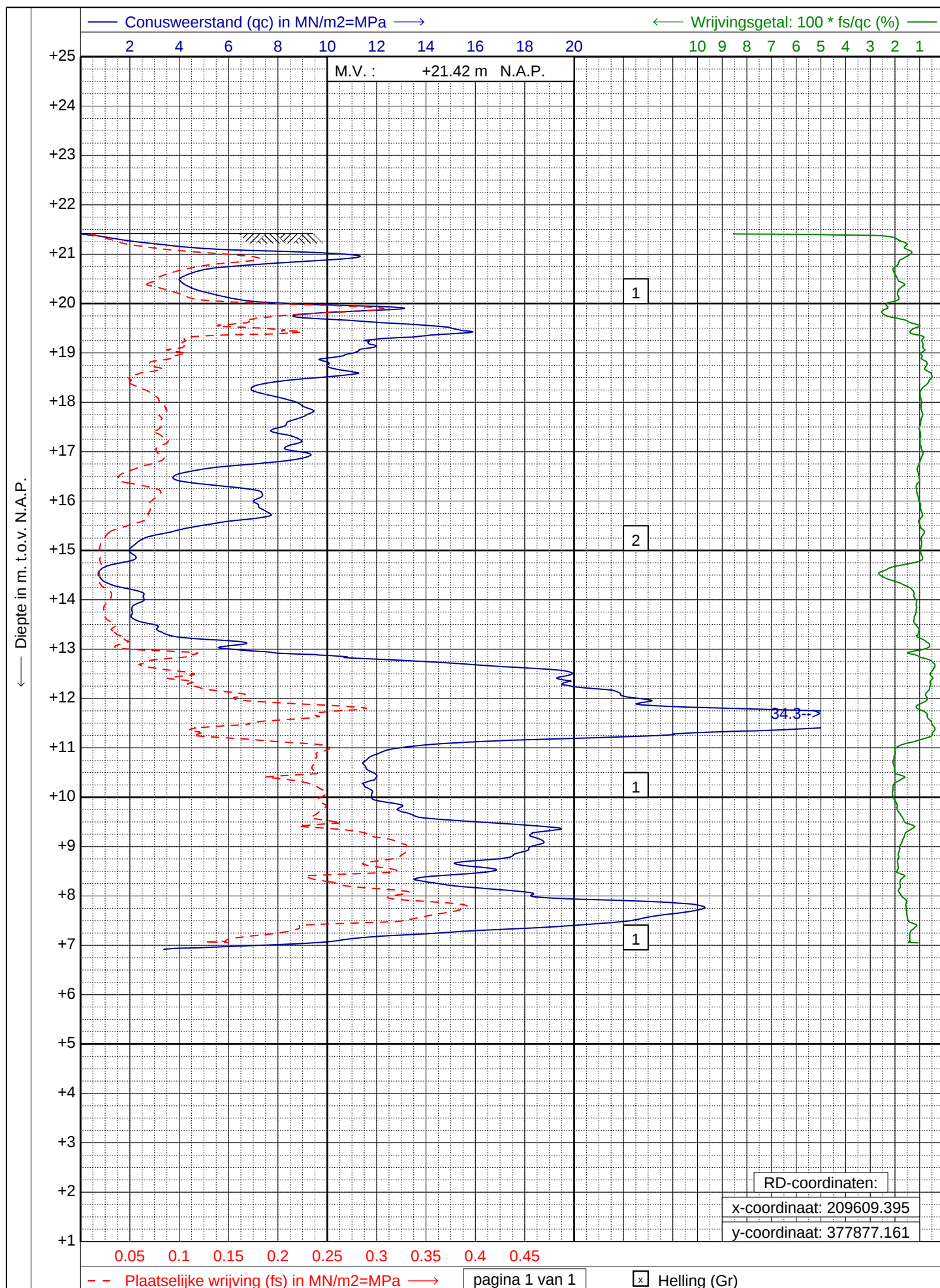
Bijlage 1 Situatietekening



Bijlage 2 Sondeergrafieken





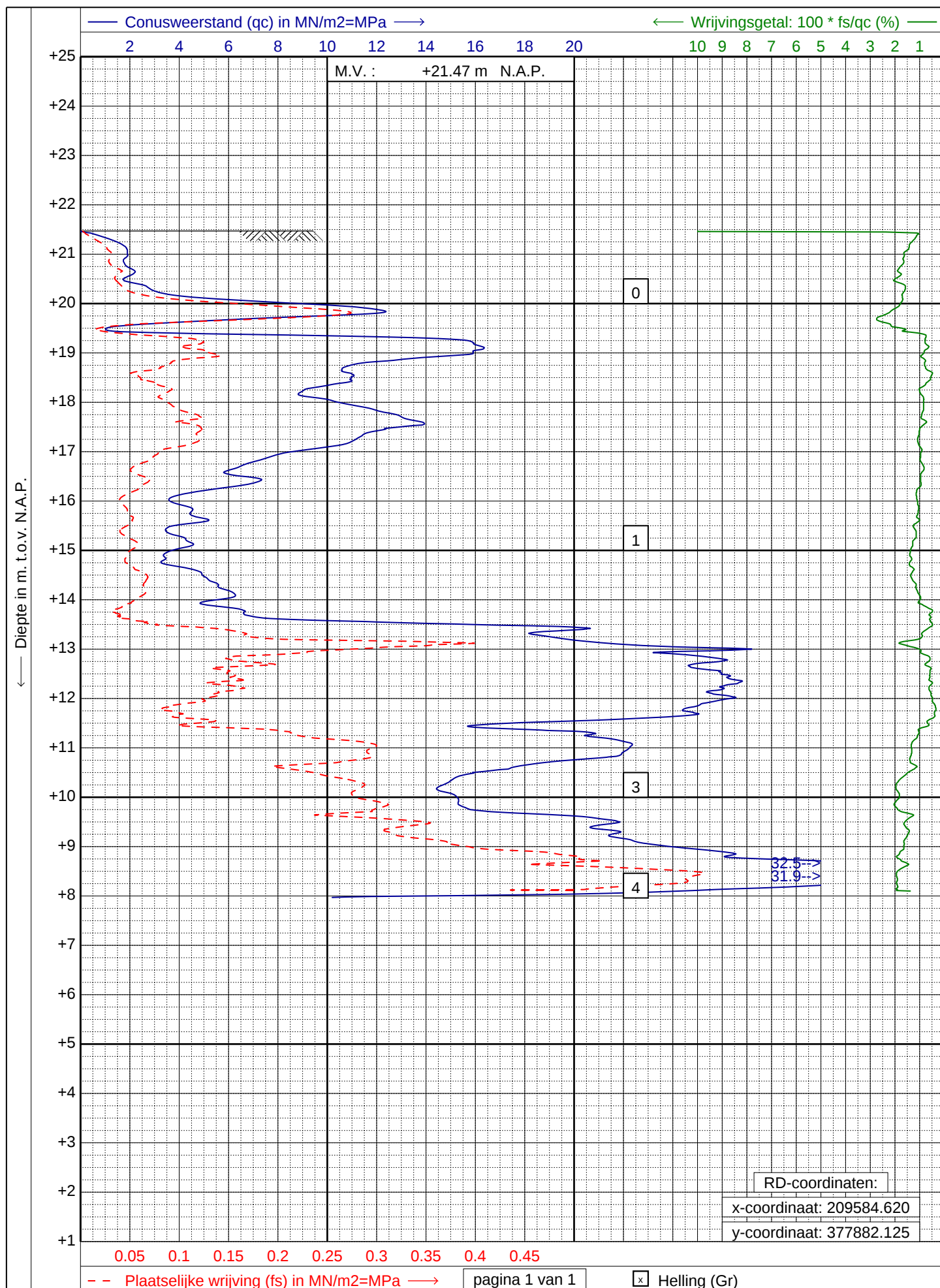


GEONIUS
www.geonius.nl
E-mail: info@geonius.nl
Tel.: 088-1300600

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1, klasse 2 Type: TE1

Project : **Realisatie MO units**
Locatie : **a/d Bakkerstraat te Venlo**

Datum : **05-11-2024**
Conus : **S15-CFI.2368**
Opdracht : **GA241428**
Sondering : **SW03**

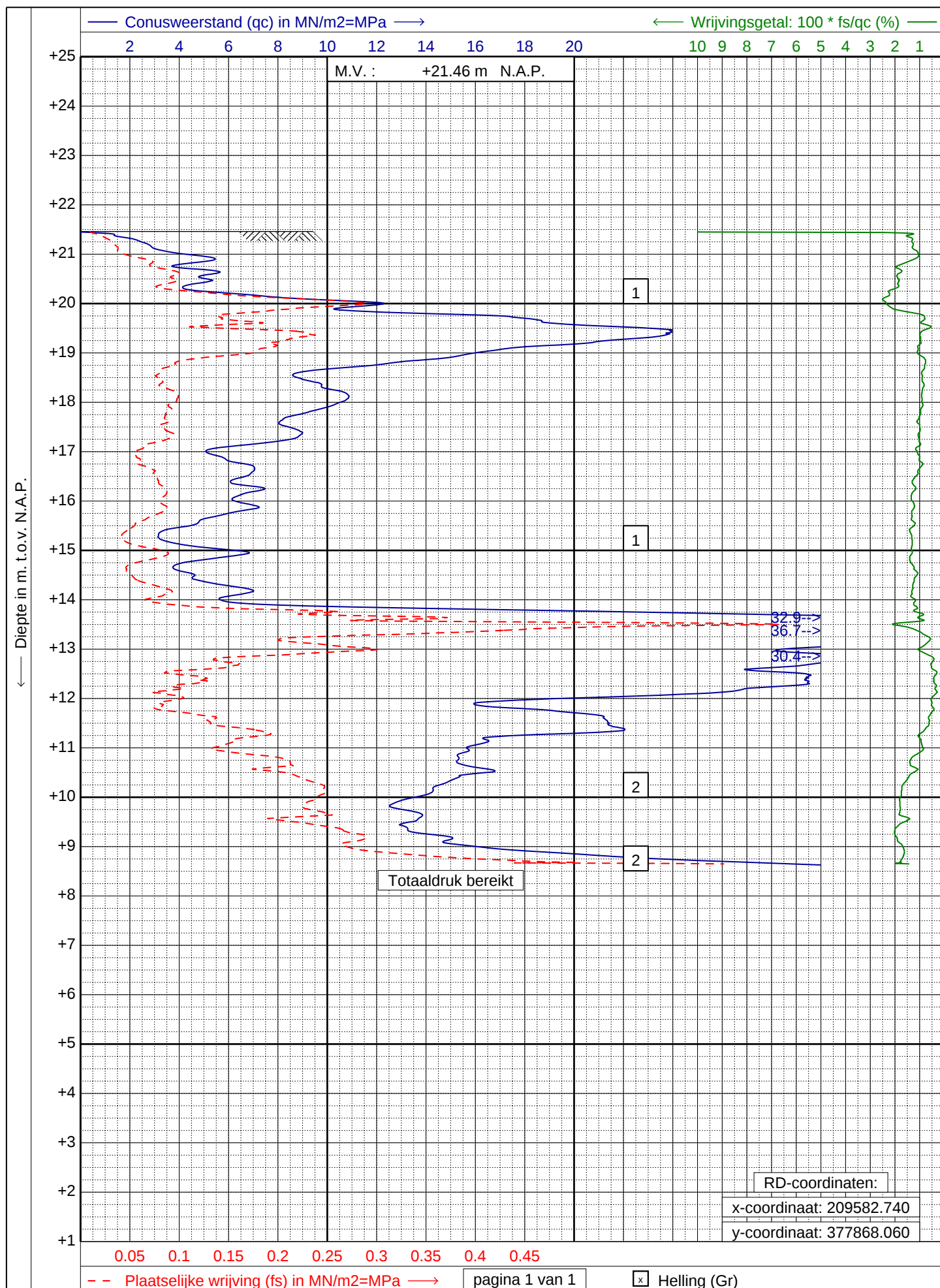


GEONIUS
www.geonius.nl
E-mail: info@geonius.nl
Tel.: 088-1300600

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1, klasse 2 Type: TE1

Project : **Realisatie MO units**
Locatie : **a/d Bakkerstraat te Venlo**

Datum : **05-11-2024**
Conus : **S15-CFI.2368**
Opdracht : **GA241428**
Sondering : **SW04**

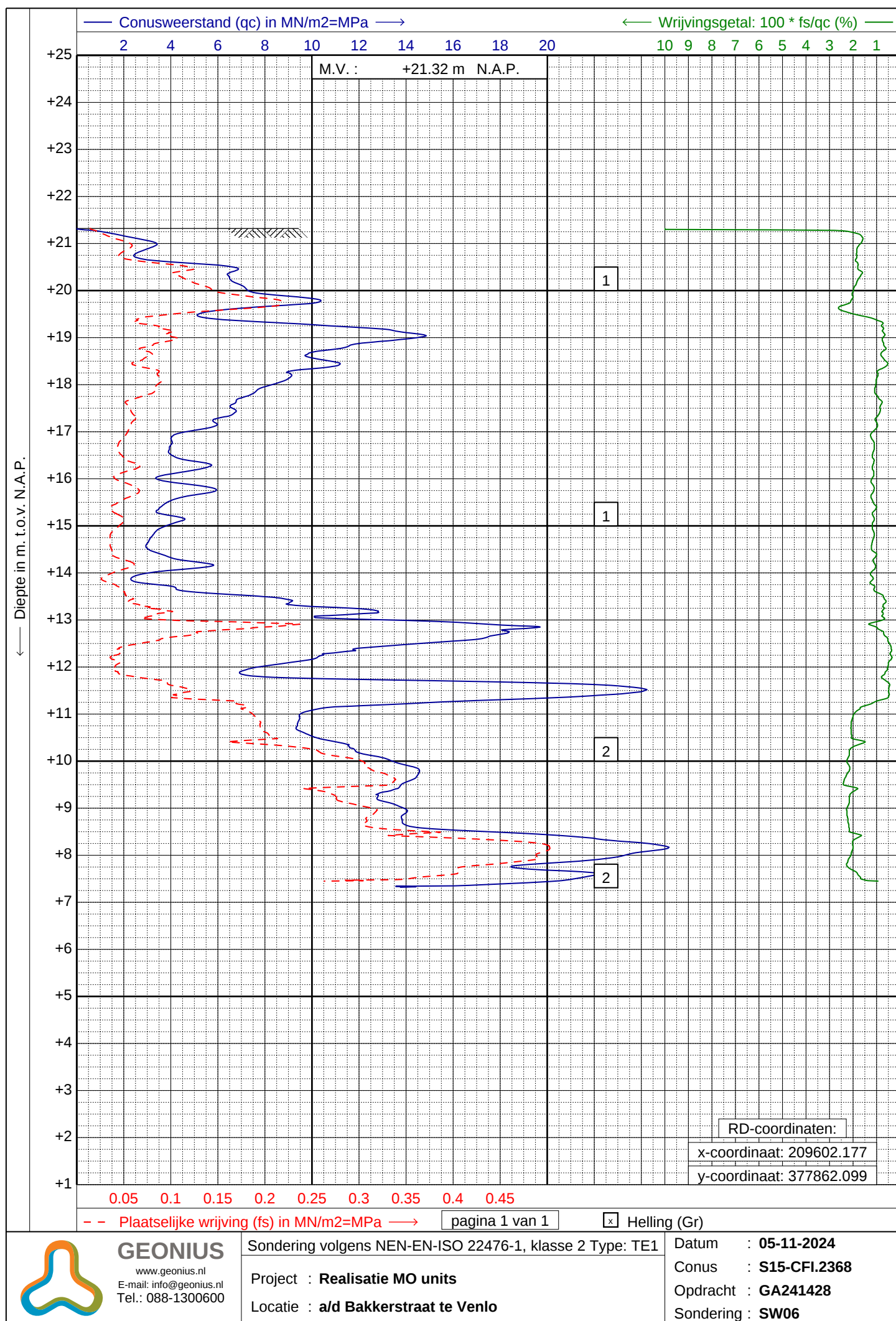


GEONIUS
www.geonius.nl
E-mail: info@geonius.nl
Tel.: 088-1300600

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1, klasse 2 Type: TE1

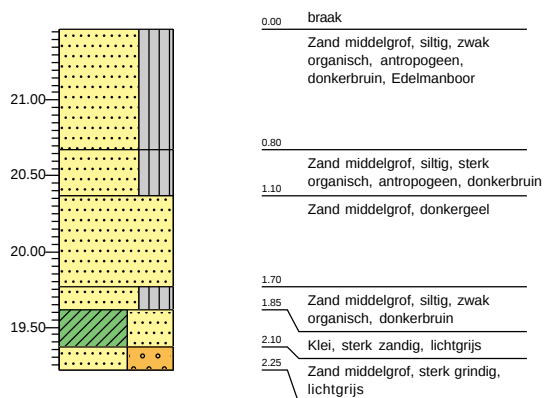
Project : **Realisatie MO units**
Locatie : **a/d Bakkerstraat te Venlo**

Datum : **05-11-2024**
Conus : **S15-CFI.2368**
Opdracht : **GA241428**
Sondering : **SW05**



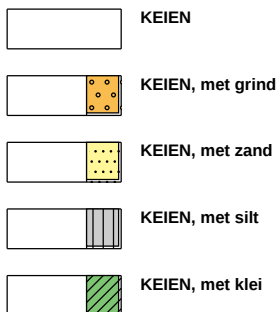
Bijlage 3 Boorprofiel

Boring: B001
 Maaiveldhoogte: 21.47 m. t.o.v. N.A.P.
 Datum: 5-11-2024
 Reden boring gestopt: Obstakel grind stenen
 Opmerking: T.p.v. SW04

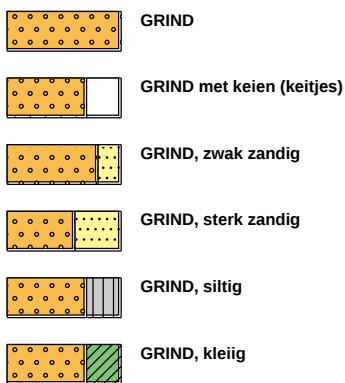


Legenda (conform NEN-EN-ISO 14688-1)

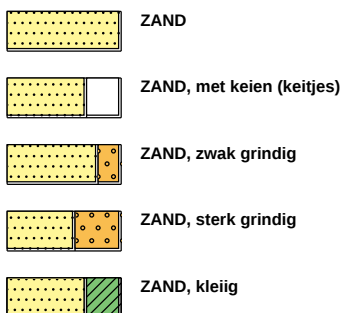
KEIEN (KEITJES)



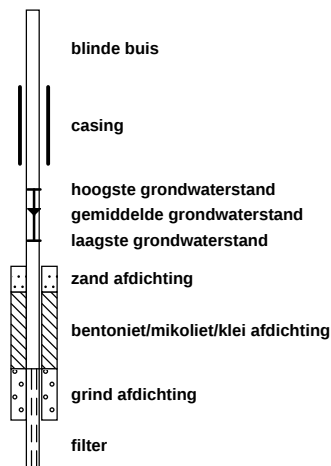
GRIND



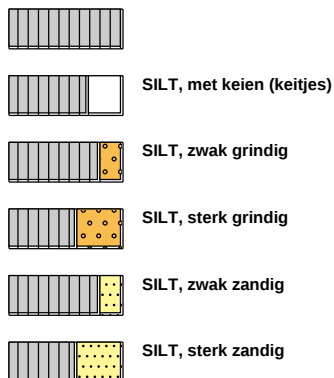
ZAND



peilbuis



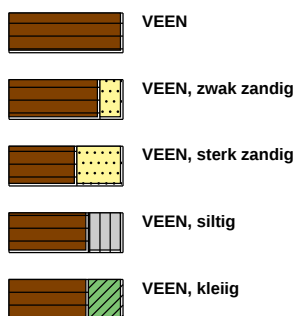
SILT



KLEI



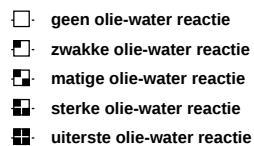
VEEN (HUMUS, DETRITUS)



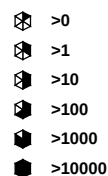
geur



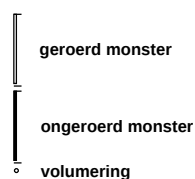
olie



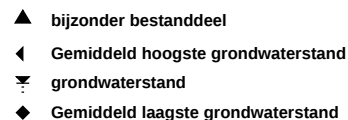
p.i.d.-waarde



monsters



overig



Bijlage 4 L-wand berekeningen

Project:	Realisatie MO Units		
Onderdeel:	Kerende constructie		
Locatie:	Bakkerstraat Venlo		
Snede:	Scenario 1A		
Opsteller:	YKN	Datum	3-12-2024
Weerstandsklasse	RC2	Status	Ontwerp Prefab Ja

Geometrie wand

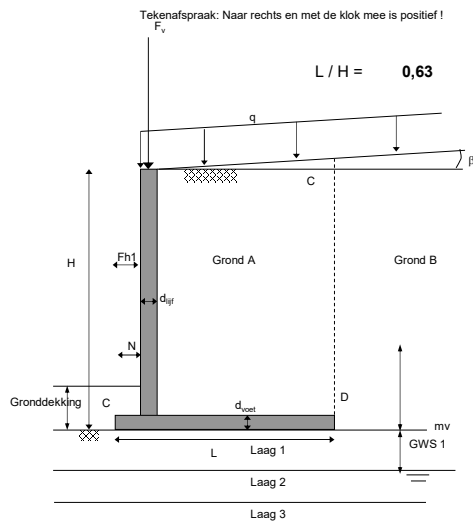
	Rep. waarde	Partiele factor	Reken-waarde
Hoogte muur H	3,00 [m]	0,00	3,00
Lengte L	1,90 [m]	0,00	1,90
Lengte neus N	0,20 [m]	0,00	0,20
Dikte beton d_{bf}	0,10 [m]	0,00	0,10
Dikte beton d_{voet}	0,20 [m]	0,00	0,20
γ_{beton}	24,00 [kN/m ³]	0,90	21,60
Wrijvingscoëfficiënt voet/grond	0,67 [-]		0,67

Grond tot aanlegniveau (werkend als belastingen)

Dikte gronddekking C	0,40 m	0,00	0,40
Dikte grond A vanaf ok voet	2,50 m	0,00	2,50
Hellingshoek β	0,00 [°]	0,00	0,00
Hellingshoek mv	0,00 [rad]		0,00
Hellingshoek mv teen	0,00 [°]		0,00
Hoogte rechts H_r als gevolg van Beta	0,00 [m]	0,00	0,00
$\gamma_{aanvulgrond,droog}$	18,00 [kN/m ³]	1,00	18,00
$\gamma_{aanvulgrond,nat}$	20,00 [kN/m ³]	1,00	20,00
$\phi^0_{aanvulgrond}$	30,00 [°]	1,20	25,7
GWS 1, tov mv	-2,60 [m]	0,00	-2,60
GWS 2, tov mv	0,00 [m]	0,00	0,00

Belastingen op constructie

Wrijving vlak C-D meenemen ?	Nee		0
Oplegkracht F_v	0,00 [kN]	1,00	0
Oplegkracht F_h	0,00 [kN]	1,00	0,00
Belasting q	5,00 [kN/m ²]	1,30	6,50
$\phi^0_{aanvulgrond}$	0,52 [rad]		0,45
K_a	0,33 [-]		0,40
K_n	0,50 [-]		0,57
K_p	3,00 [-]		2,53



Grond onder aanlegniveau

	Laag 1 (dr)	Laag 2 (nat)	Laag 3	Partiele factor
Laagdikte [m]	1,25	1,14	1,6	----- totaal = effectieve diepte (1,5* Beff)
γ_{rep} [kN/m ³]	18,00	18,00	18,00	1,10
c_{rep} [kPa]	0,00	0,00	0,00	1,50
ϕ_{rep} [graden]	32,5	32,5	32,5	1,20
γ_{water} [kN/m ³]	10,00	10,00	10,00	1,00
Alfmeting loodrecht op vlak van tekening [m]				100,00

Verticaal	Kracht [kN/m]	Arm [m]	Moment A [kNm/m]
Oplegreactie $F_{v,rep}$	0,0	0,25	0,0
Wand	6,0	0,25	1,5
Voet	8,2	0,95	7,8
Gewicht grond A	66,2	1,10	72,9
Wrijving grond B	0,0	1,90	0,0
Belasting q	11,1	1,05	11,8
Wrijving q	0,0	1,90	0,0
Vert comp $F_{h,q}$	0,0	1,90	0,0
Vert comp $F_{h,q}$	0,0	1,90	0,0
Vert comp Passief boven neus	0,7	0,10	0,1

Horizontaal	Kracht [kN/m]	Arm [m]	Moment A [kNm/m]
F_h	0,00	2,50	0,00
Grond B hor	-18,8	0,83	-15,63
Belasting q	-5,4	1,25	-6,77
Passief	0,7	0,13	0,10

Wrijving tussen A en B, alleen bij kantelen

Wrijving tussen A en B, alleen bij kantelen

 $= F_{h,q} \cdot \tan(\beta)$ verticale component van verhang resultante grond B $= F_{h,q} \cdot \tan(\beta)$ verticale component van verhang belasting q

Geval 1 (q-belasting over gehele maaiveld)

$F_{v,grond}$	92,3 kN/m	arm	1,02 m
$F_{v,totaal}$ glijden	92,3 kN/m		
$F_{h,totaal}$	-23,4 kN/m		0,95 m
Helling resultante	0,25		

Geval 2 (q-belasting alleen rechts van punt C)

$F_{v,grond}$	81,2 kN/m	arm	1,01 m
$F_{v,totaal}$ glijden	81,2 kN/m		
$F_{h,totaal}$	-23,4 kN/m		0,95 m
Helling resultante	0,29		

Kantelen

Moment aandrijvend [kNm]	-22,4
Moment weerstandbiedend [kNm]	93,9
Stabiliteitsfactor kantelen	4,20
Gewenste veiligheid tegen kantelen	1,00 Voldoet

Kantelen

Moment aandrijvend [kNm]	-22,4
Moment weerstandbiedend [kNm]	82,3
Stabiliteitsfactor kantelen	3,68
Gewenste veiligheid tegen kantelen	1,00 Voldoet

Draagkracht ondergrond

Som Momenten ΣM [kNm]	71,6
Arm Fsvd tov A =	0,78
Excentriciteit =	0,17 Voldoet
Effectieve breedte van de voetplaat B_{ef} [m] (Beff=L indien res binnen kern)	1,55
Gronddruk $\sigma'_{q,gr,d}$ [kPa]	59,49
Dieptewerking $t_e = 1,5 \cdot B_{ef}$ [m]	2,33

Draagkracht ondergrond

Som Momenten ΣM [kNm]	59,9
Arm Fsvd tov A =	0,74
Excentriciteit =	0,21 Voldoet
Effectieve breedte van de voetplaat B_{ef} [m] (Beff=L indien res binnen kern)	1,48
Gronddruk $\sigma'_{q,gr,d}$ [kPa]	55,01
Dieptewerking $t_e = 1,5 \cdot B_{ef}$ [m]	2,21

	Laag 1 (dr)	Laag 2 (nat)	Laag 3		Laag 1 (dr)	Laag 2 (nat)	Laag 3	
Laagdikte-reken [m]	1,25	1,08	1,60		1,25	0,96	1,60	
X_i [m]	1,70	0,54	0,80 Gew.gemid		1,59	0,48	0,80 Gew.gemid	
$\gamma_{eff,d}$ [kN/m ³]	6,36	6,36	6,36		6,36	6,36	6,36	
c_u [kPa]	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	
ϕ_u [graden]	28,0	28,0	27,96		27,96	27,96	27,96	

Grondrukcoëfficiënten	N_q	14,505	N_c	14,661	Grondrukcoëfficiënten	N_q	14,50	N_c	14,66
Vormfactoren	s_q	1,00	s_q	1,01	Vormfactoren	s_q	1,00	s_q	1,01
Helling resultante belast.	i_q	0,41	i_q	0,56	Helling resultante belast.	i_q	0,36	i_q	0,51
Helling maaiveld bij teen [°]	λ_q	1,00	λ_q	1,00	Helling maaiveld bij teen [°]	λ_q	1,00	λ_q	1,00
Maximaal opneembaar: $\sigma'_{max,d}$ [kPa]				88,6	Maximaal opneembaar: $\sigma'_{max,d}$ [kPa]				78,41
Maximaal optredend: $\sigma'_{q,gr,d}$ [kPa]				59,5	Maximaal optredend: $\sigma'_{q,gr,d}$ [kPa]				55,01
Stabiliteitsfactor draagkracht				1,49	Stabiliteitsfactor draagkracht				1,43
Gewenste veiligheid tegen bezwijken op draagvermogen				1,00 Voldoet	Gewenste veiligheid tegen bezwijken op draagvermogen				1,00 Voldoet

Horizontaal glijden

ϕ_u [graden]	28,0
δ / ϕ	2/3
δ	18,7
Weerstand tegen horizontaal glijden [kN/m]	31,1
Optredende horizontale belasting [kN/m]	-23,4
Stabiliteitsfactor horizontaal glijden	1,33
Gewenste veiligheid tegen horizontaal glijden	1,00 Voldoet

Horizontaal glijden

ϕ_u [graden]	28,0
δ / ϕ	2/3
δ	18,7
Weerstand tegen horizontaal glijden [kN/m]	27,4
Optredende horizontale belasting [kN/m]	-23,4
Stabiliteitsfactor horizontaal glijden	1,17
Gewenste veiligheid tegen horizontaal glijden	1,00 Voldoet

Project:	Realisatie MO Units			
Onderdeel:	Kerende constructie			
Locatie:	Bakkerstraat Venlo			
Snede:	Scenario 1B			
Opsteller:	YKN	Datum	3-12-2024	
Weerstandsklasse	RC2	Status	Ontwerp	Prefab Ja

Geometrie wand

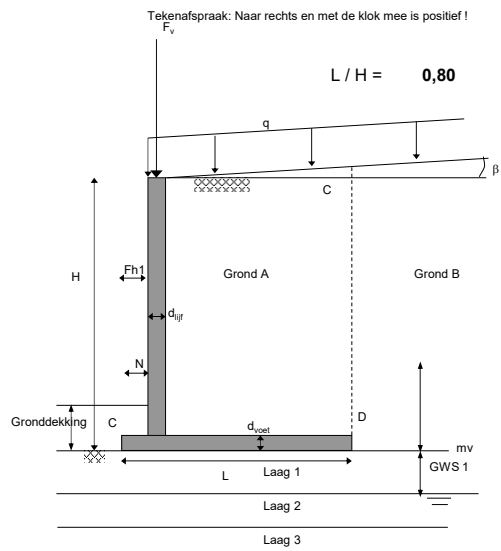
	Rep. waarde	Partiele factor materiaal	Partiele factor belasting geometrie	Reken-waarde
Hoogte muur H	3,00 [m]		0,00	3,00
Lengte L	2,40 [m]		0,00	2,40
Lengte neus N	0,20 [m]		0,00	0,20
Dikte beton d_{gr}	0,10 [m]		0,00	0,10
Dikte beton d_{voet}	0,20 [m]		0,00	0,20
γ_{beton}	24,00 [kN/m ³]		0,90	21,60
Wrijvingscoëfficiënt voet/grond	0,67 [-]			0,67

Grond tot aanlegniveau (werkend als belastingen)

Dikte gronddekking C	0,40 m		0,00	0,40
Dikte grond A vanaf ok voet	2,50 m		0,00	2,50
Hellingshoek β	0,00 [°]		0,00	0,00
hellingshoek mv	0,00 [rad]		0,00	0,00
Hellingshoek mv teen	0,00 [°]		0,00	0,00
Hoogte rechts H_r als gevolg van Beta	0,00 [m]		0,00	0,00
$\gamma_{aanvulgrond,droog}$	18,00 [kN/m ³]		1,00	18,00
$\gamma_{aanvulgrond,nat}$	20,00 [kN/m ³]		1,00	20,00
$\psi_{aanvulgrond}$	30,00 [°]	1,20		25,7
GWS 1, tov mv	-2,60 [m]		0,00	-2,60
GWS 2, tov mv	0,00 [m]		0,00	0,00

Belastingen op constructie

Wrijving vlak C-D meenemen ?	Nee			
Oplegkracht F_v	0,00 [kN]		1,00	0
Oplegkracht F_h	0,00 [kN]		1,00	0,00
Belasting q	15,00 [kN/m ²]		1,30	19,50
ψ aanvulgrond	0,52 [rad]			0,45
K_a	0,33 [-]			0,40
K_n	0,50 [-]			0,57
K_p	3,00 [-]			2,53



Grond onder aanlegniveau

	Laag 1 (dr)	Laag 2 (nat)	Laag 3	Partiele factor
Laagdikte [m]	1,25	1,14	1,6	1,6 < ---- totaal = effectieve diepte (1,5* Beff)
γ_{res} [kN/m ³]	18,00	18,00	18,00	1,10
c_{res} [kPa]	0,00	0,00	0,00	1,50
ϕ_{res} [graden]	32,5	32,5	32,5	1,20
γ_{water} [kN/m ³]	10,00	10,00	10,00	1,00
Afmeting loodrecht op vlak van tekening [m]				100,00

Verticaal	Kracht [kN/m]	Arm [m]	Moment A [kNm/m]
Oplegreactie $F_{v,rep}$	0,0	0,25	0,0
Wand	6,0	0,25	1,5
Voet	10,4	1,20	12,4
Gewicht grond A	86,9	1,35	117,4
Wrijving grond B	0,0	2,40	0,0
Belasting q	42,9	1,30	55,8
Wrijving q	0,0	2,40	0,0
Vert comp $F_{h,eq}$	0,0	2,40	0,0
Vert comp $F_{h,q}$	0,0	2,40	0,0
Vert comp Passief boven neus	0,7	0,10	0,1

Horizontaal	Kracht [kN/m]	Arm [m]	Moment A [kNm/m]
F_h	0,00	2,50	0,00
Grond B hor	-18,8	0,83	-15,63
Belasting q	-16,3	1,25	-20,31
Passief	0,7	0,13	0,10

Wrijving tussen A en B, alleen bij kantelen
 $= F_{h,eq} * \tan(\beta)$ verticale component van verhang resultante grond B
 $= F_{h,q} * \tan(\beta)$ verticale component van verhang belasting q

Geval 1 (q-belasting over gehele maaiveld)

$F_{v,grondruk}$	147,0 kN/m	arm	1,27 m
$F_{v,totaal}$ glijden	147,0 kN/m		
$F_{h,totaal}$	-34,3 kN/m		1,05 m
Helling resultante	0,23		

Geval 2 (q-belasting alleen rechts van punt C)

$F_{v,grondruk}$	104,1 kN/m	arm	1,26 m
$F_{v,totaal}$ glijden	104,1 kN/m		
$F_{h,totaal}$	-34,3 kN/m		1,05 m
Helling resultante	0,33		

Kantelen

Moment aandrijvend [kNm]	-35,9
Moment weerstandbiedend [kNm]	187,3
Stabiliteitsfactor kantelen	5,21
Gewenste veiligheid tegen kantelen	1,00 Voldoet

Kantelen

Moment aandrijvend [kNm]	-35,9
Moment weerstandbiedend [kNm]	131,5
Stabiliteitsfactor kantelen	3,66
Gewenste veiligheid tegen kantelen	1,00 Voldoet

Draagkracht ondergrond

Som Momenten ΣM [kNm]	151,3
Arm Fsvd tov A =	1,03
Excentriciteit =	0,17 Voldoet
Effectieve breedte van de voetplaat B_{ef} [m] (Beff=L indien res binnen kern)	2,06
Gronddruk $\sigma'_{opdr,d}$ [kPa]	71,38
Dieptewerking $t_e = 1,5 * B_{ef}$ [m]	3,09

Draagkracht ondergrond

Som Momenten ΣM [kNm]	95,6
Arm Fsvd tov A =	0,92
Excentriciteit =	0,28 Voldoet
Effectieve breedte van de voetplaat B_{ef} [m] (Beff=L indien res binnen kern)	1,84
Gronddruk $(\sigma'_{opdr,d})$ [kPa]	56,68
Dieptewerking $t_e = 1,5 * B_{ef}$ [m]	2,75

	Laag 1 (dr)	Laag 2 (nat)	Laag 3		Laag 1 (dr)	Laag 2 (nat)	Laag 3
Laagdikte-reken [m]	1,25	1,14	1,60	Laagdikte-reken [m]	1,25	1,14	1,60
X_i [m]	2,46	1,27	0,80 Gew.gemid	X_i [m]	2,13	0,93	0,80 Gew.gemid
$\gamma_{sat,d}$ [kN/m ³]	6,36	6,36	6,36	$\gamma_{sat,d}$ [kN/m ³]	6,36	6,36	6,36
c_u [kPa]	0,00	0,00	0,00	c_u [kPa]	0,00	0,00	0,00
ϕ_u [graden]	28,0	28,0	27,96	ϕ_u [graden]	27,96	27,96	27,96

Grondrukcoëfficiënten	N_r	14,505	N_q	14,661	Grondrukcoëfficiënten	N_r	14,50	N_q	14,66
Vormfactoren	s_r	0,99	s_q	1,01	Vormfactoren	s_r	0,99	s_q	1,01
Helling resultante belast.	i_r	0,45	i_q	0,59	Helling resultante belast.	i_r	0,30	i_q	0,46
Helling maaiveld bij teen [°]	λ_r	1,00	λ_q	1,00	Helling maaiveld bij teen [°]	λ_r	1,00	λ_q	1,00
Maximaal opneembaar: $\sigma'_{max,d}$ [kPa]				105,0	Maximaal opneembaar: $\sigma'_{max,d}$ [kPa]				73,92
Maximaal optredend: $\sigma'_{opdr,d}$ [kPa]				71,4	Maximaal optredend: $\sigma'_{opdr,d}$ [kPa]				56,68
Stabiliteitsfactor draagkracht				1,47	Stabiliteitsfactor draagkracht				1,30
Gewenste veiligheid tegen bezwijken op draagvermogen				1,00 Voldoet	Gewenste veiligheid tegen bezwijken op draagvermogen				1,00 Voldoet

Horizontaal glijden

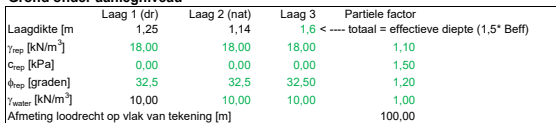
ϕ_u [graden]	28,0
δ / ϕ	2/3
δ	18,7
Weerstand tegen horizontaal glijden [kN/m]	49,6
Optredende horizontale belasting [kN/m]	-34,3
Stabiliteitsfactor horizontaal glijden	1,45
Gewenste veiligheid tegen horizontaal glijden	1,00 Voldoet

Horizontaal glijden

ϕ_u [graden]	28,0
δ / ϕ	2/3
δ	18,7
Weerstand tegen horizontaal glijden [kN/m]	35,1
Optredende horizontale belasting [kN/m]	-34,3
Stabiliteitsfactor horizontaal glijden	1,02
Gewenste veiligheid tegen horizontaal glijden	1,00 Voldoet

	Rep. waarde	Partiele factor materiaal belasting geometrie	Reken- waarde
Hoogte muur H	3,00 [m]	0,00	3,00
Lengte L	2,10 [m]	0,00	2,10
Lengte neus N	1,05 [m]	0,00	1,05
Dikte beton d_{bf}	0,10 [m]	0,00	0,10
Dikte beton d_{bnet}	0,20 [m]	0,00	0,20
Tuustien	24,00 [kN/m ²]	0,90	21,60
Wrijvingscoëfficiënt voet/grond	0,67 [-]		0,67

Dikte gronddekking C	0,90 m	0,00	0,90
Dikte grond A vanaf ok voet	3,00 m	0,00	3,00
Hellingshoek β	0,00 [°]	0,00	0,00
hellingshoek mv	0,00 [rad]		0,00
Hellingshoek mv teen	0,00 [°]		0,00
Hoogte rechts H_r als gevolg van Beta	0,00 [m]	0,00	0,00
Taanvulgrond.droog	18,00 [kN/m ³]	1,00	18,00
Taanvulgrond.nat	20,00 [kN/m ³]	1,00	20,00
ϕ aanvulgrond	30,00 [°]	1,20	25,7
GWS 1, tov mv	-2,60 [m]	0,00	-2,60
GWS 2, tov mv	0,00 [m]	0,00	0,00



Wrijving vlak C-D meenemen ?	Nee		
Oplegkracht F_v	0,00 [kN]	1,00	0
Oplegkracht F_h	0,00 [kN]	1,00	0,00
Belasting q	15,00 [kN/m ²]	1,30	19,50
ψ aanvalgrond	0,52 [rad]		0,45
K_a	0,33 [-]		0,40
K_n	3,00 [-]		0,57
K_p	3,00 [-]		2,53

Horizontaal	Kracht [kN/m]	Arm [m]	Moment A [kNm/m]
Fh	0,00	2,50	0,00
Grond B hor	-27,0	1,00	-27,00
Belasting q	-19,5	1,50	-29,25
Passief	21,9	0,30	6,56

1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 26

Wrijving tussen A en B, alleen bij kantelen
 $= F \cdot \sin(\theta)$ verticale component van verhang resultante, groot 5

= $F_{h, \text{eg}} \cdot \tan(\beta)$ verticale component van verhang resultante

Geval 2 (q-belasting alleen rechts van punt C)		arm
$F_{v,gronddruk}$	76,2 kN/m	1,32
$F_{v,totaal\ glijden}$	76,2 kN/m	
$F_{h,totaal}$	-24,6 kN/m	2,02
Helling resultante	0,32	

1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 2680, 26

Wrijving tussen A en B, alleen bij kantelen
 $= F \cdot \sin(\theta)$ verticale component van verhang resultante, groot 5

= $F_{h, \text{eg}} \cdot \tan(\beta)$ verticale component van verhang resultante

Kantelen	
Moment aandrijvend [kNm]	-56.2
Moment weerstandbiedend [kNm]	107.5
Stabiliteitsfactor kantelen	1.91
Gewenste veiligheid tegen kantelen	1.00 Voldoet

Dragkracht ondergrond	
Som Momenten ΣM [kNm]	51,2
Arm Fyvd tov A =	0,67
Excentriciteit =	0,38
Effectieve breedte van de voetplaat B_{ef} [m] (Beff=L indien res binnen kern)	1,34
Gronddruk ($\sigma_{apbr,d}$)	56,70
Dieptewerking $\eta = 1,5 \cdot B_{ef}$ [m]	2,02

	Laag 1 (dr)	Laag 2 (nat)	Laag 3	
Laagdikte-reken [m]	1,25	0,77	1,60	
X_i [m]	1,39	0,38	0,80	Gew.gemid
$\gamma_{\text{eff},i}$ [kN/m ³]	6,36	6,36	6,36	6,36
c_a [kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00
ϕ_{ti} [graden]	27,96	27,96	27,96	28,0

Gronddrukcoëfficiënten	N_g	14,50	N_q	14,66
			N_c	25,73
Vormfactoren	s_y	1,00	s_q	1,01
			s_c	1,01
Helling resultante belast.	i_y	0,31	i_q	0,46
			i_c	0,42
Helling maaiveld bij teen β	λ_y	1,00	λ_q	1,00
			λ_c	1,00
Maximaal opneembaar: $\sigma'_{max,d}$ [kPa]				129,92
Maximaal optredend: $\sigma'_{opt,d}$ [kPa]				56,70
Stabiliteitsfactor draagkracht				2,29
Gewenste veiligheid tegen bezwijken op draagvermogen				1,00 Voldoet

Horizontaal glijden	
ψ_u [graden]	28,0
δ / ψ	2/3
δ	18,7
Weerstand tegen horizontaal glijden [kN/m]	25,7
Opredende horizontale belasting [kN/m]	-24,6
Stabiliteitsfactor horizontaal glijden	1,04
Gewenste veiligheid tegen horizontaal glijden	1,00 Voldoet

Bijlage 5 Richtlijnen uitvoering grondverbetering/ verdichting

Relevante uitvoeringaspecten

In onderstaande bijlage zijn aspecten opgenomen voor de uitvoering van een grondverbetering/-verdichting en eisen welk gesteld zijn aan het te gebruiken materiaal/materieel en de wijze van controle.

Te gebruiken materiaal en controle

Onderstaand zijn de eisen omschreven waaraan het materiaal moet voldoen dat voor een grondverbetering wordt gebruikt:

- Het materiaal (van nature aanwezig of aan te voeren) moet bestaan uit schoon, goed gegradeerd en te verdichten zand en/of puingranulaat (korrelverdeling). Verschillende korrelgroottes (fracties) moeten ieder in voldoende mate aanwezig zijn. De korrelvorm is bij voorkeur hoekig;
- De uniformiteitscoëfficiënt van de zandfractie [$C_u = D_{60} / D_{10}$] dient minimaal 2,0 te bedragen. Hierin is D_{10} de korreldiameter met zeefdoorval van 10 %* en D_{60} de korreldiameter met zeefdoorval van 60 %*;
- De korrelfractie kleiner dan 16 μm mag niet meer bedragen dan 5 %*;
- De korrelfractie kleiner dan 63 μm mag niet meer bedragen dan 10 %*;
- Het humusgehalte (gehalte organische stof) mag ten hoogste 2 à 3 %* bedragen;
- De curve van de (verzwaarde) proctorproef van het watergehalte versus de maximaal te bereiken (droge) dichtheid dient bij voorkeur een flauw verloop te hebben rond het optimale watergehalte. Hierdoor kan een goede verdichting worden verkregen bij verschillende watergehalten.

* = De genoemde percentages zijn gewichtspcentages

Voordat met de uitvoering wordt begonnen dienen bovenstaande eisen te worden geverifieerd. De controle is erop gericht om aan te tonen dat het gebruikte materiaal qua korrelgrootteverdeling, korrelvorm en verdichtbaarheid voldoet. Dit geldt zowel voor het van nature aanwezige zand als voor eventueel aan te voeren zand. Na een eventuele visuele inspectie waarmee een eerste algehele indruk wordt verkregen, kan het onderzoek geschieden door middel van respectievelijk een zeefanalyse, microscopisch onderzoek en de (verzwaarde) proctorproef.

Aanbrengen en verdichten grondverbetering

De werkvolgorde van een grondverbetering bestaat normaliter uit een ontgraving, waarna de grondverbetering wordt aangebracht en verdicht. Een grondverbetering kan bestaan uit een uitwisseling van gronden (hoofdzakelijk slappe lagen vervangen door zand/puingranulaat). Of het onder betere condities terugbrengen van natuurlijke gronden, waarbij in de regel sprake is van zeer los gepakt zand. Onderstaande zijn benodigde maatregelen benoemd die bijdragen aan een optimaal resultaat:

- De ontgraving dient met zorgvuldigheid te worden uitgevoerd, waarbij aanwezige obstakels (vegetatieresten, kabels en leidingen, e.d.) en slappe lagen met minimale verstoring worden verwijderd;
- Indien de grondslag uit niet-cohesief materiaal zoals zand of puingranulaat bestaat (met een laag leemgehalte), dient het ontgravingsniveau met een trilplaat te worden afgetrild, voordat de grondverbetering wordt aangebracht. Cohesief materiaal zoals klei/leem/löss kan niet of nauwelijks worden verdicht zonder aanvullende maatregelen en/of toe te passen technieken.
- Voor het verdichten dient de grondwaterstand minimaal ca. 0,5 meter onder het verdichtingsvlak te staan. Indien nodig zal de grondwaterstand verlaagd moeten worden. Bij een hogere grondwaterstand kunnen, afhankelijk van de doorlatendheid van de ondergrond, het te gebruiken materiaal en materieel, drijfzandcondities optreden (liquefaction);
- De aanlegbreedte van de grondverbetering zal zodanig moeten zijn dat een spreiding van de funderingsdrukken mogelijk is onder een hoek van 45° met de horizontaal. Dit vanaf de onderste randen van de fundering tot aan het (geadviseerde) ontgravingsniveau. Daarnaast dient de grondverbetering tenminste over een breedte aanwezig te zijn van 4x de effectieve breedte van de fundering;
- Middels een (verzwaarde) proctorproef kan het optimale watergehalte van het materiaal worden bepaald in relatie tot de hoogst verkregen dichtheid bij een constante hoeveelheid toegevoerde energie. Het watergehalte zal in de regel tijdens het verdichten tussen de ca. 8 en ca. 15 % moeten bedragen. Indien het materiaal óf te nat óf te droog is wordt zelden de vereiste verdichting verkregen.

De grondverbetering dient laagsgewijs te worden opgebouwd. De laagdikte moet in overeenstemming zijn met het toegepaste verdichtingsmaterieel. Het schema in Tabel 1 geeft een globale indicatie bij de toepassing van trilplaten:

Tabel 1: Globale indicatie trilplaat

Centrifugaalkracht in kN	Gewicht in kg	Laagdikte in meters
10 tot 20	< 100	0,2
25 tot 40	150 tot 300	0,3
50 tot 80	400 tot 600	0,4
> 100	> 650	0,5 tot 0,6

Opgemerkt wordt dat de volgens fabrieksspecificatie opgegeven dieptewerking geen maatstaf is voor de toe te passen laagdikte.

Elke laag moet zorgvuldig worden verdicht. Hiervoor zijn minimaal 4 gangen nodig, elkaar kruisend en overlappend. Aangezien de effectiviteit van het trillingsmaterieel zeer snel met de diepte afneemt, moet bij grotere laagdikte rekening worden gehouden met een 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 het materieel.

Wanneer zwaar trillingsmaterieel wordt gebruikt, dient de top laag nagetrild te worden met een lichte trilplaat, omdat een zware trilplaat of -wals de bovenste laag (ca. 0,15 meter) niet verdicht of losschudt.

Controle en eisen aan verdichting grondverbetering

Controle op de kwaliteit van de aangebrachte grondverbetering kan geschieden op onderstaande wijze :

- Handsonderingen. Vanwege de beperkte mogelijkheden met betrekking tot de te meten conusweerstand en de te bereiken diepte kan hiermee een zandpakket van maximaal 0,5 à 1,0 m dikte worden gecontroleerd. Het gebruik van een handboring hierbij is noodzakelijk. Deze methode is niet geschikt voor controle van puingranulaat;
- Mechanische (lichte) slagsonderingen. Hierbij kan het volledige grondverbeteringspakket worden gecontroleerd;
- Standaard elektrische sonderingen. Indien de aangebrachte grondverbetering berijdbaar is voor een sondeertruck, kan op deze wijze het volledige pakket worden doorgelicht.
- Plaatdrukproeven. Hiermee wordt een indruk verkregen van de bereikte verdichtingsgraad en het zettingsgedrag van een grondverbeteringspakket en daarmee van de kwaliteit. De werkingsdiepte van de plaatdrukproef bedraagt 1,5 à 2,0 maal de diameter van de plaat. Doorgaans vormt de verhouding tussen, de met de plaatdrukproef bepaalde, E_{v2} en E_{v1} een maat voor de bereikte verdichtingsgraad. Wanneer de verhouding kleiner is dan 2,0 wordt gesproken over een goed verdicht pakket;
- In-situ-dichtheidsbepalingen. Met behulp van volume-steekringen worden monsters genomen waarvan de dichtheid wordt bepaald. Ook nucleaire dichtheidsmetingen kunnen worden gebruikt.

Bij de controle van de kwaliteit van de aangebrachte grondverbetering worden de volgende kwalitatieve maatstaven gehanteerd:

- Uitgaande van een benodigde (in de berekening gebruikte) effectieve hoek van inwendige wrijving (φ'_k) van 30 à 35 graden, kan de volgende leidraad worden gevolgd:
 - Bij gebruik van een standaard elektrische sondering volstaat een gelijkmatige oploop van 1 MN/m² per 10 cm diepte, waarbij na 1,0 meter de conuswaarde niet onder de 10 MN/m² terugvalt;
 - Pakketten tot maximaal ca. 1,0 m dikte m kunnen middels een handsondering gecontroleerd worden. De conusweerstand dient tot een diepte van 1,0 m gelijkmatig op te lopen tot 10 MN/m²;
 - Uitgaande van een lichte slagsonderingen (10 kg) dienen 25 à 30 slagen per 20 cm bereikt te worden tot aan een diepte van 0,6 meter. Hieronder moeten 45 à 50 slagen per 20 cm bereikt worden bij lichte slagsonderingen;
- De dichtheid moet 95 à 98 % bedragen van de maximale dichtheid, zoals bepaald met de proctorproef.

Geonius.nl

Geonius is een middelgroot interdisciplinair ingenieursbureau met brede expertise binnen de GWW- en bouwsector. Door onze unieke combinatie van vakkennis op het gebied van wegen, geotechniek, milieu, geodesie, water, ruimtelijke ontwikkeling, landschap, archeologie en ecologie zijn wij goed in staat mee te denken met de klant en projecten zelfstandig uit te voeren. Grenzen tussen de verschillende divisies vervagen, waardoor steeds meer projecten integraal door ons worden uitgevoerd.

Geonius hecht veel waarde aan een informele, positieve bedrijfscultuur, het welzijn van medewerkers en maatschappelijke betrokkenheid.



Wegen



Geotechniek



Milieu



Geodesie



Water



Ruimtelijke ontwikkeling



Landschap



Archeologie



Ecologie