

Ontwerpadvies fundering

Aanleg tunnel Bypass Ruitersdijk Papenhoven
GD210774.R01.V1.0

13 april 2026



Ontwerpadvies fundering

Aanleg tunnel Bypass Ruitersdijk Papenhoven
Documentnummer GD210774.R01.V1.0

13 april 2026

Opdrachtgever
CV Projectbureau Grensmaas
Opdrachtgever
6121 RG Born

+31 88 130 06 00
info@geonius.nl
Postbus 1097
6160 BB Geleen

Geonius.nl

Functie	Naam	Handtekening
Adviseur geotechniek		
Collegiale toets		

Inhoud

1	Inleiding	4
1.1	Samenvatting.....	4
2	Projectuitgangspunten.....	5
2.1	Algemeen.....	5
2.2	Constructieve uitgangspunten.....	5
2.3	Geotechnische uitgangspunten.....	6
3	Grondonderzoek	7
3.1	Onderzoeksopzet	7
3.2	Inmeting	7
3.3	Diepsonderingen.....	7
3.4	Boring	8
4	Bodemgesteldheid	9
4.1	Terreingesteldheid en projectomgeving.....	9
4.2	Bodemopbouw	9
4.3	Geohydrologische situatie	9
5	Funderingsadvies	10
5.1	Motivatie funderingswijze.....	10
5.2	Fundering op staal	11
6	Uitvoeringsaspecten.....	13
6.1	Grondwater	13
6.2	Grondwerk en/of ontgravingen.....	13
6.3	Begaanbaarheid terrein	14

Bijlagen

Bijlage 1 Situatietekening

Bijlage 2 Sondeergrafieken

Bijlage 3 Boring

Bijlage 4 Richtlijnen voor het uitvoeren van grondverbeteringen/-verdichting

1 Inleiding

Door CV Projectbureau Grensmaas werd aan Geonius Geotechniek B.V. de opdracht gegeven om een geotechnisch grondonderzoek uit te voeren en een funderingsadvies op te stellen. Het onderzoek en advies zijn benodigd voor de aanleg van een tunnel nabij de Ruitersdijk te Papenhoven. De ligging van de projectlocatie is weergegeven in Figuur 1.1.

In voorliggend rapport zijn zowel de resultaten van het grondonderzoek als het funderingsadvies opgenomen. Ten behoeve van de nieuwbouw zijn sonderingen en een boring uitgevoerd. Het advies omvat een geotechnisch funderingsontwerp, welke als input dient voor een constructief DO/UO-funderingsplan/-tekening dat door de constructeur en/of aannemer dient te worden opgesteld.



Figuur 1.1: Luchtfoto met ligging projectlocatie [bron: PDOK]

1.1 Samenvatting

Op basis van de resultaten van het grondonderzoek en de geplande nieuwbouw, kan de beoogde fundering op staal worden toegepast. Enkele specifieke aandachtspunten volgend uit het grondonderzoek, het funderingsadvies en/of de omgeving zijn vermeld in Tabel 1.1.

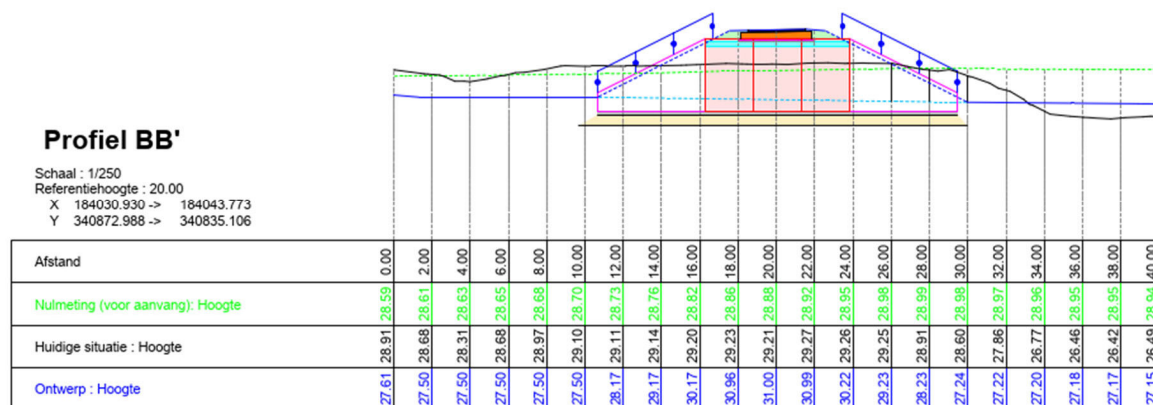
Tabel 1.1: Overzicht aandachtspunten

Aandachtspunt	Verwijzing binnen rapport
Controle constructieve uitgangspunten	Paragraaf 2.2
Bemaling	Paragraaf 6.1
(verschil)zetting	Paragraaf 5.1

2 Projectuitgangspunten

2.1 Algemeen

In het kader van de geplande aanleg van een bypass worden onder andere een aantal tunnel-elementen geplaatst. In onderstaande figuur is een doorsnede weergegeven:



Figuur 2.1 Doorsnede geplande tunnel [3]

Vanuit geotechnisch oogpunt bevindt het project zich ten tijde van het opstellen van het rapport in een UO ontwerpfase. De projectuitgangspunten zijn op basis van de in Tabel 2.1 opgenomen documenten vastgesteld, welke door de opdrachtgever zijn aangeleverd.

Tabel 2.1: Overzicht geraadpleegde projectgegevens

Ref.	Document / Tekening / Grondonderzoek	Versie	Datum
[1]	"Plaatje keerwanden.pdf"	-	-
[2]	"160107 - Berekening (mapA.0.0).pdf"	0.0	25-02-2016
[3]	"TE-KW-MET-122-6 dd260330 doorgang Ruitersdijk, pb1 uitvoeringstekening.pdf"	-	30-03-2026
[4]	Email dhr. Vis (consortium Grensmaas)	-	07-04-2026

2.2 Constructieve uitgangspunten

Voor het funderingsadvies van de geplande nieuwbouw zijn door ons de onderstaande constructieve uitgangspunten gehanteerd en/of aangenomen:

Tabel 2.2: Constructieve uitgangspunten

Nieuwbouw		Eenheden
Afmeting tunnel delen	Inwendig ca. 2,50 x 2,75 x 3,00 m (l x b x h) Uitwendig ca. 2,50 x 3,35 x 3,60 m (l x b x h)	
Opgegeven aanlegniveau ¹⁾	+26,70	m t.o.v. NAP
Maximale rekenwaarden belastingen; conform opgave opdrachtgever		
Bovenbelasting onderhoudsvoertuig	ca. 150	kN
Eigengewicht element, per stuk	ca. 250	kN
Funderingspakket en asfalt op element	ca. 7,5	kN/m ²

Nieuwbouw		Eenheden
Totale belasting op aanlegniveau (representatief)	Ca. $(150+250)/(2,5 \times 3,35) + 7,5 = 55,3$	kN/m ²
	verticaal en centrische belaste funderingen	
	horizontaal maaiveld tot 6x effectieve funderingsbreedte naast funderingselementen	

Index:

¹⁾ = rekening dient te worden gehouden met een minimaal vorstvrij aanlegniveau van 0,8 m- toekomstig maaiveld.

Indien wordt afgeweken van deze uitgangspunten, dient contact opgenomen te worden met Geonius. Hierbij dient dan de mogelijke gevolgen van de aanpassing te worden vastgesteld. Afhankelijk van deze gevolgen, kan het noodzakelijk zijn het funderingsadvies hierop aan te passen.

Gegevens over eventuele milieukundige aspecten zijn niet bekend. Indien gewenst kan Geonius dit met een aanvullend onderzoek in beeld brengen. Eventuele beperkingen of randvoorwaarden als gevolg van milieukundige aspecten zijn in voorliggend advies niet meegewogen in de funderingsopzet.

2.3 Geotechnische uitgangspunten

Voor aanvang van het grondonderzoek is het project ingedeeld in geotechnische categorie 2 (GC2) conform NEN 9997-1+C2:2017 [hierna NEN 9997-1]. Deze aannahme is, op basis van de constructieve belastingen en de aangetroffen bodemopbouw, in lijn van de verwachting. Het terrein- en grondonderzoek is uitgevoerd en gepresenteerd conform hoofdstuk 3.2 en 3.4 van NEN 9997-1. Hierbij is tevens NEN-EN 1997-2:2007 [hierna NEN-EN 1997-2] gebruikt voor de bepaling van geotechnische parameters.

Het geotechnische ontwerp van de fundering is uitgewerkt conform de eisen betreffende constructieve veiligheid en bruikbaarheid conform de van toepassing zijnde onderdelen van hoofdstuk 6 van NEN 9997-1. Zowel NEN 9997-1 (Geotechnisch ontwerp Deel 1: Algemene regels + Nationale Bijlagen) en NEN-EN 1997-2 (Geotechnisch ontwerp Deel 2: Grondonderzoek en beproeving) vormen de basis van Eurocode 7.

Voor het uitvoeren van de berekeningen is gebruik gemaakt van een gevalideerde spreadsheet, waarin de methode van hoofdstuk 6 van NEN 9997-1 wordt toegepast. De specifieke uitgangspunten van de fundering op staal zijn opgenomen in het hoofdstuk 'Funderingsadvies'.

3 Grondonderzoek

3.1 Onderzoekopzet

Ten behoeve van het grondonderzoek zijn in maart 2026 in totaal 2 diepsonderingen uitgevoerd. De sonderingen zijn uitgevoerd met een 20-tons sondeermachine. De opzet van het grondonderzoek is hiermee in lijn met artikel '3.2.3 (6)P (e)' van NEN 9997-1.

Om inzicht te verkrijgen in de ligging van mogelijke kabels en leidingen is een KLIC-melding uitgevoerd. Verder waren geen aanvullende maatregelen van toepassing voor de uitvoering van het grondonderzoek.

In de volgende paragrafen zijn de resultaten van het grondonderzoek omschreven, welke in de bijlagen 1 t/m 3 zijn opgenomen. In hoofdstuk 4 volgt de inhoudelijke interpretatie van de gegevens.

3.2 Inmeting

De ligging en de coördinaten van de ingemeten punten zijn op situatietekening GD210774.T01 weergegeven, welke in Bijlage 1 is opgenomen. De onderzoekspunten zijn met behulp van 06-GPS ingemeten t.o.v. het Rijksdriehoekstelsel en NAP met een nauwkeurigheid van ca. 0,1 m. Alle gegevens van de inmeting zijn een momentopname en alleen te gebruiken in voorliggend funderingsadvies.

3.3 Diepsonderingen

De diepsonderingen zijn gemaakt met een elektrische conus. Hierbij wordt de conusweerstand en de plaatselijke wrijving continu gemeten, elektrisch geregistreerd en digitaal vastgelegd. De sonderingen zijn uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1:2022. De sonderingen zijn genummerd SW01 en SW02 en gepresenteerd ten opzichte van NAP. De resultaten van de sonderingen zijn opgenomen in Bijlage 2. Bij de sonderingen is tevens de helling ten opzichte van de verticaal gemeten. Bijzondere afwijkingen in de meetdata zijn niet vastgesteld.

De verhouding tussen de wrijvingsweerstand van de kleefmantel en de weerstand aan de conuspunt, het zogenaamde wrijvingsgetal, heeft voor iedere grondsoort een andere waarde. Voor een gladde elektrische conus gelden bij veel voorkomende ongeroerde gronden onder de grondwaterstand ongeveer de navolgende relaties:

Tabel 3.1: Interpretatie van het wrijvingsgetal

Wrijvingsgetal in %	Grondsoort
0,3 – 1,5	Zand, grof tot fijn
1,5 – 2,5	Silt (leem)
2,5 – 5,0	Klei
> 5,0	Veen

Tussen de verschillende grondsoorten komen overgangsvormen voor waardoor de aangegeven grenzen niet als hard zijn te beschouwen.

3.4 Boring

Om de toplagen nader te verkennen is op de locatie tevens een handboring (genummerd B01) tot ca. 0,6 m- maaiveld uitgevoerd. De boring kon vanwege vaste zandgrind handmatig niet dieper worden doorgezet. Tijdens de boorwerkzaamheden is het opgeboorde materiaal geïdentificeerd en beschreven conform NEN-EN-ISO 14688-1:2019+NEN 8990:2020: boorklasse B3. De boorstaat is gepresenteerd ten opzichte van maaiveld en NAP en opgenomen in Bijlage 3.

4 Bodemgesteldheid

4.1 Terreingesteldheid en projectomgeving

Het terrein was ten tijde van de uitvoering van het grondonderzoek braakliggend. De begaanbaarheid van het terrein was tijdens de uitvoering van het grondonderzoek voldoende voor het ingezette materieel.

Tijdens de uitvoering van het grondonderzoek lag het maaiveld ter plaatse van de onderzoekspunten op een niveau van NAP +28,5 tot +29,1 m. Op basis van de ingemeten onderzoekspunten heeft het terrein een hoogteverschil van ca. 0,6 m.

4.2 Bodemopbouw

De bodemopbouw is op basis van het uitgevoerde grondonderzoek geïnterpreteerd en beschreven in Tabel 4.1. Als gevolg van de zand/zandgrindwinning is het oorspronkelijke materiaal tot grote diepte verwijderd. Op basis van de sonderingen in ieder geval tot minimaal 15 m- maaiveld (NAP +13,5 m). Het exacte niveau is bij ons bureau niet bekend. De aanvullingen zijn uitgevoerd middels aangevoerd materiaal. De ondergrond is hierdoor tot grote diepte geroerd en sterk wisselend qua sterkte en samenstelling.

Tabel 4.1: Globale bodemopbouw

Laag	Bovenkant laag [m t.o.v. NAP]	GRONDSOORT, bijmenging, conditie en (bijzonderheden)	Conus weerstanden
1	+28,5 à +29,1	Een mixture van KLEI, SILT en ZAND, Zeer week tot matig vast (geroerde laag)	Ca. 0,1 à 0,2 MPa en oplopend tot ca. 8 MPa

Index:

¹⁾ = maximaal verkende diepte bij het grondonderzoek is NAP +13,5 m bij SW02

4.3 Geohydrologische situatie

Het grondwaterniveau is tijdens de uitvoering van het grondonderzoek in het sondeergat niet vastgesteld tot op een diepte van ca. 0,6 à 1,2 m- maaiveld. Dit komt overeen met ca. NAP +27,9 m. Op dit niveau waren de sondeergaten ingestort en derhalve kon niet dieper gepeild worden. Het betreft hier slechts een eenmalige meting, waardoor deze waarneming slechts een indicatie betreft. Gezien de ligging van de locatie verwachten wij dat het grondwater hoog kan staan.

Op basis van bovenstaande is voor dit adviesrapport voor de freatische grondwaterstand een niveau van ca. NAP +27,9 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 inzijing). 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.

5 Funderingsadvies

5.1 Motivatie funderingswijze

Op basis van de aard van het project, de opzet van de constructie en de aangetroffen bodemopbouw kan de voorgenomen fundering op staal worden toegepast. Als gevolg van de aanwezige, slecht verdichte aanvullingen zal wel een grondverbetering noodzakelijk zijn om het draagvermogen te vergroten. Daarnaast zullen waarschijnlijk nog zettingen ontstaan als gevolg van de (zeer) weke en slecht verdichte lagen. Van de aanwezige heterogene, geroerde lagen kunnen zettingen **niet** bepaald worden daar geen passende zettingsparameters afgeleid kunnen worden. Zettingsparameters kunnen enkel van ongeroerde grondlagen betrouwbaar worden bepaald. Wij adviseren om de tunneldelen als stijf geheel uit te voeren, zodat de zettingen gelijkmatig optreden en verschilzettingen zo veel mogelijk beperkt blijven.

Om de zettingen en verschilzettingen te beperken kan tevens een voorbelasting worden toegepast, welke gedurende een langere periode aanwezig is. De belasting vanuit de voorbelasting moet minimaal overeenkomen met de belasting vanuit de geplande constructie. De voorbelasting dient gemonitord te worden middels zakbaken, om zodoende meer inzicht te krijgen in de opgetreden zettingen en de nog te verwachte zettingen.

Voor dit project zijn de volgende aandachtspunten van belang:

- Het toepassen van een grondverbetering:
Vanwege de niet draagkrachtige toplaag en/of de aanwezigheid van slappe / zettingsgevoelige / geroerde lagen binnen het invloedsgebied van de fundering is het toepassen van een grondverbetering noodzakelijk. Dit om het benodigde draagvermogen te vergroten en/of (verschil)zettingen te beperken. De grondverbetering dient met menggranulaat te worden uitgevoerd.
- Grondwaterstand i.r.t funderingsontwerp:
Vanwege de hoge grondwaterstand zal de tunnel waterdicht uitgevoerd moeten worden. Bij de constructieberekeningen zal tevens rekening moeten worden gehouden met een mogelijk oprijvend effect als gevolg van een tijdelijk hogere grondwaterstand dan nu is aangetroffen. Indien de tunnel gewoon vol zal lopen, is van opdrijven geen sprake. Indien de tunnel ten allen tijde droog gehouden wordt dient, met inachtneming de partiële factoren, de tunnel veilig te zijn tegen opdrijven.
- Grondwaterstand i.r.t. uitvoering:
Afhankelijk van de grondwaterstand in de uitvoeringsfase is een bemaling nodig, zie verder paragraaf 6.1.

Onderstaand is de fundering op staal verder geotechnisch uitgewerkt.

5.2 Fundering op staal

5.2.1 Uitgangspunten funderingsberekening

In aanvulling op paragraaf 2.2 'constructieve uitgangspunten' en paragraaf 2.3 'geotechnische uitgangspunten', zijn de in de berekening gehanteerde factoren in Tabel 5.1 vermeld.

Tabel 5.1: berekeningsfactoren fundering op staal

Omschrijving	Symbool	Waarde
Gedraineerd of ongedraineerd gedrag grond	-	Gedraineerd
Minimaal volumiek gewicht, (grond)dekking ¹⁾	$\gamma'_{dekking;gem;k}$	17,0 kN/m ³
Dikte (grond)dekking	-	0,50 m
Gehanteerde grondwaterstand	-	NAP + 27,9 m
Volumiek gewicht water	$\gamma_{water;k}$	10,0 kN/m ³
Effectief volumiek gewicht, grond onder fundering ¹⁾	$\gamma'_{gem;k}$	10,0 kN/m ³
Hoek van inwendige wrijving onder fundering ¹⁾	$\phi'_{gem;k}$	17,5 °
Cohesie ¹⁾	$c'_{gem;k}$	0,0 kPa
Partiële factor volumiek gewicht	γ_{γ}	1,10
Partiële factor hoek van inwendige wrijving	$\gamma_{\phi'}$	1,15 ²⁾
Partiële factor cohesie	$\gamma_{c'}$	1,60
Draagkrachtfactoren (N_c , N_q en N_{γ})	N_c , N_q en N_{γ}	Conform NEN 9997-1
Stijfheid constructie	-	<u>Niet</u> -stijf bouwwerk

Index:

¹⁾ = gewogen gemiddelde, conform NEN 9997-1 volgens 6.5.2.2(n)

²⁾ = van toepassing op $\tan \phi$

5.2.2 Minimaal ontgravingsniveau

In Tabel 5.2 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. Onder de tunnelelementen moet een minimale grondverbetering worden aangebracht van 1,0 m. Gezien de weke ondergrond dient de grondverbetering middels menggranulaat te worden uitgevoerd. Daarnaast is het wenselijk om eerst een vlijlaag aan te brengen, welke bestaat uit grof korrelig materiaal. Deze vlijlaag zal in de ondergrond gedrukt moeten worden, aanrillen moet vermeden worden. Hierop kan dan de grondverbetering worden opgebouwd. Het toepassen van de vlijlaag is ter competentie van de uitvoerende partij, deze dient enkel om de grondverbetering goed aan te kunnen brengen en te verdichten.

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 4. Een verdiepte aanzet middels schrale beton behoort NIET tot de mogelijkheden.

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

Tabel 5.2: 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	+29,06	-	+26,70	+25,70
SW02	+28,54	-	+26,70	+25,70

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.

5.2.3 Resultaten funderingsberekeningen

De rekenwaarden voor de draagkracht loodrecht op het funderingsoppervlak bedraagt maximaal 75 kN/m². Hierbij is gerekend met een gedraineerde, ondergrond en een hoge grondwaterstand (zie paragraaf 4.3 en tabel 5.1).

Aangezien de constructie op geroerde en slecht verdichte lagen wordt aangezet, zullen er nog zettingen optreden. De exacte hoeveelheid zetting is echter niet aan te geven. Wij adviseren om de locatie voor te belasten met een voorbelasting die overeenkomt met de uiteindelijke belasting en deze voorbelasting te monitoren. Op basis van de monitoringsgegevens kan meer inzicht verkregen worden over de zettingen en te verwachten restzettingen.

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.

6 Uitvoeringsaspecten

6.1 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 ontgravings-/verdichtingsniveau ligt. Op deze wijze kan de ondergrond op een juiste wijze worden verdicht. Zie ook Bijlage 4 voor richtlijnen omtrent de uitvoering van grondverbeteringen/-verdichting.

Op basis van de in paragraaf 5.3 gehanteerde grondwaterstand verwachten wij dat, afhankelijk van het seizoen van realisatie, een bemaling moet worden toegepast om de grondwaterstand tijdelijk te verlagen.

6.2 Grondwerk en/of ontgravingen

Het verdient aanbeveling om het ontgravingsniveau, indien dit niet te veel leem en/of klei bevat, zorgvuldig en in droge toestand af te trillen. Zodoende worden ontgravingsverstoringen teniet gedaan en wordt een zo optimaal mogelijke funderingsgrondslag verkregen.

Vanwege de plaatselijk weke en verzadigde bodem zal zowel bij de ontgravingswerkzaamheden alsmede bij het aanbrengen van de grondverbetering zorgvuldig te werk moeten worden gegaan om een "dolle" ondergrond te voorkomen. De werkingsdiepte van de verdichtingsapparatuur moet zijn afgestemd op de dikte van de aan te brengen lagen van het grondverbeteringspakket.

Waar de ontgravingsniveaus bestaan uit sterk verweekte gedeelten, kan alvorens het grondverbeteringspakket aan te brengen, een vlijlaag worden gemaakt middels het inbedden van grove puin, silex of grof grind. Intrillen hiervan moet worden vermeden.

Bij het ontgraven voor de funderingen dient rekening te worden gehouden 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

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, inmetingen 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.

6.3 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.

Bijlage 1 Situatietekening

Coördinaten onderzoekspunten			
Nummer	X	Y	NAP
SW01	184034.54	340862.77	29.06
SW02	184040.04	340846.15	28.54



Onderzoekspunten

SW
▼ Sondering met kleef
Boring

○ tot 1 meter

Ondergrond

□ Percelen

Project	Aanleg tunnel Bypass	
Locatie	Ruitersdijk Papenhoven	
Onderdeel	Situatietekening	
Projectnr	GD210774	Projectleider
Bijlagenr	T01.v01	Getekend
Datum	2-4-2026	Formaat A4

GEONIUS

Geonius Geotechniek
+31 (0) 88 1300 600

De Asselen Kuil 10



6161 RD Geleen
www.geonius.nl

Schaal 1:500

0

5

10

15

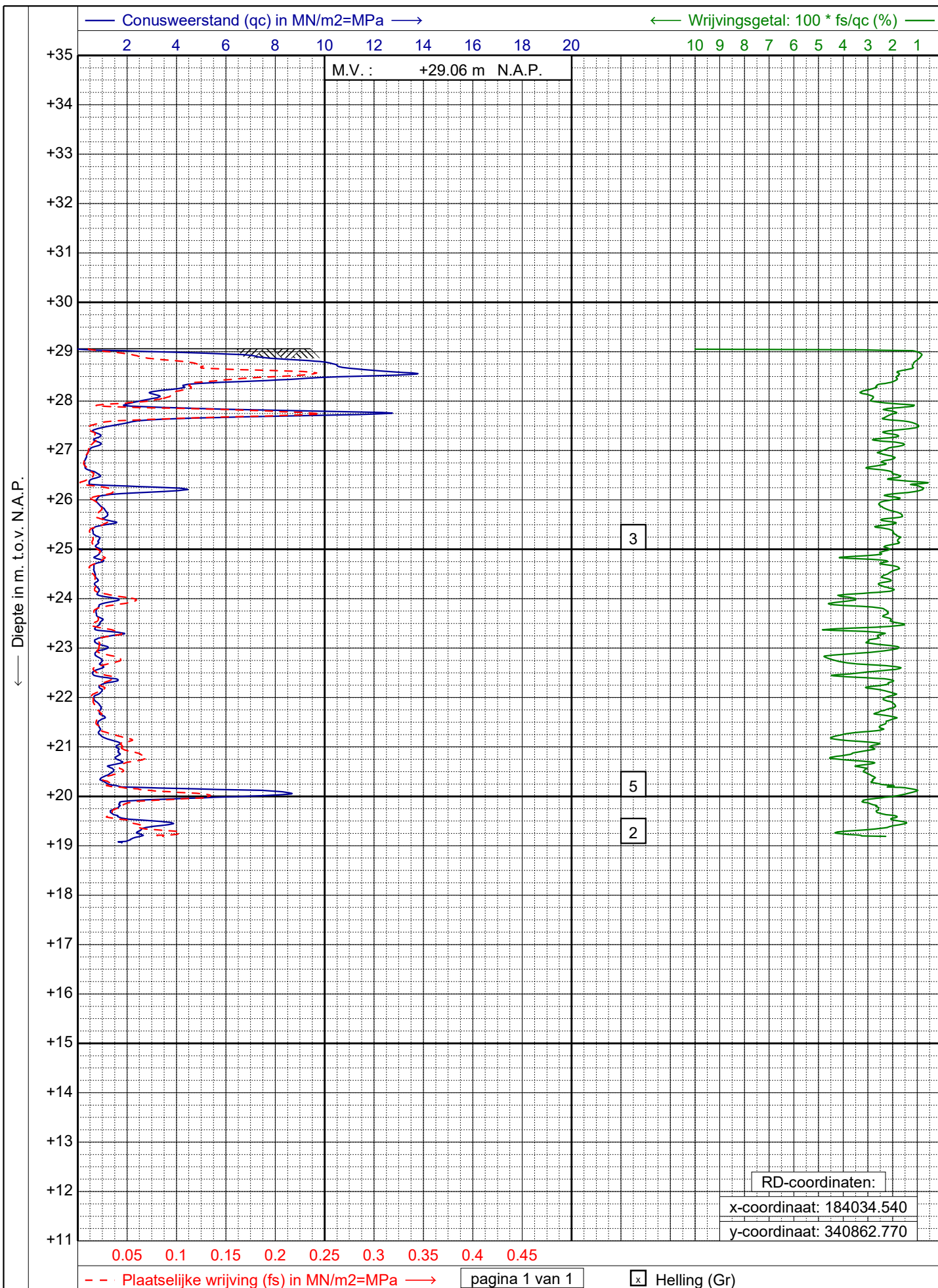
20

25 m





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 : **Aanleg tunnel Bypass**

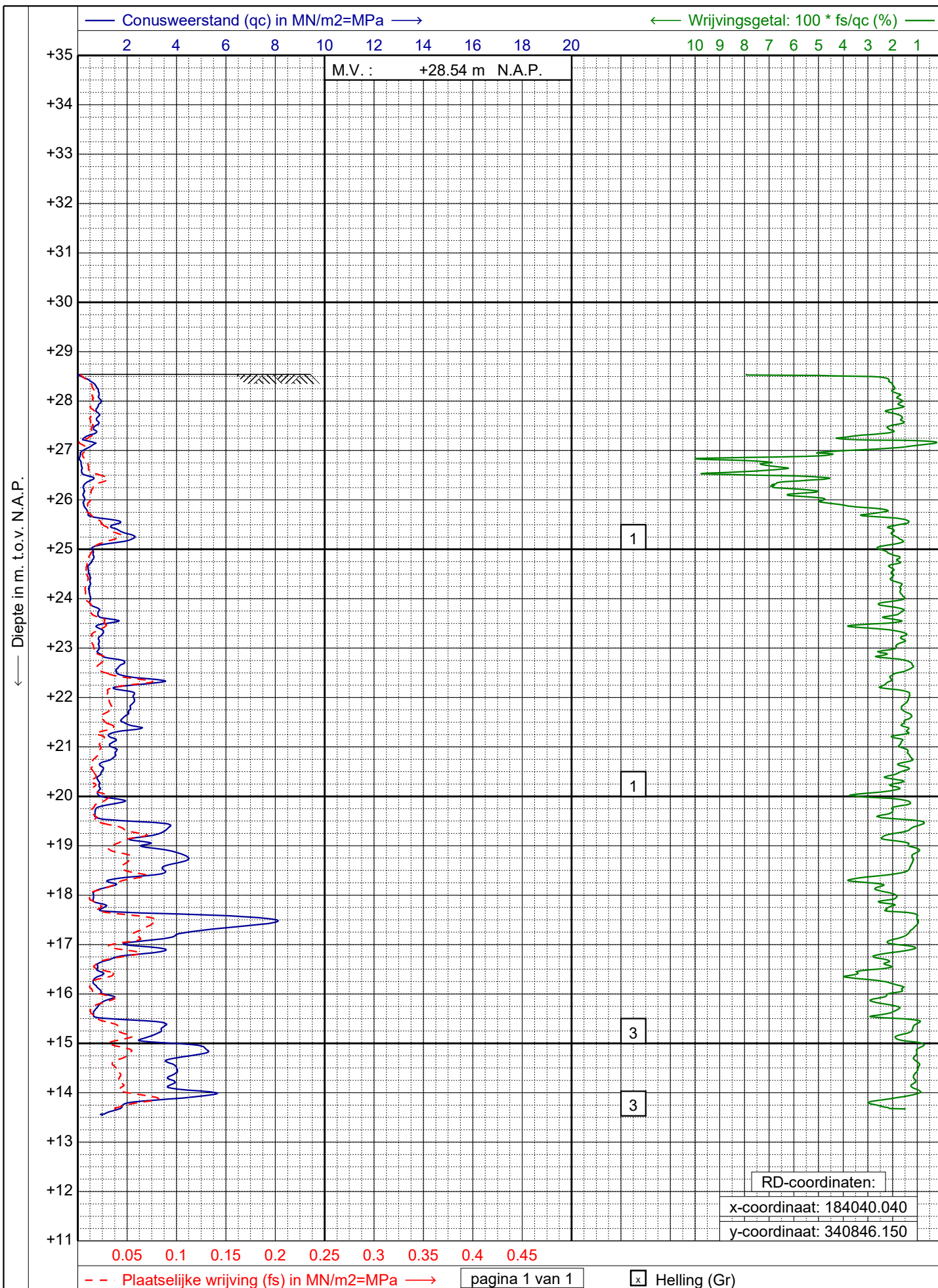
Locatie : **Ruitersdijk Papenhoven**

Datum : **31-03-2026**

Conus : **S15-CFI.2368**

Opdracht : **GD210774**

Sondering : **SW01**



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

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

Project : **Aanleg tunnel Bypass**

Locatie : **Ruitersdijk Papenhoven**

Datum : **31-03-2026**

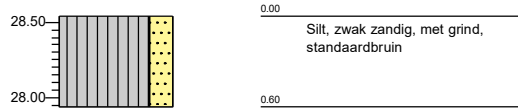
Conus : **S15-CFI.2368**

Opdracht : **GD210774**

Sondering : **SW02**

Bijlage 3 Boring

Boring: B01
Maaiveldhoogte: 28.54 m. t.o.v. N.A.P.
Datum: 31-3-2026
Reden boring gestopt: Obstakel grindstenen
Opmerking: T.p.v. SW02



Bijlage 4 Richtlijnen voor het uitvoeren van grondverbeteringen/-verdichting

Relevante uitvoeringaspecten

In onderstaande bijlage zijn aspecten opgenomen voor de uitvoering van een grondverbetering/-verdichting en eisen welke 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 gewichtspercentages

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^o 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 toplaag 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 a 2,0 maal de diameter van de plaat. Doorgaans vormt de verhouding tussen, de met de plaatdrukproef bepaalde, Ev2 en Ev1 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