

# Ontwerpadvies fundering

Verbouwing aan de Mergelweg 332 te Maastricht

GA222215.R01.V1.0

24 november 2022



Gemeente Maastricht  
Veiligheid en Leefbaarheid

Ontvangen op : 21-12-2022

Zaaknummer : 22-2375WB

Tegen uitvoering geen bezwaar

Gezien

d.d. 03/04/2023

Behoort bij ontwerpbesluit van B&W

d.d. 06-12-2023

**GEONIUS**

# Ontwerpadvies fundering

Verbouwing aan de Mergelweg 332 te Maastricht

Documentnummer GA222215.R01.V1.0

24 november 2022

## Opdrachtgever

Sathos Beheer B.V.

Plateauweg 1

6212EA Maastricht

## Architect

Artesk van Royen architecten

Bourgogneplein 21

6226CZ Maastricht

## Architect

Renco Sips Constructieve Berekeningen

Mauritsweg 54a

6171AJ Stein

+31 88 130 06 00

info@geonius.nl

Postbus 1097

6160 BB Geleen

Geonius.nl

Functie	Naam	Paraaf
Geotechnisch adviseur	ing. J.C.A. Timmermans	
Collegiale toets	ir. N.P.A.W. Kelleners	

# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Projectuitgangspunten</b> .....	<b>5</b>
2.1	Constructieve uitgangspunten.....	5
2.2	Geotechnische uitgangspunten.....	6
<b>3</b>	<b>Grondonderzoek</b> .....	<b>7</b>
3.1	Inmeting .....	7
3.2	Sonderingen .....	7
<b>4</b>	<b>Bodemgesteldheid</b> .....	<b>8</b>
4.1	Terreingesteldheid en projectomgeving.....	8
4.2	Bodemopbouw .....	8
4.3	Geohydrologische situatie .....	8
<b>5</b>	<b>Funderingsadvies</b> .....	<b>10</b>
5.1	Uitgangspunten funderingsberekening .....	10
5.2	Minimaal ontgravingsniveau .....	10
5.3	Resultaten funderingsberekeningen .....	11
<b>6</b>	<b>Uitvoeringsaspecten</b> .....	<b>12</b>
6.1	Grondwerk en/of ontgravingen.....	12

## Bijlagen

Bijlage 1 Situatietekening

Bijlage 2 Sondeergrafieken

Bijlage 3 Richtlijnen voor het uitvoeren van grondverbeteringen/  
verdichting

# 1 Inleiding

Door Sathos Beheer B.V. werd op 19 oktober 2022 aan Geonius Geotechniek B.V. de opdracht gegeven geotechnisch grondonderzoek uit te voeren en een funderingsadvies op te stellen. Het onderzoek en advies zijn benodigd voor de verbouwing en uitbreiding van het eetcafé aan de Mergelweg 332 te Maastricht. 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 uitgevoerd. Het advies omvat een geotechnisch funderingsontwerp, welke als input dient voor een constructief DO/UO-funderingsplan/-tekening dat door de constructeur, architect en/of aannemer dient te worden opgesteld.



Figuur 1.1: Luchtfoto met ligging projectlocatie [bron: Google Earth]

Aandachtspunten volgend uit het grondonderzoek, het funderingsadvies en/of de omgeving zijn vermeld in Tabel 1.1. Vanuit de tabel met aandachtspunten wordt binnen dit rapport gericht verwezen naar een verdere omschrijving van het aandachtspunt.

Tabel 1.1: Overzicht aandachtspunten

Aandachtspunt	Verwijzing binnen rapport
#1 Stabiliteit fundering bestaande bebouwing	Hoofdstuk 5

# 2 Projectuitgangspunten

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

Tabel 2.1: Overzicht geraadpleegde projectgegevens

Ref.	Document / Tekening / Grondonderzoek	Versie	Datum
[1]	2015-2022-10-03_TO-1 Tekeningen tbv bespreking.pdf	1.0	03-10-2022

## 2.1 Constructieve uitgangspunten

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

- Een deel van de bestaande bebouwing wordt gesloopt;
- De uitbreiding bestaat uit maximaal 2 bovengrondse bouwlagen (met kap);
- De uitbreiding wordt geheel van een kelder voorzien;
- Het bouwpeil wordt aangenomen op ca. NAP +56,6 m op basis van ingemeten dorpelhoogten. Uitgaande van een kelderhoogte van 3,4 m- bouwpeil en keldervloer dikte van ca. 0,3 m, komt de onderkant van de keldervloer overeen met ca. NAP +52,9 m.
- De rekenwaarden van de (maximale) strookbelastingen [ $V_{d;strook}$ ] zijn door de constructeur geschat op 100 kN/m<sup>1</sup>;
- In dit rapport is uitgegaan van verticaal en centrische belaste funderingen alsmede een horizontaal 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.

Voor meer informatie omtrent de milieukundige aspecten wordt verwezen naar de documenten van Geonius Milieu bv. met kenmerk MA22054.R01.

## 2.2 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 aanname 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.

# 3 Grondonderzoek

Ten behoeve van het grondonderzoek zijn in november 2022 in totaal 3 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.

## 3.1 Inmeting

De ligging en de coördinaten van de ingemeten punten zijn op situatietekening GA222215.T01 weergegeven en in Bijlage 1 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.

## 3.2 Sonderingen

De sonderingen 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 22476-1:2012/C1:2013. De sonderingen zijn genummerd SW01 t/m SW03 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.

# 4 Bodemgesteldheid

## 4.1 Terreingesteldheid en projectomgeving

Het terrein was ten tijde van de uitvoering van het grondonderzoek gras. 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 +56,4 tot +55,2 m. Op basis van de ingemeten onderzoekspunten heeft het terrein een hoogteverschil van ca. 1,2 m. Tevens is de hoogte van een aantal referentiepunten ingemeten. De resultaten zijn in onderstaande Tabel 4.1 weergegeven.

Tabel 4.1: Ingemeten hoogte van referentiepunten

Meetpunt	Hoogte in m t.o.v. NAP
Put A	+56,27
Dorpel B	+56,57
Dorpel C	+56,44

## 4.2 Bodemopbouw

De bodemopbouw is op basis van het uitgevoerde grondonderzoek geïnterpreteerd en beschreven in Tabel 4.2. Het aangehouden maaiveld is gelijk aan bovenkant laag 1.

Tabel 4.2: bodemopbouw

Laag	van	tot	GRONDSOORT, conditie, bijmenging en (bijzonderheden)
	in m t.o.v. NAP		
1	+56,4 à +55,2	+55,5 à +54,0	ZAND, los tot matig vast gepakt, silthoudend (geroerde laag), conusweerstand zijn 4 à 12 MPa
2	+55,5 à +54,0	+47,1 à +46,5	SILT, slap tot matig vast, sterk zandig, conusweerstand zijn 2 à 5 MPa
3	+47,1 à +46,5	+46,0 à +45,5 <sup>1)</sup>	ZANDGRIND, zeer vast gepakt, alle sonderingen zijn gestaakt in dit pakkt vanwege het bereiken van de totaaldruk. conusweerstand zijn 4 tot meer dan 40 MPa

Index:

<sup>1)</sup> = maximaal verkende diepte ter plaatse van sondering SW01

## 4.3 Geohydrologische situatie

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.



Het grondwaterniveau is tijdens de uitvoering van het grondonderzoek in het sondeergat vastgesteld op een diepte van ca. 6,0 à 7,3 m- maaiveld. Dit komt overeen met ca. NAP +39,2 à +39,1 m. Het betreft hier slechts een eenmalige meting, waardoor deze waarneming slechts een indicatie betreft.

Voor dit adviesrapport is voor de freatische grondwaterstand een niveau van ca. NAP +39,1 m gehanteerd.

# 5 Funderingsadvies

Geadviseerd wordt een fundering op staal toe te passen. Op basis van de aard van het project, de opzet van de constructie en de aangetroffen bodemopbouw komt een fundering middels een stijve funderingsplaat in aanmerking. Onderstaand is de funderingswijze verder uitgewerkt.

## 5.1 Uitgangspunten funderingsberekening

In aanvulling op paragraaf 2.1 'geotechnische uitgangspunten', zijn de in de berekening gehanteerde factoren in Tabel 5.1 vermeld.

Tabel 5.1: berekeningsfactoren fundering op staal

Omschrijving	Symbool	Waarde
Minimaal volumiek gewicht, gronddekking <sup>1)</sup>	$\gamma'_{dekking;gem;k}$	24,0 kN/m <sup>3</sup>
Maximale grondwaterstand	-	zie paragraaf 4.3
Volumiek gewicht water	$\gamma_{water;k}$	10,0 kN/m <sup>3</sup>
Volumiek gewicht, grond onder fundering <sup>1)</sup>	$\gamma_{gem;k}$	19,0 kN/m <sup>3</sup>
Hoek van inwendige wrijving onder fundering <sup>1)</sup>	$\varphi'_{gem;k}$	27,5 °
Cohesie <sup>1)</sup>	$c'_{gem;k}$	0,0 kPa
Partiële factor volumiek gewicht	$\gamma_\gamma$	1,10
Partiële factor hoek van inwendige wrijving	$\gamma_{\varphi'}$	1,15 <sup>2)</sup>
Partiële factor cohesie	$\gamma_c$	1,60
Draagkrachtfactoren ( $N_c$ , $N_q$ en $N_\gamma$ )	$N_c$ , $N_q$ en $N_\gamma$	Conform NEN 9997-1
Stijfheid constructie	-	<u>Niet</u> -stijf bouwwerk

Index:

<sup>1)</sup> = gewogen gemiddelde, conform NEN 9997-1 volgens 6.5.2.2(n)

<sup>2)</sup> = van toepassing op  $\tan \varphi'$

## 5.2 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. Het is niet uitgesloten dat plaatselijke afwijkingen aanwezig kunnen zijn.

Indien, onder de funderingselementen op de aangegeven niveaus, humus-/leemhoudende lagen en/of losse geroerde gedeelten worden aangetroffen, zal dit moeten worden verwijderd. Het verwijderde materiaal dient vervangen te worden door schoon, goed te verdichten zand. Richtlijnen betreffende gestelde eigenschappen van het materiaal, het uitvoeren van grondverbeteringen en verdichting zijn gegeven in Bijlage 5.

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	+56,41	+56,57	+52,90	+52,90
SW02	+55,24	+56,57	+52,90	+52,90
SW03	+55,42	+56,57	+52,90	+52,90

## 5.3 Resultaten funderingsberekeningen

Bij de berekening van de funderingsconstructie als een elastisch ondersteunde plaat, kan gebruik worden gemaakt worden van een rekenwaarde van de beddingsconstante van ca. 20 MN/m<sup>3</sup> voor de plaatfundering. Deze beddingsconstante geldt ter plaatse van de belaste delen van de plaat, uitgaande van een rekenwaarde van de toelaatbare funderingsdruk van 100 kN/m<sup>2</sup>. De mate van wapening van de plaatfundering is ter competentie van de constructeur.

Teneinde een idee te verkrijgen van de orde van grootte van de zettingen, zijn berekeningen uitgevoerd met behulp van geschatte parameters. De optredende maximale zettingen schatten wij omtrent enkele millimeters. De zettingsverschillen bedragen ca. 50%.

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, waaronder sterkte, wapening, betonkwaliteit en dergelijke. Uitvoeringseffecten waar mogelijk rekening mee gehouden dient te worden zijn bijvoorbeeld: wijze van verdichten, bovenbelasting vanuit materieel, (tijdelijke) gronddepots of ontgravingen.

# 6 Uitvoeringsaspecten

## 6.1 Grondwerk en/of ontgravingen

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. Aangezien op dit niveau geen grondwater werd aangetroffen is een bemaling normaliter niet noodzakelijk. Wel kan overlast in de bouwput ontstaan als gevolg van stagnerend hemelwater. Dit kan gewoon worden afgepompt.

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.

De ontgravingswerkzaamheden dienen achteruit werkend te geschieden. Het berijden of betreden van het ontgravingsniveau moet worden vermeden. Waar de ontgravingsniveaus bestaan uit sterk verweekte gedeelten, kan alvorens de funderingswerken te starten, een vlijlaag worden gemaakt middels het inbedden van grove puin, silex of grof grind. Intrillen hiervan moet worden vermeden.

Bij het ontgraven van de funderingsplaat, dient rekening worden met het mogelijk inkalven van de wanden van de sleuven. Oorzaken van het inkalven kunnen zijn:

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

Daarnaast dient rekening gehouden te worden met de stabiliteit van en/of horizontale grondbelasting op aanwezige objecten en/of situaties. In geen geval mag tot onder het aanlegniveau van de bestaande funderingen worden ontgraven. Daarnaast dient vooraf geverifieerd te worden dat de bestaande kelder bestaat uit een doorgaande funderingsplaat met daarop geplaatste wanden. In het geval dat de bestaande kelder bestaat uit een strokenfundering met los gestorte tussenvloer, dan mag de bestaande fundering niet in één gang worden ontgraven en dienen de funderingswerkzaamheden van de nieuwe kelder fasegewijs te worden uitgevoerd óf dienen aanvullende maatregelen te worden genomen om de stabiliteit van de bestaande fundering te waarborgen. Dit kan bijvoorbeeld door ondervangen van de bestaande fundering. Hiertoe moet vooraf een plan van aanpak voor worden gemaakt.

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

# Bijlagen


# Bijlage 1 Situatietekening

Coördinaten onderzoekspunten			
Nummer	X	Y	NAP
SW01	175475.578	315796.469	56.41
SW02	175457.789	315805.670	55.24
SW03	175454.514	315798.173	55.42
Coördinaten vaste punten			
Put A	175493.739	315799.938	56.27
Dorpel B	175462.297	315795.636	56.57
Dorpel C	175464.376	315799.803	56.44



SW	▼	Sondering met kleef
I	I	Dorpel
□	□	Putdeksel
▭	▭	Geplande nieuwbouw


Project	Verbouwing		
Locatie	Mergelweg 332 te Maastricht		
Onderdeel	Situatietekening		
Projectnr	GA222215	Projectleider	N. Kelleners
Bijlagenr	T01	Getekend	M. Vankan
Datum	15-11-2022	Formaat	A3

**GEONIUS** 

Geonius Geotechniek +31 (0) 88 1300 600 De Asselen Kuil 10 6161 RD Geleen www.geonius.nl

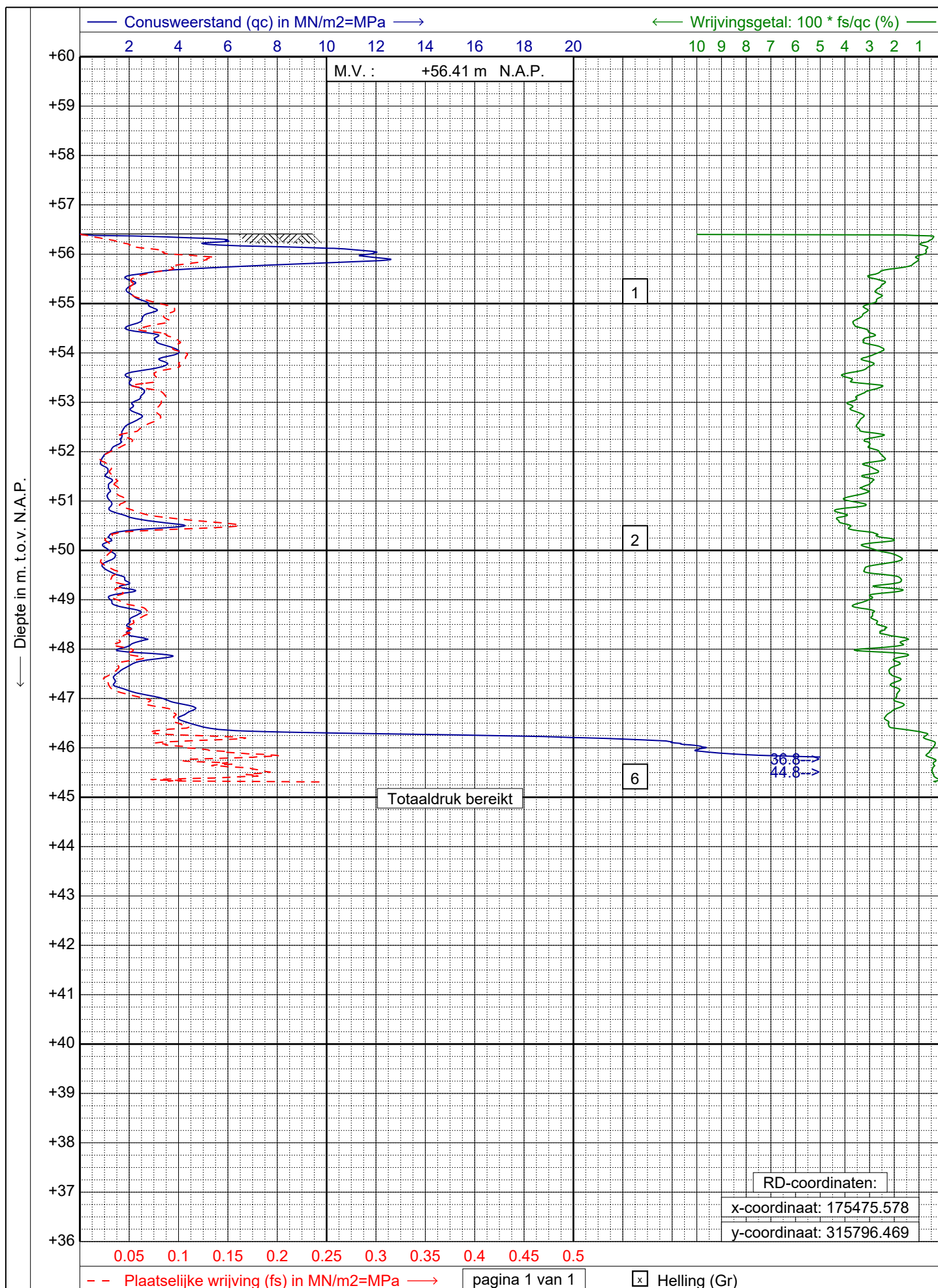
Schaal 1:500

0 5 10 15 20 25 m



## Bijlage 2 Sondeergrafieken

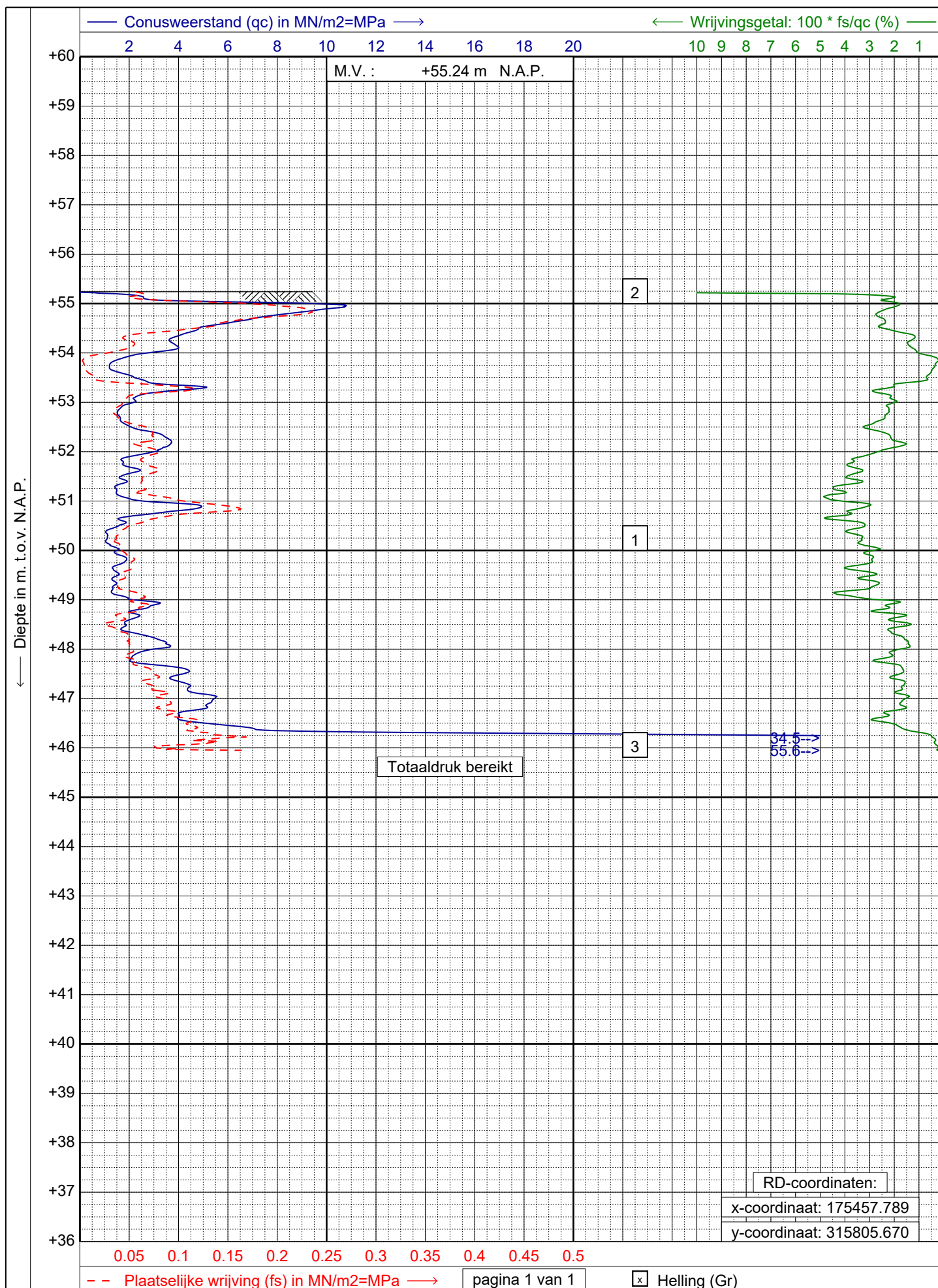




**GEONIUS**  
 www.geonius.nl  
 E-mail: info@geonius.nl  
 Tel.: 088-1300600

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1, klasse 2 Type: TE1  
 Project : **Verbouwing**  
 Locatie : **Mergelweg 332 te Maastricht**

Datum : **14-11-2022**  
 Conus : **S15-CFI.1792**  
 Opdracht : **GA222215**  
 Sondering : **01**



← Diepte in m. t.o.v. N.A.P.

— Conusweerstand (qc) in MN/m<sup>2</sup>=MPa —→

← Wrijvingsgetal: 100 \* fs/qc (%) —→

2 4 6 8 10 12 14 16 18 20

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

M.V. : +55.24 m N.A.P.

2

1

3

Totaaldruk bereikt

RD-coördinaten:

x-coördinaat: 175457.789

y-coördinaat: 315805.670

0.05 0.1 0.15 0.2 0.25 0.3 0.35 0.4 0.45 0.5

-- Plaatselijke wrijving (fs) in MN/m<sup>2</sup>=MPa —→

pagina 1 van 1

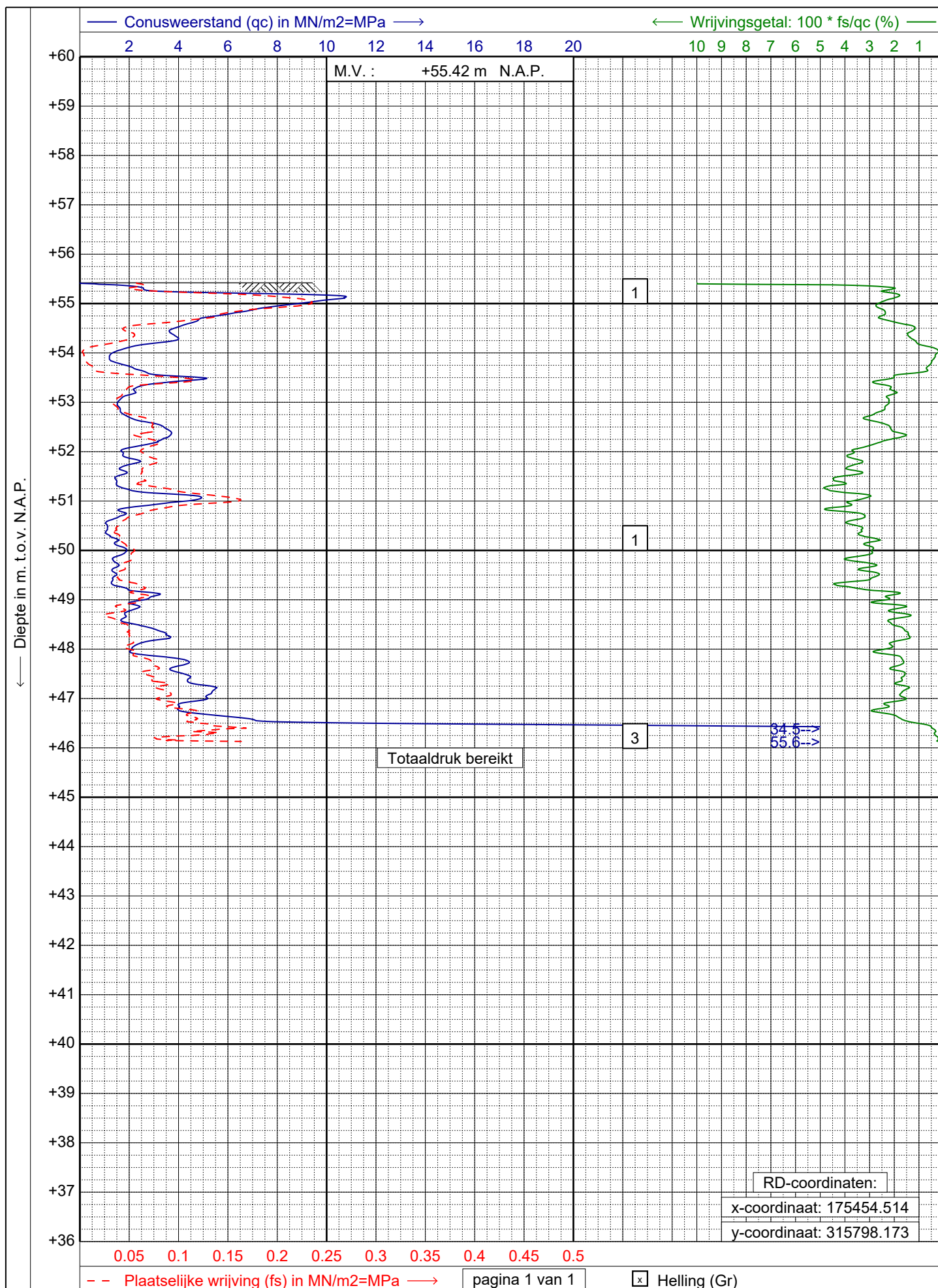
Helling (Gr)



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

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1, klasse 2 Type: TE1  
 Project : **Verbouwing**  
 Locatie : **Mergelweg 332 te Maastricht**

Datum : **14-11-2022**  
 Conus : **S15-CFI.1792**  
 Opdracht : **GA222215**  
 Sondering : **02**



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

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1, klasse 2 Type: TE1  
 Project : **Verbouwing**  
 Locatie : **Mergelweg 332 te Maastricht**

Datum : **14-11-2022**  
 Conus : **S15-CFI.1792**  
 Opdracht : **GA222215**  
 Sondering : **03**

## Bijlage 3 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 [ $C_u = D_{60} / D_{10}$ ] 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  $\mu\text{m}$  mag in het algemeen niet meer bedragen dan 5 %\*. Indien minder strenge eisen aan de grondverbetering worden gesteld is een percentage van 10 %\* < 63  $\mu\text{m}$  toelaatbaar;
- 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<sup>o</sup> 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 ( $\varphi'_k$ ) 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/m<sup>2</sup> per 10 cm diepte, waarbij na 1,0 meter de conuswaarde niet onder de 10 MN/m<sup>2</sup> 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/m<sup>2</sup>;
  - 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