

Ontwerpadvies fundering

Nieuwbouw bedrijfspand bij Celanese a/d Asselenkuil te Geleen

GC200516.R01.V1.0

15 september 2022



Ontwerpadvies fundering

Nieuwbouw bedrijfspand bij Celanese a/d Asselenkuil te Geleen

Documentnummer GC200516.R01.V1.0

15 september 2022

Opdrachtgever

VIRO Engineering BV

Velperweg 35

6824BE Arnhem

Auteurs

Projectleider Geotechniek

Collegiale toets ir.

+31 88 130 06 00

info@geonius.nl

Postbus 1097

6160 BB Geleen

Geonius.nl

Functie	Naam	Paraf
Projectleider Geotechniek		
Collegiale toets		

Inhoud

1	Inleiding	4
2	Projectbeschrijving	5
2.1	Beschrijving	5
2.2	Geotechnische uitgangspunten	5
3	Grondonderzoek	6
3.1	Algemeen	6
3.2	Diepsonderingen	6
3.3	Boring	6
3.4	Inmeting	7
4	Grondslag	8
4.1	Terreingesteldheid	8
4.2	Bodemopbouw	8
4.3	Grondwater	8
5	Ontwerpadvies	9
6	Uitvoering	11
6.1	Ontgravingen	11

Bijlagen

- Bijlage 1 Situatiekening
- Bijlage 2 Sondeergrafieken
- Bijlage 3 Boringen
- Bijlage 4a Funderingsdrukdiagram randbalken
- Bijlage 4b Funderingsdrukdiagram poeren in vloerveld
- Bijlage 5 Richtlijnen uitvoering

1 Inleiding

Door VIRO Engineering BV werd aan Geonius Geotechniek B.V. opdracht gegeven om een geotechnisch grondonderzoek uit te voeren en een ontwerpadvies voor de fundering op te stellen. Dit onderzoek was nodig voor de nieuwbouw van een bedrijfshal op het terrein van Celanese aan de Asselenkuil in Geleen.

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

2 Projectbeschrijving

2.1 Beschrijving

Op het terrein van Celanese aan de Asselenkuil in Geleen is de nieuwbouw van een bedrijfshal gepland, bedoeld voor de opslag van gevaarlijke stoffen. De nieuwbouw heeft afmetingen van ca. 18 x 22 m en wordt met een verbindingsgang verbonden aan het bestaande gebouw.

Voor het ontwerpadvies voor de funderingen van de geplande nieuwbouw zijn door ons de onderstaande mede door de opdrachtgever verstrekte uitgangspunten gehanteerd:

- De nieuwbouw bestaat uit maximaal 1 bouwlaag en wordt niet van een kelder of kruipruimte voorzien;
- Het bouwpeil is op basis van terreinhoogten door ons aangenomen op ca. NAP +74,0 m;
- Door de opdrachtgever is aangegeven dat uitgegaan wordt van een plaatfundering (dikte ca. 0,2 m) met randbalk welke tevens dienst doet als vorstrand tot ca. 0,8 m- peil.
- Het aanlegniveau van de fundering is door ons geschat op ca. NAP +73,8 m voor de plaat en ca. NAP +73,2 m voor de randbalk;
- Door de opdrachtgever is aangegeven dat de rekenwaarde van de maximale grondspanning 156 kN/m² bedraagt. Dit betreft de grondspanning ter plaatse van de randbalk met een breedte van 0,4 m. Ter plaatse van de vloervelden komt een maximale grondspanning voor van 100 kN/m² voor als gevolg van kolommen op de vloer. Wij zijn er ten behoeve van dit rapport vanuit gegaan dat deze spanning optreedt op een oppervlakte van 1,0 x 1,0 m;
- Voor de vloerbelasting is uitgegaan van een vlaklast van maximaal 15 kN/m²;
- In dit rapport is uitgegaan van verticaal en centrische belaste funderingen alsmede een horizontaal maaiveld;
- 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.

Voor het overige verwijzen wij naar de bestektekeningen van de architect.

2.2 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.

Het ontwerp van een funderingsconstructie op staal dient getoetst te worden aan de eisen, betreffende constructieve veiligheid en bruikbaarheid conform hoofdstuk 6 van NEN 9997-1.

3 Grondonderzoek

3.1 Algemeen

Ten behoeve van het grondonderzoek zijn in augustus 2022 in totaal 5 diepsonderingen en 2 handboringen uitgevoerd. De onderzoeksopzet, zowel qua aantal als locaties, is door de opdrachtgever opgegeven. De locatie van sondering SW05 was door de opdrachtgever aangegeven ter plaatse van de verbindingsgang naar het bestaande gebouw. Op deze locatie was de sondering niet uitvoerbaar, waardoor deze enkele meters is verplaatst. Hierna is het uitgevoerde onderzoek verder beschreven.

3.2 Diepsonderingen

De sonderingen zijn genummerd GC200516 SW01 t/m SW05. De diepsonderingen zijn gemaakt met een elektrische conus waarbij de conusweerstand continu wordt gemeten, elektrisch geregistreerd en digitaal vastgelegd. De sonderingen zijn uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1.

Bij de sonderingen is tevens de lokale wrijving gemeten. De continue registratie van de ondervonden bodemweerstand verzekert een gedetailleerd beeld van de bodemopbouw. Dit niet alleen voor wat betreft de sterkte van de bodem maar tevens met betrekking tot de aard van de aanwezige ongeroerde grondlagen.

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. In de elektrische conus bevindt zich een hellingmeter. Hierdoor is controle mogelijk op een eventueel afwijken van de verticaal. Bijzondere afwijkingen zijn niet vastgesteld.

3.3 Boring

Om de toplagen nader te verkennen zijn op de locatie tevens twee handboringen (genummerd GC200516 HB01 en HB02) tot ca. 3,2 m- maaiveld uitgevoerd. Handboring HB01 is in de puinhoudende toplaag gestrand. Tijdens de boorwerkzaamheden is het bodemmateriaal lithologisch onderzocht. Bij het lithologisch onderzoek worden de grondsoorten geclassificeerd volgens NEN-EN-ISO14688-1. De boorstaten zijn opgenomen in de bijlagen.

3.4 Inmeting

De ligging van de onderzoekspunten is op situatietekening GC200516.T01 weergegeven. De resultaten van het grondonderzoek zijn in de bijlagen toegevoegd. De onderzoekspunten zijn met behulp van 06-GPS ingemeten t.o.v. het Rijksdriehoekstelsel en NAP (nauwkeurigheid ca. 0,10 m). Alle gegevens van de inmetingen zijn een momentopname en zijn alleen te gebruiken voor voorliggend onderzoek.

4 Grondslag

4.1 Terreingesteldheid

Het terrein is half verhard. Ten tijde van het grondonderzoek lag het maaiveld ter plaatse van de sondeerpunten op een niveau van ca. NAP +74,0 m tot NAP +73,7 m. Het terrein kent hiermee een hoogteverschil van ca. 0,3 m.

4.2 Bodemopbouw

De bodemopbouw kan op basis van de sonderingen en boring door middel van het volgende lagensysteem worden beschreven:

Toplaag:

Vanaf maaiveld tot ca. NAP +72,5 m à +72,0 m wordt een heterogene toplaag aangetroffen bestaande uit zand, grind en plaatselijk leem. In deze toplaag variëren de gemeten conusweerstand van ca. 3 tot meer dan 15 MPa.

Tussenlaag:

Onder de toplaag worden tot ca. NAP +63 m matig vaste leemlagen aangetroffen met conusweerstand van ca. 1,5 tot 4,0 MPa. In de onderste zone is sprake van kleiige leemlagen.

Onderlaag:

Tenslotte worden tot de maximaal verkende diepte van ca. NAP +54 m matig vaste tot zeer vast gepakte lagen aangetroffen. Dit pakket bestaand uit zand, grind doorsneden door kleiige lagen.

4.3 Grondwater

Tijdens het grondonderzoek is in de sondeergaten naar de actuele grondwaterstand gepeild. Deze werd niet aangetroffen tot op een diepte van ca. 15 m- maaiveld. Dit komt overeen met ca. NAP +59 m. Het betreft hierbij slechts een eenmalige meting, waardoor deze waarneming slechts als indicatie kan gelden. Daarnaast kan als gevolg van spanningswater, lagenopbouw en lokale omstandigheden een afwijkende waarde worden aangetroffen.

Wij wijzen erop dat de grondwaterstand van seizoen tot seizoen kan verschillen en in nattere jaargetijden mogelijk hoger wordt aangetroffen dan thans het geval is. Exacte grondwaterstanden kunnen alleen middels peilbuismetingen worden verkregen. De grondwaterstand heeft echter geen invloed op de keuze van het funderingssysteem.

5 Ontwerpadvies

Gezien de aard van het project en de aangetroffen bodemopbouw kan de door de constructeur voorgenumen funderingswijze van een fundering op staal middels een betonplaat met randbalk toegepast worden.

Wel zal vanwege de los gepakte en/of geroerde toplagen plaatselijk een grondverbetering moeten worden aangebracht om de zettingen en zettingsverschillen te beperken. Onderstaand is de fundering op staal verder uitgewerkt.

Bij de berekening van de funderingsconstructie als een elastisch ondersteunde ligger, kan gebruik gemaakt worden van een rekenwaarde voor de beddingsconstante van ca. 7 MN/m³ voor de randstroken en ca. 10,0 MN/m³ voor de poeren in het vloerveld. Hierbij is uitgegaan van een spreiding van de belastingen in de vloer conform bijlage 4a. Of en in hoeverre de fundering van wapening moet worden voorzien is ter competentie van de constructeur.

In tabel 5.1 zijn de te hanteren niveaus sec ter plaatse van de sonderingen ten opzichte van NAP gegeven. Indien de door ons gehanteerde uitgangspunten sterk mochten afwijken van de werkelijke, dan gelieve ons te contacteren.

Tabel 5.1: te hanteren niveaus voor de fundering

Sondering nr.	Maaiveldhoogte [m t.o.v. NAP]	Bouwpeilhoogte [m t.o.v. NAP]	Aanlegniveau [m t.o.v. NAP]	Minimaal ontgravingsniveau [m t.o.v. NAP]
SW01	+73,67	+74,00	+73,80 / +73,20 ¹⁾	+73,60 / +73,20 ²⁾
SW02	+74,00	+74,00	+73,80 / +73,20 ¹⁾	+73,60 / +73,20 ²⁾
SW03	+73,98	+74,00	+73,80 / +73,20 ¹⁾	+73,60 / +73,10 ²⁾
SW04	+73,99	+74,00	+73,80 / +73,20 ¹⁾	+72,90 / +72,90 ²⁾
SW05	+73,67	+74,00	+73,80 / +73,20 ¹⁾	+73,60 / +73,20 ²⁾

.. ¹⁾ aanlegniveau plaat / randbalk

.. ²⁾ minimaal ontgravingsniveau plaat / randbalk

In ieder geval zal, indien plaatselijk op de in de tabel aangegeven ontgravingsniveaus nog zeer sterk samendrukbare, humushoudende lagen en/of losse geroerde gedeelten worden aangetroffen, dieper moeten worden ontgraven tot het schone en vastere materiaal wordt gevonden. Bij twijfels of afwijkingen gelieve ons kantoor te waarschuwen.

Waar hoger wordt aangelegd dan het minimale ontgravingsvlak zal een grondverbetering moeten worden aangebracht. Richtlijnen betreffende het aanbrengen van grondverbeteringen worden gegeven in de bijlagen. Het toepassen van een verdiepte aanzet middels schrale beton is niet toegestaan.

Bij bovenstaande wijze van funderen zijn de rekenwaarden voor de draagkracht loodrecht op het funderingsoppervlak gegeven in bijlage 4a (voor de randstroken) en 4b (voor de poeren in het vloerveld). Hierbij is gerekend met een gedraineerde, homogene ondergrond en een permanente gronddekking van 0,5 m voor de randstroken en een dekking van 0,2 m (beton) voor de poeren. Verder is uitgegaan van een lage grondwaterstand.

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 10 tot 15 mm. De zettingsverschillen bedragen ca. 50%.

De rekenwaarde van de totale funderingsbelasting dient, na omrekening voor de funderingsbreedte, 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).

6 Uitvoering

6.1 Ontgravingen

Voor een juiste uitvoering van de funderingswerkzaamheden is het noodzakelijk dat de grondwaterstand tenminste 0,5 meter-het ontgravingsvlak staat. Aangezien er geen grondwater op de betreffende niveaus is aangetroffen, verwachten wij dat er normaliter geen bemaling nodig zal zijn. Wel kan tijdens natte perioden wateroverlast in de bouwput ontstaan als gevolg van regenwater dat zeer traag in de ondergrond wordt opgenomen. Dit stagnerend regenwater kan echter worden afgepompt.

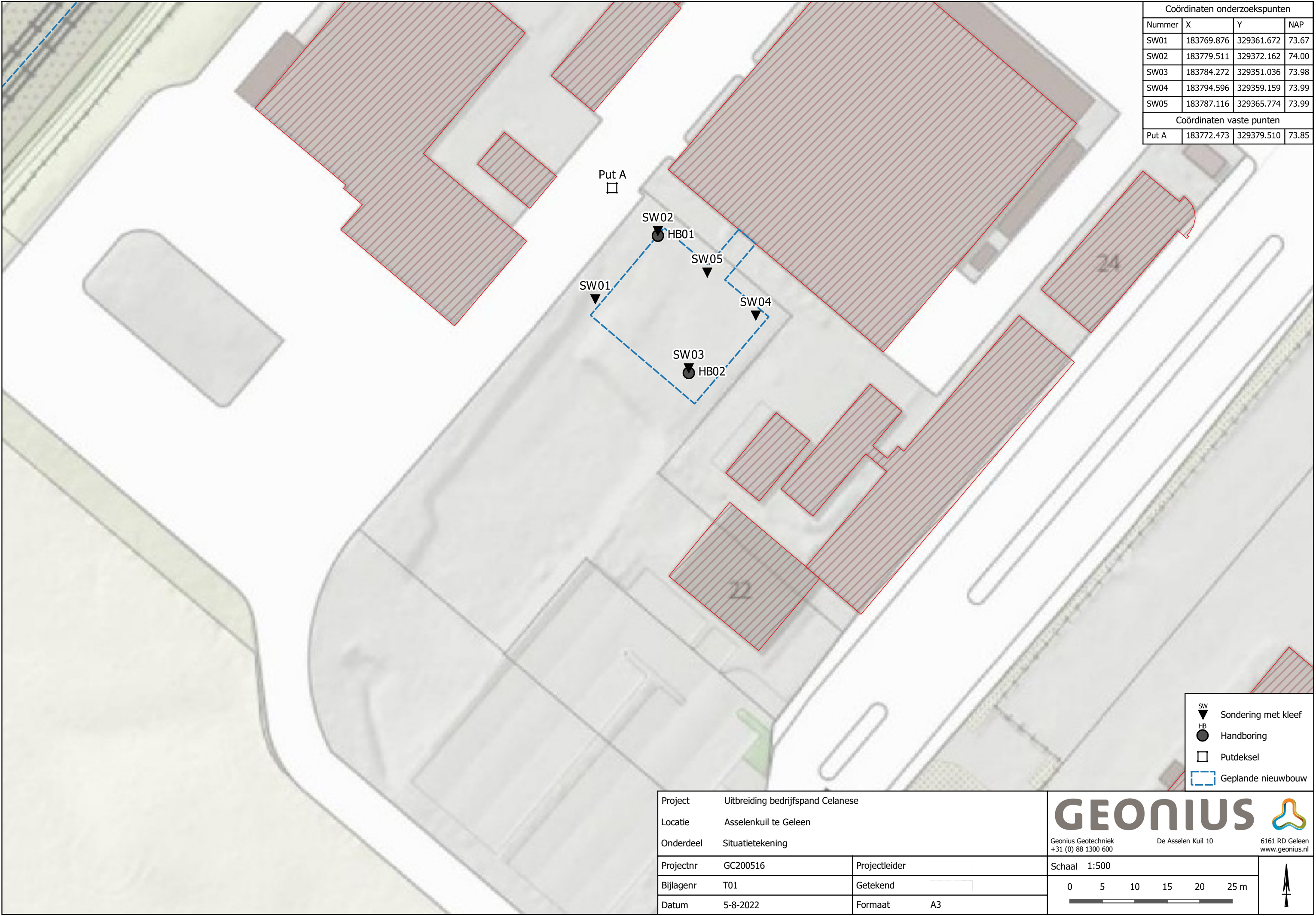
Bij het loodrecht uitgraven van de sleuven en/of de bouwput moet rekening worden gehouden met het inkalven van de wanden als gevolg van de weke en plaatselijk geroerde bovengrond.

Bij het ontgraven en het aanbrengen van de grondverbetering dient rekening gehouden te worden met de stabiliteit van de fundering van de belendende bebouwing. Het is aanbevelenswaardig om vooraf de aard van de bestaande funderingen (op palen/op staal, aanlegdiepte) vast te stellen middels het graven van enkele (kleine) proefgaten vlak naast deze funderingen. In geen geval mag de gehele fundering worden vrij gegraven. Desgewenst kan ons bureau in dat stadium nader adviseren omtrent de uitvoeringswijze van de nieuwe fundering om stabiliteitsverlies van de bestaande te voorkomen.

Het verdient aanbeveling om het ontgravingsvlak, indien dit althans 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.

Bij de ontgravingswerkzaamheden ten behoeve van de funderingen zal het vrijkomend materiaal uit puin, leem, zand, etc. bestaan. Bij eventuele afvoer van de grond van de bouwlocatie zal er rekening moeten worden gehouden dat de benodigde milieukundige verklaringen (b.v. AP04) aanwezig zijn. Indien gewenst kunnen wij dit voor u verzorgen.

Bijlage 1 Situatietekening



Coördinaten onderzoekspunten			
Nummer	X	Y	NAP
SW01	183769.876	329361.672	73.67
SW02	183779.511	329372.162	74.00
SW03	183784.272	329351.036	73.98
SW04	183794.596	329359.159	73.99
SW05	183787.116	329365.774	73.99
Coördinaten vaste punten			
Put A	183772.473	329379.510	73.85

SW

▼

Sondering met klee

HB

●

Handboring

□

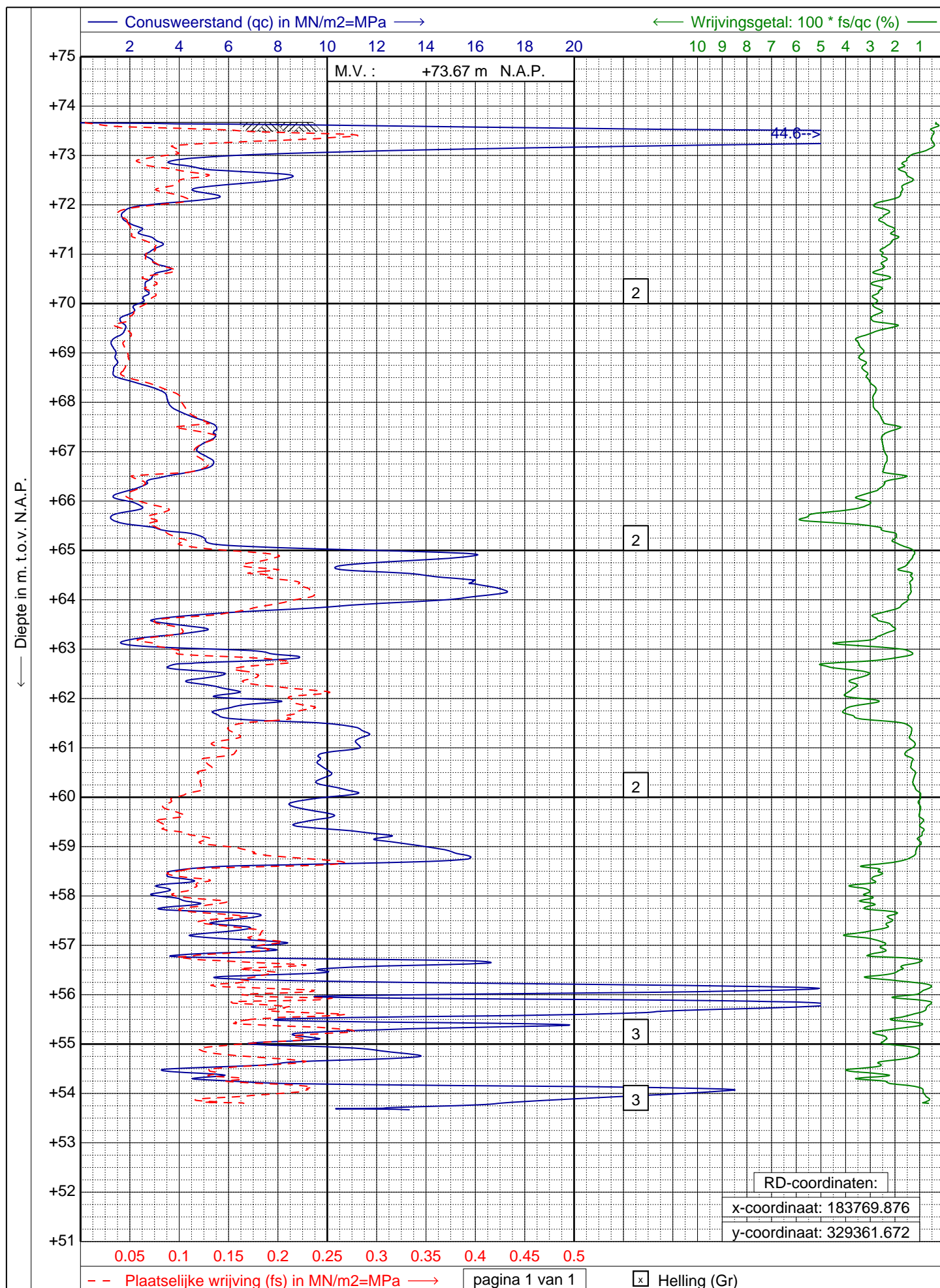
Putdeksel

▭

Geplande nieuwbouw

Project		Uitbreiding bedrijfspand Celanese		<div><div>GEONIUS</div><div>Geonius Geotechniek +31 (0) 88 1300 600</div><div>De Asselen Kuil 10</div><div>6161 RD Geleen www.geonius.nl</div></div>		
Locatie		Asselenkuil te Geleen				
Onderdeel		Situatietekening				
Projectnr	GC200516	Projectleider		Schaal 1:500		<div><div>0510152025</div><div>m</div></div> <div>↑</div>
Bijlagenr	T01	Getekend				
Datum	5-8-2022	Formaat		A3		

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 : **Uitbreiding bedrijfspand Celanese**

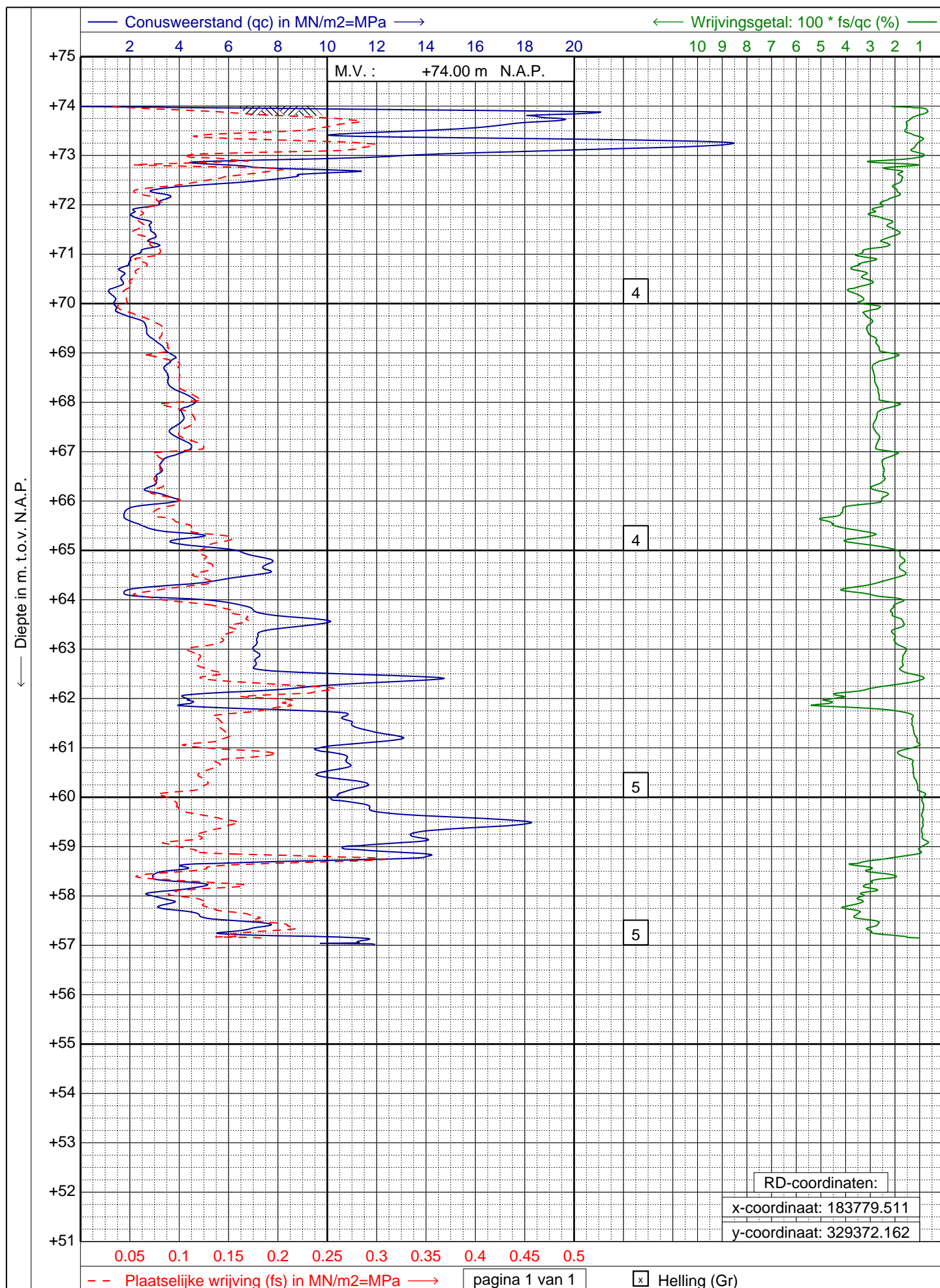
Locatie : **Asselenkuil te Geleen**

Datum : **04-08-2022**

Conus : **S15-CFI.1805**

Opdracht : **GC200516**

Sondering : **01**



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

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

Project : **Uitbreiding bedrijfspand Celanese**

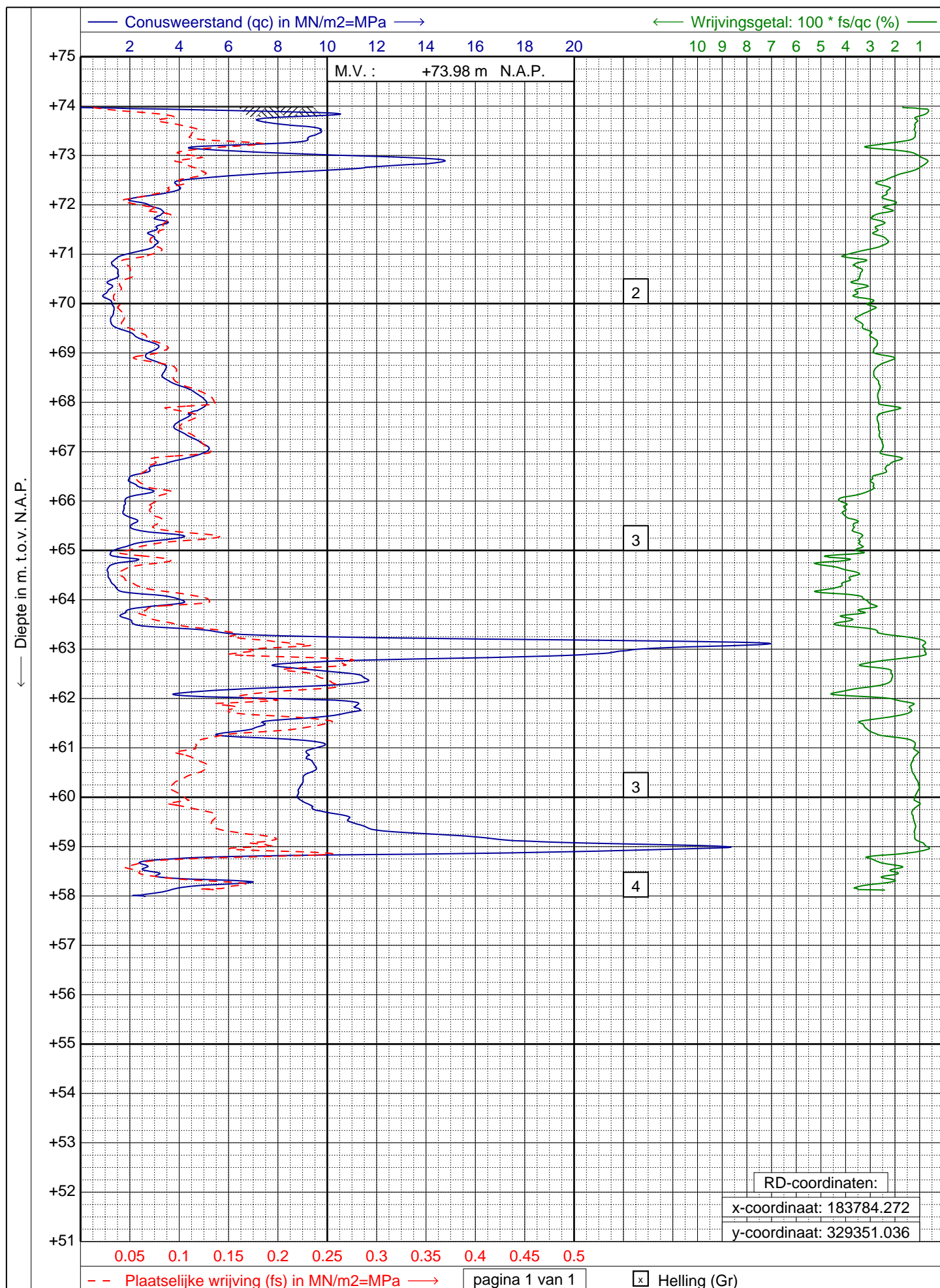
Locatie : **Asselenkuil te Geleen**

Datum : **04-08-2022**

Conus : **S15-CFI.1805**

Opdracht : **GC200516**

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 : **Uitbreiding bedrijfspand Celanese**

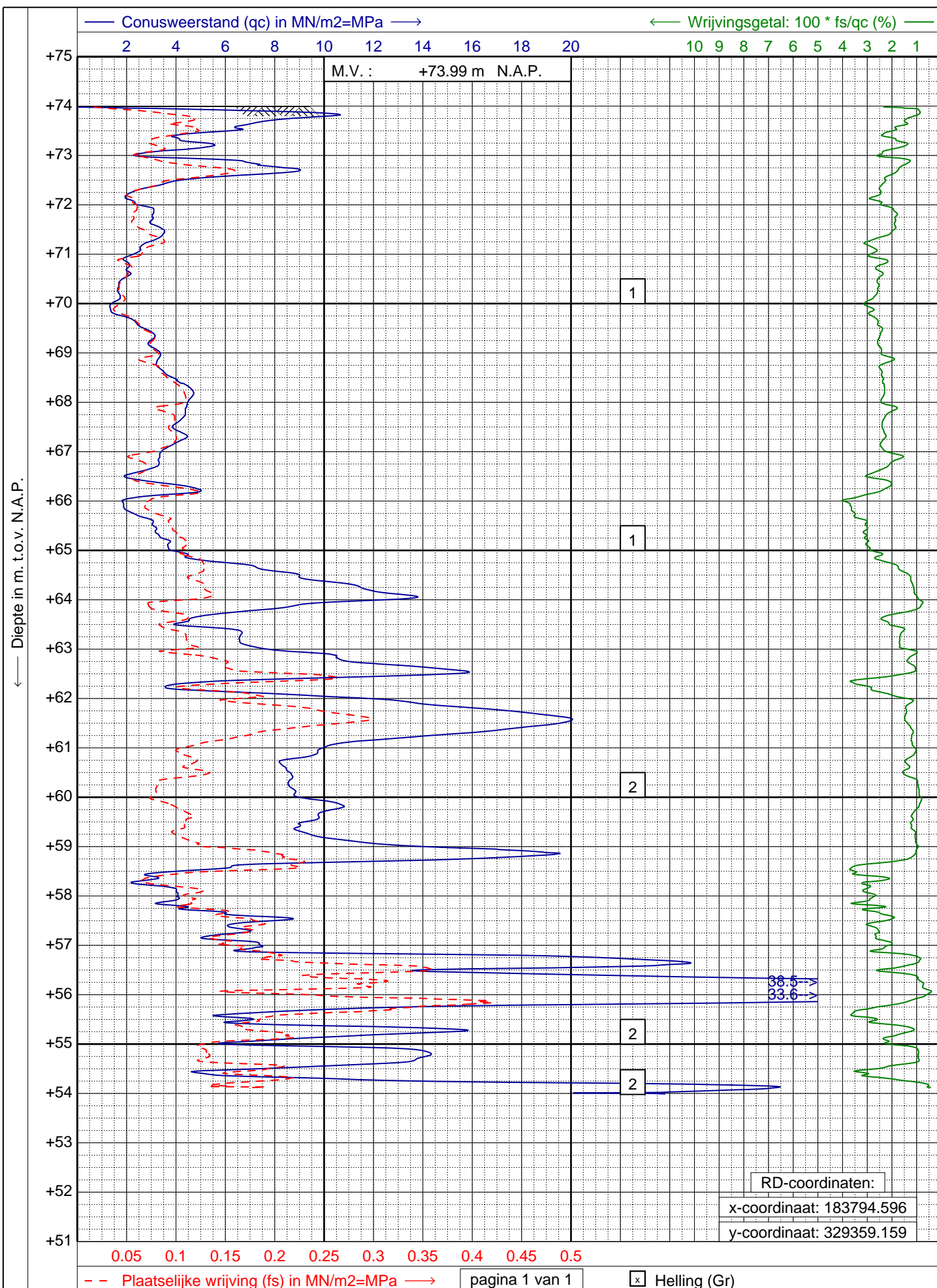
Locatie : **Asselenkuil te Geleen**

Datum : **04-08-2022**

Conus : **S15-CFI.1805**

Opdracht : **GC200516**

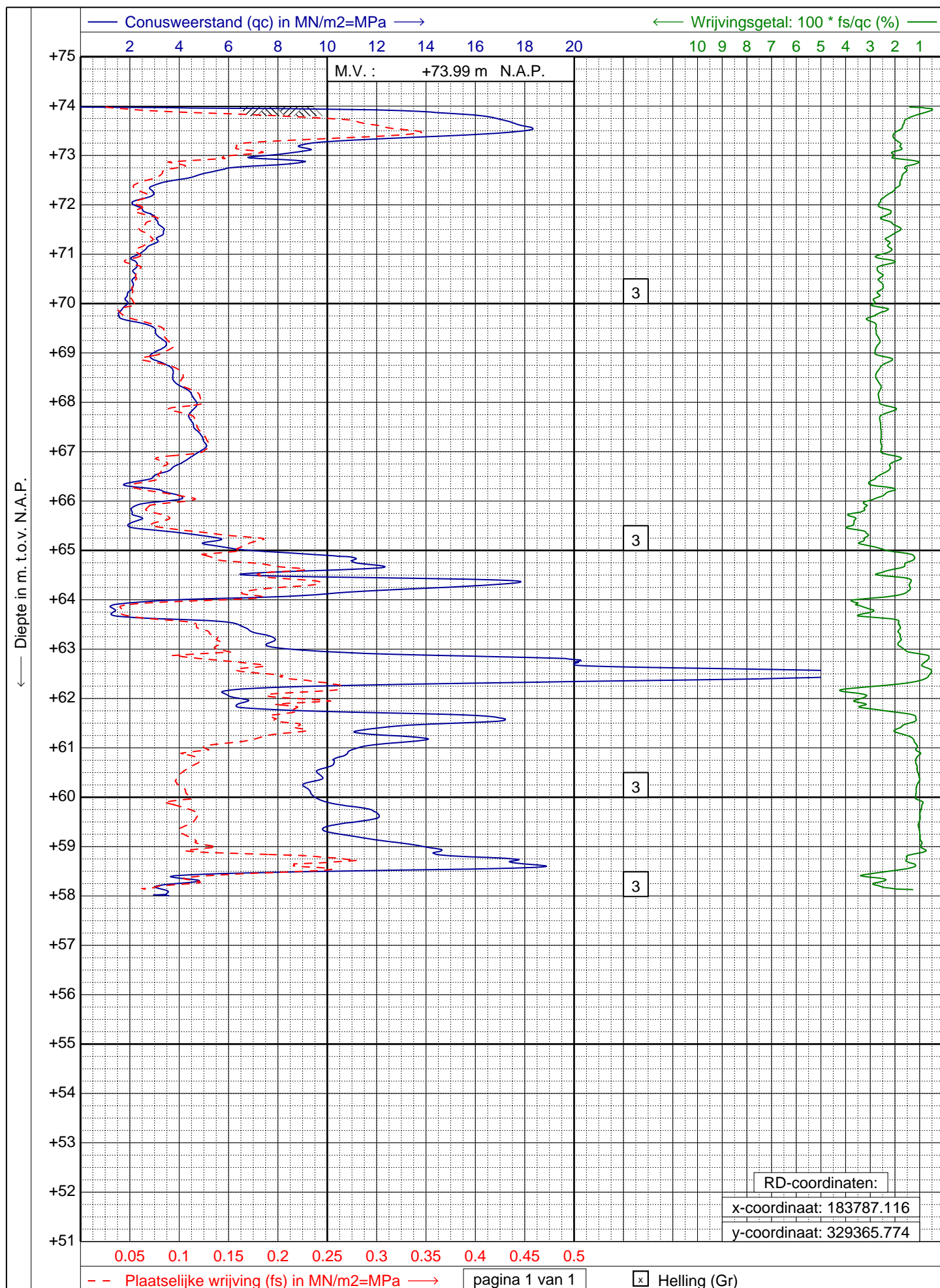
Sondering : **03**



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

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1, klasse 2 Type: TE1
Project : **Uitbreiding bedrijfspand Celanese**
Locatie : **Asselenkuil te Geleen**

Datum : **04-08-2022**
Conus : **S15-CFI.1805**
Opdracht : **GC200516**
Sondering : **04**



GEONIUS

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

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

Project : **Uitbreiding bedrijfspand Celanese**

Locatie : **Asselenkuil te Geleen**

Datum : **04-08-2022**

Conus : **S15-CFI.1805**

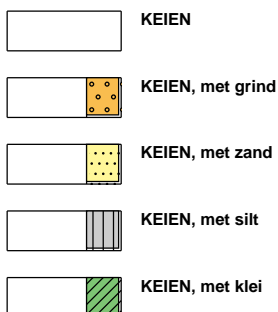
Opdracht : **GC200516**

Sondering : **05**

Bijlage 3 Boringen

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

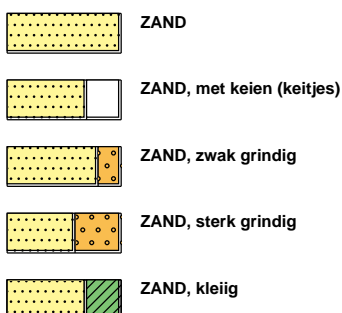
KEIEN (KEITJES)



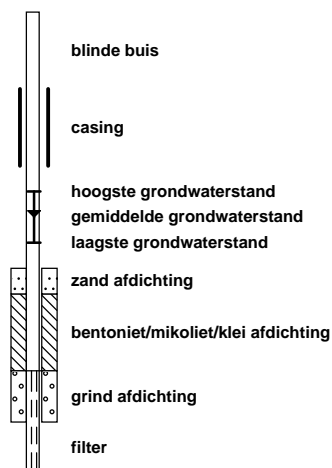
GRIND



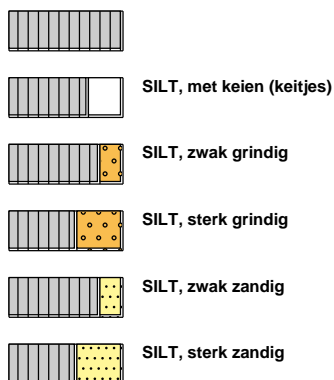
ZAND



peilbuis



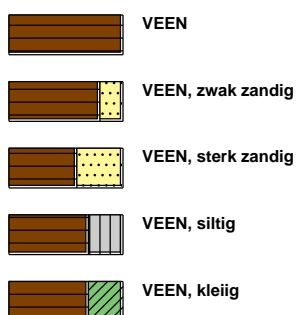
SILT



KLEI



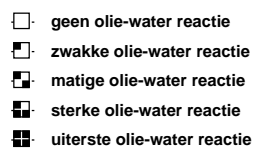
VEEN (HUMUS, DETRITUS)



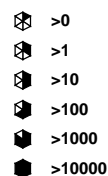
geur



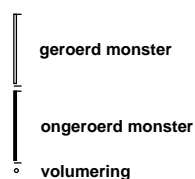
olie



p.i.d.-waarde



monsters

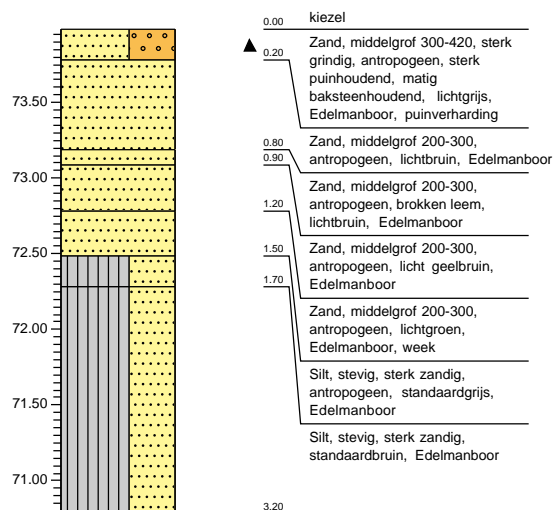
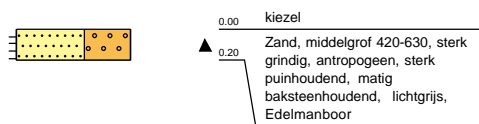


overig



Boring: HB01
 Maaiveldhoogte: 73.997 m.t.o.v. N.A.P.
 Datum: 4-8-2022
 Opmerking: T.p.v SW02

Boring: HB02
 Maaiveldhoogte: 73.984 m.t.o.v. N.A.P.
 Datum: 4-8-2022
 Opmerking: T.p.v SW03

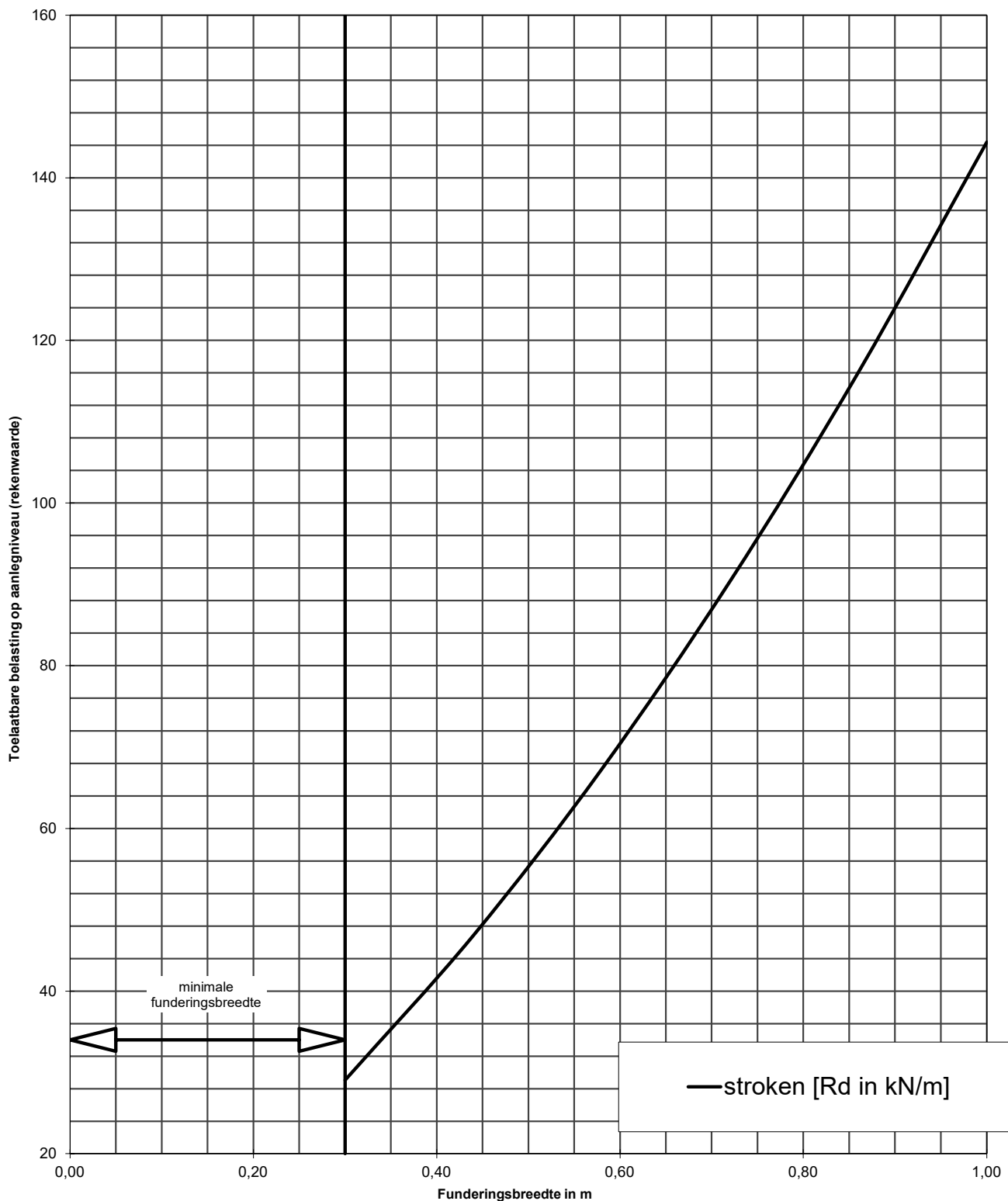
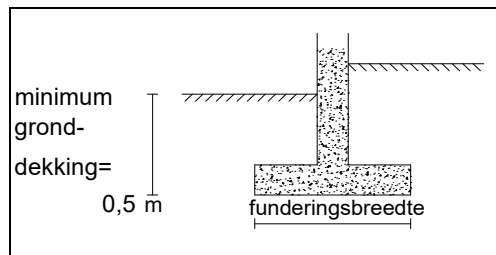


Bijlage 4a Funderingsdrukdiagram randbalken

Rekenwaarde voor de maximaal toelaatbare belasting volgens NEN 9997-1:2016
bij verticaal centrisch belaste funderingen

Bijlagenr. : GC200516
Project : Nieuwbouw bedrijfspand Celenase Geleen
Locatie : Asselenkuil
Grondsoort : Leem

Volumiek gewicht : 17,0 kN/m³
Hoek inw. wrijving : 28,0 graden
Cohesie : 0,0 kN/m²

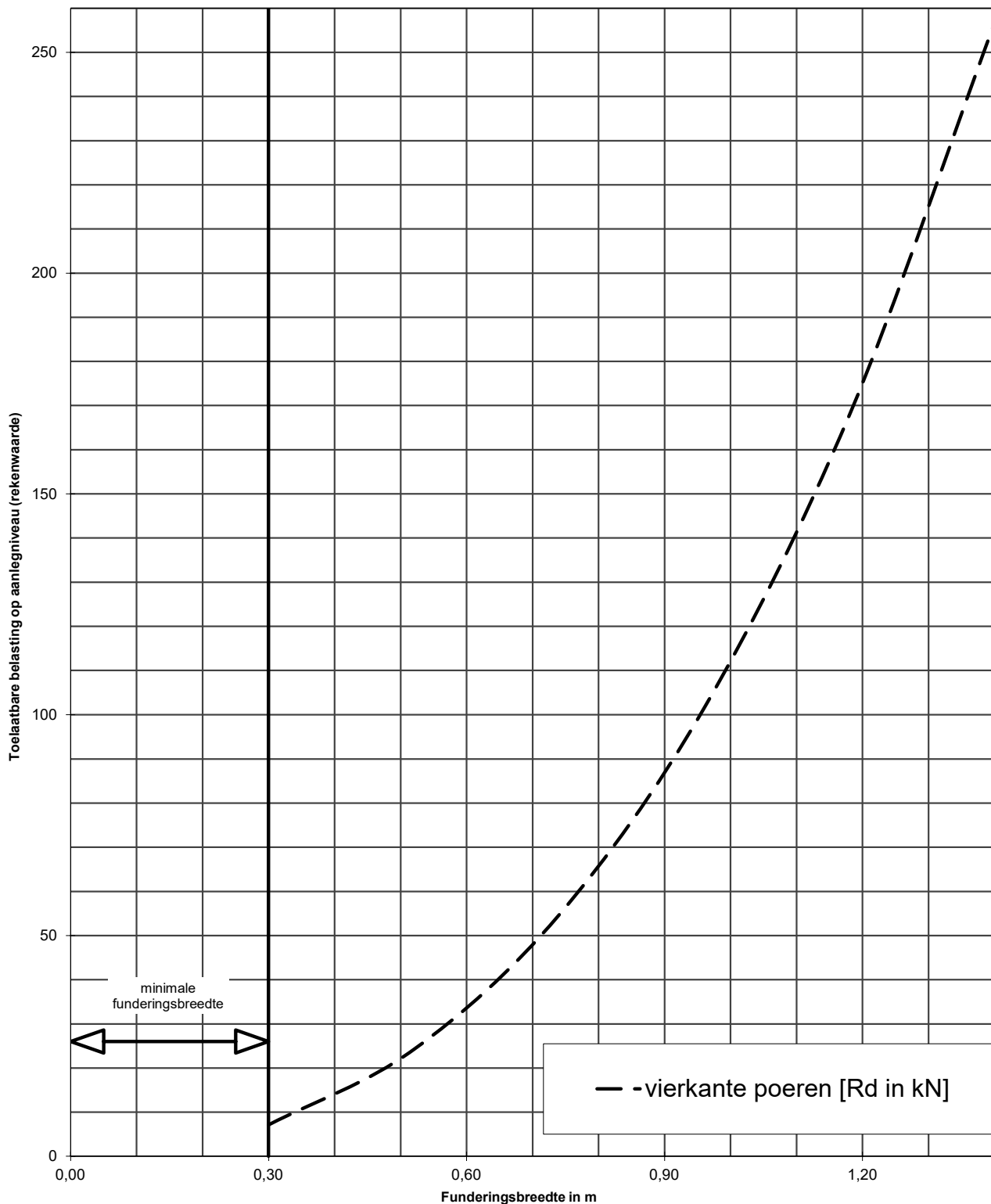
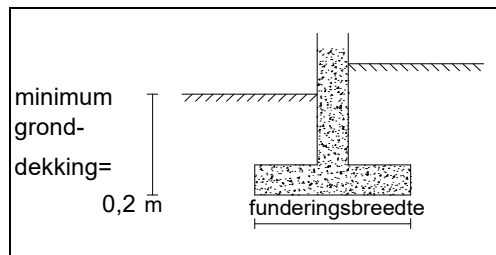


Bijlage 4b Funderingsdrukdiagram poeren in vloerveld

Rekenwaarde voor de maximaal toelaatbare belasting volgens NEN 9997-1:2016
bij verticaal centrisch belaste funderingen

Bijlagenr. : GC200516
Project : Nieuwbouw bedrijfspand Celenase Geleen
Locatie : Asselenkuil
Grondsoort : Leem

Volumiek gewicht : $17,0 \text{ kN/m}^3$
Hoek inw. wrijving : $28,0 \text{ graden}$
Cohesie : $0,0 \text{ kN/m}^2$



Bijlage 5 Richtlijnen uitvoering

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 [$C_u = D_{60} / D_{10}$] 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 in het algemeen niet meer bedragen dan 5 %*. Indien minder strenge eisen aan de grondverbetering worden gesteld is een percentage van 10 %* < 63 μm 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° 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 toepassing van een handsondering met conusoppervlak van 1 cm^2 , dient de conusweerstand tot een diepte van 40 cm gelijkmatig op te lopen tot 4 MN/m^2 of tot een diepte van 30 cm gelijkmatig op te lopen tot 6 MN/m^2 en met toenemende diepte niet onder deze waarde terug te vallen. Eén en ander is afhankelijk van de benodigde verdichting en/of aangehouden hoek van inwendige wrijving in de berekeningen;
 - 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;
 - Bij gebruik van een standaard elektrische sondering volstaat een gelijkmatige oploop van 1 MN/m^2 per 10 cm diepte, waarbij na 1,0 meter de conuswaarde niet onder de 10 MN/m^2 terugvalt;
- 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