

Bemalingsadvies

t.b.v. rioolreconstructie Eind-, Steegputstraat, Meers en Grootheggerlaan te Thorn

GC170690.R01.v1.0

5 oktober 2021



Bemalingsadvies

t.b.v. rioolreconstructie Eind-, Steegputstraat, Meers en Grootheggerlaan te Thorn

Documentnummer GC170690.R01.v1.0

5 oktober 2021

Opdrachtgever

Gemeente Maasgouw

Postbus 7000

6050 AA Maasbracht

Auteurs

Adviseur geohydrologie

Controle

Functie	Naam	Paraaf
Adviseur geohydrologie		
Controle		

Inhoud

1	Inleiding	4
2	Projectbeschrijving	5
2.1	Beschrijving	5
3	Grondonderzoek	6
3.1	Algemeen	6
3.2	Boringen	6
3.3	Doorlatendheidsmetingen	6
3.4	Inmeting	6
3.5	Archiefgegevens	7
4	Geohydrologie	8
4.1	Geologie	8
4.2	Grondwaterstanden	9
4.3	Oppervlaktewater	10
4.4	Geohydrologische eigenschappen	10
5	Bemalingsadvies	12
5.1	Algemeen	12
5.2	Modellering	13
5.3	De bemalingsmethodiek	13
5.4	Aandachtspunten	15
5.5	Beoordeling effecten van de verlaging op de omgeving	15
5.6	Toetsing aan de Algemene regels grondwater van Waterschap Limburg	16
5.7	Lozingen	17
6	Conclusie en advies	19
6.1	Algemeen	19
6.2	Aandachtspunten en risico's	19

Bijlagen

- Bijlage 1 Situatietekening
- Bijlage 2 Sondeergrafieken
- Bijlage 3 Boorstaten
- Bijlage 4 Doorlatendheidsmetingen

1 Inleiding

Door de gemeente Maasgouw werd aan Geonius Geotechniek B.V. opdracht gegeven een geohydrologisch onderzoek uit te voeren en een bemalingsadvies op te stellen. Dit onderzoek was nodig voor de reconstructie van het riooltracé in de straten Eind-, Steegputstraat, Meers en Grootheggerlaan, te Thorn.

Reeds is door ons bureau een bemalingsadvies opgesteld met documentnummer GB170690.R01.v1.0 d.d. 21-1-2019 voor het tracé in de Baarstraat, Eind en Meers te Thorn. Inmiddels is een deel van het tracé en de diepteligging van de riolering gewijzigd.

Voor het nieuwe rioolontwerp zoals voorgesteld door de gemeente is voor een gedeelte van het tracé een bemaling noodzakelijk ten einde in den droge te kunnen werken (zie figuur 1 hieronder). Het doel van het geohydrologisch onderzoek en het bemalingsadvies is het bepalen van het benodigde debiet en de invloed op de omgeving van de geplande bemaling.

Door ons bureau is tevens het ontwerp voor de nieuwe riolering opgesteld; Geonius Infra heeft verschillende documenten onder projectnummer CA170115 opgesteld. Een situatietekening van het gehele tracé is gehanteerd voor het bepalen van de uitgangspunten in voorliggend rapport.

Voorgesteld rapport bevat de resultaten van het geohydrologisch onderzoek, het bemalingsadvies en de beoordeling van de effecten op de omgeving.



Figuur 1: Projectlocatie

2 Projectbeschrijving

2.1 Beschrijving

Aan de Eind-, Steegputstraat, Meers en Grootheggerlaan is de reconstructie van een riool gepland. Ten behoeve van voorliggend rapport zijn de situatietekeningen zoals opgesteld door Geonius Infra gehanteerd voor het bepalen van de uitgangspunten (zie bijlage 1):

- **Geonius Infra B.V.**, Reconstructie Baarstraat-Eind-Meers, Thorn, kenmerk: CA170115.002-DO-T-RIO-02-02
- **Geonius Infra B.V.**, Reconstructie Baarstraat-Eind-Meers, Thorn, kenmerk: CA170115.002-DO-T-RIO-02-01

Het tracé staat in zijn volledigheid op deze situatietekeningen aangegeven. Voor het bemalingsadvies zijn, op basis van deze situatietekening en verstrekte gegevens van de opdrachtgever, door ons de onderstaande uitgangspunten aangehouden:

- Het tracé wordt in een sleuf gerealiseerd; de totale lengte van het tracé bedraagt ca. 0,75 km;
- De riolering wordt uitgevoerd in polyethyleen buizen met een lengte van 6 m;
- De maaiveldniveaus zijn overgenomen van de tracé-tekeningen; deze variëren over het tracé en bedragen nabij de veldmetingen ca. NAP +27,5 à +22,9 m;
- De b.o.b.-niveaus van de nieuwe DWA en HWA-rioleringsbuizen zijn overgenomen van de tracé-tekeningen en bedragen nabij de veldmetingen ca. NAP +25,9 à +19,7 m;
- De gewenste drooglegging tijdens de uitvoering is aangenomen op 0,5 m- b.o.b.-niveau: ca. NAP +25,4 à +19,2 m (circa 2,1 à 4,1 m-mv).
- De fasering van de aanleg van het tracé is thans nog onbekend. In de berekeningen is ervan uitgegaan dat één dag voorafgaand aan de uitvoering de bemaling voor het desbetreffende deel van het tracé wordt gestart (met een maximaal van 3 sleuflengtes die tegelijkertijd in bemaling staan), en dat ca. 20 m per dag wordt aangelegd. Hiermee wordt ervan uitgegaan dat per dag maximaal voor ca. 60 m lengte wordt bemalen. Het gehele traject wordt dus niet gelijktijdig bemalen;
- De totale duur van de werkzaamheden komt hiermee op ca. 7 weken (52 kalenderdagen);
- Er is van uitgegaan dat geen waterkerende voorzieningen worden toegepast;
- Er zijn geen bemalingen in de directe nabijheid actief die de invloed en het debiet kunnen beïnvloeden;
- 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 advies mogelijk moet worden aangepast.

3 Grondonderzoek

3.1 Algemeen

Ten behoeve de rioolreconstructie is eerder reeds een geohydrologisch onderzoek uitgevoerd en een bemalingsadvies opgesteld, welke is gerapporteerd met kenmerk GB170690.R01v1.0 d.d. 21-1-2019. Inmiddels is een deel van het tracé en de diepteligging van de riolering gewijzigd.

De sonderingen en boringen, uitgevoerd voor GA170690.R01.v1.0 (geohydrologisch onderzoek) en GB170690.R01.v1.0 (bemalingsadvies), zijn beschouwd in voorliggend rapport en opgenomen in de bijlagen. Voor het huidige onderzoek zijn aanvullende mechanische boringen en doorlatendheid metingen uitgevoerd om meer inzicht te verkrijgen in de bodemopbouw en hydrogeologische eigenschappen.

3.2 Boringen

Ten behoeve van het geohydrologisch onderzoek zijn op de locatie 7 machinale boringen (zie bijlage 3) tot maximaal ca. 8,5 m- maaiveld uitgevoerd en afgewerkt met peilbuis. Tijdens de boorwerkzaamheden is het bodemmateriaal lithologisch onderzocht. Bij het lithologisch onderzoek worden de grondsoorten geclassificeerd volgens NEN 5104. De boorstaten zijn opgenomen in de bijlagen.

3.3 Doorlatendheidsmetingen

De doorlatendheidsmetingen zijn in de boorgaten uitgevoerd. Aangezien de doorlatendheid van de verzadigde lagen is bepaald zijn de doorlatendheidsmetingen conform de methode Hooghoudt/Constant head uitgevoerd (zie bijlage 4).

Bij de Hooghoudtmethode wordt een gat geboord tot in de te beproeven laag. Vervolgens wordt in het boorgat de apparatuur geplaatst voor de bepaling van de waterdoorlatendheid. Daarna wordt onder gestandaardiseerde omstandigheden de stijging van het waterpeil gemeten per tijdsinterval. Per proef worden drie metingen gedaan. De doorlatendheid van de bodem is afhankelijk van het bodemmateriaal, de structuur en de bodemopbouw. Met deze veldgegevens kan de doorlatendheid van het beproefde traject met behulp van de formule van Ernst worden berekend.

Op enkele locaties kon door de relatief grote toestroom van grondwater geen betrouwbare Hooghoudtmeting worden uitgevoerd. Hier is een constant head-test uitgevoerd, waarbij grondwater wordt onttrokken tot een constant peil in de peilbuis wordt bereikt. Uit het debiet en het peilverschil wordt de doorlatendheid berekend.

3.4 Inmeting

De ligging van de onderzoekspunten is op de situatietekeningen weergegeven (verwijs naar bijlage). 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.

3.5 Archiefgegevens

Bij TNO-dinoloket zijn peilbuisgegevens en boringen opgevraagd en verwerkt. Met de beschikbare gegevens is de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) berekend voor verschillende peilbuizen.

Daarnaast is het REGISII-model geraadpleegd teneinde meer inzicht te verkrijgen in de geomorfologische ligging en geohydrologische eigenschappen van de ondergrond.

4 Geohydrologie

4.1 Geologie

De op de locatie te verwachten bodemopbouw kan op basis van de uitgevoerde boringen en TNO-gegevens door middel van het volgende lagensysteem worden beschreven, zie ook Figuur 4.1:

Formatie van Boxtel (zand, zandige leem/klei en grind)

Vanaf maaiveld (ca. NAP +27,5 à +22,9 m) wordt een zeer heterogene, matig doorlatende deklaag qua grondsoorten aangetroffen tot circa NAP + 23,0 à + 18,0 m. Zandige leem- en kleilagen worden afgewisseld met meer zandige lagen en plaatselijk sporen van grind. Het pakket behoort toe aan de Formatie van Boxtel.

Formatie van Beegden (zand/grind)

De hieronder gelegen Formatie van Beegden betreft een goed doorlatend zandgrindpakket (eerste watervoerend pakket), welke zich doorzet tot ca. NAP +6,0 m.

Formatie van Sterksel (zand)

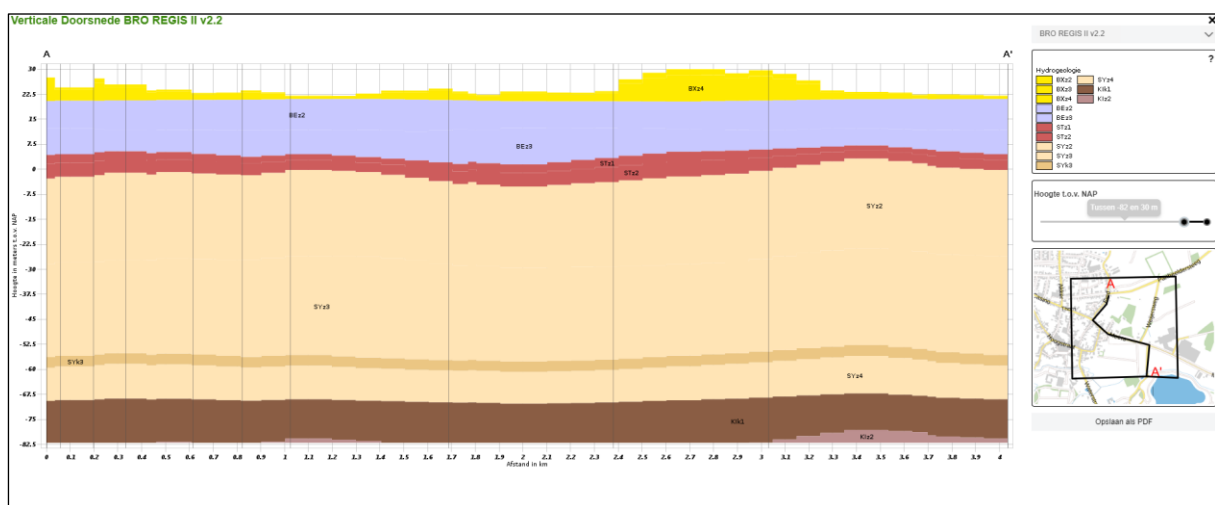
Onder de formatie van Beegden wordt tot ca. NAP 0,0 m de formatie van Sterksel aangetroffen. Het betreft hier de eerste en de tweede zandige eenheid van de Formatie van Sterksel, welke goed doorlatend zijn.

Formatie van Stramproy (zand)

Onder de formatie van Sterksel wordt tot ca. NAP -55,0 m de derde zandige eenheid van de Formatie van Stramproy aangetroffen, welke goed doorlatend zijn.

Formatie van Stramproy (basis)

Onder de derde zandige eenheid van de formatie van Sterksel wordt de derde kleiige eenheid van de Formatie van Stramproy aangetroffen, hetgeen een slecht doorlatende kleilaag betreft. Deze laag wordt gezien als de hydrologische basis van het beschouwde systeem.



Figuur 4.1 Verticale doorsnede REGIS II model

4.2 Grondwaterstanden

Tijdens het uitgevoerde veldwerk is de freatische grondwaterstand gepeild in de boorgaten. De aangetroffen grondwaterstand is weergegeven in tabel 4.1.

Tabel 4.1 grondwaterstanden

Boring	Maaiveld [m t.o.v. NAP]	Grondwaterstand [m- maaiveld]	Grondwaterstand [m t.o.v. NAP]
GB170690.R01.v1.0 – september 2018			
DM01	+23,2	2,0	+21,2
DM02	+24,3	2,1	+22,2
DM03	+23,0	1,7	+21,3
DM04	+23,1	1,7	+21,4
DM05	+23,5	2,0	+21,5
DM06	+24,1	2,7	+21,4
DM07	+25,3	3,3	+22,0
DM08	+25,9	2,9	+23,0
DM09	+24,5	2,0	+22,5
juli 2021			
PB07 (101)	+25,5	3,2	+22,3
PB04 (210)	+24,6	2,6	+22,0
Pb06 (213)	+27,4	-	-
PB05 (404)	+26,1	3,8	+22,3
PB03 (513)	+23,2	1,8	+21,4
PB02 (518)	+23,1	1,9	+21,2
PB01 (803)	+23,2	2,0	+21,2

Gezien het verschil in maaiveldniveaus en de heterogene opbouw van de toplaag varieert de grondwaterstand, daarnaast is er geen sprake van een uniforme afsluitende kleilaag.

De nabij de projectlocatie gelegen TNO-peilbuis B58C0104 heeft een filterstelling in het freatische pakket (grondwaterstanden gemeten tussen 1965 en 2020). De grondwaterstand bevindt zich in de peilbuis op een niveau tussen ca. NAP +26,1 m en ca. NAP +21,7 m en heeft een gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en een gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) van ca. NAP +23,7 m respectievelijk ca. NAP +23,0 m. Het maaiveld ter plaatse van deze peilbuis bevindt zich echter op een hoger niveau (ca. NAP +28,7 m).

Aangezien geen – voor de locatie – representatieve meerjarige meetreeksen beschikbaar zijn wordt in de berekeningen uitgegaan van de in situ gemeten freatische gemiddeld hoogste grondwaterstanden (GHG) van ca. 1,7 m- maaiveld; gemiddelde grondwaterstand (GMG) van circa 2,4 m- maaiveld en een gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) van circa 3,3 m- maaiveld.

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.

4.3 Oppervlaktewater

Ten zuiden van de Meers, op ca. 250 m, lopen enkele sloten (Itterbeek met een gemiddeld peil van circa NAP +22,3 m en Thornerbeek met een gemiddeld peil van circa NAP +22,1 m (Waterschap Limburg waterstanden)) en de plas De Grote Hegge welke slechts beperkt watervoerend zijn. Naar verwachting zullen deze geen noemenswaardige invloed op de bemaling hebben.

4.4 Geohydrologische eigenschappen

De grondwateraanvulling vanuit de onverzadigde toplagen boven de grondwaterstand wordt vertaald in een drainageweerstand. Deze wordt bepaald door de toestroming van hemelwater (afhankelijk van de aanwezige verhardingen, de topografische ligging en de aanwezigheid van een slecht doorlatende deklaag), de aanwezigheid van oppervlaktewater en het neerslagoverschot. Deze kan alleen nauwkeurig worden bepaald middels een pompproef. De drainageweerstand van de toplaag wordt ingeschat op 350 dagen.

Met de resultaten van de doorlatendheidsmetingen is de doorlatendheid van het freatisch pakket bepaald. In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.2** is een overzicht gegeven van de resultaten. Daarbij zijn tevens de doorlatendheidsmetingen getoond die bij het eerdere onderzoek voor GB170690 in januari 2019 zijn gemeten.

Tabel 4.2 de doorlatendheid van de bodem op basis van doorlatendheidsmetingen

Meting	Traject [m- maaiveld]	Traject [m t.o.v. NAP]	Grondsoort	Doorlatendheid [m/d]
GB170690.R01.v1.0 – januari 2019				
DM01	3,7 – 6,0	+19,5 tot +17,2	Matig grof grind, zwak zandig	112
DM02	2,2 – 6,0	+22,1 tot +18,3	Matig grof, sterk zandig grind	100
DM03	2,0 – 6,0	+21,0 tot +17,0	Zeер/matig grof, zwak zandig grind	7,1
DM04	2,0 – 6,0	+21,1 tot +17,1	Zeer grof, zwak zandig grind, tussenklei en -zandlagen	10,7 - 13,6
DM05	2,0 – 6,0	+21,5 tot +17,5	Matig grof, sterk zandig grind	4,0 – 13,9
DM06	5,2 – 7,0	+18,9 tot +17,1	Matig fijn, zwak siltig, sterk grindhoudend zand	2,0 - 8,4
DM07	5,2 – 7,2	+20,1 tot +18,1	Matig tot zeer fijn sterk siltig, matig grindhoudend zand	33,7- 76,7
DM08	5,0 – 6,0	+20,9 tot +19,9	Matig fijn, sterk siltig, zwak kleiig zand	8,3 – 44,8*
DM09	5,3 – 8,5	+19,2 tot +16,0	Zwak tot sterk zandig klei, sterk zandig veen	2,1 – 3,4*
GC170690.R01.v1.0 – juli 2021				
PB04 (210)	4,0 – 5,0	+20,5 tot +21,5	Zand, zeer fijn, matig ziltig	1,0 – 2,0
PB05 (404)	4,0 – 5,0	+20,3 tot +21,3	Zand, matig fijn, sterk siltig	0,5 – 1,0
PB06 (213)	4,0 – 5,0	+22,5 tot +23,5	Zand, matig fijn, matig siltig	-
Pb07 (101)	4,0 – 5,0	+21,1 tot +22,1	Zand, matig fijn, matig siltig	-
PB01 (803)	7,0 – 8,0	+15,0 tot +16,0	Grind, zeer grof, zwak zandig	330 - 350
PB02 (518)	7,0 – 8,0	+15,0 tot +16,0	Grind, zeer grof, zwak zandig	80 - 260
PB03 (513)	7,0 – 8,0	+15,0 tot +16,0	Grind, zeer grof, zand, zeer fijn	180 - 290

Op basis van de aangetroffen grondslag en de uitgevoerde doorlatendheidsmetingen wordt voor de doorlatendheid van de heterogene toplaag (Boxtel) tot ca. NAP +18,0 m (inclusief sterk zandige leem) een waarde van ca. 2 à 3 m/dag aangehouden.

Voor de grindige eenheden van de Formatie van Beegden wordt in het REGIS II.2-model een doorlatendheid van ca. 200 m/dag gegeven. Deze waarde komt overeen met de in de grindlagen gemeten doorlatendheden en wordt in de modellering aangehouden voor het grindpakket.

Voor de zandige eenheden van de Formatie van Sterksel wordt in het REGIS II.2-model een transmissiviteit van ca. 320 m²/dag gegeven. In de modellering is deze waarde aangehouden.

Afsluitend wordt voor de zandige eenheden van de Formatie van Stamproy een transmissiviteit conform het REGIS II.2-model gehanteerd van ca. 710 m²/dag.

5 Bemalingsadvies

5.1 Algemeen

Het tracé kent een sterk variërend maaiveld, de ontgravingsniveaus kennen derhalve ook een verloop. Daarnaast is de grondwaterstand op variërende niveaus aangetroffen. Uitgaande van maximale ontgravingsniveaus van ca. NAP +25,4 à +19,2 m, een benodigde drooglegging van 0,5 m- ontgravingsniveau en een GMG van ca. 2,4 m- maaiveld (circa NAP +25,1 à +20,5 m) blijkt dat voor het tracé een bemaling dient te worden toegepast.

Gezien de in de ondergrond aanwezige zettingsgevoelige kleilagen, de natuurlijke fluctuatie in grondwaterstand en de naar verwachting aanwezige op staal gefundeerde bebouwing rondom het tracé, brengt deze verlaging risico's met zich mee. Het risico op schade aan belendingen als gevolg van zetting is met name waar het tracé dicht op de bebouwing gepland is. Op basis van de boorstaten worden ter plaatse van boringen 518 en 513 voornamelijk (zandige) kleilagen aangetroffen. In combinatie met relatief ondiepe ontgravingsniveaus en een beperkte verlaging adviseren wij hier in eerste instantie een open bemaling of ondiepe filterbemaling toe te passen. Zodoende worden de debieten en risico's zoveel mogelijk beperkt. Tijdens de uitvoering blijkt mogelijk dat niet overal voldoende verlaging wordt bereikt, dan dienen alsnog plaatselijk (diepere) filters te worden geplaatst.

Verder worden de grindlagen te plaatse van Meers (boring 513) op een minder diep niveau aangetroffen en dient hier het meeste verlaagd te worden. Mogelijk dienen plaatselijk deepwells toegepast te worden teneinde de gewenste verlaging te bereiken.

Wij adviseren aan de oostkant van het tracé de bemaling te beginnen waar minder risico's voor de omgeving zijn; hierbij dient een nauwkeurige debietregistratie en monitoring in de geplaatste peilbuizen en nog enkele aanvullende buizen bij nabijgelegen bebouwing (ook in de deklaag) toe te passen. Op basis van de ervaringen aan deze kant kunnen de risico's ter plaatse van de locaties met het hoogste risicoprofiel nader inzichtelijk worden gemaakt. Daarnaast adviseren wij, om de verlaging ter plaatse van de bebouwing te beperken, de werkzaamheden waar mogelijk zo veel mogelijk gefaseerd uit te laten voeren. Wel zal hierdoor het totale debiet van de bemaling toe nemen. In voorliggend advies is tevens een alternatieve fasering beschouwd.

Indien uit de monitoring tijdens de uitvoering blijkt dat ter plaatse van bebouwing verlagingen tot onder de GLG optreden, dan is bodeminjectie van het grindpakket een mogelijke oplossing om de toestroming tijdens de bemaling te verminderen.

Er is van uitgegaan dat de werkzaamheden zullen worden uitgevoerd in een open sleuf. Er is dus geen rekening gehouden met een waterkerende constructie zoals damwanden. De uitvoeringstermijn is door ons aangenomen op ca. 52 dagen (inclusief weekenden), gebaseerd op een tracélengte van circa 740 m en uitgaande van een aanlegssnelheid van circa 20 m/d.

Hierbij is uitgegaan van de tijdens het grondonderzoek aangetroffen grondwaterstand, de daadwerkelijk benodigde verlaging in grondwaterstand dient tijdens de uitvoering bepaald te worden middels peilbuizen of een proefsleuf. Op basis van de grote variatie in aangetroffen grondwaterstanden zal plaatselijk mogelijk zonder bemaling of met een open bemaling volstaan kunnen worden, of en waar dit het geval is zal tijdens het werk bepaald moeten worden.

5.2 Modelleren

De grondwaterberekeningen zijn in MicroFEM uitgevoerd. MicroFEM is een eindig-elementenprogramma waarin in meerdere aquifers de stationaire en niet-stationaire grondwaterstroming gemodelleerd kan worden. Door variatie in dikte en eigenschappen van watervoerende en waterremmende lagen en verhang in stijghoogten is 3D-modelleren van grondwaterstanden en -stromingen mogelijk. Er is geen rekening gehouden met overige invloeden zoals klimaatverandering (grotere neerslagintensiteit) of overige ingrepen welke van invloed kunnen zijn op de waterhuishouding.

Op basis van het uitgevoerde onderzoek en de archiefgegevens is een geohydrologisch profiel opgesteld. In Tabel 5.1 staat het profiel voor de modellering weergegeven. Als hydrologische basis is de kleiige eenheid van de Formatie van Stramproy toegepast. In het model is uitgegaan van freatisch grondwater en een horizontaal maaiveld. De transmissiviteit is gelijk aan het product van de doorlatendheid en de dikte van de laag.

Tabel 5.1: overzicht van het geohydrologisch profiel

Laag	Bovenkant [m t.o.v. NAP]	Onderkant [m t.o.v. NAP]	Dikte [m]	Transmissiviteit [m ² /d]	Hydraulische weerstand [d]
Onverzadigde toplaag	+27,5 à +22,9 m	+23,0 tot +21,0	2,0 – 4,5	-	350
Klei-/zandlagen (Bostel)	+23,0 tot +21,0	+21,0 tot +18,0	2,0 - 3,0	4 - 15	-
Goed doorlatend zand/grind (Beegden)	+23,0 tot +18,0	+6,0	12,0 – 17,0	1600 - 2400	-
Goed doorlatend zand (Sterksel)	+6,0	0,0	6,0	320	-
Goed doorlatend zand (Stramproy)	0,0	-55,0	55,0	710	-
Slecht doorlatende klei (Stramproy)	-55,5	∞	∞	-	∞

5.3 De bemalingsmethodiek

Er wordt een bemaling met behulp van strengen in de zandlagen geadviseerd. De onttrekking zal met filters op een diepte van ca. 1 tot 2 meter onder de gewenste grondwaterstand plaats vinden. Afhankelijk van de doorlatendheid van de grond en de vereiste drooglegging zal de horizontale afstand tussen de filters ca. 1 tot 5 meter bedragen. Teneinde grondwaterstroming tussen de filters te voorkomen, en daarmee het risico op uitspoeling van het talud te verkleinen, wordt geadviseerd van korte filterafstanden (1 à 2 m) gebruik te maken.

Een en ander zal zich tijdens de bemaling en in overleg met het bemalingsbedrijf nader uitwijzen. Zo mogelijk kunnen er nog filters bij geplaatst worden en het net met onttrekkingspunten verdicht worden. De uiteindelijk toe te passen filterdiepte en onderlinge filterafstand is afhankelijk van de aangetroffen grondslag, doorlatendheid, beschikbare materieel en werkruimte en zullen door de bemaler bepaald moeten worden.

Gezien de zeer goed doorlatende grindlagen zal plaatselijk mogelijk met deepwells gewerkt moeten worden. Tevens dient gezien de grove ondergrond rekening gehouden te worden bij het inbrengen van de filters, wellicht is dit niet uitvoerbaar middels reguliere spoel-/spuitboringen.

Mogelijk dient aanvullend op het bronneringswater nog regenwater welke in de bouwput valt afgepompt te worden, dit kan middels een open bemaling of pomp.

Op grond van de beschikbare gegevens zijn met het programma MicroFEM de benodigde onttrekkingen bepaald. In Tabel 5.2 zijn de resultaten weergegeven.

Tabel 5.2 Debieten

Droogleggingsniveau (m-maaiveld)	Benodigde verlaging (m)*			Berekend debiet (m ³ /u) bij bemaling van 60 m sleuflengte ^a		
	GHG	GMG	GLG	Hoog	Gemiddeld	Laag
2,0	0,3	0,0	0,0	40	0	0
2,5	0,8	0,1	0,0	107	13	0
3,0	1,3	0,6	0,0	173	80	0
3,5	1,8	1,1	0,2	240	147	27
4,0	2,3	1,6	0,7	307	213	93
4,1	2,4	1,7	0,8	320	227	107

^a Het gegeven debiet is een gemiddelde waarde, bij de start van de bemaling zal het debiet meer bedragen teneinde een stationaire toestand te creëren

* Hoog (bij GHG en hoge doorlaatfactor), Gemiddeld (bij GMG en gemiddelde doorlaatfactor), Laag (bij GLG en lage doorlaatfactor)

Uitgaande van een uitvoeringsduur van circa 52 dagen (lengte van tracé geschat op circa 740 m) wordt het maximaal gemiddelde totaal waterbezwaar geschat op maximaal 400.000 m³ (bij een GHG-situatie).

Bij de aanleg van het riool zal niet het gehele tracé tegelijk in bemaling staan. Op basis van een dagproductie van 20 m/d wordt ervan uitgegaan dat op enig moment maximaal 60 m sleuf tegelijk in bemaling staan. De bemaling verplaatst zich vervolgens binnen het projectgebied. De exacte uitvoeringsvolgorde is ons niet bekend. Om de maximale verlaging in de omgeving van de sleuf gedurende het gehele project in te schatten is er in de berekening vanuit gegaan dat de grondwaterstand over het gehele tracé verlaagd wordt gedurende een periode van 10 dagen. In tabel 5.4 is een prognose uitgewerkt van de verlaging van de grondwaterstand in de omgeving ten gevolge van de bemaling bij een uitvoering tijdens GHG. Op basis van de prognose van de verlaging reikt het hydrologisch invloedgebied (5 cm verlagingsslijn) tot maximaal circa 1100 m van de sleuf.

Tabel 5.4: Prognose van de verlagingen van de grondwaterstand in de omgeving tijdens een GHG-situatie

Verlaging van de grondwaterstand [m]	Afstand tot de sleuf [m]
1,80	5
1,50	10
1,00	35
0,50	200
0,05	1100

5.4 Aandachtspunten

De bemaling dient gestuurd te worden op basis van de bereikte verlaging, zodat niet meer wordt onttrokken dan strikt noodzakelijk.

Het te onttrekken debiet is afhankelijk van de uiteindelijke fasering, filterstelling en de grondwaterstanden tijdens de uitvoering, de resultaten dienen derhalve als oriënterend te worden ervaren.

De debieten en de invloed op de omgeving kunnen beperkt worden door:

- Het aanpassen van de fasering: door het gelijktijdig te bemalen tracé te verkorten. Afhankelijk van de tijd waarin na het starten van de bemaling voldoende verlaging wordt bereikt kan de bemaling korter voor start van het betreffende tracé worden aangezet, dit beperkt het totale debiet;
- Anderzijds kunnen de debieten per uur worden beperkt door de bemaling langer voor start van het betreffende tracé aan te zetten. Het totale debiet zal echter toenemen door de langere duur;
- optimalisatie van de filterstelling: het toepassen van kortere filters, met korte h.o.h.-afstanden en zo dicht mogelijk op de sleuf. De mogelijkheden hiertoe zijn afhankelijk van de beschikbare werkruimte en materieel, dit zal door de bemaler bepaald dienen te worden;
- Indien uit de monitoring tijdens de uitvoering blijkt dat ter plaatse van bebouwing verlagingen tot onder de GLG optreden, dan is bodeminjectie van het grindpakket een mogelijke oplossing om de toestroming tijdens de bemaling te verminderen
- de bemaling uit te voeren tijdens perioden met lage grondwaterstanden.

5.5 Beoordeling effecten van de verlaging op de omgeving

De verlaging van het grondwaterniveau kan een negatief effect hebben op:

- de natuurwaarden in de omgeving ofwel ecologische beschermingsgebieden met de daarom gelegen bufferzones;
- de opbrengst van landbouwgewassen;
- de aanwezige bebouwing;
- verplaatsing van verontreinigingen;
- wijziging van het grond- en oppervlaktewatersysteem.

Ad 1 en 2

Voor een ecologisch beschermingsgebied en de bufferzones kan worden gesteld, dat de verlagingen lager moeten zijn dan 0,05 meter, om geen schade aan de vegetatie te veroorzaken. Dit betekent echter niet dat bij verlagingen van 0,05 m of groter schade zal ontstaan. Dit is namelijk afhankelijk van een groot aantal factoren zoals, type begroeiing, seizoen waarin de bemaling plaats vindt en de weersomstandigheden tijdens deze periode. Aangezien de bemaling in bebouwd gebied plaatsvindt en slechts van beperkte duur is, is dit niet verder van toepassing.

Ad 3

Zettingen als gevolg van grondwaterstandsverlagingen treden op als resultaat van de toename van de korrelspanning. Als gevolg van het verlagen van de grondwaterstand wordt de grondslag effectief zwaarder waardoor deze kan gaan zetten. Wanneer deze extra belasting op de ondergrond eenmaal is opgetreden zal naderhand ook wanneer de grondwaterstand opnieuw wordt verlaagd geen additionele zetting meer optreden.

Of er zettingen te verwachten zijn, is derhalve vooral afhankelijk van de laagste grondwaterstand en de duur hiervan welke in het verleden is opgetreden.

Met name bij boringen 513 en 518 worden zettingsgevoelige kleilagen aangetroffen, daarnaast bevindt het tracé zich hier dicht op de bebouwing (ten noorden van Meers); hier bestaat een reëel risico op zettingen van de bebouwing.

Het risico kan nader inzichtelijk worden gemaakt door de aanwezigheid van zettingsgevoelige (op staal gefundeerde) bebouwing te inventariseren, hier een bouwkundige vooropname uit te voeren en monitoring middels peilbuizen en zettingsbouten uit te voeren. Zodoende kan tijdig worden bijgestuurd indien negatieve effecten optreden, en kunnen eventuele (on)terechte claims correct worden afgehandeld. Daarnaast wordt geadviseerd om de nadelige effecten in de omgeving voor de bestaande funderingen door de grondwaterstandverlaging te beperken door de verlaging van het grondwater in de tijd zoveel mogelijk te beperken. Als maatregel kan tevens het gelijktijdig bemaalde tracé worden verkleind.

Ad 4

Als gevolg van een bemaling mogen eventuele grondwaterverontreinigingen binnen het invloedsgebied van de bemaling geen significante verplaatsing ondergaan. Tijdens het milieukundig onderzoek MA18003.031 zijn verontreinigen van het grondwater aangetroffen met vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen (VOC's). Bij een herbemonstering van het grondwater is deze verontreiniging niet aangetroffen, tevens zijn geen verdachte locaties met betrekking tot VOC-verontreiniging in de buurt bekend, derhalve worden voor deze verontreiniging geen maatregelen noodzakelijk geacht. De bemaling kan echter ook invloed hebben op verontreinigingen op grotere afstand van de locatie. Gezien de goed doorlatende zandlagen en de reeds aanwezige grondwaterstroming wordt echter niet verwacht dat de bemaling een relatieve bijdrage levert aan de verspreiding van eventueel aanwezige verontreinigingen.

Ad 5

Als gevolg van de verlaging van de grondwaterstand zal de grondwaterstroming tijdelijk enigszins worden verstoord. Gezien de tijdelijke duur van de bemaling, de beperkte verlaging en er geen diepe waterdichte obstakels in de grond worden gerealiseerd zal het grondwaterregime na afronding van de bemaling niet of nauwelijks gewijzigd zijn. In de modelberekeningen keert de grondwaterstand binnen enkele dagen terug naar de oorspronkelijke grondwaterstand.

5.6 Toetsing aan de Algemene regels grondwater van Waterschap Limburg

Conform de *Algemene regel grondwater: onttrekking voor bouwputbemaling, sleufbemaling; proefbronnering of grondsanering* van Waterschap Peel en Maasvallei wordt vrijstelling verleend voor het verbod, bedoeld in artikel 3.6, eerste lid van de Keur, voor het onttrekken van grondwater voor bouwputbemaling, proefbronnering of grondsanering, indien de onttrekking plaatsvindt:

- a. buiten de bufferzones verdroogde natuurgebieden;
- b. binnen de Roerdalslenk en niet onder de bovenste Brunssumklei;
- c. binnen de Venloschol en niet dieper dan 5 meter boven NAP;

zoals aangeduid op de kaart behorende bij artikel 3.16 van de Omgevingsverordening Limburg en voor zover de onttrekking niet:

- a. meer bedraagt dan 100 m³ per uur;
- b. meer bedraagt dan 50.000 m³ per maand, en
- c. langer duurt dan 24 weken.

Voor de voorschriften en regels behorende bij de vergunningaanvraag en meetplicht wordt verwezen naar de *Algemene regel grondwater: onttrekking voor bouwputbemaling, sleufbemaling; proefbronnering of grondsanering* van Waterschap Peel en Maasvallei.

De locatie van de bemaling ligt binnen de Roerdalslenk en boven de bovenste Brunssumklei, derhalve is er geen verbod op het onttrekken van grondwater van kracht.

Op basis van het berekende debiet per maand en per uur is de bemaling wel vergunningsplichtig.

5.7 Lozingen

Op grond van artikel 4.5 van de Keur is het verboden zonder vergunning van het bestuur water te lozen in oppervlaktewaterlichamen.

Met de Algemene regel oppervlaktewaterlichamen lozen van water wordt onder voorwaarden een vrijstelling van voornoemd verbod gegeven. Indien aan de voorwaarden wordt voldaan dient de lozing wel te worden gemeld bij het waterschap. Voor de voorschriften en regels behorende bij de melding en meetplicht wordt verwezen naar de *Algemene regel Waterkwantiteit: Brengen van water in een oppervlaktewaterlichaam* van Waterschap Peel en Maasvallei.

De algemene regel is van toepassing voor statische lozingen tot maximaal 100 m³/uur waarbij de lozing geen schade aan het oppervlaktewaterlichaam veroorzaakt en de lozing niet tot wateroverlast leidt.

Afhankelijk van de lozing op oppervlaktewater of een alternatieve variant zijn waterkwaliteitsaspecten van toepassing. Deze zijn beschreven in het Besluit lozen buiten inrichtingen §3.2. *Lozen van grondwater bij ontwatering.*

Conform artikel 3.2 van het Beluit lozen buiten inrichtingen geldt:

- (lid 2) het lozen op of in de bodem is toegestaan;
- (lid 3) het lozen in een oppervlaktewaterlichaam is toegestaan indien:
 - o a. het gehalte onopgeloste stoffen in enig steekmonster ten hoogste 50 milligram per liter bedraagt **[voldoet]**; en
 - o b. als gevolg van het lozen geen visuele verontreiniging optreedt;
- (lid 5) Het lozen in een voorziening voor de inzameling en het transport van afvalwater, niet zijnde een vuilwaterriool, is toegestaan indien het gehalte onopgeloste stoffen in enig steekmonster ten hoogste 50 milligram per liter bedraagt **[voldoet]** en het ijzergehalte in enig steekmonster ten hoogste 5 milligram per liter bedraagt **[voldoet]**;
- (lid 7) Het lozen in een vuilwaterriool is verboden, tenzij:
 - o a. het lozen ten hoogste 8 weken duurt **[voldoet]**;
 - o b. de geloosde hoeveelheid ten hoogste 5 kubieke meter per uur bedraagt **[voldoet niet]**; en
 - o c. het gehalte onopgeloste stoffen in enig steekmonster ten hoogste 300 milligram per liter bedraagt **[voldoet niet]**.

Op basis van het verwachte lozingsdebiet is het verboden zonder een vergunning een zonder vergunning van het bestuur water te lozen in oppervlaktewaterlichamen.

Op basis van het grondwatermonster uit 2019 worden op de locatie acceptabele concentraties van ijzer en onopgeloste stoffen aangetroffen om het grondwater te lozen op een oppervlaktewaterlichaam en/of een voorziening voor de inzameling en het transport van afvalwater, niet zijnde een vuilwaterriool.

Gezien het verwachte lozingsdebiet en het gehalte onopgeloste stoffen is het echter niet zondermeer toegestaan op het vuilwaterriool te lozen. Het lozen op de vuilwaterriolering is alleen gewenst als lozing op de bodem, het oppervlaktewater of de hemelwaterriolering niet doelmatig is. Voor lozen op de riolering is afhankelijk van de lozingsdebieten in sommige gemeenten een aansluitvergunning vereist.

Gedurende de lozing dient het lozingswater op een doelmatige wijze bemonsterd te kunnen worden en dient het lozingsdebiet op doelmatige wijze bepaald te kunnen worden.

Voor de volledige regelgeving wordt verwezen naar het Besluit lozen buiten inrichtingen.

Het actief terugbrengen van bronneringswater in dezelfde watervoerende laag als waaruit het is onttrokken, wordt niet beschouwd als een lozing of infiltratie maar als een retourbemaling. Indien retourbemaling wordt toegepast, is het vanuit een oogpunt van goed grondwaterbeheer noodzakelijk dat het grondwater wordt teruggebracht in het grondwaterpakket waaruit het is onttrokken.

Wordt het bronneringswater geïnfiltrerd op een niet actieve manier waarbij de watervoerende laag niet direct wordt bereikt (bijvoorbeeld door middel van een zaksloot) dan is de Wet bodembescherming van toepassing. Voor deze activiteit dient u zich te wenden tot het bevoegd gezag op grond van de Wet Bodembescherming. Dit betreft de gemeente of de provincie.

6 Conclusie en advies

6.1 Algemeen

- Er dient een filterbemaling toegepast te worden teneinde de grondwaterstand met maximaal ca. 2,4 m te verlagen voor het tracégedeelte. Bij het inbrengen van de filters dient rekening gehouden te worden met de zeer grove ondergrond. Mogelijk dienen deepwells toegepast te worden om de gewenste verlaging te bereiken;
- Tevens dient een filterbemaling toegepast te worden teneinde de grondwaterstand te verlagen voor het tracé. Mogelijk voldoet plaatselijk een open bemaling, waar dit tijdens de uitvoering mogelijk blijkt heeft dit de voorkeur;
- De benodigde verlagingen dienen alvorens de werkzaamheden te starten gecontroleerd te worden;
- Uit de berekeningen volgt dat de reikwijdte van de bemalingen (verlaging = 0,05 m) maximaal ca. 1100 m bedraagt ter plaatse van de filterbemaling. Op basis van de berekeningen wordt het totale waterbezwaar (bij een duur van 52 werkdagen voor de bemaling) geschat tussen ca. 50.000 – 400.000 m³;
- Op basis van de Algemene regels van Waterschap Limburg is voor de bemaling een vergunning vereist;
- Op basis van de berekende debieten is de lozing op een oppervlaktewater vergunningsplichtig. Voor het lozen in een voorziening voor de inzameling en het transport van afvalwater, niet zijnde een vuilwaterriool, is een melding voldoende.

6.2 Aandachtspunten en risico's

De bemaling dient gestuurd te worden op basis van de bereikte verlaging, zodat niet meer wordt onttrokken dan strikt noodzakelijk. Het te onttrekken debiet is afhankelijk van de uiteindelijke fasering, filterstelling en de grondwaterstanden tijdens de uitvoering, de resultaten dienen derhalve als oriënterend te worden ervaren.

Als gevolg van de aanwezige zettingsgevoelige kleilagen in de ondergrond en de gewenste verlagingen bestaat het risico op zettingen ter plaatse van bebouwing. Voor de aanvang van de werkzaamheden kan dit risico nader inzichtelijk worden gemaakt door de aanwezigheid van zettingsgevoelige (op staal gefundeerde) bebouwing te inventariseren, middels het bouwarchief of boringen te controleren of de woningen (eventueel middels een grondverbetering) op een draagkrachtige laag zijn aangezet, en een bouwkundige vooropname uit te voeren en monitoring middels peilbuizen en zettingsbouten uit te voeren. Zodoende kan tijdig worden bijgestuurd indien negatieve effecten optreden.

Wij adviseren aan de oostkant van het tracé de bemaling te beginnen middels een, indien mogelijk, open bemaling, en daarnaast geen langere filters toe te passen dan strikt noodzakelijk. Ook dient een nauwkeurige debietregistratie en monitoring in de geplaatste peilbuizen en nog enkele aanvullende buizen bij nabijgelegen bebouwing (ook in de deklaag) te worden toegepast. Op basis van de ervaringen aan deze kant kunnen de risico's ter plaatse van de locaties met het hoogste risicoprofiel nader inzichtelijk worden gemaakt. Daarnaast adviseren wij de bemaling gefaseerd uit te voeren.

Gedurende de uitvoering dienen de risico's opnieuw beoordeeld te worden op basis van de waargenomen verlagingen. Indien de interventiewaardes optreden (GLG) dient het gelijktijdig te bemalen tracé verkort te worden (indien mogelijk) of dient overgestapt te worden op bodeminjectie.

Indien de daadwerkelijk onttrokken debieten sterk afwijken adviseren wij om met ons bureau contact op te nemen zodat kan worden bepaald wat de effecten van deze afwijking gedurende de uitvoeringstermijn zijn. Geadviseerd wordt om een proefbemaling uit te voeren ten oosten (dichtbij Pb 518 en ter plaatse van H_11) om de actuele debieten te verifiëren.

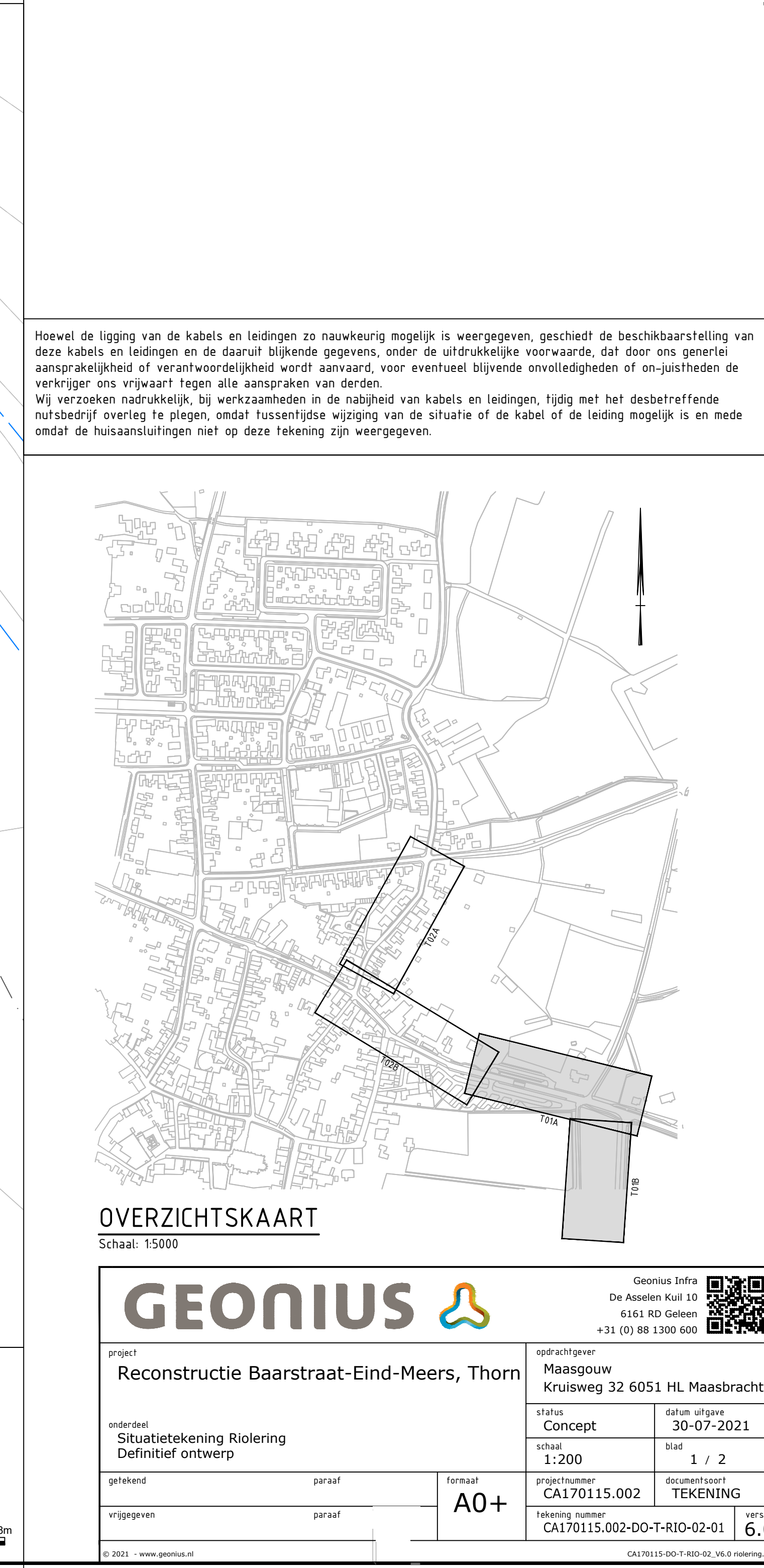
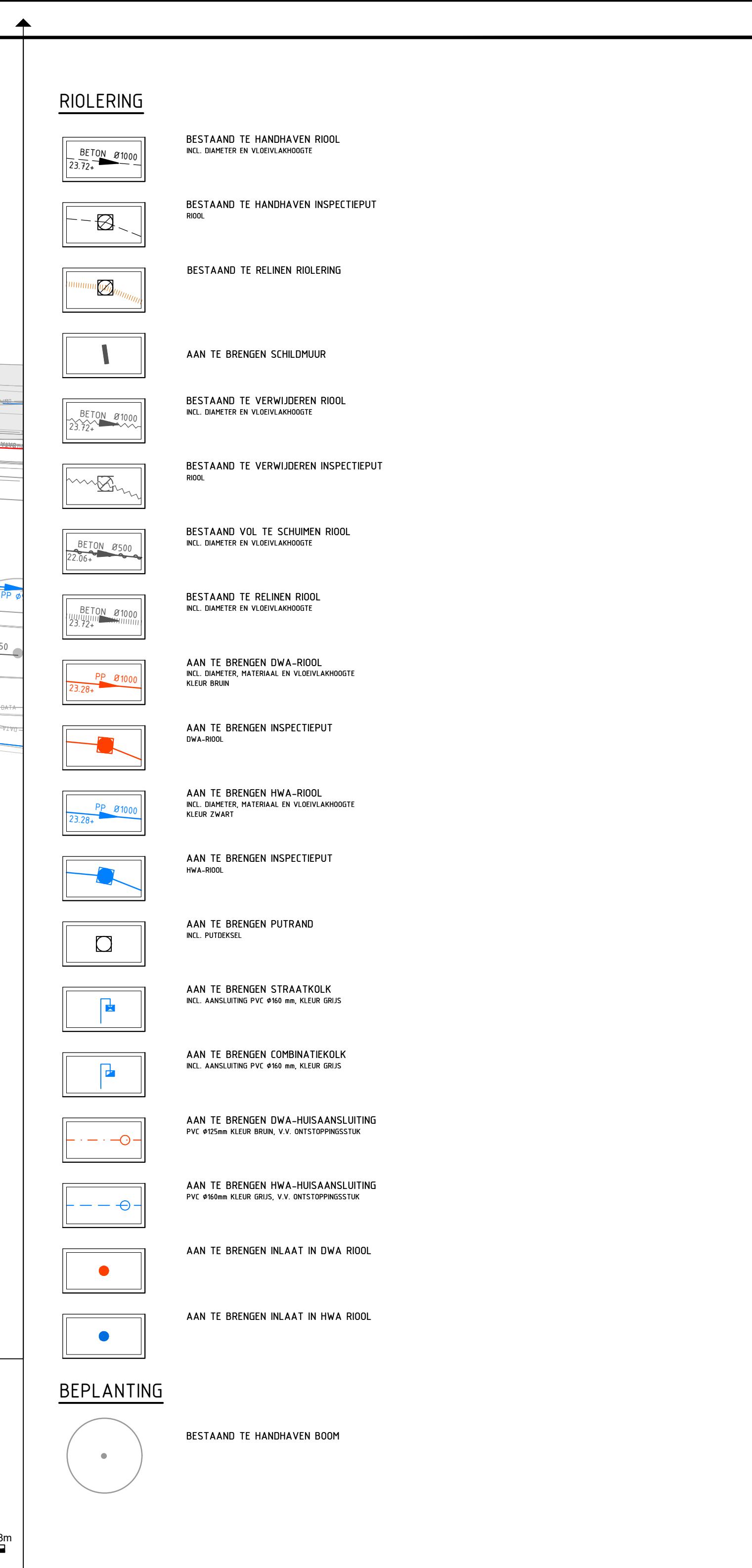
Om te beoordelen wat de nauwkeurigheid van het gehanteerde model is, verzoeken wij de opdrachtgever om de gegevens van de definitieve bemaling aan ons te verstrekken. Het betreft hierbij met name de toegepaste filterstelling, het onttrokken debiet en de bereikte verlaging in de bouwput en in de omgeving. Zodoende hopen wij u in de toekomst nog beter van dienst te kunnen zijn.

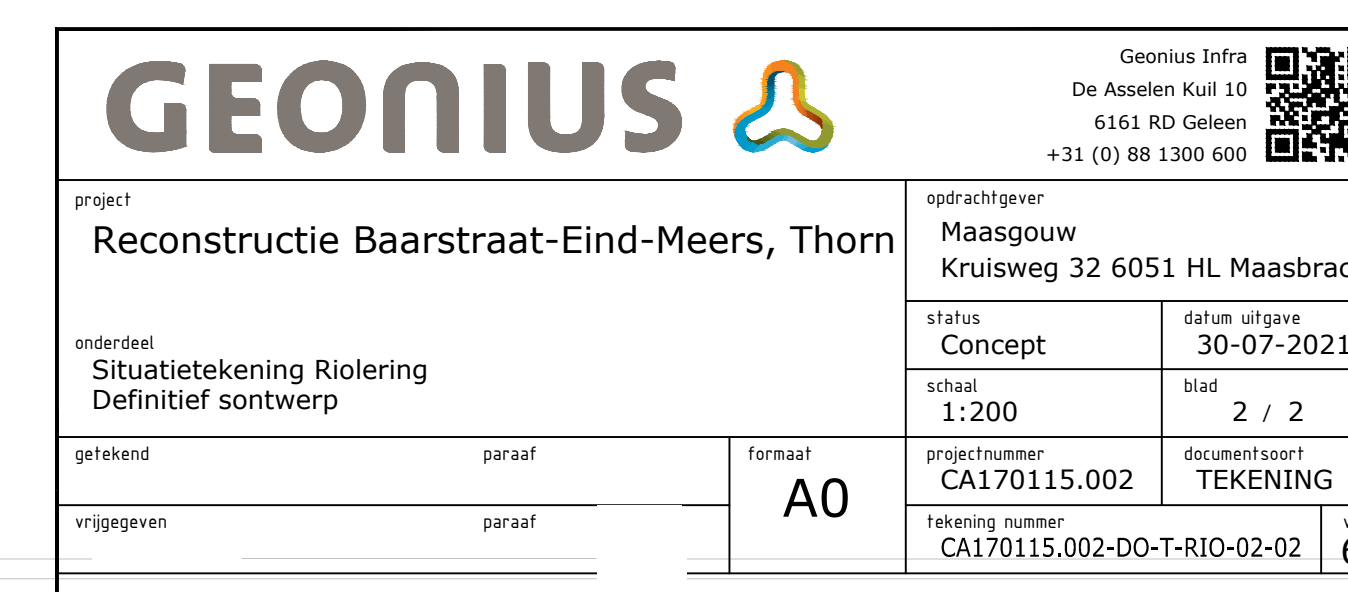
Bijlagen

Bijlage 1 Situatiekening



GEONIUS

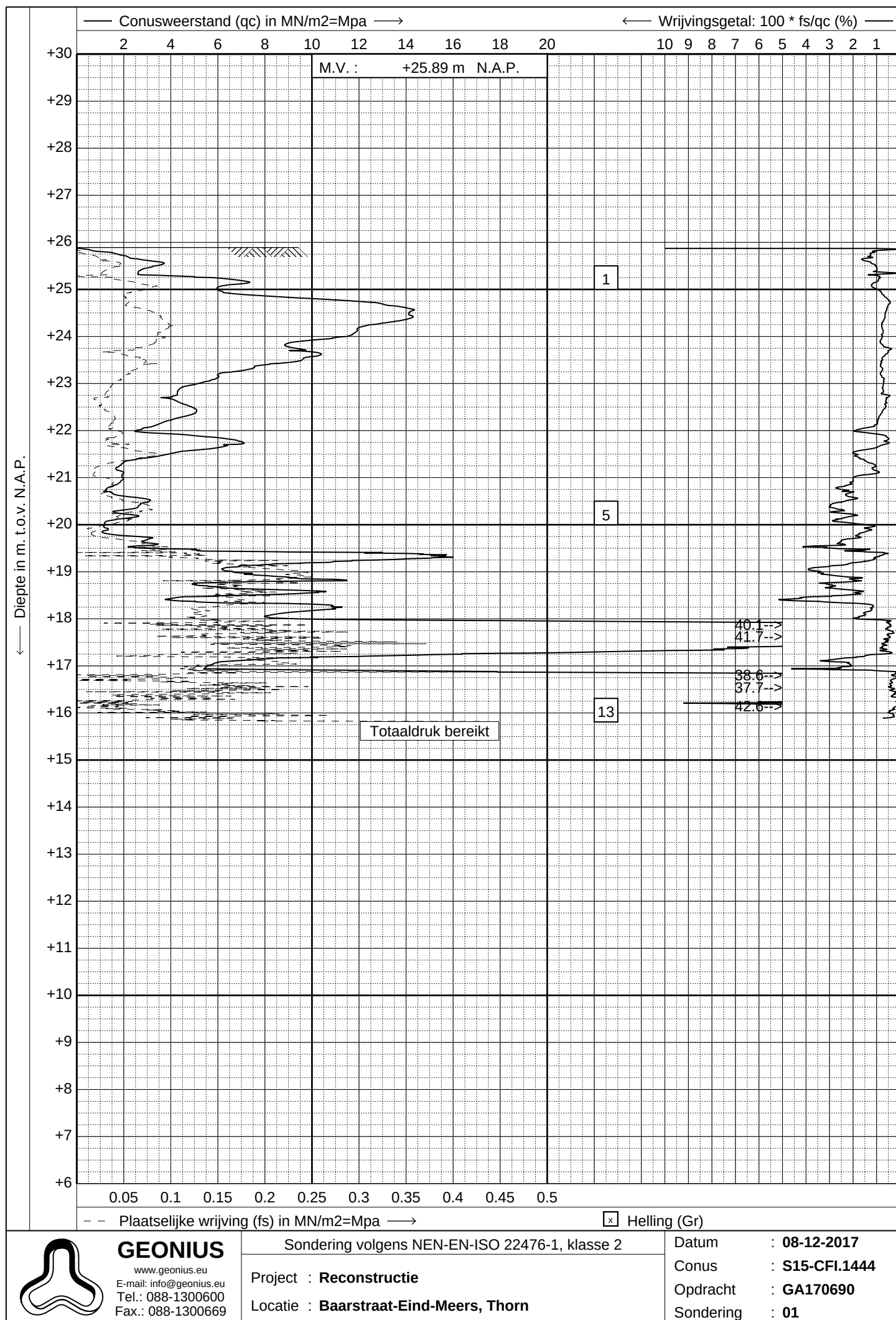


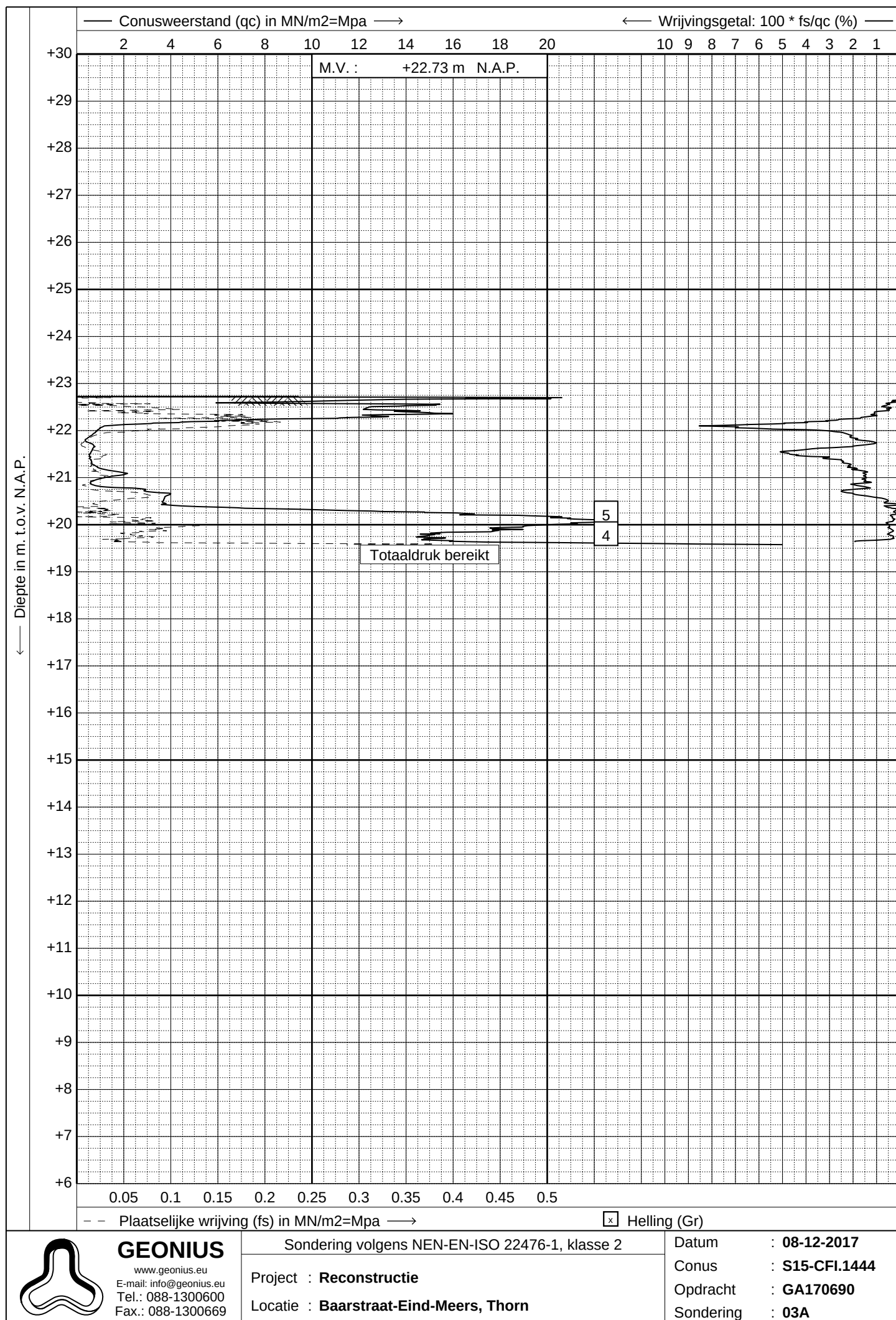


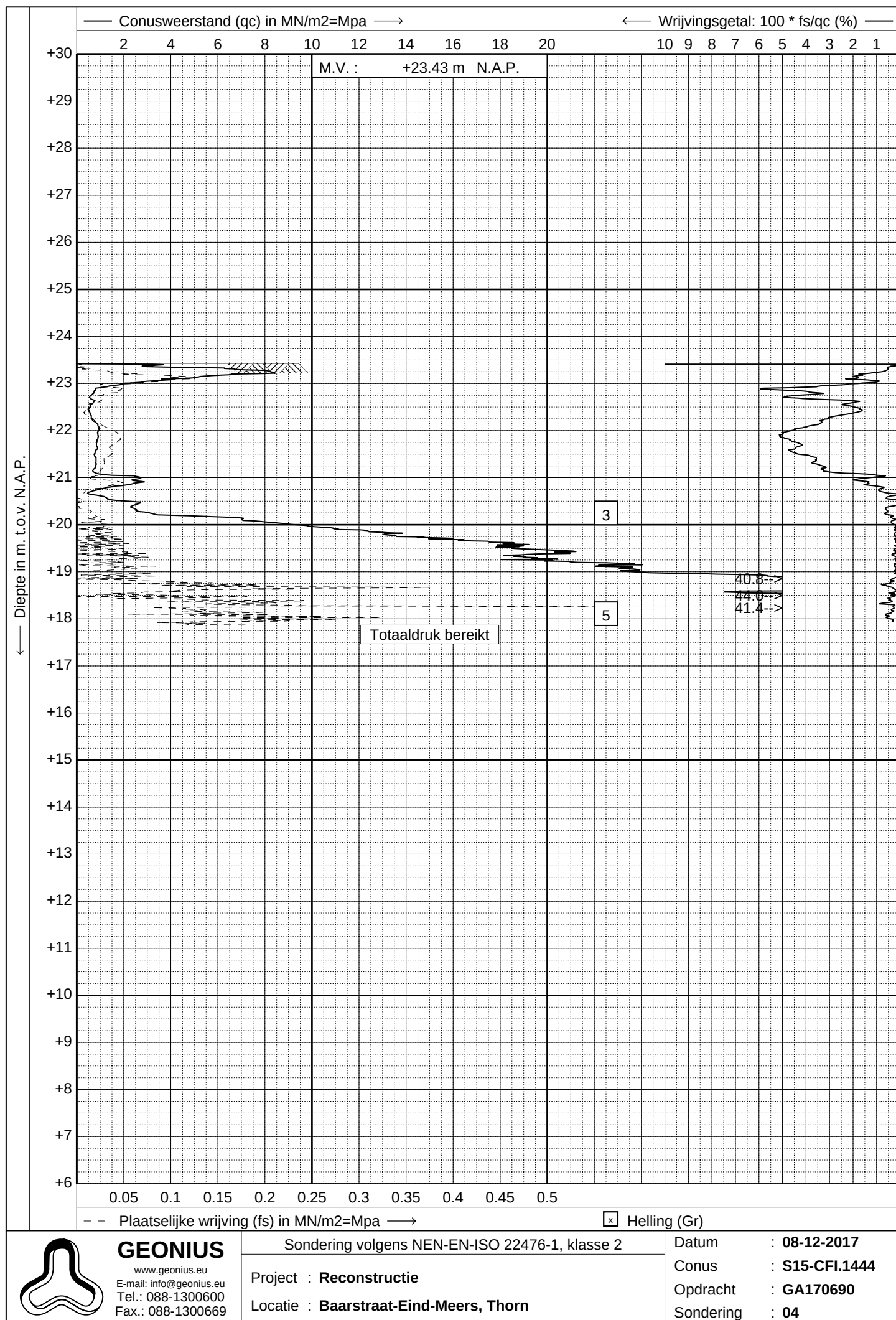
Bijlage 2 Historische gegevens



GEONIUS

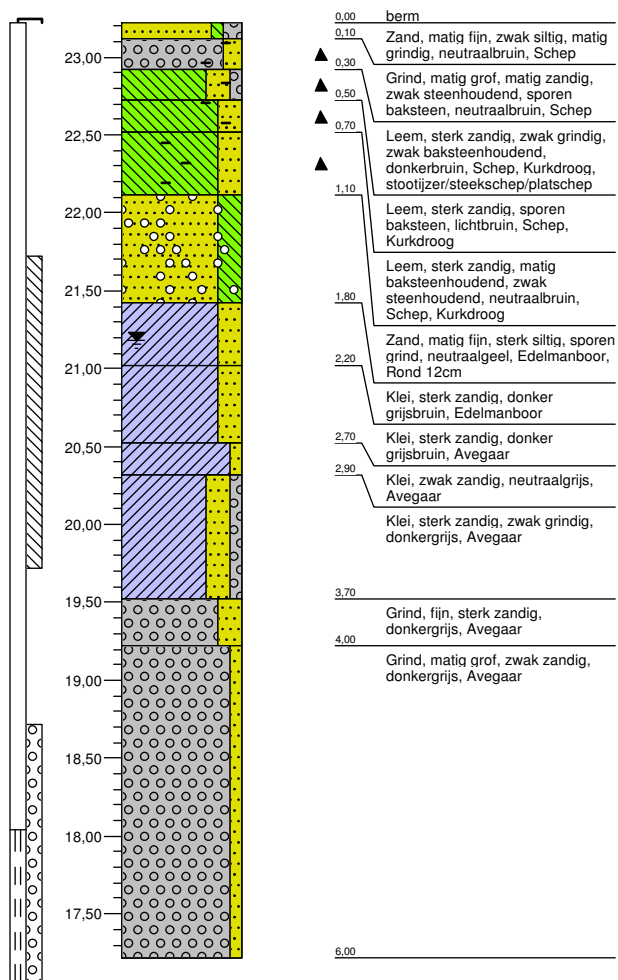






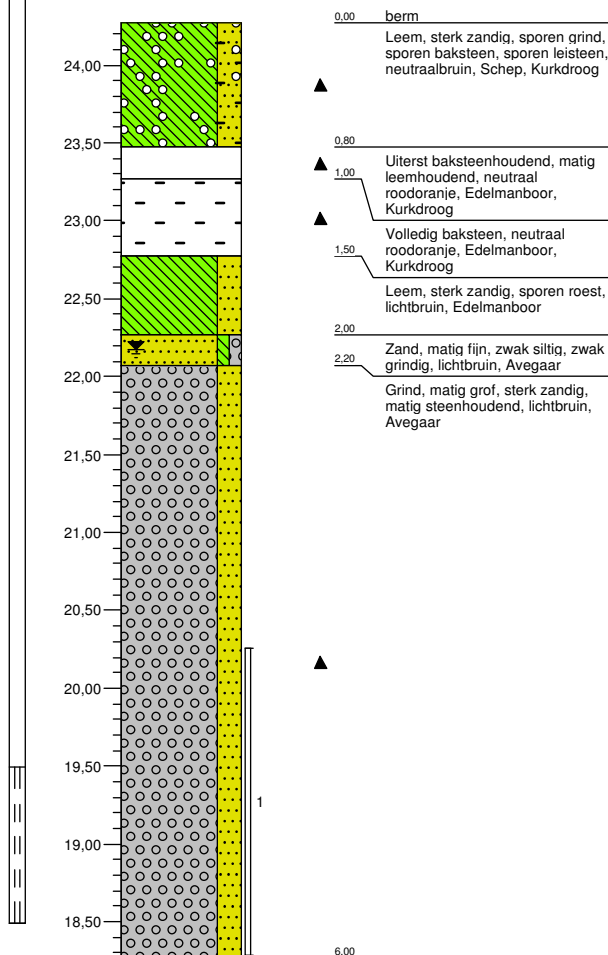
boring: MB01

Maaiveldhoogte : 23,22 m. t.o.v. N.A.P.
GWS : 204 cm. - mv.
Datum : 05-09-2018
Opmerking: GW aangeboord op 350cm, daarna tot 210 cm opgekweld

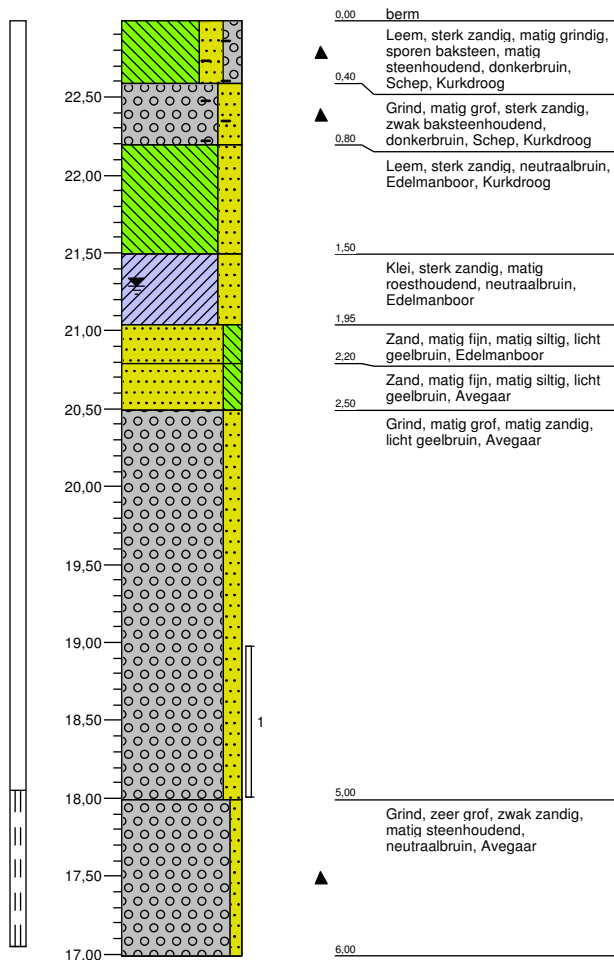


boring: MB02

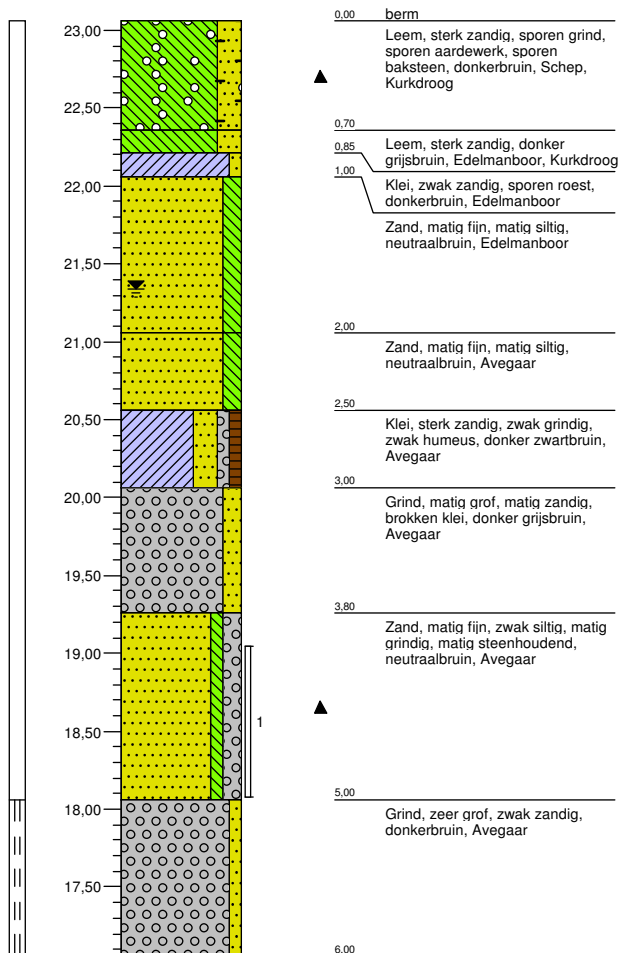
Maaiveldhoogte : 24,27 m. t.o.v. N.A.P.
GWS : 210 cm. - mv.
Datum : 05-09-2018
Opmerking: GW Op 250cm aangeboord



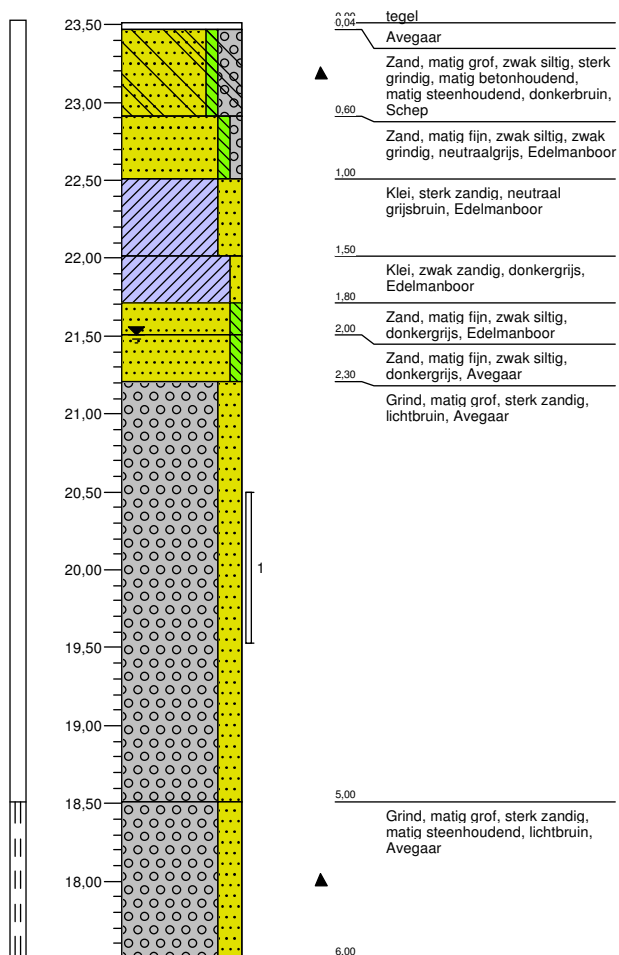
boring: MB03
 Maaiveldhoogte : 22,99 m. t.o.v. N.A.P.
 GWS : 170 cm. - mv.
 Datum : 06-09-2018
 Opmerking: GW aangeboord op 2m-mv



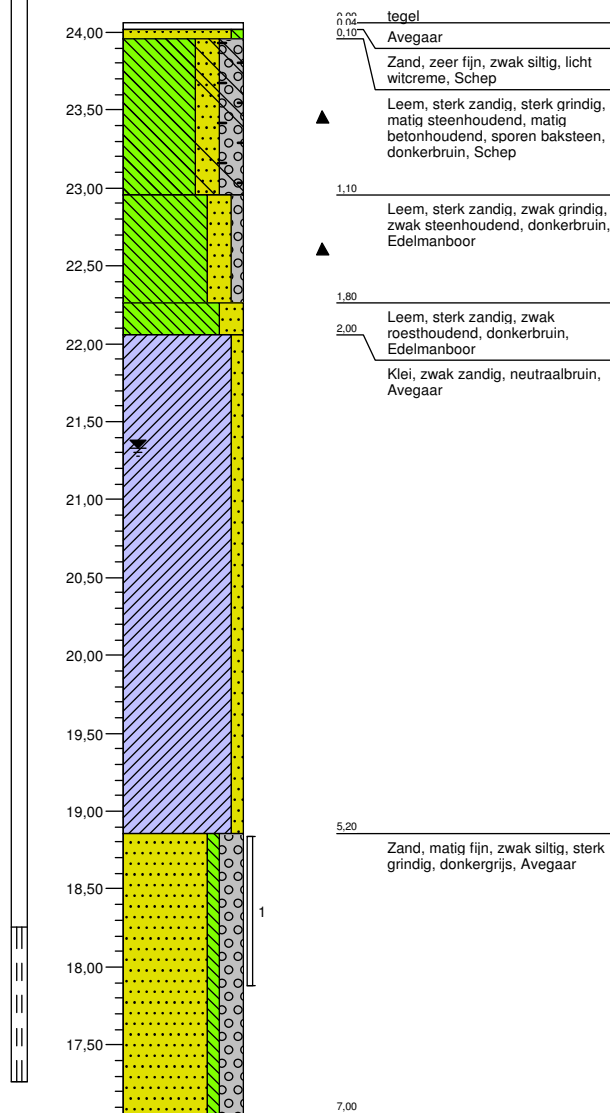
boring: MB04
 Maaiveldhoogte : 23,06 m. t.o.v. N.A.P.
 GWS : 172 cm. - mv.
 Datum : 06-09-2018
 Opmerking: GW aangeboord op 2m-mv



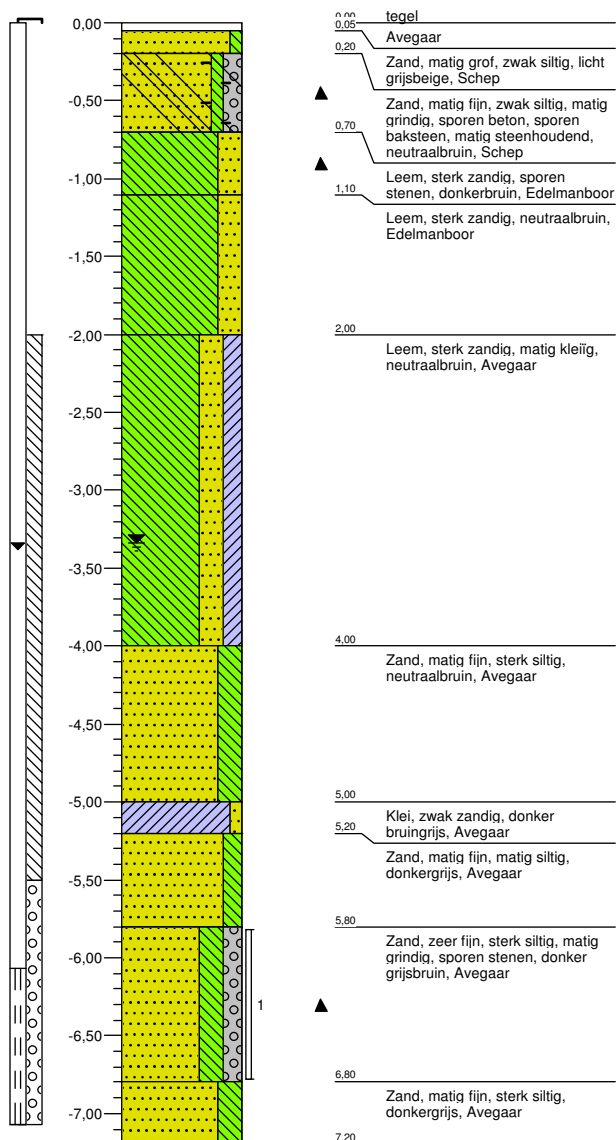
boring: MB05
 Maaiveldhoogte : 23,51 m. t.o.v. N.A.P.
 GWS : 200 cm. - mv.
 Datum : 06-09-2018



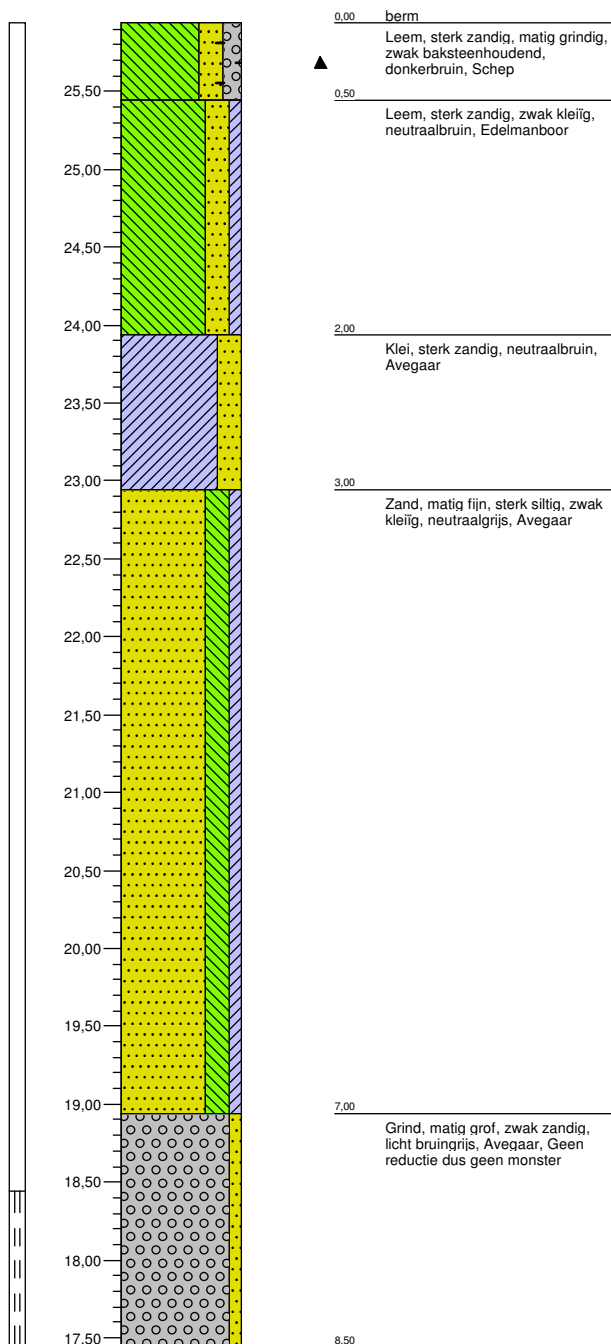
boring: MB06
 Maaiveldhoogte : 24,06 m. t.o.v. N.A.P.
 GWS : 273 cm. - mv.
 Datum : 11-09-2018
 Opmerking: Aangeboord op 3M-MV



boring: MB07
m. t.o.v. maaiveld
GWS : 334 cm. - mv.
Datum : 11-09-2018
Opmerking: Aangeboord op 3,5m-mv

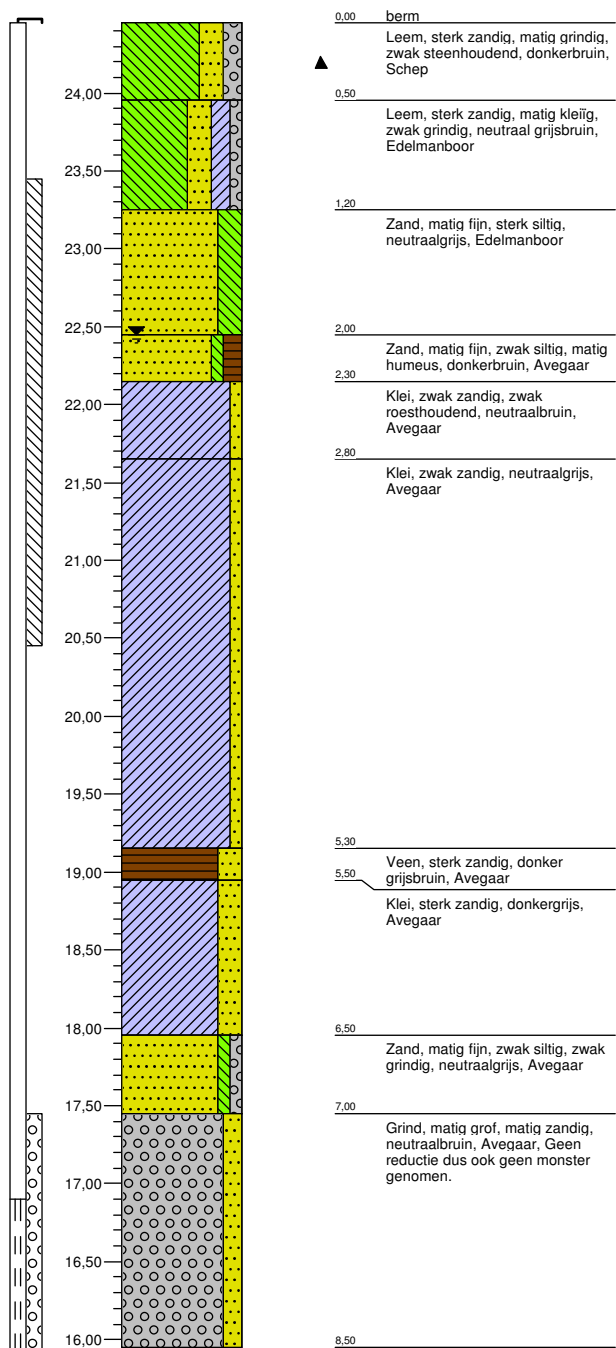


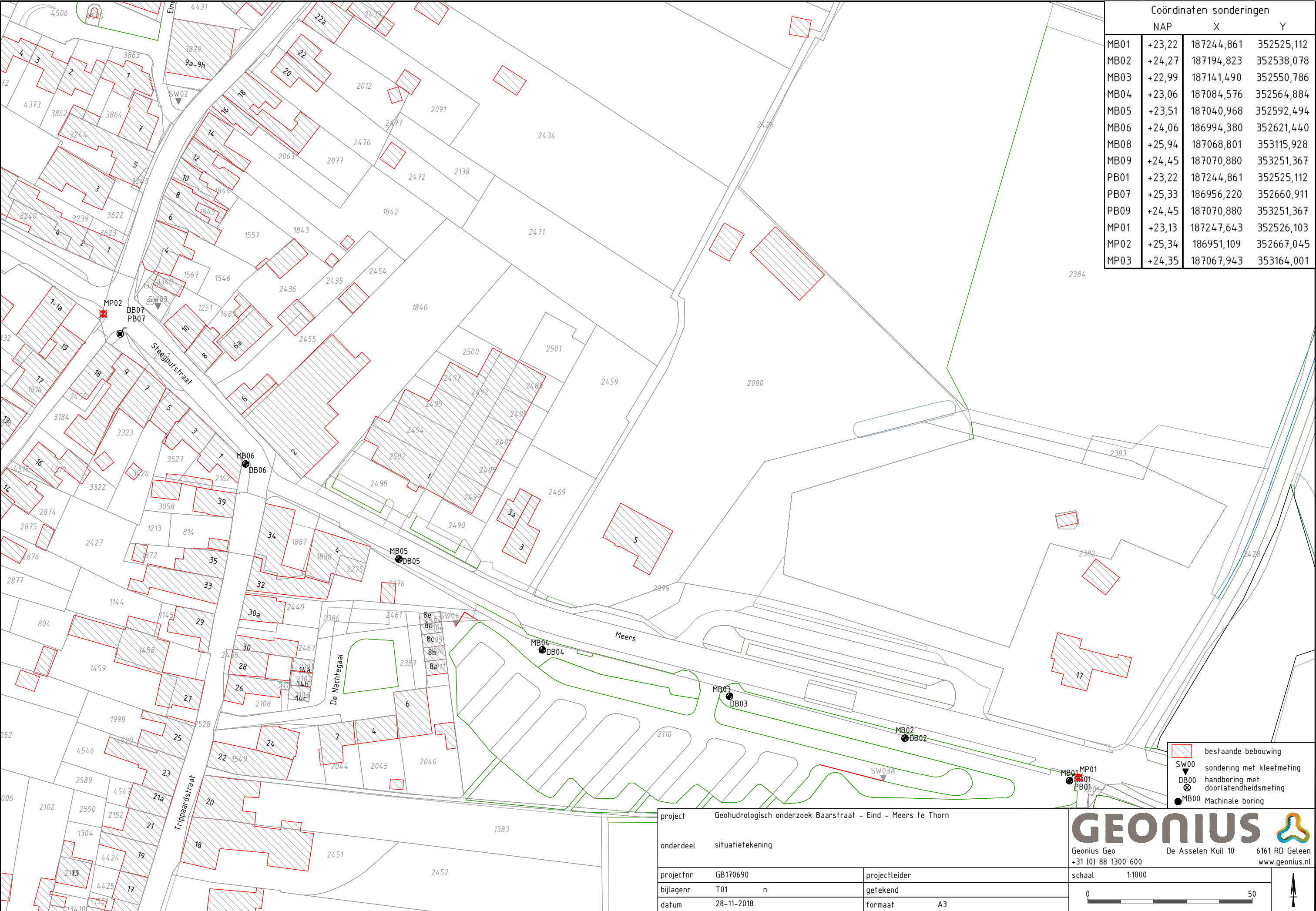
boring: MB08
Maaiveldhoogte : 25,94 m. t.o.v. N.A.P.
Datum : 07-09-2018
X-coördinaat : 187068,80
Y-coördinaat : 353115,93

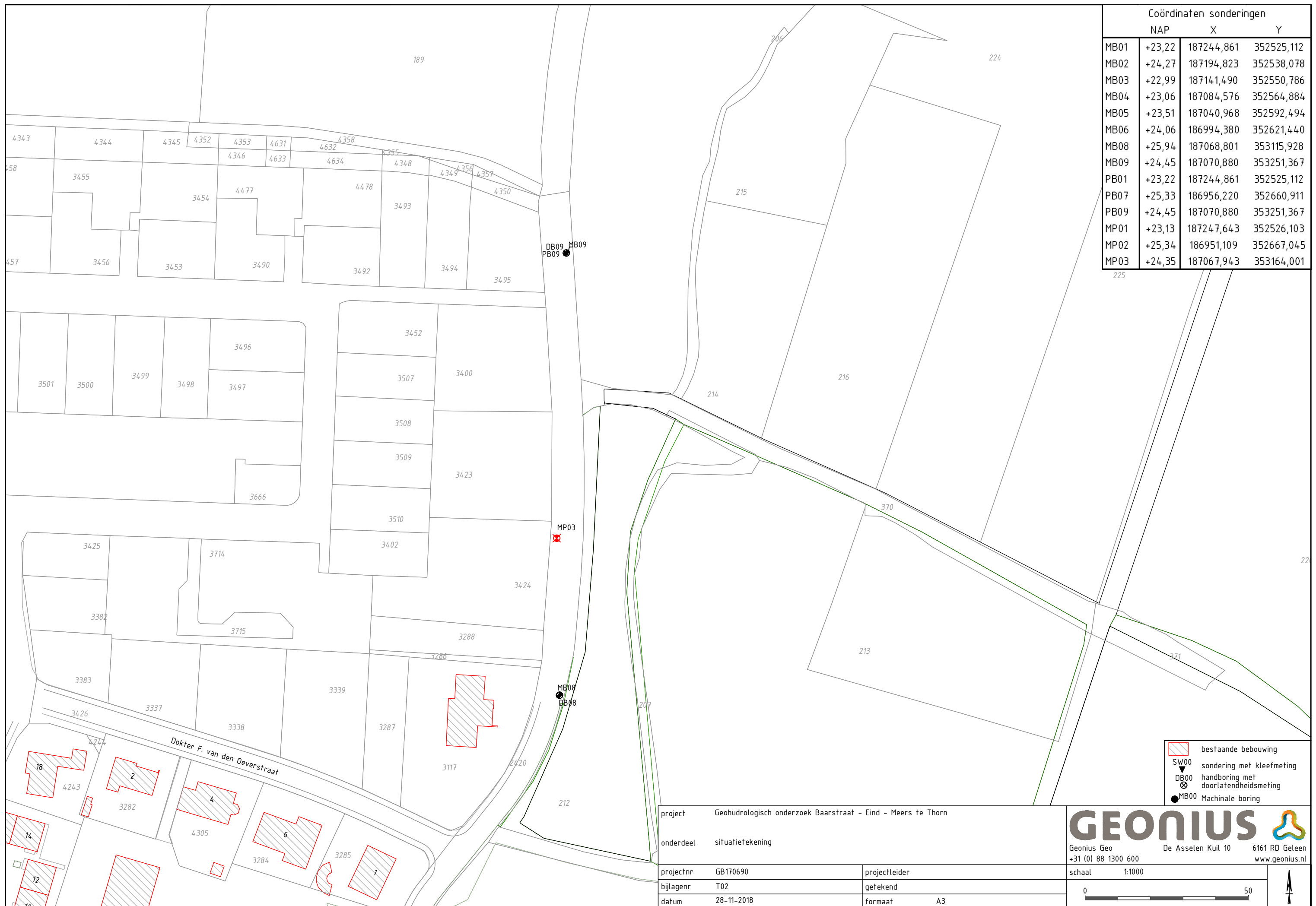


boring: MB09

Maaiveldhoogte : 24,45 m. t.o.v. N.A.P. X-coördinaat : 187070,88
 GWS : 200 cm. - mv. Y-coördinaat : 353251,37
 Datum : 07-09-2018







Bijlage 3 Boorstaten



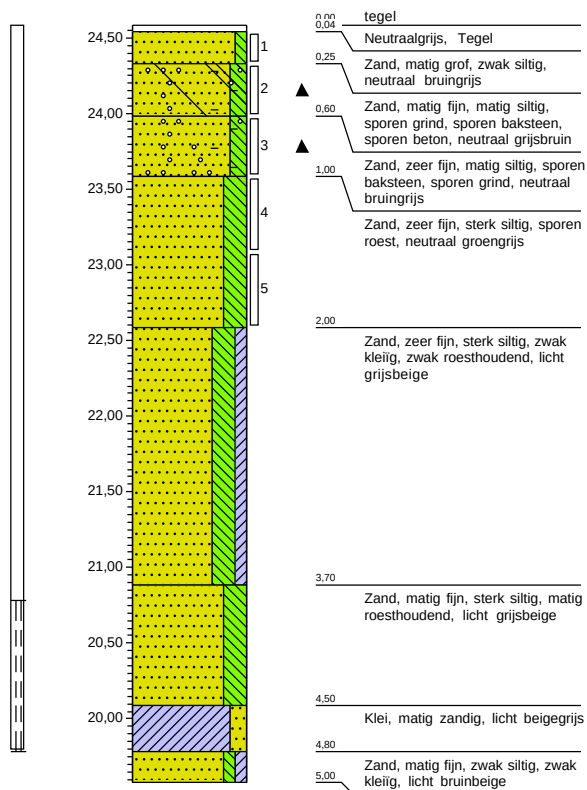
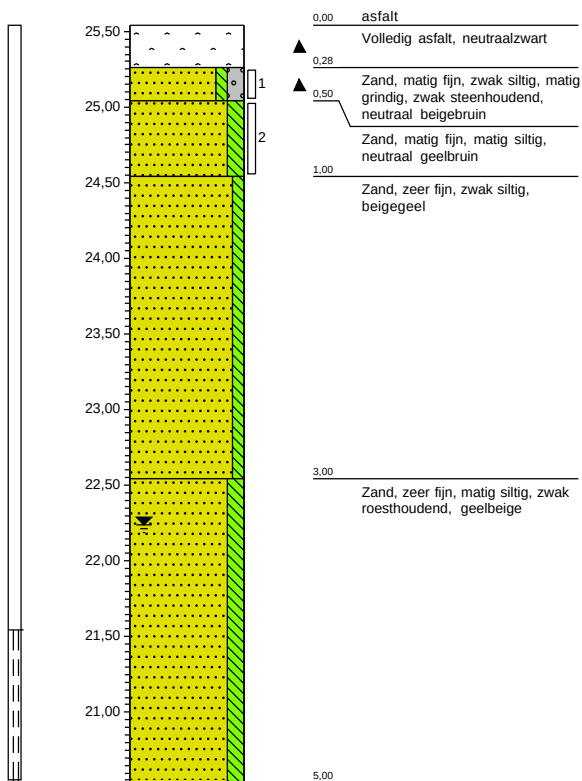
GEONIUS

boring: 101
 Maaiveldhoogte: 25,542 m.t.o.v. N.A.P.
 GWS: 330 cm.-mv.
 Datum: 21-7-2021

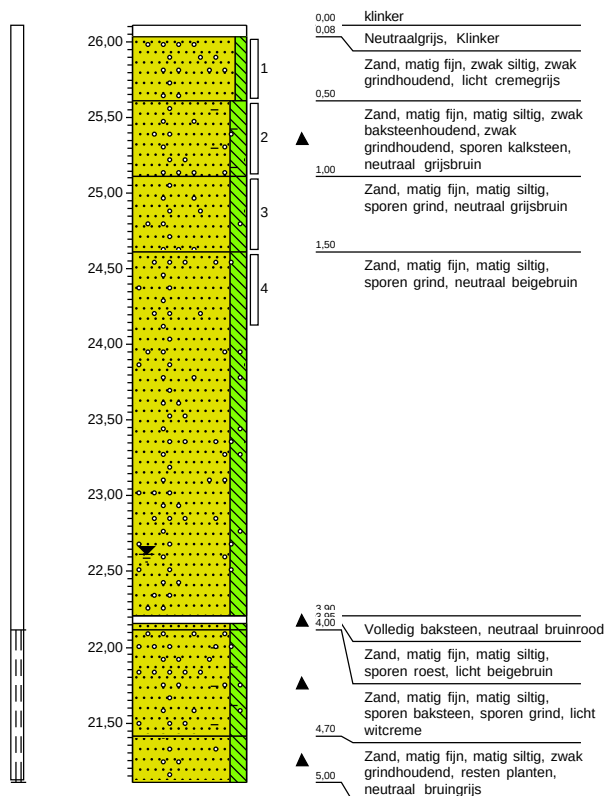
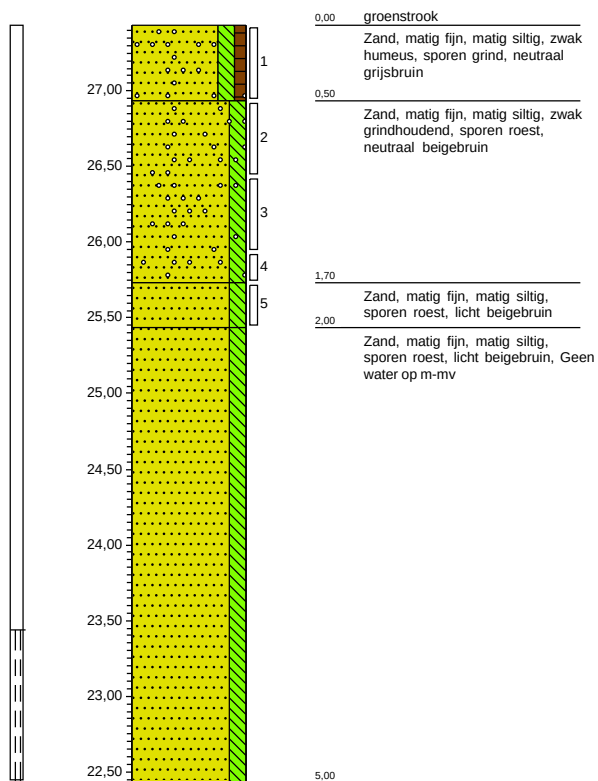
X-coördinaat: 186941,04
 Y-coördinaat: 352675,27

boring: 210
 Maaiveldhoogte: 24,585 m.t.o.v. N.A.P.
 cm.-mv.
 Datum: 26-7-2021

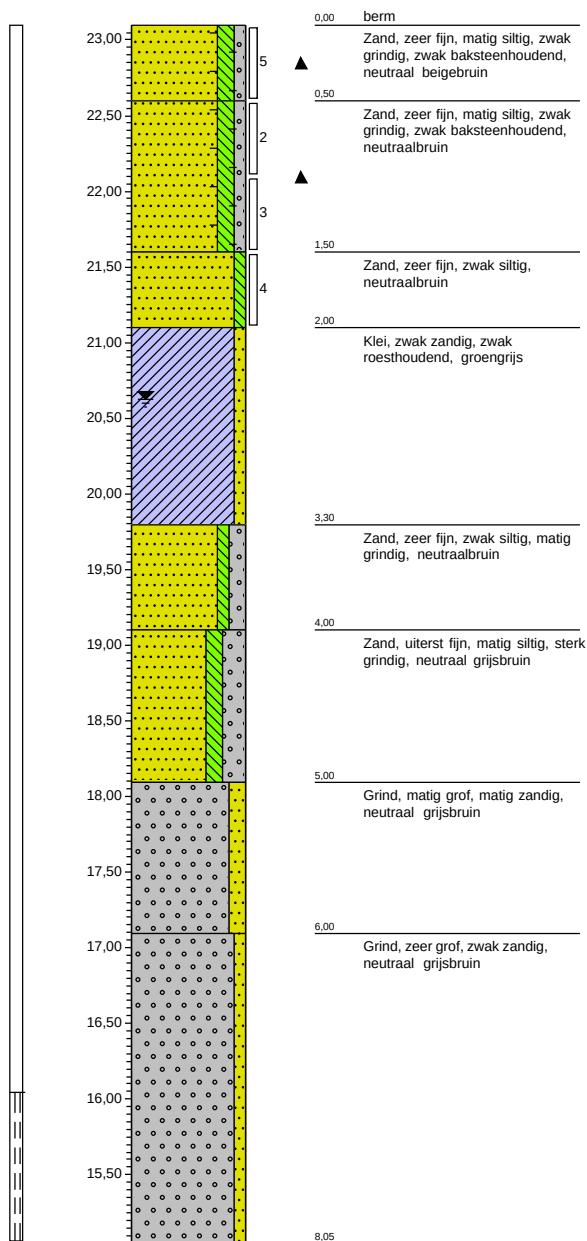
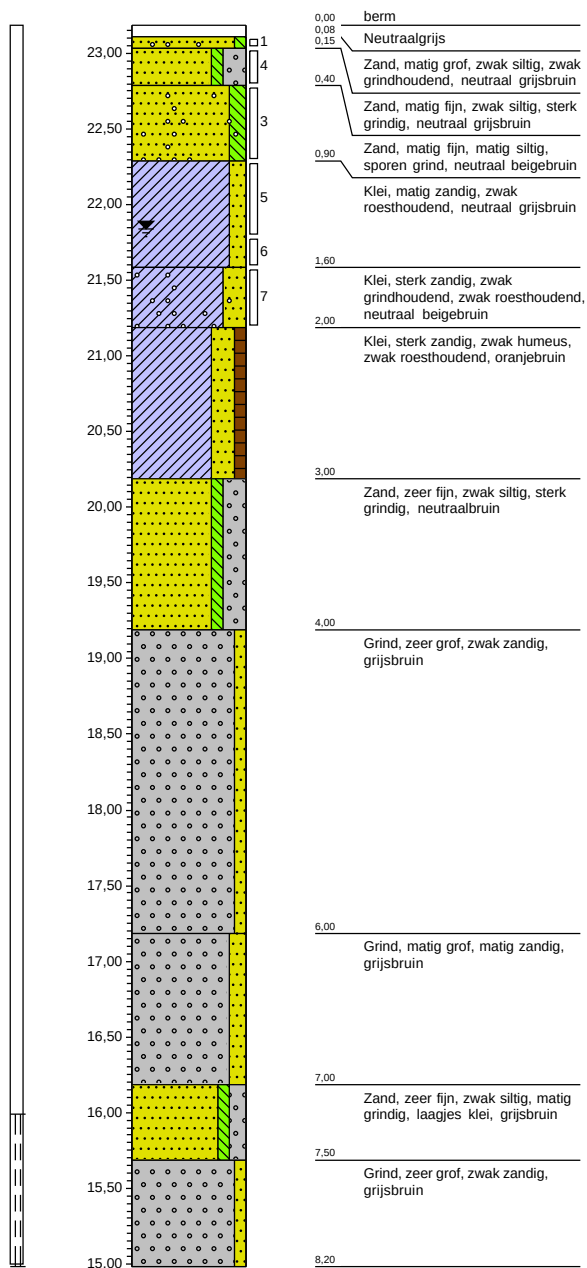
X-coördinaat: 186980,35
 Y-coördinaat: 352648,25



boring:	213		boring:	404	
Maaiveldhoogte:	27,435 m.t.o.v. N.A.P.	X-coördinaat: 187054,56	Maaiveldhoogte:	26,111 m.t.o.v. N.A.P.	X-coördinaat: 186973,48
	cm. -mv.	Y-coördinaat: 352842,83	GWS:	350 cm. -mv.	Y-coördinaat: 352730,57
Datum:	23-7-2021		Datum:	23-7-2021	



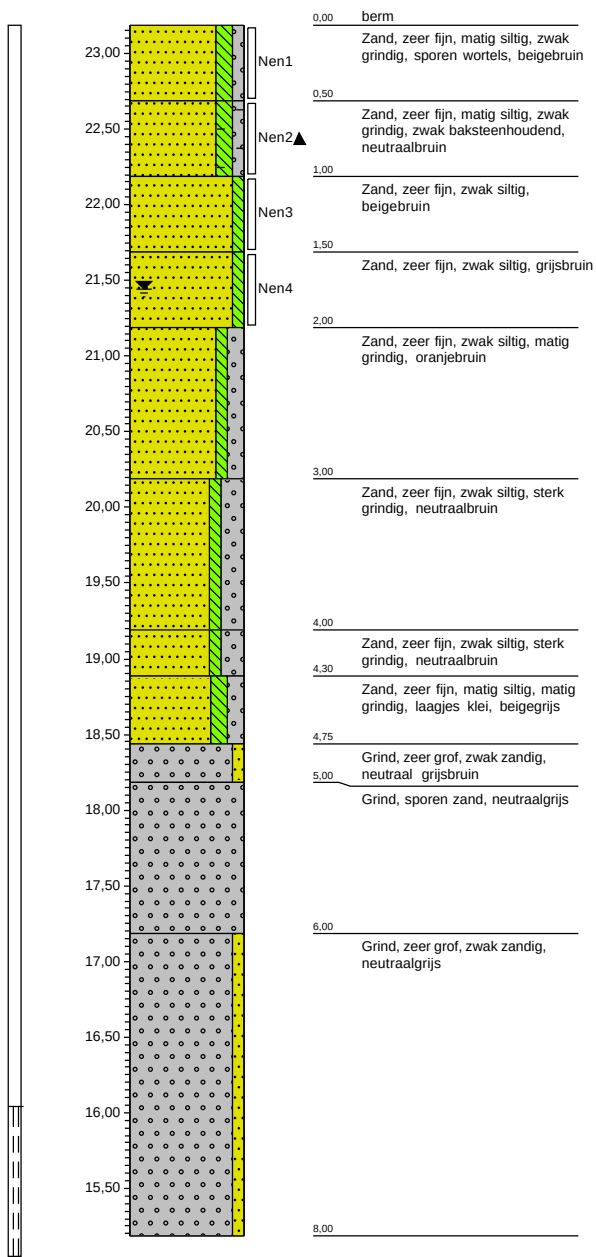
boring:	513		boring:	518	
Maaiveldhoogte:	23,186 m.t.o.v. N.A.P.	X-coördinaat: 187189,53	Maaiveldhoogte:	23,097 m.t.o.v. N.A.P.	X-coördinaat: 187273,77
GWS:	135 cm. -mv.	Y-coördinaat: 352542,34	GWS:	247 cm. -mv.	Y-coördinaat: 352519,24
Datum:	20-7-2021		Datum:	20-7-2021	

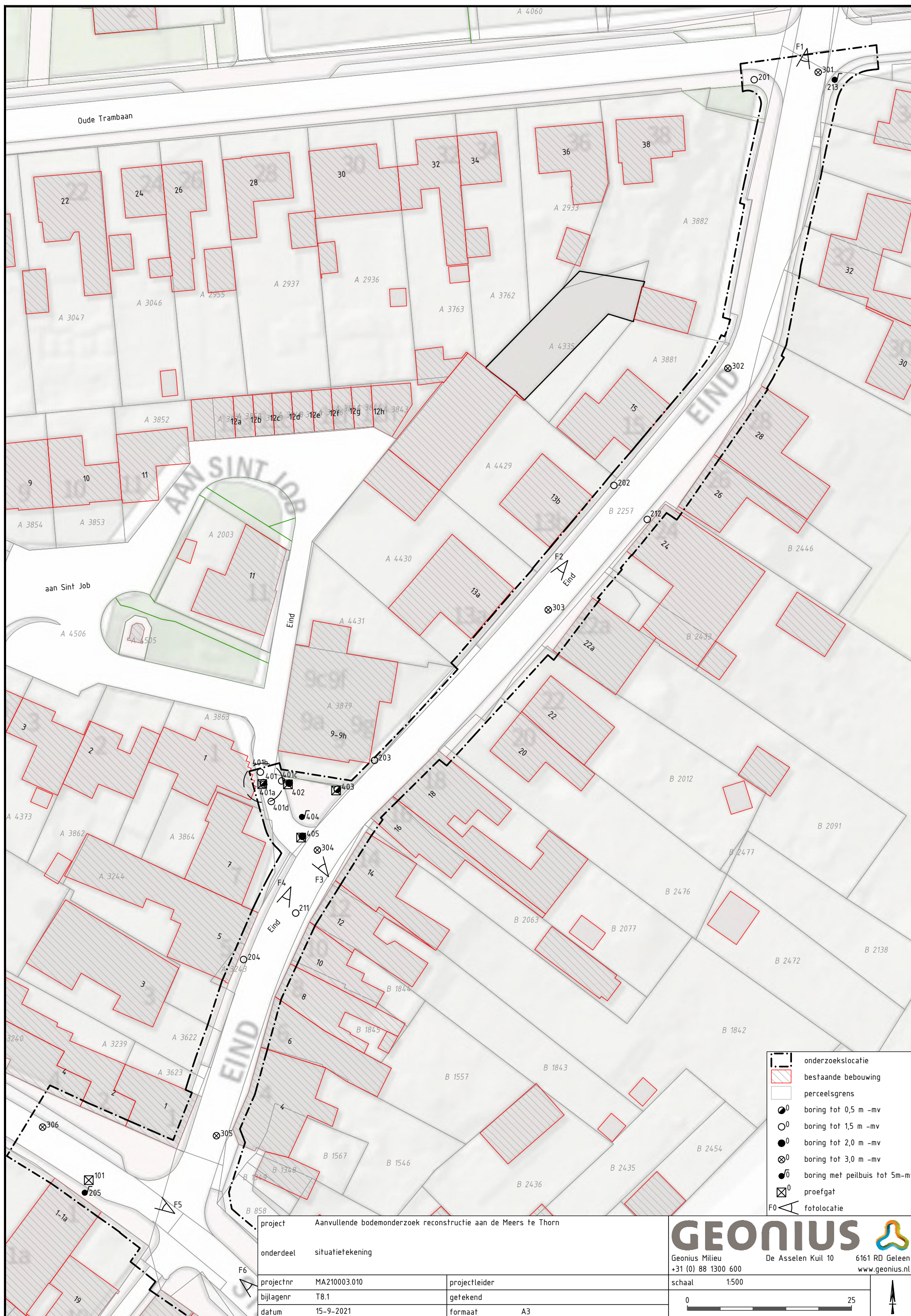


boring: 803

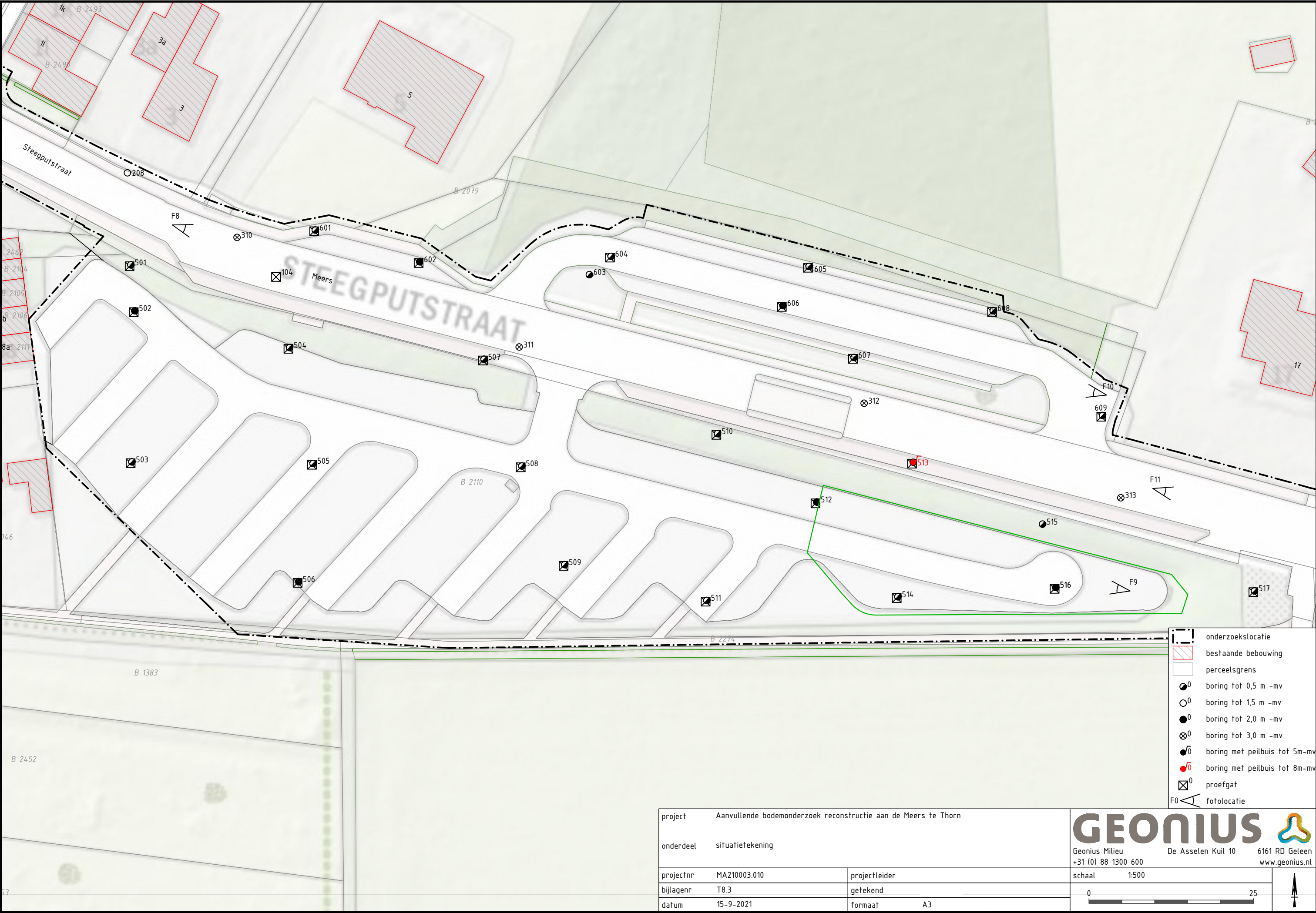
Maaiveldhoogte: 23,187 m.t.o.v. N.A.P.
 GWS: 174 cm.-mv.
 Datum: 21-7-2021

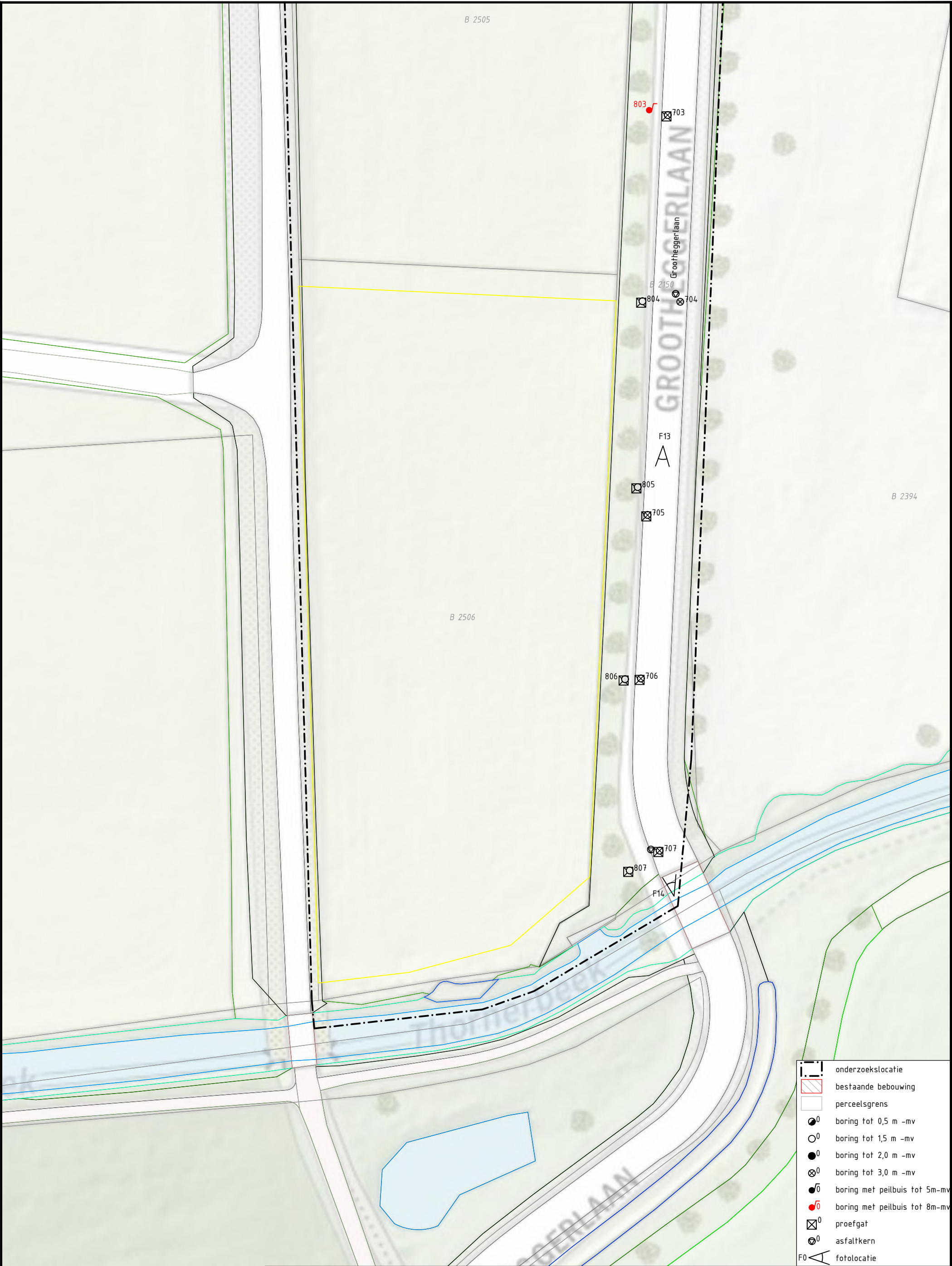
X-coördinaat: 187304,16
 Y-coördinaat: 352447,37











C 871

project		Aanvullende bodemonderzoek reconstructie aan de Meers te Thorn		GEONIUS Geenius Milieu De Asselen Kuil 10 6161 RD Geleen +31 (0) 88 1300 600 www.geenius.nl	
onderdeel		situatietekening			
projectnr	MA210003.010	projectleider	schaal 1:500		
bijlagenr	T8.5	getekend	0		

Bijlage 4 Doorlatendheidsmetingen



GEONIUS

projektschrijving: Thorn
lokatie : Thorn
boring : PB04

opdr.nr : GC170690
datum: 15-09-21
meting: 1

formule om de doorlatendheid volgens Hooghoudt te bepalen :

voor $S > 0,5H$ geldt :

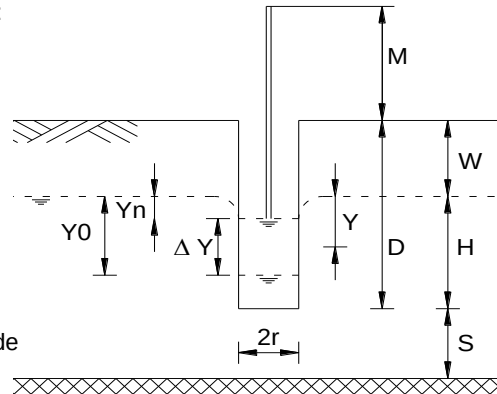
$$k = ((4000r^2)/((H+20r)*((2-(Y/H))*Y)))*(\Delta Y/\Delta t)$$

voor $S = 0$ geldt :

$$k = ((3600r^2)/((H+10r)*((2-(Y/H))*Y)))*(\Delta Y/\Delta t)$$

Hierbij is :

Y = gemiddelde waterstand over de gehele meetperiode
r = boorgatradius
H = diepte boorgat beneden grondwaterspiegel
 Δt = verlopen tijd
 ΔY = stijging van de waterstand in boorgat over de gehele meetperiode

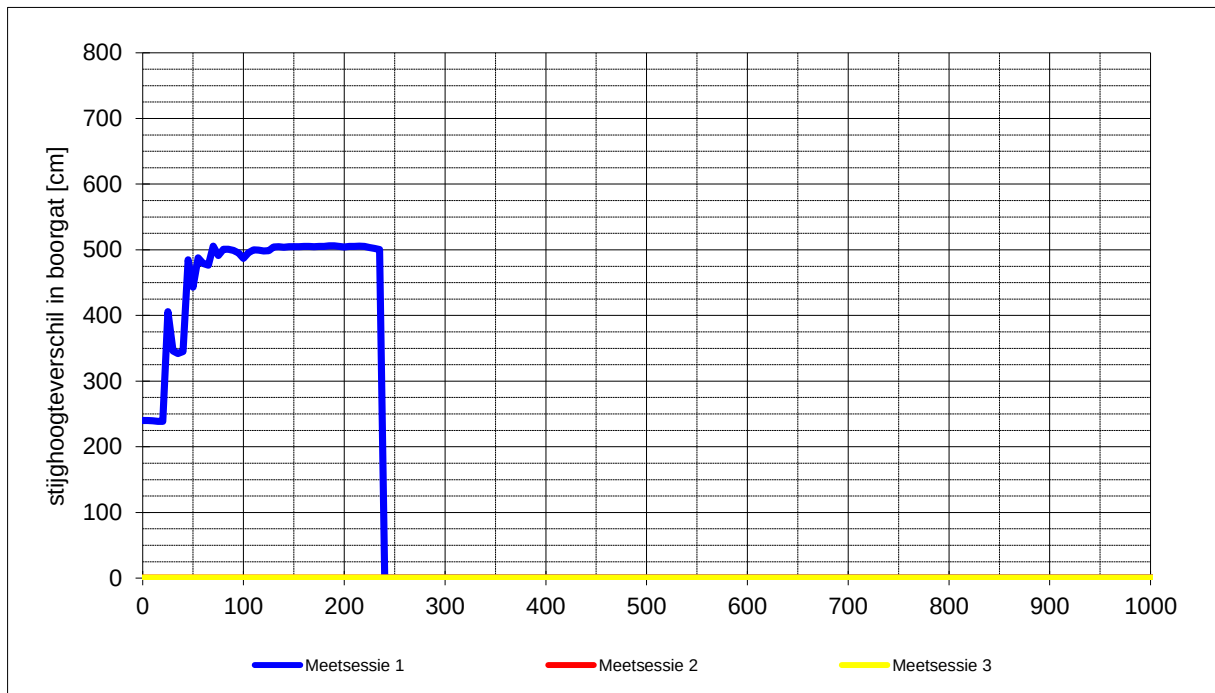


onderzoekswaarden

diepte boorgat beneden grondwaterspiegel
standaardhoogte
radiusboorgat
grondwater

H :	240,0	cm
M :	0,0	cm
r :	5,0	cm
W :	260,0	cm
S :	1000,0	cm

diepte v/e ondoorlatende laag beneden de bodem v/h boorgat



meetsessie 1

t0 = 75 sec
Y0 = 491,47 cm
tn = 140 sec
Yn = 503,83 cm
 ΔY = -12,37 cm
r = 5,00 cm
H = 240,00 cm
Y = 497,65 cm
 Δt = 65 sec

k = 1,61 m/dag

meetsessie 2

t0 = 0 sec
Y0 = ##### cm
tn = 0 sec
Yn = ##### cm
 ΔY = ##### cm
r = 5,00 cm
H = 240,00 cm
Y = ##### cm
 Δt = 0 sec

k = ##### m/dag

meetsessie 3

t0 = 0 sec
Y0 = ##### cm
tn = 0 sec
Yn = ##### cm
 ΔY = ##### cm
r = 5,00 cm
H = 240,00 cm
Y = ##### cm
 Δt = 0 sec

k = ##### m/dag

projektschrijving: Thorn
 lokatie : Thorn
 boring : PB05

opdr.nr : GC170690
 datum: 15-09-21
 meting: 1

formule om de doorlatendheid volgens Hooghoudt te bepalen :

voor $S > 0,5H$ geldt :

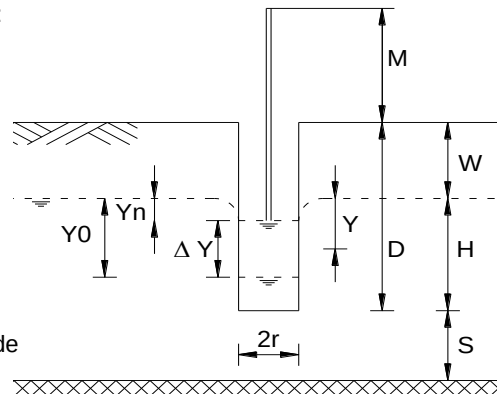
$$k = ((4000r^2)/((H+20r)*((2-(Y/H))*Y)))*(\Delta Y/\Delta t)$$

voor $S = 0$ geldt :

$$k = ((3600r^2)/((H+10r)*((2-(Y/H))*Y)))*(\Delta Y/\Delta t)$$

Hierbij is :

Y = gemiddelde waterstand over de gehele meetperiode
 r = boorgatradius
 H = diepte boorgat beneden grondwaterspiegel
 Δt = verlopen tijd
 ΔY = stijging van de waterstand in boorgat over de gehele meetperiode

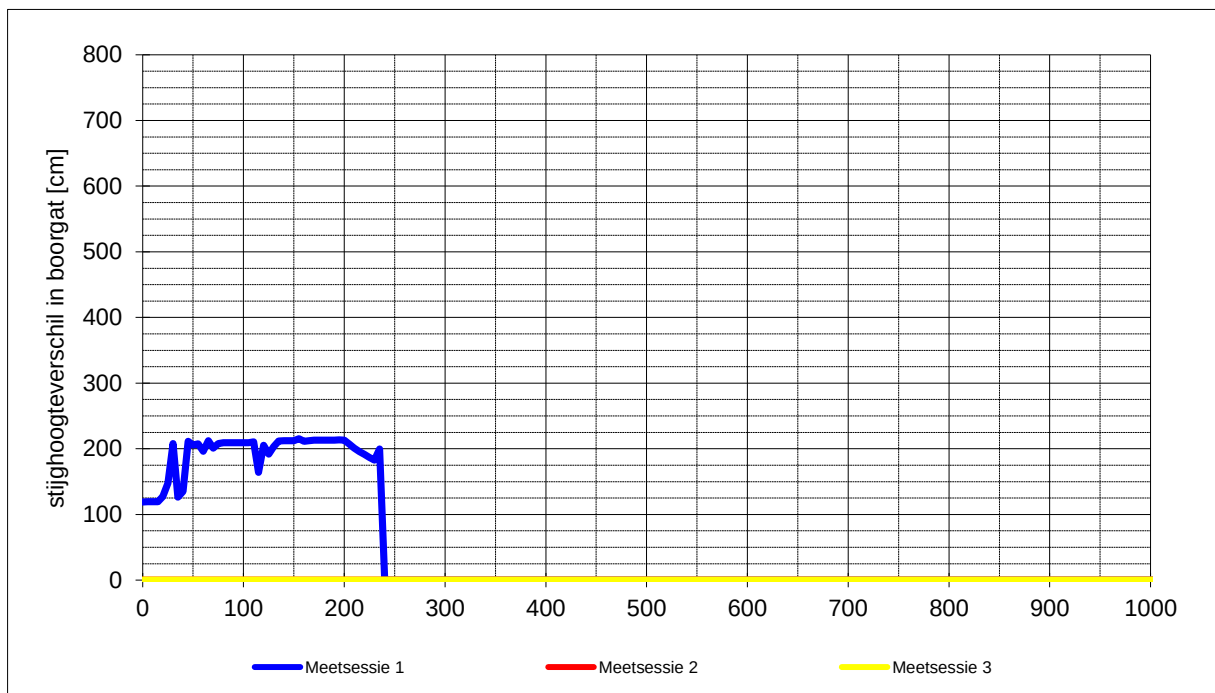


onderzoekswaarden

diepte boorgat beneden grondwaterspiegel
 standaardhoogte
 radiusboorgat
 grondwater

H :	120,0	cm
M :	0,0	cm
r :	5,0	cm
W :	380,0	cm
S :	1000,0	cm

diepte v/e ondoorlatende laag beneden de bodem v/h boorgat



meetsessie 1

t0 = 50 sec
 Y0 = 205,83 cm
 tn = 220 sec
 Yn = 191,37 cm
 ΔY = 14,47 cm
 r = 5,00 cm
 H = 120,00 cm
 Y = 198,60 cm
 Δt = 170 sec

k = 0,66 m/dag

meetsessie 2

t0 = 0 sec
 Y0 = ##### cm
 tn = 0 sec
 Yn = ##### cm
 ΔY = ##### cm
 r = 5,00 cm
 H = 120,00 cm
 Y = ##### cm
 Δt = 0 sec

k = ##### m/dag

meetsessie 3

t0 = 0 sec
 Y0 = ##### cm
 tn = 0 sec
 Yn = ##### cm
 ΔY = ##### cm
 r = 5,00 cm
 H = 120,00 cm
 Y = ##### cm
 Δt = 0 sec

k = ##### m/dag

De k-waarde kan met de volgende formule worden berekend:

$$k = \frac{Q * 100}{2\pi * L * \Delta h} * \ln \frac{L}{0,5 * D}$$

k = doorlatendheid (cm/s)
Q = debiet (l/min)
L = filterlengte (cm)
Δh = verlaging tijdens pompen (cm)
D = diameter peilbuis (cm)

Pb-test	testnr	Q (l/min)	L (cm)	Δh (cm)	D (cm)	k (cm/s)	k (m/d)	L/D	F/D	F (m)	K (m/d)	GWS rust (m-ref)	GWS pomp (cm-ref)	OKPB (cm-ref)	ref
Pb01	1	4,00	100	1	5	0,39	338,18	20	38,76	1,94	297,25	203	204	815	mv
Pb01	2	8,20	100	2	5	0,40	346,64	20	38,76	1,94	304,68	203	205	815	mv
Pb01	3	12,20	100	3	5	0,40	343,82	20	38,76	1,94	302,21	203	206	815	mv
Pb02	1	3,00	100	3	5	0,10	84,55	20	38,76	1,94	74,31	185	188	800	mv
Pb02	2	8,40	100	4	5	0,21	177,55	20	38,76	1,94	156,06	185	189	800	mv
Pb02	3	12,20	100	4	5	0,30	257,86	20	38,76	1,94	226,65	185	189	800	mv
Pb03	1	4,40	100	2	5	0,22	186,00	20	38,76	1,94	163,49	177	179	810	mv
Pb03	2	9,20	100	3	5	0,30	259,27	20	38,76	1,94	227,89	177	180	810	mv
Pb03	3	13,60	100	4	5	0,33	287,45	20	38,76	1,94	252,66	177	181	810	mv

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