



**GEOHYDROLOGISCH ONDERZOEK EN ADVIES**  
Tweevoren in Nuenen



## TITELBLAD

**Opdrachtgever:** Gemeente Nuenen  
Postbus 10000  
5670 GA Nuenen

**Rapportnummer:** 215064/R01

**Status rapport:** Definitief

**Datum:** 31 oktober 2024

**Projectomschrijving:** Geohydrologisch onderzoek en advies  
Tweevoren in Nuenen

**Auteur:** ██████████

**Gecontroleerd door:** ██████████

Ortageo Nederland B.V.  
Vestiging:  
Metaalweg 18  
6551 AD Weurt  
Tel: 0546 53 20 74  
E-mail: info@ortageo.nl

### Verklaring van onafhankelijkheid

Ortageo en alle bij dit onderzoek betrokken medewerkers hebben geen financiële en / of juridische belangen met betrekking tot de opdrachtgever en/of het eigendom van de locatie waarop dit bodemonderzoek betrekking heeft. De veldwerkers hebben verklaard dat zij het veldwerk onafhankelijk van de opdrachtgever hebben uitgevoerd. In het veldwerkverslag onderschrijven de veldwerker(s) deze verklaring van onafhankelijkheid met hun paraaf.



## INHOUDSOPGAVE

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Basisinformatie</b> .....	<b>2</b>
2.1	Bronnen .....	2
2.2	Algemene gegevens .....	2
2.2.1	Historie .....	3
2.2.2	Wateroverlast .....	3
2.3	Bodemopbouw en geohydrologie .....	4
2.3.1	Hoogteligging .....	4
2.3.2	Bodemopbouw .....	4
2.3.3	Grondwater .....	4
2.4	Oppervlaktewater .....	4
<b>3</b>	<b>Aanpak onderzoek</b> .....	<b>6</b>
3.1	Conclusie vooronderzoek .....	6
3.2	Methode .....	6
3.3	Onderzoeksstrategie .....	6
<b>4</b>	<b>Veldwerkzaamheden</b> .....	<b>7</b>
4.1	Uitvoering .....	7
4.2	Resultaten .....	7
<b>5</b>	<b>Grondwatermonitoring</b> .....	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Interpretatie, conclusies en aanbevelingen</b> .....	<b>11</b>

### Bijlagen:

1. Situatietekening met onderzoekspunten
2. Bodemprofielbeschrijvingen
3. Foto's onderzoekslocatie
4. Basisinformatie
5. Grondwatermonitoring

## 1 INLEIDING

In opdracht van de gemeente Nuenen is door Ortageo Nederland B.V. een geohydrologisch onderzoek uitgevoerd op de locatie Tweevoren in Nuenen.

De aanleiding voor het onderzoek is het ervaren van wateroverlast die op meerdere locaties binnen woonwijk Tweevoren in Nuenen optreedt.

Het doel van het onderzoek is het vaststellen van de aard en oorzaak van de ervaren wateroverlast. Hierbij richt het onderzoek zich op de bodemopbouw met mogelijk storende bodemlagen, de grondwaterstand en de waterhuishouding in relatie tot herkomst en verwerking van hemelwater.

In dit rapport wordt de basisinformatie weergegeven in hoofdstuk 2. In hoofdstuk 3 is de onderzoeksopzet beschreven. De veldwerkzaamheden en resultaten daarvan zijn beschreven in hoofdstuk 4. Het rapport wordt besloten met een samenvatting, de conclusies en de aanbevelingen (hoofdstuk 5). In de appendix is de verantwoording opgenomen.

## 2 BASISINFORMATIE

### 2.1 Bronnen

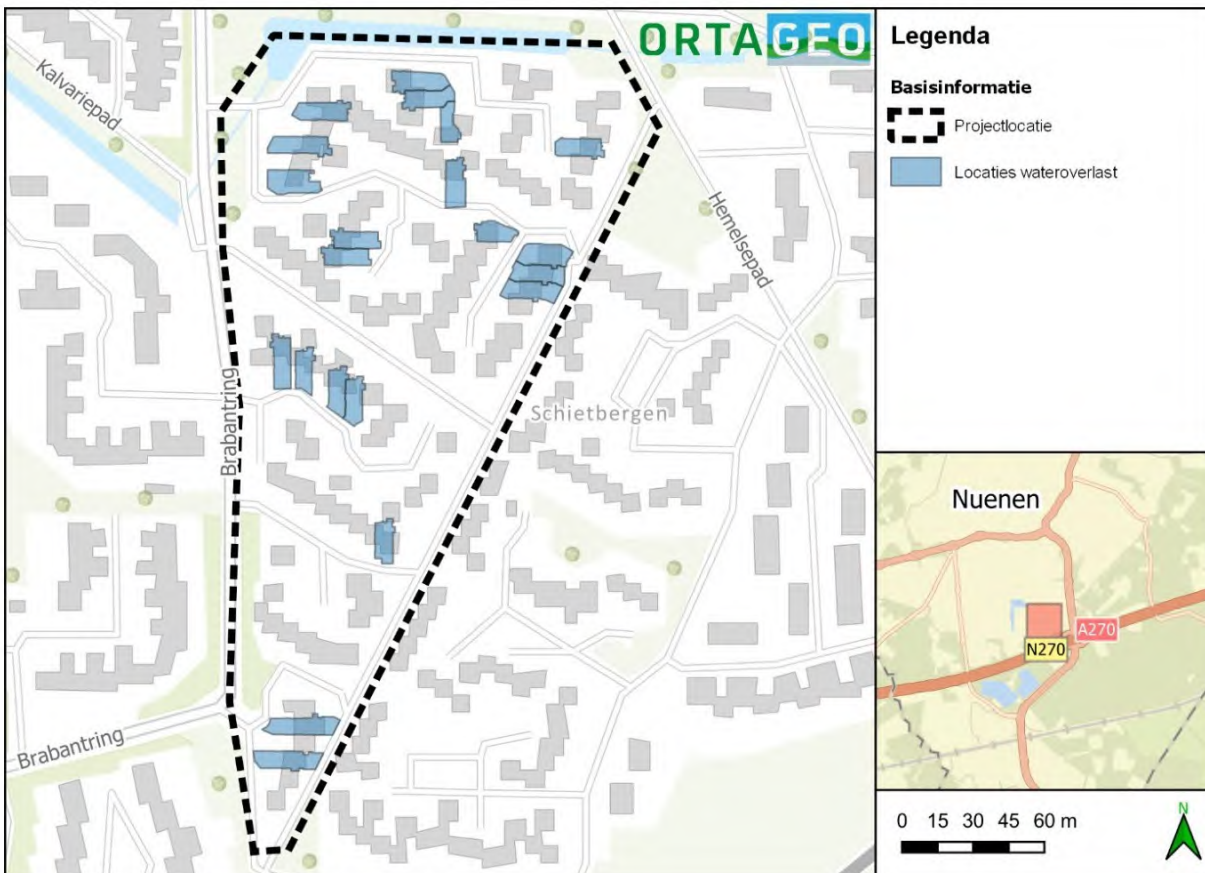
In onderstaande tabel zijn de in het kader van het vooronderzoek geraadpleegde bronnen weergegeven.

Tabel 1: Geraadpleegde bronnen

Nr.	Bron	Verwijzing/toelichting
1	Mondelinge / schriftelijke informatie van opdrachtgever	Verwerkt in dit hoofdstuk
2	Internetbronnen: A. Actuele luchtfoto's en straatoverzichten B. TNO-NITG (gegevens bodemopbouw / grondwater) C. BROloket (gegevens Basisregistratie ondergrond) D. Ligging kabels en leidingen E. Informatie hoogteligging F. Dataportaal Nationaal Hydrologisch Instrumentarium G. Historische topografische kaarten H. Basisadministratie gebouwen (BAG) I. Experimentele woningbouw – EX 72-144 Nuenen, Tweevoren	<a href="http://www.google.nl/maps">www.google.nl/maps</a> en <a href="http://pdokviewer.pdok.nl">pdokviewer.pdok.nl</a> <a href="http://www.dinoloket.nl">www.dinoloket.nl</a> <a href="http://www.broloket.nl/ondergrondgegevensv">www.broloket.nl/ondergrondgegevensv</a> <a href="http://www.klic-online.nl">www.klic-online.nl</a> <a href="http://www.ahn.nl">www.ahn.nl</a> <a href="http://data.nhi.nu">data.nhi.nu</a> <a href="http://www.topotijdreis.nl">www.topotijdreis.nl</a> <a href="http://bagviewer.kadaster.nl">bagviewer.kadaster.nl</a> <a href="http://experimentelewoningbouw.nl/portfolio/ex-72-144-nuenen">experimentelewoningbouw.nl/portfolio/ex-72-144-nuenen</a>
3	Waterschap de Dommel A. Leggerkaart	<a href="http://wdedommel.maps.arcgis.com">wdedommel.maps.arcgis.com</a>

### 2.2 Algemene gegevens

De onderzoekslocatie betreft de woonbuurt Tweevoren in Nuenen met 114 woningen en een totaaloppervlakte van ongeveer 3,7 hectare. Binnen de wijk is sprake van grond- en/of hemelwateroverlast. De begrenzing van de onderzoekslocatie en de geregistreerde locaties waar wateroverlast is gemeld zijn weergegeven in afbeelding 1.



Afbeelding 1: Situering plangebied (bron 1, 2A)

## 2.2.1 Historie

Van oorsprong bestond het gebied uit heide (Refelinsche Heide, bron 2G), omstreeks de jaren '50 van de 20<sup>e</sup> eeuw is het terrein ontgonnen en in gebruik genomen ten behoeve van landbouw. Bij de ontginning zijn kleinschalige sloten aangelegd. Op de locatie is mogelijk sprake geweest van veenwinning (bron 2B, 2I).

In 1974 is Tweevoren gebouwd (bron 2H), waarbij ook oppervlaktewater ten noorden en westen van het gebied is aangelegd (bron 2G). Tweevoren is een experimentele woningbouwlocatie (bron 2I), waarbij wandelpaden tussen de woningen verhoogd zijn aangelegd. De ontsluitingswegen bevinden zich aan de achterzijde van de woningen, veel woningen zijn gebouwd met parkeerkelder. De parkeerkelders hebben nadien gedeeltelijk een andere (verblijf)functie verkregen.

## 2.2.2 Wateroverlast

Door bewoners is aan de gemeente een brief gestuurd met betrekking tot wateroverlast. Uit deze brief (bron 1) blijkt dat de volgende wateroverlast wordt ervaren:

- vochtige/natte muren in de kelder inclusief doorslag van vocht en optrekkend vocht;
- wateroverlast bij stortbuien via het openbaar terrein (precieze locatie niet benoemd), op één locatie is na een melding een verzakt trottoir hersteld door de Gemeente;
- instroming van vocht door roosters in de kelder;

De kelder wordt soms bestempeld als souterrain of benedenverdieping.

Tegen de wateroverlast hebben bewoners waterpompen voor de kelder in gebruik of hebben bewoners de muren van de kelder waterdicht laten maken.



## 2.3 Bodemopbouw en geohydrologie

### 2.3.1 Hoogteligging

Voor algemene gegevens over de hoogteligging is het actueel hoogtebestand Nederland (AHN) geraadpleegd (bron 2E). De wegen en parkeerplaatsen zijn gelegen op circa +17,2 m NAP en de wandelpaden zijn aangelegd op een hoogte van +18,6 à +18,9 m NAP. De opritten lopen af tot een hoogte van +16,4 m NAP en over het algemeen sluit het peil van privaat terrein aan op de naastgelegen paden of wegen. Plaatselijk is een tuin opgehoogd tot een hoogte van +18,0 à +18,6 m NAP, dit geldt met name voor hoekwoningen.

### 2.3.2 Bodemopbouw

In onderstaande tabel zijn de lithologische en geohydrologische karakteristieken van de bodem ter hoogte van de projectlocatie verwerkt (bron 2B).

Tabel 2: Regionale geohydrologische bodemopbouw gebaseerd op REGIS II.2.2.1 (bron 2B)

Diepte (m NAP)		Geologische Formatie	Lithologie	Horizontale doorlatendheid (m/d)		Verticale doorlatendheid (m/d) <sup>1</sup>	
Van	Tot			Min	Max	Min	Max
+17,7	+15,2	Boxtel	Zandige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit midden en fijn zand, met weinig zandige klei en grof zand en een spoor klei, veen en grind	5	10	--	--
+15,2	+12,5		Kleiige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit leem, met weinig fijn en midden zand en een spoor veen en grof zand	--	--	0,001	0,005
+12,5	-4,4		Zandige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit midden en fijn zand, met weinig zandige klei en grof zand en een spoor klei, veen en grind	2,5	5	--	--
-4,4	-11,0		Zandige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit midden en fijn zand, met weinig zandige klei en grof zand en een spoor klei, veen en grind	5	10	--	--

<sup>1</sup> Verticale doorlatendheid wordt gebruikt om de doorlaatbaarheid van scheidende lagen weer te geven. Deze is niet van belang voor bodemlagen met een hoge horizontale doorlatendheid.

Op basis van het model GeoTOP v1.6 wordt verwacht dat de in tabel 3 weergegeven scheidende laag hoofdzakelijk bestaande uit leem waarschijnlijker aanwezig is tussen +16 en +14 m NAP. Dwarsdoorsnedes van model GeoTOP zijn opgenomen in bijlage 4.

### 2.3.3 Grondwater

Op de locatie bevindt de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) zich rond de 0,8 à 1,0 m -mv, de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) bevindt zich op 1,5 à 1,6 m -mv (bron 2F, model LHM 4.1).

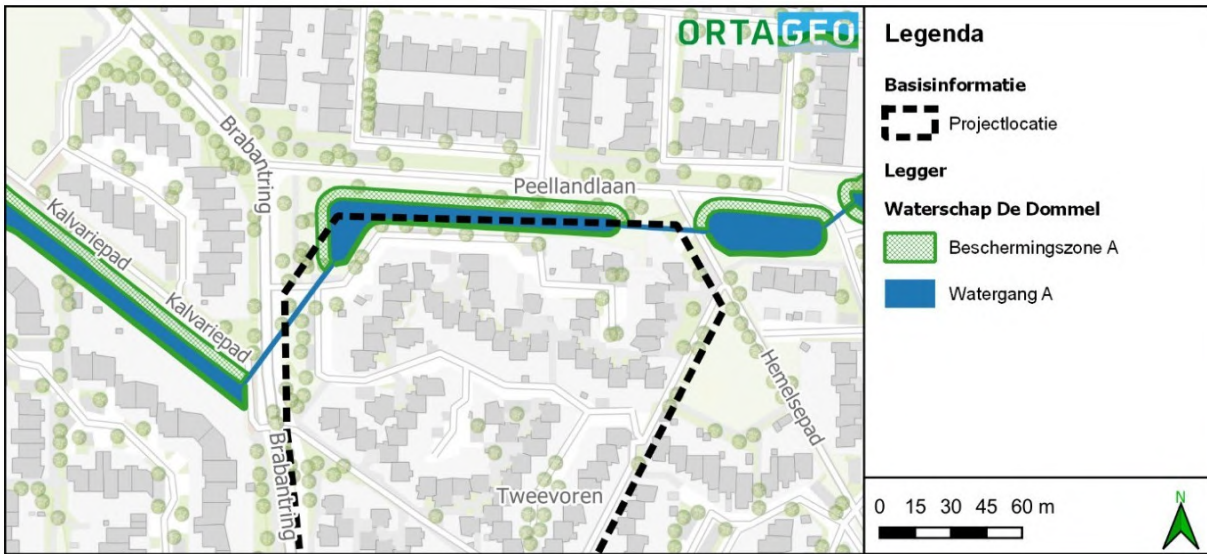
In of nabij Tweevoren zijn geen monitoringspeilbuizen bekend in het kader van de BRO (bron 2C).

Als gevolg van storende bodemlagen kunnen er (tijdelijk) schijngrondwaterstanden worden verwacht in perioden met veel neerslag en een neerslagoverschot.

## 2.4 Oppervlaktewater

Aan de noordzijde van het plangebied bevindt zich een A-watgang die door middel van duikers verbonden is met aan de west- en oostzijde aanwezig oppervlaktewater (bron 3A). Water wordt afgevoerd in de westelijke richting. De eerstvolgende stuw bevindt zich ongeveer 1,7 km stroomafwaarts aan de Meierijlaan (vaste stuw ST0000993), met een doorstroomhoogte van +15,75 m NAP.

Door een bewoner werd bij uitvoering van de werkzaamheden aangegeven dat gekeken diende te worden naar het historisch peilbeheer. Geschiedenis van deze stuw is niet publiek beschikbaar, de stuw is sinds 2010 niet aangepast (bron 1, bron 2A).



Afbeelding 2: Watergangen nabij projectlocatie (bron 3A).



### 3 AANPAK ONDERZOEK

#### 3.1 Conclusie vooronderzoek

De bodem op de locatie bestaat waarschijnlijk overwegend uit matig tot slecht doorlatende lagen. Hierdoor kunnen lokale verschillen met betrekking tot grondwaterstand ontstaan. Hierdoor zijn ook de mogelijkheden voor infiltratie van hemelwater op de locatie beperkt.

Op basis van de diepte van de kelders en de verwachte grondwaterstanden, is een deel van het jaar sprake van grondwaterstanden hoger dan het vloerpeil van de kelders en ter hoogte van de keldermuren.

Aanvullend inzicht in de bodemopbouw en grondwaterstanden binnen de onderzoekslocatie is noodzakelijk.

#### 3.2 Methode

Om inzicht te krijgen in herkomst van het (overtollige) water wat voor overlast zorgt wordt, wordt eerst een terreininspectie uitgevoerd met specifiek aandacht voor bovengrondse bronnen van (hemel)water (HWA, maaiveldverloop, aangrenzende terreindelen/percelen en ontwatering daarvan etc.).

Om de bodemopbouw te verkennen worden boringen uitgevoerd tot ruim beneden de grondwaterstand. Deze boringen worden gegroepeerd en/of ruimtelijk verdeeld binnen het projectgebied op basis van gebiedskenmerken. Hiermee wordt inzicht verkregen in de aanwezigheid van slecht doorlatende bodemlagen en de (homogeniteit en/of heterogeniteit van de) bodemopbouw binnen het projectgebied. Verder wordt een indicatie verkregen van de grondwaterstand. De boringen worden door middel van 06-GPS ingemeten ten opzichte van het RD-stelsel en NAP.

Binnen het projectgebied worden monitoringspeilbuizen geplaatst om de grondwaterstandsfluctuatie in het gebied in kaart te brengen inclusief de interactie met neerslaggebeurtenissen.

#### 3.3 Onderzoeksstrategie

Aangezien binnen het plangebied sprake is van ophoging, is intensiever onderzoek verricht dan op basis van gangbare strategieën wordt voorgeschreven. Aangezien storende lagen op basis van boringen en beoordeling van uitkomend bodemmateriaal kunnen worden waargenomen en er geen infiltratievoorziening wordt ontworpen, is in eerste instantie niet voorzien in infiltratieproeven of laboratoriumonderzoek. De aantallen boringen en peilbuizen voor bepaling van de actuele grondwaterstand en grondwatermonitoring zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 3: Onderzoeksprogramma

Boringen	Boringen met peilbuis	Infiltratieproeven	Laboratoriumonderzoek
8 x 3,0 m -mv 19 x 4,0 m -mv	1 x 1,5 m -mv 6 x 3 à 4 m -mv	-	-



## 4 VELDWERKZAAMHEDEN

### 4.1 Uitvoering

In onderstaande tabel is de uitvoeringsdata en de verantwoordelijke medewerkers van het veldonderzoek weergegeven. De onderzoekspunten zijn weergegeven op de situatietekening in bijlage 1.

Tabel 4: Uitvoeringsgegevens

Datum	Werkzaamheden	Verantwoordelijk medewerker
27-02-2024	Terreininspectie	
27-02-2024 28-02-2024 01-03-2024	Uitvoeren handboringen, plaatsen peilbuizen, maken boorbeschrijvingen en inmeten	
07-03-2024 15-03-2024	Installeren grondwatermonitoringssysteem	

In de volgende tabel is een overzicht van het uitgevoerde veldwerkprogramma weergegeven. In verband met de aanwezigheid van een betonplaat is boring 23 gestaakt op 2,2 m -mv.

Tabel 5: Uitgevoerd veldwerkprogramma

Onderdeel	Aantal	Diepte (m -mv)	Nummers
Boringen	1	2,2	23
	7	3,0	03, 05, 08, 11, 14, 21, 27
	19	4,0	01, 02, 04, 06, 07, 09, 10, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 25, 26
Boringen met peilbuis	1	1,1	PB01-1
	4	3,1	PB01-2, PB02, PB05, PB06
	2	4,2	PB03, PB04

### 4.2 Resultaten

#### Terreininspectie

De terreininspectie heeft plaatsgevonden op 27 februari 2024, in een natte periode maar niet tijdens (hevige) regenval. Binnen de buurt is weinig openbaar groen aanwezig. Groenvoorzieningen rondom de buurt zijn drassig. De wijk oogt sterk versteend, met op erfgronden veelal keerwanden. Hemelwater van straat wordt afgevoerd naar putten/kolken, woningen wateren ondergronds af via dakgoten.

De verlaagd aangelegde garages (kelders) zijn overwegend in gebruik genomen als woonruimte of als berging. Een deel van de opritten lopen recht af richting de toegang van de garage, anderen starten vlak of zelfs oplopend. Bij verzakkend straatwerk in het openbaar terrein kan dit tot hemelwateroverlast leiden. Dit is overwegend niet het geval, maar kan plaatselijk wel gebeuren (zie foto 3 in bijlage 3). De tuinen liggen wat hoger en lopen op richting de daar vaak aanwezige achterdeur.

Het oppervlaktewater ten noorden van de onderzoekslocatie stond bij de inspectie hoger dan normaal, wat gezien de grote hoeveelheid regen in de winter van 2023/2024 begrijpelijk is.

Geconcludeerd kan worden dat weinig tot geen infiltratie- of buffercapaciteit aanwezig is binnen het plangebied, en regenwater dus direct op het riool wordt afgevoerd. Dit kan bij hevige regenval tot problemen leiden door overbelasting van het stelsel en dus water op straat.



## Inmeetgegevens

Gezien de dichte bebouwing was het niet mogelijk om van elke boring accurate RD-coördinaten te bepalen met behulp van een 06-GPS. In onderstaande tabel zijn de gemeten coördinaten weergegeven.

Tabel 6: RD-coördinaten

Meetpuntnaam	Opmerking	X	Y	Z
01	-	166601,99	385778,81	18,6884
02	-	166610,29	385795,06	18,6479
03	-	166578,36	385804,76	17,1967
04	-	166633,23	385859,97	18,7243
05	-	166625,57	385864,32	17,2675
07	-	166584,46	385936,69	16,5499
08	-	166590,10	385940,11	16,5983
11	-	166607,10	385926,08	17,2565
12	-	166609,40	385914,12	17,3075
13	-	166662,21	385927,97	18,7295
14	-	166627,37	385999,67	17,3118
16	-	166577,78	386041,22	17,2783
17	-	166601,48	386027,20	18,6523
18	-	166610,33	386047,45	18,7775
19	-	166630,74	386060,47	18,6274
24	-	166682,97	385999,48	17,3161
25	-	166675,88	385980,84	17,2754
26	-	166707,01	385987,61	18,6888
PB01-1	Bovenkant peilbuis	166571,95	385797,99	17,3806
	Maaiveld	166572,15	385797,90	17,457
PB01-2	Bovenkant peilbuis	166571,63	385797,74	17,447
	Maaiveld	166571,82	385797,62	17,4684
PB02	Bovenkant peilbuis	166580,86	385931,23	17,252
	Maaiveld	166581,09	385931,13	17,3315
PB03	Maaiveld	166608,35	385954,49	18,8075
	Bovenkant peilbuis (m.b.v. waterpas)			18,71
PB04	Bovenkant peilbuis	166607,25	386007,37	18,584
	Maaiveld	166607,40	386007,39	18,7691
PB05	Bovenkant peilbuis	166683,35	385992,51	17,2984
	Maaiveld	166683,33	385992,49	17,1369
PB06	Bovenkant peilbuis	166667,37	386067,88	17,1691
	Maaiveld	166667,14	386067,78	17,3382

## Bodemopbouw

In bijlage 2 zijn de uitgetekende bodemprofielen weergegeven.

Binnen het plangebied is sprake van een variabele bodemopbouw bestaande uit afwisselend zeer fijn, sterk siltig, humeus zand, zeer fijn, matig siltig zand en zandige leem, met plaatselijk een zwakke bijmenging of doorsnijding met veen in de ondergrond. Over het algemeen is er sprake van een matig tot slecht doorlatende bodem. Daarbij zijn er ook gleyverschijnselen waargenomen (roestvorming, afwisselende oxidatie en reductie als gevolg van een



schommeling van de grondwaterstand) wat kan bijdragen aan een verminderde doorlatendheid van de bodem en het falen van eventueel aanwezige drainagevoorzieningen.

De wandelpaden binnen het plangebied zijn vermoedelijk opgehoogd met grond die vrijgekomen is bij het graven van de bouwputten. Deze ophooglaag heeft een dikte van 1 à 1,5 meter en bestaat uit humeus, siltig of leemhoudend zand (boringen 01, 02, 06, 09, 15, 19, 23), leemhoudend zand (boringen 04, 10, 17, 18, 20, 22), of in een enkel geval uit matig tot zeer fijn zand (boring 13, 26).

Onder de ophooglaag of laag straatzand is vanaf circa +17,3 m NAP een laag zeer fijn zand aanwezig met een dikte van 0,5 à 1,0 meter, en vanaf ongeveer +16,5 à 16,0 m NAP is overwegend een laag zandige leem met een dikte van 0,5 à 1,2 meter. Plaatselijk betreft deze laag sterk siltig zand. Ook in de diepere ondergrond is fijn siltig zand aanwezig, met plaatselijk leemlagen. Plaatselijk is een veenhoudende leemlaag aangetroffen.

### **Grondwaterstand**

Ten tijde van uitvoering van de werkzaamheden is de grondwaterstand ter plaatse van de verhoogde paden waargenomen op een diepte van 1,9 à 2,8 m -mv en ter plaatse van de wegen op een diepte van 0,7 à 1,5 m -mv.

Opgemerkt wordt dat het meten van de grondwaterstand in een boorgat kort na uitvoering van de boring in enige mate kan afwijken van de werkelijke (freatische) grondwaterstand. Dit heeft te maken met het stabiliseren van de grondwaterstand als gevolg van de benodigde tijd voor het toestromen van grondwater in het boorgat.

In het volgende hoofdstuk is een nadere beschrijving van de grondwaterstanden opgenomen.

## 5 GRONDWATERMONITORING

Binnen het projectgebied is op zes representatief geachte locaties gestart met grondwatermonitoring. Op één locatie is een dubbele filterstelling geplaatst, namelijk boven en onder de aanwezige leemlaag. Hier zijn twee dataloggers aanwezig.

De grondwatermonitoring is gestart op 14 maart 2024 en is nog gaande ten tijde van dit rapport. In bijlage 5 zijn grafieken van de meetreeksen opgenomen. In onderstaande tabel zijn de resultaten van de monitoring tot 29 oktober 2024 samengevat weergegeven.

Tabel 7: Samenvatting van de gemeten grondwaterstanden

Peilbuis	Maximum	90-percentiel	Gemiddelde	10-percentiel	Minimum
PB01-1	16,92		16,46		16,37
PB01-2	16,69	16,57	16,20	15,81	15,74
PB02	16,59	16,49	16,14	15,75	15,68
PB03	16,57	16,47	16,12	15,72	15,65
PB04	16,51	16,41	16,09	15,71	15,65
PB05	16,55	16,44	16,11	15,74	15,67
PB06	16,50	16,40	16,07	15,69	15,63

Het 10- en 90-percentiel worden normaliter gebruikt om een representatief lage en hoge grondwaterstand weer te geven. De monitoring heeft echter een duur van minder dan een jaar en wordt daarom als kwalitatief beschouwd. Voor peilbuis PB01-1 zijn deze niet opgenomen, aangezien deze droogstaat bij lage grondwaterstanden.

### Algemeen

Met name het 90-percentiel, de hogere grondwaterstanden, is relevant voor het optreden van grondwateroverlast. De bovenzijde van de garagevloeren ligt over het algemeen rond +16,40 m NAP, dit is rond het 90-percentiel. De afstand tussen de hoogste grondwaterstanden en de onderzijde van een leefruimte wordt heden bij nieuwbouw vaak op minimaal 0,2 tot wel 0,7 meter onder vloerpeil gesteld. Voor ondergronds bouwen wordt vaak geëist dat waterdicht wordt gebouwd.

Er is sprake van enige variatie in gemiddelde grondwaterstand. Er is geen effect zichtbaar van de hoger liggende paden binnen het gebied (microreliëf).

De invloed van het oppervlaktewater lijkt klein maar aanwezig; het verloop in grondwaterstanden tussen peilbuizen PB02 t/m PB06 scheelt 9 centimeter in het 90-percentiel, en minder in de overige waarden. PB01-2, die significant zuidelijker ligt dan de overige peilbuizen vertoont wel duidelijk hogere grondwaterstanden, met nog een aanvullende 6 à 8 cm over de gehele lijn.

### Dubbele filterstelling

Peilbuis 01-1 betreft een zeer ondiepe peilbuis, boven een aanwezige leemlaag. Hier zijn bij neerslag tijdelijk ondiepere grondwaterstanden gemeten dan in de daarnaast aanwezige peilbuis 01-2.

Dit betreft een schijngrondwaterstand (hangwater). Als bij peilbuis 01-2 een lagere grondwaterstand aanwezig is, is minder tot geen hangwater zichtbaar. Dit geeft aan dat deze bodemlaag slechts licht waterremmend werkt en geen volledig afsluitende laag betreft. Ook in peilbuis 01-2 is een scherpe stijging zichtbaar bij hevige regenval, als sprake is van hoge grondwaterstanden in het gebied.

De plaatselijk aanwezige leemlagen zijn dus slechts beperkt vertragend voor de afvoer van infiltrerend hemelwater.

## 6 INTERPRETATIE, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Binnen het projectgebied is veelal sprake van een matig tot slecht doorlatende bodem bestaande uit siltige zandlagen en zandige leemlagen. Op straatniveau is de leemlaag plaatselijk zeer ondiep en reeds in de bovengrond aangetroffen. De op wisselende diepte en met een variërende dikte aanwezige leemlaag functioneert in verhoogde mate als waterremmende laag met tijdelijk hangwater c.q. verhoogde schijngrondwaterstanden in een periode met veel neerslag (langdurig en/of stortbuien) tot gevolg.

Ten tijde van uitvoering van de werkzaamheden is de grondwaterstand ter plaatse van de verhoogde paden waargenomen op een diepte van 1,9 à 2,8 m -mv en ter plaatse van de wegen op een diepte van 0,7 à 1,5 m -mv. Voor woonwijken met woningen zonder kelder en kruipruimte is deze ontwateringsdiepte doorgaans voldoende. Binnen het projectgebied is echter sprake van (niet waterdichte) kelders waarvan het vloerpeil onder de (freatische) grondwaterstand is gelegen, de maximaal gemeten grondwaterstanden lagen 0,1 à 0,3 meter boven de bovenkant van de keldervloeren. Ervaren wateroverlast door bewoners houdt verband met binnentredend hemelwater en grondwater via kelderwanden, voegen en (ventilatie)kanalen maar ook grondwater als gevolg van vanuit de keldervloer optrekkend vocht. Door één bewoner is aangegeven dat "de waterwerende laag (buitenom) die bij de bouw gebruikt is (waarschijnlijk op bitum-basis)" volgens een gespecialiseerd bedrijf aan het ververen is. Dit kan naast beïnvloeding door hoogteligging, terreininrichting, bodemopbouw en wijze van gebruik bebouwing een verklaring zijn dat de overlast niet overal hetzelfde wordt ervaren door een verschillende mate van ververing.

Door het groot verhard oppervlak (dakoppervlak en bestrating) en de hoogteverschillen binnen het projectgebied in combinatie met een slecht doorlatende bodem dient hemelwater in de huidige situatie veelal versneld afgevoerd te worden via het riool om wateroverlast te voorkomen. Desondanks blijkt de grondwaterstand wel duidelijk onderhevig aan schommelingen als gevolg van neerslaggebeurtenissen, wat duidt op infiltratie van hemelwater. Om verdroging te voorkomen is dit overigens ook wenselijk. In de wijk blijkt met enige regelmaat sprake van verzakkingen die zeer waarschijnlijk verband houden met keerwanden bij hoogteverschillen, een verzadigde zandige bovengrond en inspoelen naar holle ruimtes (doorgaans in/bij keerwanden, riolering en kruipruimtes en kelders bebouwing).

Infiltratie van hemelwater en het aanleggen van infiltratiesystemen in de nabijheid van de woonbebouwing is sterk af te raden. Dit zou namelijk tot een verhoging van de grondwaterstanden kunnen leiden, met name door de veelal matig tot slecht doorlatende bodem. Wel bestaan er mogelijkheden voor oppervlakkige waterberging en gereguleerde afvoer door de infrastructuur en inrichting van het openbaar gebied meer klimaatadaptief aan te passen. Er kan gedacht worden aan een gescheiden rioolstelsel met een infiltratie-/drainageriool, lijnafwatering in de vorm van lijngoten of roostergoten richting oppervlaktewater. Bij een infiltratie-/drainageriool wordt het riool rond de representatief hoogste grondwaterstand aangelegd, om in tijden van hoge grondwaterstanden het gebied te draineren, waar in de zomer hemelwater juist kan infiltreren.

Belangrijk aandachtspunt bij mogelijke herinrichting vormt de slecht doorlatende en sterk ijzerhoudende bodem en de faalkansen als gevolg van een beperkt invloedsgebied en het dichtslaan van geperforeerde infiltratie-/drainagevoorzieningen. Grondverbetering zal plaatselijk nodig zijn bij de aanleg van dergelijke voorzieningen. Ook moet voorkomen worden dat hemelwater bij stortbuien en langdurige neerslag oppervlakkig (via maaiveld of door de zandige toplaag) kan afstromen richting de bebouwing. Er dient hiervoor in de civieltechnische engineering voldoende berging- en afvoercapaciteit te worden berekend.

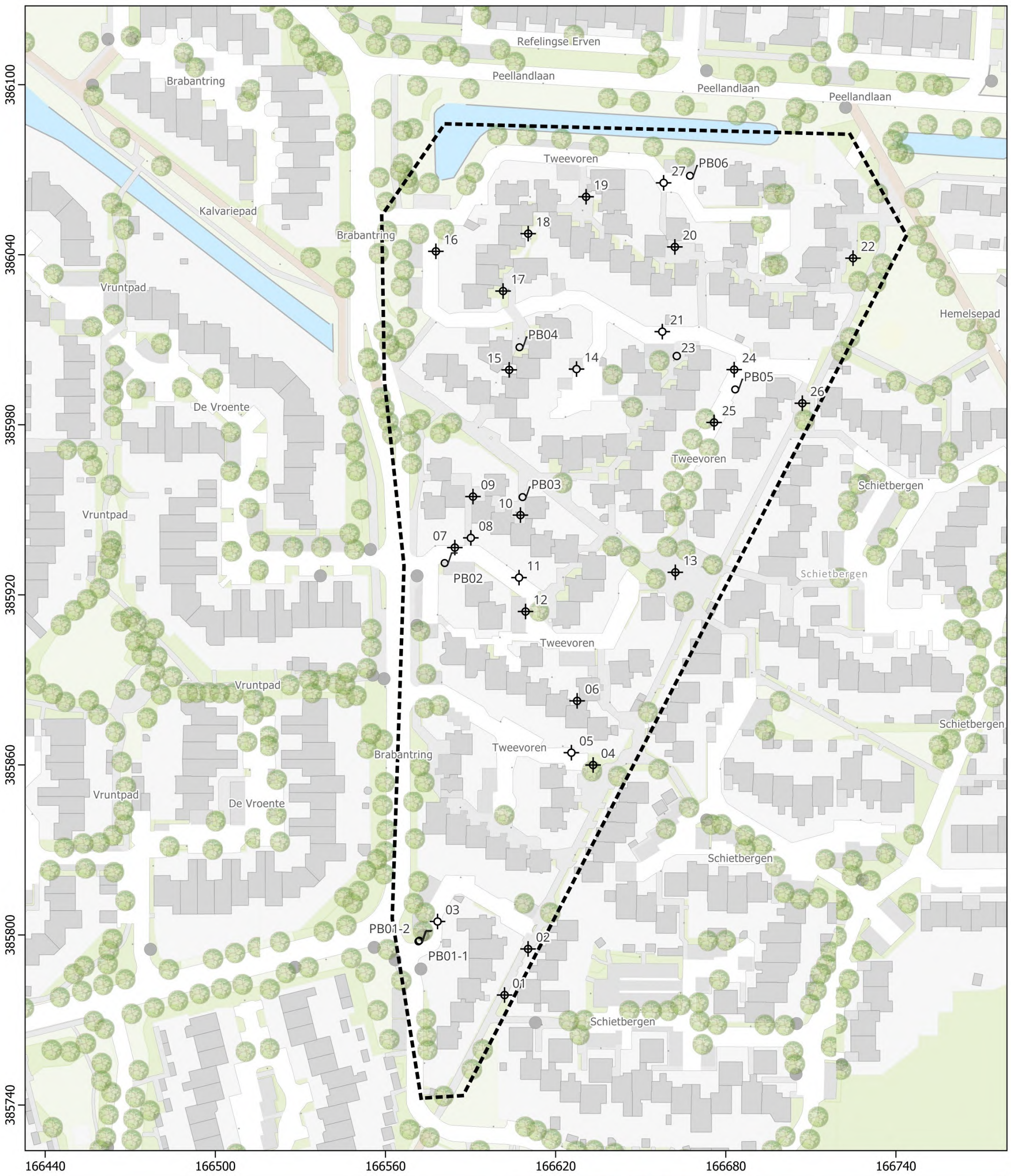
Hoewel een infiltratie-/drainageriool de hoogste grondwaterstanden kan verminderen, wordt het verlagen van de grondwaterstand tot onder het niveau van de keldervloeren niet realistisch geacht, aangezien drainagevoorzieningen een beperkt invloedsgebied hebben. Een drainerend riool in de openbare ruimte zou in de matig tot slecht doorlatende bodem aanzienlijk dieper moeten worden geplaatst dan de onderzijde van de keldervloeren. Daarnaast wordt dit afgeraden omdat dit kan zorgen voor verdroging van openbaar groen. De kelders dienen dus duurzaam waterdicht te worden gemaakt voor zover dit na de bouw door ververing of anderszins niet meer het geval is. Bij voorkeur vanaf maaiveld maar zeker vanaf 0,3 meter boven de Representatieve Hoogste Grondwaterstanden (RHG). Optrekkend vocht kan namelijk ook tot ervaren wateroverlast in de keldermuren leiden.

Om meer inzicht te verkrijgen in de RHG kan de monitoring nog voortgezet worden. Aanbevolen wordt om in een civieltechnisch traject te overwegen waar lokale ingrepen tot verlichting van de hoogst voorkomende grondwaterstanden kunnen leiden.



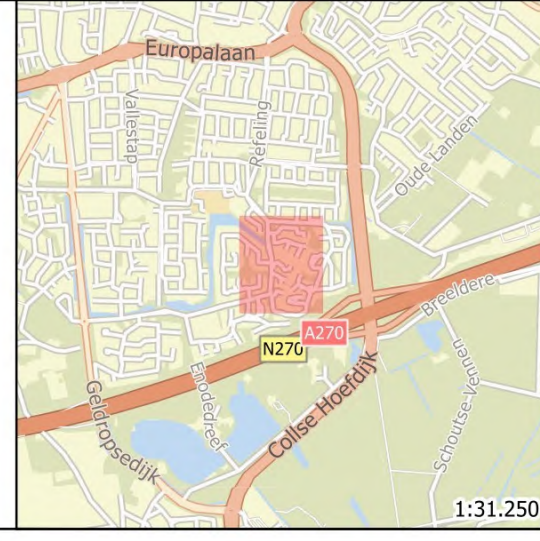
## BIJLAGE

### 1. Situatietekening met onderzoekspunten



**Legenda**

- Basisinformatie**
- Projectlocatie
  - Boring tot 2,0 m -mv
  - Boring tot 3,0 m -mv
  - Boring tot 4,0 m -mv
  - Peilbuis



Projectnaam: geohydrologisch advies Tweevoren in Nuenen		
Titel: Situatietekening met onderzoekspunten		
Opdrachtgever: Gemeente Nuenen		
Schaal: 1:1.250	Projectnummer: 215064	Formaat: A3
Getekend:	Datum tekening: 15-04-2024	





BIJLAGE

## 2. Bodemprofielbeschrijvingen

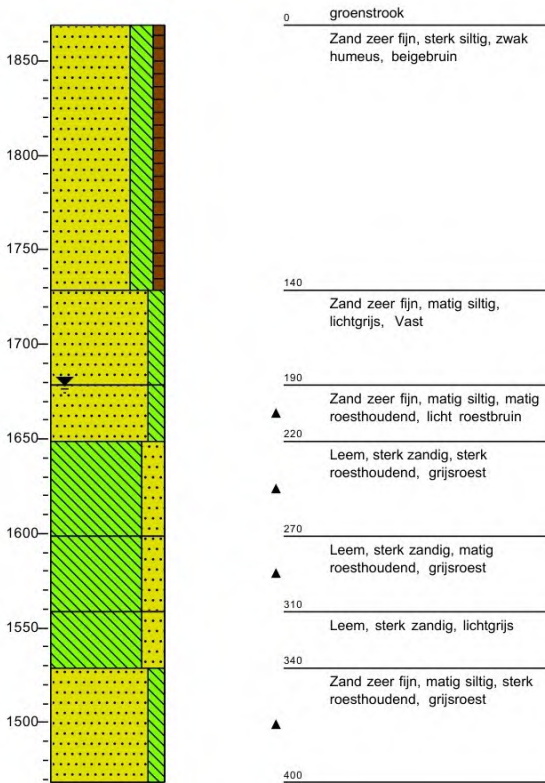
**Meetpunt: 01**

Datum meting: 27-2-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166601,99 Y: 385778,81 Z: 18.6884

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak

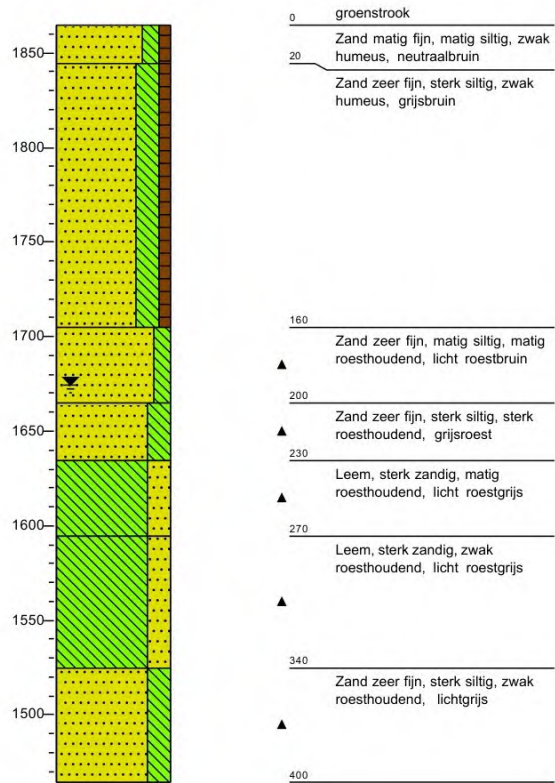
**Meetpunt: 02**

Datum meting: 27-2-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166610,29 Y: 385795,07 Z: 18.6479

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



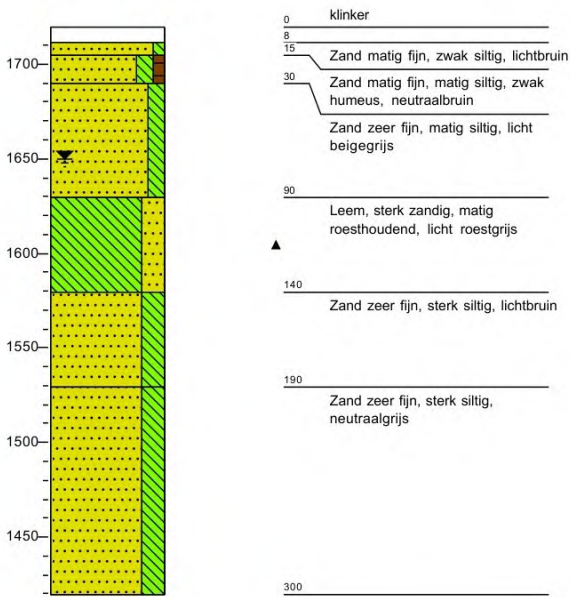
### Meetpunt: 03

Datum meting: 27-2-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166578,36 Y: 385804,75 Z: 17.1967

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



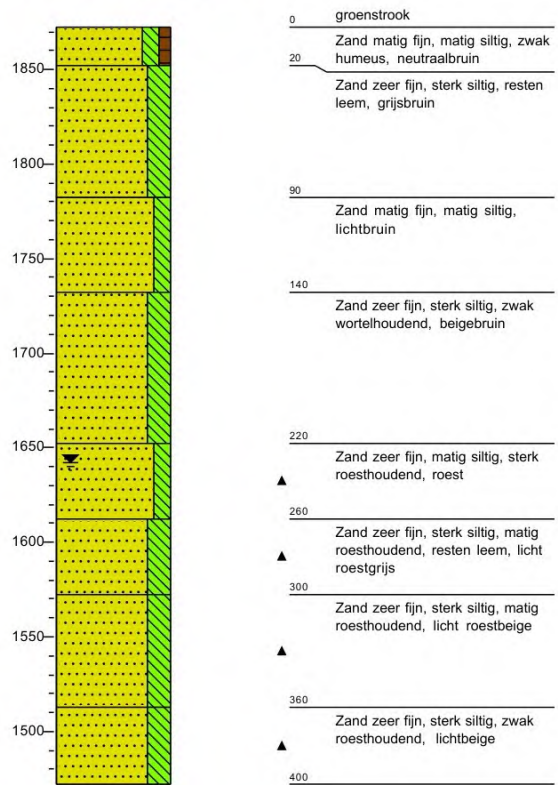
### Meetpunt: 04

Datum meting: 27-2-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166633,23 Y: 385859,97 Z: 18.7243

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



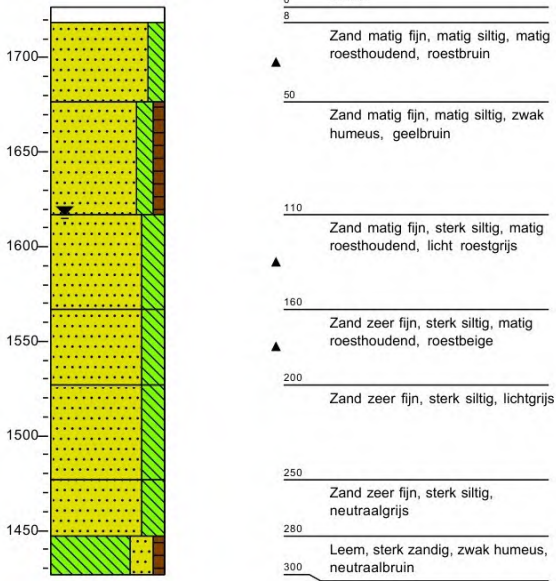
**Meetpunt: 05**

Datum meting: 27-2-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166625,56 Y: 385864,31 Z: 17,2675

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak

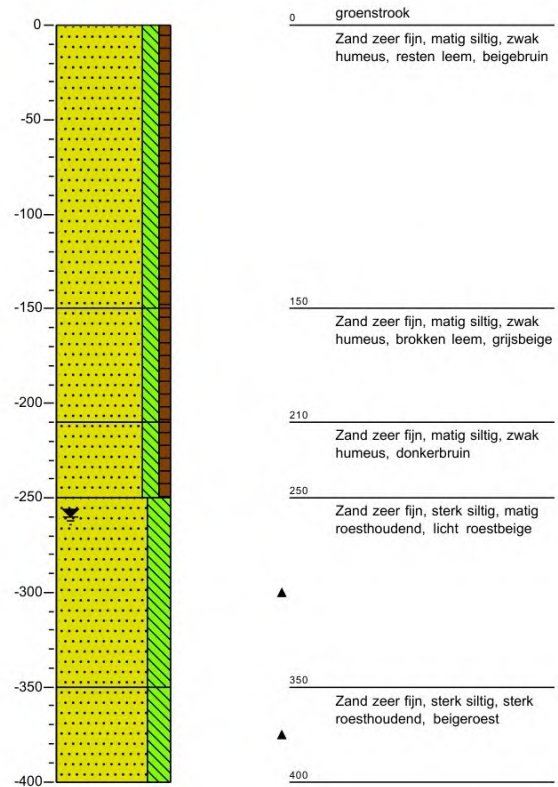
**Meetpunt: 06**

Datum meting: 27-2-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166627,59 Y: 385882,60 Z: 0

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



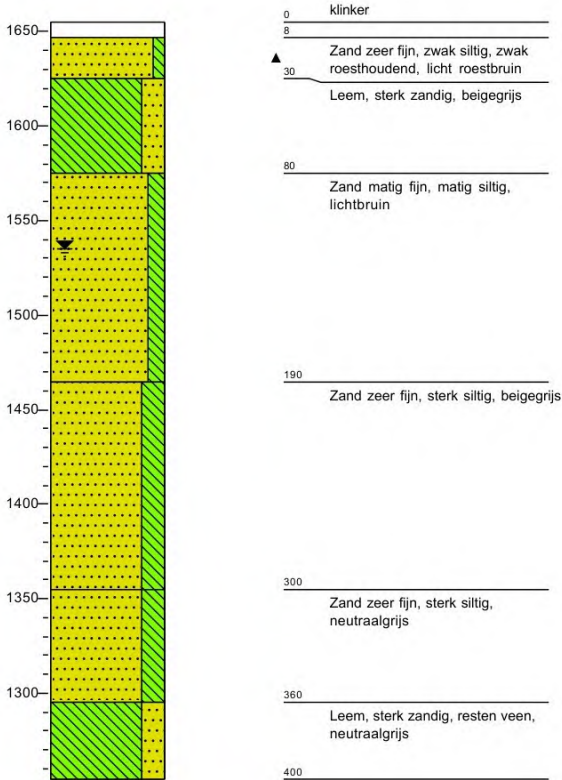
**Meetpunt: 07**

Datum meting: 27-2-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166584,46 Y: 385936,69 Z: 16.5499

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak

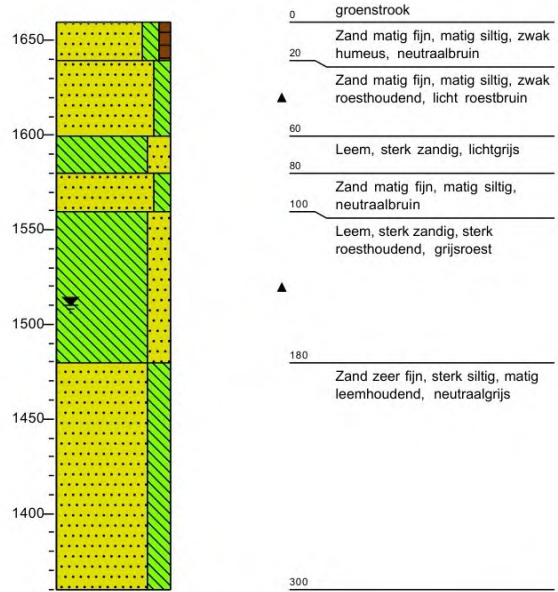
**Meetpunt: 08**

Datum meting: 27-2-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166590,10 Y: 385940,12 Z: 16.5983

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



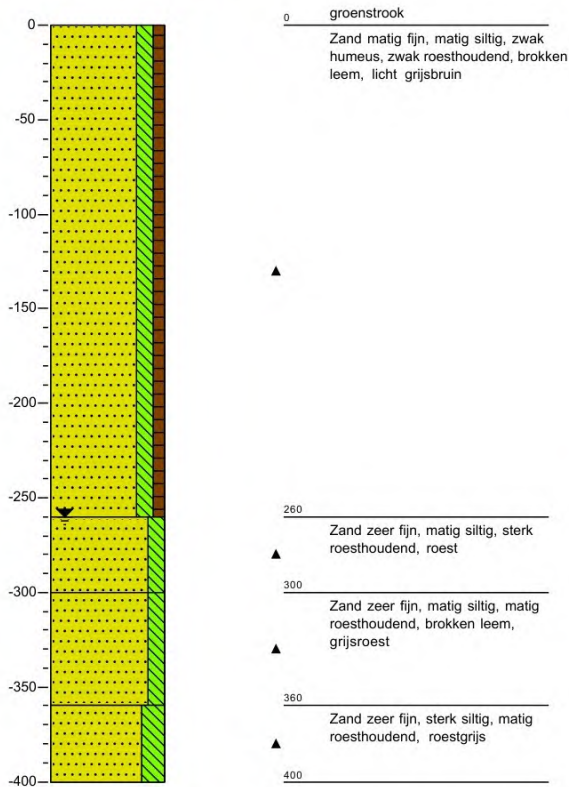
### Meetpunt: 09

Datum meting: 27-2-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166590,86 Y: 385954,68 Z: 0

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



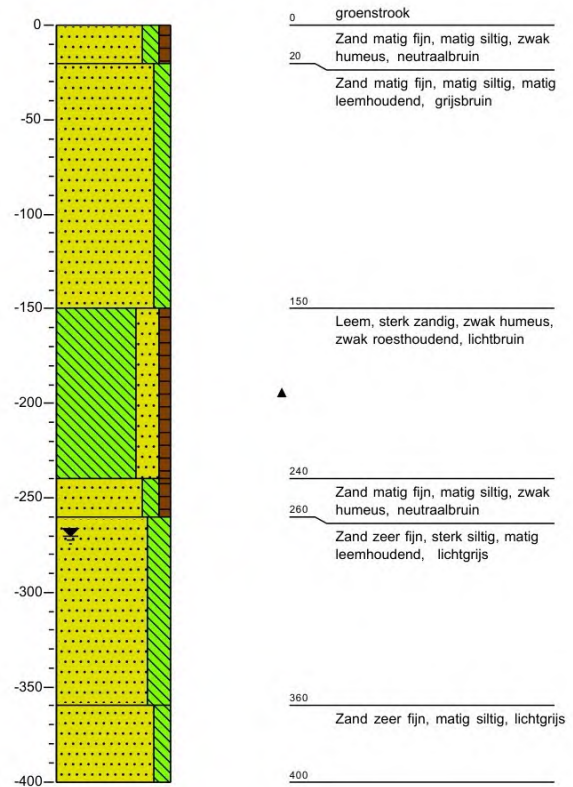
### Meetpunt: 10

Datum meting: 28-2-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166607,60 Y: 385948,14 Z: 0

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



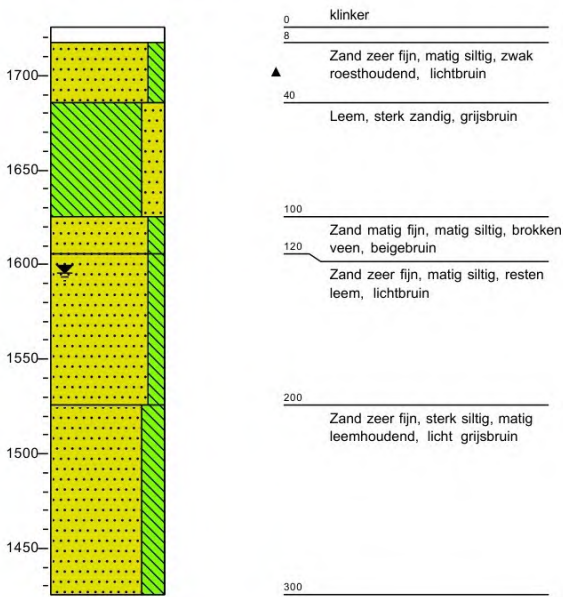
### Meetpunt: 11

Datum meting: 28-2-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166607,10 Y: 385926,08 Z: 17.2565

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



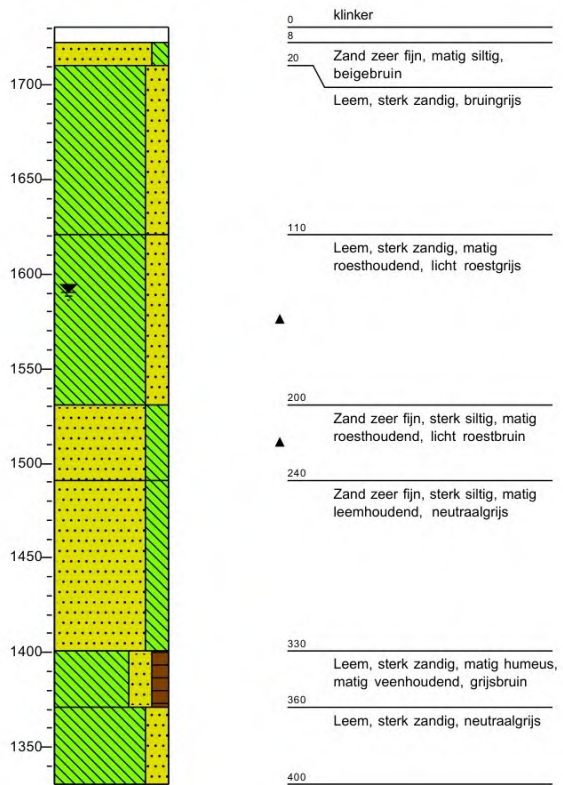
### Meetpunt: 12

Datum meting: 28-2-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166609,40 Y: 385914,13 Z: 17.3075

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



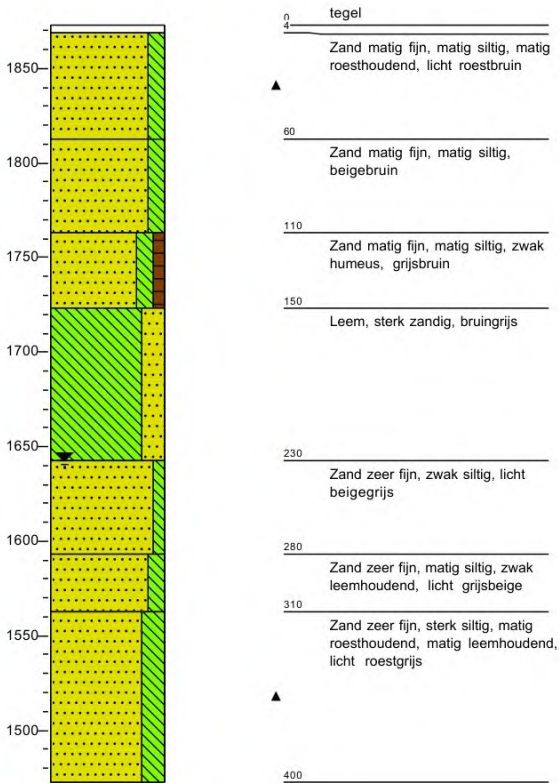
### Meetpunt: 13

Datum meting: 28-2-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166662,22 Y: 385927,97 Z: 18.7295

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



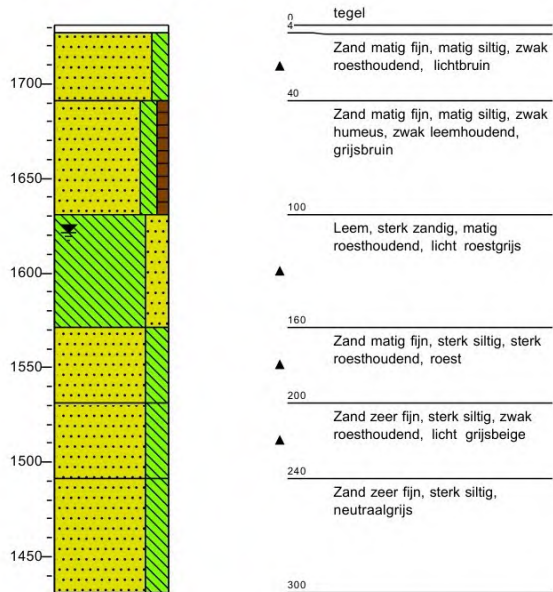
### Meetpunt: 14

Datum meting: 28-2-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166627,37 Y: 385999,67 Z: 17.3118

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



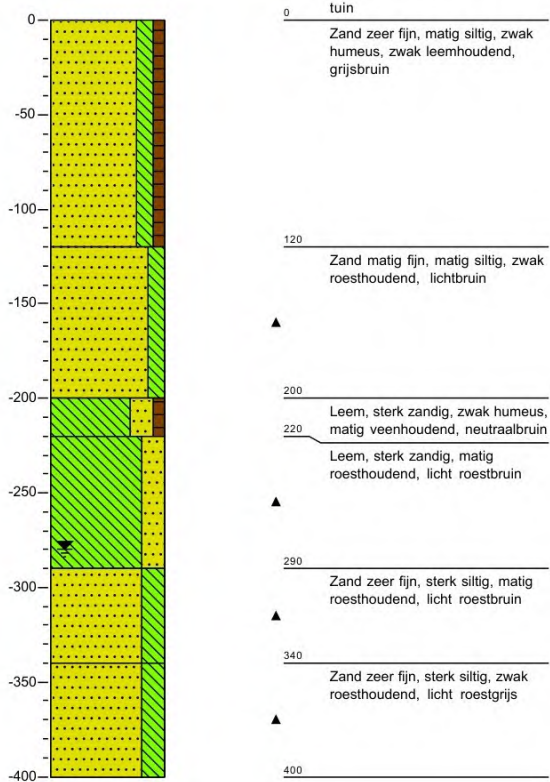
### Meetpunt: 15

Datum meting: 28-2-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166603,62 Y: 385999,39 Z: 0

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



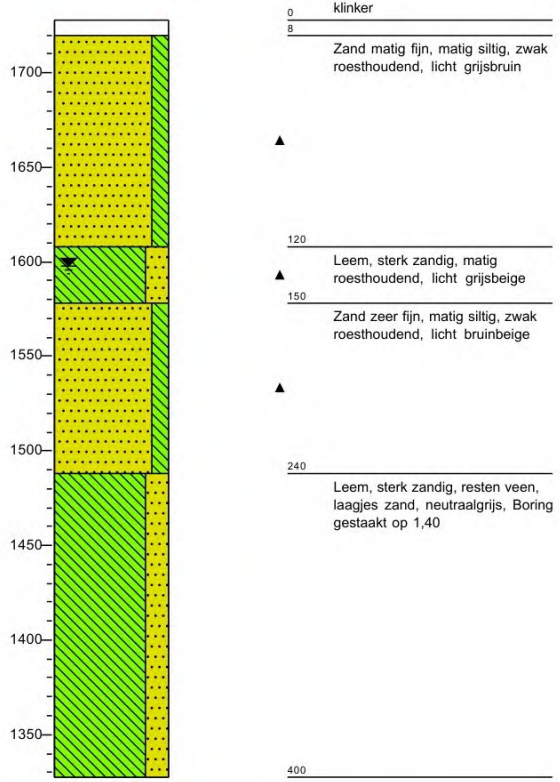
### Meetpunt: 16

Datum meting: 28-2-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166577,78 Y: 386041,22 Z: 17.2783

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



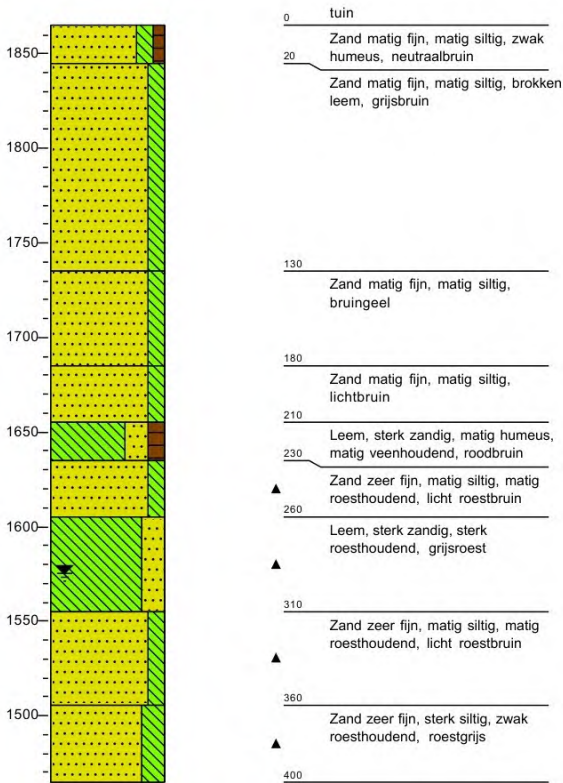
**Meetpunt: 17**

Datum meting: 28-2-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166601,47 Y: 386027,20 Z: 18.6523

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak

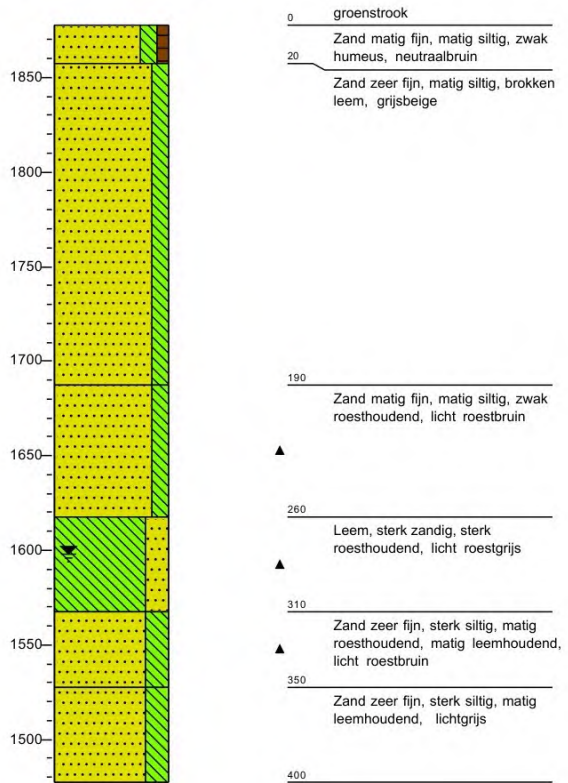
**Meetpunt: 18**

Datum meting: 28-2-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166610,33 Y: 386047,45 Z: 18.7775

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



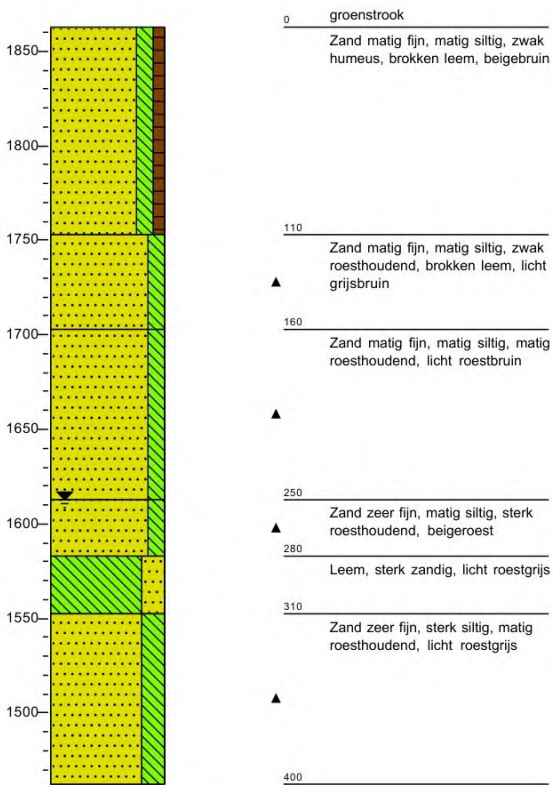
### Meetpunt: 19

Datum meting: 28-2-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166630,74 Y: 386060,47 Z: 18.6274

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



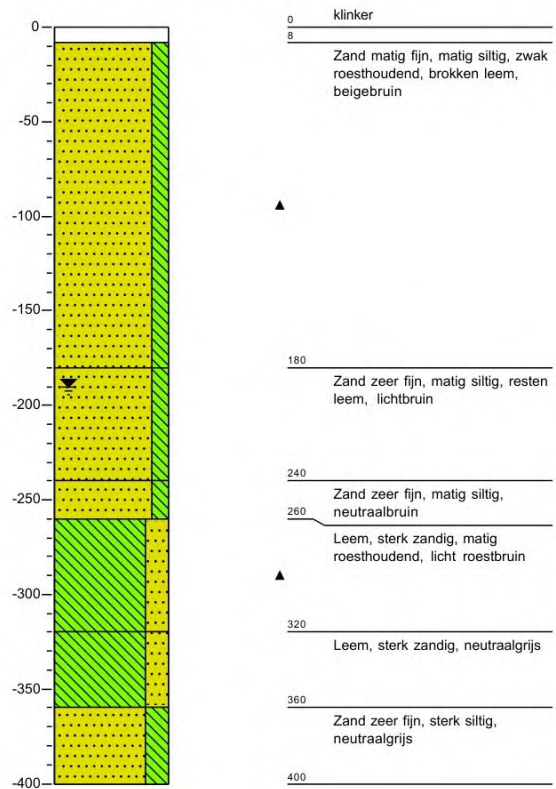
### Meetpunt: 20

Datum meting: 1-3-2014

Boormeester: [REDACTED]

X: 166662,05 Y: 386042,77 Z: 0

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



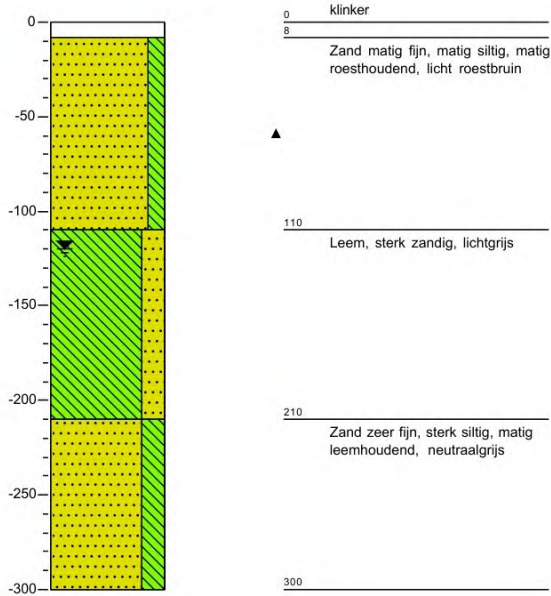
### Meetpunt: 21

Datum meting: 1-3-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166657,62 Y: 386012,87 Z: 0

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



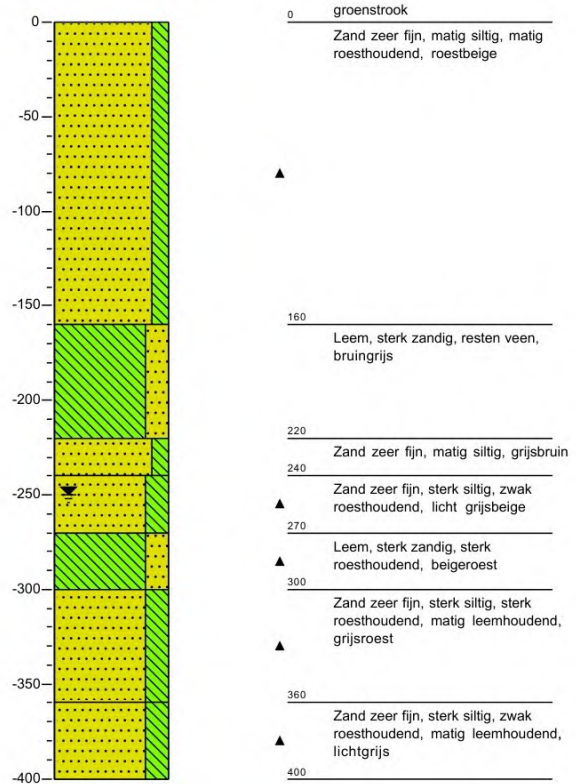
### Meetpunt: 22

Datum meting: 1-3-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166724,89 Y: 386038,80 Z: 0

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



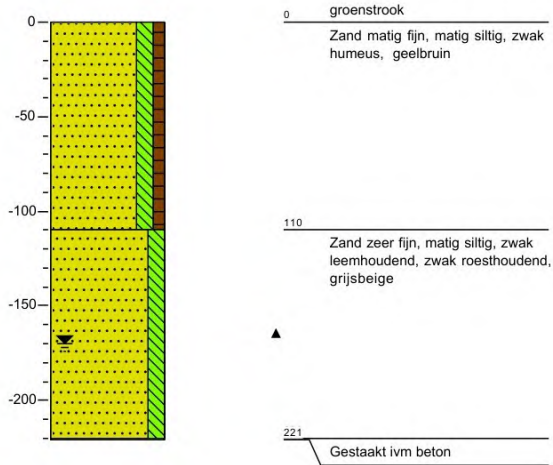
### Meetpunt: 23

Datum meting: 1-3-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166662,72 Y: 386004,29 Z: 0

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



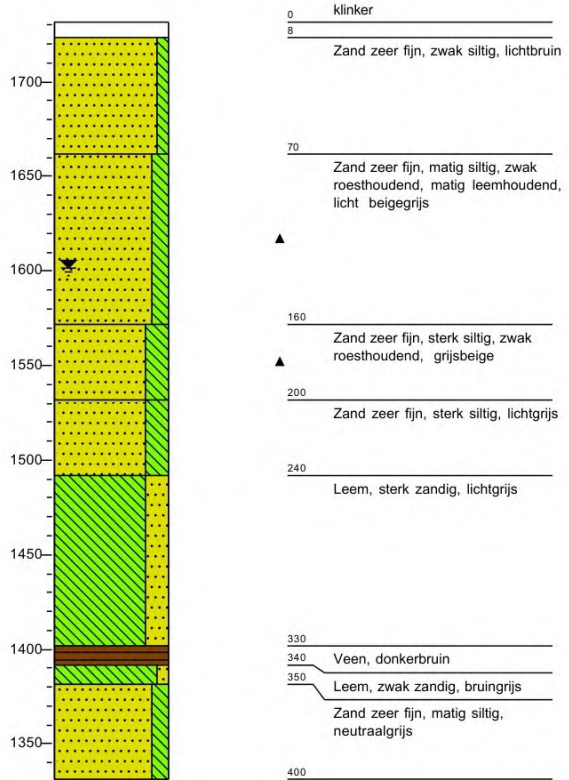
### Meetpunt: 24

Datum meting: 7-3-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166682,98 Y: 385999,47 Z: 17.3161

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



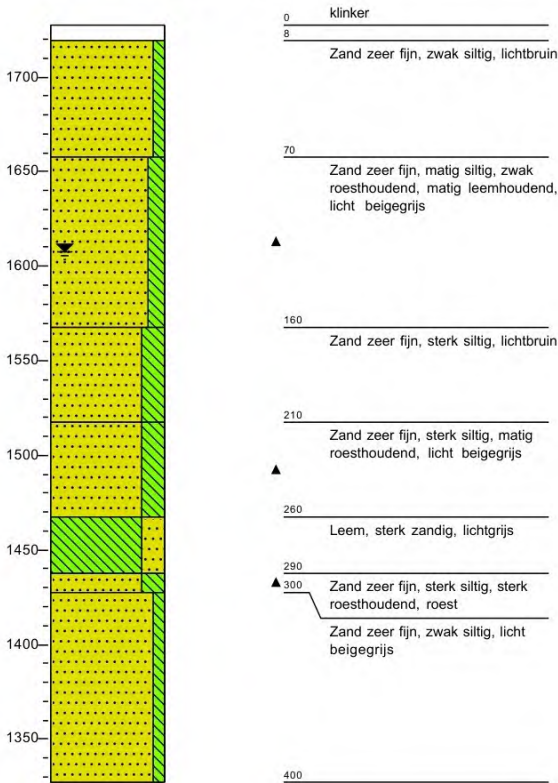
### Meetpunt: 25

Datum meting: 7-3-2024

Boormeester: ██████████

X: 166675,88 Y: 385980,83 Z: 17.2754

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



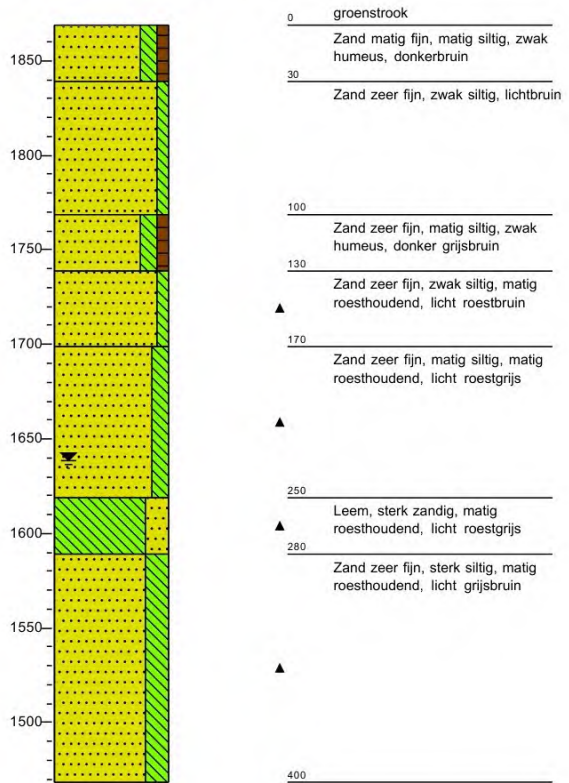
### Meetpunt: 26

Datum meting: 7-3-2024

Boormeester: ██████████

X: 166707,01 Y: 385987,61 Z: 18.6888

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



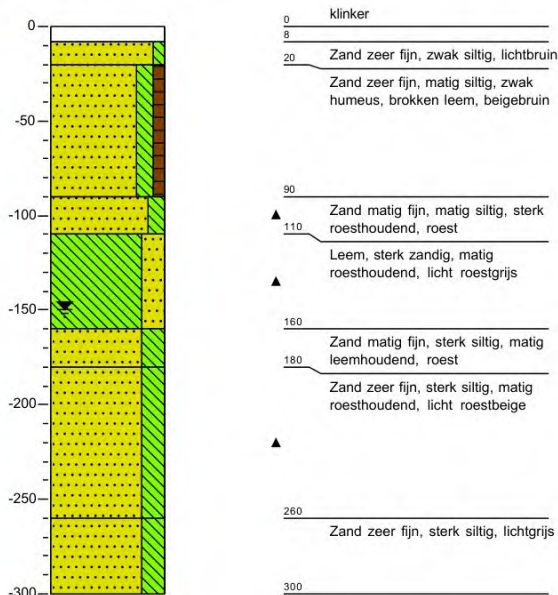
### Meetpunt: 27

Datum meting: 1-3-2024

Boormeester: Emanuel Eeren

X: 166658,09 Y: 386065,37 Z: 0

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



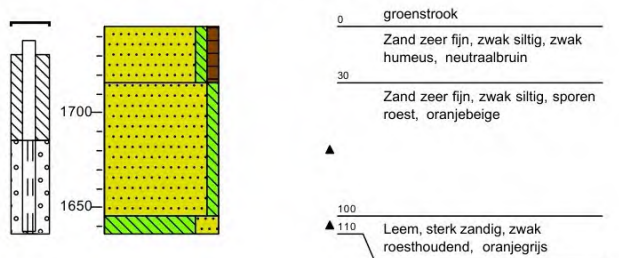
### Meetpunt: PB01-1

Datum meting: 7-3-2024

Boormeester: Roel van Eijken

X: 166571,96 Y: 385797,99 Z: 17.457

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



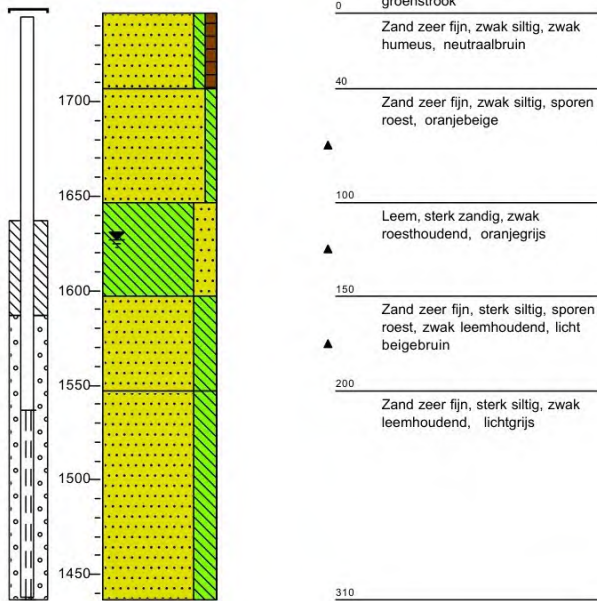
### Meetpunt: PB01-2

Datum meting: 7-3-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166571,63 Y: 385797,74 Z: 17.4684

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



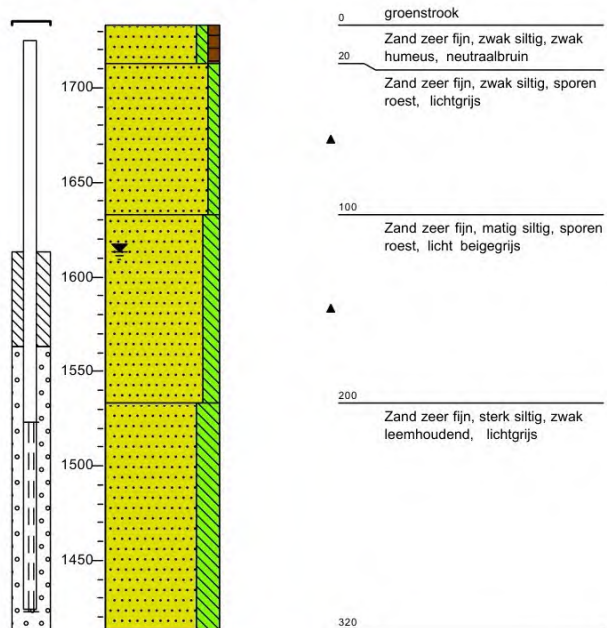
### Meetpunt: PB02

Datum meting: 7-3-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166580,87 Y: 385931,23 Z: 17.3315

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



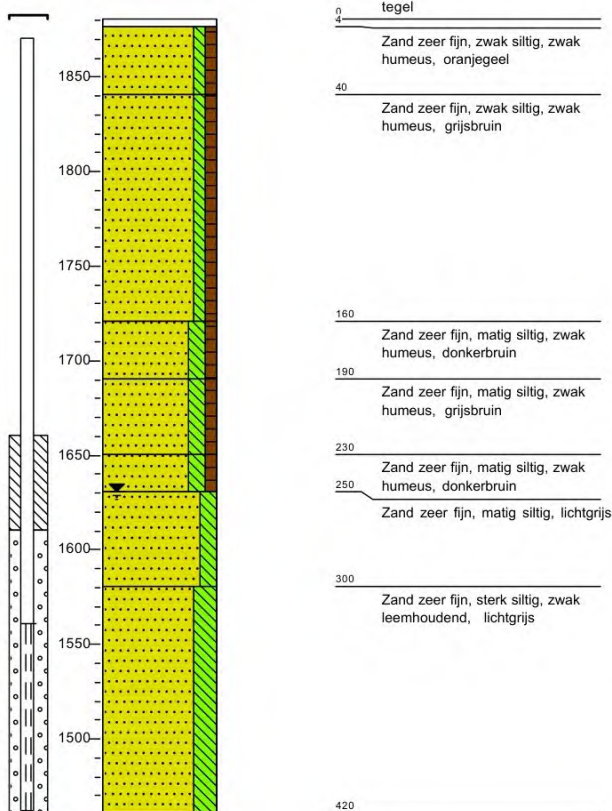
### Meetpunt: PB03

Datum meting: 7-3-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166608,35 Y: 385954,50 Z: 18.8075

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



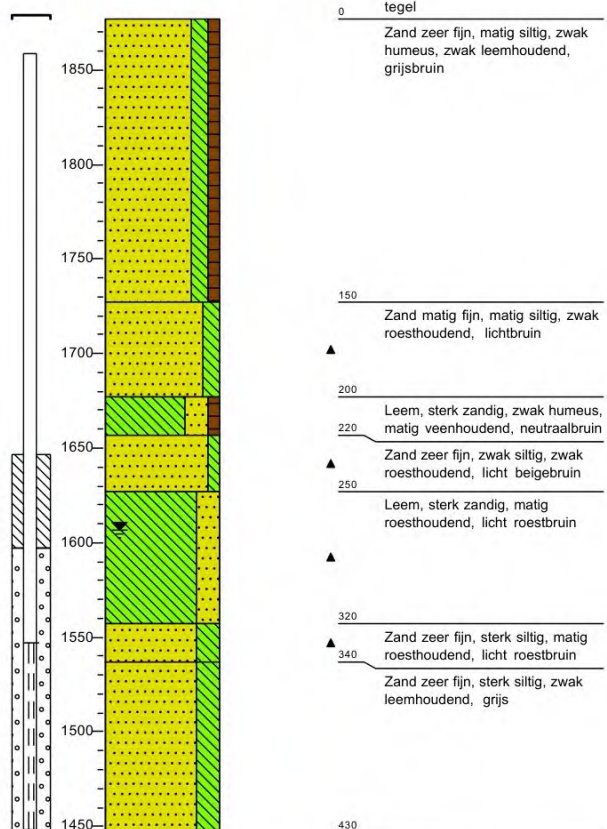
### Meetpunt: PB04

Datum meting: 7-3-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166607,25 Y: 386007,37 Z: 18.7691

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak



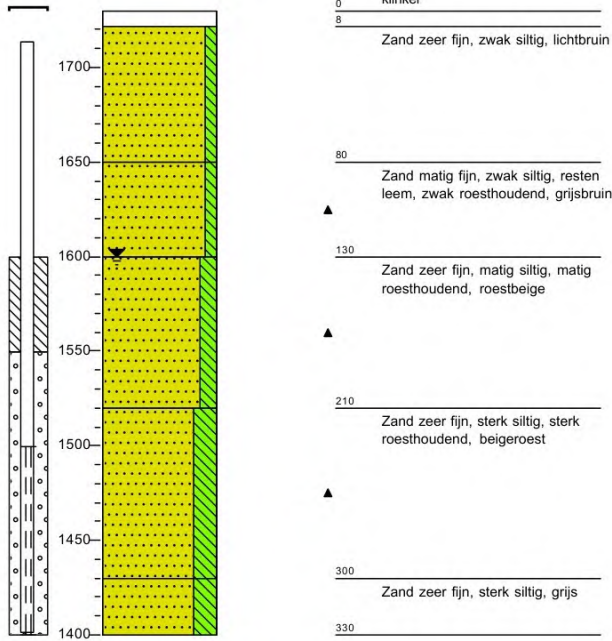
**Meetpunt: PB05**

Datum meting: 7-3-2024

Boormeester: [REDACTED]

X: 166683,33 Y: 385992,48 Z: 17.2984

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak

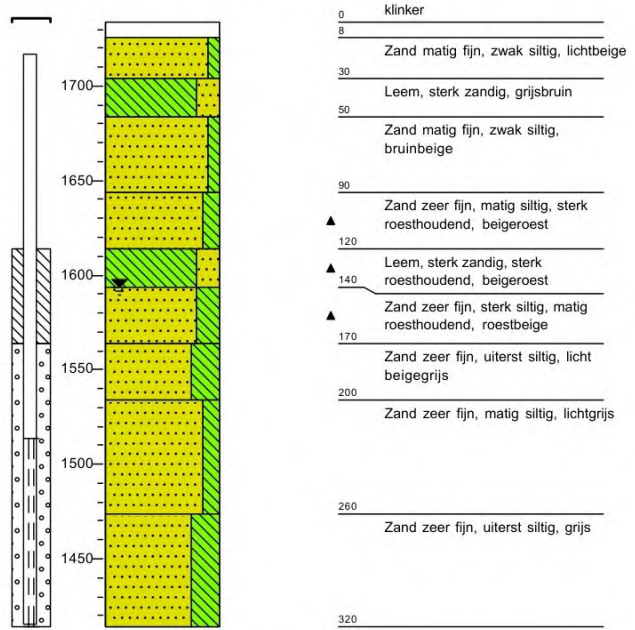
**Meetpunt: PB06**

Datum meting: 7-3-2024

Boormeester: [REDACTED]






X: 166667,37 Y: 386067,89 Z: 17.3382

Peilen in cm NAP, beschrijving in cm t.o.v. referentievlak








**Legenda (conform NEN 5104)**

**grind**

-  Grind, siltig
-  Grind, zwak zandig
-  Grind, matig zandig
-  Grind, sterk zandig
-  Grind, uiterst zandig

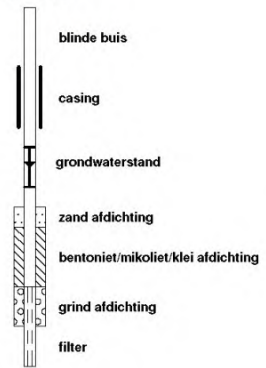
**zand**

-  Zand, kleiig
-  Zand, zwak siltig
-  Zand, matig siltig
-  Zand, sterk siltig
-  Zand, uiterst siltig

**veen**

-  Veen, mineraalarm
-  Veen, zwak kleiig
-  Veen, sterk kleiig
-  Veen, zwak zandig
-  Veen, sterk zandig



**peilbuis**



**klei**

-  Klei, zwak siltig
-  Klei, matig siltig
-  Klei, sterk siltig
-  Klei, uiterst siltig
-  Klei, zwak zandig
-  Klei, matig zandig
-  Klei, sterk zandig

**leem**

-  Leem, zwak zandig
-  Leem, sterk zandig




**overige toevoegingen**

-  zwak humeus
-  matig humeus
-  sterk humeus
-  zwak grindig
-  matig grindig
-  sterk grindig







**geur**

-  geen geur
-  zwakke geur
-  matige geur
-  sterke geur
-  uiterste geur




**olie**

-  geen olie-water reactie
-  zwakke olie-water reactie
-  matige olie-water reactie
-  sterke olie-water reactie
-  uiterste olie-water reactie







**p.i.d.-waarde**

-  >0
-  >1
-  >10
-  >100
-  >1000
-  >10000

**monsters**

-  geroerd monster
-  ongeroerd monster
-  volumering

**overig**

-  bijzonder bestanddeel
-  Gemiddeld hoogste grondwaterstand
-  grondwaterstand
-  Gemiddeld laagste grondwaterstand
-  slib
-  water



## BIJLAGE

### 3. Foto's onderzoekslocatie

## Locatie-inspectie



Foto 1: Drassig terrein zuidwestelijk van Tweevoren



Foto 2: Vorm van opritten



Foto 3: Vorm van opritten



Foto 4: Straat, goot in midden



Foto 5: Terreinaanzicht



Foto 6: Oppervlaktewater, noordzijde plangebied

Uitvoering veldwerk



Foto 7: Boring 01



Foto 8: Boring 03



Foto 9: Boring 04



Foto 10: Boring 05



Foto 11: Boring 05, 2,8 - 3,0 m -mv



Foto 12: Boring 06



Foto 13: Boring 07



Foto 14: Boring 07, 3,6 - 4,0 m -mv



Foto 15: Boring 08



Foto 16: Boring 12



Foto 17: Boring 13



Foto 18: Boring 14



Foto 19: Boring 16



Foto 20: Boring 18



Foto 21: Boring 19



Foto 22: Boring 19, 2,8 - 3,1 m -mv



Foto 23: Boring 20



Foto 24: Boring 22



Foto 25: Boring 24



Foto 26: Boring 24, 3,3 - 3,5 m -mv



Foto 27: Boring 25



Foto 28: Boring 25, 2,9 – 3,0 m -mv



Foto 29: Boring 26



Foto 30: Boring 27



Foto 31: Peilbuis 04



Foto 32: Peilbuis 05



Foto 33: Peilbuis 06



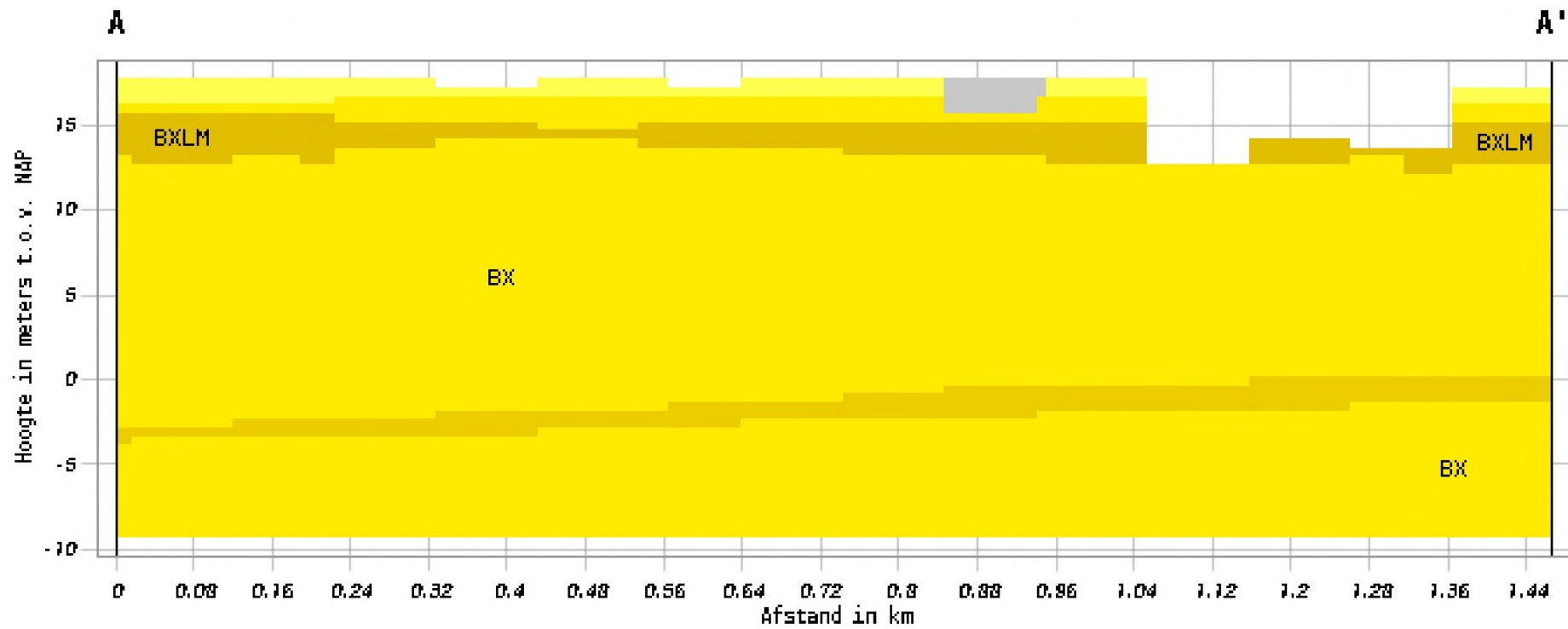
Foto 34: Sloot aan noordzijde



BIJLAGE

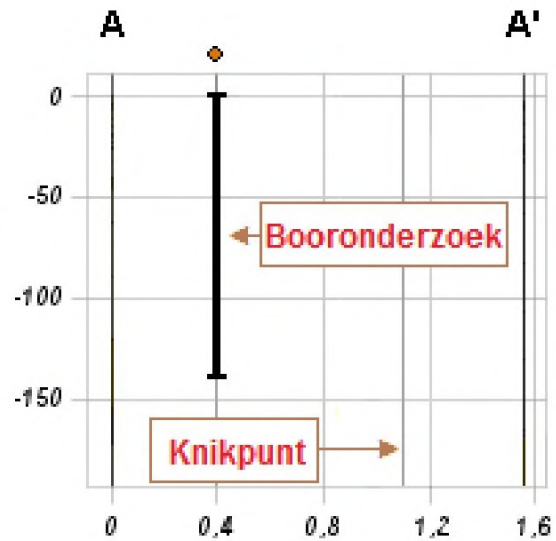
## 4. Basisinformatie

## Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.6

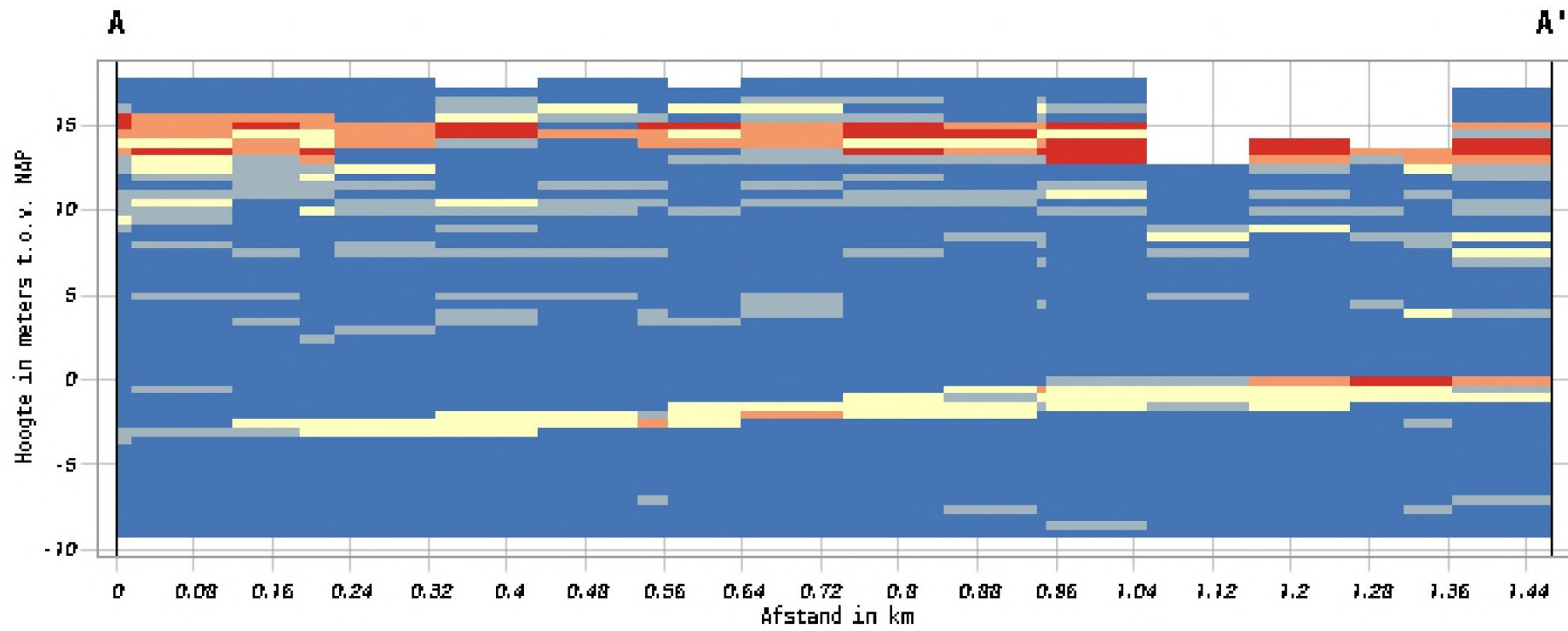


Geologische eenheid

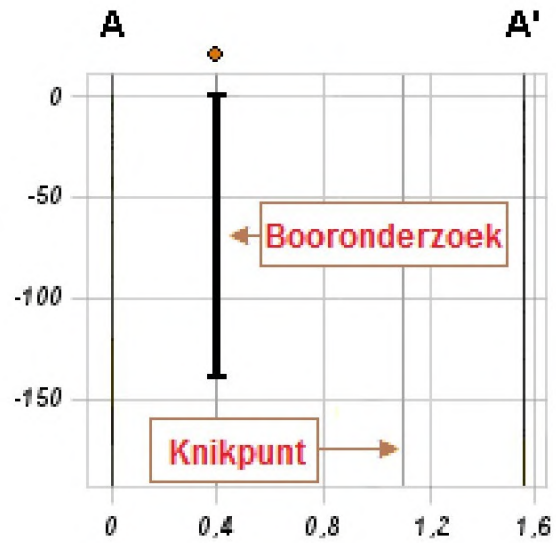
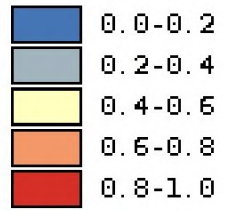
-  AAQP
-  BXMIKO
-  BXML
-  BXBS
-  BX



## Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.6



Kans op klei zandig, leem, kleiig fijn zand

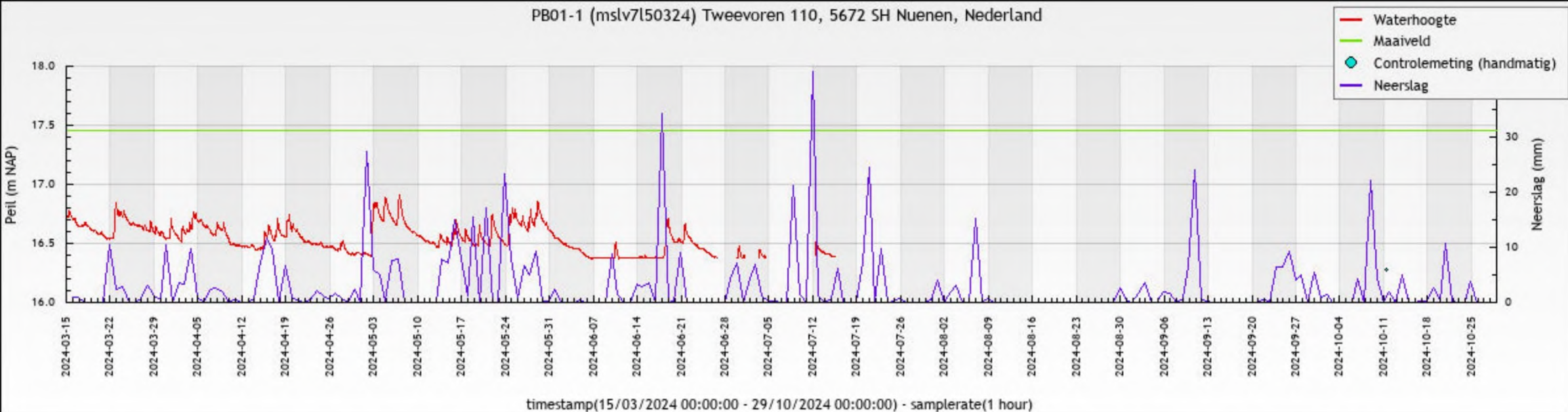




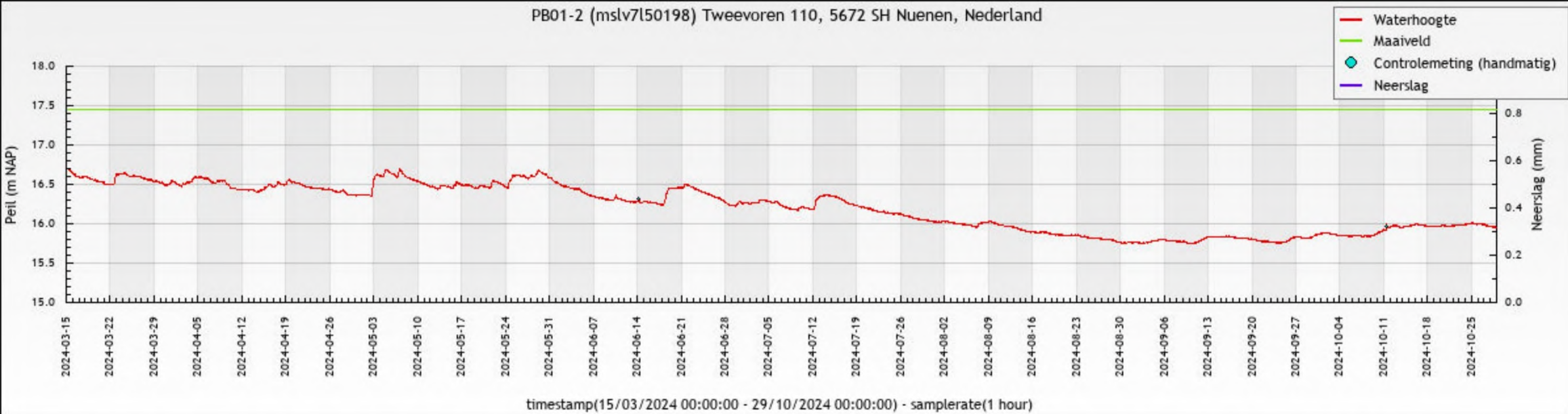
BIJLAGE

## 5. Grondwatermonitoring

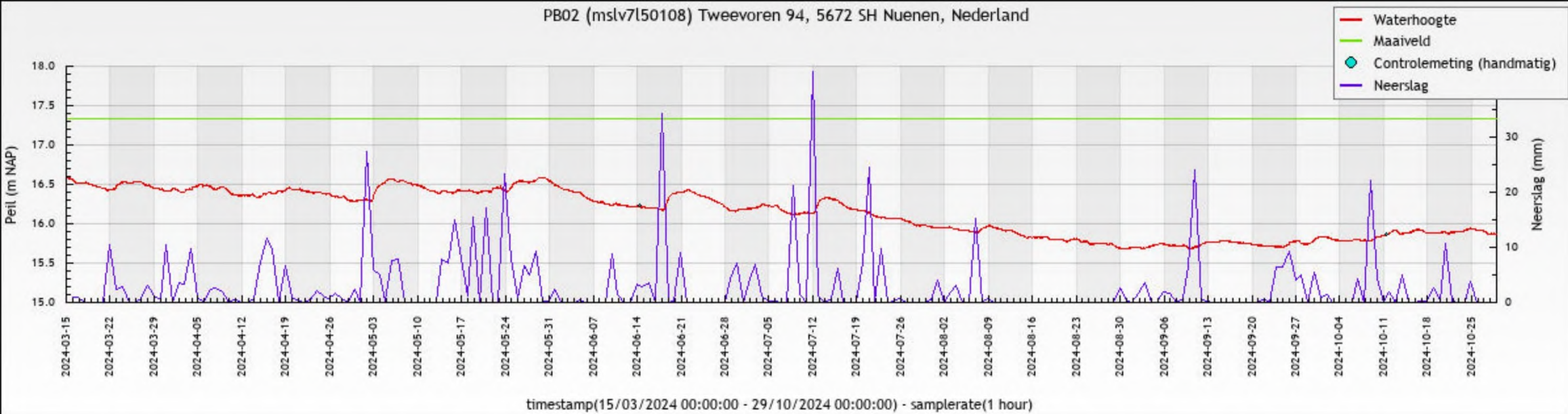
## PB01-1 (mslv7l50324) Tweevoren 110, 5672 SH Nuenen, Nederland



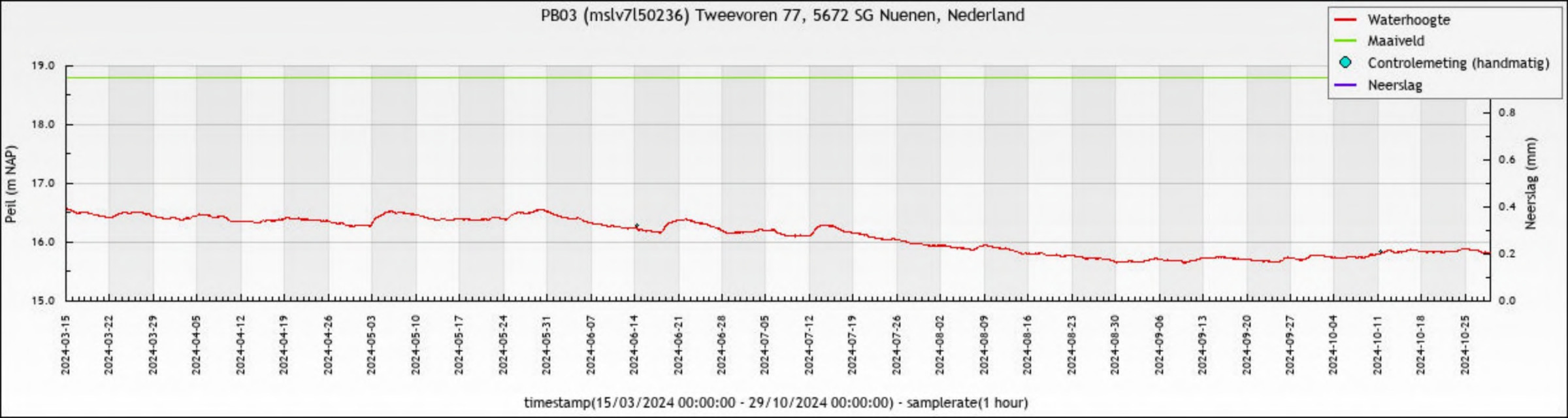
## PB01-2 (mslv7l50198) Tweevoren 110, 5672 SH Nuenen, Nederland



## PB02 (mslv7l50108) Tweevoren 94, 5672 SH Nuenen, Nederland

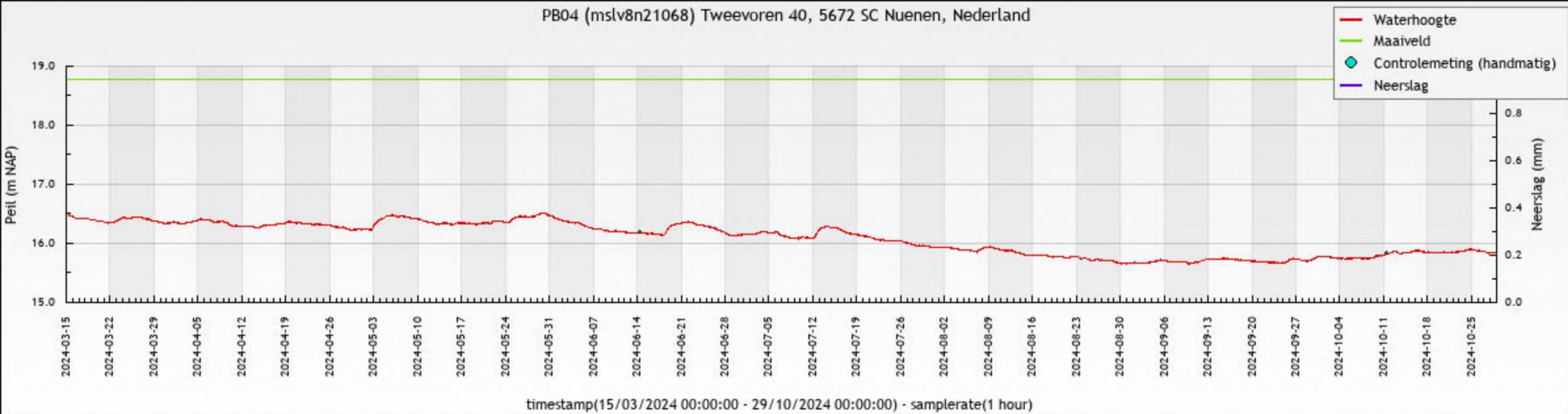


PB03 (mslv7l50236) Tweevoren 77, 5672 SG Nuenen, Nederland

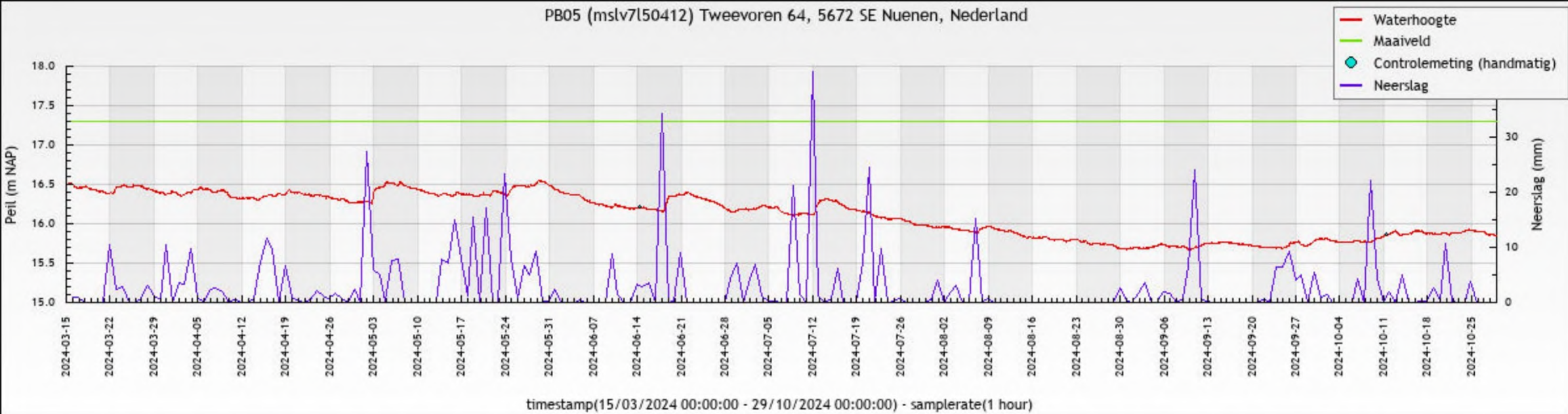


timestamp(15/03/2024 00:00:00 - 29/10/2024 00:00:00) - samplerate(1 hour)

## PB04 (mslv8n21068) Tweevoren 40, 5672 SC Nuenen, Nederland



## PB05 (mslv7(50412)) Tweevoren 64, 5672 SE Nuenen, Nederland



PB06 (mslv7lb0573) Tweevoren 19, 5672 SB Nuenen, Nederland

