

## Geohydrologisch onderzoek

Staalmanplein

Korte Ouderkerkerdijk 7  
Amsterdam  
Postbus 94370  
1090 GJ Amsterdam  
T 0900 93 94 (lokaal tarief)  
F 020 608 39 00  
KvK 41216593

[www.waternet.nl](http://www.waternet.nl)

8 september 2011

Waternet is de gemeenschappelijke organisatie van Waterschap Amstel, Gooi en Vecht  
en de gemeente Amsterdam

## Colofon

---

|                      |                           |
|----------------------|---------------------------|
| <b>Opdrachtgever</b> | De Alliantie Ontwikkeling |
| Projectleider        | R. Meeuse                 |

---

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| <b>Opdrachtnemer</b> |           |
| Projectleider        | A. Visser |
| Kwaliteitsborger     | K. Hamid  |
| Projectnummer        | 68435     |

---

|                |           |
|----------------|-----------|
| <b>Rapport</b> |           |
| Rapporteur     | A. Visser |
| Versie         | 01        |
| Rapportnummer  | 11.031719 |

---

# Inhoud

|          |                                    |           |
|----------|------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Inleiding</b>                   | <b>7</b>  |
| <b>2</b> | <b>Situatie</b>                    | <b>8</b>  |
| 2.1      | Plangebied                         | 8         |
| 2.2      | Bodemopbouw                        | 9         |
| 2.3      | Maaiveldhoogte                     | 10        |
| 2.4      | Hydrologie                         | 11        |
| 2.5      | Geplande kelders                   | 13        |
| <b>3</b> | <b>Modelonderzoek</b>              | <b>14</b> |
| 3.1      | Aannamen en modelkarakteristieken  | 14        |
| 3.2      | Schematisering bodemopbouw         | 14        |
| 3.3      | Randvoorwaarden modelberekening    | 15        |
| 3.4      | Onzekerheden modelberekening       | 15        |
| 3.5      | Kalibratie                         | 16        |
| <b>4</b> | <b>Berekeningsresultaat</b>        | <b>17</b> |
| <b>5</b> | <b>Conclusies en aanbevelingen</b> | <b>18</b> |
| 5.1      | Aanbevelingen                      | 18        |

## Bijlagen

- 1 – Overzicht locaties boringen.
- 2 - Maaiveldhoogte
- 3 - Drooglegging
- 4 – Stippenkaart ontwateringdiepte
- 5 – Geplande kelders
- 6 – Berekend isohypsenpatroon met model
- 7 – Gemiddelde verandering onder invloed kelders







# 1 Inleiding

In opdracht van projectontwikkelaar de Alliantie heeft de afdeling Onderzoek en Advies van Waternet een onderzoek uitgevoerd naar de invloed van een aantal geplande parkeergarages op de grondwaterhuishouding in het gebied rondom het Staalmanplein.

## Aanleiding

Het gebied Staalmanpark dat omsloten wordt door de Plesmanlaan, de ringspoorbaan, de Aletta Jacobslaan en de Johan Huizingalaan, wordt opnieuw ingericht. In het gebied is een aantal parkeerkelders van verschillende diepte gepland. Met behulp van een geohydrologisch rekenmodel zal een voorspelling worden gemaakt van de te verwachten invloeden. Ook zal een beschouwing van de actuele situatie worden gegeven en zal er worden getoetst aan de normen die Waternet voor nieuwbouwgebieden heeft opgesteld..

## Doelstelling onderzoek

Het onderzoek heeft als doel om aan te geven of de geplande parkeerkelders grondwateroverlast kunnen veroorzaken dan wel overlast kunnen vermeederen.

## Richtlijnen ontwateringdiepte bebouwd gebied

Volgens opgave van de projectontwikkelaar is onder alle nieuwbouw een parkeergarage gepland en is een toetsing voor het al dan niet kruipruimteloos bouwen niet nodig.

Waternet heeft een aantal praktische richtlijnen om grondwateroverlast te kunnen vaststellen in *bestaande, reeds bebouwde, woonwijken*. Indien geen alternatieve maatregelen (bouwkundig, maaiveldverhoging) mogelijk zijn, wordt door Waternet drainage aangelegd. Hierbij worden de volgende richtlijnen gehanteerd:

- Bij een ontwateringdiepte van minder dan 0,5 m is drainage wenselijk.
- Bij een ontwateringdiepte tussen de 0,5 en 0,7 m is het verstandig om drainage in overweging te nemen. Aanvullende informatie over bijvoorbeeld grondwaterklachten kan hier doen besluiten om drainage toe te passen.
- Bij een ontwateringdiepte tussen de 0,7 en 0,9 m zijn meestal geen maatregelen nodig.
- Bedraagt de ontwateringdiepte meer dan 0,90 m dan is sprake van een ideale situatie en is drainage niet nodig. Dit is de gewenste ontwateringdiepte.

## Aanpak

Door de projectontwikkelaar is een overzicht verstrekt van de nieuw geplande parkeerkelders.

Met behulp van een rekenmodel zal een inschatting worden gemaakt van de effecten op het grondwater door de kelders en de wijzigingen in het slotenpatroon.

## Leeswijzer

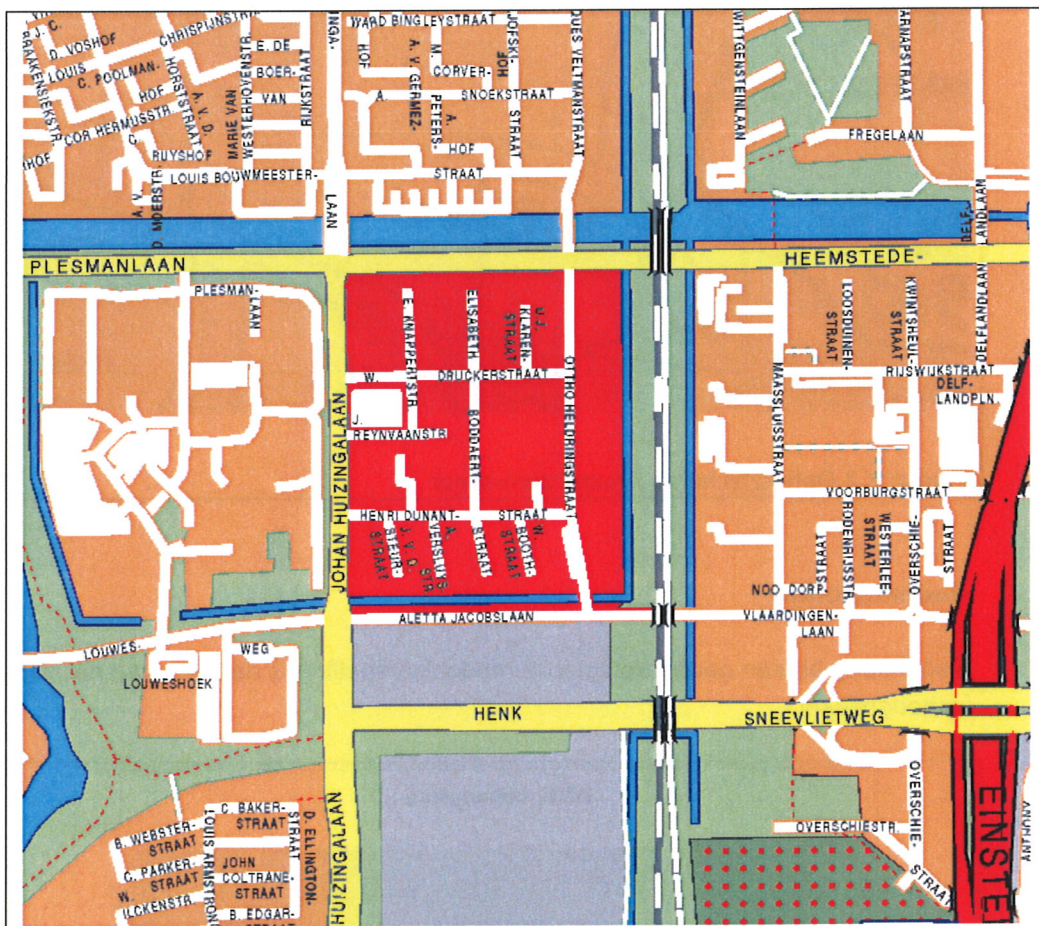
Na deze inleiding wordt in hoofdstuk 2 de actuele situatie beschreven. In hoofdstuk 3 wordt het model beschreven. In hoofdstuk 4 wordt het berekeningsresultaat beschreven. Het rapport wordt afgesloten met conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 5.

## 2 Situatie

In dit hoofdstuk wordt de actuele situatie van het onderzoeksgebied beschreven. Van belang voor dit onderzoek is vooral de maaiveldhoogte, de dikte van de ophooglaag grondwaterstanden en de geplande parkeerkelders.

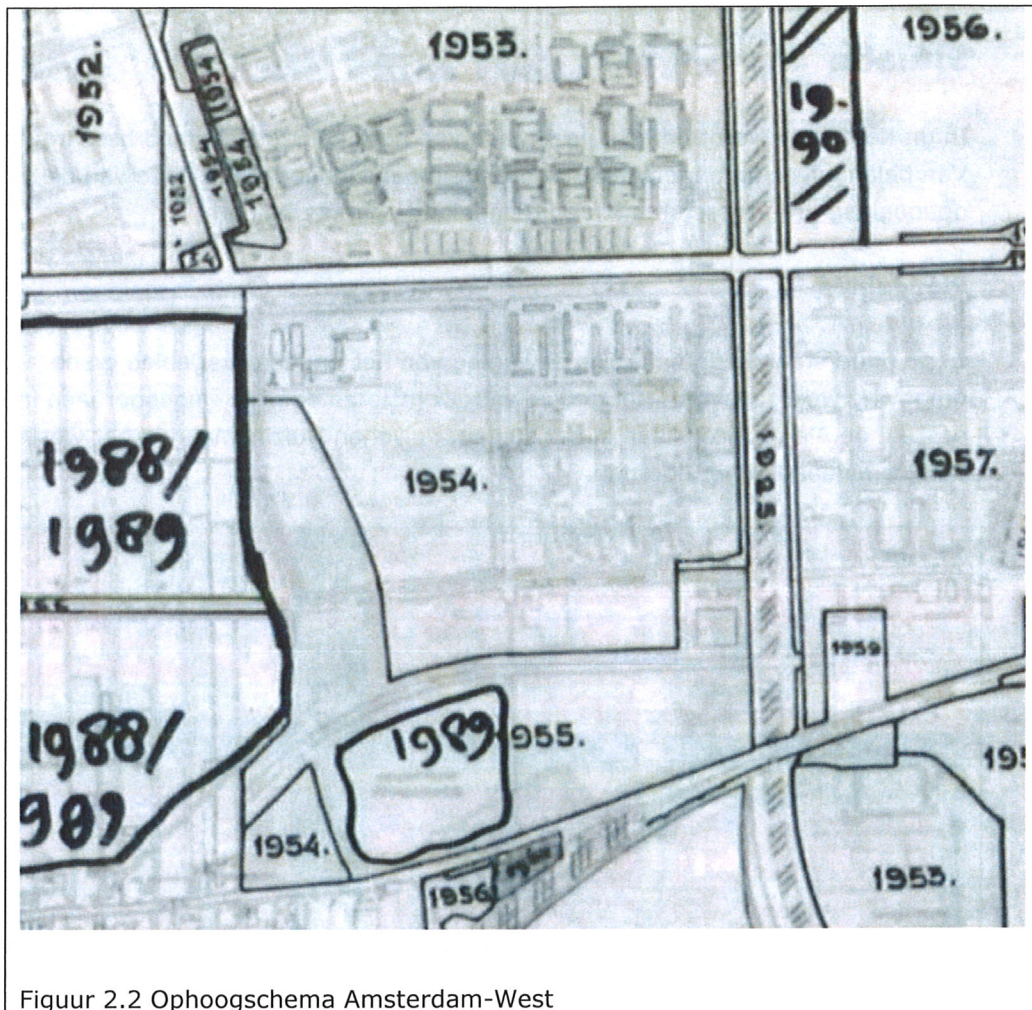
## 2.1 Plangebied

In de onderstaande figuur 2.1 is de ligging van het onderzoeksgebied en de omgeving weergegeven. Het gebied wordt omsloten door de ringspoorbaan in het oosten, de Aletta Jacobslaan in het zuiden, de Johan Huizingalaan in het westen en de Plesmanlaan in het noorden.



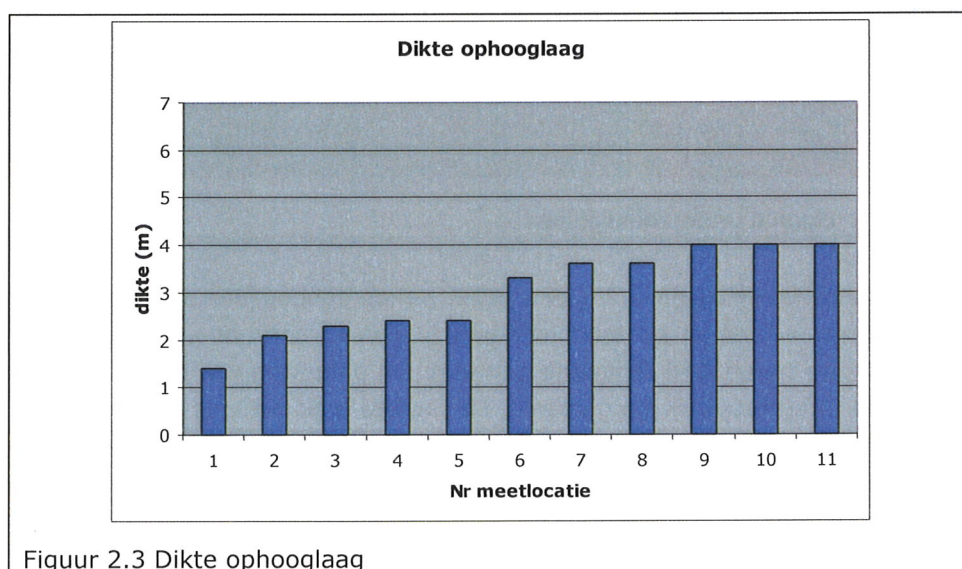
Figuur 2.1 Ligging onderzoeksgebied

In de onderstaande figuur 2.2 is een detail van de ophoogkaart van Amsterdam weergegeven waarin de jaartallen zijn weergegeven waarin de verschillende gebieden zijn opgehoogd /bouwrijp gemaakt. De omgeving van het Staalmanpark is in 1954 integraal bouwrijp gemaakt. De meeste bebouwing is rond 1957 en 1958 gerealiseerd. Een en ander betekent dat het gebied integraal is opgehoogd en dat een homogeen ophoogpakket mag worden verwacht met een overwegend uniforme dikte.



## 2.2 Bodemopbouw

Van belang bij een geohydrologische modelvoorspelling is de dikte van het zandige ophoogpakket.

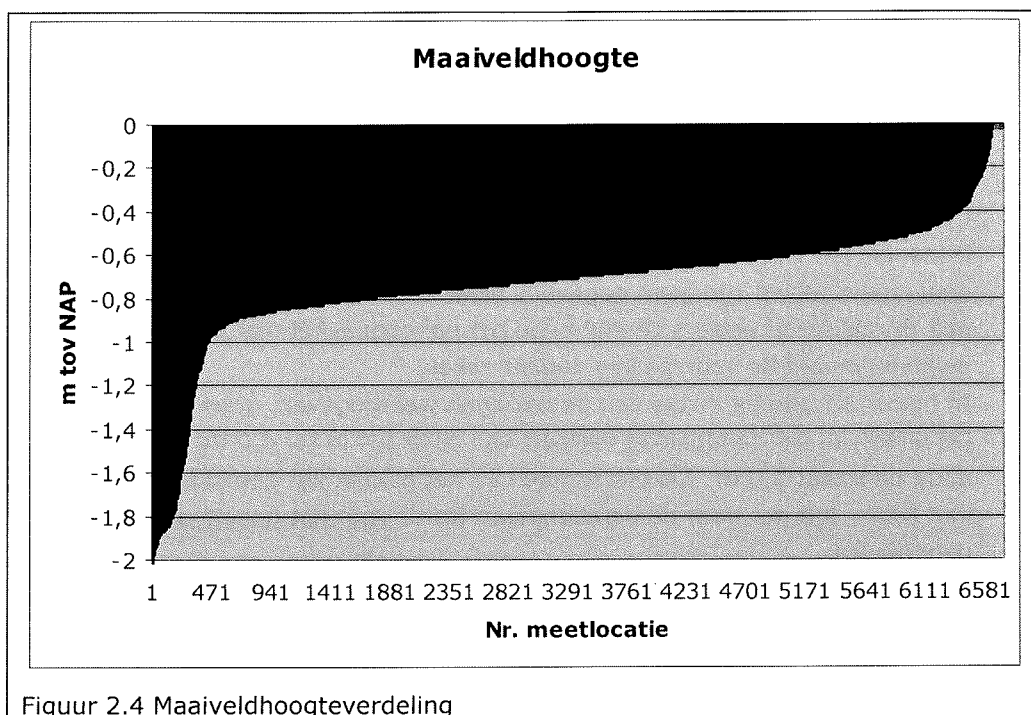


Dit pakket bepaalt voor een deel het gedrag van het rekenmodel. Om een voorbeeld te geven: hoe groter de dikte van het ophoogpakket, des te beter het ontwaterd vermogen. Dit resulteert meestal in *lagere grondwaterstanden*. Met behulp van archiefgegevens van Waternet is een inschatting gemaakt van de genoemde dikte, welke hierbij visueel uit boorbeschrijvingen is afgeleid. In bijlage 1 zijn de locaties van de boringen weergegeven. Alleen langs de Henri Dunantstraat zijn in totaal 11 boringen gezet. In het overige deel van het onderzoeksgebied zijn geen gegevens bekend. Dit betekent dat ter plaatse van de nog te realiseren kelders de dikte van het ophoogpakket niet bekend is. Dit gegeven maakt de voorspelling minder zeker. In figuur 2.3 zijn de diktes van de boringen weergegeven, gesorteerd op grootte. De dikte van het zandpakket varieert van circa 1,4 m tot 4,0 m. De gemiddelde dikte bedraagt 3,0 m. De onderzijde van het pakket ligt gemiddeld op een niveau van NAP – 3,8 m. Voor de berekeningen wordt voor het gehele gebied dit niveau gehanteerd.

### **2.3 Maaiveldhoogte**

De maaiveldhoogte is eveneens een belangrijke grootheid bij het maken van modelvoorspellingen, omdat de afstand tussen het maaiveld en de (hoogste) grondwaterstand een indicatie is voor het wel of niet optreden van grondwateroverlast. Uit ervaring blijkt dat hoe dichter de grondwaterstand onder maaiveld staat, hoe groter de problemen met grondwater over het algemeen worden. Een voorbeeld zijn bomen die bij een hoge grondwaterstand (te) ondiep wortelen en daardoor een gevaar kunnen vormen.

Inmiddels heeft Waternet de beschikking over een nieuwe versie van de Algemene Hoogtekaart van Nederland waarmee een gedetailleerd beeld van de maaiveldhoogte kan worden gemaakt. De gebruikte kaart heeft een gridgrootte van 5 bij 5 m. Hoge objecten, zoals gebouwen, zijn uit de kaart weg gefilterd. In bijlage 2 is de maaiveldhoogte van het onderzoeksgebied en omstreken weergegeven. In figuur 2.4 is de maaiveldhoogte in een histogram weergegeven. Waarden boven NAP zijn weggelaten omdat die voor dit onderzoek niet van belang zijn. Het grootste deel van de waarden ligt tussen NAP -1,0 m en NAP – 0,5 m.



Figuur 2.4 Maaiveldhoogteverdeling

In bijlage 2 is de ruimtelijke verdeling van de maaiveldhoogte weergegeven. Te zien is dat de hoogte aan de oostzijde lager is dan aan de westzijde. Ook is te zien dat in de straten de maaiveldhoogte lager is dan op de binnenterreinen en grasvelden.

## 2.4 Hydrologie

### Oppervlaktewater

In het gehele gebied dat in bijlage 1 is weergegeven wordt een peil gehandhaafd van NAP – 2,10 m. Volgens opgave van de projectontwikkelaar wordt het bestaande patroon gehandhaafd. Wel wordt het oppervlak van een tweetal sloten vergroot. Dit betekent dat de sloten iets worden verbreed. Voor de modelberekeningen heeft dit een zeer geringe invloed omdat de afstand tussen de sloten nauwelijks wijzigt.

### Grondwater

In het onderzoeksgebied staan negen peilbuizen waar de freatische (ondiepe) grondwaterstanden worden gemeten. Zie o.a. bijlage 4 voor de meetlocaties.

**Tabel 2.1 belangrijkste kenmerken peilbuizen**

| code    | Mv    | AW  | Gem   | Fluct | HgGWS | GemGWS | LgGWS | nov-98 |
|---------|-------|-----|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| E04071A | -0,79 | 150 | -1,90 | 0,73  | -1,53 | -1,90  | -2,26 | -1,78  |
| E04072A | -0,87 | 88  | -1,72 | 0,82  | -1,36 | -1,72  | -2,18 | -1,47  |
| E04170A | -0,67 | 118 | -1,77 | 0,76  | -1,46 | -1,77  | -2,22 | -1,48  |
| F04045A | -0,89 | 149 | -1,96 | 0,63  | -1,65 | -1,96  | -2,28 | -1,65  |
| F04046A | -0,30 | 150 | -1,99 | 1,40  | -1,01 | -1,99  | -2,41 | -1,70  |
| F04051A | -0,79 | 784 | -2,06 | 0,93  | -1,65 | -2,06  | -2,58 | -1,65  |
| F04052A | -0,75 | 158 | -2,11 | 0,94  | -1,60 | -2,11  | -2,54 | -1,88  |
| F04053A | -0,84 | 151 | -1,91 | 0,92  | -1,47 | -1,91  | -2,39 | -1,65  |
| F04126A | -0,72 | 151 | -2,24 | 0,99  | -1,66 | -2,24  | -2,65 | -2,06  |

#### Betekenis afkortingen in tabel

|        |   |                                                        |
|--------|---|--------------------------------------------------------|
| mv     | : | maaiveldhoogte in m tov NAP                            |
| aw     | : | aantal waarnemingen                                    |
| gem    | : | gemiddelde grondwaterstand in m tov NAP                |
| fluct  | : | fluctuatie grondwater (verschil tussen hggws en lggws) |
| hggws  | : | hoogste grondwaterstand in m tov NAP                   |
| lggws  | : | laagste grondwaterstand in m tov NAP                   |
| Nov-98 | : | grondwaterstanden die rond november 1998 zijn gem.     |

De fluctuaties van het grondwater zijn relatief groot. Dit betekent in het algemeen dat de grondwaterstanden aan het einde van de zomer 0,6 m – 1,4 m lager staan dan in de winter. Voor dit onderzoek worden de grondwaterstanden gebruikt die in november 1998 zijn gemeten. Dit is namelijk voor de meeste filters de periode waarin de hoogste grondwaterstanden over de totale meethistorie zijn gemeten. Uit gegevens van het KNMI blijkt dat oktober en november 1998 zeer natte maanden waren. Tevens is van belang dat rond het begin van de winter de verdamping ook gering is.

Wel moet worden bedacht dat gemiddeld zesmaal per jaar handmatig wordt gemeten en dat wellicht niet alle maxima zijn vastgesteld. De hoogste grondwaterstanden worden voor dit onderzoek als maatgevend beschouwd omdat deze binnen een stedelijk gebied als het meest ongunstig worden beschouwd. In de tabel zijn deze waarden in de laatste kolom weergegeven.

Een van de meest opvallende constatering is dat in de nabijheid van de sloten de grondwaterstanden uit 1998 bijna gelijk of soms *hoger* zijn (E04072) dan in het midden van het onderzoeksgebied. Ter controle zijn de gegevens van meerdere peilfilters die in de nabijheid van de sloten, de Slotervaart en de sloot langs de Aletta Jacobslaan, staan gecontroleerd. Deze filters zijn niet in het overzicht te zien. In vrijwel alle filters worden waterstanden gemeten die veel hoger zijn dan verwacht, gezien de relatief korte afstand tot open water. Dit betekent dat het ontwaterend vermogen van de sloten relatief gering is en dat het water de nodige weerstand ondervindt bij afstroming.

Bij een veldverkenning bleek dat langs de Slotervaart gemetselde kademuren aanwezig zijn die een goede ontwatering in dit deel van het gebied zullen belemmeren.

Tijdens dezelfde veldverkenning is de sloot langs de zuidzijde van het gebied verkend. Ook hier zijn twijfels over het ontwaterend vermogen omdat in de sloot een duidelijke sliblaag aanwezig is.

Als laatste moet worden vermeld dat de laagste grondwaterstanden in alle filters lager zijn dan het oppervlaktewaterpeil. Dit kan betekenen dat in het gebied mogelijk er een onderbolling aanwezig is. Een andere mogelijkheid is dat de filters deels onder het ophoogmateriaal staan, waardoor de grondwaterstand wordt *onderschat*.

### **Diep grondwater**

Waternet beheert tevens een meetnet met diepe filters in Amsterdam.

Uit de gegevens van deze filters blijkt dat de stijghoogte varieert van gemiddeld NAP – 3,10 m aan de noordzijde van het onderzoeksgebied tot gemiddeld NAP – 3,2 m aan de zuidzijde. Deze gegevens zijn in het rekenmodel vastgelegd.

Vergelijkt men de diepe stijghoogte met de ondiepe grondwaterstand dan blijkt dat het gebied een wegzijgingsgebied is waarbij ondiep grondwater wegzakt naar het diepere pakket.

### **Drainages**

In het onderzoeksgebied zijn geen drainages aanwezig die door Waternet worden beheerd. (bron Rioolweb) Wel is een uitgebreid stelsel van regenwaterriolering aanwezig dat grotendeels in 1954 is aangelegd.

### **Drooglegging**

De drooglegging is een maat voor de potentiële ruimte van het grondwater. Het is de verticale afstand tussen het maaiveldniveau en het lokale polderpeil. De gedachte is dat de laagste grondwaterstand in het algemeen niet lager kan worden dan het lokale polderpeil en dat de hoogste grondwaterstand niet hoger kan staan dan het maaiveld.

In de bijlage 3, waar de drooglegging is weergegeven, blijkt dat er in het algemeen in potentie voldoende ruimte is om een ideale grondwaterstand te realiseren. Waternet beschouwt een grondwaterstand die niet hoger komt dan 0,9 m onder maaiveld als ideaal. Onder veel woonblokken varieert de drooglegging van 1,3 tot 1,6 m. Wel valt ook hier op dat in de straten de drooglegging het minst is.

### **Ontwateringdiepte**

Een belangrijk gegeven bij het vaststellen van mogelijke grondwateroverlast is de ontwateringdiepte. De ontwateringdiepte is de afstand tussen het maaiveld en de *hoogste* grondwaterstand. Zoals genoemd is voor de bepaling de grondwaterstand gebruikt die in november 1998 is gemeten.

In bijlage 4 is de ontwateringdiepte met behulp van een stippenkaart weergegeven. Voor de kaart zijn gegevens van peilbuizen uit het Amsterdamse meetnet gebruikt. In het grootste deel van het gebied is de ontwateringdiepte voldoende of zelfs ideaal. Alleen in de noordzijde is de ontwateringdiepte gering maar nog steeds acceptabel. Waternet hanteert als regel dat maatregelen wenselijk zijn als de ontwateringdiepte minder is dan 0,5 m. Tussen de 0,5 m en de 0,7 m wordt de ontwateringdiepte in het algemeen acceptabel geacht.

## **2.5 Geplande kelders**

In bijlage 5 zijn de nog te realiseren parkeerkelders weergegeven. Vergelijkt men het niveau van de onderzijde van de garages met het geschatte niveau van de onderzijde van de zandlaag dan blijkt dat de twee nieuwe kelders in de noordwest zijde langs de Wilhelmina Druckerstraat dusdanig diep gaan dat het ophoogmateriaal volledig wordt geblokkeerd. Voor de twee andere kelders aan de oostzijde is de diepte zodanig dat aan de onderzijde van de garage ophoogmateriaal overblijft, aangenomen dat het gemiddelde niveau van de onderzijde van de zandlaag op NAP – 3,8 m ligt.

### 3 Modelonderzoek

Dit hoofdstuk beschrijft hoe het model is opgebouwd, welke aannamen zijn gebruikt en hoe het model is gekalibreerd. Een grondwaterstromingsmodel is een benadering van de werkelijkheid.

Er is sprake van een schematisering van de grond en de geohydrologische eigenschappen. De uitkomsten van het model moeten daarom worden gehanteerd als orde-grootte-uitkomsten waarbij het stromingsproces met name in kwalitatieve zin wordt beschreven.

Het hieronder beschreven model is doorgerekend met de MODFLOW-rekenmodule.

#### 3.1 Aannamen en modelkarakteristieken

Voor het rekenmodel zijn o.a. de volgende aannamen gedaan.

- Voor de berekeningen wordt een stationaire benadering toegepast en worden fluctuaties in de tijd buiten beschouwing gelaten. Dit betekent het te voorspellen effect een gemiddelde is.
- Omdat met een stationair model wordt gerekend, wordt voor de hoeveelheid neerslag die infiltreert eveneens een maximale waarde geschat.
- De gebruikte rekentechniek gaat uit van horizontale stroming in de watervoerende (zandige) lagen en verticale stroming in de slecht waterdoorlatende lagen.
- De grondwaterstanden en de stijghoogten die voor het onderzoek zijn gebruikt, zijn vastgelegd in de door Waternet beheerde grondwaterdatabase.
- De gemeten stijghoogte in de top van het eerste watervoerend pakket wordt niet gecorrigeerd voor het zoutgehalte.
- Gegevens betreffende geohydrologische parameters worden ontleend aan ervaringsgegevens met betrekking tot eerder uitgevoerd modelonderzoek.
- Het oppervlaktewater in het onderzoeksgebied heeft een vast peil, dat wil zeggen dat het peil van het oppervlaktewater niet fluctueert.
- Voor de berekeningen worden bodemlagen, voor zover deze in boringen en sonderingen zijn te onderscheiden, homogeen en isotroop verondersteld. De hydrologische eigenschappen zijn in alle richtingen gelijk.
- De bestaande en toekomstige kelders worden als volledig ondoorlatend beschouwd.
- Voor het openwaterpeil is uitgegaan van een vaste waarde van NAP – 2,1 m.
- Voor bebouwing en tuinen wordt uitgegaan van een stationaire neerslag.
- Omdat in de meeste sloten slib aanwezig is, wordt een intreeweerstand gehanteerd.
- Alle neerslag die op de nieuwe bebouwing (boven de parkeergarages valt, wordt direct via het regenwaterriool afgevoerd (infiltreert niet).

#### 3.2 Schematisering bodemopbouw

Een geohydrologisch model is opgebouwd uit modelpakketten die het gedrag van een bepaalde bodemlagen simuleren. In dit onderzoek wordt het gedrag van het ophoogmateriaal en de uitwisseling tussen het ophoogmateriaal en de diepere zandlaag als voornaamste invloeden gezien.

De schematisering hiervan is als volgt:

#### **Eerste modelpakket**

Dit pakket simuleert het gedrag van het ophoogmateriaal dat tijdens het bouwrijp maken is aangebracht. De onderzijde van de zogenaamde deklaag tussen het ophoogpakket en de eerste zandlaag wordt als weerstandslaag opgenomen aan de onderzijde van het eerste modelpakket.

#### **Tweede modelpakket**

Dit pakket simuleert het gedrag van het eerste watervoerende pakket. In het algemeen zijn dit de eerste en de tweede zandlaag tezamen.

### **3.3 Randvoorwaarden modelberekening**

Met behulp van randvoorwaarden kunnen o.a. de locaties worden aangegeven waar een vast waterpeil aanwezig is en kan worden aangegeven waar aanvulling van grondwater of onttrekking van grondwater plaatsvindt.

Voor het model gelden de volgende randvoorwaarden:

#### **Eerste modelpakket**

- Vaste grondwaterstanden voor het oppervlaktewater. De cellen in het model die het oppervlaktewater simuleren, krijgen een vaste waarde van NAP – 2,1 m.
- Vaste voeding door neerslag van 0,6 mm/dag over het gehele modelgebied. Deze waarde is hoger dan voor een simulatie van gemiddelde grondwaterstanden wordt gehanteerd. Omdat hier met maximale grondwaterstanden wordt gerekend (die immers maatgevend zijn) is een hogere waarde gekozen.

#### **Tweede modelpakket**

Vaste stijghoogten langs de randen van het model te weten :

- NAP – 3,1 m voor de noordrand
- NAP – 3,2 m voor de zuidrand

Het vastzetten van de randen heeft als doel om een noord-zuid gerichte stroming te simuleren.

### **3.4 Onzekerheden modelberekening**

In de voorgaande tekst zijn al een aantal onzekerheden betreffende de modelberekening genoemd. Voor de volledigheid worden de belangrijkste samengevat, te weten;

- De bodemopbouw is slechts in één straat vastgesteld. Voor het overige deel van het onderzoeksgebied zijn geen gegevens bekend. Het is dus niet met zekerheid vast te stellen of de geplande kelders het ophoogmateriaal volledig blokkeren of niet.
- In het noordelijk deel zijn de grondwaterstanden waarschijnlijk het hoogst. Deze stand is echter slechts in één filter gemeten. Onduidelijk is of dit voor het gehele deel van het onderzoeksgebied langs de Slotervaart geldt. Wel blijkt uit een controle van meerdere filters langs de Slotervaart dat de grondwaterstanden overal relatief hoog zijn.

- Zoals genoemd zijn de grondwaterstanden (nov 98) in de nabijheid van de sloten vrijwel gelijk aan of zelfs hoger dan de waterstanden in het centrum van het gebied. Normaliter neemt de grondwaterstand toe met een toenemende afstand tot de nabijgelegen sloot. Op dit moment is de meest voor de hand liggende verklaring voor het gemeten beeld dat centraal in het gebied grondwater wordt onttrokken door een lekkend rioleringsysteem. Dit is echter nog niet met zekerheid aangetoond.

### 3.5 Kalibratie

Het grondwatermodel is op basis van de hoogst gemeten grondwaterstanden gekalibreerd. De reden hiervoor is dat op deze wijze de minimale ontwateringdiepte kan worden vastgesteld. Een tweede reden is dat bij de hoogste grondwaterstanden de effecten het grootst zijn. Met effecten wordt hier de afname of toename van de grondwaterstand bedoeld.

Een probleem bij dit onderzoek is dat de grondwaterstanden in de nabijheid van de sloten gelijk zijn of soms hoger zijn dan in het centrum van het gebied.

Dit is in het model met twee verschillende aannames gesimuleerd:

- De weerstand van de sloten is verhoogd om de toestroming naar de sloten te verminderen. Uiteindelijk is een weerstand van 75 dagen toegepast om voldoende opbolling in de nabijheid van de sloten te simuleren.
- Uit gegevens van Rioolweb (de database van de sector Afvalwater met gegevens of rioleringen) blijkt dat in het gebied een oud regenwater-rioleringsysteem aanwezig is om overtollig regenwater af te voeren. Dit systeem is, zoals genoemd, grotendeels in 1954 aangelegd. Dat is nog voor de bouw van de meeste woningen. Aangenomen is dat dit systeem (onbedoeld) lekt en dus grondwater onttrekt. In het model zijn in het centrum een aantal lijnvormige elementen opgenomen om de lek van de regenwaterriolen te simuleren.
- Ook is de verticale hydraulische weerstand van de onderzijde van de deklaag verhoogd om de opbolling te vergroten.

In tabel 3-1 zijn de gehanteerde waarden voor de geohydrologische parameters weergegeven.

**Tabel 3-1: Waarden geohydrologische parameters na kalibratie**

| Modelpakket | Intreeweerstand<br>Sloten (dagen) | K-waarde<br>(m/dag) | Kd-waarde<br>(m <sup>2</sup> /dag) | C-waarde<br>(dagen) |
|-------------|-----------------------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------|
| 1           | 75                                | 7 / 3*              |                                    | 3500                |
| 2           | n.v.t.                            | -                   | 200                                |                     |

\* ter plaatse parkeergarage

In bijlage 6 is het berekend isohypsenpatroon met het gekalibreerde model weergegeven. In tabel 3.2 is de afwijking tussen de modelvoorspelling en de gemeten grondwaterstanden weergegeven.

**Tabel 3-2: Verschil tussen voorspelling en gemeten grondwaterstand**

| code    | Verschil tussen kalibratie en meting (m) | Locatie       |
|---------|------------------------------------------|---------------|
| E04072A | -0,15                                    | Rand model    |
| F04126A | +0,37                                    | Rand model    |
| F04046A | -0,08                                    | Rand model    |
| E04170A | -0,01                                    | Centrum model |
| E04071A | +0,01                                    | Centrum model |
| F05053A | -0,06                                    | Centrum model |
| F04052A | +0,09                                    | Centrum model |
| F04051A | -0,01                                    | Centrum model |
| F04045A | 0,08                                     | Centrum model |

De afwijkingen in het centrum van het model zijn zeer gering, terwijl aan de rand de afwijkingen groter zijn. De afwijking van filter F04037 wordt niet verder gecorrigeerd omdat in de nabijheid van dit filter een onbekende onttrekking aanwezig is.

## **4 Berekeningsresultaat**

In dit hoofdstuk wordt het resultaat van de berekeningen beschreven.

In bijlage 7 is het berekeningsresultaat als verschilberekening weergegeven. Het gaat hier om het verschil tussen een berekening met kelders en een berekening zonder kelders.

Te zien is dat aan de noordzijde van de noordwestelijk gelegen kelders een toename van de grondwaterstand optreedt en aan de zuidzijde een afname.

De andere kelder aan de oostzijde van het gebied heeft nauwelijks invloed vanwege de aanname dat onder de kelder een deel van het ophoogmateriaal aanwezig blijft.

## 5 Conclusies en aanbevelingen

Uit de berekening met het grondwaterstromingsmodel blijkt het volgende:

- De twee noordwestelijk gelegen toekomstige kelders zorgen aan de noordzijde voor een toename van de grondwaterstand. Omdat de maximale grondwaterstanden hier al kritisch zijn, is het optreden van grondwateroverlast reëel.
- De ontwateringdiepte in de eindfase voldoet aan de noordzijde van de nieuwe geplande kelders langs de Plesmanlaan vrijwel zeker niet aan de door Waternet minimale wenselijk geachte waarden.

### 5.1 Aanbevelingen

De volgende aanbevelingen worden gedaan :

- Alle neerslag die op de nog te realiseren bebouwing valt direct af te voeren naar het oppervlaktewater.
- Beheersmaatregelen te nemen rondom de twee nieuwe kelders langs de Plesmanlaan. Het meest eenvoudig is het aanbrengen van een strook goed doorlatend draineerzand van minmaal 0,5 m breedte rondom beide kelders, direct tegen de kelderwand. Verstandig is om dit pakket vanaf maaiveld tot de onderzijde van de ontgraving aan te brengen. In dit pakket dient een drain te worden aangebracht eveneens rondom de kelders op een minimale diepte van NAP – 2,10 m. Dit vanwege het feit dat de drain onder water dient te liggen. De drain dient direct op open water te lozen.
- Twee freatische peilbuizen ten noorden van de twee meest diep gelegen kelders te plaatsen om het actuele grondwaterstandverloop te meten en de mogelijke veranderingen in de toekomst. Zoals genoemd is dit de meest kritische locatie in het gebied. De filters dienen ruim voor de aanvang van de bouwwerkzaamheden te worden geplaatst en te worden bemeten tot circa 1 jaar na realisatie van de kelders. Op deze wijze kan de invloed op de grondwaterstanden worden vastgesteld.
- De locaties zijn :
  - ter hoogte van Plesmanlaan huisnr. 75/110
  - ter hoogte van Plesmanlaan huisnr. 39/74

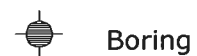
Daarnaast wordt het stadsdeel twee maatregelen in overweging gegeven om het ontwaterend vermogen van de sloten rondom het gebied te verbeteren.

Deze maatregelen zijn:

- Het perforeren van de gemetselde kademuur ter weerszijden van de Slotervaart. Dit om het ontwaterend vermogen van deze sloot te vergroten.
- De sloten rondom het onderzoeksgebied uit te baggeren en mogelijkterwijs minimaal te verdiepen (indien nodig) tot een niveau van NAP – 3,80 m.

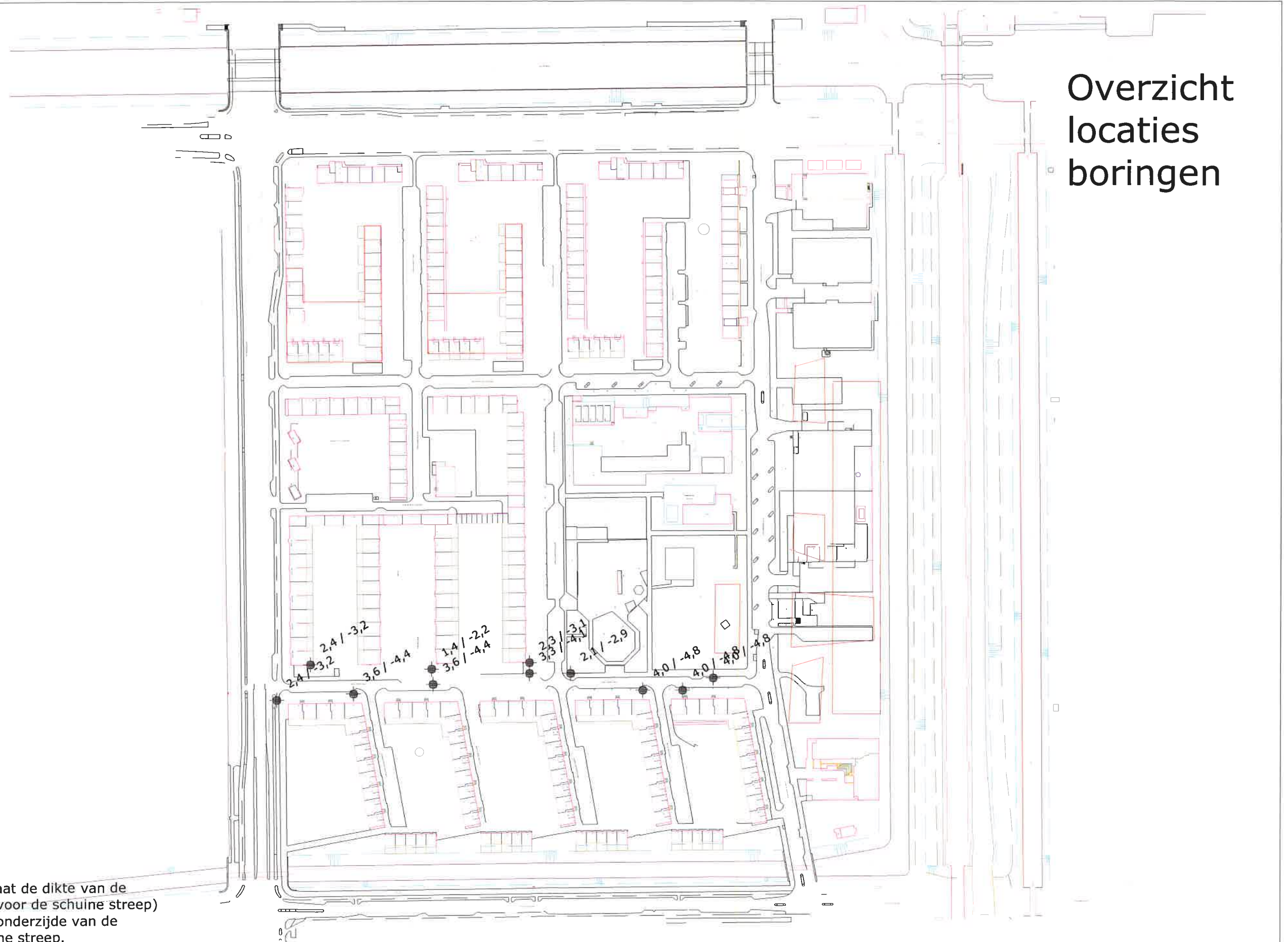
# Overzicht locaties boringen

## Legenda

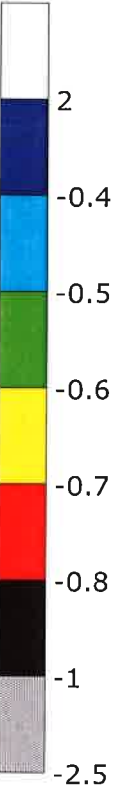
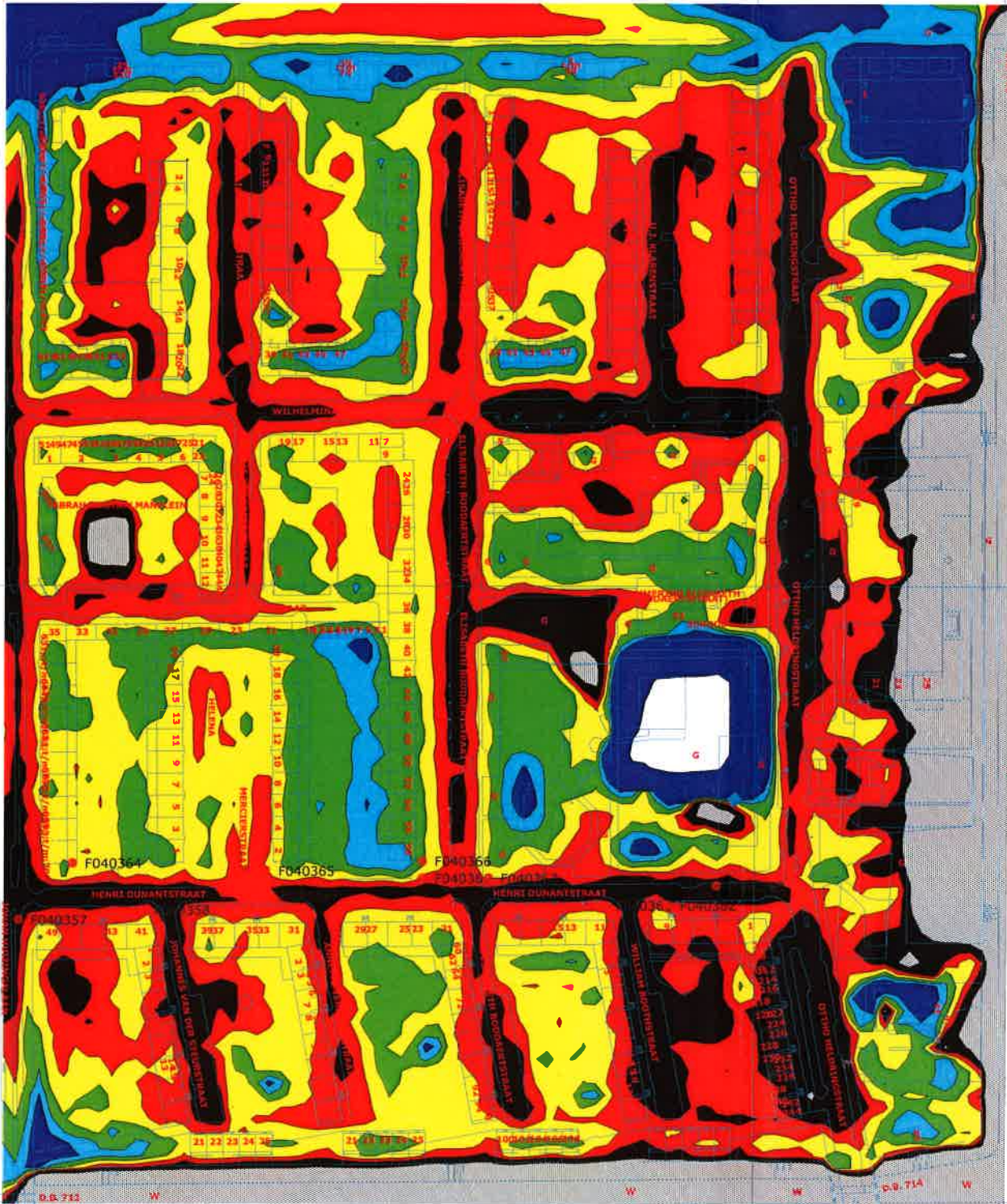


Boring

Boven het symbool staat de dikte van de ophooglaag vermeld (voor de schuine streep) en het niveau van de onderzijde van de zandlaag (na de schuine streep).



# Maaiveldhoogte

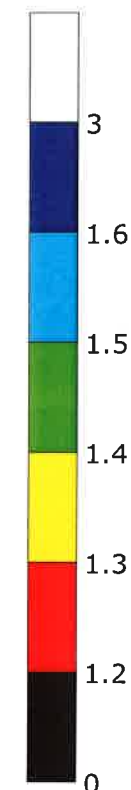
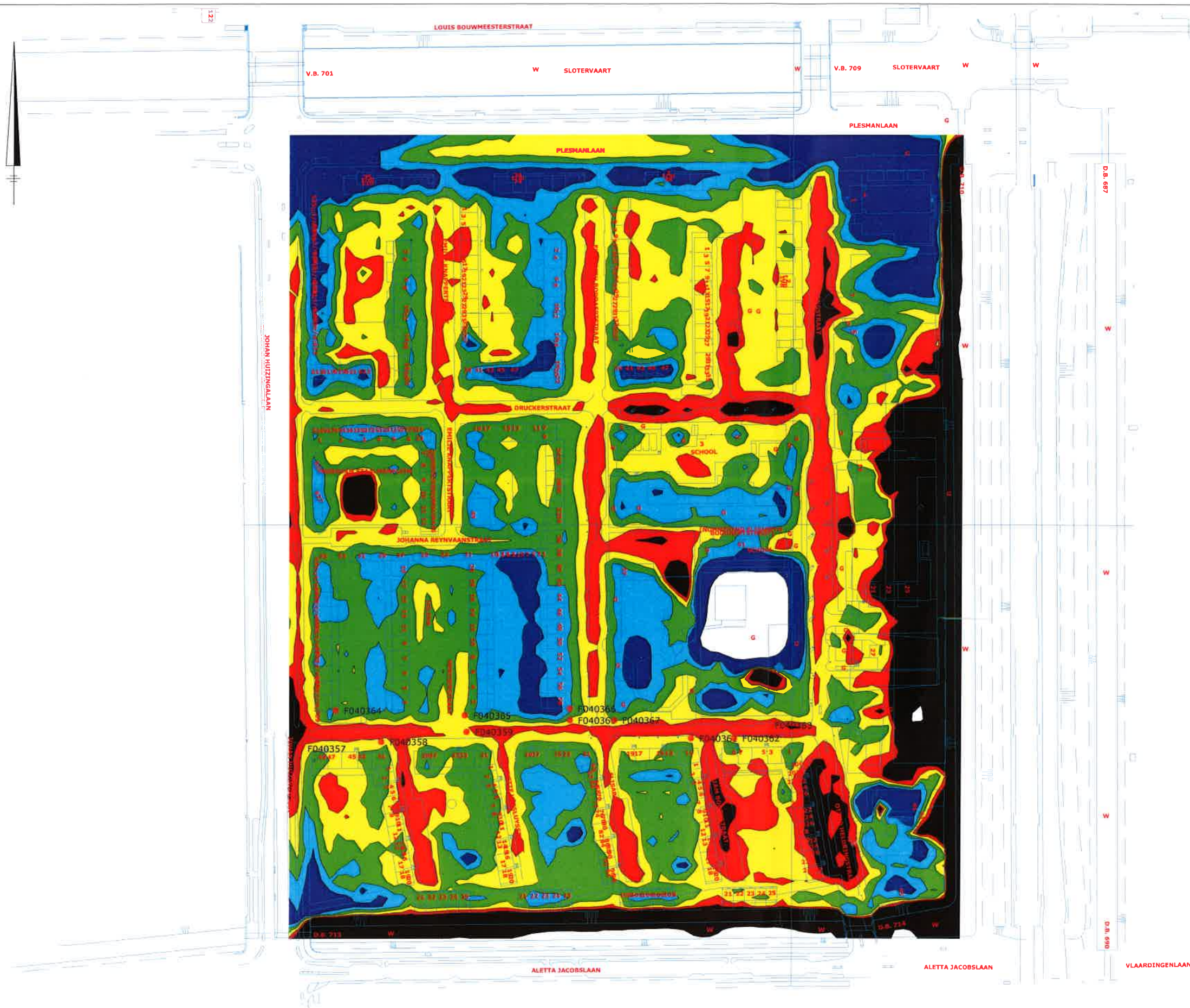


## Legenda

 Boring

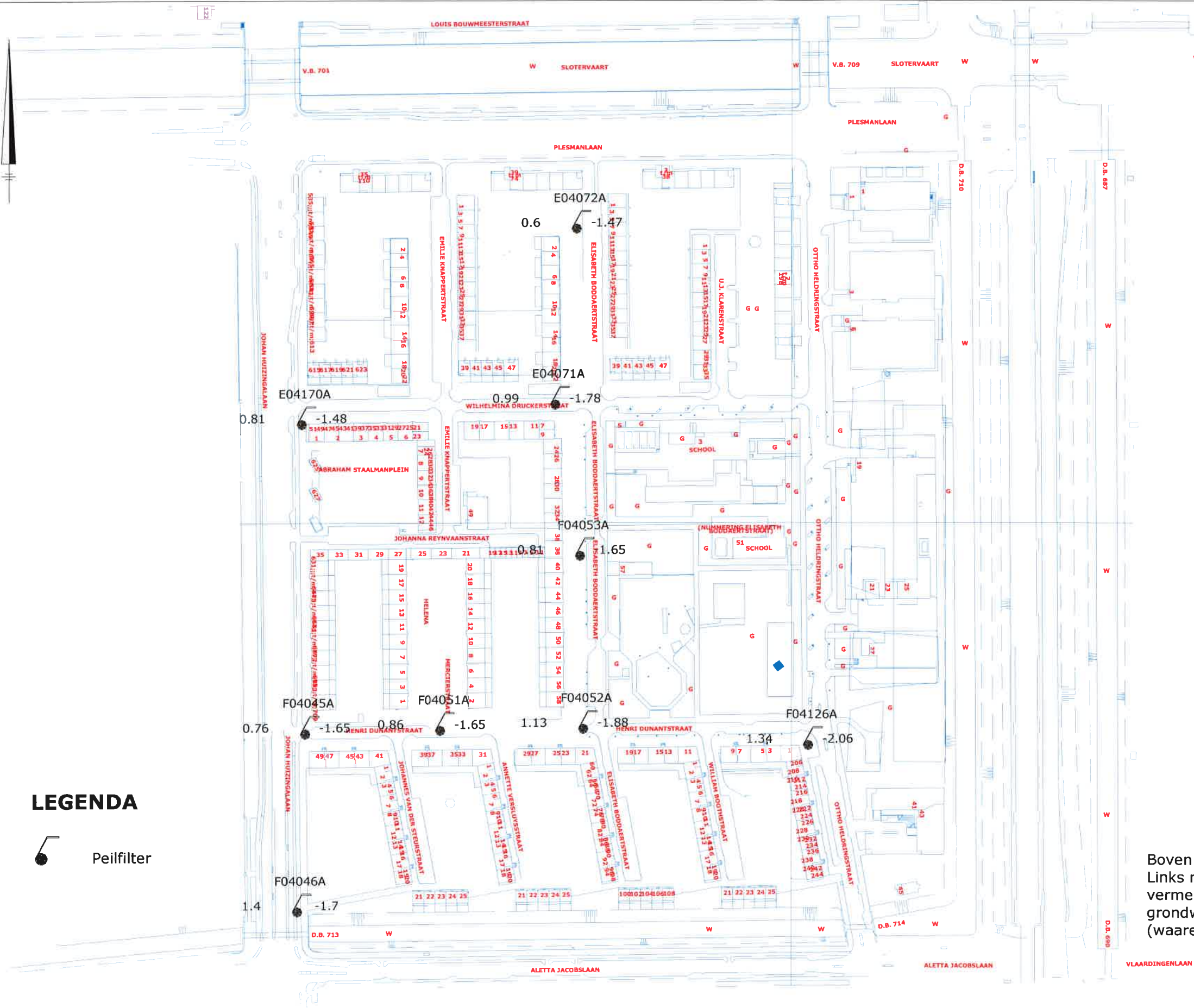
In de bijlage is de maaiveldhoogte weergegeven, zoals deze is afgeleid van de Algemeen Hoogtekaart Nederland. Waarden in m tov NAP.

# Drooglegging



In de bijlage is de drooglegging weergegeven  
De drooglegging is het verschil tussen het  
maaiveldniveau en het lokale polderpeil.  
Waarden in m

# Stippenkaart ontwateringdiepte

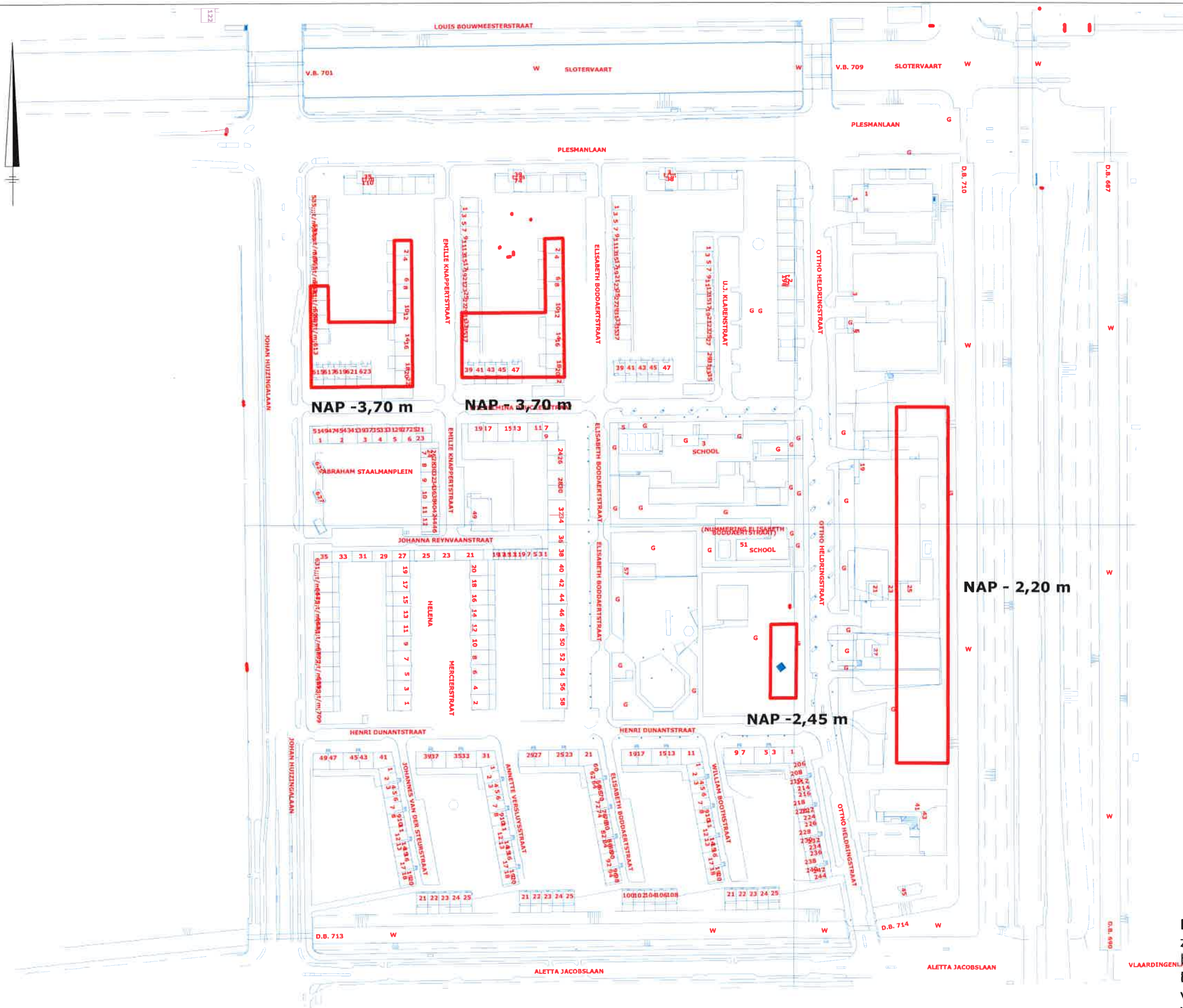


## LEGENDA

 Peilfilter

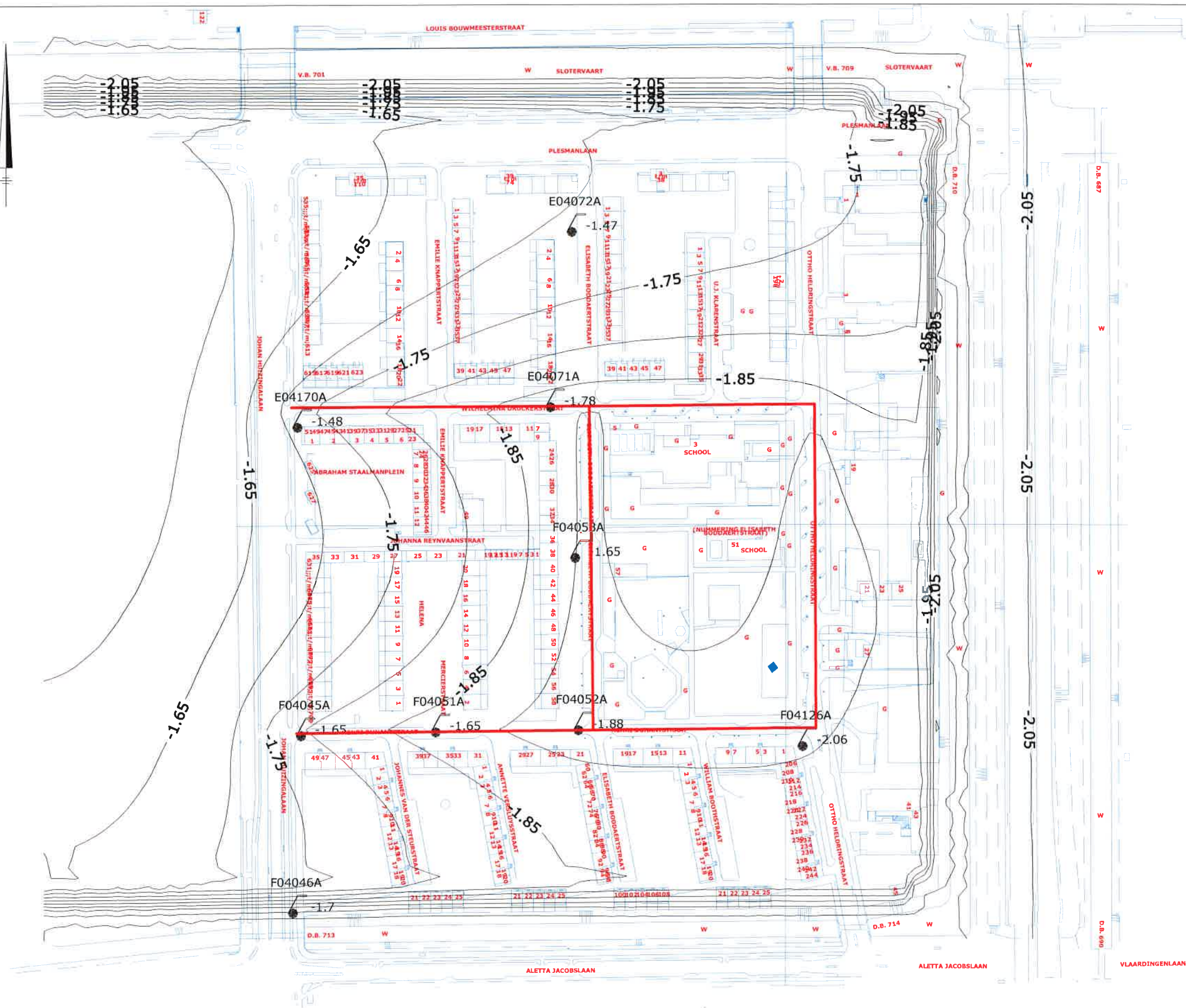
Boven het symbool staat de filtercodering vermeld. Links naast het symbool is de ontwateringdiepte (in m) vermeld en rechts naast het symbool de grondwaterstand die rond november 1998 is gemeten (waaren in m tov NAP).

# Geplande kelders



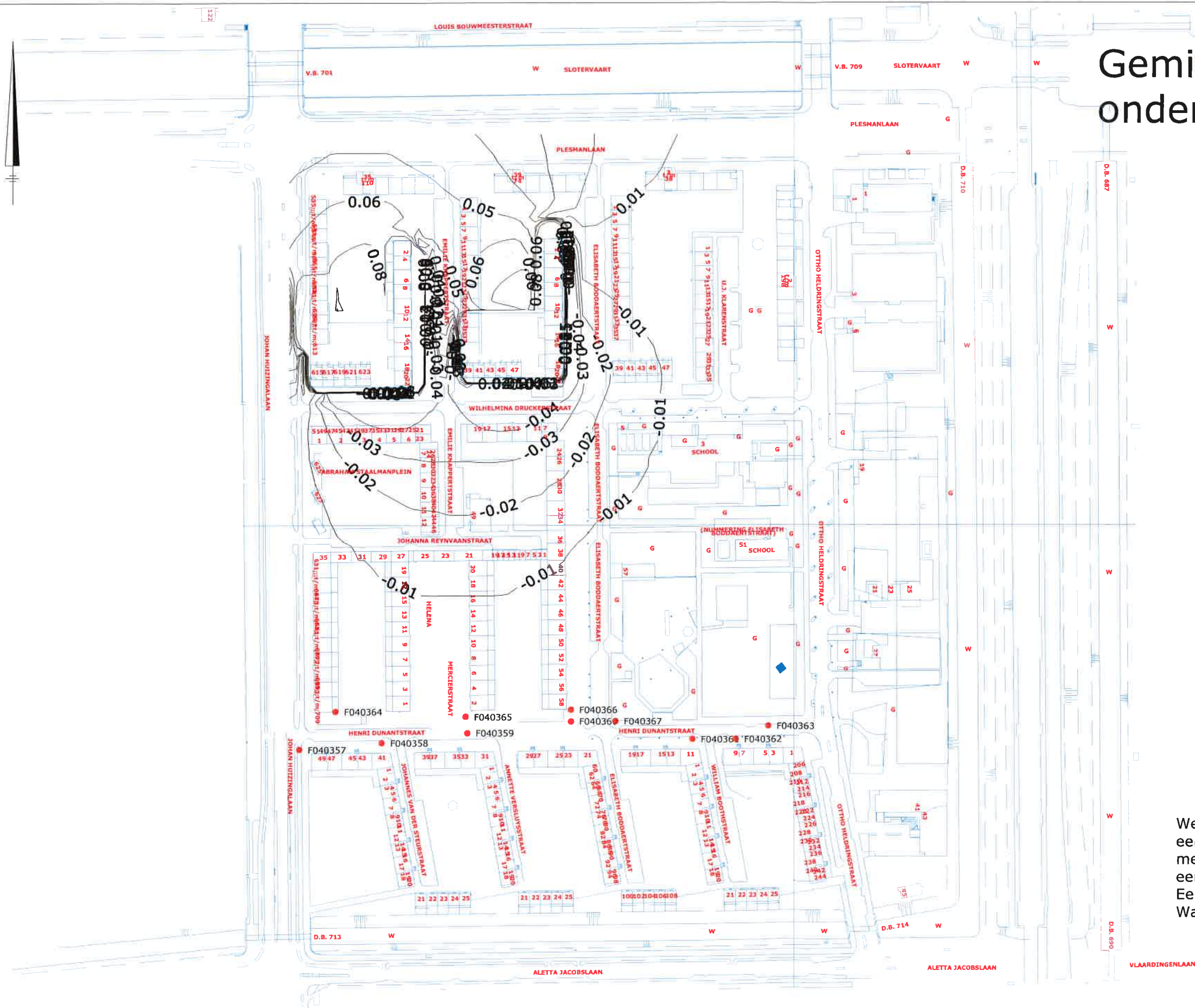
De contouren van de geplande kelders zijn met rode lijnen aangegeven. Er zijn geen bestaande kelders bekend. Bij de kelders is het niveau van de onderzijde van de betonconstructie weergegeven. Waarden in m tov NAP

# Berekend isohypsenpatroon met model



In de figuur is het berekend isohypsenpatroon zoals het model dat berekend weergegeven. Tevens zijn met rode lijnen de gesimuleerde lekkende regenwaterriolen weergegeven. Waarden in m tov NAP

# Gemiddelde verandering onder invloed kelders



Weergegeven is het berekend verschil tussen een situatie zonder kelders en een situatie met kelders. Een positieve waarde betekent een gemiddelde toename van de grondwaterstand. Een negatieve waarde betekent een afname. Waarden in m.

Overzicht  
locaties  
boringen

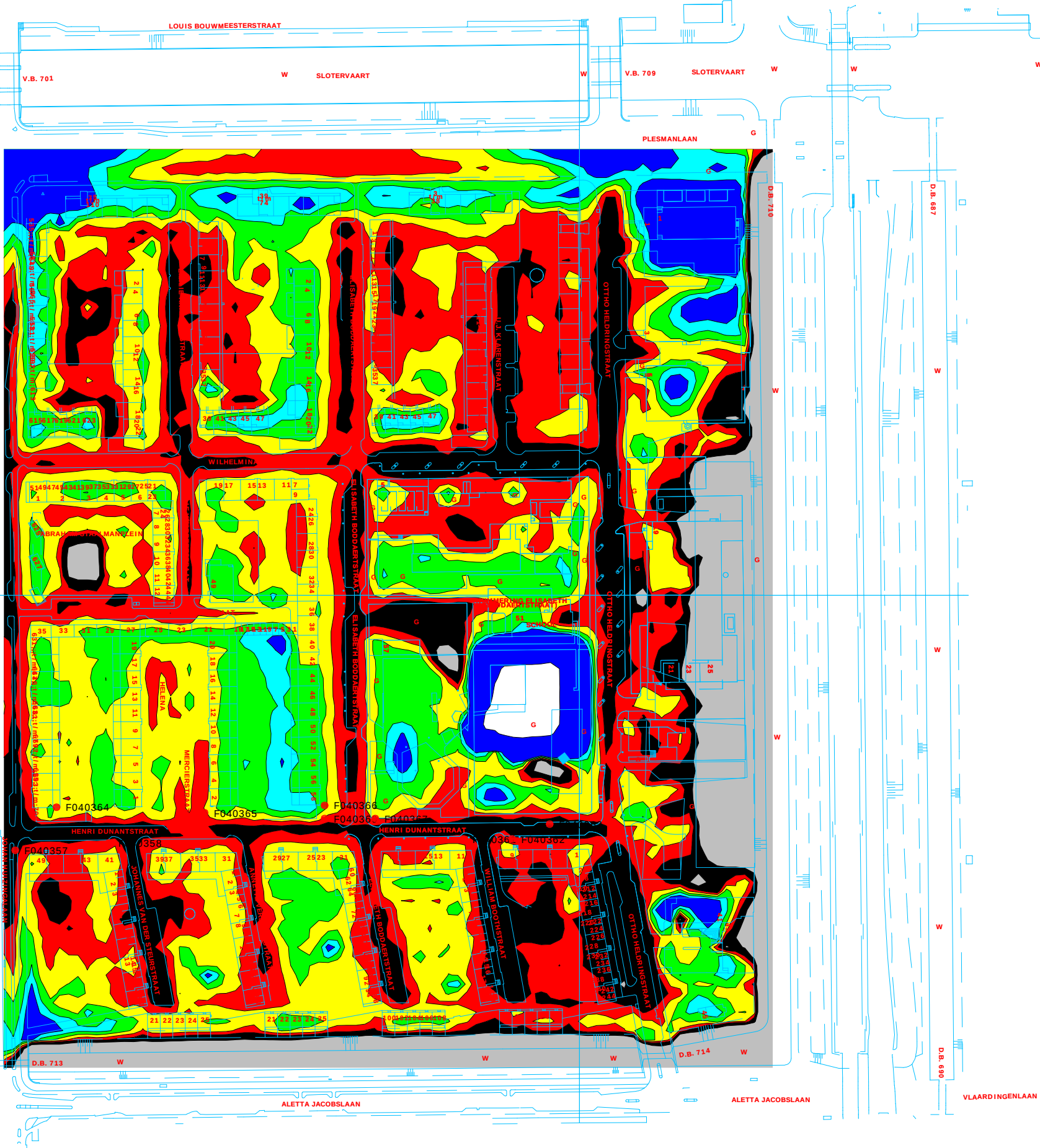
at de dikte van de  
voor de schuine streep)  
onderzijde van de



Boring

0.

# Maaiveldhoogte

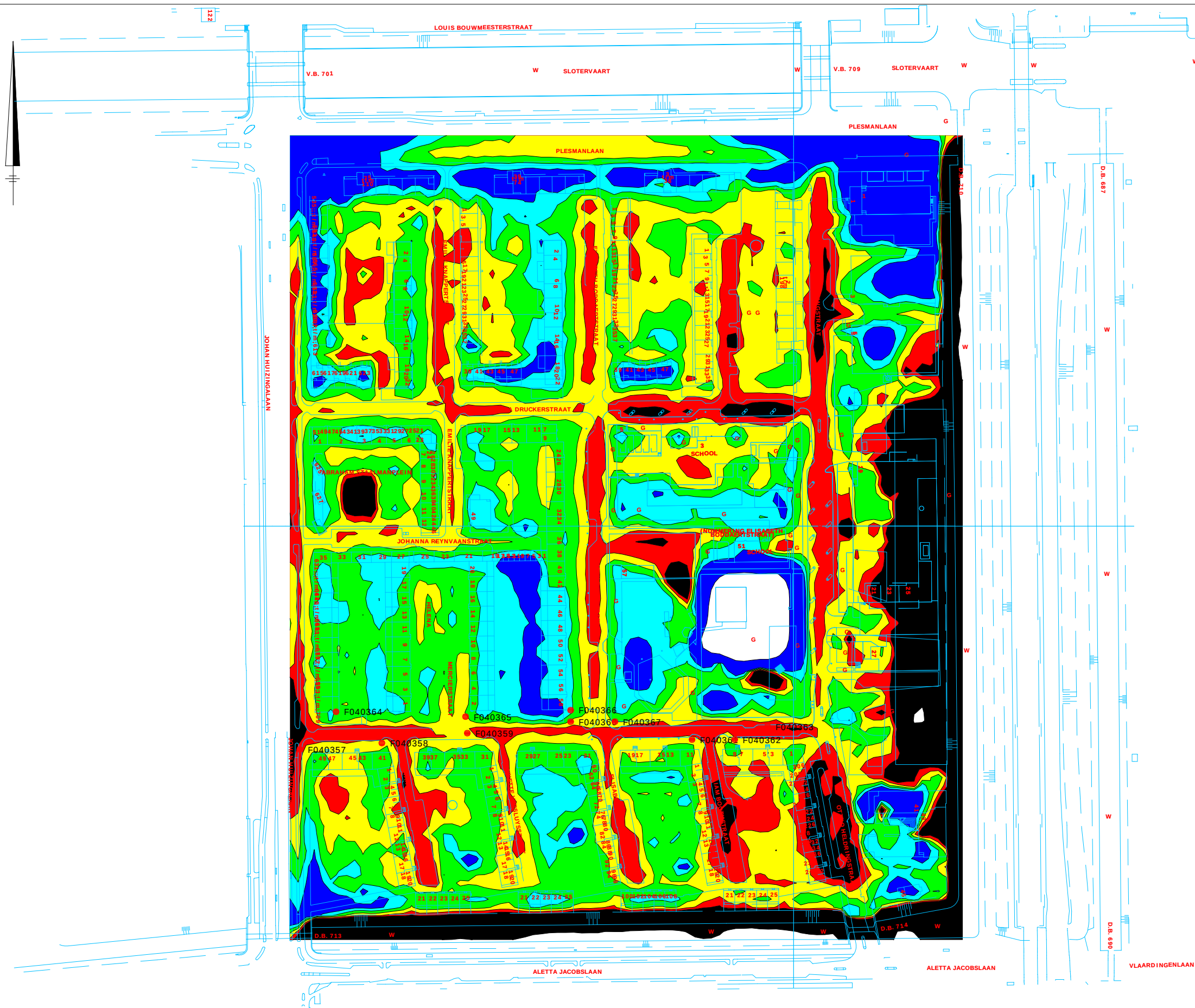


## Legenda

Boring

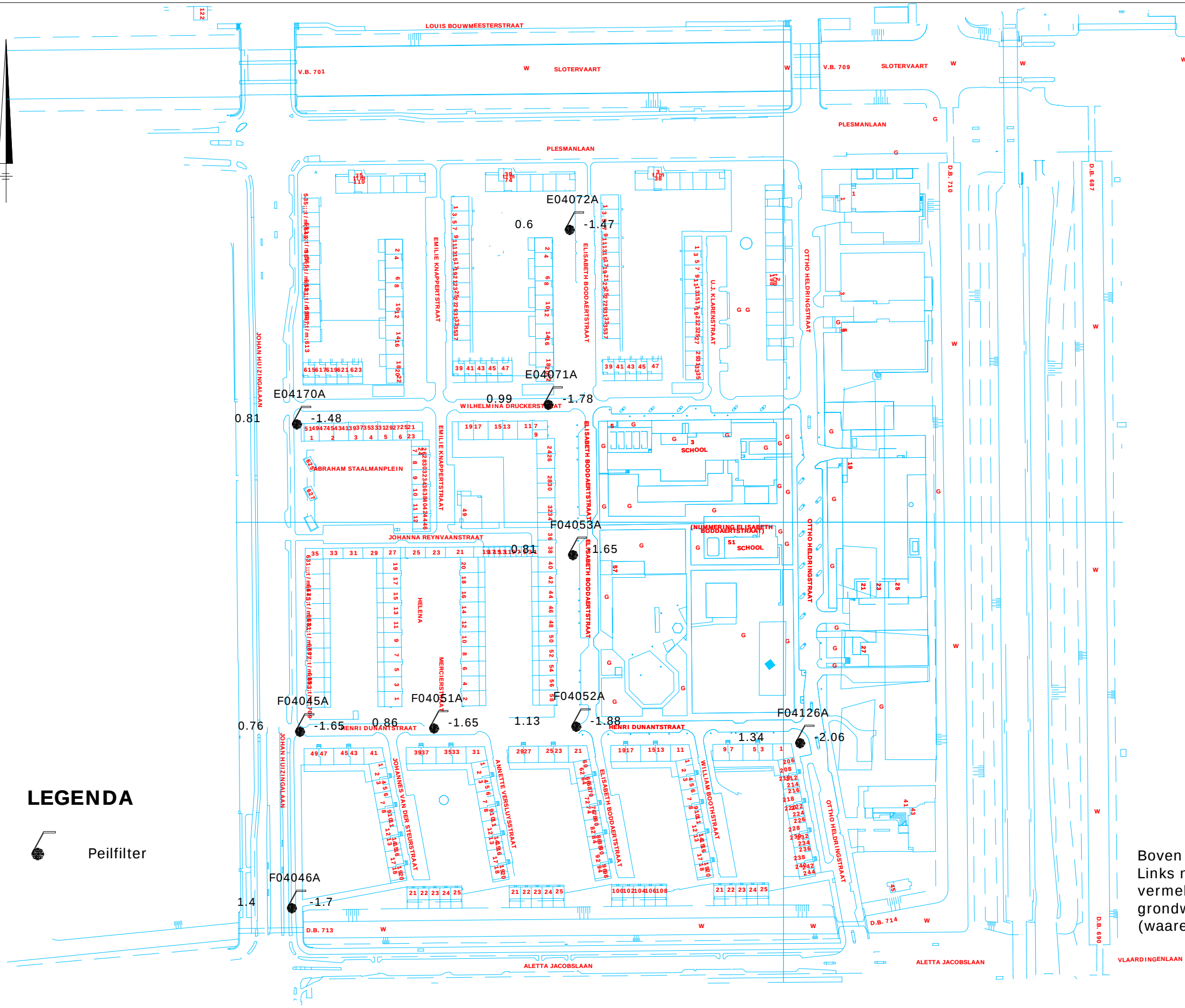
In de bijlage is de maaiveldhoogte weergegeven, zoals deze is afgeleid van de Algemeen Hoogtekaart Nederland. Waarden in m tov NAP.

# Drooglegging



In de bijlage is de drooglegging weergegeven. De drooglegging is het verschil tussen het maaiveldniveau en het lokale polderpeil. Waarden in m

# Stippenkaart ontwateringdiepte

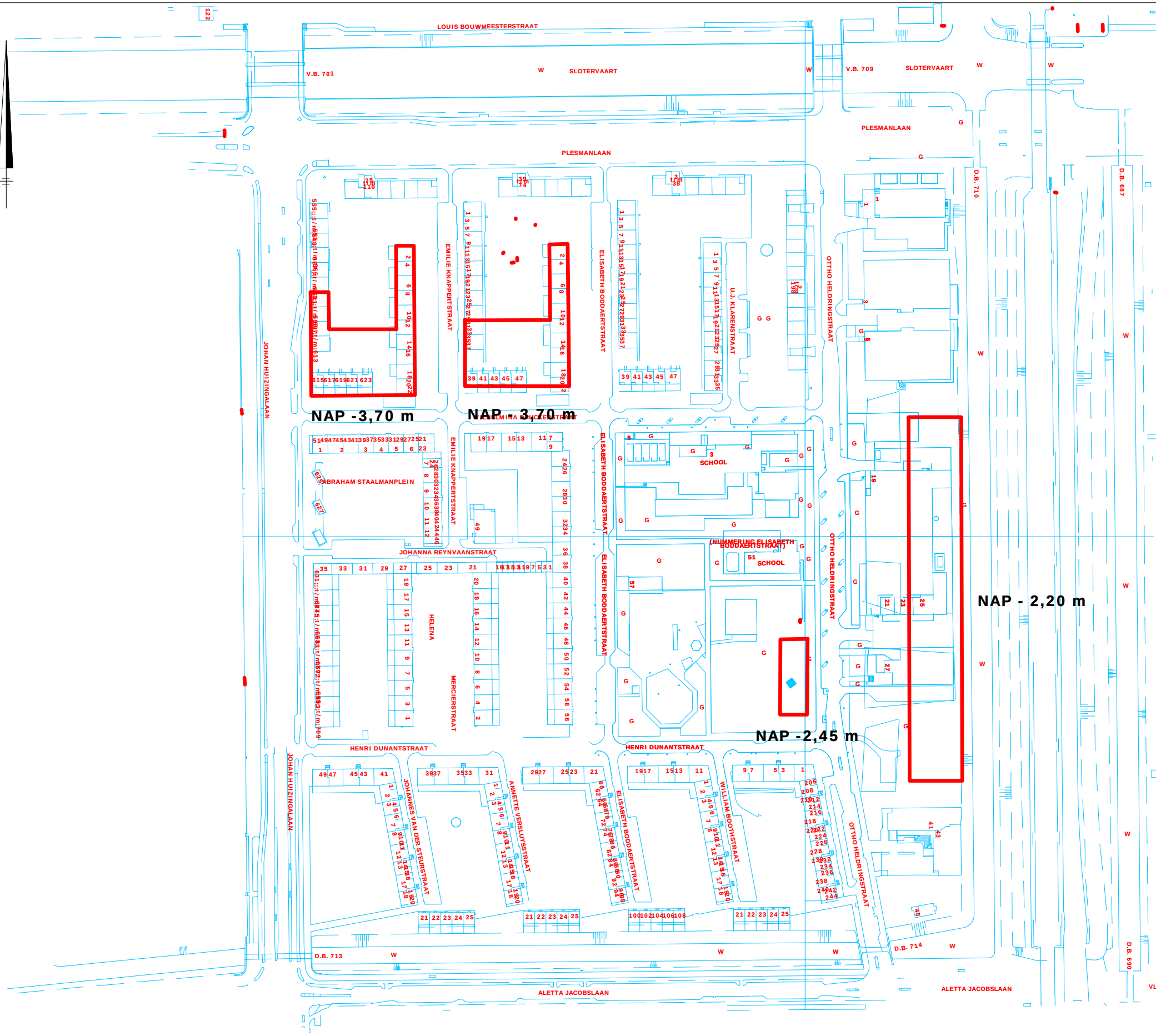


## LEGENDA

 Peilfilter

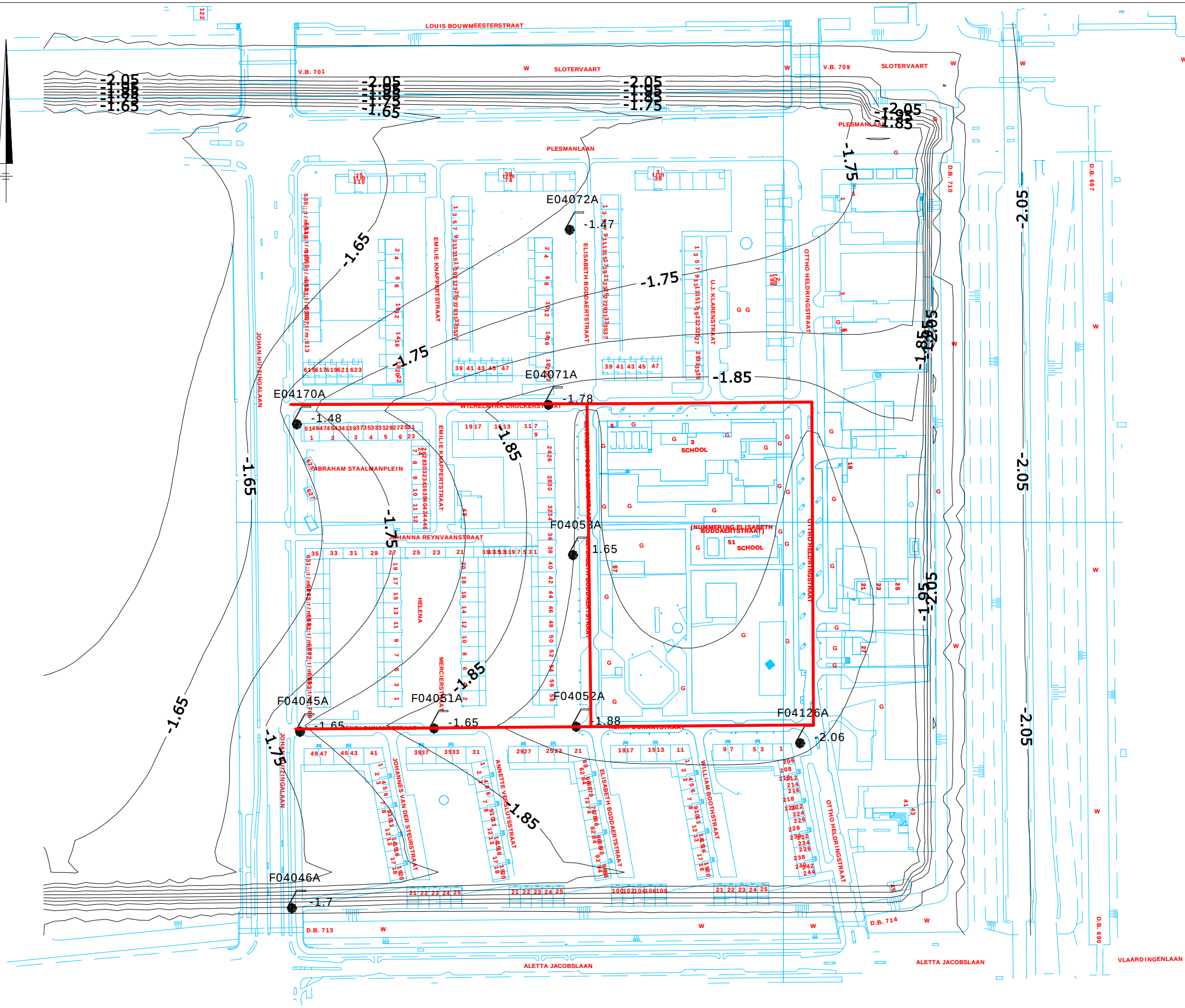
Boven het symbool staat de filtercodering vermeld.  
Links naast het symbool is de ontwateringdiepte (in m)  
vermeld en rechts naast het symbool de  
grondwaterstand die rond november 1998 is gemeten  
(waaren in m tov NAP).

# Geplande kelders



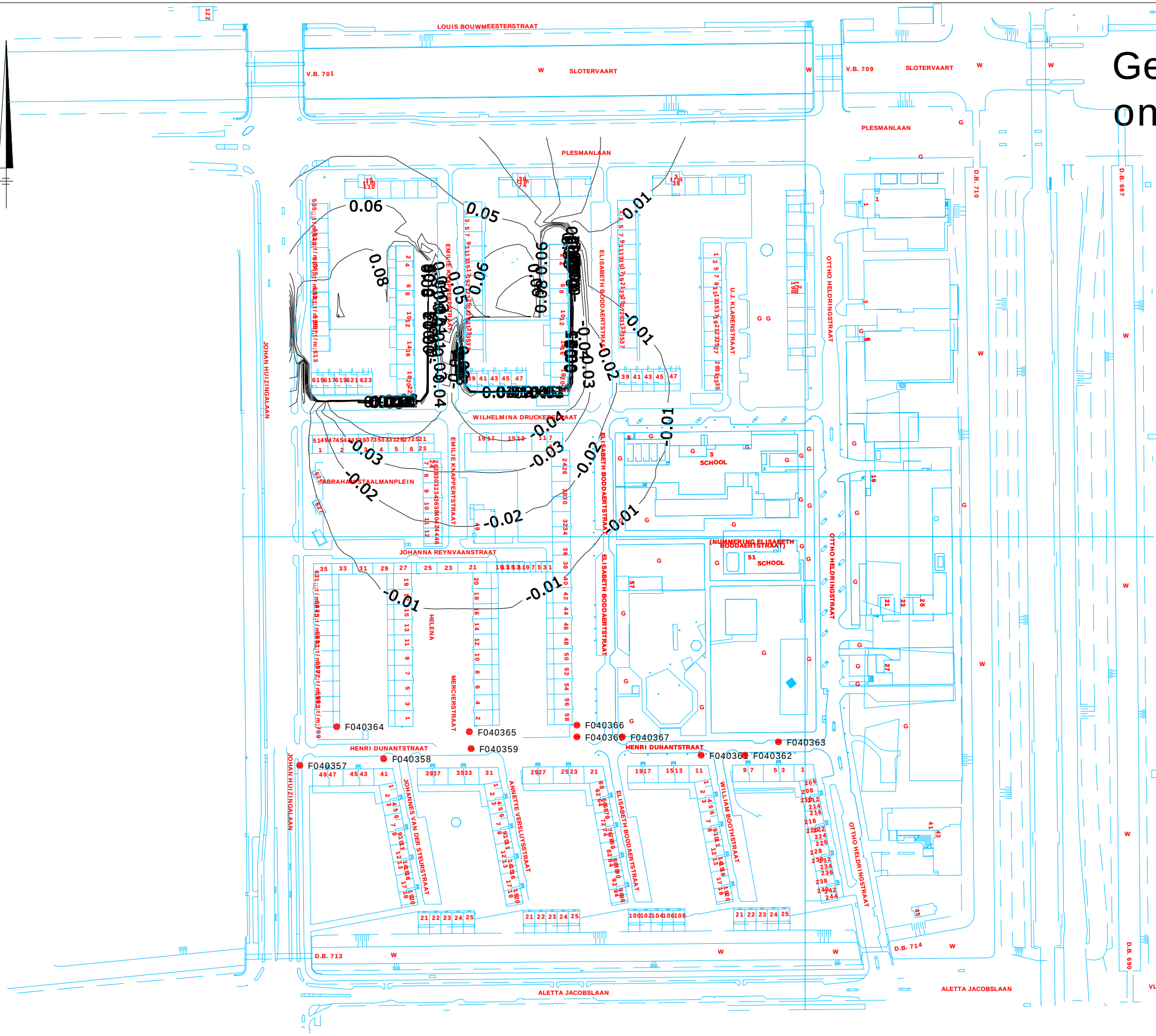
De contouren van de gepalsande kelders zijn met rode lijnen aangegeven. Er zijn geen bestaande kelders bekend. Bij de kelders is het niveau van de onderzijde van de betonconstructie weergegeven. Waarden in m tov NAP

# Berekend isohypsenpatroon met model



In de figuur is het berekend isohypsenpatroon zoals het model dat berekend weergegeven. Tevens zijn met rode lijnen de gesimuleerde lekkende regenwaterriolen weergegeven. Waarden in m tov NAP

# Gemiddelde verandering onder invloed kelders



Weergegeven is het berekend verschil tussen een situatie zonder kelders en een situatie met kelders. Een positieve waarde betekent een gemiddelde toename van de grondwaterstand. Een negatieve waarde betekent een afname. Waarden in m.