

DEFINITIEF  
Versie 1  
26 maart 2010  
51214/snk



Gemeente Amsterdam  
**Ingenieursbureau**

Land & Water

## Grondwatertoets Jeruzalem



### Auteur

J.J.M. Steenbergen

### Opdrachtgever

Stadsdeel Oost-Watergraafsmeer

### Projectnummer

50330

| Autorisatie | Naam               | Paraaf     | Datum    |
|-------------|--------------------|------------|----------|
| opstelling  | J.J.M. Steenbergen | <i>JJM</i> | 26/05/10 |
| controle    | I.C. Calvelage     | <i>ICC</i> | 26/5/10  |
| vrijgave    | I.C. Calvelage     | <i>ICC</i> | 26/5/10  |

## Inhoudsopgave

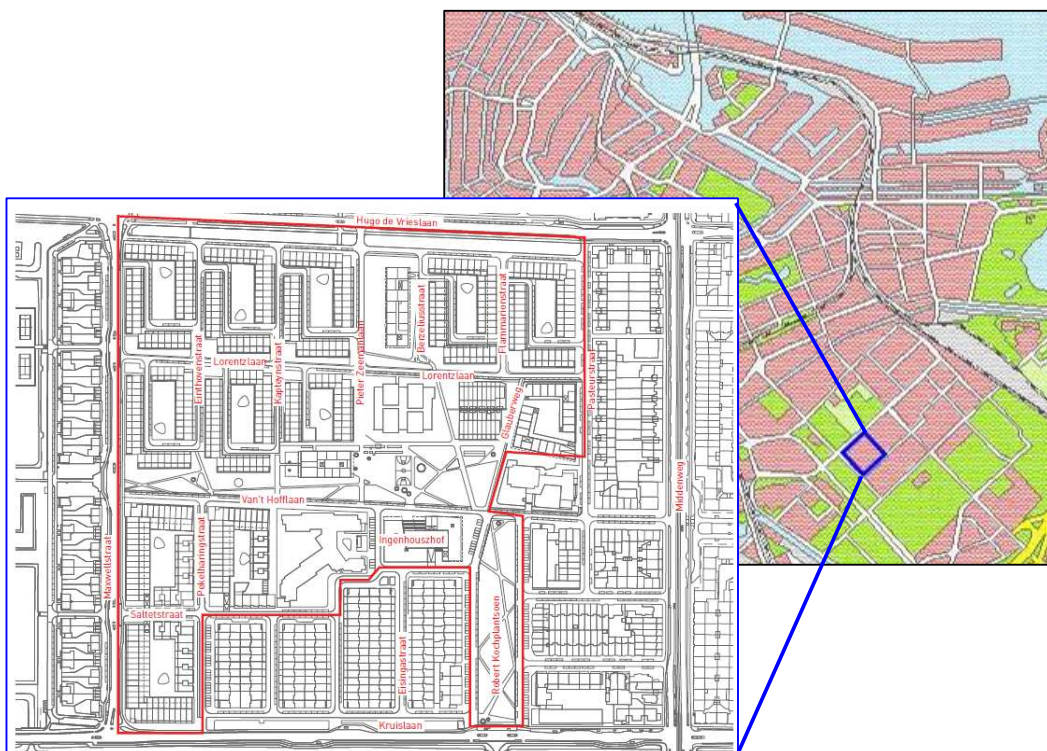
|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Inleiding .....</b>                        | <b>2</b>  |
| <b>2</b> | <b>Basisinformatie en uitgangspunten.....</b> | <b>3</b>  |
| 2.1.     | Basisinformatie .....                         | 3         |
| 2.2.     | Uitgangspunten.....                           | 3         |
| <b>3</b> | <b>Gebiedsbeschrijving .....</b>              | <b>5</b>  |
| 3.1.     | Watersysteem.....                             | 5         |
| 3.2.     | Bodemopbouw.....                              | 6         |
| 3.3.     | Grondwaterstanden .....                       | 6         |
| <b>4</b> | <b>Grondwatertoets .....</b>                  | <b>7</b>  |
| 4.1.     | IJking grondwatermodel .....                  | 7         |
| 4.2.     | Grondwatertoets .....                         | 10        |
| <b>5</b> | <b>Conclusie en aanbevelingen .....</b>       | <b>16</b> |
| 5.1.     | Conclusie .....                               | 16        |
| 5.2.     | Mitigerende maatregelen .....                 | 17        |
| 5.3.     | Aanbevelingen .....                           | 19        |
| <b>6</b> | <b>Bronvermelding .....</b>                   | <b>20</b> |

## Bijlagen

|     |  |   |
|-----|--|---|
| 1 – | Peilbuisgegevens Waternet.....             | 1 |
| 2 – | IJking grondwatermodel.....                | 4 |
| 3 – | Gemeten freatische grondwaterstanden ..... | 7 |

# 1 Inleiding

De wijk Jeruzalem in stadsdeel Oost-Watergraafsmeer wordt gerenoveerd. Tijdens de renovatie zullen onder andere vijf parkeerkelders worden gerealiseerd. De plannen voor deze renovatie zijn vastgelegd in het stedenbouwkundig plan Jeruzalem [bron 1].



**Figuur 1:** overzicht van de ligging en de grens van het projectgebied

Stadsdeel Oost-Watergraafsmeer (gemeente Amsterdam) heeft Ingenieursbureau Amsterdam (IBA) verzocht een grondwatertoets voor de nieuw aan te leggen parkeerkelders uit te voeren. Dit is gedaan met behulp van een indicatief grondwatermodel dat is opgesteld met MicroFEM [bron 2].

Doel van dit onderzoek is:

- vaststellen wat het effect is van de aanleg van de kelders in de wijk Jeruzalem op de freatische grondwaterstand;
- toetsen of na aanleg van de kelders nog steeds aan de gemeentelijke grondwaternorm wordt voldaan;
- het voorstellen van mitigerende maatregelen indien niet aan de grondwaternorm wordt voldaan wordt.

## 2 Basisinformatie en uitgangspunten

### 2.1. Basisinformatie

We hanteren de volgende basisinformatie:

- meetserie grondwaterstanden van de afgelopen vijf jaar van Waternet (zie bijlage 1) [bron 3];
- boringen en sonderingen uit het archief van IBA [bron 4];
- informatie met betrekking tot de bodemopbouw beschikbaar bij stadsdeel Oost-Watergraafsmeer [bron 5].

### 2.2. Uitgangspunten

De onderstaande uitgangspunten worden gehanteerd.

- De locatie van de nieuw aan te leggen kelders is gebaseerd op de informatie uit het stedenbouwkundig plan Jeruzalem [bron 1], zie Figuur 2.



**Figuur 2:** locatie van de geplande parkeerkelders (blauw gearceerd)

- De onderkant van de vloer van de geplande kelders ligt in de slecht doorlatende laag, onder het freatische pakket. Dit betekent dat de freatische grondwaterstroming ter plaatse van de kelders volledig geblokkeerd wordt.
- De grondwatoets wordt uitgevoerd voor het cumulatieve effect van alle kelders.
- Bij deze grondwatoets wordt op verzoek van stadsdeel Oost-Watergraafsmeer het effect van de nieuwe kelders getoetst aan de norm voor kruipruimteloos bouwen (grondwaterstand ten minste 0,5 m onder het maaiveld).
- In de rest van het gebied wordt uitgegaan van de grondwaternorm voor bestaand gebied, dat wil zeggen dat de grondwaterstand als gevolg van de aanleg van de kelders niet mag verslechteren.

#### Gemeentelijk grondwater beleid

- Waternet voert de gemeentelijke grondwaterzorgplicht in opdracht van gemeente Amsterdam. In bestaand gebied is de norm dat er geen of een verwaarloosbaar grondwatereffect op de omgeving is.
- De gemeentelijke grondwaternorm is vastgelegd in de nota 'Leven met grondwater' [bron 6] en de nota 'Grondwater Amsterdam 2007-2011', Waternet oktober 2007 [bron 7]. Het rapport maakt deel uit van het gemeentelijk waterplan. Waternet treedt op als handhaver van dit beleid in gevolge de gemeentelijke zorgplicht voor grondwaterbeheer.
- Voor toetsing aan de gemeentelijke grondwaternorm gaat men uit van de grondwaterstand die ten hoogste eenmaal per 2 jaar mag voorkomen gedurende maximaal 5 aaneengesloten dagen. Hiervoor heeft Waternet een berekeningssystematiek ontwikkeld.
- In de nota 'Leven met Grondwater' [bron 6] wordt de systematiek aangegeven voor de theoretische toetsing van de grondwaternorm (DWR systematiek). Daarbij wordt een stationaire neerslag van 2,5 mm/dag voor een periode van 2 jaar gevolgd door een periode van 10 dagen met een maatgevende neerslag van 7,2 mm/dag. Het deel van deze neerslag, dat effectief infiltreert (= infiltratie – verdamping), is afhankelijk van het terreingebruik.
- In nieuw in te richten gebieden moet de gemeentelijke ontwateringsnorm in principe door duurzame maatregelen gehandhaafd worden. Wanneer niet wordt voldaan aan de grondwaternorm, geldt een voorkeursvolgorde van maatregelen. Waternet heeft een voorkeur voor het ophogen van het maaiveld of voor het graven van watergangen. Grondverbetering heeft minder de voorkeur, als laatste optie volgen de grindkoffers en drainage.



## 3 Gebiedsbeschrijving

### 3.1. Watersysteem

De wijk Jeruzalem is gelegen in de polder Watergraafsmeer waar een streefpeil van NAP - 5,5 m gehandhaafd wordt. De polder is een diepe droogmakerij die gelegen is in de boezem Amstelland. In de polder bevinden zich enkele onderbemalingen (voornamelijk sportparken). Deze liggen echter allemaal buiten het onderzoeksgebied.

De wijk Jeruzalem wordt aan drie zijden omgeven door water, parallel aan de Hugo de Vrieslaan loopt de Molenwetering. Verder naar het noord-westen loopt de Molenwetering door, evenwijdig aan het Archimedesplantsoen en de Max Planckstraat. Langs de Gooiseweg en de Kruislaan loopt een sloot. De bovengenoemde watergangen en sloten zijn gebruikt als grenzen voor het hydrologische model dat gebruikt is om de grondwatertoets uit te voeren.

In het onderzoeksgebied ligt ook drainage [bron 8]. Deze ligt evenwijdig aan de grote wegen rond het onderzoeksgebied (Kruislaan, Maxwellstraat, Middenweg). De staat van onderhoud en werking van de drainage is echter onbekend. Ook de uitloophoogte van de drainage is onbekend. Binnen de wijk Jeruzalem ligt verder voor zover bekend geen drainage [bron 8].



Figuur 3: modelgebied en ligging watergangen grondwatermodel (blauw kader) en projectgebied (rood kader).

### 3.2. Bodemopbouw

Uit de bij IBA aanwezige sonderingen [bron 4] en de door stadsdeel Oost-Watergraafsmeer beschikbaar gestelde informatie [bron 5], blijkt dat de bodem als volgt is opgebouwd:

De maaiveldhoogte in de wijk Jeruzalem ligt tussen NAP - 3,6 en NAP - 3,9 m (gemiddeld NAP - 3,75 m). Onder het maaiveld bevindt zich het freatische pakket, bestaande uit een laag antropogeen ophoogzand die varieert in dikte van circa 1,0 tot 2,9 m (gemiddeld 1,5 m). Onder deze laag bevindt zich de Holocene deklaag. De onderkant van deze laag varieert in diepte van circa NAP - 10,5 m tot NAP - 12,0 m en bestaat uit Hollandveen, wadafzettingen en basisveen. De laag Hollandveen kan lokaal afwezig zijn. Onder de Holocene deklaag bevinden zich de eerste zandlaag, het Alleröd en de tweede zandlaag. Deze vormen samen het Eerste watervoerend pakket. In de tabel hieronder (Tabel 1) is de bodemopbouw schematisch weergegeven.

Tabel 1: schematische bodemopbouw en geohydrologie

| Pakket                 | Dikte, circa (m) | Onderkant laag, circa (m + NAP) | Geohydrologie                      |
|------------------------|------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Ophoogzand             | 1,0 tot 2,9      | - 5,3                           | Freatisch pakket                   |
| Hollandveen            | 0,3              | - 5,6                           | Slecht doorlatende laag (Holoceen) |
| Wadafzetting           | 5,6              | - 11,2                          |                                    |
| Basisveen              | 0,3              | - 11,5                          |                                    |
| Eerste zandlaag        | 3,5              | - 15                            | Eerste watervoerend pakket         |
| Alleröd (kleilig zand) | 2 tot 3          | - 18                            |                                    |
| Tweede zandlaag        | n.b.             |                                 | Eerste watervoerend pakket         |

### 3.3. Grondwaterstanden

Zoals eerder vermeld zijn voor het grondwatermodel peilbuisgegevens van Waternet over de afgelopen vijf jaar gebruikt [bron 3]. De gemiddelde freatische grondwaterstand in het onderzoeksgebied ligt tussen NAP - 4,0 m en NAP - 5,0 m. De stijghoogte in het eerste watervoerend pakket [bron 3 en 9] ligt tussen NAP - 3,5 en NAP - 3,8 m. Er is in het gebied dus sprake van kwel, de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket ligt hoger dan de freatische grondwaterstand.

In bijlage 2 is een interpolatie van de gemiddelde gemeten freatische grondwaterstand weergegeven in Figuur 15. Een interpolatie van de GHG (gemiddeld hoogste grondwaterstand) is te zien in Figuur 6 in paragraaf 4.2.

## 4 Grondwatertoets

### 4.1. IJking grondwatermodel

De effecten van de nieuwe kelders op de grondwaterstand in de toekomstige situatie zijn berekend met een MicroFEM grondwatermodel [bron 2]. Het gebied waarop het grondwatermodel is gebaseerd is weergegeven in Figuur 3. De modelparameters zijn bepaald aan de hand van de beschikbare boringen, sonderingen en peilbuisgegevens [bron 3, 4 en 5].

Om het grondwatermodel te ijken is er een inverse modellering uitgevoerd. In de inverse modellering zijn de onbekende parameters (de doorlatendheid van het freatische pakket en de hydraulische weerstand van de slecht doorlatende laag) zodanig gevarieerd dat de gemeten grondwaterstanden zo nauwkeurig mogelijk benaderd worden ("best fit").

De ijking gebeurt op basis van de gemiddelde grondwaterstanden uit een langdurig gemeten reeks. De berekeningen zijn freatisch uitgevoerd. Er is aangenomen dat in het gebied, omringende watergangen, als drainagebasis fungeren met een vast (streef-) peil van NAP - 5,5 m.

Tijdens de ijking van het grondwatermodel werden structureel hogere grondwaterstanden berekend dan in werkelijkheid gemeten zijn (zie ook bijlage 2). Voor het verschil tussen de berekende en de gemeten grondwaterstand kunnen diverse oorzaken bestaan.

De twee meest voor de hand liggende zijn eventuele drainage of polderriolen, of een lekke riolering die als drainage fungeert. Een lokale bemaling is hierbij uitgesloten omdat de gemeten verschillen geen lokaal verschijnsel zijn, maar over het gehele gebied optreden.



Naar aanleiding van de gevonden verschillen is bij Waternet onderzocht of de bovengenoemde aanname (van het aanwezig zijn van drainage) correct is. Onderzoek door Waternet [bron 8 en 10] heeft uitgewezen dat voor zover bekend binnen de wijk Jeruzalem geen drainage ligt.

De eerder genoemde drainage/polderriool parallel aan de Middenweg is in het grondwatermodel verwerkt (zie Figuur 4). Voor de tracés parallel aan de Kruislaan en de Maxwellstraat is –mede gezien het gebrek aan gegevens over de staat en het functioneren– aangenomen dat de in de nabijheid liggende sloten en watergangen maatgevend zijn. Deze drainages zijn dan ook niet opgenomen in het grondwatermodel.



**Figuur 4:** locatie drainage in grondwatermodel (met rood gemarkeerd)

Ook met de genoemde drainage in het grondwatermodel werden de gemeten grondwaterstanden nog niet voldoende (tot op +/- 0,1 m) benaderd. Er werden nog verschillen tot 1 m gevonden. De verschillen zijn structureel en moeten dus een andere oorzaak hebben.

In de wijk Jeruzalem ligt een gescheiden rioelstelsel. Een mogelijke oorzaak voor het verschil tussen de gemeten en berekende grondwaterstand zou kunnen zijn dat deze riolering lekt en daardoor een drainerende functie vervult. De meest recente inspectierapporten van het vuilwater riool (DWA) in 2001 tonen aan dat het riool ten tijde van de inspectie hydraulisch gezien goed functioneerde [bron 8 en 10]. Van het regenwaterriool (HWA) zijn geen gegevens beschikbaar.

Gezien de vele verzakkingen in het gebied mag echter aangenomen worden dat zowel het DWA als het HWA riool niet meer volledig waterdicht is [bron 8 en 10]. Ook gezien het aanlegjaar van het systeem (1950) lijkt dit aannemelijk. Omdat er op dit moment echter onvoldoende informatie beschikbaar is ten aanzien van de exacte locaties en omvang van de lekkages, zijn deze niet in het grondwatermodel opgenomen. Dit om te voorkomen dat er daarmee grote onzekerheden in het model worden geïntroduceerd.

Omdat een correcte ijking van het grondwatermodel op basis van de op dit moment beschikbare gegevens onmogelijk is, dient er op een andere manier getoetst te worden of aan de grondwaternormen wordt voldaan. Dit is gedaan door het effect van de kelder op de grondwaterstand te berekenen op basis van de meest realistische parameterisering van het grondwatermodel. Vervolgens zijn deze effecten geprojecteerd op de GHG om zodoende het effect van de kelders op de freatische grondwaterstand na de maatgevende neerslaggebeurtenis te modelleren.

Op basis van expert judgement is besloten een k-waarde van 8 m/dag te gebruiken, een verticale weerstand van de slecht doorlatende laag van 1.000 dagen en een grondwateraanvulling van 0,8 mm/dag. Dit laatste getal is gebaseerd op een infiltratiecoëfficiënt van 0,32 en een gemiddelde dagneerslag van 2,5 mm. Deze lage coëfficiënt is gekozen omdat een groot deel van de wijk is afgekoppeld en –alhoewel er veel groene ruimte in de wijk is– de toplaag is dichtgeslagen [bron <sup>11</sup>]. In de onderstaande tabel is het grondwatermodel geschematiseerd.

**Tabel 2:** schematisatie modelparameters

| Bodem                      | Basis [m tov NAP] | Dikte [m]                        | Geohydrologie           | Parameters                            |
|----------------------------|-------------------|----------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| Ophooglaag                 | - 5,3             | 1,0 – 2,9 m<br>(gemiddeld 1,5 m) | Freatisch pakket        | k = 8 m/dag                           |
| Holocene klei-veen pakket  | - 11,5            | Ca 6,2 m                         | Slecht doorlatende laag | c = 1.000 dagen                       |
| Eerste watervoerend pakket | -                 | -                                | Watervoerend pakket     | h1 = NAP - 3,8<br>(vaste stijghoogte) |

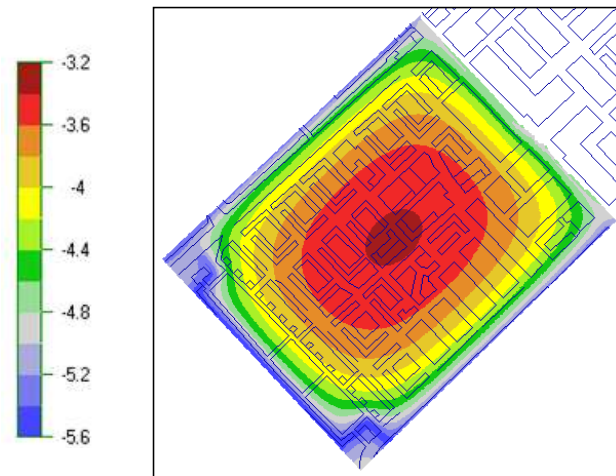
In bijlage 2 is een overzicht opgenomen van de berekende en gemeten grondwaterstanden. Tevens is een afbeelding ingevoegd waarbij grondwaterstanden zijn berekend op basis van een extreme parameterisering van het model. Daarbij zijn (irrealistische) waarden gebruikt die slechts bedoeld zijn om aan te tonen welke waarden de parameters (doorlatendheid, verticale weerstand en grondwateraanvulling) moesten hebben om alsnog tot een benadering van de gemeten grondwaterstanden te komen.

Het is echter essentieel om bij de resultaten van de grondwatertoets in gedachten te houden dat er in de wijk Jeruzalem mogelijk sprake is van lekkende riolering met een drainerend effect. In het hoofdstuk conclusie en aanbevelingen wordt verder ingegaan op de gevolgen van het eventueel lekken van het rioleringssysteem.

## 4.2. Grondwatertoets

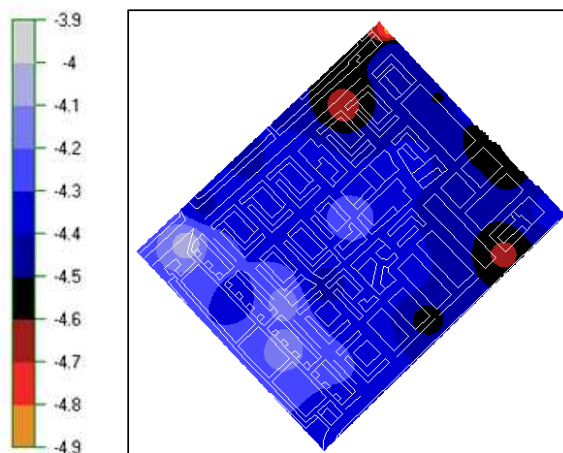
### Huidige situatie

De gemiddelde gemeten freatische grondwaterstanden zijn weergegeven in Figuur 15 in bijlage 2. De met het grondwatermodel berekende grondwaterstanden (m NAP) waarmee het effect van de kelders op de grondwaterstand is getoetst, zijn weergegeven in de onderstaande figuur.

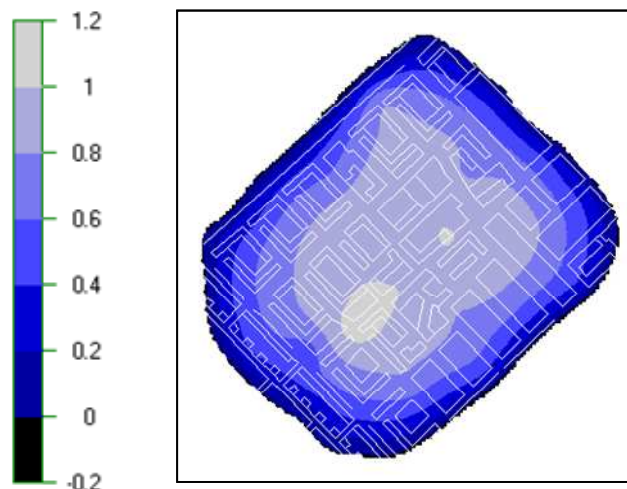


**Figuur 5:** berekende gemiddelde grondwaterstand (m NAP)

Net als in de werkelijke situatie is hier sprake van opbolling van de grondwaterspiegel naar het midden van het gebied. Zoals eerder vermeld is deze in werkelijkheid kleiner dan hier is weergegeven. In Figuur 6 is een interpolatie van de voor de grondwatertoets gebruikte geschatte GHG weergegeven. In Figuur 7 is het verschil tussen de gemodelleerde freatische grondwaterstand na de maatgevende neerslaggebeurtenis en de GHG weergegeven.



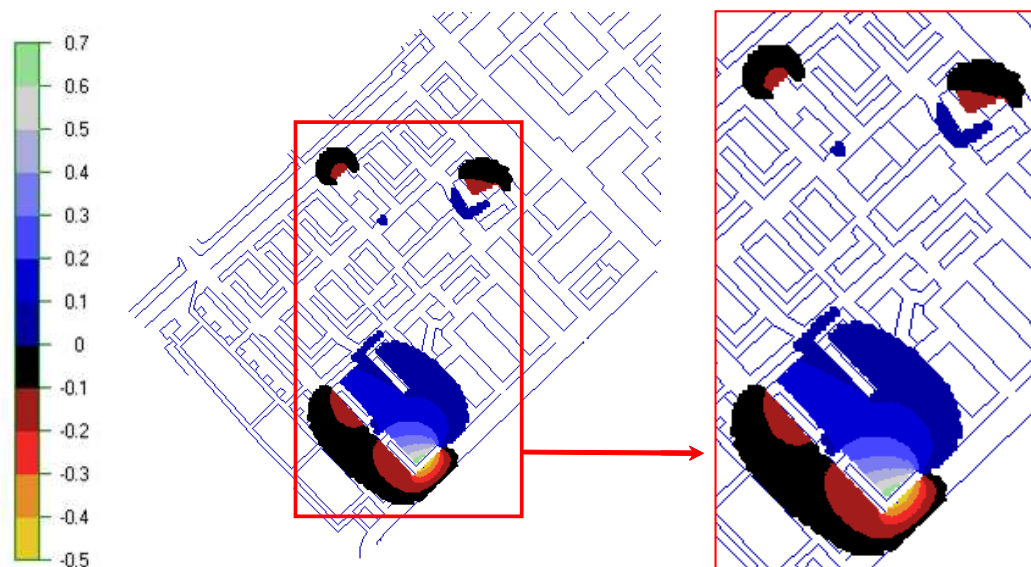
**Figuur 6:** interpolatie van de geschatte GHG (m NAP) op basis van een 5-jarige meetserie, door middel van de 'inverse squared distance weighted' methode.



**Figuur 7:** verschil tussen de gemodelleerde freatische grondwaterstand na de maatgevende neerslaggebeurtenis en de geschatte GHG (m)

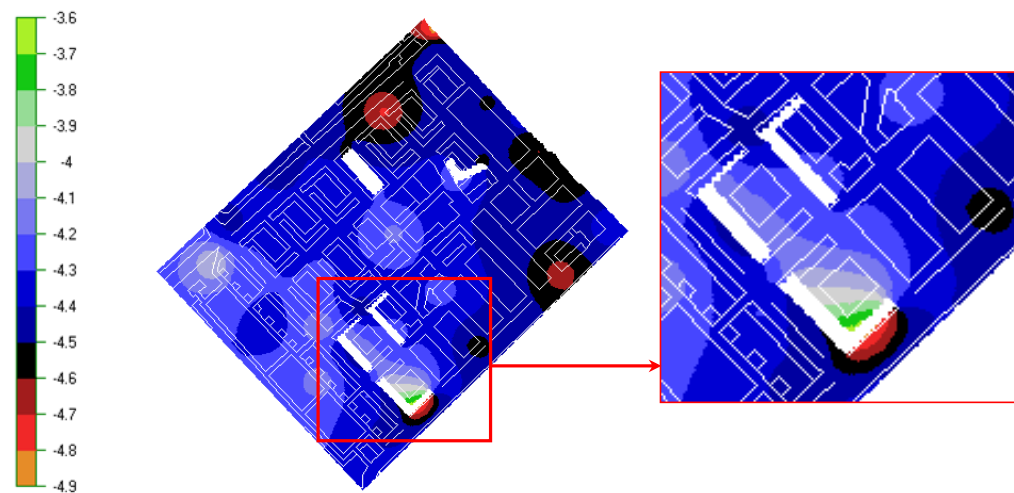
#### Toekomstige situatie

In de onderstaande figuur (Figuur 8) is het effect van de kelders op de freatische grondwaterstand na de maatgevende neerslaggebeurtenis weergegeven. Te zien is dat de effecten bij blok K het grootste zijn (van lokaal - 0,5 m tot lokaal + 0,7 m). Ook bij de overige geplande kelders is een effect waarneembaar, hier gaat het echter om een veel kleiner effect, van circa + 0,1 tot circa - 0,2 m.



**Figuur 8:** berekend effect op de grondwaterstand (m) van de geplande kelders. In de figuren is het gebied weergegeven waar het effect groter is dan +/- 5 cm

Het hierboven gepresenteerde effect is geprojecteerd op de geschatte GHG<sup>1</sup>. De GHG is geschat op basis van expert judgement omdat er onvoldoende meetgegevens beschikbaar waren om op wetenschappelijke wijze de GHG te berekenen. Het resultaat gepresenteerd in Figuur 9, is de berekende grondwaterstand na een maatgevende neerslaggebeurtenis (2 jaar lang 2,5 mm/dag gevolgd door 10 dagen lang 7,2 mm /dag) weergegeven. In Figuur 10 is de daar bijbehorende ontwatering ten opzichte van het maaiveld weergegeven. Hierbij is uitgegaan van een gemiddelde maaiveldhoogte van NAP - 3,75 m.



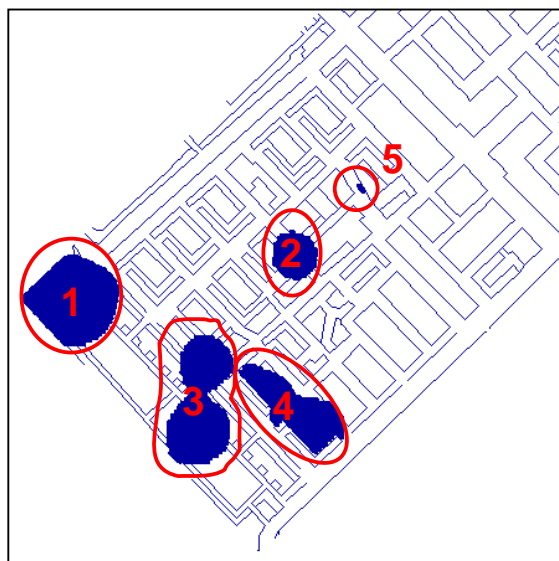
**Figuur 9:** Grondwaterstand met kelders op basis van geschatte GHG en berekend effect van de kelders na maatgevende bui

<sup>1</sup> GHG: voor de gemiddeld hoogste grondwaterstand worden jaarlijks de 3 hoogste grondwaterstanden gemiddeld over de periode van 1 april tot en met 31 maart (hydrologisch jaar), het gemiddelde van deze jaarlijkse waarden over een periode van tenminste 8 jaar, waarin geen ingrepen hebben plaatsgevonden, wordt gebruikt als GHG





**Figuur 10:** berekende ontwatering op basis van geschatte GHG en berekend effect van de kelders na maatgevende bui, uitgaande van een gemiddelde maaiveldhoogte van NAP - 3,75 m

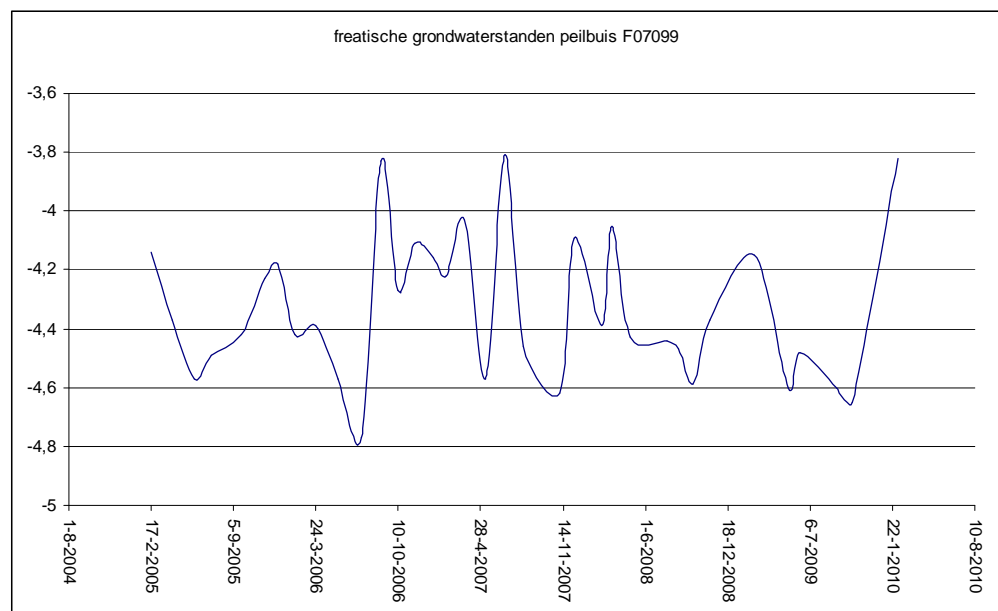


**Figuur 11:** gebieden waar de ontwatering minder dan 0,5 m is (blauwe vlakken)

Zoals te zien is in Figuur 10 is de berekende ontwatering in een groot deel van het gebied meer dan de volgens de gemeentelijke grondwaternorm benodigde 0,5 m. Er zijn echter een aantal locaties waar de norm van 0,5 m ontwatering niet gehaald wordt (zie Figuur 11).

Voor de grondwatertoets wordt onderscheid gemaakt tussen bestaand gebied en locaties die (op-) nieuw ontwikkeld worden. In deze gebieden zijn verschillende grondwaternormen van toepassing. Voor bestaand gebied geldt dat de bestaande grondwatersituatie niet mag verslechteren. Voor nieuw te ontwikkelen gebied is wanneer kruipruimteloos gebouwd wordt, de norm voor kruipruimteloos bouwen van toepassing. Dit betekent dat er tenminste een ontwatering van 0,5 m ten opzichte van het maaiveld moet zijn.

Op een aantal locaties (1, 2 en 3 in Figuur 11) in het gebied is de norm voor bestaand gebied van toepassing. Ter plaatse van de kruising van de Hugo de Vrieslaan en de Maxwellstraat (omgeving bouwblok A / vlak 1 in Figuur 11) is de minimale ontwatering circa 0,25 m. Dit is echter niet het effect van de geplande kelders maar van een plaatselijk verhoogde grondwaterstand. In Figuur 12 is te zien dat de freatische grondwaterstand in de peilbuis ter plekke in het Darwinplantsoen (F07-099) in het verleden al meermaals op NAP - 3,8 m heeft gestaan, slechts enkele centimeters onder het maaiveld.



**Figuur 12:** gemeten grondwaterstanden freatische peilbuis F07-099 (m NAP)

Hetzelfde geldt voor de locatie ter hoogte van bouwblok F (vlak 2 in Figuur 11). Daar bereikt de grondwaterstand piekhoogtes van NAP - 4,1 m (peilbuis F07-104 aan de Pieter Zeemanlaan, zie Figuur 18 in bijlage 3). Dat betekent een ontwatering van circa 0,35 m. Voor de locatie ten westen van bouwblok J (vlak 3 in Figuur 11) is minimale ontwatering ca 0.35 m berekend. Ook daar komen deze hoge grondwaterstanden van nature al voor, zoals te zien is in Figuur 19 en Figuur 20 in bijlage 3. Deze peilbuizen bevinden zich exact in het midden van de locaties waar niet aan de grondwaternorm voldaan wordt.

Samenvattend kan gesteld worden dat deze locaties in de huidige situatie niet aan de grondwaternorm voldoen. Dit zal in de toekomst zonder mitigerende maatregelen niet veranderen.

Op de andere locaties in Figuur 11 waar de ontwatering minder dan 0,5 m is (4 en 5) is de norm voor kruipruimtelooos bouwen van toepassing. Bij bouwblok I (vlak 5 in Figuur 11) is een zeer klein gebied te zien waar niet aan die norm voldaan wordt, hier is sprake van een verschil van slechts enkele centimeters (berekende ontwatering van 0,48 m). Het grootste probleem treedt op tussen de bouwblokken J en K (vlak 6 in Figuur 11). Daar worden na de maatgevende neerslaggebeurtenis grondwaterstanden tot aan het maaiveld berekend (ontwatering 0,0 m).

Deze hoge grondwaterstanden worden vooral veroorzaakt doordat grondwater van een hoge stijghoogte naar een lage stijghoogte stroomt. Het stroomt dus vanuit het midden van het gebied naar de randen. Ter plaatse van bouwblok J blokkeert de geplande kelder deze stroming, waardoor aan de noordzijde van de kelder een grondwaterophoping ontstaat. Aan de zuidzijde van de kelder ontstaat zeer lokaal een verlaging van het grondwaterpeil van maximaal circa 0,3 m.

## 5 Conclusie en aanbevelingen

### 5.1. Conclusie

Zoals in paragraaf 4.2. is weergegeven wordt niet overal een ontwatering van tenminste 0,5 meter gehaald. In Figuur 11 zijn deze locaties weergegeven met een blauw vlak. De locaties zijn onder te verdelen in twee categorieën, er zijn locaties waar de norm voor bestaand gebied van toepassing is en locaties waar de norm voor kruipruimteloos bouwen van toepassing is.

Op de locaties ter hoogte van de bouwblokken A en F en ten westen van bouwblok J treden in de huidige situatie al grondwaterstanden op waarbij, zoals weergegeven in paragraaf 4.2. een ontwatering van 0,5 m niet gehaald wordt. Dit effect valt echter niet toe te schrijven aan geplande kelders. De mate waarin niet voldaan wordt scheelt per locatie, de minimale ontwatering op deze locaties varieert tussen 0,25 m en 0,35 m. In deze gebieden dient voldaan worden aan de norm voor bestaand gebied: de grondwatersituatie mag niet verslechteren. Dat is ook niet het geval. Wel is het belangrijk te signaleren of er op deze locaties mogelijk grondwateroverlast kan gaan optreden, of nu al optreedt.

Op de locaties met onvoldoende ontwatering ter hoogte van bouwblok I en tussen bouwblok J en K is wel een merkbaar effect van de geplande kelders aanwezig. Het grootste probleem bevindt zich tussen de bouwblokken J en K. Daar is een ontwatering van 0,0 m berekend. Ter hoogte van bouwblok I is de situatie minder ernstig, daar is slechts zeer lokaal een ontwatering van 0,48 m berekend, een tekort van 2 cm.

Op grond van bovenstaande informatie moet er geconcludeerd worden dat als gevolg van de aanleg van de geplande kelders mitigerende maatregelen noodzakelijk zijn. In de volgende paragraaf wordt hier dieper op ingegaan.

## 5.2. Mitigerende maatregelen

Op de locaties waar (als gevolg van de aanleg van de geplande kelders) niet aan de grondwaternorm voldaan wordt, dienen mitigerende maatregelen genomen te worden. Waternet hanteert hiervoor een voorkeursvolgorde van maatregelen (meest robuust en duurzaam tot minst robuust en duurzaam):

- realisatie van extra oppervlaktewater;
- verhogen van het maaiveldniveau;
- toepassen van integrale grondverbetering;
- toepassen van plaatselijke grondverbetering;
- toepassen van een ontwateringsmiddel;
- toepassen van een onttrekkingsmiddel.

In de onderstaande figuur is de stedenbouwkundige visie te zien [bron 1]. De locaties waar mitigerende maatregelen genomen dienen te worden liggen allen in gebieden waar de bebouwing volledig vernieuwd gaat worden. Het gaat hierbij om de bouwblokken I, J, K en L.



**Figuur 13:** stedenbouwkundige visie [bron 1]

Omdat bij deze bouwblokken de ruimte voor extra oppervlaktewater beperkt is, wordt geadviseerd deze bouwblokken integraal op te hogen. Dit is de meest duurzame en toekomstbestendige maatregel.





**Figuur 14:** voorgestelde mitigerende maatregelen

In Figuur 14 zijn de voorgestelde mitigerende maatregelen weergegeven. In alle gevallen betreft het advies ophogen. Afhankelijk van de lokaal optredende grondwaterstanden dient hierbij tot NAP - 3,65 m, NAP - 3,60 m of NAP - 3,20 m opgehoogd te worden (zie ook Tabel 3. Daarbij dient rekening gehouden te worden met eventuele restzettingen. Geadviseerd wordt om door een gekwalificeerd bureau een ophoogadvies te laten uitvoeren.

**Tabel 3:** samenvatting ophoging maaiveld

| Bouwblok | Huidige maaiveldhoogte (m NAP) | Freatische grondwaterstand (maximum m NAP) | Gewenste maaiveldhoogte na zetting (m NAP) |
|----------|--------------------------------|--|--|
| I        | - 3,75                         | circa - 4,15                               | - 3,65                                     |
| J en L   | - 3,75                         | circa - 4,10                               | - 3,60                                     |
| K        | - 3,75                         | circa - 3,70                               | - 3,20                                     |

### 5.3. Aanbevelingen

Door dit geohydrologisch onderzoek is het vermoeden ontstaan dat de riolering in het gebied lekt en daardoor een drainerende functie vervult (zoals eerder gemeld is het effect van de lekke riolering **niet** in het grondwatermodel opgenomen). Dit is een cruciaal gegeven bij de herinrichting van de wijk Jeruzalem (vooropgesteld dat dit vermoeden daadwerkelijk correct is).

Op enig moment in de toekomst zal de riolering in het projectgebied vervangen moeten worden. Dit is ook de wens van Waternet [bron 10], gezien het jaar van aanleg (circa 1950). Wanneer dit gebeurt zullen maatregelen getroffen moeten worden die het wegvallen van de drainerende werking van het oude riool kunnen compenseren. Het is verstandig en duurzaam om al direct tijdens de renovatie van de wijk onderzoek te doen naar de gevolgen van het eventuele vervangen van de riolering.

Wanneer namelijk de huidige lekkende riolering vervangen wordt door niet-lekkende riolering, gaat het drainerende effect verloren. Daardoor bestaat het gevaar dat grondwaterstanden gaan stijgen, met alle gevolgen van dien. De herinrichting van de wijk biedt de mogelijkheid om te anticiperen op dit probleem en duurzame oplossingen te implementeren. Ook financieel zal dit op de lange termijn een duurzamere oplossing zijn.

Geadviseerd wordt om door Waternet onderzoek uit te laten voeren naar de actuele staat van de riolering en op basis daarvan tot een duurzame herinrichting van de wijk Jeruzalem te komen. Indien besloten wordt de mitigerend maatregel "ophogen" toe te passen dient een gespecialiseerd geotechnisch bureau de verwachte zettingen te berekenen.

## 6 Bronvermelding

- 
- [bron 1] Stedenbouwkundig plan Jeruzalem, Stadsdeel Oost-Watergraafsmeer, mei 2009
- [bron 2] MicroFEM, versie 4.10.10, C.J. Hemker en R.G. de Boer 1997-2010
- [bron 3] Grondwaterstandsgegevens Waternet, ontvangen 25-02-201
- [bron 4] boringen en sonderingen IBA archief (Omegam Grondmechanica)
- [bron 5] rapport 'milieuhygiënisch bodemonderzoek 'Jeruzalem' te Amsterdam, bijlage 3b, Caubergh-Huygen raadgevende ingenieurs BV, 15 oktober 2009 documentnummer 20091263-05
- [bron 6] Nota 'Leven met Grondwater', Waternet, 2002
- [bron 7] Nota Grondwater Amsterdam 2007 – 2011, Waternet, okt. 2007
- [bron 8] Persoonlijke communicatie A.L. Visser (Waternet), 09 maart 2010
- [bron 9] Isohypsenkaart AGV 2005, Waternet, februari 2007
- [bron 10] Persoonlijke communicatie E. Boerma (Waternet), 11 maart 2010, 12 maart 2010, 15 maart 2010 en 22 maart 2010
- [bron 11] Persoonlijke communicatie J. Ponten (Waternet), 11 maart 2010

### BIJLAGE 1 – Peilbuisgegevens Waternet

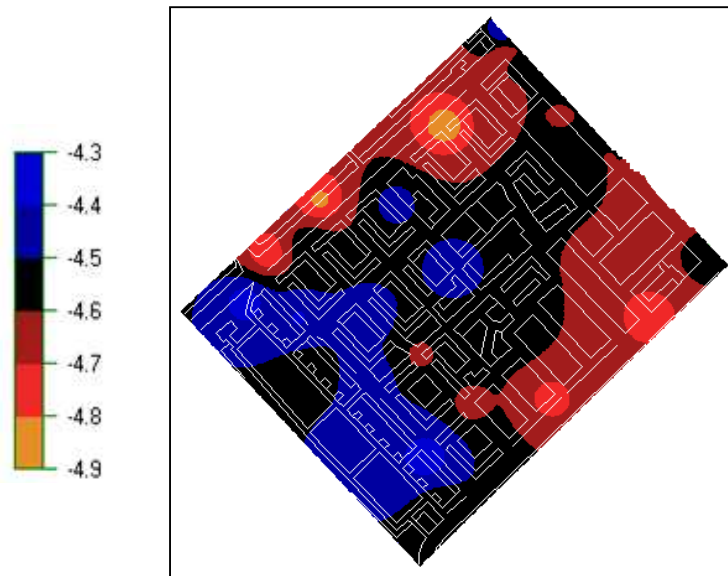
| meetpunt | X-coördinaat | Y-coördinaat | maaiveldhoogte (m + NAP) | gemiddelde grondwaterstand (m + NAP) |
|----------|--------------|--------------|--------------------------|--------------------------------------|
| E07104   | 124194       | 484894       | -3,69                    | -5,04                                |
| E07105   | 124277       | 484952       | -3,62                    | -3,66                                |
| E07106   | 124362       | 484990       | -3,63                    | -3,91                                |
| E07107   | 124290       | 485044       | -3,52                    | -5,21                                |
| E07126   | 124835       | 484933       | -3,69                    | -3,92                                |
| E07218   | 123731       | 485327       | -0,59                    | -1,16                                |
| E07222   | 123730       | 485206       | -3,00                    | -3,83                                |
| E07224   | 123685       | 484974       | -3,84                    | -4,69                                |
| E07225   | 123780       | 485096       | -3,51                    | -4,75                                |
| E07226   | 123908       | 485195       | -2,84                    | -4,28                                |
| E07227   | 124032       | 485304       | -2,82                    | -1,56                                |
| E07230   | 124143       | 485199       | -3,41                    | -4,95                                |
| E07231   | 124251       | 485321       | -3,66                    | -4,37                                |
| E07232   | 124116       | 484977       | -3,60                    | -3,40                                |
| E07233   | 124247       | 485096       | -3,51                    | -4,85                                |
| E07234   | 124198       | 484850       | -3,64                    | -4,65                                |
| E07237   | 124482       | 485335       | -3,62                    | -4,65                                |
| E07238   | 124689       | 485334       | -3,70                    | -4,67                                |
| E07239   | 124598       | 485235       | -3,64                    | -4,26                                |
| E07240   | 124488       | 485127       | -3,55                    | -3,14                                |
| E07241   | 124394       | 484938       | -3,64                    | -4,36                                |
| E07243   | 124626       | 484983       | -3,63                    | -4,55                                |
| E07244   | 124695       | 485135       | -3,63                    | -4,55                                |
| E07245   | 124918       | 485150       | -3,70                    | -4,39                                |
| E07247   | 124827       | 485079       | -3,79                    | -4,63                                |
| E07248   | 124767       | 485002       | -3,65                    | -4,63                                |
| E07249   | 124671       | 484858       | -3,71                    | -4,52                                |
| E07250   | 124782       | 484763       | -3,74                    | -4,47                                |
| E07256   | 124360       | 485208       | -3,63                    | -4,78                                |
| E07281   | 124298       | 484757       | -3,80                    | -3,91                                |
| E07282   | 124218       | 484838       | -3,76                    | -3,93                                |
| E07294   | 124459       | 484888       | -3,63                    | -3,76                                |
| E07298   | 124283       | 484797       | -3,74                    | -4,46                                |
| E07347   | 123804       | 485188       | -3,08                    | -4,41                                |
| E07348   | 123963       | 485129       | -3,49                    | -2,72                                |
| E07349   | 124018       | 485003       | -3,77                    | -3,99                                |
| E07365   | 123990       | 485310       | -3,93                    | -4,93                                |
| E07384   | 124050       | 485296       | -2,87                    | -3,81                                |
| E07389   | 123916       | 485258       | -3,26                    | -2,66                                |
| E07390   | 124072       | 485228       | -4,22                    | -5,17                                |
| E07391   | 124069       | 485054       | -4,29                    | -4,32                                |
| E07392   | 124134       | 485004       | -3,86                    | -4,48                                |
| E07393   | 124915       | 484892       | -3,65                    | -4,62                                |

| Meetpunt (vervolg) | X-coördinaat | Y-coördinaat | maaiveldhoogte (m + NAP) | gemiddelde grondwaterstand (m + NAP) |
|--------------------|--------------|--------------|--------------------------|--------------------------------------|
| E07415             | 123960       | 485313       | -2,83                    | -4,88                                |
| E07419             | 123799       | 485293       | -1,43                    | -3,48                                |
| E07420             | 123911       | 485292       | -0,39                    | -4,61                                |
| E07421             | 123932       | 485238       | -2,83                    | -4,50                                |
| E07432             | 124072       | 485273       | -3,05                    | -5,18                                |
| E07433             | 124090       | 485254       | -3,18                    | -5,17                                |
| E07434             | 124110       | 485233       | -3,26                    | -5,09                                |
| E07435             | 124124       | 485217       | -3,33                    | -5,06                                |
| E07436             | 124159       | 485182       | -3,48                    | -4,93                                |
| E07437             | 124175       | 485164       | -3,48                    | -4,87                                |
| E07438             | 124192       | 485147       | -3,52                    | -4,94                                |
| E07439             | 124210       | 485127       | -3,53                    | -4,88                                |
| E07440             | 124231       | 485106       | -3,52                    | -4,88                                |
| E07442             | 124263       | 485072       | -3,53                    | -5,07                                |
| E07443             | 124284       | 485051       | -3,52                    | -5,06                                |
| E07444             | 124297       | 485037       | -3,55                    | -5,21                                |
| E07445             | 124073       | 485282       | -2,95                    | -5,06                                |
| E07446             | 124231       | 485117       | -3,47                    | -5,19                                |
| F07071             | 124692       | 484717       | -3,62                    | -4,52                                |
| F07079             | 124663       | 484632       | -3,78                    | -1,54                                |
| F07080             | 124735       | 484701       | -3,75                    | -1,53                                |
| F07089             | 124521       | 484496       | -3,58                    | -3,65                                |
| F07097             | 123763       | 484165       | -3,73                    | -4,40                                |
| F07098             | 123722       | 484038       | -3,73                    | -4,40                                |
| F07099             | 123782       | 484453       | -3,56                    | -4,34                                |
| F07100             | 123883       | 484543       | -3,57                    | -4,51                                |
| F07101             | 124020       | 484611       | -3,70                    | -4,32                                |
| F07102             | 124100       | 484737       | -3,63                    | -4,75                                |
| F07103             | 124239       | 484618       | -3,54                    | -3,50                                |
| F07104             | 124118       | 484509       | -3,69                    | -4,40                                |
| F07105             | 123978       | 484434       | -3,70                    | -4,42                                |
| F07106             | 123884       | 484339       | -3,71                    | -4,57                                |
| F07107             | 123986       | 484232       | -3,70                    | -4,40                                |
| F07108             | 124061       | 484365       | -3,64                    | -4,63                                |
| F07109             | 124210       | 484405       | -3,68                    | -4,42                                |
| F07110             | 124141       | 484285       | -3,60                    | -4,36                                |
| F07111             | 124271       | 484297       | -3,68                    | -4,48                                |
| F07112             | 124097       | 484121       | -3,72                    | -4,47                                |
| F07113             | 124346       | 484741       | -3,39                    | -4,17                                |
| F07114             | 124340       | 484526       | -3,71                    | -4,63                                |
| F07115             | 124451       | 484635       | -3,55                    | -4,32                                |
| F07116             | 124578       | 484745       | -3,72                    | -3,85                                |
| F07117             | 124432       | 484429       | -3,69                    | -4,65                                |
| F07118             | 124521       | 484521       | -3,74                    | -4,30                                |
| F07119             | 124805       | 484030       | -3,73                    | -4,79                                |
| F07120             | 124894       | 484138       | -3,61                    | -4,60                                |



| Meetpunt<br>(vervolg) | X-<br>coördinaat | Y-<br>coördinaat | maaiveldhoogte<br>(m + NAP) | gemiddelde<br>grondwaterstand<br>(m + NAP) |
|-----------------------|------------------|------------------|-----------------------------|--|
| F07156                | 124445           | 484605           | -3,78                       | -4,40                                      |
| F07157                | 124392           | 484660           | -3,79                       | -4,21                                      |
| F07158                | 124366           | 484686           | -3,79                       | -4,47                                      |
| F07167                | 123866           | 484427           | -3,89                       | -3,78                                      |
| F07168                | 124074           | 484205           | -3,65                       | -4,32                                      |
| F07169                | 124308           | 484775           | -3,74                       | -4,14                                      |
| F07170                | 124340           | 484739           | -3,81                       | -4,45                                      |
| F07171                | 124361           | 484719           | -3,76                       | -4,24                                      |
| F07184                | 123981           | 484334           | -3,59                       | -4,43                                      |
| F07185                | 123815           | 484530           | -3,70                       | -4,66                                      |
| F07186                | 123901           | 484616           | -3,64                       | -4,42                                      |
| F07188                | 124961           | 484154           | -4,44                       | -4,48                                      |
| F07189                | 124958           | 484073           | -3,61                       | -4,32                                      |

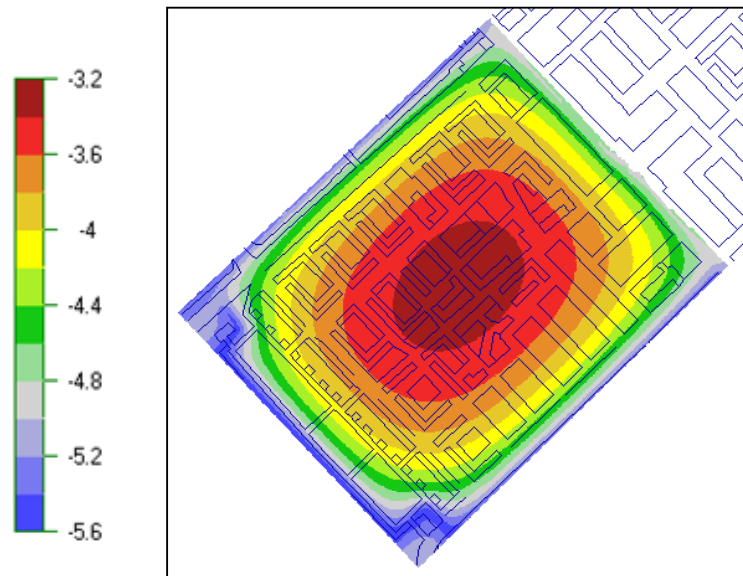
## BIJLAGE 2 – IJking grondwatermodel



**Figuur 15:** interpolatie van de gemiddelde gemeten freatische grondwaterstand (m NAP) op basis van de 'inverse squared distance weighted' methode. De afbeelding is noordgericht.

In Figuur 15 is een interpolatie van de gemiddelde freatische grondwaterstand weergegeven. Te zien is dat aan de noordwest en zuidoostkant van het gebied de grondwaterstand tussen NAP - 4,6 en NAP - 4,9 m ligt. In het midden van het gebied ligt de freatische grondwaterstand hoger, op NAP - 4,4 m. De ontwatering (diepte van het grondwater ten opzichte van het maaiveldniveau) is daarmee ten minste 0,65 m.

In Figuur 16 is de tijdens de ijking berekende grondwaterstand te zien. Daarbij valt direct op dat in het midden van het gebied de grondwaterstand boven het maaiveldniveau (circa NAP - 3,75 m) ligt. Deze waarden zijn berekend op basis van een k-waarde (doorlatendheid freatisch pakket) van 10 m/dag, een doorstroomde dikte van gemiddeld 1,5 m, een verticale weerstand van 1.500 dagen voor de slechtdoorlatende laag en een grondwateraanvulling van 0,8 mm/dag. Voor de stijghoogte van het Eerste Watervoerend Pakket is NAP - 3,8 aangehouden.

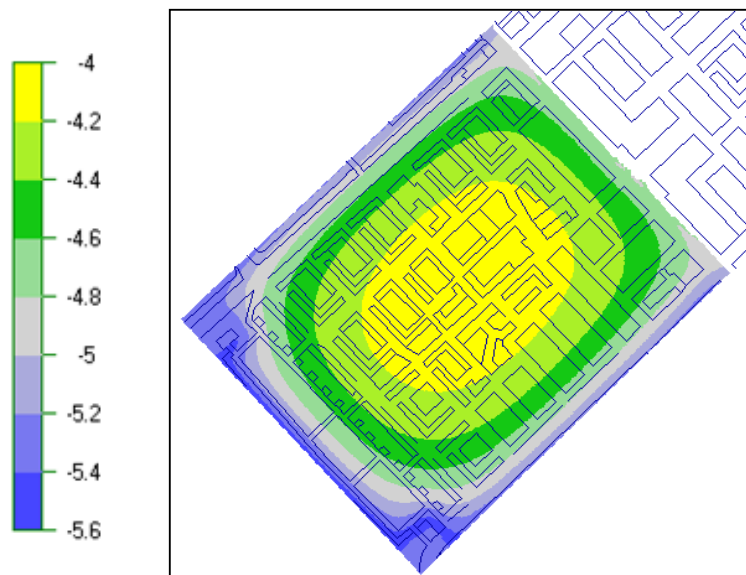


**Figuur 16:** berekende freatische grondwaterstand (m NAP) op basis van een k-waarde van **10** m/dag, een doorstroomde dikte van gemiddeld **1,5** m, een verticale weerstand van **1.500** dagen voor de slecht doorlatende laag en een grondwateraanvulling van **0,8** mm/dag.

Om de gemeten waarden beter te benaderen is vervolgens gevarieerd (tot in extremen) met de de doorlatendheid van het freatische pakket ( $k$ ) en de hydraulische weerstand van de slechtdoorlatende laag ( $c$ ). Dit leverde weliswaar een verbetering op, maar verschillen tot circa 0,5 meter bleven bestaan.

In Figuur 17 is weergegeven welke grondwaterstanden er berekend worden indien de parameters van het grondwatermodel tot buiten realistische waarden worden gevarieerd.

Als  $k$ -waarde (doorlatendheid freatisch pakket) is 25 m/dag met een doorstroomde dikte van gemiddeld 1,5 m. Voor de verticale weerstand van de slechtdoorlatende laag is 1.500 dagen gehanteerd. De grondwateraanvulling is in dit scenario gereduceerd tot 0,4 mm/dag. Zelfs met deze –onrealistische– waarden wordt de gemeten grondwaterstand niet voldoende (tot op +/- 0,1 m) benaderd. In een groot deel van het gebied is het verschil nog steeds circa 0,5 m.

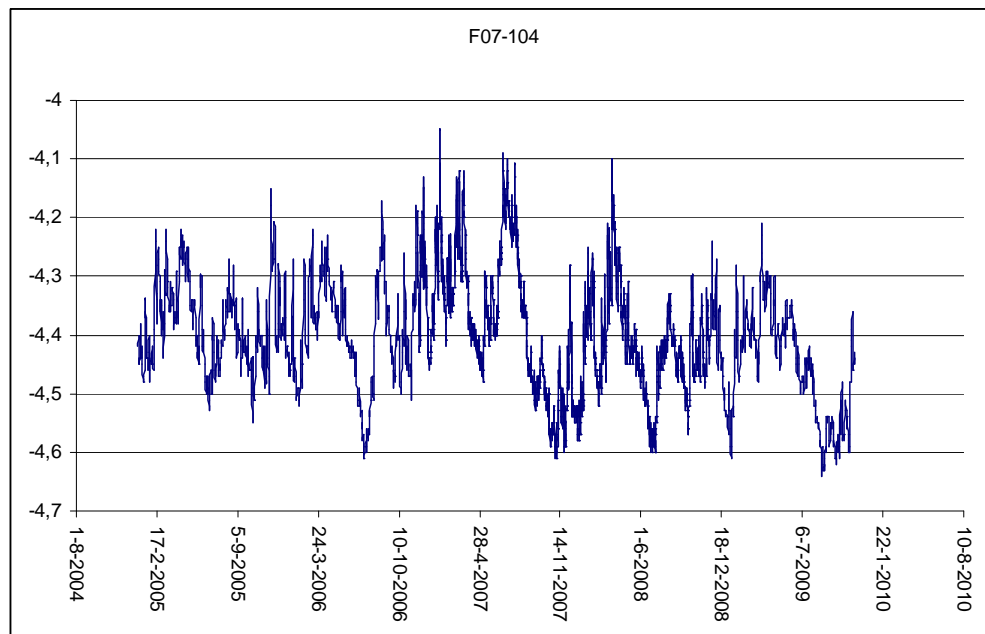


**Figuur 17:** berekende freatische grondwaterstand (m NAP) op basis van een k-waarde van **25** m/dag, een doorstroomde dikte van gemiddeld **1,5** m, een verticale weerstand van **750** dagen voor de slecht doorlatende laag en een grondwateraanvulling van **0,4** mm/dag.

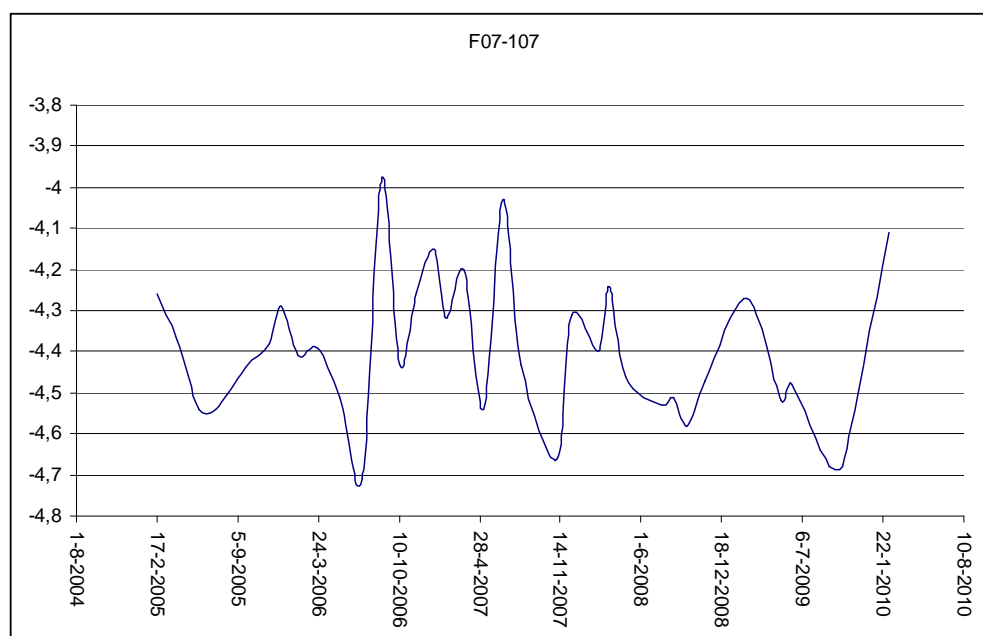
Er moet dus zoals in paragraaf 4.1. vermeld is, een andere oorzaak zijn voor het verschil tussen de gemeten en berekende grondwaterstanden. De meest voor de hand liggende is drainage. Onderzoek door Waternet [bron 8 en 10] heeft echter uitgewezen dat alhoewel het gebied grotendeels omringd wordt door drainage (waarvan de staat van onderhoud en functioneren onbekend is), binnen het gebied drainage niet voorkomt.

Een andere mogelijke verklaring is lekkage van het rioleringsstelsel. Wanneer de riolering onder het grondwaterpeil is aangelegd en lekt, zal de riolering als drainage gaan functioneren. Het effect op de grondwaterstand is dan precies hetzelfde als reguliere drainage. De grootte van het effect hangt af van de locatie en de omvang van de lekkage.

### BIJLAGE 3 – Gemeten freatische grondwaterstanden

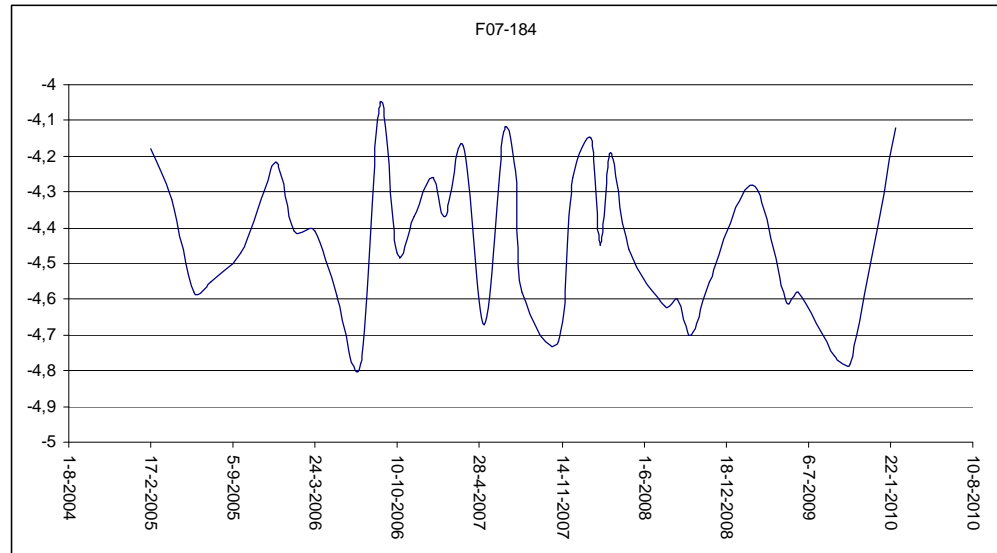


Figuur 18: gemeten grondwaterstanden freatische peilbuis F07-104 (m NAP)



Figuur 19: gemeten grondwaterstanden freatische peilbuis F07-107 (m NAP)





Figuur 20: gemeten grondwaterstanden freatische peilbuis F07-184 (m NAP)

## **Colofon**

Grondwatoets Jeruzalem

## **Tekst**

Gemeente Amsterdam

Ingenieursbureau

Niets uit deze uitgave mag worden overgenomen zonder bronvermelding.

Gemeente Amsterdam,

Ingenieursbureau

Weesperstraat 430

Postbus 12693

1100 AR Amsterdam