

## Bijlagenrapport Wilhelminakanaal Tilburg

Geohydrologische effectenstudie

projectnr. 187346  
revisie 05  
16 april 2010

### Opdrachtgever

Rijkswaterstaat Directie Noord-Brabant  
Postbus 90157  
5200 MJ 's-Hertogenbosch

|                |                         |             |               |
|----------------|-------------------------|-------------|---------------|
| datum vrijgave | beschrijving revisie 05 | goedkeuring | vrijgave      |
| 16/4/2010      |                         | E. Matla    | P. Ligtenberg |

| <b>Inhoud</b> |  | <b>Blz.</b> |
|---------------|--|-------------|
| <b>1</b>      | <b>Inleiding</b>   | <b>3</b>    |
| <b>2</b>      | <b>Sonderingen en boringen</b>                           | <b>4</b>    |
| <b>3</b>      | <b>Analyses oppervlaktewaterkwaliteit</b>                | <b>8</b>    |
| <b>4</b>      | <b>Toelichting oppervlaktewaterkwaliteit</b>             | <b>20</b>   |
| 4.1.1.1       | Reeshof  | 26          |
| 4.1.1.2       | Vossenberg   | 29          |
| 4.1.1.3       | Reeshof  | 30          |
| 4.1.1.4       | Vossenberg   | 34          |
| 4.1.1.5       | Zuivering kanaalwater                                    | 36          |
| 4.1.1.6       | Alternatieve waterinlaat                                 | 37          |
| <b>5</b>      | <b>Waterbodempkwaliteit</b>                              | <b>41</b>   |
| <b>6</b>      | <b>Grondwaterkwaliteit</b>                               | <b>43</b>   |
| <b>7</b>      | <b>Waarnemingen grondwaterstand bij Wilhelminakanaal</b> | <b>47</b>   |
| <b>8</b>      | <b>Inventarisatie ecologische gegevens</b>               | <b>49</b>   |
| <b>9</b>      | <b>Uitwerking ecologische effecten</b>                   | <b>51</b>   |
| 9.1           | Deelterrein Drijflanen                                   | 51          |
| 9.2           | Deelterrein Drassige Driehoek                            | 53          |
| 9.3           | Deelterrein Reeshof                                      | 56          |
| 9.4           | Deelterrein Dongevallei                                  | 56          |
| 9.5           | Deelterrein Wilhelminakanaal (en Moerse pad)             | 58          |
| 9.6           | Deelterrein De Rekken & Groenven                         | 58          |
| 9.7           | Deelterrein Rauwveld                                     | 59          |
| 9.8           | Deelterrein Vossenberg                                   | 61          |
| 9.9           | Deelterrein De Mast                                      | 63          |
| 9.10          | Deelterrein Huis ter Heide (plan Lobelia)                | 65          |
| 9.11          | Conclusie effecten natuur                                | 68          |
| <b>10</b>     | <b>Effecten groenvoorzieningen</b>                       | <b>69</b>   |
| 10.1          | Algemeen effect groenvoorzieningen                       | 69          |
| 10.2          | Effecten Reeshof en Vossenberg                           | 70          |
| <b>11</b>     | <b>Inventarisatie verontreinigingen</b>                  | <b>73</b>   |
| <b>12</b>     | <b>Modellering grondwater</b>                            | <b>78</b>   |
| 12.1          | Opzet en aanpassing model                                | 78          |
| 12.2          | Calibratie model   | 83          |
| 12.3          | Berekening ingreep                                       | 89          |
| 12.4          | Vervolg  | 94          |
| <b>13</b>     | <b>Memo Deltares</b>                                     | <b>98</b>   |
| <b>14</b>     | <b>Finetuning watersysteem</b>                           | <b>101</b>  |



|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| <b>15</b> | <b>Waterbalansen</b>                                  | <b>103</b> |
| <b>16</b> | <b>Toelichting methodiek Waterlood</b>                | <b>117</b> |
| <b>17</b> | <b>Toelichting zettingsberekeningen</b>               | <b>120</b> |
| 17.1      | Inleiding   | 120        |
| 17.2      | Eerste zettingsprognose                               | 121        |
| 17.3      | Aanvullende berekeningen n.a.v. laboratoriumonderzoek | 123        |

# 1 Inleiding

## Achtergrond

Het project Wilhelminakanaal Tilburg betreft de opwaardering van het kanaal ter hoogte van Tilburg tot een klasse IV-vaarweg. Voor de realisatie van het project is een projectteam gevormd, bestaande uit Rijkswaterstaat en de gemeente Tilburg. De provincie Noord-Brabant is medefinancier van het project Wilhelminakanaal Tilburg.

In de periode 1998-2000 is een (vrijwillige) milieu-effectrapportage (m.e.r.) uitgevoerd, waarbij verschillende onderzoeken naar de effecten van de vaarwegverandering zijn uitgevoerd. In 2000 heeft de commissie m.e.r. vastgesteld dat de effecten op de geohydrologie uiteindelijk naar tevredenheid in beeld zijn gebracht. Er is echter onvoldoende inzicht in de mogelijke maatregelen om negatieve effecten op de grondwatersituatie en de daaraan gerelateerde belangen te beperken.

In 2007 is in een bestuursovereenkomst tussen Rijkswaterstaat, de provincie Noord-Brabant en de gemeente Tilburg vastgelegd dat de zogenaamde 'Visievariant', geformuleerd in 2005, wordt uitgevoerd, waarin de voorgenoemde peilverlaging is gehandhaafd. Daarna is een nieuwe start gemaakt met het project en is een gezamenlijk projectteam gevormd met mensen van Rijkswaterstaat en de gemeente Tilburg.

## Doel project

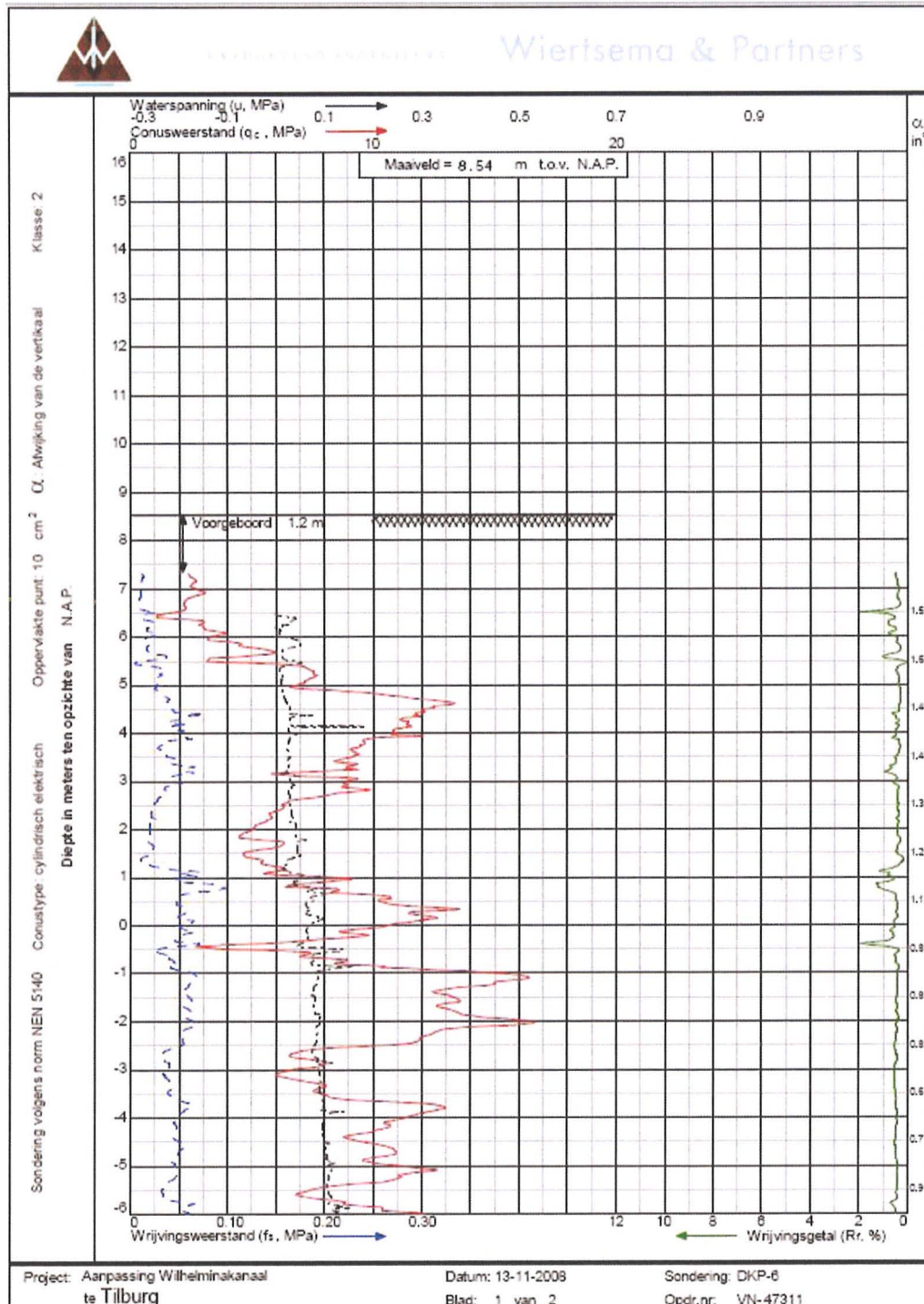
Doel van het geohydrologisch onderzoek was het onderzoeken van de effecten van de ingreep op de verschillende belangen in de omgeving en het uitwerken van mogelijke mitigerende maatregelen. Het onderzoek dient zowel als basis voor de watertoets, als voor het waterdeel en de daaraan gerelateerde effectbeschrijving in de vernieuwde milieu-effectrapportage die in 2009/2010 is uitgevoerd.

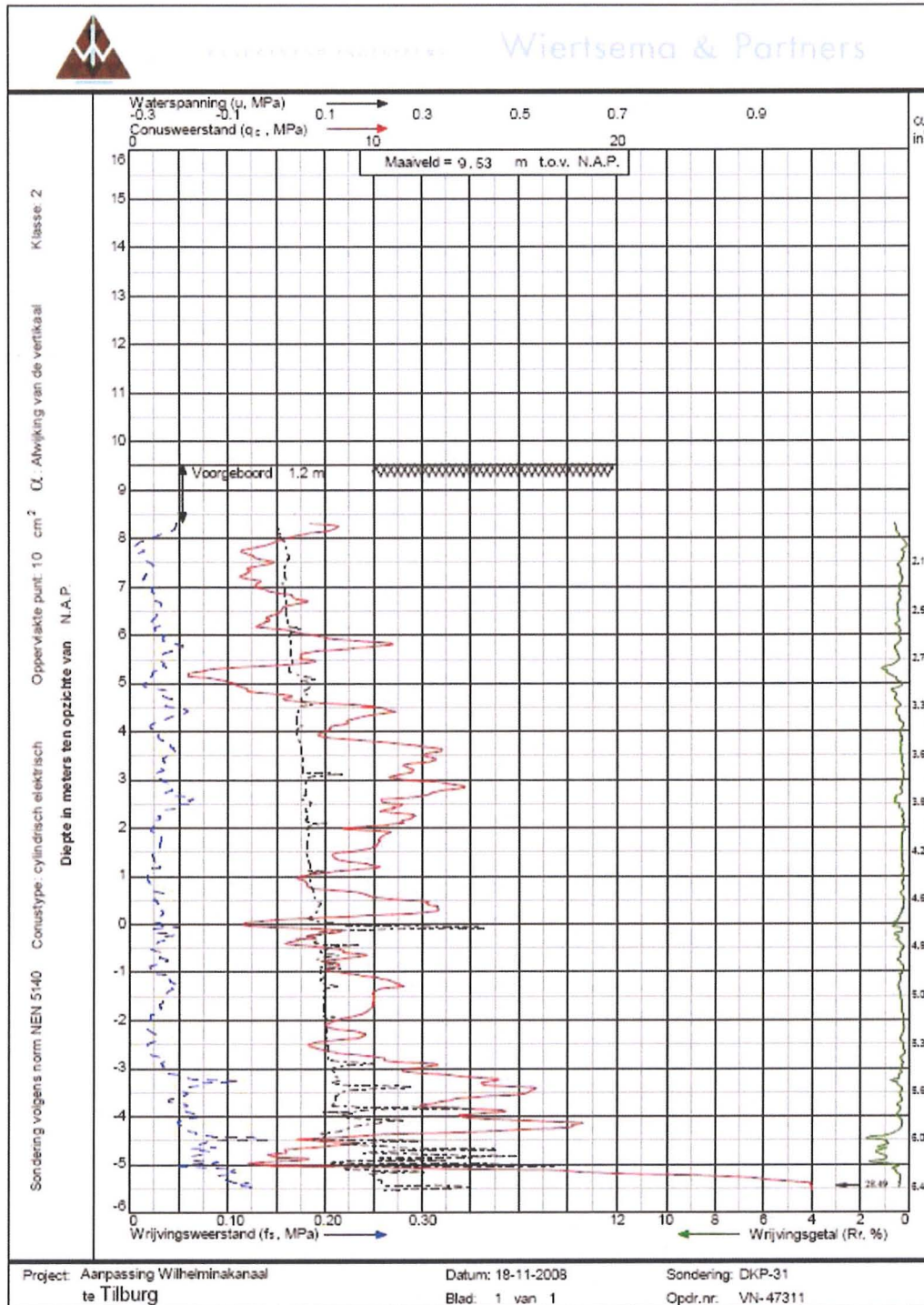
## Leeswijzer

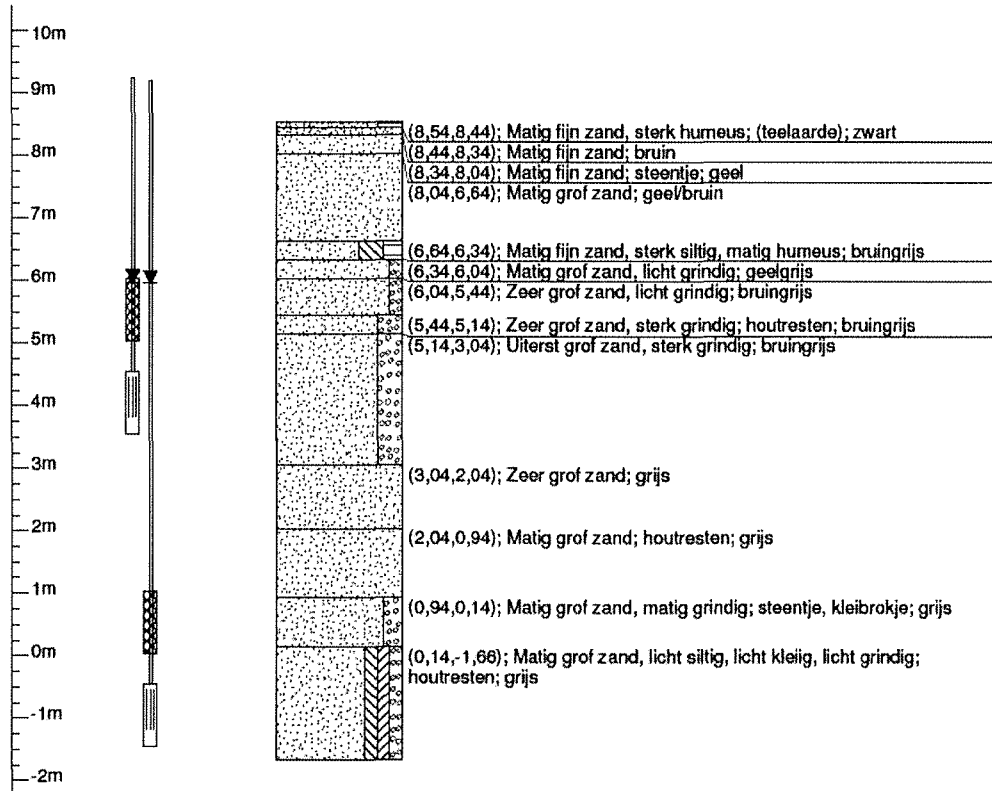
De rapportage omvat drie hoofdonderwerpen: de huidige situatie, de effecten van de 'kale' ingreep en de effecten van mogelijke maatregelen. De belangen zijn per onderwerp beschreven.

In een afzonderlijk hoofd rapport is het gehele project toegelicht. Het voorliggende bijlagenrapport omvat aanvullende onderbouwingen en toelichtingen.

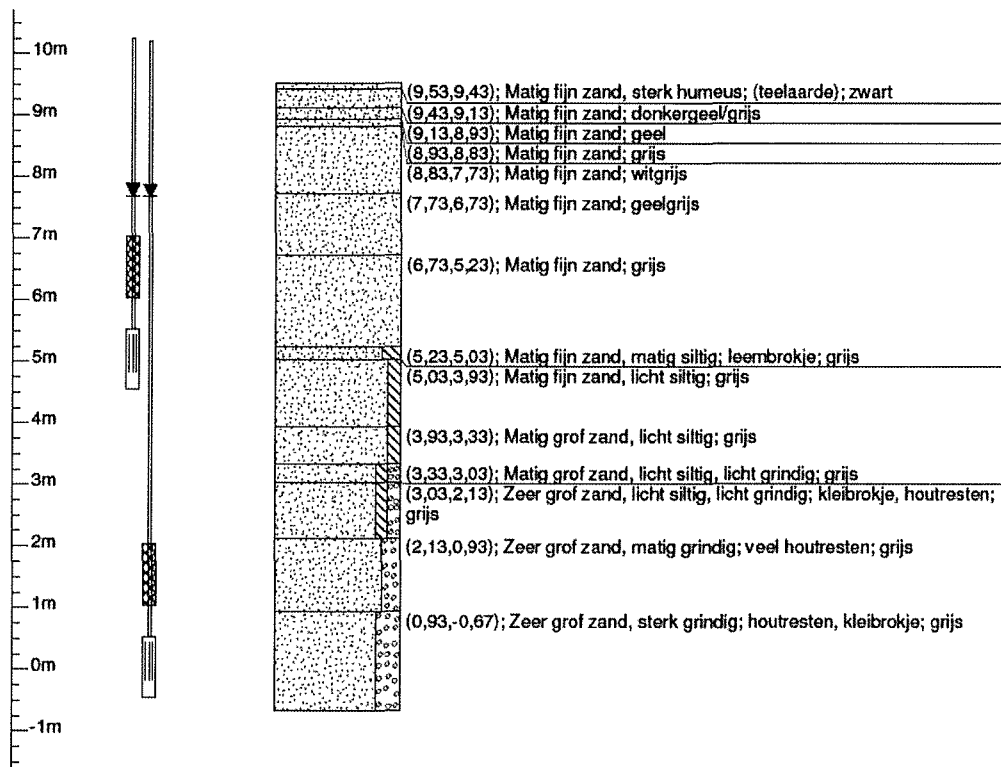
## 2 Sonderingen en boringen





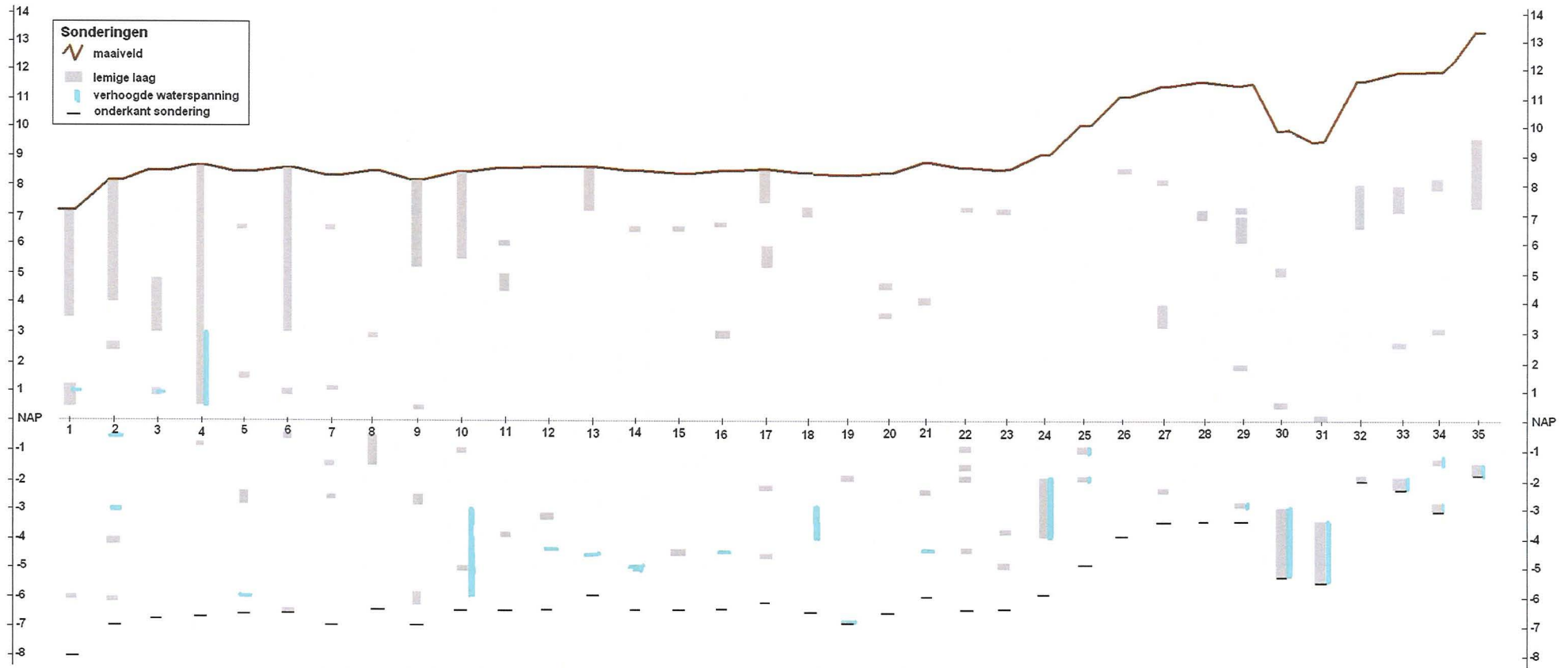


Boring bij sondering 6 (peilbuis W1)



Boring bij sondering 31/32 (peilbuis W2)

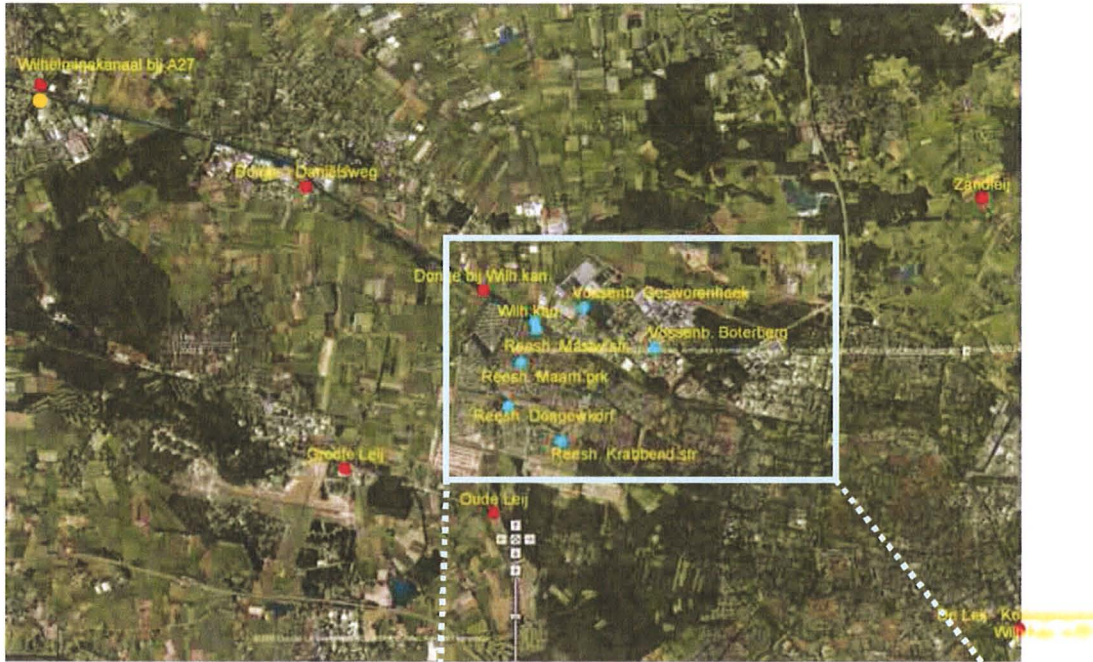
In onderstaande figuur is een schematisch lengteprofiel weergegeven, waarbij de aangetroffen lemige laagjes (gearceerd, groen) en cohesieve laagjes uit de waterspanning (blauw) zijn aangegeven.



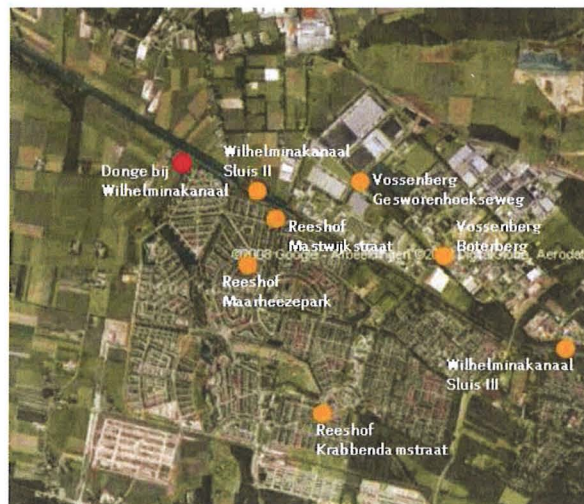
Lengteprofiel sonderingen langs het Wilhelminakanaal  
Sondering 1 is bij sluis II geplaatst, sondering 35 bij sluis III



### 3 Analyses oppervlaktewaterkwaliteit



Met:  
 Rood = regulier meetpunt  
 Blauw = meetpunt december 2008  
 Oranje = meetpunt aug.-dec. 2009



#### A. Analysedata december 2008

| Naam                    | fosfor-totaal (mg P/l) | stikstof-totaal (mg N/l) | sulfaat (mg/l) | ijzer-totaal (mg/l) | chloride (mg/l) |
|-------------------------|------------------------|--------------------------|----------------|---------------------|-----------------|
| Vossenb. - Gesworenhoek | 0,05                   | 0,41                     | 53             | 0,18                | 36              |
| Vossenb. - Boterberg    | 0,05                   | 2,4                      | 75             | 4,1                 | 67              |
| Wilhelminakanaal        | 0,05                   | 2,8                      | 81             | 0,13                | 81              |
| Reeshof - Mastwijkstr.  | 0,055                  | 0,35                     | 84             | 0,25                | 67              |
| Reeshof - Maarh.park    | 0,05                   | 0,31                     | 55             | 1                   | 31              |
| Reeshof - Dongewkreef   | 0,05                   | 1,3                      | 68             | 0,42                | 42              |
| Reeshof - Krabbend.str. | 0,05                   | 0,25                     | 88             | 0,79                | 26              |

## B. Analysedata augustus 2009

De waarden voor zware metalen zijn gecorrigeerd voor zwevend stof (volgens CIW, 2000).

|                                 | Eenheid   | WHK<br>sluis III | WHK<br>oosterhout | Reeshof<br>krabbendamstraat | Reeshof<br>Maarheezepark | Reeshof<br>Mastwijkstraat | Vossenber |
|---------------------------------|-----------|------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------|
| <b>Metalen</b>                  |           |                  |                   |                             |                          |                           |           |
| Calcium (Ca) na ontsluiting     | mg/L      | 42,00            | 41,00             | 28,00                       | 45,00                    | 46,00                     | 28,00     |
| Cadmium (Cd) na ontsluiting     | µg/L      | 0,60             | 0,60              | 0,46                        | 0,60                     | 0,35                      | 0,60      |
| Koper (Cu) na ontsluiting       | µg/L      | 7,49             | 7,49              | 5,76                        | 7,49                     | 4,41                      | 7,49      |
| Ijzer (Fe) na ontsluiting       | mg/L      | 0,10             | 0,10              | 3,30                        | 0,54                     | 0,32                      | 0,10      |
| Ijzer (II)                      | mg/L      | <0,05            | <0,05             | 0,07                        | <0,05                    | <0,05                     | <0,05     |
| Ijzer, Fe(III)                  | mg/L      | <0,05            | <0,05             | 3,20                        | <0,05                    | 0,27                      | <0,05     |
| Kalium (K) na ontsluiting       | mg/L      | 15,00            | 20,00             | 6,00                        | 4,00                     | 16,00                     | 4,70      |
| Magnesium (Mg) na ontsluiting   | mg/L      | 7,90             | 7,50              | 6,50                        | 5,90                     | 7,50                      | 6,50      |
| Natrium (Na) na ontsluiting     | mg/L      | 40,00            | 46,00             | 13,00                       | 22,00                    | 38,00                     | 24,00     |
| Nikkel (Ni) na ontsluiting      | µg/L      | 24,40            | 23,80             | 48,20                       | 7,44                     | 13,02                     | 23,21     |
| Fosfor totaal (P)               | mg/L      | 0,06             | 0,05              | <0,05                       | <0,05                    | 0,05                      | <0,05     |
| Fosfor totaal (PO4)             | mg PO4/L  | 0,19             | 0,16              | <0,15                       | <0,15                    | 0,17                      | <0,15     |
| Fosfor totaal (P2O5)            | mg P2O5/L | <0,14            | <0,12             | <0,12                       | <0,12                    | <0,12                     | <0,12     |
| Lood (Pb) na ontsluiting        | µg/L      | 7,50             | 7,50              | 5,77                        | 7,50                     | 4,41                      | 7,50      |
| Zink (Zn) na ontsluiting        | µg/L      | 14,99            | 14,99             | 11,53                       | 14,99                    | 8,82                      | 53,97     |
| <b>Polychloorbifenylen, PCB</b> |           |                  |                   |                             |                          |                           |           |
| PCB 28                          | µg/L      | <0,010           | <0,010            | <0,010                      | <0,010                   | <0,010                    | <0,010    |
| PCB 52                          | µg/L      | <0,010           | <0,010            | <0,010                      | <0,010                   | <0,010                    | <0,010    |
| PCB 101                         | µg/L      | <0,010           | <0,010            | <0,010                      | <0,010                   | <0,010                    | <0,010    |
| PCB 118                         | µg/L      | <0,010           | <0,010            | <0,010                      | <0,010                   | <0,010                    | <0,010    |
| PCB 138                         | µg/L      | <0,010           | <0,010            | <0,010                      | <0,010                   | <0,010                    | <0,010    |
| PCB 153                         | µg/L      | <0,010           | <0,010            | <0,010                      | <0,010                   | <0,010                    | <0,010    |



## B. Analysedata augustus 2009 (vervolg)

|  | Eenheid               | WHK<br>sluis III | WHK<br>oosterhout | Reeshof<br>krabbendamstraat | Reeshof<br>Maarheezepark | Reeshof<br>Mastwijkstraat | Vossenber |
|--|-----------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------|
| PCB 180  | µg/L                  | <0,010           | <0,010            | <0,010                      | <0,010                   | <0,010                    | <0,010    |
| PCB (som 7)  | µg/L                  | <0,070           | <0,070            | <0,070                      | <0,070                   | <0,070                    | <0,070    |
| PCB (som 6)  | µg/L                  | <0,060           | <0,060            | <0,060                      | <0,060                   | <0,060                    | <0,060    |
| <b>Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen, PAK</b> |                       |                  |                   |                             |                          |                           |           |
| Fluorantheen   | µg/L                  | <0,010           | <0,010            | 0,092                       | <0,010                   | <0,010                    | <0,010    |
| Benzo(k)fluorantheen                                   | µg/L                  | <0,010           | <0,010            | <0,010                      | <0,010                   | <0,010                    | <0,010    |
| Benzo(a)pyreen   | µg/L                  | <0,010           | <0,010            | <0,010                      | <0,010                   | <0,010                    | <0,010    |
| <b>Fysisch-chemische analyses</b>                      |                       |                  |                   |                             |                          |                           |           |
| Droogrest onopgel. bestand.                            | mg/L                  | 6,70             | 7,40              | 13,00                       | 6,60                     | 17,00                     | <5,0      |
| Gloeirest onopgel. bestand.                            | mg/L                  | 2,90             | 2,70              | 5,60                        | 2,00                     | 7,30                      | <1,0      |
| <b>Anorganische verbindingen &amp; natte chemie</b>    |                       |                  |                   |                             |                          |                           |           |
| Ammonium (NH <sub>4</sub> -N)                          | mg N/L                | 0,08             | 0,07              | 0,96                        | 0,11                     | <0,050                    | 0,08      |
| Ammonium (NH <sub>4</sub> )                            | mg/L                  | 0,11             | 0,09              | 1,20                        | 0,14                     | <0,065                    | 0,10      |
| Chloride   | mg/L                  | 53,00            | 64,00             | 19,00                       | 30,00                    | 51,00                     | 37,00     |
| Ortho-fosfaat (PO <sub>4</sub> -P)                     | mg P/L                | 0,04             | 0,05              | <0,020                      | <0,020                   | 0,06                      | <0,020    |
| Ortho-fosfaat (PO <sub>4</sub> )                       | mg PO <sub>4</sub> /L | 0,13             | 0,16              | <0,060                      | <0,060                   | 0,17                      | <0,060    |
| Nitraat + nitriet (N)                                  | mg N/L                | 2,10             | 1,80              | <0,20                       | <0,20                    | <0,20                     | 0,57      |
| Nitraat + nitriet (NO <sub>3</sub> )                   | mg/L                  | 9,30             | 8,10              | <0,90                       | <0,90                    | <0,90                     | 2,50      |
| Stikstof volgens Kjeldahl (N)                          | mg/L                  | 4,10             | <1,0              | 1,70                        | <1,0                     | 1,40                      | <1,0      |
| Totaal Stikstof  | mg N/L                | 6,20             | 1,90              | 1,80                        | <1,0                     | 1,60                      | <1,0      |
| Sulfaat opgelost (SO <sub>4</sub> )                    | mg SO <sub>4</sub> /L | 61,00            | 61,00             | 68,00                       | 46,00                    | 67,00                     | 57,00     |
| Sulfaat opgelost (SO <sub>4</sub> -S)                  | mg S/L                | 20,00            | 20,00             | 23,00                       | 15,00                    | 22,00                     | 19,00     |
| Hardheid (totaal)                                      | mmol/L                | 1,40             | 1,30              | 0,97                        | 1,40                     | 1,50                      | 0,97      |
| Hardheid (totaal)                                      | °D                    | 7,70             | 7,40              | 5,40                        | 7,70                     | 8,20                      | 5,40      |

### C. Analysedata september 2009

De waarden voor zware metalen zijn gecorrigeerd voor zwevend stof (volgens CIW, 2000).

|  | Eenheid                             | WHK<br>sluis III | WHK<br>Oosterhout | Reeshof<br>krabbendamstraat | Reeshof -<br>Maarheezepark | Reeshof<br>Mastwijkstraat | Vossenber |
|--|-------------------------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------|
| <b>Metalen</b>   |                                     |                  |                   |                             |                            |                           |           |
| Calcium (Ca) na ontsluiting                            | mg/L                                | 67,00            | 46,00             | 30,00                       | 48,00                      | 50,00                     | 28,00     |
| Cadmium (Cd) na ontsluiting                            | µg/L                                | 0,60             | 0,60              | 0,60                        | 0,60                       | 0,60                      | 0,60      |
| Koper (Cu) na ontsluiting                              | µg/L                                | 7,49             | 7,49              | 7,49                        | 7,49                       | 7,49                      | 7,49      |
| Ijzer (Fe) na ontsluiting                              | mg/L                                | 0,13             | <0,10             | 2,30                        | 2,90                       | 0,64                      | 0,57      |
| Ijzer (II)   | mg/L                                | <0,050           | <0,050            | <0,050                      | 0,08                       | 0,084                     | 0,056     |
| Ijzer, Fe(III)   | mg/L                                | 0,11             | <0,050            | 2,20                        | 2,80                       | 0,56                      | 0,52      |
| Kalium (K) na ontsluiting                              | mg/L                                | 18,00            | 40,00             | 7,50                        | 5,20                       | 22,00                     | 9,90      |
| Magnesium (Mg) na ontsluiting                          | mg/L                                | 10,00            | 8,00              | 6,70                        | 5,80                       | 7,20                      | 6,40      |
| Natrium (Na) na ontsluiting                            | mg/L                                | 60,00            | 70,00             | 21,00                       | 26,00                      | 51,00                     | 32,00     |
| Nikkel (Ni) na ontsluiting                             | µg/L                                | 21,12            | 24,10             | 151,74                      | 7,44                       | 15,17                     | 27,37     |
| Fosfor totaal (P)                                      | mg/L                                | 0,12             | 0,11              | 0,14                        | 0,13                       | 0,18                      | 0,09      |
| Fosfor totaal (PO <sub>4</sub> )                       | mg PO <sub>4</sub> /L               | 0,36             | 0,35              | 0,42                        | 0,39                       | 0,55                      | 0,27      |
| Fosfor totaal (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )         | mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /L | 0,27             | 0,26              | 0,32                        | 0,29                       | 0,41                      | 0,20      |
| Lood (Pb) na ontsluiting                               | µg/L                                | 7,50             | 7,50              | 7,50                        | 7,50                       | 7,50                      | 7,50      |
| Zink (Zn) na ontsluiting                               | µg/L                                | 14,99            | 47,97             | 14,99                       | 14,99                      | 14,99                     | 32,98     |
| <b>Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen, PAK</b> |                                     |                  |                   |                             |                            |                           |           |
| Fluorantheen   | µg/L                                | <0,010           | <0,010            | 0,067                       | 0,023                      | 0,022                     | <0,010    |
| Benzo(k)fluorantheen                                   | µg/L                                | <0,010           | <0,010            | <0,010                      | <0,010                     | <0,010                    | <0,010    |
| Benzo(a)pyreen   | µg/L                                | <0,010           | <0,010            | <0,010                      | <0,010                     | <0,010                    | <0,010    |
| <b>Fysisch-chemische analyses</b>                      |                                     |                  |                   |                             |                            |                           |           |
| Droogrest onopgel. bestand.                            | mg/L                                | <5,0             | <5,0              | <5,0                        | <5,0                       | <5,0                      | <5,0      |
| Gloeirest onopgel. bestand.                            | mg/L                                | 1,80             | <1,0              | 1,80                        | 1,70                       | 1,70                      | 1,10      |

### C. Analysedata september 2009 (vervolg)

|   | Eenheid               | WHK<br>sluis III | WHK<br>Oosterhout | Reeshof<br>krabbendamstraat | Reeshof -<br>Maarheezepark | Reeshof<br>Mastwijkstraat | Vossenber |
|---|-----------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------|
| <b>Anorganische verbindingen &amp; natte chemie</b> |                       |                  |                   |                             |                            |                           |           |
| Ammonium (NH <sub>4</sub> -N)                       | mg N/L                | <0,050           | <0,050            | 2,50                        | 0,21                       | 0,08                      | 0,25      |
| Ammonium (NH <sub>4</sub> )                         | mg/L                  | <0,065           | <0,065            | 3,30                        | 0,27                       | 0,11                      | 0,32      |
| Chloride  | mg/L                  | 70,00            | 91,00             | 29,00                       | 33,00                      | 64,00                     | 42,00     |
| Ortho-fosfaat (PO <sub>4</sub> -P)                  | mg P/L                | 0,06             | 0,04              | 0,03                        | 0,03                       | 0,04                      | <0,020    |
| Ortho-fosfaat (PO <sub>4</sub> )                    | mg PO <sub>4</sub> /L | 0,18             | 0,12              | 0,08                        | 0,08                       | 0,11                      | <0,060    |
| Nitraat + nitriet (N)                               | mg N/L                | 2,60             | 1,60              | <0,20                       | 0,21                       | <0,20                     | 0,23      |
| Nitraat + nitriet (NO <sub>3</sub> )                | mg/L                  | 11,00            | 7,20              | <0,90                       | 0,93                       | <0,90                     | 1,00      |
| Stikstof volgens Kjeldahl (N)                       | mg/L                  | <1,0             | <1,0              | 2,70                        | <1,0                       | <1,0                      | <1,0      |
| Totaal Stikstof                                     | mg N/L                | 2,80             | 1,70              | 2,80                        | <1,0                       | <1,0                      | <1,0      |
| Sulfaat opgelost (SO <sub>4</sub> )                 | mg SO <sub>4</sub> /L | 69,00            | 76,00             | 78,00                       | 53,00                      | 73,00                     | 64,00     |
| Sulfaat opgelost (SO <sub>4</sub> -S)               | mg S/L                | 23,00            | 25,00             | 26,00                       | 18,00                      | 24,00                     | 21,00     |
| Hardheid (totaal)                                   | mmol/L                | 2,10             | 1,50              | 1,00                        | 1,40                       | 1,50                      | 0,95      |
| Hardheid (totaal)                                   | °D                    | 12,00            | 8,30              | 5,80                        | 8,10                       | 8,60                      | 5,30      |

#### D. Analyse waterkwaliteit oktober 2009

|  | Eenheid                             | WHK<br>sluis III | WHK<br>Oosterhout | Reeshof<br>krabbendamstraat | Reeshof -<br>Maarheezepark | Reeshof<br>Mastwijkstraat | Vossenbergh |
|--|-------------------------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------|
| <b>Metalen</b>   |                                     |                  |                   |                             |                            |                           |             |
| Calcium (Ca) na ontsluiting                            | mg/L                                | 37,00            | 49,00             | 24,00                       | 45,00                      | 44,00                     | 19,00       |
| Cadmium (Cd) na ontsluiting                            | µg/L                                | 0,60             | 0,37              | 0,60                        | 0,37                       | 0,09                      | 0,46        |
| Koper (Cu) na ontsluiting                              | µg/L                                | 7,49             | 4,68              | 7,49                        | 4,68                       | 1,09                      | 5,76        |
| Ijzer (Fe) na ontsluiting                              | mg/L                                | 0,35             | <0,10             | 2,10                        | 2,40                       | 1,20                      | 0,11        |
| Kalium (K) na ontsluiting                              | mg/L                                | 17,00            | 18,00             | 5,80                        | 4,50                       | 16,00                     | 4,70        |
| Magnesium (Mg) na ontsluiting                          | mg/L                                | 6,40             | 7,80              | 6,30                        | 6,30                       | 7,00                      | 6,60        |
| Natrium (Na) na ontsluiting                            | mg/L                                | 40,00            | 50,00             | 13,00                       | 20,00                      | 42,00                     | 20,00       |
| Nikkel (Ni) na ontsluiting                             | µg/L                                | 23,50            | 11,77             | 50,58                       | 4,67                       | 2,44                      | 16,98       |
| Fosfor totaal (P)                                      | mg/L                                | 0,09             | 0,11              | 0,06                        | <0,05                      | 0,13                      | <0,05       |
| Fosfor totaal (PO <sub>4</sub> )                       | mg PO <sub>4</sub> /L               | 0,27             | 0,33              | 0,19                        | <0,15                      | 0,40                      | <0,15       |
| Fosfor totaal (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )         | mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /L | 0,20             | 0,25              | 0,14                        | <0,12                      | 0,30                      | <0,12       |
| Lood (Pb) na ontsluiting                               | µg/L                                | 7,50             | 4,69              | 7,50                        | 4,69                       | 1,09                      | 5,77        |
| Zink (Zn) na ontsluiting                               | µg/L                                | 89,95            | 9,37              | 137,92                      | 31,87                      | 6,09                      | 71,51       |
| <b>Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen, PAK</b> |                                     |                  |                   |                             |                            |                           |             |
| Fluorantheen   | µg/L                                | <0,01            | <0,01             | 0,10                        | 0,02                       | 0,02                      | <0,01       |
| Benzo(k)fluorantheen                                   | µg/L                                | <0,01            | <0,01             | <0,01                       | <0,01                      | <0,01                     | <0,01       |
| Benzo(a)pyreen   | µg/L                                | <0,01            | <0,01             | <0,01                       | <0,01                      | <0,01                     | <0,01       |
| <b>Fysisch-chemische analyses</b>                      |                                     |                  |                   |                             |                            |                           |             |
| Droogrest onopgel. bestand.                            | mg/L                                | 10               | 16                | <5,0                        | 16                         | 69                        | 13          |

#### D. Analyse waterkwaliteit oktober 2009 (vervolg)

|   | Eenheid               | WHK<br>sluis III | WHK<br>Oosterhout | Reeshof<br>krabbendamstraat | Reeshof -<br>Maarheezepark | Reeshof<br>Mastwijkstraat | Vossenber |
|---|-----------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------|
| <b>Anorganische verbindingen &amp; natte chemie</b> |                       |                  |                   |                             |                            |                           |           |
| Ammonium (NH <sub>4</sub> -N)                       | mg N/L                | 0,14             | <0,050            | 1,10                        | 0,26                       | 0,10                      | 0,28      |
| Ammonium (NH <sub>4</sub> )                         | mg/L                  | 0,18             | <0,065            | 1,50                        | 0,34                       | 0,13                      | 0,36      |
| Chloride  | mg/L                  | 59,00            | 79,00             | 20,00                       | 30,00                      | 65,00                     | 36,00     |
| Ortho-fosfaat (PO <sub>4</sub> -P)                  | mg P/L                | 0,07             | 0,06              | <0,020                      | 0,04                       | 0,07                      | <0,020    |
| Ortho-fosfaat (PO <sub>4</sub> )                    | mg PO <sub>4</sub> /L | 0,21             | 0,17              | <0,060                      | 0,11                       | 0,21                      | <0,060    |
| Nitraat + nitriet (N)                               | mg N/L                | 2,40             | 2,20              | <0,20                       | 0,25                       | 0,22                      | 2,20      |
| Nitraat + nitriet (NO <sub>3</sub> )                | mg/L                  | 11,00            | 9,60              | <0,90                       | 1,10                       | 0,97                      | <0,90     |
| Stikstof volgens Kjeldahl (N)                       | mg/L                  | <1,00            | <1,00             | 3,90                        | <1,00                      | <1,00                     | <1,00     |
| Totaal Stikstof                                     | mg N/L                | 2,60             | 2,20              | 4,00                        | <1,00                      | <1,00                     | <1,00     |
| Sulfaat opgelost (SO <sub>4</sub> )                 | mg SO <sub>4</sub> /L | 65,00            | 72,00             | 66,00                       | 48,00                      | 70,00                     | 52,00     |
| Sulfaat opgelost (SO <sub>4</sub> -S)               | mg S/L                | 22,00            | 24,00             | 22,00                       | 16,00                      | 23,00                     | 17,00     |
| Hardheid (totaal)                                   | mmol/L                | 1,20             | 1,50              | 0,85                        | 1,40                       | 1,40                      | 0,75      |
| Hardheid (totaal)                                   | °D                    | 6,70             | 8,60              | 4,70                        | 7,70                       | 7,80                      | 4,20      |

## E. Analyse waterkwaliteit november 2009

|                                   | Einheid                             | WHK<br>sluis III | WHK<br>Oosterhout | Reeshof<br>krabbendamstraat | Reeshof -<br>Maarheezepark | Reeshof<br>Mastwijkstraat | Vossenber |
|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------|
| <b>Metalen</b>                    |                                     |                  |                   |                             |                            |                           |           |
| Calcium (Ca) na ontsluiting       | mg/L                                | 51,00            | 44,00             | 10,00                       | 24,00                      | 41,00                     | 19,00     |
| Cadmium (Cd) na ontsluiting       | µg/L                                | 0,50             | 0,33              | 0,25                        | 0,06                       | 0,60                      | 0,60      |
| Koper (Cu) na ontsluiting         | µg/L                                | 6,24             | 4,16              | 3,12                        | 7,49                       | 7,49                      | 7,49      |
| Ijzer (Fe) na ontsluiting         | mg/L                                | 0,20             | 0,38              | 1,20                        | 0,86                       | 1,10                      | 0,69      |
| Ijzer (II)                        | mg/L                                | 0,03             | 0,06              | 0,03                        | 0,03                       | 0,10                      | 0,09      |
| Ijzer, Fe(III)                    | mg/L                                | 0,17             | 0,32              | 1,20                        | 0,82                       | 0,96                      | 0,60      |
| Kalium (K) na ontsluiting         | mg/L                                | 16,00            | 17,00             | 2,30                        | 2,60                       | 12,00                     | 5,30      |
| Magnesium (Mg) na<br>ontsluiting  | µg/L                                | 7,40             | 6,60              | 2,10                        | 2,80                       | 5,80                      | 5,10      |
| Natrium (Na) na ontsluiting       | mg/L                                | 46,00            | 41,00             | 4,50                        | 10,00                      | 31,00                     | 19,00     |
| Nikkel (Ni) na ontsluiting        | mg PO <sub>4</sub> /L               | 22,86            | 12,63             | 9,12                        | 7,44                       | 7,44                      | 16,07     |
| Lood (Pb) na ontsluiting          | mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /L | 6,25             | 4,17              | 1,42                        | 7,50                       | 7,50                      | 7,50      |
| Zink (Zn) na ontsluiting          | µg/L                                | 94,96            | 74,98             | 66,24                       | 116,93                     | 14,99                     | 140,91    |
| <b>Fysisch-chemische analyses</b> |                                     |                  |                   |                             |                            |                           |           |
| Droogrest onopgel. bestand.       | mg/L                                | 12,00            | 18,00             | 24,00                       | <5,0                       | <5,0                      | 8,80      |
| Gloeirest onopgel. bestand.       | mg/L                                | 9,20             | 14,00             | 3,40                        | 2,60                       | 1,10                      | 4,30      |

### E. Analyse waterkwaliteit november 2009 (vervolg)

|   | Eenheid               | WHK<br>sluis III | WHK<br>Oosterhout | Reeshof<br>krabbendamstraat | Reeshof -<br>Maarheezepark | Reeshof<br>Mastwijkstraat | Vossenber |
|---|-----------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------|
| <b>Anorganische verbindingen &amp; natte chemie</b> |                       |                  |                   |                             |                            |                           |           |
| Ammonium (NH <sub>4</sub> -N)                       | mg N/L                | 0,14             | <0,05             | 1,10                        | 0,26                       | 0,10                      | 0,28      |
| Ammonium (NH <sub>4</sub> )                         | mg/L                  | 0,18             | <0,07             | 1,50                        | 0,34                       | 0,13                      | 0,36      |
| Chloride  | mg/L                  | 59,00            | 79,00             | 20,00                       | 30,00                      | 65,00                     | 36,00     |
| Ortho-fosfaat (PO <sub>4</sub> -P)                  | mg P/L                | 0,07             | 0,06              | <0,02                       | 0,04                       | 0,07                      | <0,02     |
| Ortho-fosfaat (PO <sub>4</sub> )                    | mg PO <sub>4</sub> /L | 0,21             | 0,17              | <0,06                       | 0,11                       | 0,21                      | <0,06     |
| Nitraat + nitriet (N)                               | mg N/L                | 2,40             | 2,20              | <0,20                       | 0,25                       | 0,22                      | 2,20      |
| Nitraat + nitriet (NO <sub>3</sub> )                | mg/L                  | 11,00            | 9,60              | <0,90                       | 1,10                       | 0,97                      | <0,90     |
| Stikstof volgens Kjeldahl (N)                       | mg/L                  | <1,00            | <1,00             | 3,90                        | <1,0                       | <1,0                      | <1,0      |
| Totaal Stikstof                                     | mg N/L                | 2,60             | 2,20              | 4,00                        | <1,0                       | <1,0                      | <1,0      |
| Sulfaat opgelost (SO <sub>4</sub> )                 | mg SO <sub>4</sub> /L | 65,00            | 72,00             | 66,00                       | 48,00                      | 70,00                     | 52,00     |
| Sulfaat opgelost (SO <sub>4</sub> -S)               | mg S/L                | 22,00            | 24,00             | 22,00                       | 16,00                      | 23,00                     | 17,00     |
| Hardheid (totaal)                                   | mmol/L                | 1,20             | 1,50              | 0,85                        | 1,40                       | 1,40                      | 0,75      |
| Hardheid (totaal)                                   | °D                    | 6,70             | 8,60              | 4,70                        | 7,70                       | 7,80                      | 4,20      |

## F. Analyse waterkwaliteit december 2009

|                                   | Eenheid                             | WHK<br>sluis III | WHK<br>Oosterhout | Reeshof<br>krabbendamstraat | Reeshof -<br>Maarheezepark | Reeshof<br>Mastwijkstraat | Vossenber |
|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------|
| <b>Metalen</b>                    |                                     |                  |                   |                             |                            |                           |           |
| Calcium (Ca) na ontsluiting       | mg/L                                | 40,00            | 35,00             | 24,00                       | 50,00                      | 46,00                     | 18,00     |
| Cadmium (Cd) na ontsluiting       | µg/L                                | 0,06             | 0,60              | 0,60                        | 0,60                       | 0,60                      | 0,06      |
| Koper (Cu) na ontsluiting         | µg/L                                | 7,49             | 7,49              | 7,49                        | 7,49                       | 7,49                      | 7,49      |
| IJzer (Fe) na ontsluiting         | mg/L                                | 0,66             | 0,54              | 0,15                        | 2,50                       | 2,90                      | 0,41      |
| IJzer (II)                        | mg/L                                | <0,05            | 0,09              | <0,05                       | 0,06                       | 0,08                      | <0,05     |
| IJzer, Fe(III)                    | mg/L                                | 0,61             | 0,45              | 0,11                        | 2,40                       | 2,80                      | 0,36      |
| Kalium (K) na ontsluiting         | mg/L                                | 26,00            | 30,00             | 5,40                        | 5,10                       | 12,00                     | 5,20      |
| Magnesium (Mg) na<br>ontsluiting  | µg/L                                | 6,70             | 6,10              | 6,20                        | 5,30                       | 6,20                      | 4,50      |
| Natrium (Na) na ontsluiting       | mg/L                                | 44,00            | 45,00             | 15,00                       | 22,00                      | 28,00                     | 20,00     |
| Nikkel (Ni) na ontsluiting        | mg PO <sub>4</sub> /L               | 53,56            | 53,56             | 101,16                      | 16,66                      | 29,16                     | 22,31     |
| Lood (Pb) na ontsluiting          | mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /L | 7,50             | 7,50              | 7,50                        | 7,50                       | 7,50                      | 7,50      |
| Zink (Zn) na ontsluiting          | µg/L                                | 164,90           | 161,90            | 218,87                      | 14,99                      | 14,99                     | 77,95     |
| <b>Fysisch-chemische analyses</b> |                                     |                  |                   |                             |                            |                           |           |
| Droogrest onopgel. bestand.       | mg/L                                | 9,90             | 5,80              | <5,0                        | <5,0                       | <5,0                      | 9,60      |
| Gloeirest onopgel. bestand.       | mg/L                                | 6,70             | 3,60              | 1,60                        | 1,00                       | 2,40                      | 3,90      |



**F. Analyse waterkwaliteit December 2009 (vervolg)**

|   | Eenheid               | WHK<br>sluis III | WHK<br>Oosterhout | Reeshof<br>krabbendamstraat | Reeshof -<br>Maarheezepark | Reeshof<br>Mastwijkstraat | Vossenber |
|---|-----------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------|
| <b>Anorganische verbindingen &amp; natte chemie</b> |                       |                  |                   |                             |                            |                           |           |
| Ammonium (NH <sub>4</sub> -N)                       | mg N/L                | 0,15             | 0,20              | 0,43                        | 0,46                       | 0,23                      | 0,59      |
| Ammonium (NH <sub>4</sub> )                         | mg/L                  | 0,19             | 0,26              | 0,56                        | 0,59                       | 0,30                      | 0,76      |
| Chloride  | mg/L                  | 74,00            | 80,00             | 43,00                       | 34,00                      | 47,00                     | 33,00     |
| Ortho-fosfaat (PO <sub>4</sub> -P)                  | mg P/L                | 0,09             | 0,05              | <0,02                       | 0,04                       | 0,11                      | <0,02     |
| Ortho-fosfaat (PO <sub>4</sub> )                    | mg PO <sub>4</sub> /L | 0,28             | 0,16              | <0,06                       | 0,12                       | 0,33                      | <0,06     |
| Nitraat + nitriet (N)                               | mg N/L                | 4,00             | 3,40              | 0,41                        | 0,46                       | 0,24                      | <0,20     |
| Nitraat + nitriet (NO <sub>3</sub> )                | mg/L                  | 18,00            | 15,00             | 1,80                        | 2,00                       | 1,10                      | <0,90     |
| Stikstof volgens Kjeldahl (N)                       | mg/L                  | <1,00            | <1,00             | <1,000                      | <1,00                      | <1,00                     | <1,00     |
| Totaal Stikstof                                     | mg N/L                | <1,00            | <1,00             | <1,000                      | <1,00                      | <1,00                     | <1,00     |
| Sulfaat opgelost (SO <sub>4</sub> )                 | mg SO <sub>4</sub> /L | 75,00            | 78,00             | 91,00                       | 50,00                      | 65,00                     | 43,00     |
| Sulfaat opgelost (SO <sub>4</sub> -S)               | mg S/L                | 25,00            | 26,00             | 30,00                       | 17,00                      | 22,00                     | 14,00     |
| Hardheid (totaal)                                   | mmol/L                | 1,30             | 1,10              | 0,85                        | 1,50                       | 1,40                      | 0,63      |
| Hardheid (totaal)                                   | °D                    | 7,10             | 6,20              | 4,80                        | 8,20                       | 7,90                      | 3,50      |

#### D. Voorkomen blauwalgen

Vet gedrukte soorten zijn potentieel overlast veroorzakende soorten (drijfslag vormers en/of toxinen producerend)

| Wilhelminakanaal sluis III |                                 |   |
|----------------------------|---------------------------------|---|
| augustus 2009              |                                 | september 2009  |
| Soort                      | <b>Anabaena pertubata</b> groep | <b>Microcystis sp.</b><br><b>Pseudanabaena mucicola</b> |

| Wilhelminakanaal Oosterhout |   |                               |
|-----------------------------|---|-------------------------------|
| augustus 2009               |   | september 2009                |
| Soort                       | <b>Anabaena pertubata</b> groep<br><b>Microcystis sp.</b> | <b>Geitlerinema amphibium</b> |

| Reeshof Krabbedamstraat |  |                |
|-------------------------|--|----------------|
| augustus 2009           |  | september 2009 |
| Soort                   | <b>Anabaena pertubata</b> groep<br><b>Phormidium sp.</b> |                |

| Reeshof Maarheezepark |                                 |   |
|-----------------------|---------------------------------|---|
| augustus 2009         |                                 | september 2009  |
| Soort                 | <b>Anabaena pertubata</b> groep | <b>Geitlerinema amphibium</b><br><b>Geitlerinema splendidum</b> |

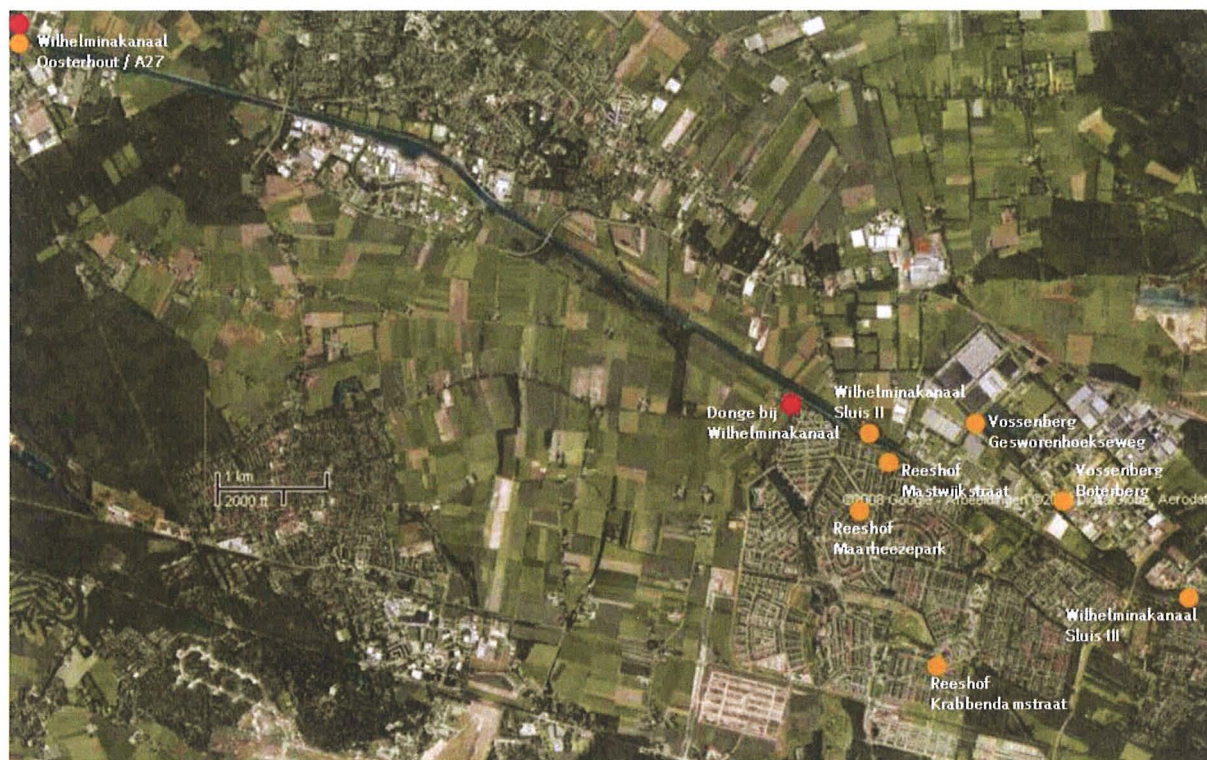
| Reeswijk Mastwijkstraat |   |  |
|-------------------------|---|--|
| augustus 2009           |   | september 2009   |
| Soort                   | <b>Anabaena pertubata</b> groep<br><b>Anabaena flos-aquae</b><br><b>Geitlerinema splendidum</b><br><b>Phormidium sp.</b><br><b>Pseudanabaena catenata</b> | <b>Geitlerinema sp.</b><br><b>Geitlerinema amphibium</b><br><b>Geitlerinema splendidum</b><br><b>Microcystis sp.</b><br><b>Oscillatoriales sp.</b><br><b>Phormidium cf. tergestinum</b><br><b>Pseudanabaena catenata</b><br><b>Synechococcus sp.</b> |

| Vossenbergh   |   |  |
|---------------|---|--|
| augustus 2009 |   | september 2009   |
| Soort         | <b>Phormidium sp.</b><br><b>Synechococcus sp.</b> | <b>Geitlerinema sp.</b><br><b>Pseudanabaena catenata</b> |

## 4 Toelichting oppervlaktewaterkwaliteit

### Wilhelminakanaal

De waterkwaliteit van het Wilhelminakanaal wordt routinematig (twee-maandelijks) gemeten (meetpunt rijksweg A27). In 2008 zijn tevens metingen uitgevoerd ter hoogte van het studiegebied. De meetpunten zijn weergegeven in figuur B4.1.



Figuur B4.1. Meetpunten waterkwaliteit voor Reeshof, Vossenberg en Wilhelminakanaal. (oranje: projectmatige meetpunten, Rood: basismetnet Waterschap Brabantse Delta).

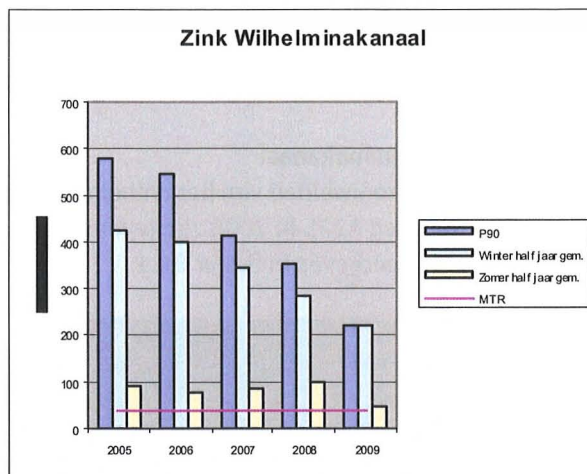
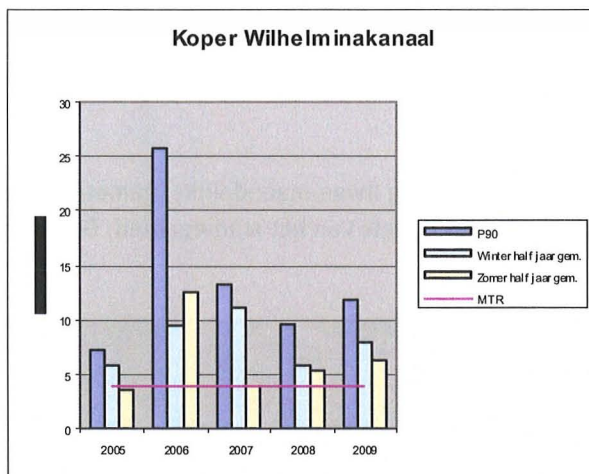
### Zware metalen

De concentraties\* van de belangrijkste zware metalen zijn weergegeven in figuren B4.2a t/m B4.2d. De gegevens lopen van 2005 tot juli 2009.

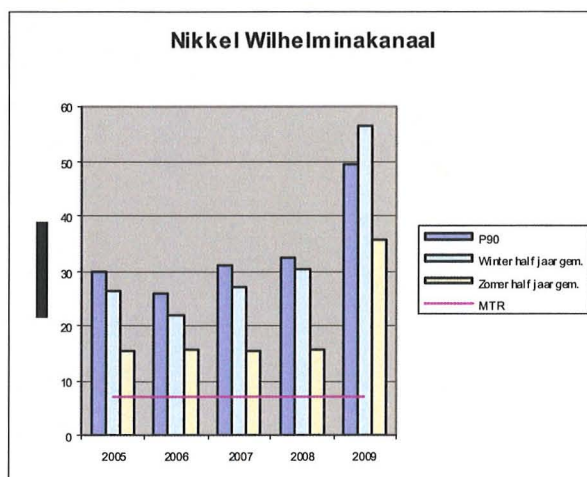
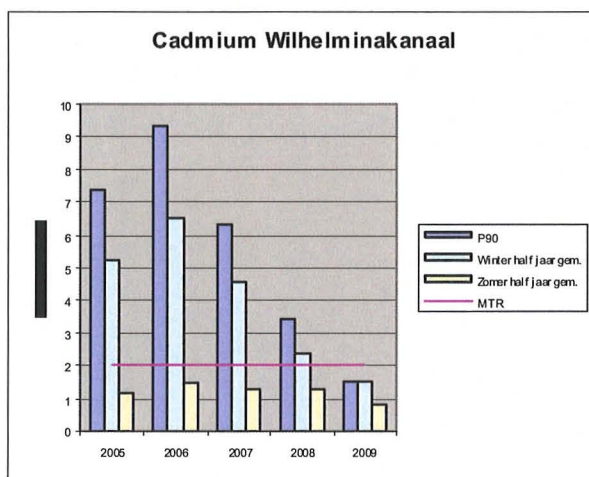
#### **\*) Normtoetsing zware metalen**

Voor het toetsen van zware metalen aan de geldende normen dient een correctie uitgevoerd te worden voor zwevend stof. De hier gepresenteerde meetgegevens van zware metalen zijn volgens "NW4 Achtergronddocument Normen voor het Waterbeheer, CIW 2000" gecorrigeerd voor zwevend stof. De resulterende waarden, die vanwege het gemiddeld lage zwevend stof gehalte van <10 tot 20 mg/l hoger uitkomen dan de gemeten waarden (standaard wordt uitgegaan van 30 mg/l zwevend stof), zijn vervolgens getoetst aan de MTR-totaal norm. Om de gegevens een representatief beeld te laten geven zijn daarnaast 2 uitbijters verwijderd: 1515 ug Zn/l in januari 2008 voor de Donge en 476 ug Ni/l voor januari 2009 in het Wilhelminakanaal.





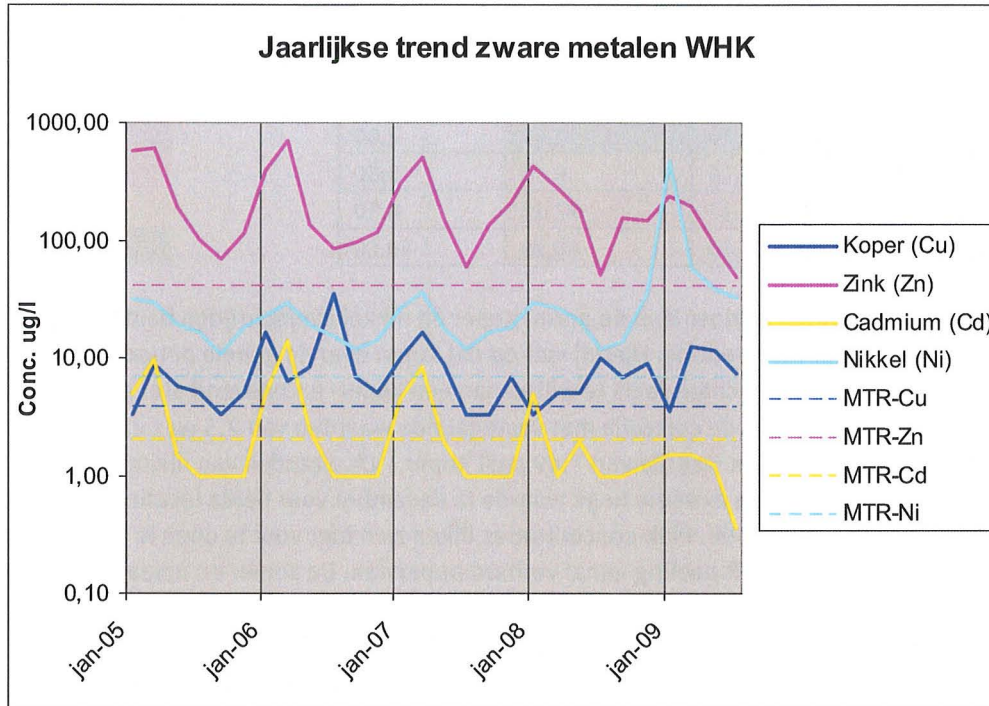
Figuur B4.2a en b. Concentratie (90-percentiel) en winter- en zomerhalfjaargemiddelden in het Wilhelminakanaal bij meetlocatie A27/Oosterhout van Koper en Zink met bijbehorende MTR-totaal voor de periode 2005 - 2009.



Figuur B4.2c en d. (Concentratie (90-percentiel) en winter- en zomerhalfjaargemiddelden in het Wilhelminakanaal bij meetlocatie A27/Oosterhout van Cadmium en Nikkel met bijbehorende MTR-totaal voor de periode 2005 - 2009.

De P90-concentraties van alle zware metalen overschrijden de MTR-norm, alleen Cadmium voldoet in 2009 aan de MTR-norm. De lading aan zware metalen is echter niet over het gehele jaar gelijk. De zomerhalfjaar waarden liggen aanzienlijk lager dan de 90-percentiel waarden, de piekconcentraties vallen dan ook vrijwel allemaal in het winterhalfjaar. Alleen koper vormt hierop een uitzondering met piekconcentraties die ook in het zomerhalfjaar voorkomen. In figuur 4.13 valt te zien dat er een duidelijke piek in het winterhalfjaar optreedt voor alle parameters.

In de grafieken van figuur B4.3 lijkt een trend te bemerken voor cadmium en zink. Een dalende lijn lijkt hier ingezet te zijn. Met name de winterhalfjaar waarden liggen lager in de laatste jaren. Voor koper en nikkel is het verloop grilliger. Een duidelijke trend is hier niet waar te nemen.



Figuur B4.3: Trends in de zware metalen concentraties in het Wilhelminakanaal (meetlocatie A27/Oostehout) 2005 - 2009.

De zomerwaarden van cadmium en in mindere mate koper voldoen met enige regelmaat aan de MTR. De winterwaarden overstijgen de norm echter ruimschoots in alle gevallen. Opvallend is een sterk afwijkende waarneming bij de koperconcentratie: een waarde van ruim 21  $\mu\text{g/l}$  is hier in juli 2006 gemeten. Ook in de zomers van 2008 en 2009 is er een kleine piek waarneembaar. Dit komt niet terug in de overige parameters, deze afwijking lijkt dus niet door een afvoerpiek verklaart te kunnen worden. De bron voor koper is veelal toevoer vanuit stedelijk gebied (leidingen e.d.), mogelijke oorzaak voor de pieken kan liggen in een (lokale) hogere neerslag en afvoer.

In december 2008 en augustus tot en met december 2009 zijn er waterkwaliteitsanalyses uitgevoerd ten bate van dit project ter hoogte van sluis III en bij Oosterhout/A27. De resultaten hiervan zijn weergegeven in tabel B4.1.

Tabel B4.1. Resultaten zware metalen analyse Wilhelminakanaal (aug. - dec. 2009).

| Wilhelminakanaal |           |            |           |           |           |
|------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Sluis III        |           |            |           |           |           |
|                  | aug. 2009 | sept. 2009 | okt. 2009 | nov. 2009 | dec. 2009 |
| Cadmium          | 0,60      | 0,60       | 0,60      | 0,50      | 0,06      |
| Koper            | 7,49      | 7,49       | 7,49      | 6,24      | 7,49      |
| Nikkel           | 24,40     | 21,12      | 23,50     | 22,86     | 53,56     |
| Zink             | 14,99     | 14,99      | 89,95     | 94,96     | 164,90    |
| Oosterhout       |           |            |           |           |           |
|                  | aug. 2009 | sept. 2009 | okt. 2009 | nov. 2009 | dec. 2009 |
| Cadmium          | 0,60      | 0,60       | 0,37      | 0,33      | 0,60      |
| Koper            | 7,49      | 7,49       | 4,68      | 4,16      | 7,49      |
| Nikkel           | 23,80     | 24,10      | 11,77     | 12,63     | 53,56     |
| Zink             | 14,99     | 47,97      | 9,37      | 74,98     | 161,90    |



| Wilhelminakanaal |           |            |       |       |
|------------------|-----------|------------|-------|-------|
| Gemiddelden 2009 |           |            |       |       |
|                  | Sluis III | Oosterhout | WHK   | MTR   |
| Cadmium          | 0,47      | 0,50       | 0,49  | 2,00  |
| Koper            | 7,24      | 6,26       | 6,75  | 3,80  |
| Nikkel           | 29,09     | 25,17      | 27,13 | 6,30  |
| Zink             | 75,96     | 61,84      | 68,90 | 40,00 |

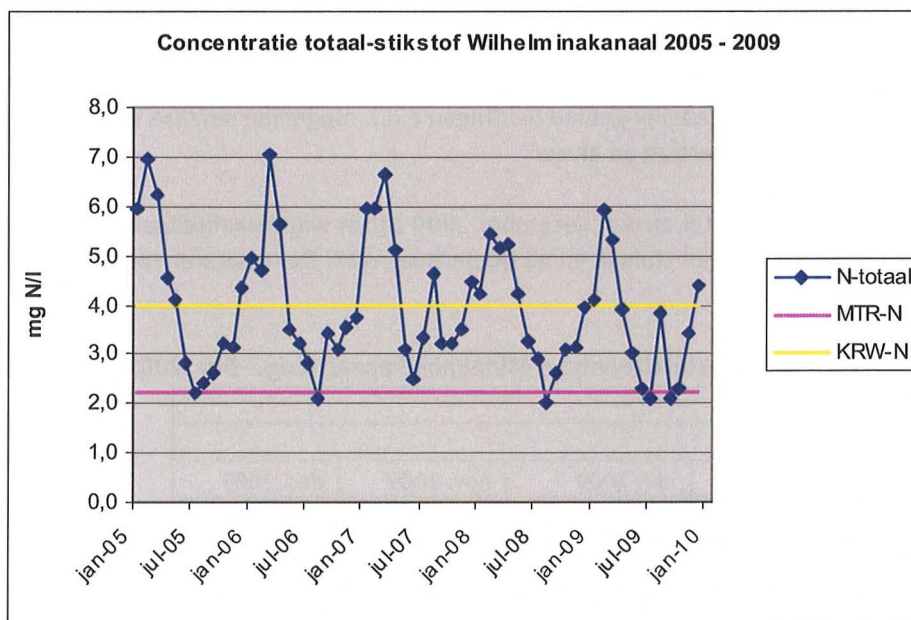
Met:

- > 5\* MTR
- < 5\* MTR
- < 2\* MTR
- < MTR

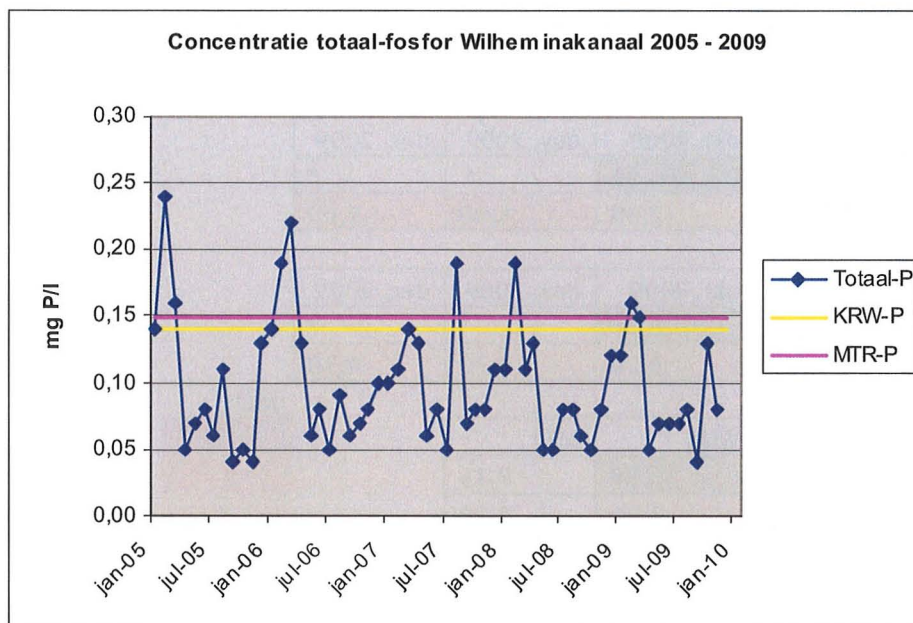
De waarden van cadmium voldoen aan de norm. Koper en nikkel overschrijden beiden de norm ruimschoots over de gehele periode. Hierbij valt op dat koper over de gehele periode een vrij stabiele concentratie vertoont (dit is echter deels te wijten aan een koper- én zwevend stof-concentratie van onder de detectiegrens. Hierdoor is de correctie met vastegetelde waarden van 2,5 µg Cu/l en 10 mg ZS/l uitgevoerd, resulterend in een waarde van 7,49 µg/l koper.) De waarden van nikkel vertonen daarentegen een grilliger patroon, met een extreem hoge waarde in december voor beide locaties. Ook voor zink zijn er variaties te zien over de periode. Piek-concentraties lijken zich hier voor te doen in de wintermaanden. Mogelijke reden hiervoor is afspoeling vanaf verhard oppervlak. De zomer en najaar van 2009 zijn erg droog geweest. Door neerslag in het late najaar / begin winter kan er door afspoeling een hogere zinkconcentratie voorkomen. De variaties in concentraties voor nikkel zijn mogelijk te wijten aan verhoogde grondwaterconcentraties. In bijlage 6 wordt verder ingegaan op nikkel concentraties in het grondwater.

#### Nutriënten

De historische meetgegevens voor totaal-stikstof en -fosfor zijn weergegeven in figuur B4.4a en b. Net als bij de zware metalen is voor beide parameters een jaarlijkse trend te herkennen met hogere ladingen in het winterseizoen.

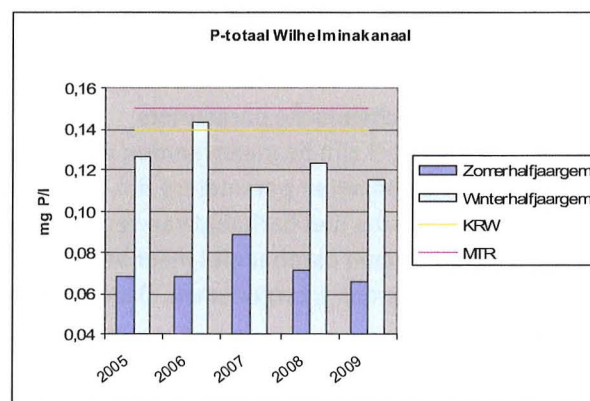
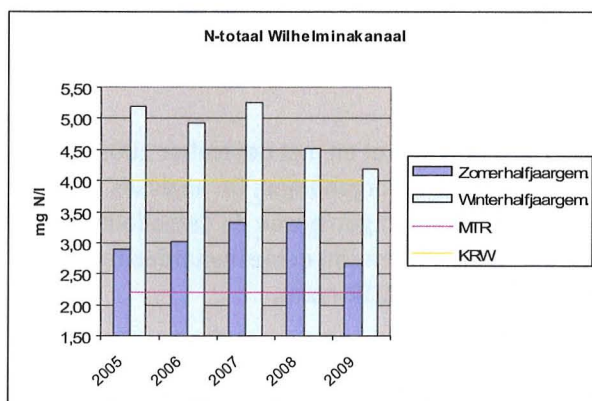


Figuur B4.4a. concentratie totaal stikstof Wilhelminakanaal en bijbehorende MTR- en KRW-norm.



Figuur B4.4b. concentratie totaal fosfor Wilhelminakanaal en bijbehorende MTR- en KRW -norm.

In het zomerhalfjaar voldoen de waarden van fosfor aan de MTR- en KRW-normen. Stikstof voldoet wel aan de KRW-norm die wordt gesteld voor R-type wateren (rivieren, waaronder de Donge). In de zomer van 2008 en 2009 wordt er tevens tijdelijk voldaan aan de MTR-norm. De zomer- en winterhalfjaargemiddelden zijn weergegeven in figuur B4.5a en b.



Figuur B4.5a en b. Zomer- en winterhalfjaargemiddelden Totaal-stikstof en -fosfor met bijbehorende normen.

Ten bate van dit project zijn in 2008 in het Wilhelminakanaal ter hoogte van sluis II watermonsters genomen en geanalyseerd op de nutriëntenparameters stikstof-totaal en fosfor-totaal. In augustus tot en met december 2009 zijn deze metingen herhaald, de monsterlocatie is verplaatst naar sluis III aangezien deze locatie voor het inlaten van water vanuit het Wilhelminakanaal representatiever is. Daarnaast is er een monsterpunt toegevoegd ter hoogte van de A27 bij Oosterhout ter referentie van het routine meetpunt aldaar. De resultaten van de analyses zijn weergegeven in tabel B4.2.



**Tabel B4.2. Resultaten nutriënten analyse Wilhelminakanaal sluis III en Oosterhout (aug. - dec. 2009).**

| Wilhelminakanaal |           |            |           |           |           |
|------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Sluis III        |           |            |           |           |           |
|                  | aug. 2009 | sept. 2009 | okt. 2009 | nov. 2009 | dec. 2009 |
| P-totaal         | 0,06      | 0,12       | 0,09      | *         | *         |
| N-totaal         | 6,20      | 2,80       | 2,60      | 5,00      | 4,60      |
| Oosterhout       |           |            |           |           |           |
|                  | aug. 2009 | sept. 2009 | okt. 2009 | nov. 2009 | dec. 2009 |
| P-totaal         | <0,05     | 0,11       | 0,11      | *         | *         |
| N-totaal         | 1,90      | 1,70       | 2,20      | 3,70      | 4,30      |
| Gemiddelde       |           |            |           |           |           |
|                  | Sluis III | Oosterhout | WHK       | MTR       |           |
| P-totaal         | 0,09      | 0,08       | 0,09      | 0,15      |           |
| N-totaal         | 3,52      | 2,10       | 2,81      | 2,20      |           |

Met:

|  |          |
|--|----------|
|  | > 5* MTR |
|  | < 5* MTR |
|  | < 2* MTR |
|  | < MTR    |

\*) Voor fosfor-totaal zijn geen waarnemingen in november en december 2009.

Voor alle metingen wordt ruimschoots voldaan aan de MTR-norm voor fosfor-totaal. Voor stikstof zijn er, met name bij sluis III, sterke variaties in concentraties. Er lijkt een seizoenstrend aanwezig te zijn voor stikstof, met hogere waarden in de wintermaanden. Voor sluis III is er echter een zeer hoge waarde waargenomen in augustus. Het is onduidelijk waardoor deze afwijkende hogere waarden worden veroorzaakt. Opwoeling door scheepvaart van sediment kan mogelijk zorgen voor hogere concentraties stikstof in het water. Voor zover bekend is er echter geen scheepvaartverkeer geweest kort voor de monsternamen. De gemiddelde waarden geven aan dat de waarden niet sterk afwijken van de normen. Bij beide meetlocaties wordt voldaan aan de KRW-norm (4 mg/l), bij meetlocatie Oosterhout tevens aan de MTR-norm. De waarden komen overeen met de gemiddelde waarden uit de meerjarige meetreeksen.

#### Overige chemische parameters

In bijlage 3 zijn de meetwaarden van de metingen van augustus tot en met december 2009 weergegeven. Voor de bemeaten parameters zijn geen normoverschrijdingen waargenomen. De analyses voor PCB's zijn na augustus niet herhaald vanwege het ontbreken van waarnemingen boven de detectielimiet. PAK's zijn daarna vanaf oktober niet meer bemeaten. Alleen voor fluorantheen zijn er meetwaarden boven de detectiegrens waargenomen. Deze voldoen ruimschoots aan de MTR-norm.

#### Blauwalgen

Er is bekend dat er in het Wilhelminakanaal in het verleden blauwalgenbloei is opgetreden. In 2006 heeft er zich een situatie voorgedaan met dominantie van *microcystis* met drijfslagvorming over een lang traject op het Wilhelminakanaal ter hoogte van meetpunt Oosterhout/A27. In 2008 zijn er geen of zeer weinig blauwalgen waargenomen op deze locatie.

Ten bate van dit project zijn er in augustus 2009 celtellingen van algenpopulaties uitgevoerd om een indicatie te krijgen van de algenpopulatie. Hieruit kwam naar voren dat blauwalgen in zeer lage aantallen voorkomen. Ter hoogte van sluis III en bij Oosterhout zijn blauwalgen van de soortgroep *Anabaena* waargenomen. Ter hoogte van Oosterhout zijn daarnaast cellen van *microcystis* waargenomen. Beide blauwalgensoorten zijn potentieel toxische drijfslag vormende soorten en kunnen daarom overlast\* veroorzaken.

In september zijn er bij sluis III *Microcystis* en *Pseudanabaena* waargenomen, beiden potentieel drijfslagvormende soorten.

In bijlage 3D zijn de waargenomen blauwalgen van de verschillende locaties weergegeven.



**\*) Blauwalgen overlast**

Verskillende soorten blauwalgen (cyanobacteriën) kunnen overlast veroorzaken wanneer er zich een dominante algenbloei voordoet. In dit geval kunnen de algen drijfslagen vormen en toxische stoffen (microcystine) afgeven die voor mens en dier schadelijk zijn. Daarnaast kan het ontbinden van de drijfslag zorgen voor stank en het aangezicht van het watersysteem schaden. De blauwalgensoortgroepen die toxische drijfslagen kunnen vormen zijn *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Planktothrix* en *Worochinia*. Er is sprake van blauwalgenbloei bij een celconcentratie van 20.000 cellen/ml of hoger.

Blauwalgentellingen zijn in augustus uitgevoerd, voor oktober en september is alleen de aanwezigheid van blauwalgen bepaald. De monsternamen en bepalingen zijn volgens het Blauwalgenprotocol (Werkgroep Cyanobacteriën, 2008) uitgevoerd.

**4.1.1.1 Reeshof**

**Zware metalen**

Binnen de woonwijk Reeshof bevinden zich geen routinemeetpunten van het waterschap. Een uitgebreide waterkwaliteitsmeting is in het kader van dit project uitgevoerd van augustus t/m december 2009. De resultaten voor de belangrijkste zware metalen zijn weergegeven in tabel B4.3.

**Tabel B4.3. Resultaten zware metalen analyse Reeshof, aug. - dec. 2009.**

| Reeshof          |              |             |               |           |           |
|------------------|--------------|-------------|---------------|-----------|-----------|
| Mastwijkstraat   |              |             |               |           |           |
|                  | aug. 2009    | sept. 2009  | okt. 2009     | nov. 2009 | dec. 2009 |
| Cadmium          | 0,35         | 0,60        | 0,09          | 0,60      | 0,60      |
| Koper            | 4,41         | 7,49        | 1,09          | 7,49      | 7,49      |
| Nikkel           | 13,02        | 15,17       | 2,44          | 7,44      | 29,16     |
| Zink             | 8,82         | 14,99       | 6,09          | 14,99     | 14,99     |
| Krabbendamstraat |              |             |               |           |           |
|                  | aug. 2009    | sept. 2009  | okt. 2009     | nov. 2009 | dec. 2009 |
| Cadmium          | 0,46         | 0,60        | 0,60          | 0,25      | 0,60      |
| Koper            | 5,76         | 7,49        | 7,49          | 3,12      | 7,49      |
| Nikkel           | 48,20        | 151,74      | 50,58         | 9,12      | 101,16    |
| Zink             | 11,53        | 14,99       | 137,92        | 66,24     | 218,87    |
| Maarheezepark    |              |             |               |           |           |
|                  | aug. 2009    | sept. 2009  | okt. 2009     | nov. 2009 | dec. 2009 |
| Cadmium          | 0,60         | 0,60        | 0,37          | 0,06      | 0,60      |
| Koper            | 7,49         | 7,49        | 4,68          | 7,49      | 7,49      |
| Nikkel           | 7,44         | 7,44        | 4,67          | 7,44      | 16,66     |
| Zink             | 14,99        | 14,99       | 31,87         | 116,93    | 14,99     |
| Gemiddelde       |              |             |               |           |           |
|                  | Mastwijkstr. | Krabbendam. | Maarheezepark | Reeshof   | MTR       |
| Cadmium          | 0,45         | 0,50        | 0,45          | 0,47      | 2,00      |
| Koper            | 5,59         | 6,27        | 6,93          | 6,26      | 3,80      |
| Nikkel           | 13,45        | 72,16       | 8,73          | 31,44     | 6,30      |
| Zink             | 11,98        | 89,91       | 38,75         | 46,88     | 40,00     |

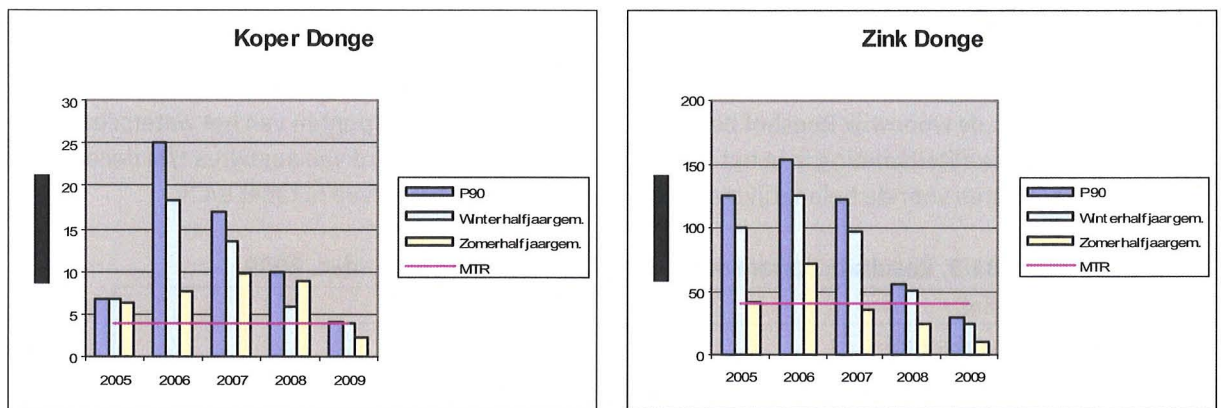
Met:

- > 5\* MTR
- < 5\* MTR
- < 2\* MTR
- < MTR

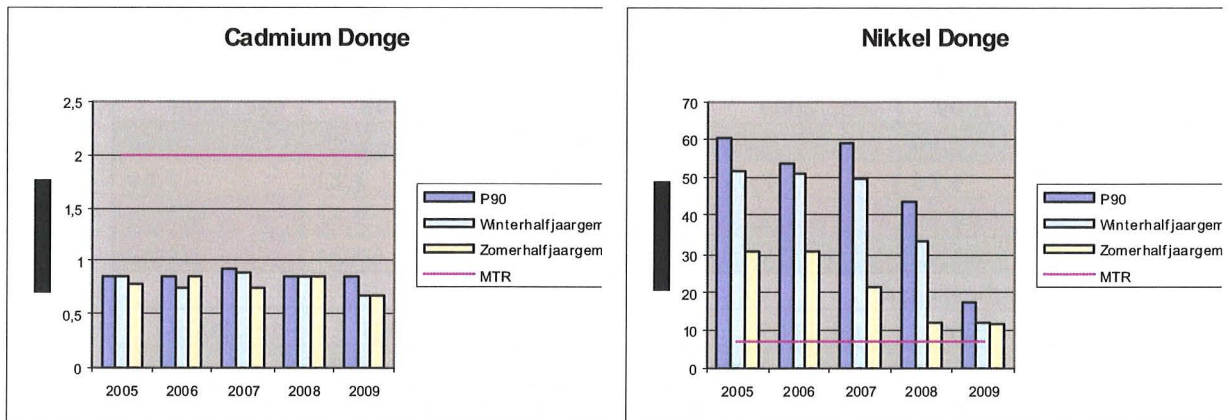
Cadmium voldoet over de gehele periode aan de MTR-norm. Ook zink voldoet voor een hoop metingen, echter zijn hiervoor een aantal sterke afwijkende waarden waargenomen. Met name voor de locatie Krabbendamstraat zijn er in najaar en winter sterke overschrijdingen waargenomen. Voor Maarheezepark is er in november een overschrijdende concentratie. Voor nikkel en koper en koper variëren de waarden eveneens sterk maar lijken de variaties niet gekoppeld te zijn aan de seizoenen.

Mogelijke oorzaak voor de sterk variërende waarden voor nikkel is de sterk wisselende achtergrondconcentratie van nikkel in het regionale grondwater. In de gehele provincie Noord-Brabant komt dit voor (Gemeente Tilburg, 2003). Voor zink is een mogelijke bron afspoeling van de wegen in de wijk na hevige neerslag. Dit verklaart echter niet direct de afwijking ten op zichte van de overige locaties binnen de wijk.

Het watersysteem van de Reeshof staat in directe verbinding met de bovenloop van de Donge (Oude Leij). Routinematige metingen (twee-maandelijks) vinden in dit watersysteem wel plaats. Ter vergelijking van de metingen binnen de Reeshof worden hier de gegevens van de Donge ter hoogte van het aflatwerk op het Wilhelminakanaal (gelegen bij de Reeshof) weergegeven.



Figuur B4.6a en b. Concentratie (90-percentiel) en winter- en zomerhalfjaargemiddelden in De Donge van Koper en Zink met bijbehorende MTR-totaal voor de periode 2005 - 2009.



Figuur B4.6c en d. Concentratie (90-percentiel) en winter- en zomerhalfjaargemiddelden in De Donge van Cadmium en Nikkel met bijbehorende MTR-totaal voor de periode 2005 - 2009.

Cadmium en zink voldoen in 2009 beiden aan de MTR-norm. Ook koper heeft voldoen grotendeels aan de MTR in 2009. Opvallend is dat koper, nikkel en zink een aanzienlijk lagere waarde hebben voor 2009. Met name koper valt op met een P90-waarde (4,2 µg Cu/l) die de MTR benaderd en een laag zomerhalfjaargemiddelde. Binnen de Reeshof overschrijdt koper in 2009 de norm juist sterk. Dit geeft aan dat de bron hiervoor niet aanvoer vanuit De Donge is. De overige parameters vertonen geen grote afwijkingen ten opzichte van de metingen in Reeshof.

### Nutriënten

Voor de nutriëntenparameters totaal-stikstof en -fosfor zijn in december 2008 en augustus 2009 metingen verricht. De resultaten zijn weergegeven in tabel B4.4. Hier valt te zien dat over het algemeen wordt voldaan aan de MTR-norm. Stikstof waarden zijn duidelijk hoger in de zomer van 2009 dan in de



wintermetingen van 2008. In de Krabbendamstraat wijken de waarden voor stikstof in september en oktober af van de MTR-norm, aan de KRW-norm wordt nog wel voldaan. Opvallend is de kleine overschreiding van de MTR voor fosfor in september in de Mastwijkstraat. In de Krabbendamstraat zijn voor stikstof afwijkende waarden. Een duidelijke oorzaak valt hiervoor niet te benoemen.

**Tabel B4.4. Resultaten nutriënten analyse Reeshof, dec. 2008 en aug. t/m dec. 2009.**

| Reeshof          |              |            |               |           |           |           |
|------------------|--------------|------------|---------------|-----------|-----------|-----------|
| Mastwijkstraat   |              |            |               |           |           |           |
|                  | dec. 2008    | aug. 2009  | sept. 2009    | okt. 2009 | nov. 2009 | dec. 2009 |
| P-totaal         | 0,06         | <0,05      | 0,18          | 0,13      | *         | *         |
| N-totaal         | 0,35         | 1,60       | <1,00         | <1,00     | <1,00     | <1,00     |
| Krabbendamstraat |              |            |               |           |           |           |
|                  | dec. 2008    | aug. 2009  | sept. 2009    | okt. 2009 | nov. 2009 | dec. 2009 |
| P-totaal         | <0,05        | <0,05      | 0,14          | 0,06      | *         | *         |
| N-totaal         | 0,25         | 1,80       | 2,80          | 4,00      | <1,00     | <1,00     |
| Maarheezepark    |              |            |               |           |           |           |
|                  | dec. 2008    | aug. 2009  | sept. 2009    | okt. 2009 | nov. 2009 | dec. 2009 |
| P-totaal         | <0,05        | <0,05      | 0,13          | <0,05     | *         | *         |
| N-totaal         | 0,31         | <1,00      | <1,00         | <1,00     | <1,00     | <1,00     |
| Gemiddelde       |              |            |               |           |           |           |
|                  | Mastwijkstr. | Krabbendam | Maarheezepark | Reeshof   | MTR       |           |
| P-totaal         | 0,10         | 0,06       | 0,06          | 0,07      | 0,15      |           |
| N-totaal         | 0,66         | 1,64       | 0,47          | 0,92      | 2,20      |           |

Met:

- > 5\* MTR
- < 5\* MTR
- < 2\* MTR
- < MTR

\*) Voor fosfor-totaal zijn geen waarnemingen in november en december 2009.

### Blauwalgen

Blauwalgen zorgen in de wijk Reeshof regelmatig voor problemen. Van een aantal locaties zijn meldingen geregistreerd in de periode 2006 -2008, deze zijn weergegeven in figuur B4.7. De waargenomen blauwalgenpopulaties bestaan hoofdzakelijk uit *anabaena* en *planktothrix*, beide potentieel toxische soorten.

Uit de cellellingen van de metingen uitgevoerd in augustus 2009 is gebleken dat op alle drie de onderzochte locaties lage concentraties aan *anabaena* voorkomen. In september zijn in de mastwijkstraat ook *Microcystis* en *Pseudanabaena* waargenomen. De concentraties zijn echter zeer laag en geven geen indicatie voor blauwalgenbloei: er is sprake van blauwalgenbloei bij celconcentraties van 20.000 cellen/ml, de hoogst gemeten celconcentratie is 578 cellen/ml. Bij visuele waarneming tijdens de monsterneming zijn geen indicaties van blauwalgenbloei waargenomen.

Gerichte monitoring op de aanwezigheid van blauwalgen vindt niet plaats. De omvang van de blauwalgenoverlast is naar verwachting groter dan de meldingen doen voorkomen. Zo zijn op satellietbeelden (Google Earth) duidelijke verkleuringen in watergangen te zien die kunnen duiden op zeer hoge algen activiteit. Dominantie van blauwalgen is hierbij niet onwaarschijnlijk.

Vaak wordt er een relatie gelegd tussen eutrofie en blauwalgen ontwikkeling. Gezien de relatief lage nutriëntenlast in de wijk lijkt dit echter niet de bepalende factor voor explosieve blauwalgenbloei. Blauwalgenbloei hangt in grote mate af van de wijze waarop het watersysteem is ingericht. Factoren die een rol spelen zijn diepte (competitief voordeel bij grotere diepte ten opzicht van algen zonder drijfblaas), stroming (ophoping van blauwalgen in stromingsluwe delen) en temperatuur. Met name de laatste factoren spelen mogelijk een rol bij de blauwalgenproblematiek in Reeshof. Ondiep, stromingsluw water warmt namelijk snel op en kan zo geschikte ontwikkelingsomstandigheden voor blauwalgen creëren.





Figuur B4.7. Waarnemingen blauwalgen in wijk Reeshof.

#### 4.1.1.2 Vossenberg

##### Zware metalen

Binnen het bedrijventerrein Vossenberg bevinden zich geen routinemeetpunten van het waterschap. Een uitgebreide waterkwaliteitsmeting is in het kader van dit project maandelijks uitgevoerd van augustus tot en met december 2009. De resultaten voor de belangrijkste zware metalen zijn weergegeven in tabel B4.5.

Tabel B4.5. Resultaten zware metalen analyse Vossenberg, aug. t/m dec. 2009.

| Vossenberg            |           |            |           |           |           |
|-----------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Gesworenhoekseweg     |           |            |           |           |           |
|                       | aug. 2009 | sept. 2009 | okt. 2009 | nov. 2009 | dec. 2009 |
| Cadmium               | 0,60      | 0,60       | 0,46      | 0,60      | 0,06      |
| Koper                 | 7,49      | 7,49       | 5,76      | 7,49      | 7,49      |
| Nikkel                | 23,21     | 27,37      | 16,98     | 16,07     | 22,31     |
| Zink                  | 53,97     | 32,98      | 71,51     | 140,91    | 77,95     |
| Gemiddelde Vossenberg |           | MTR        |           |           |           |
| Cadmium               | 0,46      | 2,00       |           |           |           |
| Koper                 | 7,14      | 3,80       |           |           |           |
| Nikkel                | 21,19     | 6,30       |           |           |           |
| Zink                  | 75,46     | 40,00      |           |           |           |

|  |          |
|--|----------|
|  | > 5* MTR |
|  | < 5* MTR |
|  | < 2* MTR |
|  | < MTR    |

Cadmium voldoet aan de norm in Vossenberg. Voor de overige parameters wordt niet voldaan: koper en nikkel overschrijden beiden de norm aanzienlijk en zink voldoet alleen in september aan de norm. Met name de overschreiding van zink valt op in Vossenberg, aangezien dit in het Wilhelminakanaal en Reeshof

de hogere concentraties alleen vanaf oktober voorkomen. Vermoedelijke oorzaak is (vracht-)verkeer op het bedrijventerrein die door afspoeling van de weg zorgen voor een verhoogde concentratie. Voor de overige parameters wijken de waarnemingen in de periode augustus - december niet erg van elkaar af.

### Nutriënten

Metingen zijn verricht ten bate van dit project in december 2008 en augustus en september 2009. De resultaten voor de nutriëntenparameters zijn weergegeven in tabel B4.6. Zowel stikstof- als fosfor-totaal zitten ruim binnen de gestelde norm.

**Tabel B4.6. Resultaten nutriënten analyse Vossenberghoek, dec. 2008 en aug. t/m dec. 2009.**

| Vossenberghoek   |                           |           |            |           |           |           |
|------------------|---------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Gesworenhoekeweg |                           |           |            |           |           |           |
|                  | dec. 2008                 | aug. 2009 | sept. 2009 | okt. 2009 | nov. 2009 | dec. 2009 |
| P-totaal         | <0,05                     | <0,05     | 0,09       | <0,05     | *         | *         |
| N-totaal         | <1,00                     | 0,41      | <1,00      | <1,00     | 1,00      | <1,00     |
|                  | Gemiddelde Vossenberghoek |           |            |           |           |           |
|                  |                           | MTR       |            |           |           |           |
| P-totaal         | 0,04                      | 0,15      |            |           |           |           |
| N-totaal         | 0,57                      | 2,20      |            |           |           |           |



\*) Voor fosfor-totaal zijn geen waarnemingen in november en december 2009.

### Blauwalgen

Uit de celtellingen van augustus 2009 zijn geen potentieel toxische blauwalgen naar voren gekomen. In september is wel de potentiële drijfvaagvormer *Pseudanabaena* waargenomen. Het is niet waarschijnlijk dat zich hier blauwalgenbloei heeft voorgedaan. Het voorkomen van potentiële overlast veroorzakende blauwalgen kan aan de hand van de metingen uit 2009 echter niet helemaal uitgesloten worden. Van de Reeshof is bijvoorbeeld bekend dat er hoge concentraties *plankthotrix* zijn voorgekomen in het verleden, maar deze zijn in 2009 niet waargenomen.

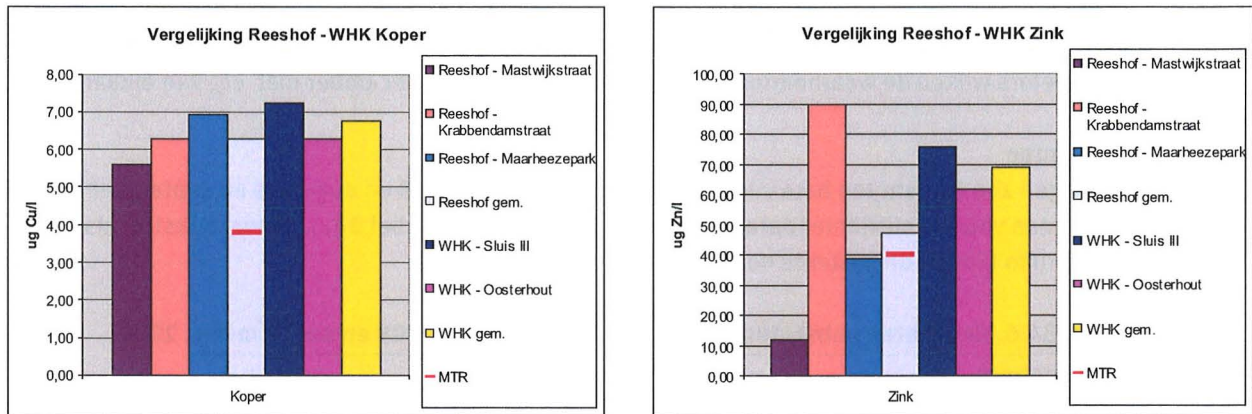
Aangezien Vossenberghoek een bedrijventerrein is zal overlast (door stank en afname beleving) van blauwalgenbloei beperkt zijn. Het is dus mogelijk dat blauwalgenbloei zich ook hier voordoet maar dat er nooit melding van is gemaakt.

#### 4.1.1.3 Reeshof

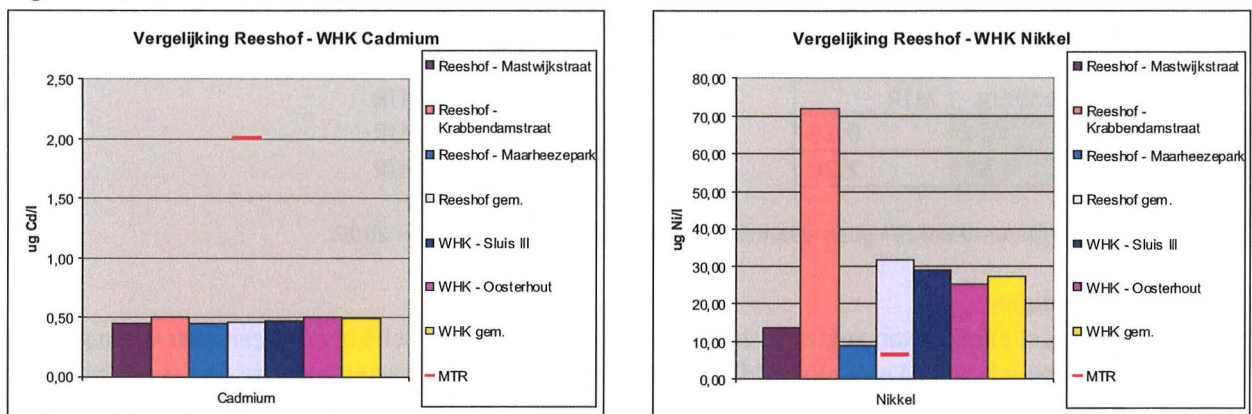
##### Effect op chemische waterkwaliteit

Zware metalen zijn als mogelijke beperkende factor voor het inlaten van water vanuit het Wilhelminakanaal aangemerkt. Bekend is dat met name koper, zink, cadmium en nikkel in hoge concentraties voor kunnen komen in het kanaal. Ten bate van dit project zijn van augustus t/m december 2009 metingen uitgevoerd in het Wilhelminakanaal en de Reeshof. In figuur B4.8 a t/m d is een weergave van de metingen (gemiddelde metingen augustus tot en met december 2009) in het Wilhelminakanaal en de Reeshof weergegeven.





Figuur B4.8a en b. Vergelijking koper en zink concentraties Wilhelminakanaal en Reeshof (gemiddelden augustus t/m december 2009).

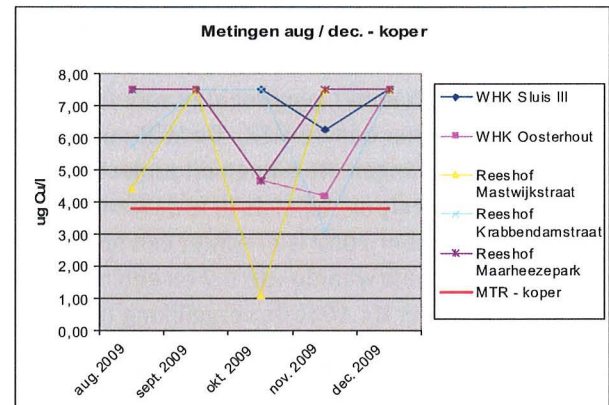
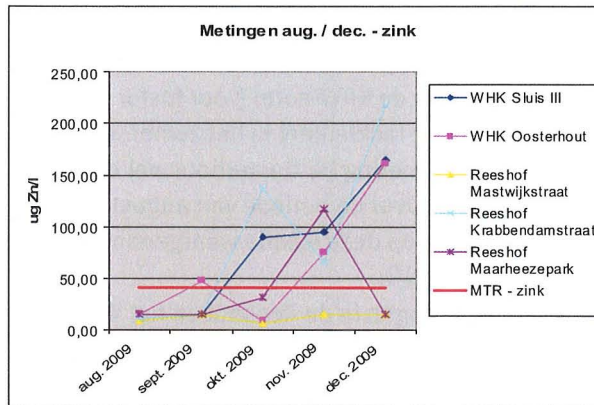


Figuur B4.8c en d. Vergelijking cadmium en nikkel concentraties Wilhelminakanaal en Reeshof (gemiddelden augustus t/m december 2009).

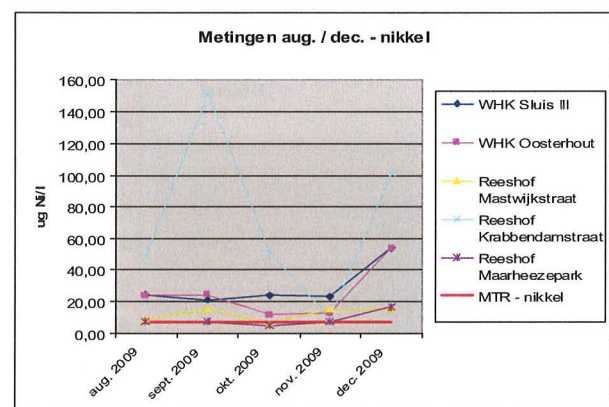
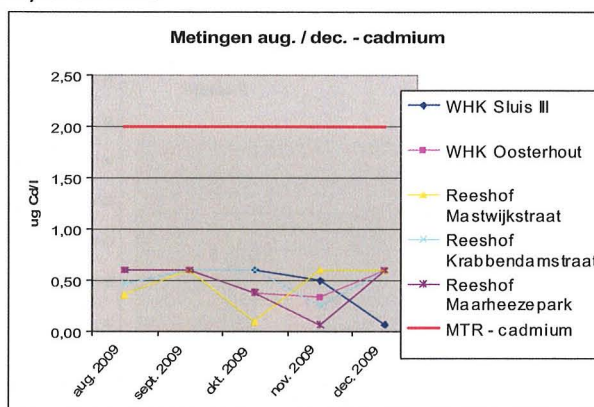
Voor koper en cadmium liggen de waarden in de Reeshof en het Wilhelminakanaal rond redelijk vergelijkbare waarden, met voor cadmium waarden die ruimschoots voldoen aan de MTR-norm. Voor zink en nikkel zijn er grotere verschillen waarneembaar tussen de Reeshof en het Wilhelminakanaal. Echter ook voor de meetpunten onderling zijn sterke variaties waarneembaar. In de Reeshof valt de locatie Krabbendamstraat op door zeer hoge waarden voor zowel nikkel als zink. Voor nikkel ligt een mogelijke verklaring in de sterk wisselende concentraties van nikkel in het grondwater in Brabant. Bekend is namelijk dat in de regio nikkel concentraties sterk kunnen variëren in zowel tijd als ruimte door de hoge concentraties in (diep) grondwater. Zo is uit grondwatermonsters uit het water- en landbodemonderzoek van 1998 een waarneming naar voren gekomen waarbij ter hoogte van de Donge ten zuiden van het Wilhelminakanaal een nikkelconcentratie van 97 µg/l is gemeten. Deze meting kon ook aan de hand van de bodemkwaliteit niet verklaard worden. Als bron voor de extreme concentraties van nikkel lijkt het diepe grondwater dus aannemelijk.

Voor zink is de afwijkende waarde moeilijker te verklaren. De bron voor zink is veelal afstroming van verontreinigingen op verhard oppervlak veroorzaakt door verkeer.

Voor zowel zink als nikkel liggen de uitschieterende waarden op de Krabbendamstraat hoger dan de waarden van het Wilhelminakanaal. In figuur B4.9 b en d valt te zien dat de waarden voor zink en nikkel ook in tijd sterk variëren.



**Figuur B4.9 a en b. Metingen in het Wilhelminakanaal en de Reeshof in augustus tot en met december voor koper en zink.**



**Figuur B4.9 c en d. Metingen in het Wilhelminakanaal en de Reeshof in augustus tot en met december voor cadmium en nikkel.**

Voor cadmium en koper zijn de waarden in het Wilhelminakanaal en de Reeshof vergelijkbaar. Hier zijn geen extreme uitschieters gevonden. Voor cadmium en koper is ook geen indicatie van een seizoensvariatie. De variaties zijn relatief klein en hebben voor koper deels te maken met de analysemethode (aannames voor waarden onder detectiegrens voor koper en zwevendstof concentratie).

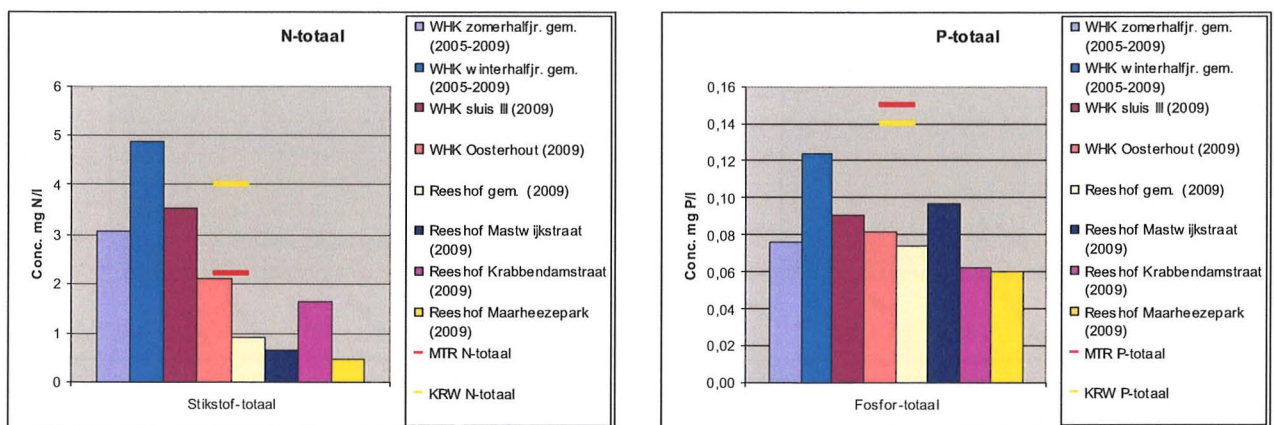
Op basis van de meetreeks van 2009 lijkt er alleen voor zink en nikkel een sterk verschil in kwaliteit te zijn tussen Wilhelminakanaal en Reeshof. De pieken lijken zich in het Wilhelminakanaal voornamelijk voor te doen richting het winterseizoen. Een volledige meetreeks moet aantonen of de concentraties in de Reeshof deze seizoenstrend volgen. Voor het Wilhelminakanaal is aan de hand van de routinematige metingen bekend dat de winterhalfjaargemiddelden aanzienlijk hoger liggen dan de zomergemiddelden. Gezien de korte meetreeks voor Reeshof en Vossenbergh is het maken van een harde vergelijking moeilijk. Een langere meetreeks moet een duidelijker beeld geven in de verschillen tussen de watersystemen. Zo is er nu niet duidelijk of de piekwaarden die in de winter in het Wilhelminakanaal worden waargenomen in de watersystemen van Reeshof ook voorkomen. Met name voor het nemen van een besluit over het jaarrond of alleen in het zomerseizoen inlaten van water is het belangrijk dat dit in beeld wordt gebracht. Het achterhalen van de bron voor zink is daarnaast interessant om te bepalen of deze intern in de Reeshof aangepakt kan worden of dat dit op (korte termijn) niet haalbaar is. Aangezien voor nikkel niet aannemelijk is dat de pieken binnen de Reeshof op termijn worden opgelost lijkt zink de grootste probleemparameter te zijn die inlaten van kanaalwater in de weg kan staan.



### Effect op ecologische kwaliteit

De nutriëntenhuishouding van het Wilhelminakanaal wijkt niet sterk af van gestelde de normen. De zomerhalfjaar gemiddelden voor fosfor en stikstof voldoen aan de KRW-norm (voor fosfor is de KRW-norm kritischer dan de MTR). De MTR-norm voor stikstof wordt alleen incidenteel in het zomerseizoen behaald. De metingen die binnen dit project zijn verricht vallen voor de meting bij Oosterhout wel binnen de MTR. Het meetpunt bij sluis III is daarentegen normoverschrijdend. Over de periode van augustus tot en met december 2009 is er echter een sterke variatie in concentratie op deze locatie waargenomen met een maximale waarde van 6,2 en een minimale waarde van 1,0 mg N/l.

In figuur B4.10 is de vergelijking tussen de verschillende metingen in de Reeshof en het Wilhelminakanaal voor fosfor- en stikstof-totaal weergegeven. Opvallend is dat er vrij grote variatie is tussen de verschillende metingen van stikstof voor het Wilhelminakanaal. Van belang voor de ecologische kwaliteit is met name de zomerhalfjaar waarde. De zomerwaarden van stikstof en fosfor voldoen in het wilhelminakanaal aan de KRW-norm. De pieken voor stikstof in de winter overschrijden de KRW-norm enigszins.



Figuur B4.10a en b. Vergelijking concentraties P- en N-totaal Wilhelminakanaal en Reeshof

Aangezien het watersysteem van de Reeshof afwatert op de bovenloop van de Donge is het zaak dat het inlaten van water geen (indirect) negatief effect heeft op de waterkwaliteit in dit KRW-waterlichaam. De bovenloop en benedenloop van de Donge zijn aangemerkt als respectievelijk R4 en R6 watertype. Voor deze watertypen geldt een KRW-norm voor stikstof van 4 mg N/l en 0,14 mg P/l voor fosfor. De zomerhalfjaargemiddelden en de gemiddelde waarden van de projectmetingen voldoen aan deze normen.

### Blauwalgen

Zowel in het Wilhelminakanaal als in Reeshof zijn blauwalgen van genus *anabaena* waargenomen in 2009. Daarnaast zijn er meldingen van blauwalgenoverlast in 2006 t/m 2008 in de Reeshof met dominantie van *anabaena* en *planktothrix*. In het Wilhelminakanaal is in 2006 voor het laatst een algenbloei waargenomen, met een dominantie van *microcystis*. Er valt aan de hand van de gegevens niet te voorspellen of er een groter risico op algenbloei plaats zal vinden wanneer er blauwalgen vanuit het Wilhelminakanaal ingelaten worden in Reeshof. Het ontwikkelen van een blauwalgenbloei is namelijk afhankelijk van nutriëntenbelasting en systeemspecifieke factoren als stroming, diepte, temperatuur en licht. Deze factoren bepalen het risico in grotere mate dan de aanvoer van blauwalgencellen van buiten het systeem. Alleen wanneer drijfvlagen zich geheel kunnen verplaatsen vanuit het Wilhelminakanaal naar de Reeshof zal dit voor directe overlast kunnen zorgen door ontbinden van deze biomassa.

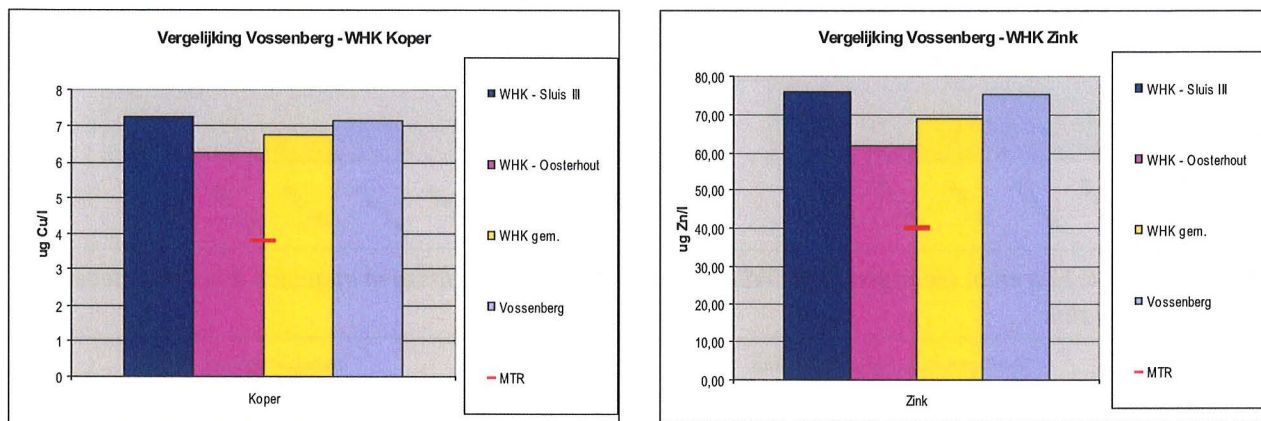
In de huidige situatie in de Reeshof zijn gebrek aan doorstroming en opwarming van het water mogelijke oorzaken voor blauwalgenbloei. Ondiep en stilstaand water warmt gemakkelijk op in de zomer en creëert zo geschikte ontwikkelingsmogelijkheden voor blauwalgen. Het inlaten van water kan deze condities voorkomen door het creëren van stroming en het 'koelend effect' dat stroming met zich meebrengt. De gemiddelde temperatuur van het in te laten kanaalwater zal daarnaast lager zijn dan het water in de Reeshof.



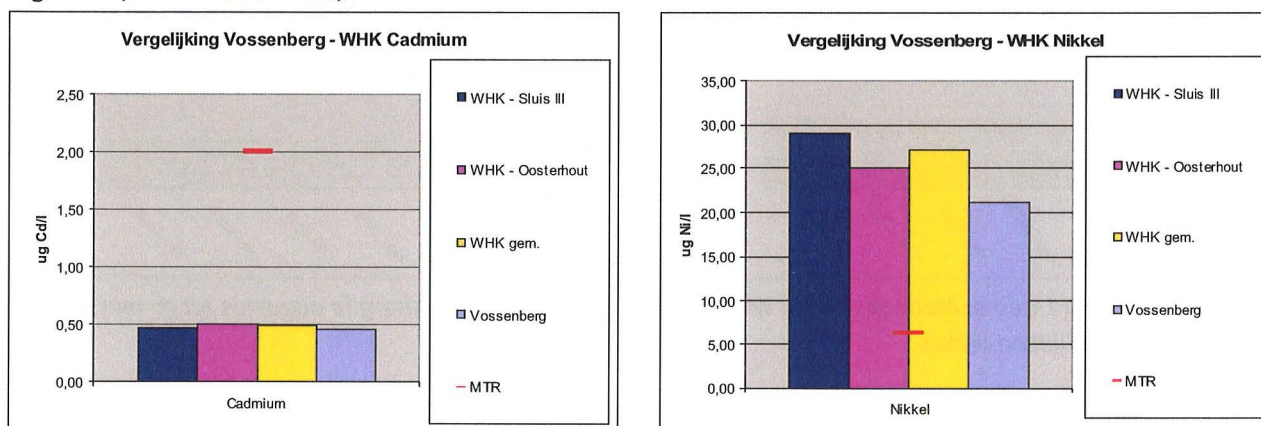
#### 4.1.1.4 Vossenbergr

##### Effect op chemische waterkwaliteit

Voor de vergelijking tussen de zware metalenconcentratie in het Wilhelminakanaal en Vossenbergr zijn in figuur B4.11 de grafieken weergegeven.

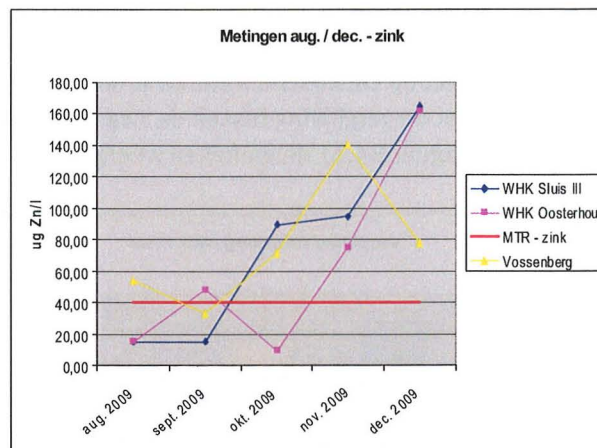
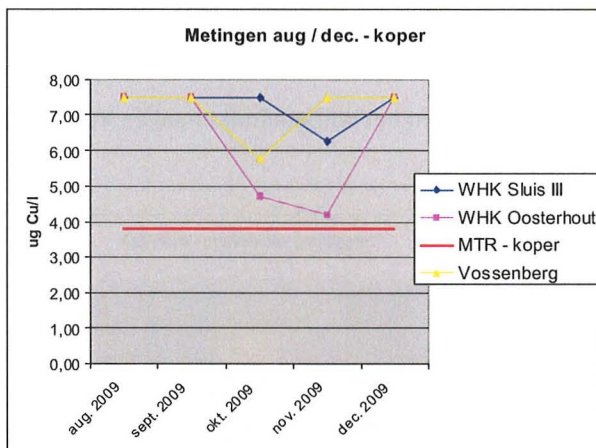


Figuur B4.11a en b. Vergelijking koper en zink concentraties Wilhelminakanaal en Vossenbergr (gemiddelden augustus t/m december 2009).

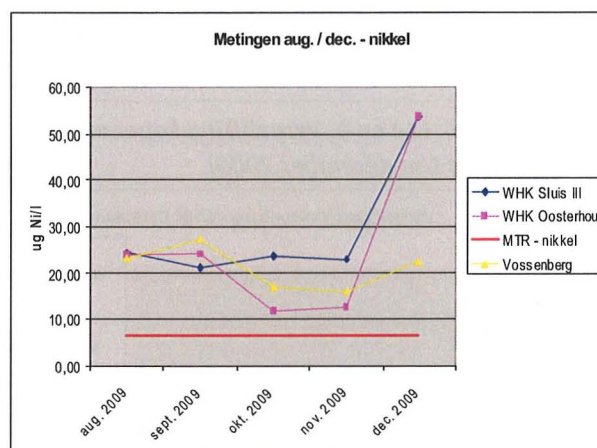
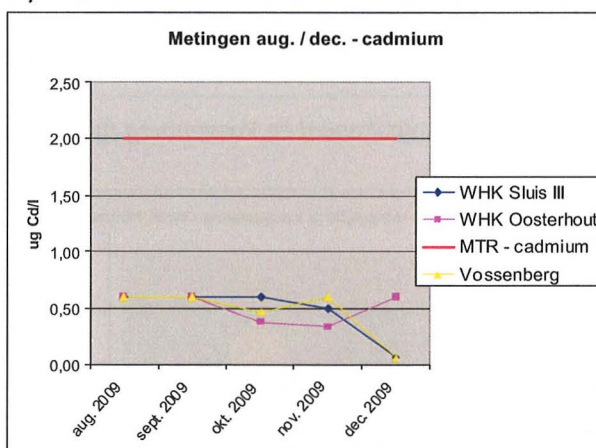


Figuur B4.11 c en d. Vergelijking cadmium en nikkel concentraties Wilhelminakanaal en Vossenbergr (gemiddelden augustus t/m december 2009).

In de grafieken valt te zien dat de waarden in Vossenbergr sterk overeenkomen met de waarden in het Wilhelminakanaal. Ten opzichte van de Reeshof heeft Vossenbergr hogere concentraties aan nikkel en zink. Er zijn in de meetperiode van augustus tot en met december 2009 geen opvallende variaties waargenomen (zie figuur B4.12). De variaties in Vossenbergr zitten in dezelfde orde van grootte als die van het Wilhelminakanaal. Inlaten van water uit het Wilhelminakanaal zal voor Vossenbergr niet of nauwelijks negatieve effecten hebben op de concentratie zware metalen in het watersysteem. Mogelijk dat alleen pieken in het winterseizoen zorgen voor verhoogde toevoer van zware metalen. Aangezien er nog geen gegevens voorhanden zijn voor het gehele winterhalfjaar in Vossenbergr valt er geen goede vergelijking te maken voor het gehele jaar. Het valt dus niet te zeggen of piekconcentraties in het Wilhelminakanaal in de huidige situatie al invloed hebben op de concentraties in het watersysteem van Vossenbergr.



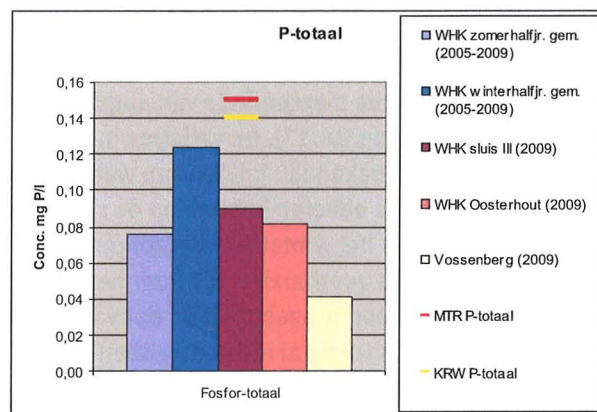
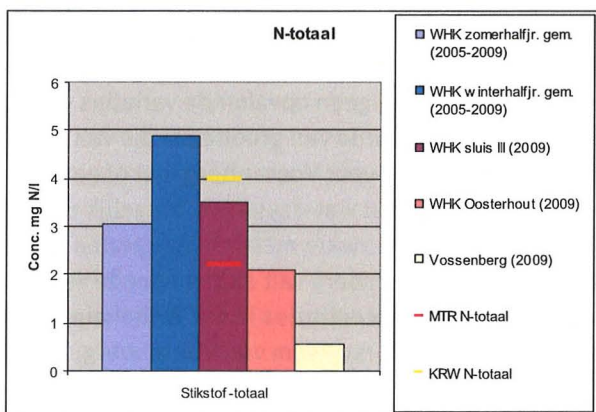
Figuur B4.12 a en b. Metingen in het Wilhelminakanaal en Vossenberg in augustus tot en met december voor koper en zink



Figuur B4.12 c en d. Metingen in het Wilhelminakanaal en de Vossenberg in augustus tot en met december voor cadmium en nikkel

### Effect op ecologische waterkwaliteit

Voor de vergelijking van de nutriënten in het Wilhelminakanaal en het watersysteem van Vossenberg zijn in figuur B4.13 de grafieken weergegeven.



Figuur B4.13a en b. Vergelijking concentraties P- en N-totaal Wilhelminakanaal en Vossenberg.

De nutriëntconcentratie in Vossenberg is erg laag, met zowel voor stikstof als voor fosfor waarden die ruimschoots voldoen aan de MTR-waarden. De waarden in het Wilhelminakanaal liggen aanzienlijk hoger maar voldoen voor fosfor nog steeds aan de MTR- en KRW- normen en voor stikstof aan de KRW-norm. De

zomerhalfjaargemiddelden voldoen echter voor beide parameters ruimschoots aan de KRW-norm. Aangezien de ecologische waarden in Vossenberglag laag zijn valt er niet te verwachten dat een lichte verhoging van de nutriëntenbelasting door inlaten van kanaalwater zorgt voor een afname in de kwaliteit van het systeem.

### **Blauwalgen**

In Vossenberglag zijn geen waarnemingen van blauwalgen bekend. Mogelijk dat het inlaten van kanaalwater met hoge(re) concentraties aan blauwalgen voor problemen kan zorgen. In het Wilhelminakanaal zijn twee soorten blauwalgen waargenomen die mogelijk toxische drijfslagen kunnen vormen onder gunstige omstandigheden. Gunstige omstandigheden doen zich voor bij hoge nutriëntenbelasting en relatief lage intensiteit van licht, wind en stroming. De nutriëntenbelasting in Vossenberglag is laag en daarnaast is het watersysteem weinig beschermd. Ideale omstandigheden voor blauwalgen lijken zich hier dus niet concreet voor te doen. In termen van overlast is er daarnaast weinig te verwachten aangezien het hier gaat om een bedrijventerrein. Stank en verminderde beleving zullen hier minder zwaar wegen dan in een woonwijk. Wanneer er uit wordt gegaan van jaarlijkse blauwalgenbloei in het Wilhelminakanaal dan dient hier met de constructie van het inlaatpunt rekening te worden gehouden. Blauwalgen drijven namelijk naar de oppervlakte vanwege de aanwezigheid van een drijfblaas. Water inlaten vanuit diepere waterlagen kan dus de inlaat van blauwalgen beperken.

#### **4.1.1.5 Zuivering kanaalwater**

Om het risico op negatieve effecten op de waterkwaliteit van de watersystemen van de Reeshof en Vossenberglag te verminderen bij het inlaten van kanaalwater kan gedacht worden aan zuivering van dit water. Voor een aantal zuiveringsmogelijkheden is hier een korte beschrijving van de toepasbaarheid gegeven. Het gaat hier om een kwalitatieve beoordeling. Er is meer onderzoek nodig om een gedegen oordeel te vellen over de technische haalbaarheid aan de hand van de specifieke eisen en omstandigheden die voor deze locatie gelden.

#### **Helofytenfilter / zuiveringsmoeras**

Is een bekende maatregel voor extra zuivering bij RWZI's en wordt op grotere schaal toegepast voor oppervlaktewater in Leidsche Rijn bij Utrecht. Voornaamste rendement wordt behaald voor fosfor in de vorm van fosfaat. Stikstof binding (als nitraat) vindt ook plaats. Zware metalen worden daarnaast ook deels weggefilterd en binden zich aan organisch materiaal. Het rendement hiervoor is echter beperkt, globaal 30 tot 50%.

De hoogste rendementen worden behaald bij een filter waarbij het water verticaal wordt doorgevoerd. Hierbij wordt het water niet alleen langs de helofytenbeplanting geleid maar ook door een zandfilter. Zwevend stof en in mindere mate bacteriële verontreinigingen en zware metalen kunnen hierin weggevangen worden. Als richtlijn voor het rendement kan hiervoor 50-75% worden aangehouden. Groot nadeel van helofytenfilters is dat er een zeer groot oppervlak nodig is om een redelijk debiet te kunnen zuiveren. Een maximale hydraulische belasting van  $0,45 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{dag}$  is realistisch. Om tijdens een maximale inlaat situatie al het water te kunnen zuiveren is dus meer dan  $10.000 \text{ m}^2$  benodigd. Deze ruimte is niet voorhanden. Met de ruimte die wel beschikbaar is, is een veel lager rendement haalbaar.

#### **Coagullatie**

Wanneer er veel colloïdale delen in het water voorkomen, aan zwevend stof gebonden zware metalen, kan er door toevoeging van coagulatiemiddel worden gezorgd dat deze delen versneld neerslaan. Door de toevoeging vormen de zwevend stof delen grotere partikels en zullen neerslaan. Vanwege de toevoeging van een chemische stof is dit een erg onnatuurlijke maatregel. Daarnaast is de zwevend stof concentratie in het kanaalwater erg laag. Het rendement dat met deze methode te behalen is is dus erg laag.



### **Aërobe zuivering**

Deze methode wordt gebruikt bij RWZI's en is gebaseerd op actief slib. Deze methode is voornamelijk bedoeld voor de afbraak van organische belasting, maar behaalt ook hoog rendement voor zware metalen. Het actieve slib adsorbeert zware metalen goed, een rendement van 30% - 50% lijkt haalbaar. Toepassing voor het Wilhelminakanaal is denkbaar. De huidige infiltratiesloten kunnen worden ingericht met een beluchtingsinstallatie of een waterpartij met watervallen ter beluchting. Met een fill & draw techniek kan het in te laten water een langere verbijftijd krijgen in de installatie. Het water kan bijvoorbeeld een halve dag in de beluchtingsloot verblijven en dan na een korte bezinktijd doorgelaten worden naar het watersysteem. Hierdoor zal er zeer weinig slib meegevoerd worden naar het watersysteem. Het systeem is vrijwel onderhoudsvrij en actief slib is vanuit RWZI's gemakkelijk verkrijgbaar. Voorwaarde is wel dat het systeem jaarrond actief is aangezien de zuiverende werking van het slib na droogval grotendeels verdwenen is. Deze methode is voor zover bekend nog niet eerder toegepast voor oppervlaktewater. Verdere uitwerking van deze methode is dus noodzakelijk.

### **Filtratie**

Filtratiesystemen die zijn gericht op het verminderen van de concentratie zware metalen in neerslagwater worden reeds toegepast. Het zuiveringsrendement van deze systemen is hoog en de filters zijn daarnaast gemakkelijk in te passen in rioleringsystemen. Zandfilters zorgen voor het verwijderen van zwevend stof, opgeloste zware metalen worden geadsorbeerd door kationenwisselaars. Voor de probleemmetalen koper, zink, cadmium en nikkel kunnen goede zuiveringsresultaten worden behaald voor regenwater. De toepasbaarheid van het filtersysteem voor oppervlaktewater hangt af van een aantal factoren: 1) De hydraulische belasting is vele male hoger dan bij systemen voor zuivering van neerslag en 2) de chemische belasting is vele male hoger door de hoge vrachten die door het systeem worden gevoerd. Vraag is dus of het systeem gedimensioneerd kan worden op hoge debieten met een constante doorvoer en wat de levensduur is van het systeem met constante doorvoer van hoge vrachten. Voor het zuiveringssubstraat van de firma Dyka geldt dat er gemiddeld circa 1,3 tot 1,4 gr zware metalen per kg substraat gebonden kan worden. Gezien de totale vracht die jaarlijks ingelaten wordt (ca. 425 kg/jr uitgaande van een maximale inlaatsituatie en gemiddelde zomer- en winterhalfjaargemiddelde concentraties) betekent dit dat het substraat zeer snel verzadigd is. Dit type filter is dus niet geschikt om op een duurzame en kostentechnische manier het inlaatwater te filteren. Er kan gedacht worden aan een lager rendement filter met een langere levensduur. De relatief grote debieten en vrachten maken het echter dat een omvangrijk filtersysteem noodzakelijk is.

#### **4.1.1.6 Alternatieve waterinlaat**

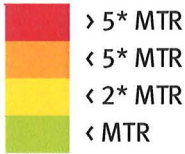
##### **Inlaten RWZI effluent**

Een alternatieve mitigerende maatregel voor het verlagen van het waterpeil in het Wilhelminakanaal is het inlaten van effluent van de RWZI Tilburg-Noord, die gelegen is ten noorden van het studiegebied aan de waterloop de ZandLeij. Voordelen van het inlaten van water vanuit de RWZI zijn dat het beter controleerbaar is wanneer, hoeveel en wat voor kwaliteit water er het watersysteem binnenkomt en dat de Zandleij, die nu al op maximale afvoercapaciteit zit, ontlast kan worden. Daarnaast is een kwaliteitsverbetering van het water in de Zandleij gewenst aangezien deze door Natura2000 gebied De Brand stroomt. De RWZI van Riel, die loost op de Oude Leij, komt niet in aanmerking als bron voor waterinlaat aangezien de Oude Leij en Donge in de zomer al met een watertekort kampen. Het waterschap Brabantse Delta heeft aangegeven dat een verdere beperking van dit debiet niet mogelijk is.

Het inlaten van effluent in een woonwijk brengt echter de nodige risico's met zich mee. Zo voldoet de huidige kwaliteit van het effluent bij lange na niet aan de normen voor oppervlaktewater. In tabel B4.7 zijn de belangrijkste parameters weergegeven.

**Tabel B4.7. Analyse waterkwaliteit effluent RWZI Tilburg-Noord.**

|          | RWZI Tilburg   |       |
|----------|----------------|-------|
|          | jaargem. / P90 | MTR   |
| P-totaal | 0,86           | 0,15  |
| N-totaal | 7,53           | 2,20  |
| Koper    | 10,00          | 3,80  |
| Zink     | 110,00         | 40,00 |
| Cadmium  | 0,23           | 2,00  |
| Nikkel   | 14,00          | 6,80  |



> 5\* MTR  
 < 5\* MTR  
 < 2\* MTR  
 < MTR

Naast deze knelpunten moet er rekening worden gehouden met ziekteverwekkers, medicijnresten en hormoonstoffen die (met name in een woonwijk) onwenselijk zijn vanwege mogelijke gezondheidsrisico's en effecten op het watersysteem die hieraan verbonden zijn. Zo is van de RWZI Tilburg-Noord bekend dat er relatief hoge gehalten aan medicijnen- en hormoonstoffen voorkomen in zowel het effluent als in de Zandleij. Van bacteriële verontreinigingen zijn geen gegevens voorhanden, maar de verwachting is dat deze in effluent in aanzienlijk hogere mate aanwezig zullen zijn dan in oppervlaktewater.

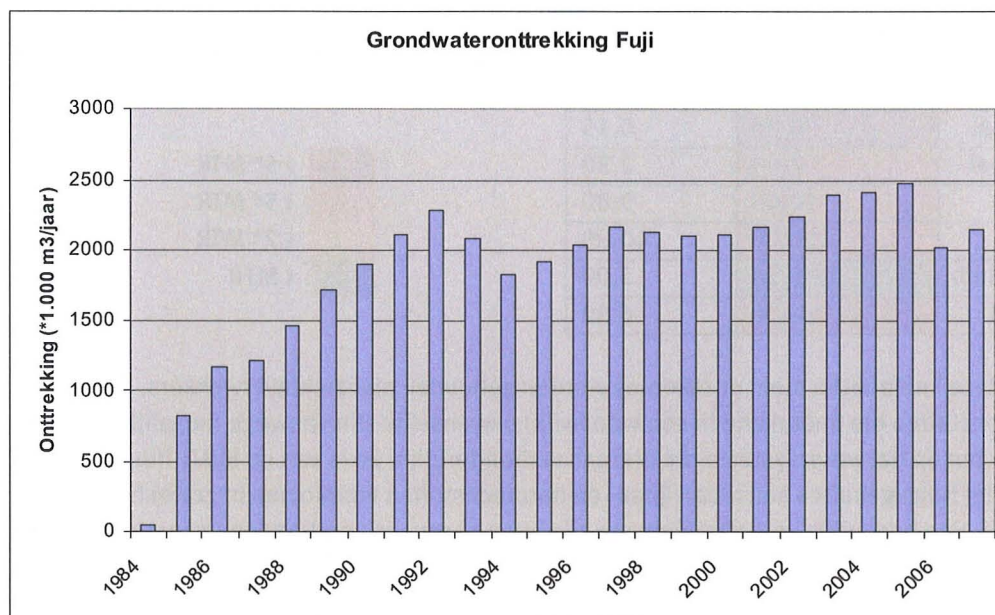
Er zijn mogelijkheden voor een extra zuiveringsstap in de RWZI, dit omvat echter dure installaties. Ultrafiltratie en UV-belichting zijn nodig om de gewenste kwaliteit te bereiken. Door middel van UV kunnen bacteriële en virale verontreinigingen aangepakt worden. Om de beoogde kwaliteit te bereiken zijn grote investeringen dus noodzakelijk. Indicaties vanuit WS Brabantse Delta geven aan dat deze in de miljoenen kunnen lopen, en voor de doelstelling niet evenredig zijn.

#### **Toepassing grondwateronttrekking als alternatieve bron voor waterinlaat**

De optie om grondwater in te zetten voor waterinlaat is eveneens op hoofdlijnen onderzocht.

Middels landelijk en provinciaal beleid wordt de onttrekking van grondwater zoveel mogelijk ontmoedigd. Naast de wens om het grondwater (dat vaak van goede kwaliteit is) zoveel mogelijk te reserveren voor drinkwater en proceswater voor menselijke consumptie (m.n. bronwater, frisdrank, bier e.d.) ligt ook het anti-verdrogingsbeleid voor de natte natuur hieraan ten grondslag. Dit beleid uit zich enerzijds in een terughoudendheid in het verlenen van vergunningen voor grondwateronttrekkingen. Anderzijds is op de onttrekking van grondwater een belasting geheven, die in de orde van 0,18/m<sup>3</sup> ligt.

In de omgeving van Tilburg is Fuji de grootste vergunninghouder voor grondwateronttrekking (naast de drinkwaterwinningen). De vergunde onttrekking bedraagt 3,0 mln. m<sup>3</sup>/jaar. In de praktijk is deze hoeveelheid nog nooit onttrokken. De onttrekking is in 1984 opgestart met ca. 50.000 m<sup>3</sup>, en bereikte in 1990 de 2,0 mln. m<sup>3</sup>. De gemiddelde onttrekking in de periode 1996-2007 bedroeg 2,2 mln. m<sup>3</sup>/jaar, met een maximum van bijna 2,5 mln. m<sup>3</sup> (zie figuur B4.14). Recent heeft Fuji bovendien samen met de waterschappen Brabantse Delta en De Dommel een intentieverklaring ondertekend om het gebruikte proceswater te zuiveren en opnieuw in het proces in te zetten, waardoor de grondwateronttrekking verder afneemt en bovendien het te lozen afvalwater minder vervuild wordt.



Figuur B4.14: Grondwateronttrekking Fuji

In het wateroverleg is de grondwateronttrekking van Fuji vanuit twee oogpunten als interessant voor de waterbehoefte van het Wilhelminakanaal gezien:

1. Gebruik van de ruimte binnen de vergunning om extra grondwater te onttrekken en hiermee de watergangen in de Reeshof en Vossenbergh op peil te houden.
2. Onttrekking van grondwater om wateroverlast te voorkomen en dit water te benutten om de watergangen op peil te houden.

Daarnaast is nog een extra optie benoemd:

3. Een eigen vergunning aanvragen voor grondwateronttrekking.

#### 1. Gebruik vergunningsruimte Fuji

Hoewel Fuji een ruimere vergunning heeft dan zij zelf nodig hebben, is het niet toegestaan om het extra grondwater te onttrekken en aan derden te leveren. In de vergunning is namelijk aangegeven waarvoor deze mag worden ingezet, bijv. als proceswater, koelwater etc. Het leveren aan derden om waterlopen op peil te houden, valt hier ongetwijfeld niet onder. Wanneer Fuji dus toch zou leveren, zouden zij in overtreding zijn.

#### 2. Wateroverlast voorkomen

Wanneer Fuji beduidend minder grondwater zou onttrekken dan nu het geval is, bestaat de mogelijkheid dat er wateroverlast ontstaat in Vossenbergh en de Reeshof. Door de forse onttrekking wordt de grondwaterstand immers verlaagd; wanneer deze beëindigd wordt, komt de grondwaterstand hoger te liggen dan sinds het begin van de jaren '90 het geval is geweest.

In Eindhoven wordt in een soortgelijke situatie een grondwateronttrekking in de wintermaanden in stand gehouden om wateroverlast te voorkomen. Wanneer dit ook in Tilburg noodzakelijk zou blijken, kan dit water worden benut om de watergangen op peil te houden.

Deze aanpak kan alleen werken in de wintermaanden, waarin wateroverlast mogelijk kan zijn. De waterkwaliteit van het Wilhelminakanaal is dan van mindere kwaliteit, waardoor de grondwateronttrekking in aanvulling op inlaat vanuit het Wilhelminakanaal wenselijk kan zijn.

De vergunningverlening kan echter problematisch worden. Omdat het op peil houden van watergangen een laagwaardig doel is, moet de reden voor de vergunningverlening grotendeels op de wateroverlast stoelen. Zolang Fuji de onttrekking niet sterk heeft gereduceerd, zal er geen sprake zijn van wateroverlast. Daarnaast is helemaal niet zeker dat er ooit last zal zijn van wateroverlast, aangezien de onttrekking pas in

de jaren '80 is opgestart, ongeveer gelijk met de ontwikkeling van Reeshof en Vossenbergh, en op zeer grote diepte plaatsvindt (ca. 200 m -mv.).

De koppeling van de grondwateronttrekking aan wateroverlast geeft in ieder geval een grote mate van onzekerheid over de mogelijkheden om deze daadwerkelijk in te zetten.

### *3. Een eigen grondwateronttrekkingsvergunning aanvragen*

Het op peil houden van waterlopen wordt als een laagwaardig doel gezien. De provincie Noord-Brabant is zeer terughoudend in het verlenen van vergunningen voor laagwaardige doelen. De kans dat hiervoor een vergunning wordt verleend, is zeer gering.

Wanneer toch vergunning wordt verleend voor dit doel, is bij het toepassen van een maximale infiltratie via de waterlopen in de winterperiode ca. 1.900 tot 4.000 m<sup>3</sup>/dag (ca. 350.000 tot 730.000 m<sup>3</sup>/winter) nodig en in de zomer ca. 4.800 tot 11.000 m<sup>3</sup>/dag (875.000 tot 2.000.000 m<sup>3</sup>/zomer), in totaal 1,2 mln. tot 2,7 mln. m<sup>3</sup> grondwater. Bij een huidige belasting op de grondwateronttrekking bedraagt de belasting in de winterperiode ca. € 63.000 tot € 131.000 en in de zomerperiode ca. € 158.000 tot € 360.000, in totaal € 215.000 tot € 485.000 per jaar. Dit is naast de kosten voor de plaatsing van pompen en leidingen en het in stand houden ervan.

Geconcludeerd wordt dat de toepassing van grondwater zowel op beleidsmatige problemen stuit als financieel onwenselijk is.



## 5 Waterbodemkwaliteit

Ter voorbereiding op het voornemen om het Wilhelminakanaal te verbreden en verdiepen is er in 1998 een water- en landbodemonderzoek uitgevoerd. Voor het traject tussen sluis II en III is de waterbodem zandig en als klasse 0 (vrij verspreidbaar) beoordeeld. Alleen ter hoogte van sluis II is een sliblaag aanwezig die aan de hand van de gehalten aan cadmium en PAK's als klasse 3 (niet verspreidbaar) beoordeeld is. Net stroomopwaarts van sluis III is matig slibhoudend zand met kwaliteitsklasse 3 waargenomen, tevens op basis van cadmium en PAK's. Verder stroomopwaarts van de sluis verwijderd is de (licht slibhoudende) zandbodem klasse 1 of 2, wat overeenkomt met vrij verspreidbaar. Stroomafwaarts van sluis II is de aanwezige sliblaag als klasse 4 beoordeeld. De zandbodem voldoet hier aan klasse 0.

De waterbodemkwaliteit in het Wilhelminakanaal is in juni 2009 onderzocht in het kader van het Groot Onderhoud Vaarwegen van Rijkswaterstaat Limburg. De kwaliteit van vier monstervakken binnen het traject tussen sluis II en sluis III te Tilburg is onderzocht. Hieruit kwam naar voren dat alle onderzochte baggerspecie voldoet aan de interventiewaarden en beoordeeld wordt als "Vrij Toepasbaar" binnen oppervlaktewater en voldoet aan bodemkwaliteitsklasse "AW2000" voor toepassing op landbodem.

Voor Reeshof, Vossenberghof en de Donge zijn gegevens bekend van 2007. De gegevens zijn aan de hand van de geldende normeringen getoetst volgens msPAF-toetsing. Hieruit komt naar voren dat voor alle locaties het vrijkomende baggerspecie vrij verspreidbaar is langs aangrenzende percelen.

Er is een verschil in de normtoetsingen tussen de monsters van het Wilhelminakanaal en de andere watersystemen. Er is voor het Wilhelminakanaal namelijk niet gekeken naar verspreiding over het aangrenzende perceel, maar getoetst voor de achtergrondwaarde voor landbodems (AW2000). Voor Reeshof lijkt het echter ook niet realistisch om te toetsen naar verspreiding langs de oevers aangezien het binnen een woonwijk niet altijd wenselijk of mogelijk is om direct langs de sloten te verspreiden (vanwege ruimtegebrek en mogelijke overlast). De toetsing die voor het Wilhelminakanaal heeft plaatsgevonden is dus ook toepasbaar voor de Reeshof en Vossenberghof, er vanuit gaande dat de vrijkomende specie afgevoerd dient te worden.

Aangezien het specie uit het Wilhelminakanaal vrij toepasbaar is lijkt het niet realistisch ervan uit te gaan dat door inlaten van water vanuit dit systeem de waterbodemkwaliteit in de Reeshof en Vossenberghof ernstig verslechterd.

In de huidige situatie (waarbij de watersystemen grotendeels gevoed worden door kwel vanuit het Wilhelminakanaal) is de aanrijking van probleemstoffen in de watersystemen niet erg groot. Uit gegevens van WS Brabantse Delta blijkt dat in 1996 - 1998 de waterbodemkwaliteit in Reeshof gemiddeld klasse 3 tot 4 was en voor Vossenberghof klasse 2 (sinds februari 2008 geldt het nieuwe besluit bodemkwaliteit. Hierin worden deze klassen niet meer gehanteerd). Aanrijking tot dit kwaliteitsniveau lijkt niet behaald te zijn in de 10 jaar daaropvolgend.

Bekend is dat organisch materiaal zware metalen sneller kan absorberen dan zandige materialen. De waterbodems van zowel Wilhelminakanaal als Reeshof en Vossenberghof hebben een laag gehalte aan organisch materiaal en lutum. Absorptie van opgeloste zware metalen zal naar verwachting niet versneld plaatsvinden. Daarnaast zal slibaangroei door inlaten van water vanuit het Wilhelminakanaal vanwege de zeer lage zwevend stof concentratie niet drastisch toenemen. Er is niet te verwachten dat de onderhoudscyclus drastisch versneld wordt.

Binding van metalen in bodems en sedimenten is complex omdat sedimenten en bodems zijn opgebouwd uit verschillende componenten die metaalionen in meer of mindere mate kunnen vastleggen. Een kwantitatieve beoordeling is daarom aan de hand van de voorhanden zijnde gegevens niet te geven. Een modellering waarbij voor het hele systeem een locatiespecifieke voorspelling kan worden gedaan past niet binnen de risicoscan. Het opstellen van een vrachtenbalans en het aan de hand hiervan berekenen van de



aanwas en aanrijking wordt op teveel aannames gebaseerd om een duidelijker beeld te geven. Met name de absorptie van opgeloste zware metalen is hierin niet realistisch weer te geven. Aangezien dit de voornaamste toevoer is van zware metalen is het belangrijk om een kwantitatief oordeel hierop te baseren.

Samenvattend kan gesteld worden dat de waterbodemkwaliteit door inlaten van water vanuit het Wilhelminakanaal niet slechter kan worden dan de huidige kwaliteit aldaar. De waterbodem bestaande uit zand voldoet aan de normen voor verspreiding. De sliblaag die op sommige locaties voorkomt is wel verontreinigd. Dit geeft aan dat de mate van waterbodemverontreiniging sterk afhangt van bodemtype en slibtoevoer. Wanneer er weinig zwevend stof in het watersysteem wordt ingelaten zal er weinig aanrijking zijn van de sliblaag. Aangezien de waterbodem in de watersystemen van Reeshof en Vossenbergh weinig organisch materiaal en lutum bevatten is aanrijking van de bodem niet te verwachten. Een drastische verslechtering van de huidige waterbodemkwaliteit is niet te verwachten. Een kwantitatieve onderbouwing is niet mogelijk aan de hand van de beschikbare gegevens, aanvullend onderzoek is nodig indien een gedetailleerde beoordeling gewenst is.

## 6 Grondwaterkwaliteit

In de provincie Noord-Brabant komen regelmatig overschrijdingen van de interventiewaarde voor nikkel en andere metalen voor. In veel gevallen is er geen sprake van verhoogde concentraties in de grond. Verhoogde gehalten zijn aanwezig in de kalkarme dekzanden, die door hun textuur en structuur geen zware metalen aan de bodem binden. Van oorsprong zijn hier geen zware metalen aanwezig. Verhoogde gehalten worden hier gevonden door jarenlang gebruik van meststoffen, bodemverbeterende middelen, bestrijdingsmiddelen en atmosferische depositie. Inmiddels lijkt het dan ook gerechtvaardigd om te spreken van verhoogde achtergrondgehalten.

In het rapport "Deel 3. Gemeentelijk grondwaterkwaliteitsmeetnet Tilburg, Evaluatie meetnet met de resultaten bemonstering december '97 en mei '98"(Arcadis, april 2000) wordt geconcludeerd dat nikkel overal in het grondwater van Tilburg voorkomt. Er lijken twee zones zichtbaar: oost-west en noord-west-zuidoost met zowel meetpunten boven de interventiewaarde als onder de streefwaarde. Deze zones zijn mogelijk gerelateerd aan de nabijheid van het Wilhelminakanaal en Donge. Er is voor het nikkelgehalte in het grondwater geen relatie gevonden met de grondwaterstand.

In het rapport "Deel 8. Gemeentelijk grondwaterkwaliteitsmeetnet Tilburg resultaten bemonstering" (Arcadis, december 2003) wordt geconcludeerd dat de gemiddelde concentraties van nikkel in het grondwater onder de streefwaarde liggen. De waarden liggen echter wel grotendeels boven de criteriumwaarde en in enkele gebieden (5% van de waarnemingen) liggen ze boven de interventiewaarde.

Uit het rapport "Evaluatie meetnet grondwaterkwaliteit"(Arcadis, maart 2007) blijkt dat de gemiddelde waarde voor de nikkel-concentratie boven de streefwaarde ligt, maar onder de criteriumwaarde. Op een aantal locaties, waar door voormalige of huidige activiteiten verontreinigingen aanwezig zouden kunnen zijn, zijn peilbuizen geplaatst. Uit de metingen die hier gedaan zijn, blijkt dat er geen sprake van is dat de verhoogde gehalten redelijkerwijs aan de betreffende activiteit toegeschreven kan worden.

In het rapport "Evaluatie grondwaterkwaliteitsmeetnet Tilburg" (gemeente Tilburg) wordt geconcludeerd dat in wijktypes 1 en 5 het gemiddelde gehalte aan nikkel licht verhoogd is. Hierbij overschrijdt alleen in wijktype 1 het 75-percentielgehalte de toetsingswaarde. Lokaal komen echter wel waarden voor tot boven de interventiewaarde.

Uit de grondwatermetingen van het grondwatermeetnet van de gemeente Tilburg in tabel B6.1 (gebaseerd op de hiervoor genoemde bronnen) valt af te leiden dat er verhoogde concentraties aan nikkel in het freatische grondwater aanwezig zijn rondom het Wilhelminakanaal. Omdat hier sprake is van diffuse verontreinigingen, zonder aanwijsbare bron in de bodem, lijkt het gerechtvaardigd om te spreken van verhoogde achtergrondgehalten. De ligging van de peilbuizen is weergegeven in de figuren B6.1 en B6.2.

Uit de metingen van het grondwatermeetnet van de gemeente Tilburg blijkt dat er al een verhoogde achtergrondwaarde is in het grondwater van de wijken langs het Wilhelminakanaal. Aangezien er geen activiteiten gevonden zijn waar deze aan gerelateerd kunnen worden, is het waarschijnlijk dat de verhoogde nikkelconcentraties afkomstig zijn van het Wilhelminakanaal. Dit betekent dat het inlaten van water uit het Wilhelminakanaal uit het oppervlaktewater weinig invloed heeft op de nikkelconcentratie in het grondwater.

**Tabel B6.1: Meetwaarden en interpretatie Nikkelgehalte in het grondwater in Tilburg**

| Wijk               | wijk-<br>type   | peilbuis-<br>nummer  | jaartal meting |    |      |    |      |    |
|--------------------|---|--|----------------|----|------|----|------|----|
|                    |   |  | 1997           |    | 1999 |    | 2003 |    |
| Het Wandelbos      | 2   | 3401   | 135            | »  | 260  | »  | 410  | »  |
|                    | 2   | 3402   | 15             | «T | 11   | «S |      | «S |
|                    | 2   | 3403   | 15             | «T | 11   | «S | «10  | «S |
|                    | 2   | 3404   | <              | «S | <    | «S | «10  | «S |
|                    | 2   | 3405   | 17.5           | «T | <    | «S |      | «S |
|                    | 2   | 3406   | 16.5           | «T | 13.5 | «S | «16  | »  |
|                    | 2   | 3407   | 15.5           | «T | 8.3  | «S |      | «S |
| De Oude Warande    | 6   | 3501   | 7.9            | «S | <    | «S |      | «S |
|                    | 6   | 3502   | 8.3            | «S | <    | «S | «10  | «S |
|                    | 6   | 3503   | 23             | «T | 16   | «T |      | «S |
|                    | 6   | 3504   | 39             | «T | 5.5  | «S | «10  | «S |
| Vossenbergr        | 5   | 4001   | 26             | «T |      | «S |      | «S |
|                    | 5   | 4002   | <              | «S | 21   | «T | 13   | «S |
|                    | 5   | 4003   | 53             | «I | <    | «S | «10  | «S |
|                    | 5   | 4004   | 450            | »  | 180  | »  | 94   | »  |
|                    | 5   | 4005   | 15             | «T | 45   | «I | 46   | «I |
|                    | 5   | 9201   | 5.2            | «S | 9.7  | «S | 11   | «S |
|                    | 5   | 9301   | <              | «S | 9.7  | «S |      | «S |
|                    | 5   | 9304   | 9.1            | «S | <    | «S |      | «S |
|                    | 5   | 9302B  | 12             | «S | 58   | «I |      | «S |
| Gesworen Hoek      | 1   | 8101   | 37             | «T | 20   | «T |      | «S |
|                    | 1   | 8102   | 14.5           | «S | 61   | «I |      | «S |
| Huibeven           | 1   | 8201   | 17             | «T | 8.7  | «S |      | «S |
|                    | 1   | 8202   | 14.5           | «S | 32   | «T | 27   | «T |
| Heerevelden        |   | 8301   | 5.8            | «S | 12.5 | «S |      | «S |
| Campenhoef         | 1   | 8401   | 130            | »  | 24   | «T |      | «S |
|                    | 1   | 8402   | 14             | «S | 16.5 | «T |      | «S |
| Tuindorp de Kievit | 1   | 8501   | 41             | «T | 43   | «T | 60   | «I |
|                    | 1   | 8502   | 7.9            | «S | 12   | «S |      | «S |
| Dongewijk          | 1   | 8601   | 1800           | »  | 730  | »  |      | «S |
|                    | 1   | 8602   | 97             | »  | 14.5 | «S |      | «S |
| Dalem              | 1   | 8701   | 320            | »  | 250  | »  | 290  | »  |
|                    | 1   | 8702   | <              | «S | <    | «S | 26   | «T |
| Koolhoven          | 1   | 8801   | 1150           | »  | 88   | »  |      | «S |
|                    | 1   | 8802   | 48             | «I | 95   | »  | 25   | «T |
| Witbrant           |   | 8901   | 14.5           | «S | 18.5 | «T | «10  | «S |
|                    |   | 8902   | 5.5            | «S | 6.7  | «S |      | «S |
| «S                 | concentratie lager dan streefwaarde                                 |  |                |    |      |    |      |    |
| «T                 | concentratie hoger dan streefwaarden, lager dan criteriumwaarde     |  |                |    |      |    |      |    |
| «I                 | concentratie hoger dan criteriumwaarde, lager dan interventiewaarde |  |                |    |      |    |      |    |
| »                  | concentratie hoger dan interventiewaarde                            |  |                |    |      |    |      |    |
| wijktype           | 1   | wonen onverdacht   |                |    |      |    |      |    |
|                    | 2   | wonen matig verdacht   |                |    |      |    |      |    |
|                    | 3   | wonen verdacht door voormalige activiteiten of mengvormen grondgebruik |                |    |      |    |      |    |
|                    | 4   | industrie verdacht door voormalige en actuele activiteiten             |                |    |      |    |      |    |
|                    | 5   | industrie verdacht door voormalige en actuele activiteiten             |                |    |      |    |      |    |
|                    | 6   | onverdacht buitengebied  |                |    |      |    |      |    |



Figuur B6.1: Grondwaterkwaliteitsmeetnet Reeshof (getallen zijn locaties en nummers van peilbuizen)



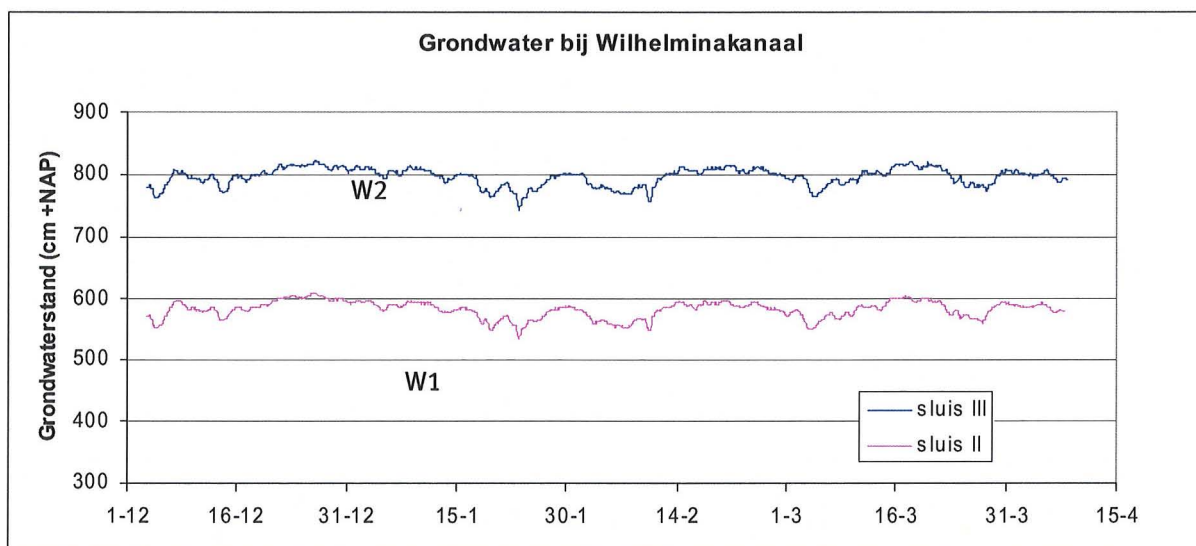


Figuur B6.2: Grondwaterkwaliteitsmeetnet Vossenberg (getallen zijn locaties en nummers van peilbuizen)

## 7 Waarnemingen grondwaterstand bij Wilhelminakanaal

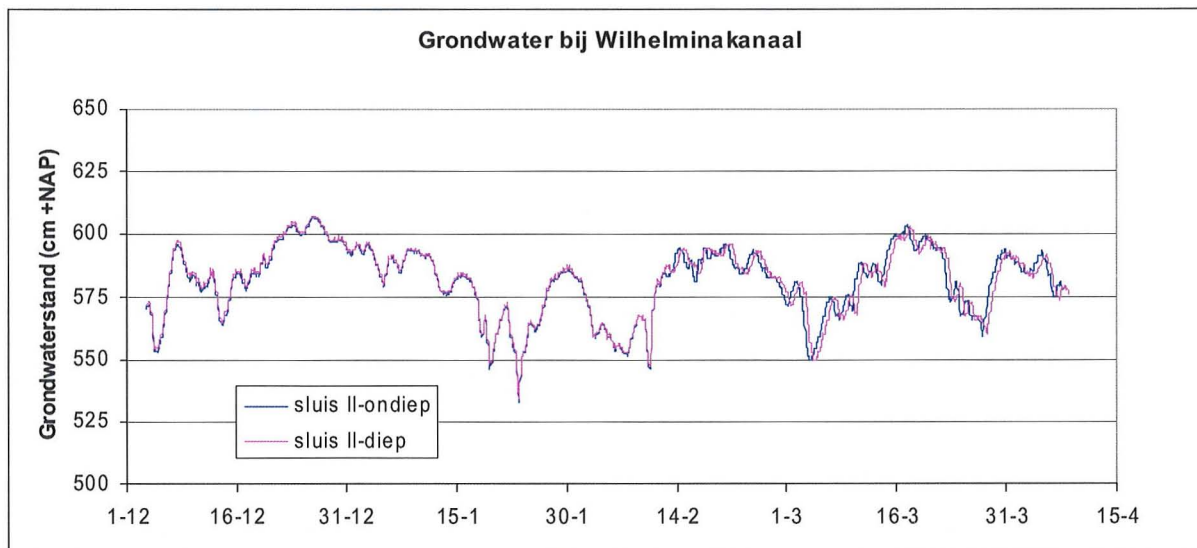


Figuur B7.1: Ligging peilbuizen

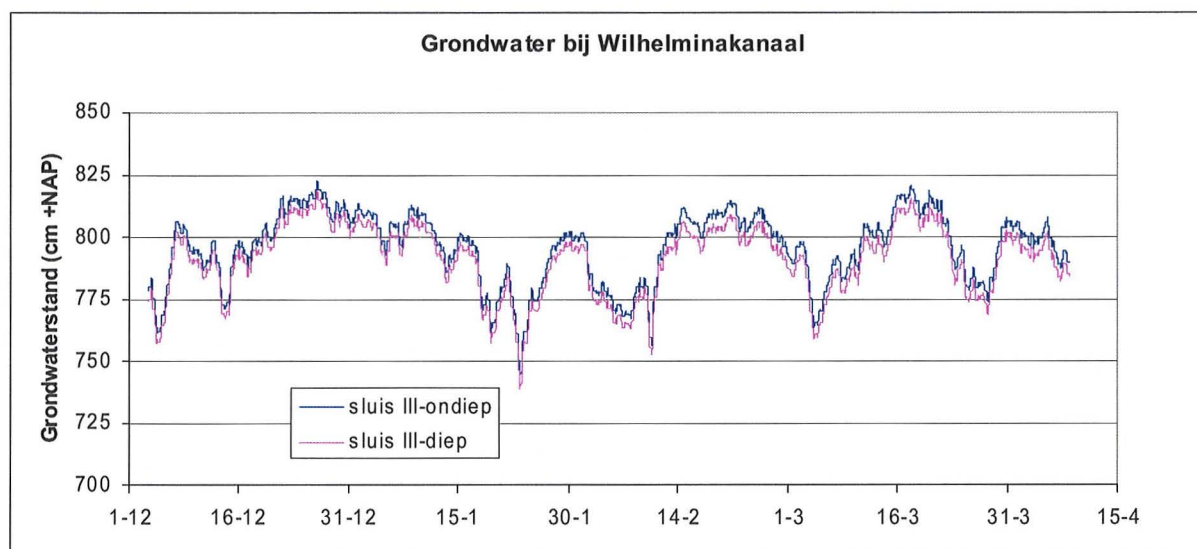


Figuur B7.2: Waarnemingen grondwaterstand (W1 en W2)





Figuur B7.3: Waarnemingen grondwaterstand bij sluis II (W1)



Figuur B7.4: Waarnemingen grondwaterstand bij sluis III (W2)

## 8 Inventarisatie ecologische gegevens

Benaderde terreinbeheerders:

- Staatsbosbeheer, de heer Piet van den Munckhof;
- Natuurmonumenten, de heer Toon Loonen en de heer Joep Tomlow;
- Waterschap Brabantse Delta, de heer Martin Stamhuis
- Gemeente Tilburg, de heer Karel-Henk Grootjans
- Rijkswaterstaat, de heer Joris van de Broeke
- Brabants Landschap, de heer Jeroen Fiervoet (er bleken geen percelen van Brabants Landschap in het invloedsgebied te liggen)

**Tabel B8.1: Informatie natuurwaarden per deelterrein**

| Deelterrein   | Informatie  | Verstrekt door |
|---|---|----------------|
| Wilhelminakanaal (RWS, WS)                              | fysisch- chemische waterkwaliteitsgegevens meetpunt A27 thv Oosterhout                | WS             |
|   | fysisch-chemische waterkwaliteit bij sluis II   | WS             |
|   | Planten en dieren op en langs het tracé van de Noordwesttangent                       | Gem Tilburg    |
| Donge   | fysisch-chemische waterkwaliteitsgegevens Donge op drie meetpunten                    | WS             |
|   | Planten en dieren op en langs het tracé van de Noordwesttangent                       | Gem Tilburg    |
| overige waterlopen                                      | fysisch-chemische waterkwaliteit van Oude Leij, Groote Leij, de Onkelsloot, Leikeven. | WS             |
| Groote Leij,  | Planten en dieren op en langs het tracé van de Noordwesttangent                       | Gem Tilburg    |
| Donge, Oude Leij, Groote Leij, Onkelsloot, Leikeven     | Ruwe ecologische data over macrofauna, macrofyten, fytoplankton                       | WS             |
| Dongevallei (EVZ tussen Lange Rekken en het Riels Laag) | zie Reeshof;<br>Planten en dieren op en langs het tracé van de Noordwesttangent       | Gem Tilburg    |
| Moerse pad (zuidelijke berm van het Wilhelminakanaal)   |   |                |
| Rauwveld (landbouwgronden)                              | Planten en dieren op en langs het tracé van de Noordwesttangent                       | Gem Tilburg    |
| Groenvten (landbouwgronden)                             | Planten en dieren op en langs het tracé van de Noordwesttangent                       | Gem Tilburg    |
| Drijfflanen   | Rapport Cools: Analyse natuurwaarden Drijfflanen te Tilburg (sept 2002 - aug 2003)    | Gem Tilburg    |
| Drassige Driehoek                                       |   |                |
| Reeshof (deel van de Dongevallei)                       |   |                |
| De Rekken (SBB)   | Planten en dieren op en langs het tracé van de Noordwesttangent                       | Gem Tilburg    |
| Reijenbroek (landbouwgrond)                             |   |                |
| Huis ter Heide (NM)                                     | Planten en dieren op en langs het tracé van de Noordwesttangent                       | Gem Tilburg    |
| de Mast   | Planten en dieren op en langs het tracé van de Noordwesttangent                       | Gem Tilburg    |
| Industrieterrein Kraaiven                               |   |                |
| Industrieterrein Vossenber                              | Planten en dieren op en langs het tracé van de Noordwesttangent                       | Gem Tilburg    |
|   | Natuurwaardenonderzoek rondom traject Dalem - Vossenber -West(Cools, juli 2008)       |                |



### Gegevens over de fysisch-chemische waterkwaliteit

- De gegevens van het Wilhelminakanaal zijn afkomstig van het meetpunt in Oosterhout, bij de kruising met de A27. De meetgegevens zijn resultaten van maandelijkse metingen tussen 2005 en 2008, van de meeste algemene parameters, waaronder macro-ionen (wel Ca, Cl-, bicarbonaat, niet K, Na, Fe en Mg). Op basis hiervan kan de waterkwaliteit ter plaatse goed in beeld worden gebracht. Het meetpunt is wat ver van het kanaalpand tussen sluis II en III verwijderd.
- De gegevens over de waterkwaliteit bij sluis II betreffen slechts twee meetmomenten op 1 dag in 2005 en zijn slechts geanalyseerd op een beperkt aantal parameters.
- Gegevens van de fysisch-chemische waterkwaliteit van de Donge zijn gedurende 4 jaar maandelijks verzameld op drie meetpunten. De algemene parameters zijn gemeten. De gegevens zijn bruikbaar en volledig om een beeld te krijgen van de gemiddelde waterkwaliteit van de Donge in het invloedsgebied. Alle drie de meetpunten geven informatie over de waterkwaliteit van de Donge op verschillende plaatsen in het invloedsgebied.
- Gegevens van de fysisch-chemische waterkwaliteit van overige waterlopen in 2006: de Oude Leij, Grote Leij, Onkelsloot en Leikeven. De meest algemene waterkwaliteitsparameters zijn gemeten. Er zijn ook gegevens over Blauwe Meer en vennen bij de Efteling en waterpartijen in de Blaak, deze zijn als niet relevant beoordeeld.
- ruwe ecologische gegevens (voornamelijk macrofauna, macrofyten en fytoplankton in beperkte mate) van overige waterlopen (Donge, Oude Leij etc) uit de jaren 2004-2007. Bruikbaar, maar nadere analyse noodzakelijk.

### Gegevens over aanwezige natuurwaarden

- Drijfvlakken: gegevens over natuurwaarden en doelsoorten, met voorwaarden voor voorkomen voor o.a. waterhuishouding. De Drijfvlakken zijn een belangrijk amfibieën gebied. Poelen moeten dus worden gehandhaafd. De moeras-, pionier- en waterplanten die groeien in en langs de venachtige poelen zijn gebonden aan schoon, matig voedselarm tot matig voedselrijk, relatief zacht water dat bij voorkeur wordt gevoed door lokaal kwelwater.
- Dalem - Vossenbergh West. en Verlengde Baron van Voorst tot Voorstweg. aanwezigheid beschermde soorten. Betreft bebouwd gebied.
- Het tracé van de Noord-west tangent: geeft bruikbare waarden over natuurwaarden en doelsoorten voor de deelterreinen Grote Leij, Donge, Dongevallei, Wilhelminakanaal, De Rekken, Groenveld en Rauwveld, Huis ter Heide, Industrierrein Vossenbergh en de Mast.

### Niet beschikbaar

- informatie van SBB over de Lange Rekken en mogelijk andere terreinen van SBB in het invloedsgebied. Gegevens van het gebied De Rekken zijn mogelijk aanwezig in het archief. SBB heeft echter door ziekte momenteel geen personeel, die de gevraagde gegevens voor ons kunnen opzoeken. SBB heeft toegang tot het archief aangeboden, zodat wij zelf op zoek kunnen gaan naar gegevens.
- Fysisch-chemische waterkwaliteit van overige waterlopen in het gebied, aanvullend op het Wilhelminakanaal en de Donge
- Analyse van ruwe ecologische gegevens van verschillende waterlopen in het invloedsgebied. Deze analyse geeft inzicht, of de wateren macrofaunasoorten en waterplanten bevatten die kwelafhankelijk zijn.
- Natuurgegevens van Natuurmonumenten over plan lobelia.
- Natuurgegevens over Reeshof, Drassige Driehoek, bedrijventerrein Kraaiven, Reijenbroek.

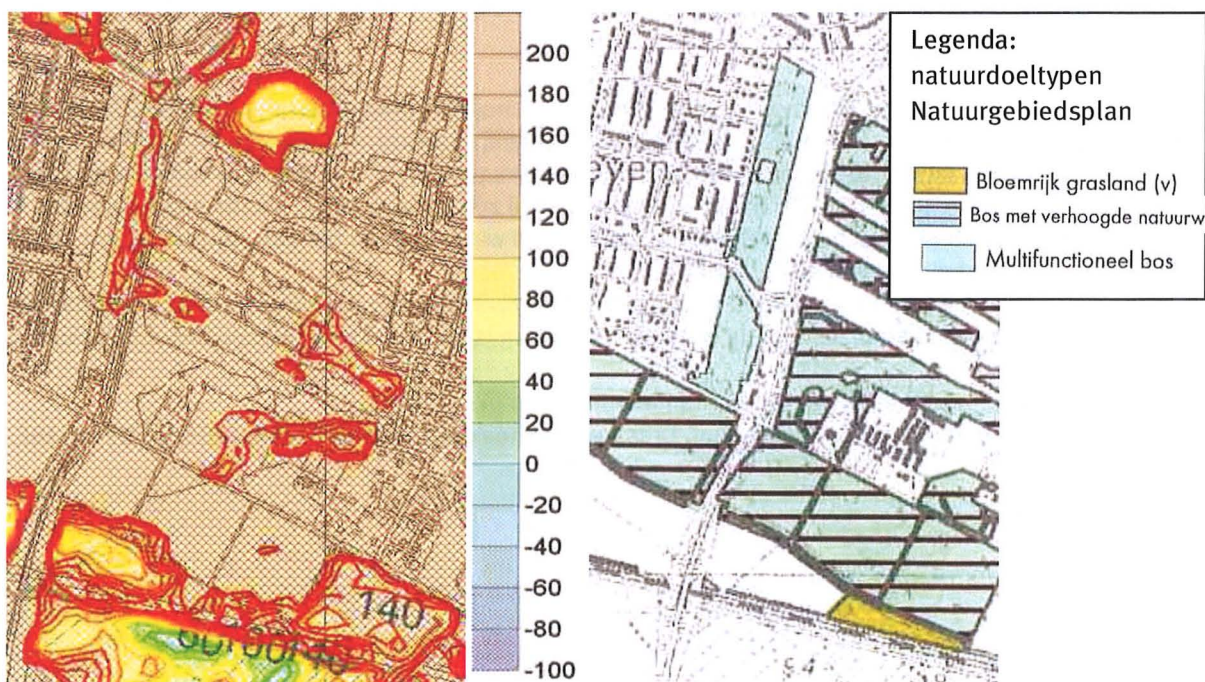
## 9 Uitwerking ecologische effecten

In deze bijlage worden de effecten van de kale ingreep op de verschillende deelterreinen beschreven. Hierbij is uitgegaan van het beïnvloedingspatroon zonder mitigerende maatregelen. Bij de beoordeling is onder meer gebruik gemaakt van de modelmatig berekende grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld. Omdat in de beschikbare AHN (Actueel Hoogtebestand van Nederland) de bebouwing niet is uitgefilterd, lijkt de grondwaterstand ter plaatse van bebouwing zeer diep te liggen. In bebouwd gebied is de beoordeling op basis van de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld daardoor niet goed mogelijk. Hier zijn wel de andere beschikbare gegevens benut.

### 9.1 Deelterrein Drijflanen

Van het deelgebied de Drijflanen zijn de natuurwaarden verkregen vanuit het rapport: "Analyse natuurwaarden Drijflanen" (Cools, 2003). Daarnaast geeft het Natuurgebiedsplan de natuurdoeltypen in en rond de Drijflanen. In het onderstaande figuur is het deelterrein Drijflanen (naar: Cools, 2003) en de natuurdoeltypen weergegeven.

De meest gevoelige natuurwaarden (o.a. grondwaterafhankelijk) is het natuurdoeltype: *bloemrijk grasland (vochtig)*. De overige twee natuurdoeltypen *multifunctioneel bos* en *bos met verhoogde natuurwaarden* worden in Ertsen *et al.*, 2005 gedefinieerd als 'grondwateronafhankelijke natuurdoeltypen'. De doeltypen worden niet direct beïnvloed door de grondwaterstandverlaging. Cools beschrijft voor de Drijflanen drie natuurdoeltypen: *poelen, graslanden en ruigten* en *struwelen en bossen*. De *poelen* bieden voortplantingsbiotoop voor (strikt) beschermde amfibieën, zoals de vinpootsalamander en kamsalamander. Daarnaast groeien langs de poelen soorten van kale, natte plekken. De *graslanden (en ruigten)* zijn groeiplaatsen voor planten van natte hooilanden.



Figuur B9.1a: Huidige grondwaterstand (GVG in cm -mv) Deelterrein Drijflanen en natuurdoeltypen Natuurgebiedsplan.



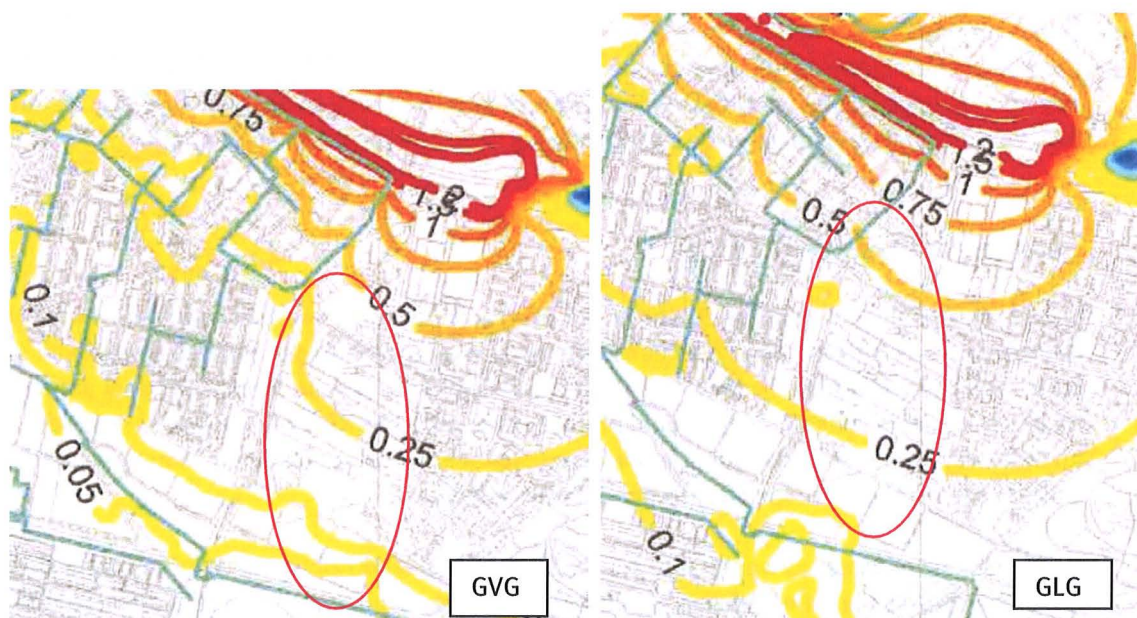
### Hydrologische randvoorwaarden

Het natuurdoeltype *bloemrijk grasland (vochtig)* komt alleen voor in het zuidelijke puntje van het deelterrein. Dit gebiedje valt buiten het onderzoek van Cools, 2003. Langs de *poelen* komen planten voor die natte groeiplaatsen vereisen. Het natuurdoeltype *bloemrijk grasland (vochtig)* komt overeen met het doeltype 3.38 Bloemrijk grasland van het zand- en veengebied (Bal *et al.*, 2001). Het gaat om kruidenrijk graslanden op vooral vochtige tot matige droge zwak eutrofe zand-, leem- en veengronden. De waterherkomst is regen- en grondwater, en eventueel ook oppervlakte water. De Gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) is diep tot zeer diep, in mindere mate, matig diep.

Boven de 18 cm -mv neemt de optimale ontwikkeling van het natuurdoeltype *bloemrijk grasland* af tot -10 cm +mv. waarbij het type niet meer voorkomt. Beneden de 42 cm -mv neemt de optimale ontwikkeling in het voorjaar af tot 55 cm -mv. *Bloemrijk grasland* kan slecht één dag vocht te kort hebben voor een optimale ontwikkeling. Bij een droogtestress van meer dan 15 dagen komt het type niet meer voor. In de onderstaande figuur is o.a. de berekende grondwaterstandverlaging weergegeven voor de GLG en GVG.

**Tabel B9.1: De natuurdoeltypen en hydrologische randvoorwaarden (Ertsen *et al.*, 2005) in deelterrein Drijflanen. Daarnaast wordt de huidige grondwaterstand gegeven en de verlaging(en) bij GVG en GLG.**

| Natuurdoeltype         | GVG in cm - mv |    |    |    | Droogtestress in dagen per jaar |    |    |    | Huidige GWS bij GVG in cm - mv | verlaging GWS bij GVG in cm -mv | verlaging GWS bij GLG in cm -mv |
|------------------------|----------------|----|----|----|---------------------------------|----|----|----|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                        | A1             | B1 | B2 | A2 | A1                              | B1 | B2 | A2 |                                |                                 |                                 |
| Bloemrijk grasland (v) | -10            | 18 | 42 | 55 | -                               | -  | 1  | 15 | 80 - 140                       | 2                               | 10 - 25                         |



**Figuur B9.1b: Verlaging van de grondwaterstand rond de Drijflanen (rode cirkel) bij GVG en GLG.**

### Analyse

Uit figuur B9.1b blijkt dat het deelgebied Drijflanen een verlaging van de GLG van 0,25 tot maximaal 0,50 m kan verwachten. Het noordelijkste deel krijgt te maken met een verlaging van ruim 0,50 m, in het zuidelijke deel een verlaging tussen de 0,25 - 0,1 m. De GVG geeft een vergelijkbaar beeld, alleen is de 0,25 m contour meer naar het zuiden verschoven. Het meeste zuidelijkste deel heeft een verlaging van 0,05 m.

De meest gevoelige natuurdoeltype is gelegen in het zuidelijke deel van de Drijflanen. In dit deel bedraagt de grondwaterstandverlaging bij GLG 0,25 - 0,1 m en bij GVG 0,05 m.

Uit de hydrologisch randvoorwaarden is naar voren gekomen dat de GVG voor het type *bloemrijk grasland (vochtig)* rond het maaiveld mag staan. In de huidige situatie is dit echter niet het geval (zie figuur B9.1a). De huidige grondwaterstand in het voorjaar staat rond de 0,80 - 1,40 m -mv. De huidige condities voor het ontwikkelen van *bloemrijk grasland* zijn te droog. Het natuurdoeltype (in optimale vorm) kan hier volgens de hydrologische randvoorwaarden dan ook niet voorkomen. Een beperkte verlaging van het grondwater met 0,05 m heeft dan ook geen direct effect op dit doeltype. Echter, het zal de doelrealisatie van dit natuurdoeltype, hetzij zeer beperkt, verkleinen. De GLG ligt bij *bloemrijk grasland* diep tot zeer diep. In tabel B9.1 is te zien dat de huidige grondwaterstand in het voorjaar relatief laag staat en dat de GLG nog lager ligt (niet in tabel). Hieruit valt te concluderen dat een verlaging van de GLG met circa 0,12 m (nabij natuurdoeltype) geen negatieve effecten zal hebben.

De aanwezig beschermde amfibieën in het deelterrein zijn gebonden aan de aanwezige poelen. De poelen krijgen ook met een verlaging van het grondwater te maken. Het huidige waterstanden in de poelen fluctueert naar schatting rond de halve meter. In het voorjaar is de verlaging rond de poelen circa 0,25 m. Een dergelijke verlaging in het voorjaar zal mogelijk een effect kunnen hebben op de (water)planten rond de poelen, maar niet op de voortplanting van de amfibieën. Enige verdieping van de poelen is mogelijk te realiseren bij de komende bagger/herprofielingswerkzaamheden in het najaar van 2009 (bron: gem. Tilburg). De GLG ligt tussen de 0,25 - 0,50 m. Aangezien het grondwater rond augustus relatief laag staat in de Drijflanen (op basis van de huidige GLG) zal een verlagen van de GLG geen effecten hebben op de aanwezige amfibieën.

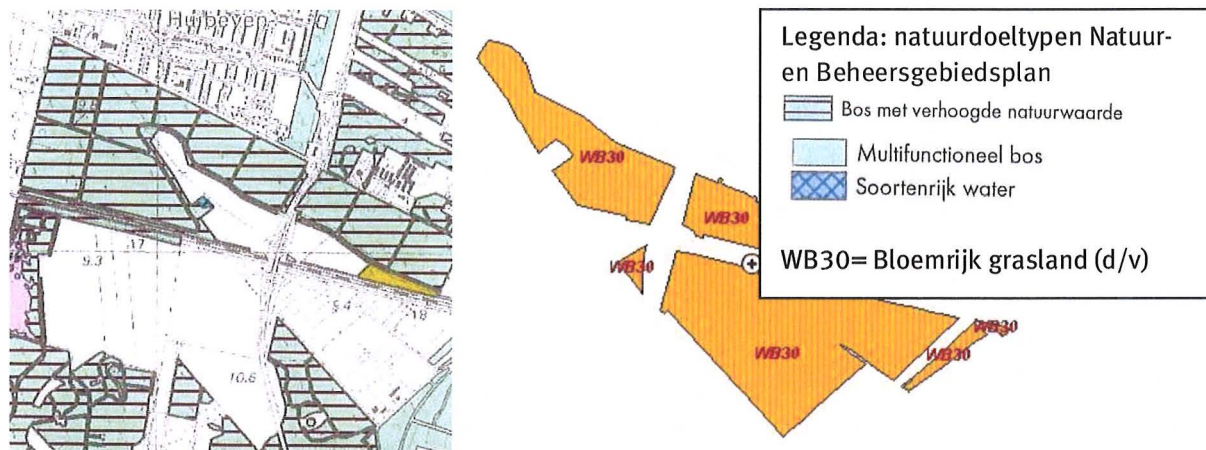
#### *Conclusie Drijflanen*

De grondwaterstandverlaging door de ingreep in het Wilhelminakanaal heeft geen wezenlijke negatieve effecten op de gevoelige (grondwaterafhankelijke) natuurwaarden in de Drijflanen. Ook de aanwezige beschermde amfibieën ondervinden geen effecten door de voorspelde verlagingen.

## 9.2 Deelterrein Drassige Driehoek

Van het deelgebied de Drassige Driehoek zijn geen actuele natuurwaarden verkregen. In het Iwaco-rapport (2000) wordt echter gesproken over een klein nat graslandgebiedje met plantensoorten van basenarme milieucondities, die onder invloed staan van lokale kwel. In het deelterrein is een poel aanwezig. De poel biedt een voortplantingsbiotoop voor amfibieën, zoals de strikt beschermde kamsalamander. Het Natuur- en Beheersgebiedplan geven voor de Drassige Driehoek de natuurdoeltypen. In het onderstaande figuur worden deze natuurdoeltypen (met legenda) weergegeven.

De meest gevoelige natuurwaarden (o.a. grondwaterafhankelijk) zijn de natuurdoeltypen: *soortenrijk water* en *bloemrijk grasland (matig droog/vochtig)*. Het type *soortenrijk water* wordt gedefinieerd als grondwateronafhankelijk. De overige natuurdoeltypen *bos met verhoogde natuurwaarden* en *multifunctioneel bos* worden in Ertsen *et al.*, 2005 eveneens gedefinieerd als 'grondwateronafhankelijke natuurdoeltypen'. De doeltypen worden niet direct beïnvloed door de grondwaterstandverlaging.



Figuur B9.1a: Deelterrein Drassige Driehoek en natuurdoeltypen uit het Natuur- en Beheersgebiedsplan.

#### Hydrologische randvoorwaarden

Het natuurdoeltype *bloemrijk grasland (d/v)* komt in grote delen van het deelterrein voor. Het doeltype wordt niet gedefinieerd als kwelafhankelijk (Ertsen *et al.*, 2005). De waterherkomst is regen- en grondwater, en eventueel ook oppervlakte water. De Gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) is diep tot zeer diep, in mindere mate, matig diep.

Boven de 48 cm -mv neemt de optimale ontwikkeling van het natuurdoeltype af tot 10 cm +mv. waarbij het type niet meer voorkomt. Het type kan 21 dagen vocht te kort verdragen voor een optimale ontwikkeling. Bij een droogtestress van meer dan 45 dagen kan het type zich niet meer handhaven. Het natuurdoeltype *soortenrijk water* is als grondwateronafhankelijk gedefinieerd. Voor dit type zijn geen waarden voor de GVG, GLG of droogtestress vastgesteld. In figuur B9.1c is o.a. de berekende grondwaterstandverlaging weergegeven voor de GLG en GVG.

**Tabel B9.2: De natuurdoeltypen en hydrologische randvoorwaarden (Ertsen et al., 2005) in deelterrein de Drassige Driehoek. Daarnaast wordt de huidige grondwaterstand gegeven en de verlaging(en) bij GVG en GLG.**

| Natuurdoeltype           | GVG in cm - mv |    |    |    | Droogtestress in dagen per jaar |    |    |    | Huidige GWS bij GVG in cm - mv | verlaging GWS bij GVG in cm -mv | verlaging GWS bij GLG in cm -mv |
|--------------------------|----------------|----|----|----|---------------------------------|----|----|----|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                          | A1             | B1 | B2 | A2 | A1                              | B1 | B2 | A2 |                                |                                 |                                 |
| Bloemrijk grasland (d/v) | -10            | 48 | +∞ | +∞ | -∞                              | -∞ | 21 | 45 | 20 - 60                        | 5 - 10                          | 10 - 25                         |
| Soortenrijk water        | -∞             | -∞ | +∞ | +∞ | -∞                              | -∞ | +∞ | +∞ | -                              | 5 - 10                          | circa 10                        |

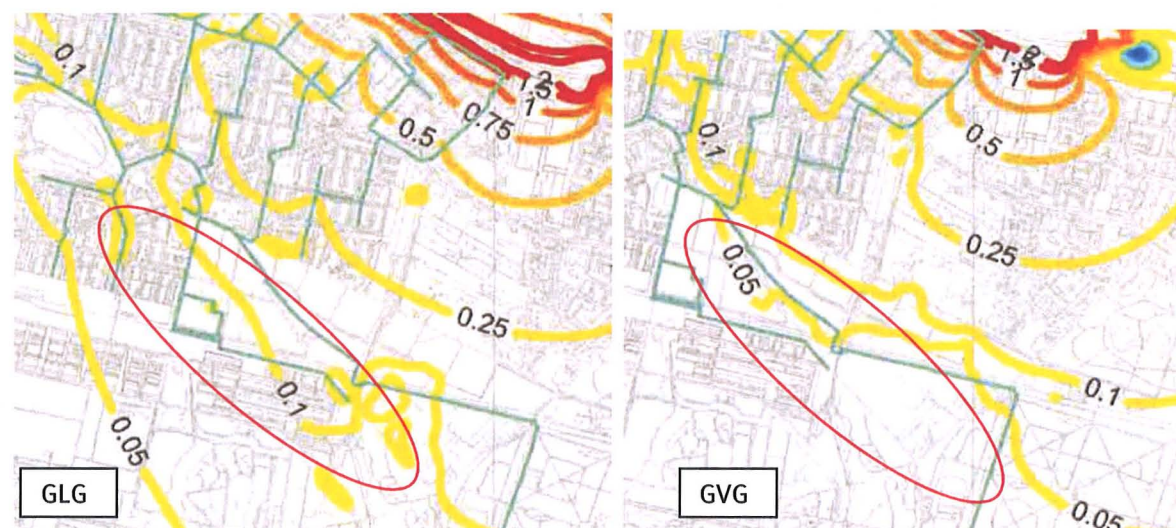
-∞ = geen randvoorwaarde aan natte zijde van de GVG, GLG of droogtestress (type rechts begrensd)

+∞ = geen randvoorwaarde aan droge zijde van de GVG, GLG of droogtestress (type links begrensd)





Figuur B9.2b: Huidige grondwaterstand (GVG en GLG in cm -mv) Deelterrein De Drassige Driehoek.



Figuur B9.2c: Verlaging van de grondwaterstand rond de Drassige Driehoek (rode cirkel) bij GLG en GVG.

#### Analyse

Uit figuur B9.2c blijkt dat het deelgebied Drassige Driehoek een verlaging van de GLG tussen de 0,10 - 0,25 m kan verwachten. De GVG geeft een verlaging van 0,05 - 0,10 m.

Uit de hydrologisch randvoorwaarden blijkt dat de GVG voor het type *bloemrijk grasland* in het voorjaar alleen te vochtig kan zijn. In de huidige situatie komt deze vochtige situatie alleen voor in de zuidoosthoek van het deelterrein (waarden tussen 20 - 60 cm -mv). Een verlaging van 5 - 10 cm heeft geen direct effect op het doeltype, aangezien de huidige grondwaterstand rond de optimale ontwikkeling van het type ligt. De GLG ligt bij dit type zeer diep. Hieruit valt te concluderen dat een verlaging van het grondwater tussen 0,10 - 0,25 m geen negatief effect zal hebben.

Het natuurdoeltype *soortenrijk water* is gedefinieerd als grondwateronafhankelijk en zal geen direct effect hebben op een verlaging van het grondwater. Gezien deze grondwateronafhankelijkheid zal een verlaging van 5 - 10 cm in het voorjaar geen effect hebben op het biotoop (de poel) van de kamsalamander en andere amfibieën.

#### Conclusie & advies Drassige Driehoek

Op basis van de nu beschikbare gegevens heeft de grondwaterstandverlaging door de ingreep geen wezenlijke negatieve effecten op de gevoelige (grondwaterafhankelijke) natuurdoeltypen in de Drassige



Driehoek. Voorgesteld wordt om voorafgaand aan de bestemmingsplanprocedure een quick-scan/natuurtoets uit te voeren naar de (grondwaterafhankelijke) beschermde natuurwaarden (o.a. flora en amfibieën) in het deelgebied Drassige Driehoek. Op deze manier wordt de leemte in kennis in kaart gebracht.

### 9.3 Deelterrein Reeshof

Voor het deelterrein Reeshof zijn geen actuele natuurwaarden verkregen. Ook zijn van dit bebouwde gebied geen natuurdoeltypen beschikbaar. Ook de huidige grondwaterstand is in deze bebouwde gebieden niet bepaald. Op basis van de modelberekeningen (zie figuur B9.3) is te zien dat in het voorjaar de Reeshof met een verlaging van 0,05 - 0,25 m te maken krijgt. Bij de GLG is ook een verlaging van 0,05 - 0,25 m te verwachten.



Figuur B9.3: Verlaging van de grondwaterstand in deelterrein Reeshof bij GLG en GVG.

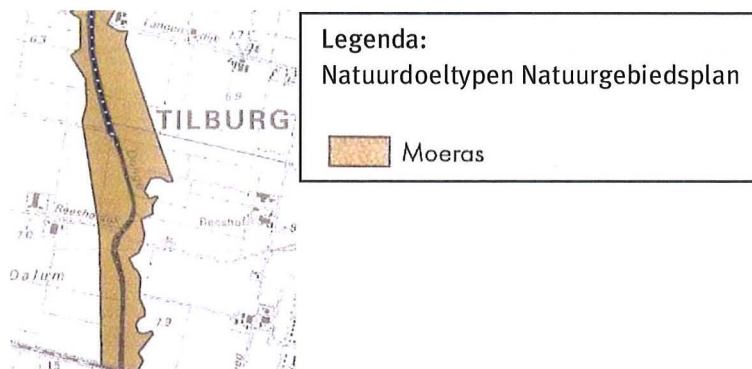
#### Conclusie en advies Reeshof

Bij afwezigheid van informatie over actuele natuurwaarden en natuurdoeltypen is niet mogelijk om voor de Reeshof een effectbeoordeling voor het belang natuur uit te voeren. Voorstel is om voorafgaand aan de bestemmingsplanprocedure en quick-scan/natuurtoets uit te voeren naar (grondwaterafhankelijke) beschermde natuurwaarden in het deelgebied Reeshof.

### 9.4 Deelterrein Dongevallei

Van het deelgebied Dongevallei zijn de natuurwaarden verkregen uit de rapporten: Monitoring Dongevallei 2002 & 2003 en Flora en Fauna langs tracé Noordwesttangent (Cools, 2002). Daarnaast geeft het Natuurgebiedsplan de natuurdoeltypen in en rond de Dongevallei. In figuur B9.4a worden de natuurdoeltypen weergegeven.

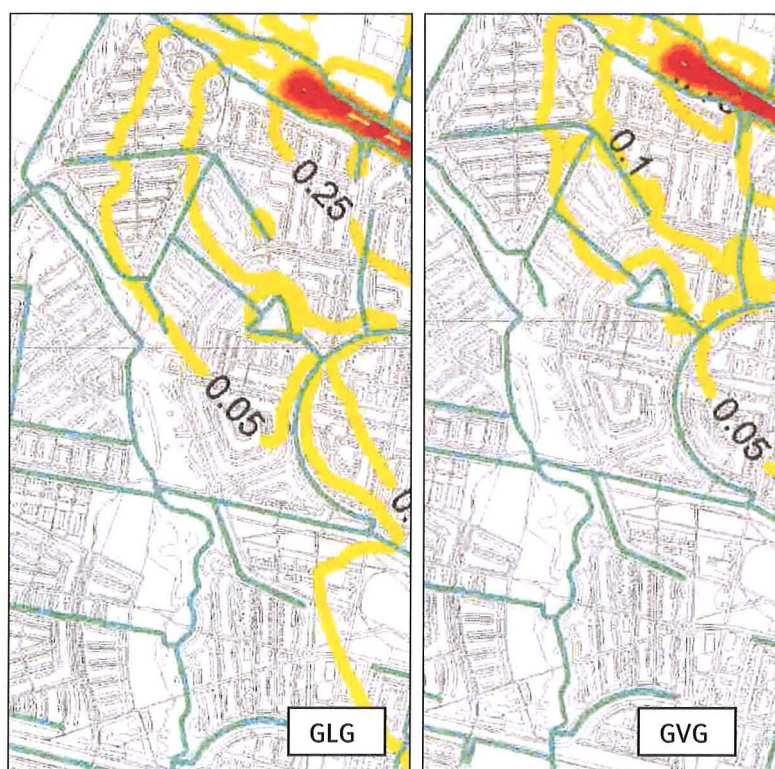
De meest gevoelige natuurwaarden is het natuurdoeltype: *moeras*. Naast 'moeras' komen andere natuurtypen voor, o.a. open water, wilgenbosje en rietkragen. In de monitoring uit 2002 en 2003 wordt melding gemaakt van beschermde planten (o.a. kleine zonnedauw en gevlekte orchis) en reptielen (levend barend hagedis).



Figuur B9.4a: Deelterrein Dongevallei en natuurdoeltype (gedeelte).

#### Hydrologische randvoorwaarden

Het natuurdoeltype *moeras* komt in het gehele deelterrein voor. Het natuurdoeltype komt overeen met het doeltype 3.24 Moeras (Bal *et al.*, 2001). De waterherkomst is regen-, grond- en vooral oppervlaktewater. Het waterregime ligt tussen open water tot nat.



Figuur B9.4b: Verlaging van de grondwaterstand in deelterrein Dongevallei bij GLG en GVG.

**Tabel B9.3: De natuurdoeltypen en hydrologische randvoorwaarden (Ertsen *et al.*, 2005) in deelterrein de Dongevallei. Daarnaast wordt de huidige grondwaterstand gegeven en de verlaging(en) bij GVG en GLG.**

| Natuurdoeltype | GVG in cm - mv |     |    |    | Droogtestress in dagen per jaar |    |    |    | Huidige GWS bij GVG in cm - mv | verlaging GWS bij GVG in cm -mv | verlaging GWS bij GLG in cm -mv |
|----------------|----------------|-----|----|----|---------------------------------|----|----|----|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                | A1             | B1  | B2 | A2 | A1                              | B1 | B2 | A2 |                                |                                 |                                 |
| Moeras         | -300           | -39 | 3  | 55 | -∞                              | -∞ | 2  | 25 | 100 +mv - 60 -mv               | -                               | -                               |

-∞ = geen randvoorwaarde aan natte zijde van de GVG, GLG of droogtestress (type rechts begrensd)

+∞ = geen randvoorwaarde aan droge zijde van de GVG, GLG of droogtestress (type links begrensd)



### Analyse

Uit figuur B9.4b blijkt dat het deelgebied Dongevallei in het voorjaar geen verlaging van het grondwater optreedt door de ingreep. De GLG geeft ook geen verlaging.

### Conclusie Dongevallei

Op basis van deze gegevens kan gesteld worden dat geen negatieve effecten optreden op het natuurdoeltype *moeras* en beschermde natuurwaarden.

## 9.5 Deelterrein Wilhelminakanaal (en Moerse pad)

Van het deelterrein Moerse pad en Wilhelminakanaal zijn de natuurwaarden verkregen uit rapporten van Cools, 2009. Voor het Wilhelminakanaal zijn geen natuurdoeltypen weergegeven. Tussen het Wilhelminakanaal en de Reeshof is een EVZ gelegen, die gedeeltelijk functioneert als natte verbinding voor diverse doelsoorten. Rond het Wilhelminakanaal komen beschermde plant- en diersoorten voor. Geen van deze flora en fauna zijn grondwaterafhankelijk.



Figuur B9.5: Verlaging van de grondwaterstand in deelterrein Wilhelminakanaal GLG en GVG.

### Analyse

In bovenstaande figuur is te zien dat deelterrein Wilhelminakanaal te maken krijgt met een forse grondwaterstandverlaging. Verschil tussen de GLG en de GVG is er nauwelijks. Het gaat hier om een verlaging tussen de 0,75 - 1,0 m. Daarnaast is een verlaging tot 2,0 m mogelijk nabij Sluis III.

De effecten van de verlaging zijn niet te beoordelen aan de hand van hydrologische randvoorwaarden, aangezien geen natuurtypen zijn geformuleerd. Daarnaast zijn geen natuurwaarden (Cools, 2009) aanwezig die grondwaterafhankelijk zijn. De huidige waterpartijen (EVZ) tussen het Wilhelminakanaal en de Reeshof blijven bij de ingreep behouden. De EVZ blijft functioneren als natte verbinding voor de doelsoorten van het model *Gewone pad*.

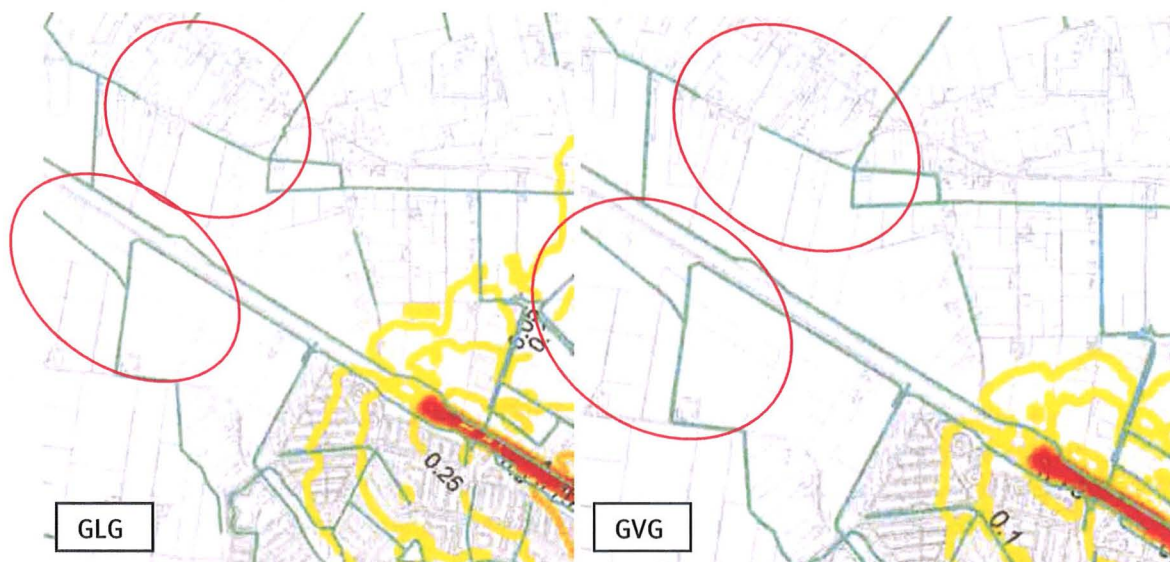
### Conclusie Wilhelminakanaal

De grondwaterstandverlaging door de ingreep in het Wilhelminakanaal heeft geen negatieve effecten op de gevoelige (grondwaterafhankelijke) natuurwaarden in het deelterrein Wilhelminakanaal.

## 9.6 Deelterrein De Rekken & Groenven

Op basis van de modelberekeningen vindt geen grondwaterstandverlaging (zie figuur B9.6) plaats in de deelterreinen De Rekken en Groenven. Een effectbeoordeling is dan ook niet noodzakelijk.



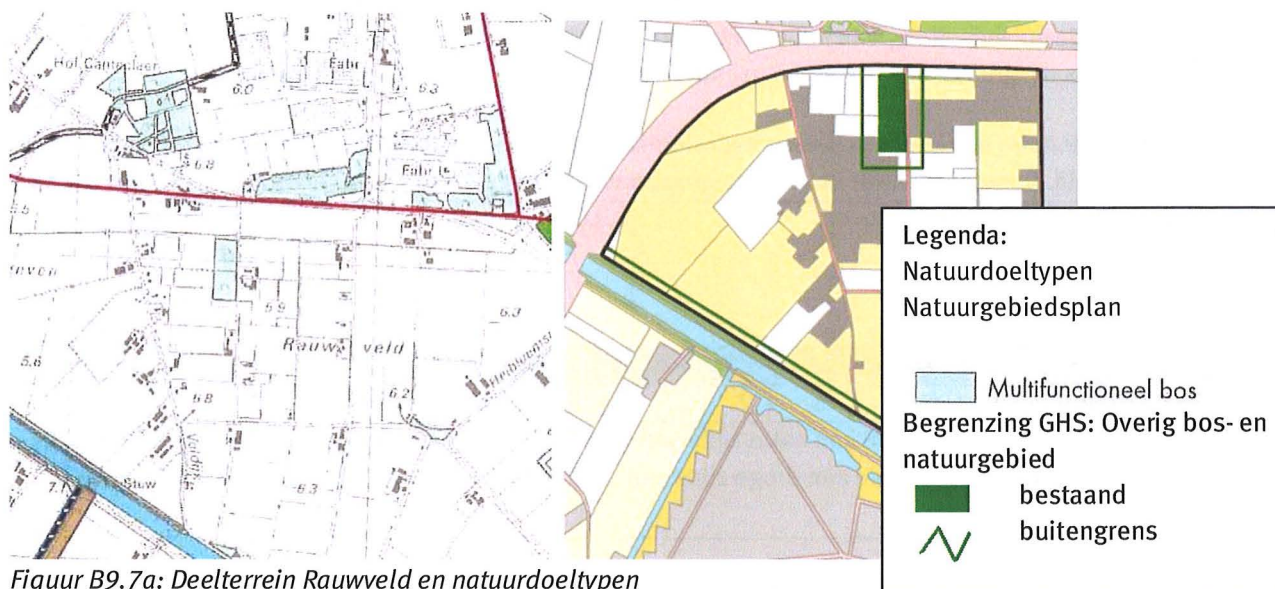


Figuur B9.6: Grondwaterstandverlaging nabij de deelterreinen De Rekken en Groenven.

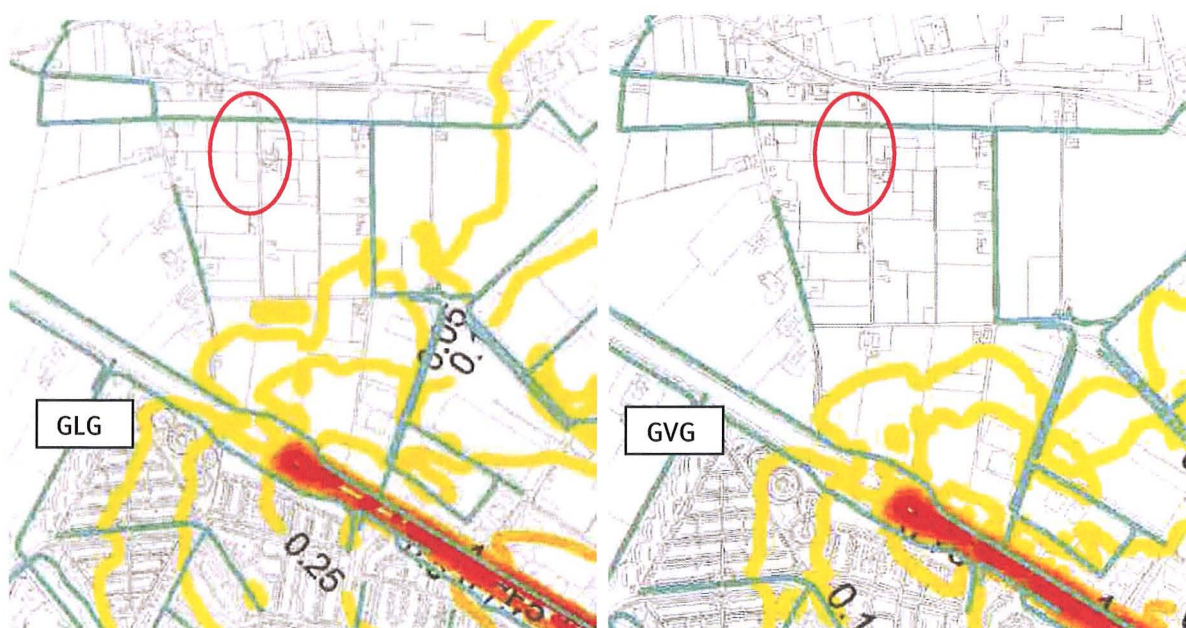
## 9.7 Deelterrein Rauwveld

Het deelterrein Rauwveld is voor een klein deel nog in gebruik als intensief landbouwgrond, het grootste deel bestaat uit industrie. Van het deelgebied zijn de natuurwaarden verkregen vanuit het rapport: Flora en Fauna langs tracé Noordwesttangent (Cools, 2002) en Quick-scan beschermde natuurwaarden toekomstig industrieterrein Vossenbergh-West te Tilburg (Cools, 2004). Daarnaast geeft het Natuurgebiedsplan de natuurdoeltypen in en rond het Rauwveld (zie figuur B9.7a).

De natuurdoeltypen in het Rauwveld beperken zich volgens het Natuurgebiedsplan tot *Multifunctioneel bos*. Dergelijke bossen worden niet gekenmerkt door de aanwezigheid van grondwaterafhankelijk vegetaties, en worden daarom meestal niet direct beïnvloed door de grondwaterstandverlaging. Cools (2002) geeft aan dat langs sloten en watergangen in het Rauwveld tamelijk algemene tot zeer zeldzame (planten)soorten van vochtige tot natte graslanden en pioniervegetaties op (tamelijk) voedselrijke bodems voorkomen. Daarnaast geeft Cools (2004) aan dat het perceel bij de Tweede Sluisweg een moerasbosje betreft waar verschillende planten- en diersoorten, waaronder de landelijk bedreigde Groene specht een vaste verblijfplaats hebben. In het bosje en in sloten rondom het bosje komt ijzerhoudend kwelwater aan de oppervlakte. In de huidige situatie heeft een (tamelijk) sterke daling van de grondwaterstand plaatsgevonden, de grondwaterstanden komen tot maximaal 50 cm -mv. voor. Het bosje is dus al te droog voor een goed ontwikkeld elzenbroekbos. Ook de actuele verruiging van de ondergroei wijst hierop. Met de inrichting van Rauwveld als bedrijventerrein worden echter wel maatregelen getroffen om de huidige verdroging tegen te gaan. Zo zal rond het bosje een ringsloot worden aangelegd om het grondwaterpeil omhoog te trekken.



Figuur B9.7a: Deelterrein Rauwveld en natuurdoeltypen



Figuur B9.8b: Verlaging van de grondwaterstand in deelterrein Rauwveld GLG en GVG.

#### Hydrologische randvoorwaarden

Voor het natuurdoeltype *Multifunctioneel bos* zijn hydrologische randvoorwaarden opgesteld. Echter, door Ertsen *et al.*, 2005 wordt het doeltype als grondwateronafhankelijk gedefinieerd.

Het meest gevoelige natuurdoeltype in het deelterrein is het *elzenbroekbos*. Boven de 8 cm +mv. neemt de optimale ontwikkeling van het natuurdoeltype af tot 15 cm +mv. waarbij het type niet meer voorkomt, omdat het te nat is. Beneden de 9 cm -mv. neemt de optimale ontwikkeling in het voorjaar af tot 25 cm -mv. Droogtestress is voor dit type niet geformuleerd. Elzenbroekbos staat meestal op locaties waar het vrij vochtig is. Bij een GLG beneden de 40 cm -mv. neemt de optimale ontwikkeling af tot 70 cm -mv waarbij het doeltype niet meer voorkomt. In figuur B9.8 is o.a. de berekende grondwaterstandverlaging weergegeven voor de GVG en GLG. Tabel B9.4 geeft de hydrologische randvoorwaarden van het natuurdoeltype elzenbroekbos weer. Figuur B9.8c geeft de grondwaterstanden van enkele nabij het broekbosje gelegen peilbuizen van de gemeente Tilburg weer. Hierbij zijn de grondwaterstanden weergegeven ten opzichte van het gemiddelde maaiveldniveau (op basis van de AHN). Uit de AHN blijkt dat



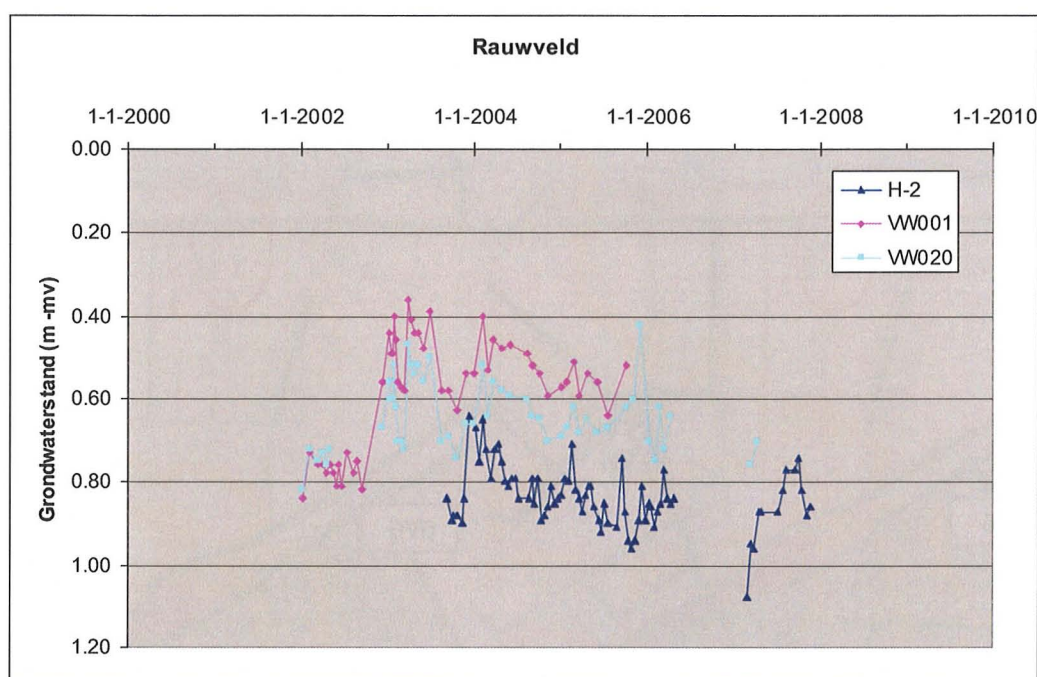
de maaiveldhoogte in het elzenbroekbosje hier tot 20 cm boven of onder kan liggen. In delen van het bosje is de situatie dus natter, en in andere delen (met name richting de weg) droger.

**Tabel B9.4: De natuurdoeltypen en hydrologische randvoorwaarden (Ertsen *et al.*, 2005) in deelterrein de Rauwveld. Daarnaast wordt de huidige grondwaterstand gegeven en de verlaging(en) bij GVG en GLG.**

| Natuurdoeltype | GVG in cm - mv |    |    |    | GLG in cm -mv |    |    |    | Huidige GWS bij GVG in cm - mv | verlaging GWS bij GVG in cm -mv | verlaging GWS bij GLG in cm -mv |
|----------------|----------------|----|----|----|---------------|----|----|----|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                | A1             | B1 | B2 | A2 | A1            | B1 | B2 | A2 |                                |                                 |                                 |
| Elzenbroekbos  | -15            | -8 | 9  | 25 | -∞            | -∞ | 40 | 70 | 0 - 60                         | -                               | -                               |

-∞ = geen randvoorwaarde aan natte zijde van de GVG, GLG of droogtestress (type rechts begrensd)

+∞ = geen randvoorwaarde aan droge zijde van de GVG, GLG of droogtestress (type links begrensd)



*Figuur B9.8c: Waargenomen grondwaterstand nabij elzenbroekbosje*

#### Analyse

Uit figuur B9.8b blijkt dat het deelgebied Rauwveld in het voorjaar geen verlaging van het grondwater optreedt door de ingreep. De GLG geeft ook geen verlaging. De verlaging heeft tevens geen effect op de herstelpotenties en -maatregelen bij de inrichting van Rauwveld als bedrijventerrein.

#### Conclusie Rauwveld

Op basis van deze gegevens kan gesteld worden dat geen negatieve effecten optreden op het natuurdoeltype *elzenbroekbos* en beschermde natuurwaarden.

## 9.8 Deelterrein Vossenber

Het deelterrein Vossenber bestaat uit een industrieterrein aan de noordzijde van het Wilhelminakanaal. Van het deelgebied zijn de natuurwaarden verkregen vanuit het rapport: Flora en Fauna langs tracé Noordwesttangent (Cools, 2002) en Natuurwaardenonderzoek traject Dalem - Vossenber -West (Cools,

2008). Daarnaast geeft het Natuurgebiedsplan de natuurdoeltypen in en rond Vossenberg (zie figuur B9.9a).

In het deelterrein komen op basis van de Natuurdoeltypenkaart van de provincie Noord-Brabant geen gevoelige natuurwaarden (o.a. grondwaterafhankelijk) voor. De natuurdoeltypen in Vossenberg beperken zich tot *Multifunctioneel bos* en *Beek/Waterloop*. Dergelijke natuurdoeltypen worden niet direct beïnvloed door de grondwaterstandverlaging en zijn gedefinieerd als grondwateronafhankelijk. Het bosgebiedje in het midden van het deelgebied bestaat in de huidige situatie uit een bosje met veel gele lis.

In de IWACO studie worden de natuurwaarden van de Vossenberg omschreven als beperkt. In het onderzoek van Cools, 2008 zijn geen bijzondere natuurwaarden (soorten tabel 1 FF-wet) of grondwaterafhankelijke vegetatie aangetroffen.



Figuur B9.9a: Deelterrein Vossenberg en natuurdoeltypen.



Figuur B9.9b: Verlaging van de grondwaterstand in deelterrein Vossenberg bij GVG en GLG.

#### Hydrologische randvoorwaarden

Voor de natuurdoeltypen *Multifunctioneel bos* en *Beek/Waterloop* zijn hydrologische randvoorwaarden opgesteld. Deze doeltypen zijn door Ertsen *et al.*, 2005 gedefinieerd als grondwateronafhankelijk.



### Analyse

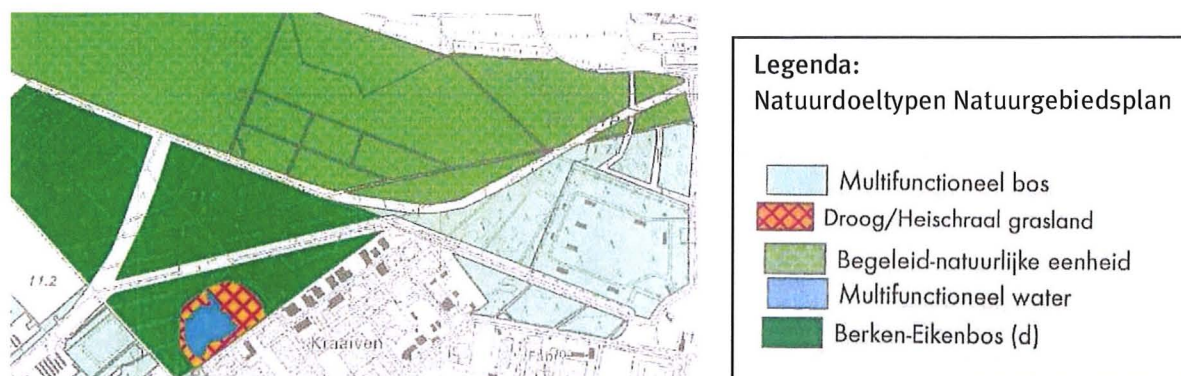
Uit figuur B9.9b blijkt dat het deelgebied Vossenbergh in het voorjaar een verlaging van 0,10 - 0,25 m kan verwachten. De verlaging van de GLG ligt tussen de 0,25 - 0,50 m. In dit deelgebied is geen grondwaterafhankelijke natuur aanwezig, er zijn dus geen effecten op natuur.

### Conclusie

Gezien de afwezigheid van grondwaterafhankelijke natuurdoeltypen en de huidige beperkte natuurwaarden ondervinden geen effecten van de verlaging van het grondwater in het deelgebied Vossenbergh.

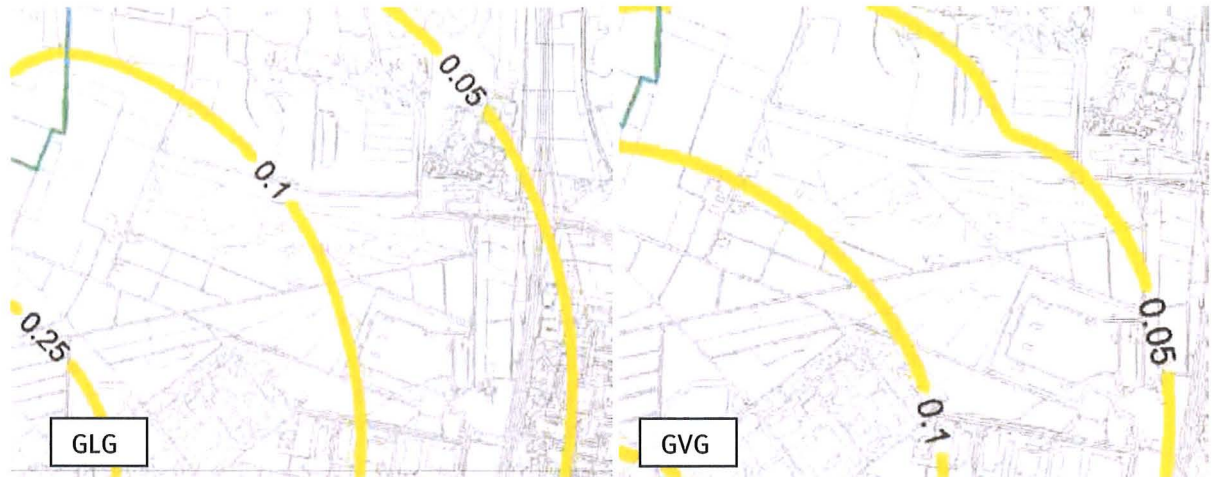
## 9.9 Deelterrein De Mast

Het deelterrein De Mast is een jong naaldbos en verbost heideterrein. Van het deelgebied zijn de natuurwaarden verkregen vanuit het rapport: Flora en Fauna langs tracé Noordwesttangent (Cools, 2002). Daarnaast geeft het Natuurgebiedsplan de natuurdoeltypen rond De Mast (zie figuur B9.10a).



Figuur B9.10a: Deelterrein De Mast en natuurdoeltypen.

In het deelterrein komen geen gevoelige natuurwaarden (o.a. grondwaterafhankelijk) voor. De natuurdoeltypen in De Mast beperken zich tot *multifunctioneel bos*, *droog/heideschraal grasland*, *begeleid-natuurlijke eenheid*, *multifunctioneel water* en *berken-eikenbos (d)*. Deze natuurdoeltypen zijn gedefinieerd als grondwateronafhankelijk en worden niet direct beïnvloed door een beperkte grondwaterstandverlaging. De Mast bestaat grotendeels uit bos en voornamelijk aan de noordzijde uit droge heide. De bodem bestaat uit (zeer) droge tot plaatselijke vochtige, leemarme zandgronden. Het natuurtype *multifunctioneel water* bestaat uit een gegraven voedselarm plasje, begroeid met waterlelies en Knolrus (Cools, 2002). In het onderzoek van Cools, 2002 zijn geen beschermde soorten van tabel 3 FF-wet of grondwaterafhankelijke vegetatie aangetroffen. De Vinpootsalamander (tabel 2 FF-wet) komt, naast algemene amfibieën in het plasje voor.



Figuur B9.10b: Verlaging van de grondwaterstand in deelterrein De Mast bij GLG en GVG.

#### Hydrologische randvoorwaarden

Voor de natuurdoeltypen multifunctioneel bos, droog/heideschraal grasland, begeleid-natuurlijke eenheid, multifunctioneel water en berken-eikenbos (d) zijn hydrologische randvoorwaarden opgesteld. Deze doeltypen zijn door Ertsen *et al.*, 2005 gedefinieerd als grondwateronafhankelijk. Het natuurdoeltype droog/heideschraal grasland bijvoorbeeld bestaat uit twee typen. Deze graslandtypen komen voor op droge, grondwateronafhankelijke, kalkarme, voedselarme tot matig voedselrijke zandgronden. In tabel B9.5 zijn de hydrologische randvoorwaarden weergegeven.

**Tabel B9.5: De natuurdoeltypen en hydrologische randvoorwaarden (Ertsen *et al.*, 2005) in deelterrein De Mast. Daarnaast wordt de huidige grondwaterstand gegeven en de verlaging(en) bij GVG en GLG.**

| Natuurdoeltype              | GVG in cm - mv |    |    |    | Droogtestress in dagen per jaar |    |    |    | Huidige GWS bij GVG in cm -mv | verlaging GWS bij GVG in cm -mv | verlaging GWS bij GLG in cm -mv |
|-----------------------------|----------------|----|----|----|---------------------------------|----|----|----|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                             | A1             | B1 | B2 | A2 | A1                              | B1 | B2 | A2 |                               |                                 |                                 |
| Droog/heideschraal grasland | 50             | 79 | +∞ | +∞ | 10                              | 31 | +∞ | +∞ |                               | 5 - 10                          | 5 - 10                          |

-∞ = geen randvoorwaarde aan natte zijde van de GVG, GLG of droogtestress (type rechts begrensd)

+∞ = geen randvoorwaarde aan droge zijde van de GVG, GLG of droogtestress (type links begrensd)

#### Analyse

Uit figuur B9.10b blijkt dat het deelgebied De Mast in het voorjaar een verlaging van 0,05 - 0,1 m kan verwachten. De GLG is vergelijkbaar met de GVG. De aanwezige natuurdoeltypen komen voornamelijk voor op droge gronden met een diep tot zeer diepe GVG en GLG.

De verwachte beperkte verlaging van het grondwater heeft geen effect op de aanwezig, voornamelijk droge, natuurwaarden.

#### Conclusie De Mast

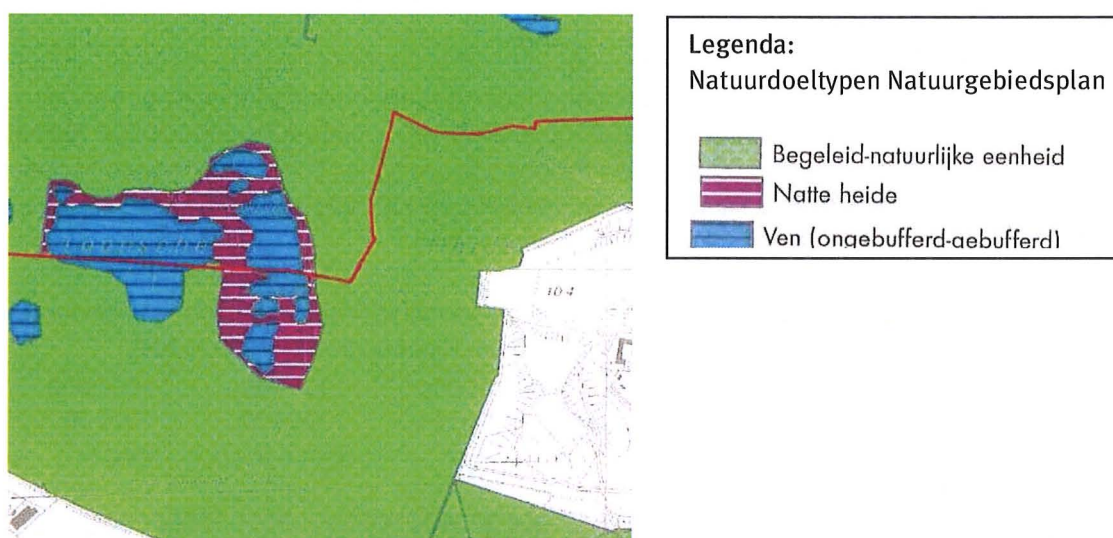
De grondwaterstandverlaging door de ingreep in het Wilhelminakanaal heeft geen wezenlijke negatieve effecten op de natuurwaarden in De Mast. Ook de aanwezige beschermde amfibieën (o.a. Vinpootsalamander) ondervinden geen effecten door de voorspelde minimale verlagingen.



## 9.10 Deelterrein Huis ter Heide (plan Lobelia)

Het deelterrein Huis ter Heide is een natte natuurparel en een TOP-gebied. Van het deelgebied zijn de natuurwaarden verkregen vanuit het rapport: Flora en Fauna langs tracé Noordwesttangent (Cools, 2002). Daarnaast geeft het Natuurgebiedsplan de natuurdoeltypen rond Huis ter Heide (zie figuur B9.11a).

De meest gevoelige natuurwaarden (o.a. grondwaterafhankelijk) zijn de natuurdoeltypen: *natte heide en ven (ongebufferd-gebufferd)*. Daarnaast komt het natuurdoeltype *begeleid-natuurlijke eenheid* voor. De *begeleid-natuurlijke eenheid* bestaat in Huis ter Heide hoofdzakelijk uit naaldbout met Ruwe berk en Zomereik. Daarnaast bestaat de bodem in het deelterrein overwegend uit droge tot matig natte veldpodzolen. Dit natuurdoeltype wordt niet direct beïnvloed door een beperkte grondwaterstandverlaging. In de omgeving van met name het Oude Leikeven komt flora uit pionier- en heidevegetaties voor. In en langs de vennen komen diverse zeldzame en bedreigde amfibiesoorten voor, zoals Vinpootsalamander, Kamsalamander, Heikikker, Rugstreepad, Poelkikker en Boomkikker.



Figuur B9.11a: Deelterrein Huis ter Heide (gedeeltelijk) en natuurdoeltypen.



Figuur B9.11b: Verlaging van de grondwaterstand in deelterrein Huis ter Heide bij GLG en GVG.

### Hydrologische randvoorwaarden

Voor de natuurdoeltypen *natte heide en ven (ongebufferd-gebufferd)* zijn hydrologische randvoorwaarden opgesteld (zie tabel B9.6).



Het natuurdoeltype *ven* (ongebufferd - gebufferd) komt met name voor bij het Oude en Nieuwe Leikeven. Het natuurdoeltype komt overeen met het doeltype 3.22 Zwakgebufferd ven (Bal *et al.*, 2001). Klein tot matig groot, gedeeltelijke droogvallend, min of meer geïsoleerd en daardoor zeer zwak- tot zwakgebufferd water. Zwakgebufferde wateren maken deel uit van lokale grondwatersystemen. De peilfluctuaties zijn over het algemeen groot (meer dan 60 cm) en er treedt daardoor droogval op. De waterherkomst is regen- en (lokaal) grondwater. Het waterregime ligt tussen open water - droogvallend - zeer nat.

Boven de 38 cm +mv neemt de optimale ontwikkeling van het natuurdoeltype *ven* af tot -100 cm +mv. waarbij het type niet meer voorkomt. Beneden de 11 cm +mv neemt de optimale ontwikkeling in het voorjaar af tot 50 cm -mv. Bij een GLG beneden de 3 cm -mv neemt de optimale ontwikkeling af tot 50 cm -mv waarbij het doeltype niet meer voorkomt.

Het natuurdoeltype *natte heide* komt met name voor langs de randen van het Leikeven. Het type wordt gedomineerd door gewone dophei met daarnaast onder meer Klokjesgentiaan. Boven de 3 cm +mv neemt de optimale ontwikkeling van het doeltype af tot 20 cm +mv waarbij de type zich niet meer kan handhaven. Beneden de 19 cm -mv neemt de optimale ontwikkeling in het voorjaar af tot 40 cm -mv waarbij *natte heide* niet meer kan voorkomen. Het doeltype *natte heide* kan 3 dagen vocht te kort verdragen voor een optimale ontwikkeling. Bij een droogtestress van meer dan 25 dagen kan het type zich niet meer handhaven.

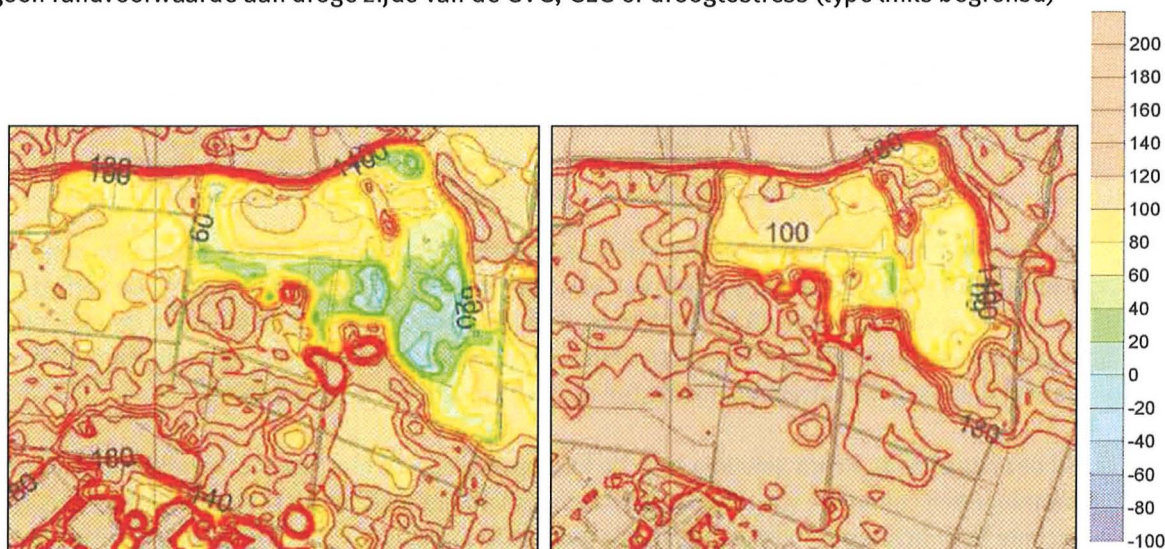
In figuur B9.11b is de berekende grondwaterstandverlaging weergegeven voor de ingreep bij GVG en GLG. Tabel B9.6 geeft de hydrologische randvoorwaarden van het natuurdoeltypen *ven* (ongebufferd - gebufferd) en *natte heide* weer en in figuur B9.11c is de huidige grondwaterstand weergegeven.

**Tabel B9.6: De natuurdoeltypen en hydrologische randvoorwaarden (Ertsen *et al.*, 2005) in deelterrein Huis ter Heide. Daarnaast wordt de huidige grondwaterstand gegeven en de verlaging(en) bij GVG en GLG.**

| Natuurdoeltype               | GVG in cm - mv |     |     |    | GLG in cm -mv (Ven)            |    |    |    | Huidige GWS bij GVG in cm - mv | verlaging GWS bij GVG in cm -mv | verlaging GWS bij GLG in cm -mv |
|------------------------------|----------------|-----|-----|----|--------------------------------|----|----|----|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                              | A1             | B1  | B2  | A2 | Dstress per jaar (Natte heide) |    |    |    |                                |                                 |                                 |
|                              | A1             | B1  | B2  | A2 | A1                             | B1 | B2 | A2 |                                |                                 |                                 |
| Ven (ongebufferd /gebufferd) | -100           | -38 | -11 | 50 | -∞                             | -∞ | 3  | 50 | 20 +mv -<br>60 -mv             | 2 - 5                           | 2 - 10                          |
| Natte heide                  | -20            | -3  | 19  | 40 | -∞                             | -∞ | 3  | 25 |                                |                                 |                                 |

-∞ = geen randvoorwaarde aan natte zijde van de GVG, GLG of droogtestress (type rechts begrensd)

+∞ = geen randvoorwaarde aan droge zijde van de GVG, GLG of droogtestress (type links begrensd)



**Figuur B9.11c: Huidige grondwaterstand (GVG en GLG in cm -mv) Deelterrein Huis ter Heide.**

### Analyse

Uit figuur B9.11b blijkt dat het deelgebied Huis ter Heide een verlaging van de GVG tussen de 0,02 en 0,05m kan verwachten. Deze 0,05m verlaging ligt net buiten het Leikeven. De GLG geeft een verlaging van 0,05 tot 0,10 m. De 0,05 m lijn is verschoven over de twee Leikevennen en de 0,10 m lijn heeft het zuidelijke punt van Huis ter Heide bereikt.

Uit de hydrologisch randvoorwaarden blijkt dat de GVG voor het doeltype *ven (ongebufferd - gebufferd)* in het voorjaar boven het maaiveld staat, voor een optimale ontwikkeling. In figuur B9.11c is te zien dat dit voor het grootste deel het geval is bij de huidige GVG. Ook is te zien dat een optimale ontwikkeling (B1 en B2) van het doeltype beperkt mogelijk is en aan de droge zijde van de GVG zit.

Een verlaging van het grondwater in het voorjaar met 0,02 - 0,05 m zal mogelijk een effect hebben op dit doeltype, omdat het natuurdoeltype waarschijnlijk binnen de beïnvloedingsfeer van de verlaging gelegen is. Het doeltype *ven* kan overigens best een verlaging van enkele centimeters hebben, maar aangezien de GVG in het huidige situatie aan de droge zijde van de GVG zit, is een negatief effect niet geheel uit te sluiten. Een eventueel negatief effect wordt gemitigeerd door het nemen van maatregelen in het voorjaar (zie § 7.5).

De GLG ligt bij *ven* matig ondiep. Op basis van figuur B9.11c is te zien dat de huidige grondwaterstand nabij de Leikevennen vrij laag staan voor type *ven*, tussen de 20 - 80 cm -mv. Dit zijn plaatselijke omstandigheden. Doordat bij een natuurlijke dynamiek het peil 's zomers laag staat, waardoor droogval kan optreden, zal een verlaging van 5 cm in het gehele deelgebied geen negatief effect hebben op het natuurdoeltype. De frequentie van droogval kan iets hoger worden dan in de huidige situatie.

Op basis van de huidige GVG en de hydrologische randvoorwaarden kan het natuurdoeltype *natte heide* zich optimaal ontwikkelen rond de Leikevennen. Een verlaging van 2 - 5 cm, door de ingreep, zal hier geen invloed op hebben.

Uit de hydrologische berekeningen (bijlage 15 waterbalans) komt naar voren dat de kwelsituatie in Huis ter Heide in de wintersituatie nauwelijks verandert. In tabel B9.7 is de verandering van de kwel opgenomen. De afname van de kwel is in de zomer echter procentueel gezien relatief groot (18 à 19%), in absolute zin is de afname relatief beperkt (ca. 0,7 mm/d). Uit stromingsberekeningen blijkt wel dat de oorsprong van de kwel niet wijzigt. De aard en samenstelling van het kwelwater is dus ongewijzigd.

**Tabel B9.7: Afname kwel bij Huis ter Heide**

| Gebied                        | Situatie | Kwel (mm/d) |         | Afname kwel (%) |
|-------------------------------|----------|-------------|---------|-----------------|
|                               |          | Huidig      | Ingreep |                 |
| Zuidelijk deel Huis ter Heide | GHG      | 0,73        | 0,71    | 3%              |
|                               | GLG      | 0,26        | 0,21    | 19%             |
| Leikevennen                   | GHG      | 9,33        | 9,13    | 2%              |
|                               | GLG      | 3,79        | 3,09    | 18%             |

De aanwezig beschermde amfibieën in het deelterrein zijn gebonden aan de vennen en omgeving (landbiotoop). De vennen krijgen met een verlaging van het grondwater te maken. De verlaging (max. 0,05 m) zal in het voorjaar geen effect hebben op de voortplanting van de amfibieën. In de zomer kan een maximale verlaging optreden van 0,10 m (in het zuidelijke punt), dit zal gezien de voorkomende peilfluctuaties in het terrein geen effecten hebben op de aanwezige amfibieën.

Bij deze analyse is alleen gekeken naar de huidige ingreep en niet naar de ontwikkelingen uit het verleden, waardoor een cumulatie van effecten (verlagingen van het grondwater) kan zijn opgetreden. Ook de recente herinrichting van het gebied zoals toegelicht in paragraaf 5.1, die een vernatting van het gebied tot gevolg heeft, is niet opgenomen bij deze effectbeschrijving.

### *Conclusie Huis ter Heide / Plan Lobelia*

De grondwaterstandverlaging door de ingreep in het Wilhelminakanaal heeft geen wezenlijke negatieve effecten op de gevoelige natuurwaarden in Huis ter Heide. Mogelijk dat de verlaging van het grondwater in het voorjaar een negatief effect heeft op de optimale ontwikkeling van het doelttype *ven*. Mede omdat in de huidige situatie de randvoorwaarden niet optimaal zijn, heeft de ingreep tot gevolg dat er geen optimale ontwikkeling meer mogelijk is. De aanwezige beschermde amfibieën ondervinden geen effecten door de voorspelde verlagingen.

Door het nemen van mitigerende maatregelen kunnen de negatieve effecten teniet gedaan worden.

## **9.11 Conclusie effecten natuur**

Onderstaand zijn de conclusies per deelterrein kort samengevat. Op basis van de gebruikte modellen en expert judgement worden geen negatieve effecten verwacht. Hierbij wordt opgemerkt dat voor de Reeshof geen advies te geven is, omdat hier geen actuele natuurwaarden beschikbaar zijn. Hiervoor wordt aanbevolen om voorafgaand aan de uitvoering een natuurinventarisatie uit te voeren.

- Drijflanen geen wezenlijke negatieve effecten.
- Drassige Driehoek geen wezenlijke negatieve effecten.
- Reeshof advies niet mogelijk door ontbreken informatie.
- Dongevallei geen wezenlijke negatieve effecten.
- Wilhelminakanaal en Moerse Pad geen wezenlijke negatieve effecten.
- De Rekken en Groenveld geen verlaging grondwaterstand.
- Rauwveld geen wezenlijke negatieve effecten.
- Vossenbergr geen effecten
- De Mast geen wezenlijke negatieve effecten.
- Huis ter Heide optimale ontwikkeling niet mogelijk, mitigerende maatregelen gewenst.

In deze bijlage is de 'kale' ingreep beschreven ten opzichte van de huidige situatie, zonder mitigerende maatregelen. De conclusie is dat over het algemeen geen negatieve effecten worden verwacht. Voor het deelgebied Huis ter Heide is het nemen van mitigerende maatregelen zinvol, aangezien een optimale ontwikkeling mogelijk niet bereikt wordt door een verlaging in het voorjaar. Voor de overige gebieden is het niet noodzakelijk om maatregelen te nemen. In hoofdstuk 7 van het hoofd rapport is ingegaan op de effecten van mitigerende maatregelen.



## 10 Effecten groenvoorzieningen

In deze bijlage is een toelichting gegeven op de mogelijke invloed van de ingreep op groenvoorzieningen in de Reeshof en Vossenbergh, en dan met name op bomen. Tevens is een nadere uitwerking opgenomen.

### 10.1 Algemeen effect groenvoorzieningen

#### Bewortelingsdiepte bomen

Bomen hebben een levensduur van enkele tientallen tot soms honderden jaren. In de loop der jaren groeit het wortelstelsel uit tot ongeveer de diepte die de boom re rest van zijn leven zal behouden. In een goed doorwortelbare grond bedraagt de bewortelingsdiepte gemiddeld tot 1,5 meter, soms tot 2 meter. Bomen wortelen niet in bodemlagen met permanent grondwater, zeker niet als de hoge grondwaterstand zich voordoet in de groeiperiode. De diepte van de wortelzone wordt dan beperkt tot de zone boven de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG).

#### Grondwaterprofielen

Voor de vochtvoorziening van bomen wordt onderscheid gemaakt in drie verschillende grondwaterprofielen:

- Hangwaterprofiel: bij diepe grondwaterstanden is sprake van een hangwaterprofiel. De bomen maken gebruik van het water dat wordt vastgehouden in de bodem en dat onafhankelijk is van het grondwater.
- Grondwaternalevering: wanneer grondwaterstanden tot in de onderkant van de bewortelingszone reiken, is sprake van nalevering van grondwater naar de boomwortels.
- Ondiepe grondwaterstanden: bij grondwaterstanden ondieper dan 1 meter, wordt de bewortelbare diepte bepaald (begrensd) door dit grondwater.

#### Veranderingen in de grondwaterstand

In geval van grondwaterstandsverandering zijn de volgende situaties mogelijk.

##### *Hangwaterprofiel - daling / stijging*

Bij een hangwaterprofiel heeft daling van het grondwater geen gevolgen voor beworteling van bomen. Regenwater wordt vastgehouden in de bodem, en bomen maken alleen gebruik van dat hangwater. Stijging van grondwater leidt ook niet tot merkbare effecten, tenzij als gevolg van de stijging een situatie van nalevering ontstaat. In dat geval zal de vochtvoorziening van bomen verbeteren.

##### *Grondwaternalevering - daling van grondwater*

Bij een situatie met nalevering van grondwater zal een daling van het grondwater leiden tot daling van de hoeveelheid beschikbaar water voor bomen. Jonge bomen (< 20 jaar) kunnen zich in veel gevallen aanpassen aan dergelijke veranderingen. Oude bomen kunnen last krijgen van verdroging. De ernst van het effect is afhankelijk van de combinatie van bodemkwaliteit, boomsoort en leeftijd. In het geval van een bodem met een groot vochthoudend vermogen, bijvoorbeeld leemhoudend zand of zavel- en kleigronden, kan het effect van verdroging beter worden opgevangen dan in sterk droogtegevoelige arme leemarme zandgronden. Het effect kan wezenlijk beter worden opgevangen als de daling van het grondwater geleidelijk plaatsvindt, zeg over een periode van 5 jaar of langer. Jonge bomen kunnen beter meegroeien met veranderingen dan volwassen bomen.

##### *Grondwaternalevering - stijging van grondwater*

In het geval van stijging van het grondwater ontstaat er gemiddeld een gunstiger situatie voor bomen omdat er een betere vochtvoorziening ontstaat. Zolang de stijging beperkt blijft tot enkele decimeters en

niet leidt tot een permanente hogere grondwaterstand, is de situatie gunstig. In het geval van ene plotseling forse stijging van meer dan 30 cm in een zone met intensieve doorworteling, zal die stijging leiden tot afsterven van een deel van de boomwortels. Als de stijging geleidelijk plaatsvindt, zeg over een periode van 5 jaar en langer, en orde van grootte beperkt blijft tot ca 30 cm, hoeven er geen grote problemen met de gezondheid van bomen te ontstaan. Ook hier is het uiteindelijke effect gerelateerd aan de aard van de bodem, boomsoort en leeftijd van de bomen.

#### *Ondiep grondwater - daling*

Bij een situatie van ondiepe grondwaterstanden zal een daling van de grondwaterstand leiden tot verandering van de vochtvoorziening van bomen. Hoewel dat in eerste instantie kan leiden tot watertekort, ontstaat er in de bodem meer ruimte voor permanente doorworteling. Als de daling geleidelijk plaatsvindt, kunnen de wortels met de daling meegroeien, en ontstaat er een groter doorwortelbaar volume. Voor de meeste boomsoorten is een dergelijke daling eerder gunstig dan ongunstig.

#### *Ondiep grondwater - stijging*

Omgekeerd is een grondwaterstijging bij ondiepe grondwaterstanden sterk nadelig omdat bomen te maken krijgen met afsterven van wortels, en tegelijk met een algehele vermindering van het doorwortelbare volume in de bodem.

#### **Conclusies**

- gevolgen van grondwaterstandverandering voor bomen zijn niet éénduidig aan te geven;
- veranderingen kunnen door bomen beter worden opgevangen naarmate ze geleidelijk plaatsvinden;
- geleidelijke daling over beperkte diepte kan veelal door bomen worden gevolgd door meegroeien van de wortels;
- geleidelijke stijging is doorgaans gunstig in situaties dat deze plaatsvindt in de diepere wortelzone (tussen ca 1 en 1,5 meter diepte);
- geleidelijke stijging is riskant als deze binnen 1 meter plaatsvindt omdat de bewortelbare ruimte voor bomen wezenlijk zal worden verkleind;
- in alle situaties is het goed de effectbeoordeling van de grondwaterstandsverandering te relateren aan de combinatie van boomsoort, leeftijd en bodemtype;

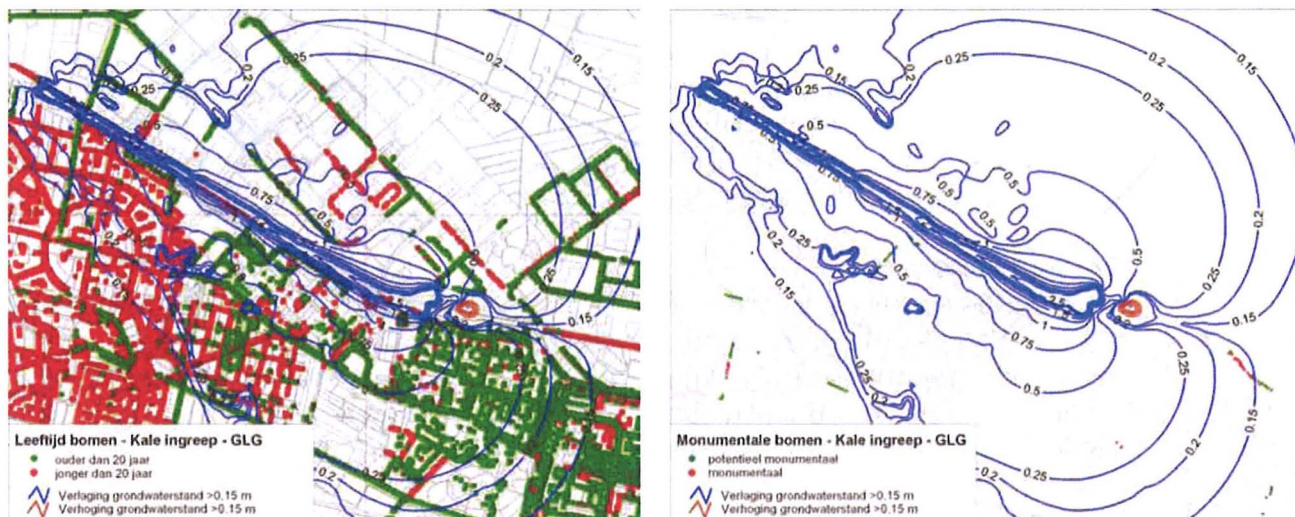
## **10.2 Effecten Reeshof en Vossenber**

### **Grondwaterprofiel**

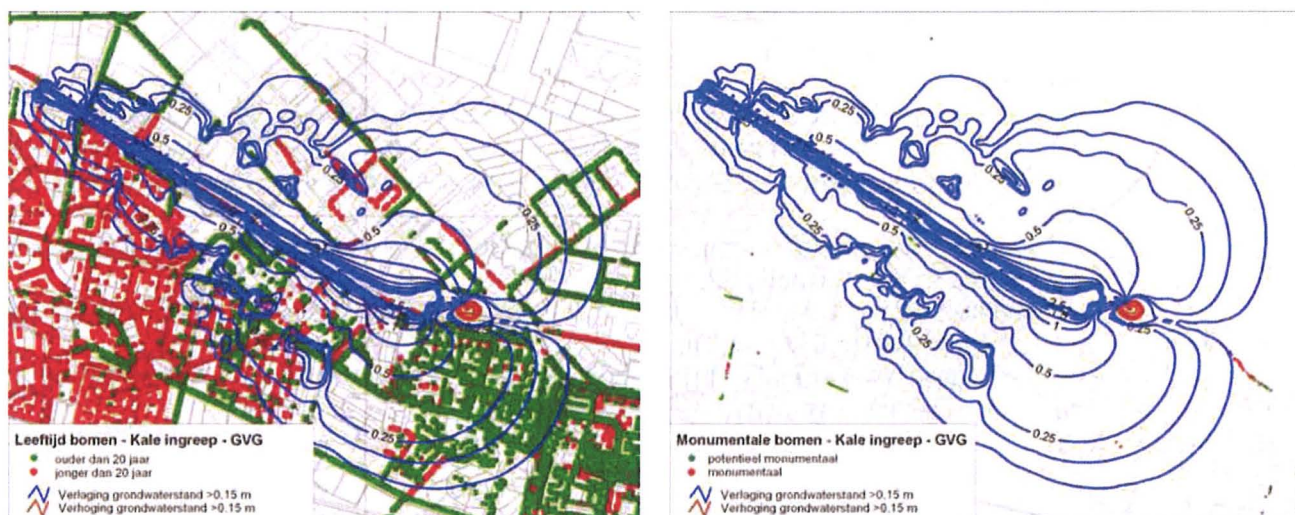
Uit grondwatermetingen blijkt dat dicht bij het kanaal de maximale variaties in grondwaterpeil maximaal 0,5 m bedragen. Verder van het kanaal af, aan de randen van de wijk Reeshof en Vossenber kan de variatie toenemen tot ca 1 à 1,5 m tussen maximaal en minimaal grondwaterpeil. Het grondwater ligt in zowel Reeshof als Vossenber vrij diep, er wordt uitgegaan van een maximale diepte ten opzichte van maaiveld van een GVG van 0,8 m -mv. tot een GLG van 1,4 m -mv. Er kan van worden uitgegaan dat er in deze situatie sprake is van *grondwatermalevering*.

### **Bomenbestand**

In de figuren B10.1a en b zijn de verlagingen en verhogingen van de grondwaterstand van meer dan 0,15 m bij de kale ingreep voor de GLG weergegeven. In figuren B10.2a en b is de GVG-situatie weergegeven. Kleinere veranderingen van de grondwaterstand dan de weergegeven 0,15 m vallen binnen de fluctuaties die binnen meerdere jaren voorkomen en worden daarom als niet relevant beschouwd.



Figuur B10.1a en b: Verlaging GLG bij kale ingreep voor bomen jonger en ouder dan 20 jaar en (potentieel) monumentale bomen.



Figuur B10.2a en b: Verlaging GVG bij kale ingreep voor bomen jonger en ouder dan 20 jaar en (potentieel) monumentale bomen.

Het grootste risico op schade aan het bomenbestand is te verwachten dicht langs het kanaal. Hier is de grondwaterstanddaling het grootst. Hier bevinden zich in het westelijk deel van het plangebied met name jonge bomen (<20 jr.). De daling van het grondwaterpeil wordt snel minder op grotere afstand van het kanaal. Het risico op schade verminderd hierdoor snel.

In het oostelijk deel van het plangebied heeft de daling over een bredere zone invloed. Ook staan hier dichters op het kanaal oudere bomen (>20 jr.). Risico's op droogteschade in de zomer zijn hier aanwezig voor de oudere bomenbestanden. Uitzakking van het grondwater van meer dan 0,5 m kan over langere perioden zorgen voor schade.

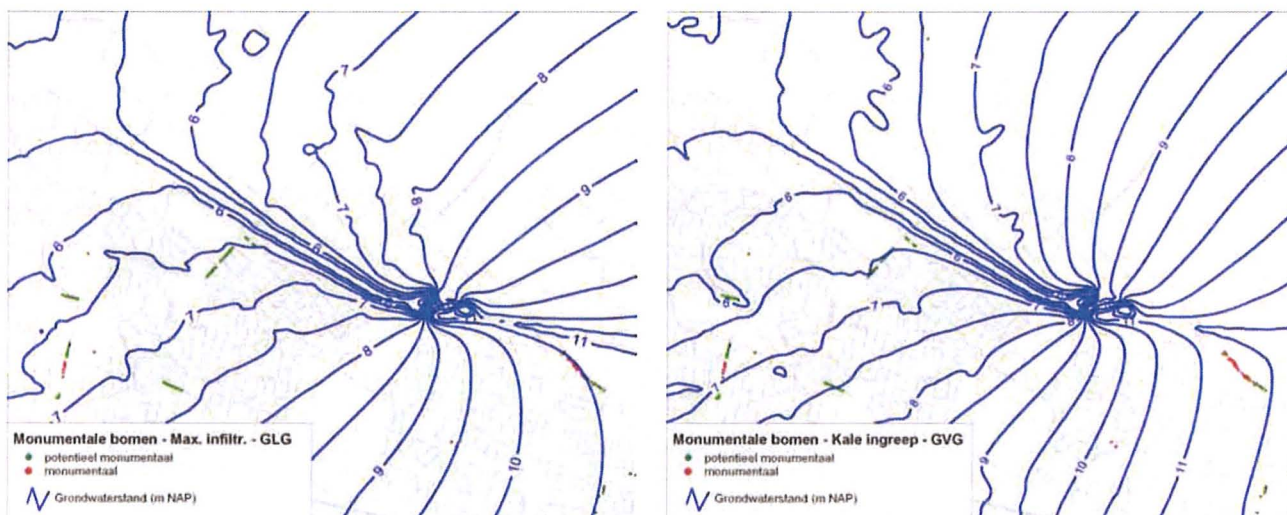
Monumentale bomen zijn in Reeshof en Vossenbergring weinig aanwezig. Potentieel monumentale bomen liggen in het invloedsgebied van de grondwaterpeildaling ter hoogte van de Moersedreef. De daling blijft echter beperkt tot maximaal 0,5 m.





Figuur B10.3a en b: Verlaging GLG met maximale infiltratie voor bomen jonger en ouder dan 20 jaar en (potentieel) monumentale bomen.

Voor de GVG situatie van de kale ingreep geldt een vergelijkbare situatie als bij de GLG met maximale infiltratie. Een sterke daling treedt ook hier dicht langs het kanaal op. In figuur B10.4a en b is daarnaast te zien dat er weinig variatie is tussen de GVG kale ingreep en GLG maximale infiltratie grondwaterpeilen.



Figuur B10.4a en b: Grondwaterstand bij GLG maximale infiltratie en GVG kale ingreep voor bomen jonger en ouder dan 20 jaar

### Conclusie schaderisico bomenbestand

Uit de resultaten blijkt dat er voor een beperkt oppervlak van het bomenbestand een risico op schade bestaat. De risico's op droogteschade zullen voornamelijk dicht langs het kanaal merkbaar zijn bij oudere bomen. Tijdens droge zomers kan door het verminderen van vochtlevering uit de wortelzone eerder schade of mogelijk sterfte optreden. Slechts een klein aantal potentieel monumentale bomen bevindt zich binnen een zone van aanzienlijke grondwaterstanddaling. Voor de bomenbestanden in het oostelijke deel van het plangebied dicht tegen het kanaal aan wordt aanbevolen de ontwikkeling van de bomen te monitoren en mogelijk bij te wateren. Voor overige risicozones - jongere bomen, bomenbestanden meer naar het westelijk deel en de potentieel monumentale bomen in het invloedsgebied - wordt voorgesteld om tijdens droge periodes te monitoren op verschijnselen van droogtestress en aan de hand hiervan bij te wateren.

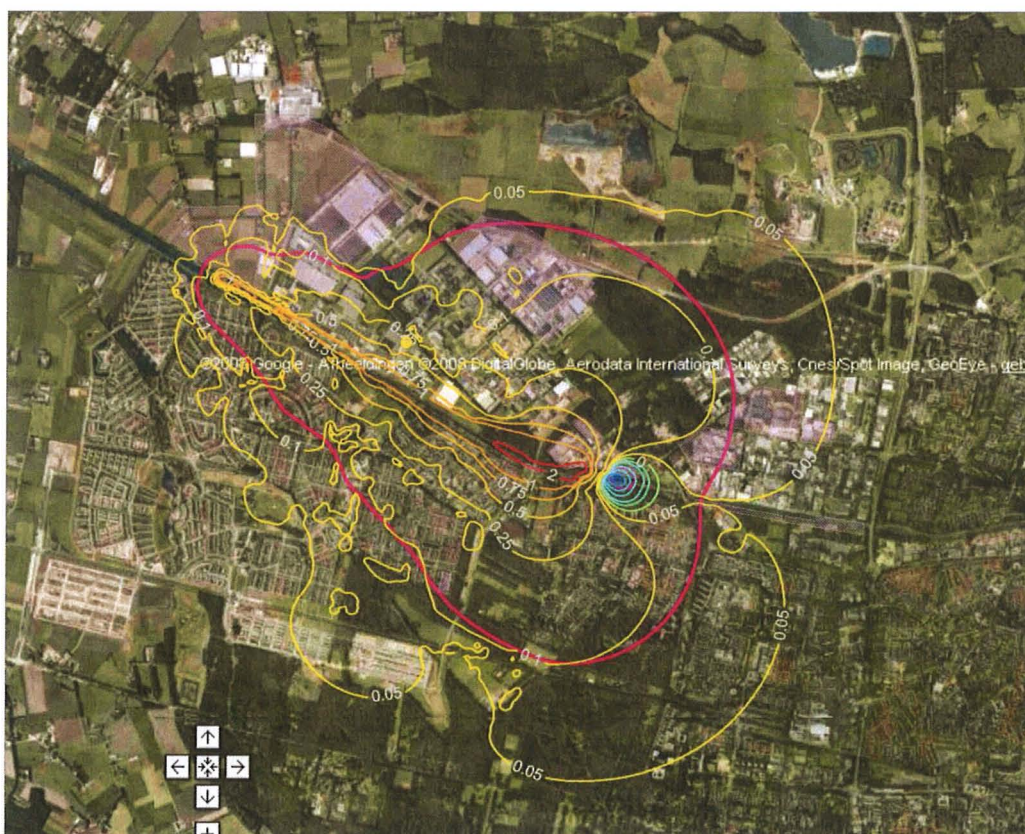


## 11 Inventarisatie verontreinigingen

### Achtergrondinformatie

De gemeente Tilburg beschikt over een bodeminformatiesysteem (BIS4All, infogis). In dit bodeminformatiesysteem, bestaande uit een database en een gisapplicatie, zijn alle binnen de gemeente Tilburg geregistreerde gegevens over de bodemkwaliteit opgenomen. Deze gegevens zijn onder andere afkomstig van binnen de gemeente Tilburg uitgevoerde bodemonderzoeken (en -saneringen). Daarnaast zijn in het systeem locaties opgenomen, waar op basis van de (voormalige) bedrijfactiviteiten een risico tot bodemverontreiniging aanwezig is.

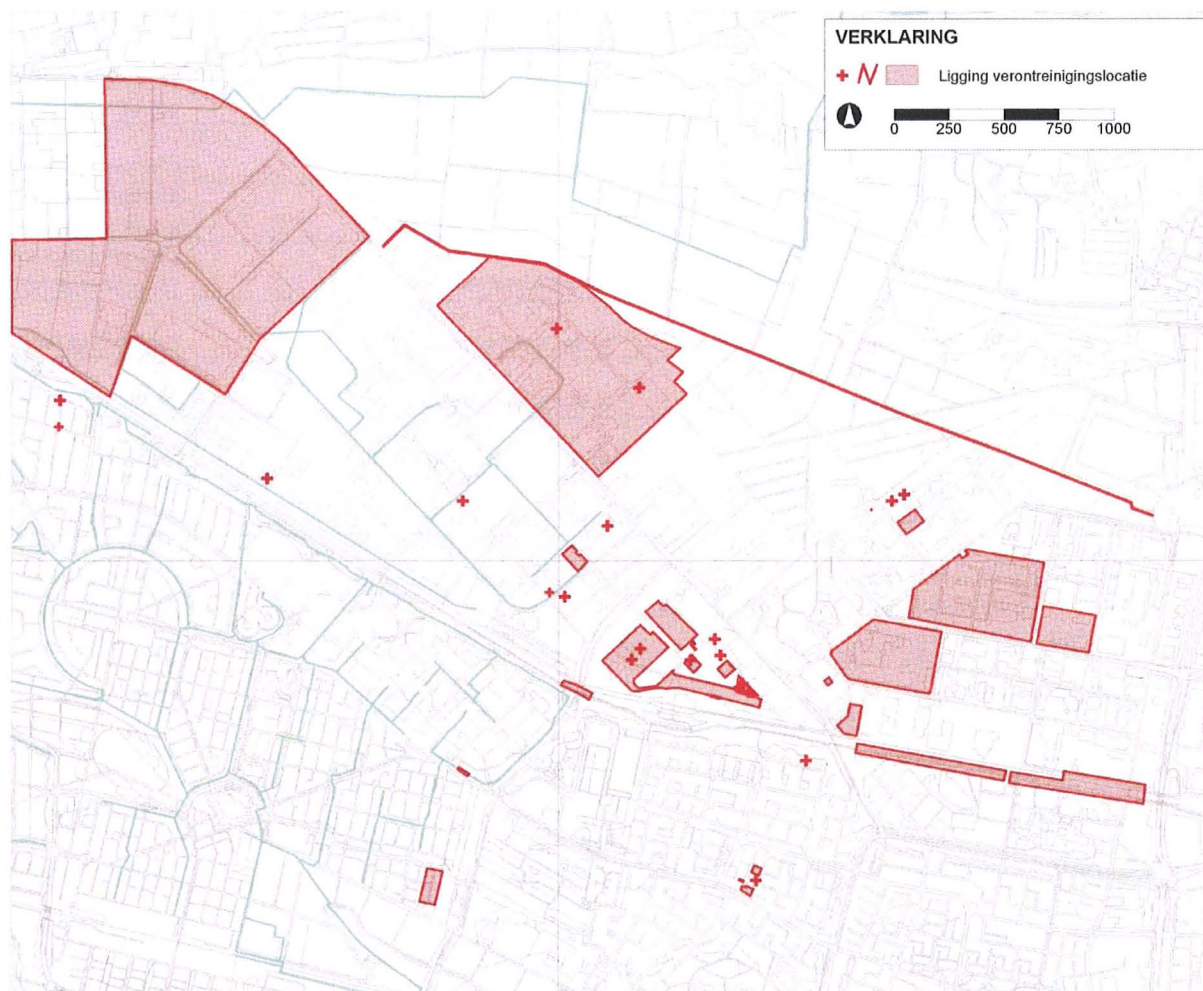
Door middel van bovengenoemd systeem is door de gemeente Tilburg een lijst samengesteld van alle bodemkwaliteitsgegevens, die gelegen zijn binnen de indicatief berekende 10 cm-verlagingslijn. Gebleken is dat binnen deze lijn ruim 1.000 gevallen van (potentiële) verontreiniging liggen. Deze gevallen variëren van 'historisch onverdacht' tot 'sterk verontreinigd, waarden > interventiewaarden'. In overleg met een specialist op het gebied van bodemverontreiniging en de gemeente Tilburg zijn de locaties geschrapt waar geen verontreiniging is aangetoond dan wel waarvan op basis van ervaring wordt verwacht dat er geen grondwaterverontreiniging is. Dit betreffen bijvoorbeeld slootdempingen met puinhoudend materiaal. De indicatief berekende 10 cm-verlagingslijn wijkt slechts in beperkte mate af van de definitief vastgestelde 10 cm-verlagingslijn. De 5 cm-verlagingslijn omvat een gebied dat iets groter is dan het aangevraagde gebied (zie figuur B11.1). Uit de berekeningen is gebleken (zie verderop in deze bijlage) dat het effect van de ingreep bij verlagingen tussen 10 en 25 cm al verwaarloosbaar klein is. Er wordt dus geconcludeerd dat er geen significant effect is op verontreinigingen waar minder dan 10 cm verlaging optreedt.



Figuur B11.1: Aangevraagd gebied (rode lijn) en definitieve verlagingen (gele lijnen)



In totaal zijn nog 42 locaties overgebleven die in dit onderzoek nader worden onderzocht. Deze locaties zijn meestal geconcentreerd in een aantal bedrijventerreinen. In figuur B11.2 zijn de belangrijkste gebieden met verontreinigingen weergegeven. In tabel B11.1. is de selectielijst weergegeven.



Figuur B11.2: Ligging percelen / locaties van gevallen van verontreiniging

Tabel B11.1 Lijst met potentieel verontreinigde locatie op basis van eerste selectie

| Locatiernr | Naam  | Conclusie kwaliteit                           | Type bedrijf                                |
|------------|---|---|---|
| 3045       | WOLTERBEEKSTRAAT 'STORTJE' TILBURG                              | gesaneerd voor locatiespecifiek gebruik       | papier- en kartonverpakkingsmiddelenfabriek |
| 127        | ALBIONSTRAAT 42 TILBURG   | gesaneerd voor locatiespecifiek gebruik       | -   |
| 462        | PATER GEURTJENSWEG/ALBIONSTRAAT TE TILBURG                      | gesaneerd voor locatiespecifiek gebruik       | auto- en motorensloperij                    |
| 304057     | DISTELBERGSTRAAT 34 TE TILBURG                                  | gesaneerd, restverontreiniging achtergebleven | bestrijdingsmiddelengroothandel             |
| 304031     | ALBIONSTRAAT ACHTER 45 TILBURG                                  | gesaneerd, restverontreiniging achtergebleven | -   |
| 305095     | MAASBOMMELSTRAAT/MANDERVEENSTRAAT/MOERKAPPELLESTRAAT TE TILBURG | gesaneerd, restverontreiniging achtergebleven | glastuinbouw                                |
| 4592       | MAASBOMMELSTRAAT/MASTWIJKSTRAAT TE TILBURG                      | gesaneerd, restverontreiniging achtergebleven | glastuinbouw                                |
| 2851       | SWAARDVENSTRAAT 80  | gesaneerd, restverontreiniging achtergebleven | kledingindustrie                            |
| 840        | ALBIONSTRAAT 20 TE TILBURG                                      | gesaneerd, restverontreiniging achtergebleven | auto- en motorensloperij                    |
| 2987       | ZEVENHEUVELENWEG 25 TILBURG, VOLT-COMPLEX, PHILIPS              | grond- en grondwatersanering noodzakelijk     | audiovisuele apparatenfabriek               |
| 10277      | BADEN POWELLAAN 75 TE TILBURG                                   | grond- en grondwatersanering noodzakelijk     | benzine-service-station                     |



| Locatienr | Naam   | Conclusie kwaliteit  | Type bedrijf                                       |
|-----------|--|--|--|
|           | (SHELL)  |  |  |
| 4957      | LEDEBOERSTRAAT 68-70 TE TILBURG                          | grondsanering noodzakelijk                                 | hout- en plaatmateriaalhandel                      |
| 2993      | ZEVENHEUVELENWEG 60 TE TILBURG                           | grondwatersanering noodzakelijk                            | dieseltank (ondergronds)                           |
| 156915    | ALBIONSTRAAT 55 5047SJ TILBURG (LDB-tabel import)        | Historisch verdachte lokatie                               | autospuitbedrijf (geen plaatwerkerij)              |
| 157470    | CALEDONIASTRAAT 13 5047TZ TILBURG (LDB-tabel import)     | Historisch verdachte lokatie                               | stortplaats op land (niet gespecificeerd)          |
| 12156     | VOSSENBERG NOORD 2 PERCELEN TILBURG                      | Historisch verdachte lokatie                               | chemisch reinigingsbedrijf                         |
| 152669    | ALBIONSTRAAT 53 A 5047SJ TILBURG (LDB-tabel import)      | Historisch verdachte lokatie                               | autospuitbedrijf (geen plaatwerkerij)              |
| 155230    | PATER GEURTJENSWEG 99999 TILBURG (LDB-tabel import)      | Historisch verdachte lokatie                               | aanhangwagen-, oplegger-, en carrosserie-industrie |
| 159079    | KOBALTSTRAAT 15 5044JK TILBURG (LDB-tabel import)        | Historisch verdachte lokatie                               | handelsdrukkerij                                   |
| 159204    | MINOSSTRAAT 40 5048CK TILBURG (LDB-tabel import)         | Historisch verdachte lokatie                               | minerale productenfabriek                          |
| 160340    | HEIEINDE 8 5047SX TILBURG (LDB-tabel import)             | Historisch verdachte lokatie                               | afvalverwerkingsbedrijf                            |
| 160464    | JELLINGHAUSSTRAAT 2 5048AZ TILBURG (LDB-tabel import)    | Historisch verdachte lokatie                               | vernikkelarij                                      |
| 160465    | JELLINGHAUSSTRAAT 4 5048AZ TILBURG (LDB-tabel import)    | Historisch verdachte lokatie                               | chemische wasserij/stomerij                        |
| 160548    | KRUIZEMUNTWEG 85 5044BA TILBURG (LDB-tabel import)       | Historisch verdachte lokatie                               | brandstoffendetailhandel (vloeibaar)               |
| 162484    | SELENAKKER 3 5047TP TILBURG (LDB-tabel import)           | Historisch verdachte lokatie                               | autospuitbedrijf (geen plaatwerkerij)              |
| 162792    | ZEUSSTRAAT 2 5048CA TILBURG (LDB-tabel import)           | Historisch verdachte lokatie                               | minerale productenfabriek                          |
| 156918    | ALBIONSTRAAT 10 5047SJ TILBURG (LDB-tabel import)        | Interventiewaarde overschrijding (omvang onbekend)         | auto- en motorenshopperij                          |
| 303870    | LAURENT JANSSENSSTRAAT 108 TILBURG                       | Interventiewaarde overschrijding (omvang onbekend)         | isolatiemateriaalfabriek                           |
| 304374    | WILHELMINAKANAAL TE TILBURG                              | Interventiewaarde overschrijding (omvang onbekend)         | benzine-service-station                            |
| 155116    | ALBIONSTRAAT 55 TILBURG (LDB-tabel import)               | Niet beoordeeld door afdeling Milieu, ingediend door derde | autoplaatwerkerij annex -spuiterij                 |
| 12136     | VOSSENBERG-OOST TILBURG (APHRODITESTR, BRAKMAN)          | Niet beoordeeld door afdeling Milieu, ingediend door derde | -  |
| 12175     | VOSSENBERG-WEST TILBURG                                  | Niet beoordeeld door afdeling Milieu, ingediend door derde | -  |
| 155192    | ALBIONSTRAAT 60 TILBURG (LDB-tabel import)               | Potentieel ernstig, spoedeisend                            | stookolietaank (ondergronds)                       |
| 155190    | ALBIONSTRAAT 53 -53 TILBURG (LDB-tabel import)           | Sterk verontreinigd, waarden > I                           | autoplaatwerkerij annex -spuiterij                 |
| 155215    | KOBALTSTRAAT 11 TILBURG (LDB-tabel import)               | Sterk verontreinigd, waarden > I                           | dieseltank (ondergronds)                           |
| 306231    | BUNNIKSTRAAT TE TILBURG (WATERPARTIJ 4B)                 | Sterk verontreinigd, waarden > I                           | -  |
| 10235     | BURGEMEESTER BARON VOORST TOT VOORSTWEG E.O. TILBURG     | vervuild, nader onderzoek noodzakelijk                     | -  |
| 12998     | PALETPLEIN 15 TILBURG                                    | vervuild, nader onderzoek noodzakelijk                     | chemisch reinigingsbedrijf                         |
| 303693    | BURGEMEESTER BARON VAN VOORST TOT VOORSTWEG 1 TE TILBURG | vervuild, nader onderzoek noodzakelijk                     | onbekend   |
| 304092    | BOTERBERG 18 TILBURG                                     | vervuild, nader onderzoek noodzakelijk                     | kunstofproductenindustrie                          |
| 399       | BOTERBERG 30 CZL-TILBURG                                 | vervuild, nader onderzoek noodzakelijk                     | -  |
| 303859    | PATER GEURTJENSWEG 21 (VML STORT)                        | -  | stortplaats op land (niet gespecificeerd)          |

### **Aanvullend historisch onderzoek**

De informatie uit voorgaande lijst is vrij summier. Zo wordt er alleen een globale conclusie gegeven en is er geen informatie over de aard en omvang van de aanwezige verontreinigingen. Om meer inzicht te krijgen in de invloed van de aanwezige bodemverontreiniging op de voorgenomen ingreep, is door Oranjewoud een dossieronderzoek uitgevoerd bij de gemeente Tilburg. In overleg met de bodem-specialisten van de gemeente Tilburg heeft het dossieronderzoek zich in eerste instantie beperkt tot de locaties waar het effect van de ingreep het grootst is, danwel waar een grote verontreiniging aanwezig is. Dit betreft het tegen het Wilhelminakanaal gelegen industrieterrein 'Albion' en het voormalige Philipscomplex aan de Zevenheuvelenweg.

Voor de overige locaties wordt op basis van gebiedskennis van de bodemspecialisten van Oranjewoud en Tilburg verwacht dat er hooguit sprake is van een verontreiniging in de deklaag. Voor de eventuele verspreiding van verontreinigingen in de deklaag is met het grondwatermodel vastgesteld dat de invloed van de ingreep beperkt is. Uit een latere controle van de dossiers moet dit blijken.

### Industrieterrein Albion

Ter plaatse van het industrieterrein 'Albion' zijn vanaf medio jaren '80 diverse bodemonderzoeken uitgevoerd. Geconstateerd is dat ter plaatse een omvangrijke grond- en grondwaterverontreiniging aanwezig is met minerale olie en zware metalen. Dit als gevolg van de voormalige aanwezigheid van een woonwagencentrum met autosloperijen op deze locatie.

Op het westelijk deel van het industrieterrein (ten zuiden van de Pater Geurtjensweg en ter hoogte van de huidige Caledoniastraat) heeft medio jaren '90 een bodemsanering plaatsgevonden met het oog op de voorgenomen herontwikkeling van het industrieterrein.

Een deel van de grondverontreiniging is geïsoleerd (onder de huidige gemeentewerf). De overige grondverontreiniging gesaneerd in 1994. Aansluitend is een grondwateronttrekkingsstelsel aangebracht. (Saneringsverslag bodemsanering Pater Geurtjensweg en Albionstraat Tilburg, Heidemij Advies, maart 1994). Middels de grondwatersanering is de verontreiniging met minerale olie verwijderd, daarnaast zijn de concentraties met zink teruggesaneerd tot onder de tussenwaarde (tweede voortgangsrapportage nazorg IBC-sanering Pater Geurtjensweg en Albionstraat Tilburg, Heidemij Advies, maart 1997).

Op het oostelijk deel, ter plaatse van de bestaande bedrijven aan de Albionstraat heeft geen bodemsanering plaatsgevonden. De destijds aangetoonde verontreinigingen met zware metalen in de grond en het grondwater zijn naar alle waarschijnlijkheid nog aanwezig. Door de heer Sonneveldt van de gemeente Tilburg is bovenstaande bevestigd.

Op de locatie Albionstraat 53 en 55 zijn vanaf de jaren '60 diverse bedrijven aanwezig geweest waaronder een autosloperij en enkele autoschadebedrijven. Er zijn geen gegevens bekend over de actuele bodemkwaliteit, maar gezien de duur en de aard van de activiteiten valt niet uit te sluiten dat de bodemkwaliteit negatief is beïnvloed.

Achter de panden aan de Albionstraat 45 heeft een bodemsanering plaatsgevonden in verband met een calamiteit met XTC-afval (Evaluatierapport sanering achter Albionstraat 45 te Tilburg, Geofox-Lexmond, januari 2007). Tijdens de sanering is de vervuilde grond ontgraven. In het grondwater is een beperkte restverontreiniging met ammonium achtergebleven. Het grondwater wordt periodiek gemonitord.

Ter plaatse van de Albionstraat 20 is in 2003 een bodemsanering uitgevoerd. De sanering heeft bestaan uit het verwijderen van de op locatie aanwezige grondverontreiniging met zware metalen en minerale olie. In de grond is beperkte restverontreiniging met zink achtergebleven. Hoewel tijdens het voorgaande onderzoek sterk verhoogde gehalten aan zink zijn aangetoond, zijn deze niet gesaneerd, aangezien de gemeten gehalten aan zink als regionaal verhoogde achtergrondconcentraties zijn beschouwd (Evaluatierapportage sanering Albionstraat 20 te Tilburg, UDM, juli 2004)

Ter plaatse van het industrieterrein is in 2005 een oriënterend bodemonderzoek uitgevoerd in het openbaar gebied in verband met de voorgenomen rioolvervanging (Oriënterend bodemonderzoek Albionstraat, Geofox-Lexmond, juni 2005). Ter plaatse van diverse deellocaties in het (zuid)westelijk deel van de Albionstraat is sprake van sterk verhoogde concentraties aan zware metalen (vnl. zink en nikkel) in het freatisch grondwater. Daarnaast is ter hoogte van Albionstraat 28 een sterk verhoogde concentratie aan benzeen gemeten.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat binnen het industrieterrein 'Albion' diverse grondwaterverontreinigingen aan zware metalen en minerale olie en vluchtige aromaten aanwezig zijn. Aangezien niet ter plaatse van het gehele industrieterrein bodemonderzoek is verricht, valt niet uit te sluiten dat er, mede gezien de (voormalige) bedrijfsactiviteiten, meer gevallen van bodemverontreiniging aanwezig zijn. Gezien de ligging van het deelgebied direct aan het kanaal zal de voorgenomen ingreep naar verwachting van invloed zijn op de verspreiding van de genoemde verontreinigingen. Zolang geen duidelijk inzicht bestaat in de aard en omvang van de verontreiniging, zijn maatregelen om de verontreiniging te beheersen of te saneren niet te bepalen. Een richting waaraan in eerste instantie wordt gedacht, is het opvangen van verontreinigingen in een bioscherm nabij het kanaal, zodat de verontreinigingen in het scherm worden afgebroken in plaats van in het kanaal komen.

#### Voormalig Philips-complex Zevenheuvelenweg

Uit diverse onderzoeken is gebleken dat op het voormalige Philips-complex sterke verontreinigingen aan cyanide, minerale olie en vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen zijn aangetoond in grond en/of grondwater. In 2006 is de verontreinigingssituatie geactualiseerd (nader bodemonderzoek en actualisatieonderzoek voormalig Philips-complex Zevenheuvelenweg te Tilburg, Oranjewoud, kenmerk 5623-153002, oktober 2006).

De grondverontreinigingen zijn allen gelegen op het terrein aan de Zevenheuvelenweg 23-25. Aangezien de grondverontreiniging niet beïnvloed wordt door de voorgenomen ingreep, zal hier verder niet op in worden gegaan.

De omvangrijkste verontreiniging betreft de grondwaterverontreiniging met vluchtige chloorkoolwaterstoffen (VCK's). De verontreiniging is vanuit het freatisch grondwater weggezakt naar het diepere grondwater (ca. 40 m-mv).

De omvang van de sterke verontreiniging met VCK's in het freatische grondwater bedraagt ca. 5.000 m<sup>3</sup>. De totale hoeveelheid met VCK's verontreinigd grondwater bedraagt ca. 60.000 m<sup>3</sup>. De omvang van de sterke verontreiniging met VCK's in het middeldiepe grondwater bedraagt ca. 1.300.000 m<sup>3</sup>. De totale hoeveelheid met VCK's verontreinigde middeldiepe grondwater bedraagt ca. 3.000.000 m<sup>3</sup>.

De omvang van de sterke verontreiniging met VCK's in het diepe grondwater bedraagt ca. 1.500.000 m<sup>3</sup>. De totale hoeveelheid met VCK's verontreinigde diepe grondwater bedraagt ca. 3.500.000 m<sup>3</sup>.

De verontreiniging bevindt zich ten noorden van de Zevenheuvelenweg en stroomt af in noordwestelijke richting. De contour heeft een lengte van ca. 1 km.

Daarnaast zijn op de locatie in het freatisch grondwater een verontreiniging met minerale olie en vluchtige aromaten (totale hoeveelheid ca 5.000 m<sup>3</sup>) en een verontreiniging met cyanide (ca 50 m<sup>3</sup>) aanwezig. Genoemde verontreinigingen liggen binnen de contour van de VCK-verontreiniging en zijn van ondergeschikt belang.

Uit de berekeningen met het grondwatermodel is gebleken dat de verontreiniging in het freatische pakket nauwelijks wordt beïnvloed door de ingreep. In het watervoerende pakket treedt door de ingreep een beperkte wijziging van de stromingsrichting op. Met name ter hoogte van de huidige verontreiniging is de afbuiging gering. Aanbevolen wordt om bij de uitwerking van saneringsvarianten rekening te houden met een geringe afbuiging van de stromingsrichting.



## 12 Modellerings grondwater

### 12.1 Opzet en aanpassing model

Als basis voor het grondwatermodel is gebruik gemaakt van het Modflow-model dat voor de Integrale Gebiedsanalyse (IGA) Bovenlopen Donge is toegepast. Door Tauw (juli 2008) is een toelichting op de modellering voor de IGA opgenomen. Om rekentijd te besparen is een uitsnede gemaakt van het IGA-model, waarbij het zuidelijke deel van het oorspronkelijke model dat niet relevant is voor de onderhavige studie is vervallen. Verder is het model aan de oostkant en de noordkant met ca. 1 km uitgebreid om de effecten van de ingreep door te kunnen rekenen. De basisinformatie betreffende bodemopbouw en randvoorwaarden voor de modeluitbreiding is gebaseerd op REGIS.



Figuur B12.1: Ligging modelgebied

In enkele modeloverleggen in de winter 2008/2009 met het waterschap Brabantse Delta, de gemeente Tilburg en Rijkswaterstaat is een calibratie van het grondwatermodel uitgevoerd. In de winter 2009/2010 is aan de hand van de expertise van Deltares nog tot een verdere verbetering van het model gekomen.

#### Verfijnen en detailleren

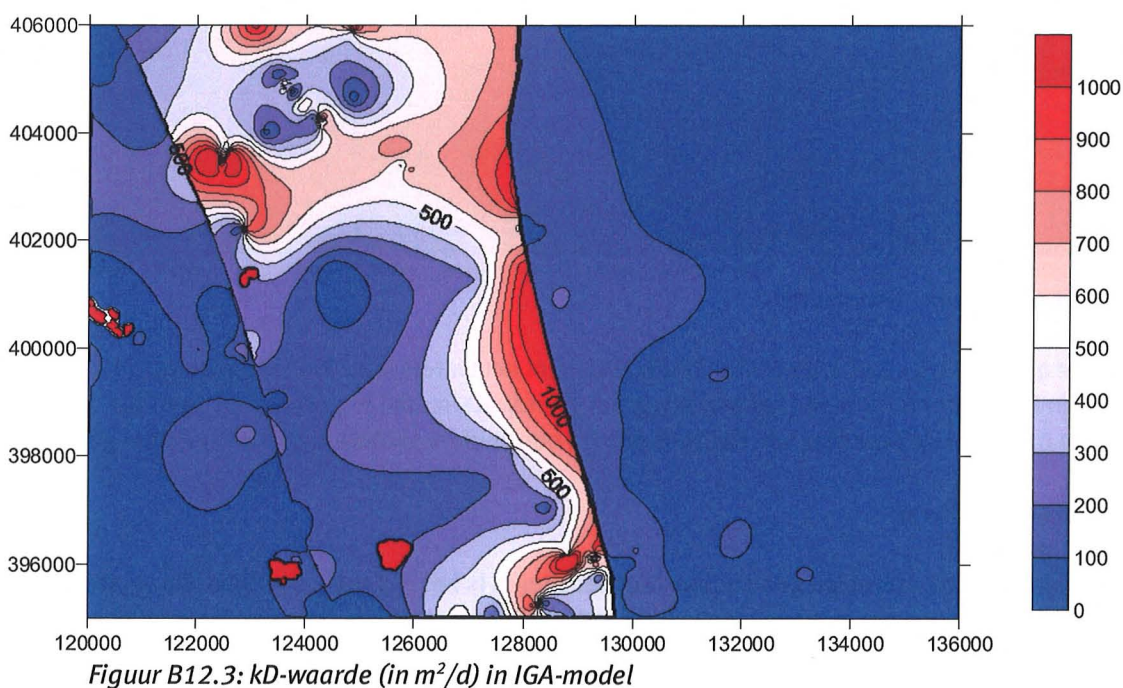
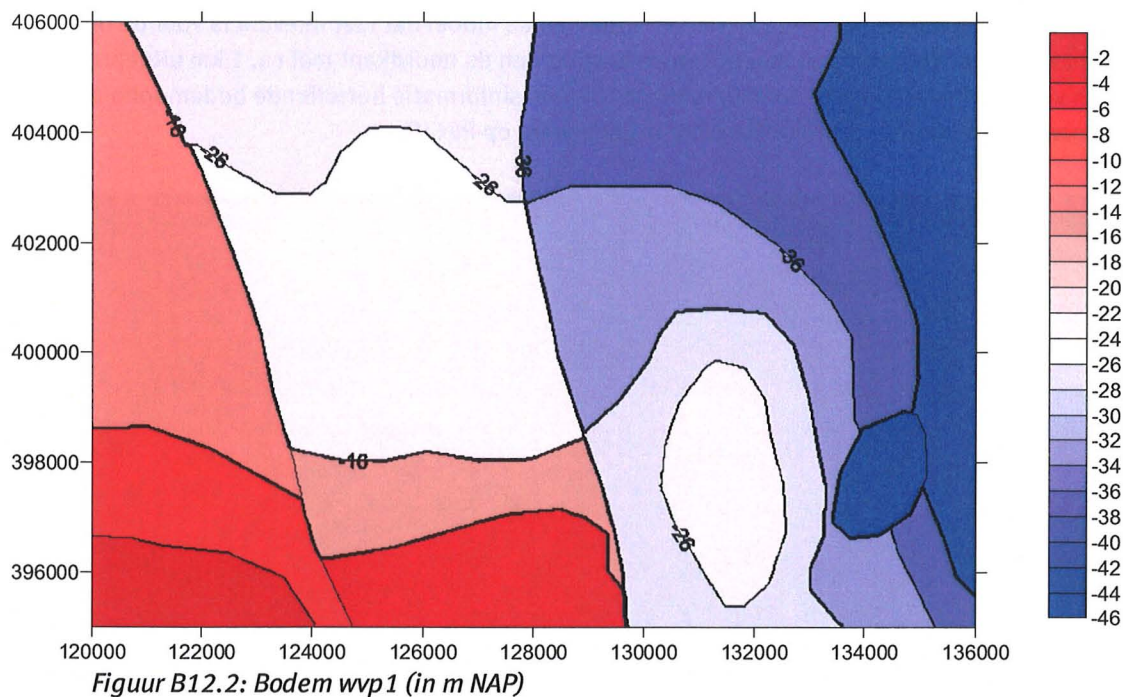
##### Verticale verfijning

Om de ingreep en maatregelen goed te kunnen modelleren is het IGA-model verfijnd. De eerste stap was het splitsen van de bovenste modellaag in twee lagen. Hiervoor is de oorspronkelijke modellaag van een  $kD$  omgezet naar een  $k$ -waarde en een dikte. De dikte is gebaseerd op de onderkant van laag 1 zoals opgenomen in Regis (zie figuur B12.2) en de gemiddelde grondwaterstand gebaseerd op de peilbuisgegevens. In het model is tevens de onverzadigde zone aanwezig (freatisch pakket) doordat de



maaiveldhoogte conform de AHN is ingevoerd. Bij deze aanpassing is gebleken dat het doorlaatvermogen van het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket vraagtekens oproept.

Uit de beschikbare informatie blijkt dat de bodemligging van het 1<sup>e</sup> wvp oostelijk van de Gilzerbaanbreuk dieper ligt dan westelijk, in de orde van NAP -40 m tegen NAP -25 m (figuur B12.2). Het doorlaatvermogen is oostelijk van de breuk echter (veel) kleiner dan westelijk, namelijk <math><100\text{ m}^2/\text{d}</math> tegen ca. 1.



1. Regis geeft nog relatief lage k-waarden aan (orde 7,5-15 m/d), maar daar wordt door TNO aan gewerkt. Bij een controle op basis van opmerkingen van gebruikers is geconstateerd dat de k-waarden van zandige lagen onderschat worden.

Bij de gesplitste lagen is de onderkant van de deklaag hoofdzakelijk op NAP -5 m gelegd. Deze diepte is gebaseerd op het voorkomen van wat lemiger laagjes in de bodem, tot ongeveer deze diepte. Westelijk van de Gilze-Rijenstoring en in het zuidelijke deel tussen deze breuk en de Gilzerbaanbreuk ligt de onderkant van de deklaag minder diep, op NAP +5 m.

#### *Horizontale verfijning*

Het IGA-model heeft cellen van 25x25 m. Om de invloed van het Wilhelminakanaal goed te kunnen modelleren, is eventueel een verfijning van de cellen nodig. Dit in verband met de radiale toestroming nabij het kanaal. De noodzaak van de verfijning wordt getoetst aan de hand van de spreidingslengte. Na afronding van de calibratie is de volgende worst case bepaald: de bodemweerstand van het Wilhelminakanaal ( $c$ ) is 2 dagen, de  $kD$  van het onderliggende pakket is  $50 \text{ m/d} * 25 \text{ m} = 1.250 \text{ m}^2/\text{d}$ . De spreidingslengte is dan 50 m:

$$\lambda = \sqrt{kD.c}$$

De cellen zijn 25x25 m, dus de helft van de spreidingslengte. In de ideale situatie is de celgrootte niet meer dan 1/3 van de spreidingslengte. Gezien de worst case-situatie die al wordt aangehouden en het doel van de berekeningen is besloten dat een verdere verfijning niet noodzakelijk is.

Tijdens het onderzoek is een alternatief onderzocht waarbij middels putten nabij het Wilhelminakanaal de stijghoogte op het oorspronkelijke peil wordt gehouden. Om dit alternatief door te kunnen rekenen is wel een verfijning nodig. Bij een beoordeling van de haalbaarheid van dit alternatief is echter geconstateerd dat een zeer intensief beheer en onderhoud van de putten, met dagelijks schoonspelen van de putten, noodzakelijk zou zijn. Geconstateerd is dat dit alternatief niet meer in beeld is. Het alternatief is niet modelmatig doorgerekend.

#### **Ligging breuken**

In het wateroverleg is aangedragen data in het onderzoeksgebied en mogelijk zelfs ter hoogte van het Wilhelminakanaal breuken in de ondergrond voorkomen. Door Brabant Water is hier in het verleden al onderzoek naar gedaan. Hieronder wordt een gedeelte aangehaald uit het onderzoek van Drs. E. van Zanten, "Risicoanalyse Gilzerbaan breuken", 01-03-2000 (bron: Brabant Water).

*"De slenkrand breukzone onder het Bels lijntje bestaat uit twee afzonderlijke breuken. Locaties en spronghoogte van de twee breuken zijn in het noorden en centrum van het waterwingebied bepaald met behulp van geologische profielen. In het zuidoosten, nabij de woonwijk Blaak, zijn locatie en spronghoogte bepaald met geo-electrisch onderzoek. Beide breuken hebben een verzakt oostelijk blok. Spronghoogtes van de westelijke en oostelijke breuk bedragen respectievelijk 13 meter en 30 meter. Het geo-electrisch onderzoek wees uit dat de maximale breedte van de breukvlakken 40 meter bedraagt. Aan de zuidrand van het waterwingebied werd het bestaan van een derde breuk aangetoond met geo-electrische prospectie.*

*De aanwezigheid van ondiep water in het middeldiepe pakket westelijk van de Gilzerbaan breuken werd bevestigd door de tritiumanalyses. De filters van HD16, D22 en HD3 bevatten een significante hoeveelheid tritium.*

*Om de verlaagde weerstand van de eerste scheidende laag in de oostelijke breuk te bepalen zijn twee grondwaterstromingsmodellen gemaakt met het programma Microfem. De meeste bodemparameters zijn overgenomen van de studie van Tauw. Eén model heeft een breedte van de breuk van 40 meter, één model heeft een breukbreedte van 20 meter. Beide modellen zijn niet-stationair gecalibreerd met stijghoogtedata van de pompproef.*



*In het model van de 40 meter brede breuk varieert de weerstand van de eerste scheidende laag tussen de 1.000 dagen en 1.700 dagen, met als meest waarschijnlijke waarde 1.300 dagen. De weerstand van de eerste scheidende laag in de 20 meter brede breuk varieert tussen de 750 dagen en de 1.850 dagen met als meest waarschijnlijke waarde 1.100 dagen."*

Uit de informatie blijkt dat de Gilzerbaanbreuk met name in de eerste scheidende laag en de daaronder gelegen watervoerende pakketten merkbaar is. Dit komt overeen met de resultaten van de sonderingen die langs het kanaal en op enige afstand daarvan zijn geplaatst. In bijlage 1 is het lengteprofiel van de sonderingen langs het kanaal opgenomen, tevens zijn enkele van de sondeergrafieken opgenomen. Uit het lengteprofiel is de mogelijke ligging van de Gilzerbaanbreuk niet af te leiden. Dit houdt in dat de breuk niet in het ondiepe pakket merkbaar is. Overigens is vanuit de aard van de geologische opbouw een ondiepe ligging van de breuk ook niet te verwachten.

Het onderzoek naar de ligging van de breuken heeft niet tot een wijziging van de modelinvoer geleid.

### Oppervlaktewater

Voor het gebied ten zuiden van het kanaal zijn met een SOBEK-model (IGA Bovenlopen Donge) berekende waterstanden bij een gemiddelde afvoersituatie aan het IGA-model toegevoegd. Voor het gebied ten noorden van het kanaal zijn de rivieren op basis van de digitale leggergegevens van het waterschap ingevoerd.

Op basis van de eerste modelberekeningen is gebleken dat het oppervlaktewater een relatief grote invloed heeft op de isohypsen in de deklaag. Om in ieder geval te voorkomen dat waterlopen gaan infiltreren die in de praktijk nauwelijks of geen voeding van bovenaf hebben, is een modeltruc uitgevoerd. Hierbij is de bodem van de waterlopen op hetzelfde peil als het waterpeil gelegd. Bij de berekening van mitigerende maatregelen wordt dit aangepast.

### Drainage

De drainage is gebaseerd op de grondwatertrappen. Het landgebruik bleek hierbij van minder belang, alleen voor stedelijk gebied is een aparte categorie toegepast. Drainage is een afwateringssysteem dat de greppels en ondiepe sloten modelleert. Met drainage is alleen afvoer van water mogelijk, geen infiltratie. De toegepaste waarden voor de drainagediepte en de weerstand zijn in eerste instantie afgeleid uit de in de IGA toegepaste waarden en ervaringen die we bij andere studies hebben opgedaan. Bij de calibratie zijn de weerstanden nog iets aangepast.

**Tabel B6.1: Drainage**

| Grondwater-trap | Drainage-diepte (m -mv.) | Drainage-weerstand (d) | Grondwater-trap | Drainage-diepte (m -mv.) | Drainage-weerstand (d) |
|-----------------|--------------------------|------------------------|-----------------|--------------------------|------------------------|
| bebouwd         | 1,2                      | 127                    | Va, Vao         | 1,5                      | 200 tot 500            |
| Ia              | 0,5                      | 500                    | Vad             | 0,8                      | 500                    |
| Ic              | 1,2                      | 127                    | Vb, Vbo         | 1,5                      | 750                    |
| IIa             | 0,6                      | 1000                   | Vbd             | 0,8                      | 750                    |
| IIb             | 0,6                      | 250                    | Vlo             | 0,8                      | 1000                   |
| IIc             | 0,6                      | 127                    | Vld             | 1,2                      | 750                    |
| IIIa            | 0,6                      | 250                    | Vllo            | 0,8                      | 2000                   |
| IIIb            | 0,8                      | 500                    | Vlld            | 1,2                      | 2000                   |
| IVu             | 0,6                      | 200                    | Vlllo           | 1,5                      | 2000                   |
| IVc             | 0,9                      | 500                    | Vllld           | 1,5                      | 2000                   |

Door de combinatie van zowel een tertiair drainagepakket dat een gebiedsdekkende drainage simuleert en de invoer van de afzonderlijke watergangen wordt de drainage van het gebied goed gemodelleerd. Als test

is voor het definitieve model de massabalans van een gebied bekeken dat globaal de Reeshof, Vossenbergr en het Wilhelminakanaal omvat:

| In:                                     |  | Uit:        |                            |
|---|--|-------------|----------------------------|
| neerslag                                | 7.425 m <sup>3</sup> /d                              | drains:     | 4.564 m <sup>3</sup> /dag  |
| waterlopen<br>(met WHK sluis II en III) | 7.864 m <sup>3</sup> /d<br>(3.724 m <sup>3</sup> /d) | waterlopen: | 12.550 m <sup>3</sup> /dag |
| totaal in:                              | 15.289 m <sup>3</sup> /d                             | totaal uit: | 17.114 m <sup>3</sup> /dag |

Er gaat dus beduidend meer water uit het plangebied door de drains en waterlopen dan dat er binnenkomt aan neerslag en vanuit de waterlopen. Geconcludeerd is dat het model een voldoende drainerend vermogen heeft.

### Neerslagoverschot

Voor het neerslagoverschot is uitgegaan van de gegevens van het KNMI betreffende de neerslag gemeten in Tilburg en de verdamping in Gilze-Rijen. Het gemiddelde over 30 jaar bedraagt voor de neerslag  $N = 792$  mm per jaar. Voor de open water verdamping is dat  $E_o = 685$  mm per jaar.

De open water verdamping dient te worden omgerekend naar de gewasverdamping  $E_g$ . De potentiële gewasverdamping kan worden gesteld op  $E_g = 0,8 \times E_o = 548$  mm. In de praktijk is dat aan de hoge kant. De potentiële verdamping wordt niet altijd gehaald. Bij een actuele verdamping van 95% van de potentiële verdamping bedraagt deze  $0,95 \times 548 = 520$  mm per jaar. Het jaarlijks gemiddelde neerslagoverschot bedraagt daarmee  $792 - 520 = 272$  mm. Dat is 0,75 mm per dag. Deze laatste waarde is als uitgangspunt voor de modelijking gehanteerd.

In de gehanteerde (semi-) stationaire benadering worden de neerslagoverschotten voor de GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand, over het algemeen optredend rond januari), de GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand, over het algemeen optredend rond augustus), extreem droge omstandigheden en extreem natte omstandigheden gebaseerd op:

- eerdere ervaringen met modelberekeningen.
- de grondwaterstanden die voor deze perioden zijn waargenomen in het modelgebied. Op basis van een toets van de modelresultaten aan de grondwaterstanden wordt het neerslagoverschot (eventueel) bijgesteld.

Dit leidt tot de volgende resultaten:

- GLG: de waarde van het neerslagoverschot bedraagt 0,5 x het gemiddelde neerslagoverschot of 0,375 mm per dag.
- GHG: de waarde van het neerslagoverschot bedraagt 1,25 mm per dag.
- Extreem droge zomer: het neerslagoverschot bedraagt 0,2 mm per dag.
- Extreem natte winter: het neerslagoverschot bedraagt 1,95 mm per dag.

### Differentiatie van het neerslagoverschot over het gebied

Nagegaan is wat een differentiatie van het neerslagoverschot voor landbouw, loofbos, naaldbos en bebouwde kom over het gebied kan betekenen. Het voorgaand berekende gemiddelde neerslagoverschot is redelijk representatief voor grasland en maïs. Voor de overige vormen van grondgebruik kan worden gesteld:

- voor loofbos bedraagt de transpiratie gemiddeld 285 mm per jaar. De interceptieverdamping bedraagt ca. 25% van de neerslag (Dolman en Moors, 1994). De totale verdamping bedraagt derhalve  $(285 + 0,25 \times 792 =)$  483 mm per jaar. Het neerslagoverschot bedraagt derhalve 309 mm per jaar.
- voor naaldbos bedraagt de transpiratie gemiddeld 285 mm per jaar. De interceptie verdamping bedraagt ca. 33% van de neerslag (Dolman en Moors, 1994). De totale verdamping bedraagt derhalve  $(285 + 0,33 \times 792 =)$  546 mm per jaar. Het neerslagoverschot bedraagt derhalve gemiddeld 246 mm per jaar.

- voor stedelijk gebied kan het neerslagoverschot ongeveer op 30 % van de neerslag of 238 mm worden gesteld (Van de Ven, 1989).

Uit het voorgaande kan worden geconcludeerd dat het gemiddelde neerslagoverschot vrij beperkt over het gebied varieert. Deze ligt tussen minimaal 0,65 mm per dag voor de bebouwde kom en maximaal 0,85 mm per dag voor loofbos. Gezien de beperkte variatie in de onzekerheid die inherent verboden is aan de vaststelling van het neerslagoverschot voor loofbos, naaldbos en de bebouwde kom kan worden geconcludeerd dat het toepassen van één gemiddeld neerslagoverschot voor het gehele modelgebied verantwoord is.

## 12.2 Calibratie model

In Groundwater Vistas is de automatische calibratie-tool PEST opgenomen. Met enkele verschillende stappen is het model gecalibreerd waarbij in eerste instantie geijkt is op de gemeten peilbuizen voor de gemiddelde situatie. In de winter 2009/2010 heeft de focus vooral op de GLG-situatie gelegen, omdat deze situatie maatgevend voor de effecten van de ingreep en van mitigerende maatregelen bleek te zijn.

Het model is op de volgende aspecten gecalibreerd:

- Horizontale doorlatendheid (k-waarde) deklaag en weerstand deklaag;
- Doorlaatvermogen (kD) 1<sup>e</sup> watervoerende pakket;
- Weerstand scheidende laag tussen 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> watervoerende pakket;
- Drainage oppervlaktewatersysteem (watergangen);
- Drainerende werking tertiair systeem in stedelijk gebied;
- Bodemweerstand Wilhelminakanaal;
- Neerslagoverschot.

De toets van de calibratie heeft plaatsgevonden op de afwijkingen tussen gemeten en berekende waarden van de individuele peilbuizen, de totale afwijking tussen gemeten en berekende grondwaterstanden bij alle peilbuizen samen en de gradiënt van het grondwater.

Naast een toets op de absoluut berekende grondwaterstanden en stijghoogten is ook regelmatig onderzocht in welke mate de effecten bij de ingreep beïnvloed zijn door de veranderingen (ligging invloedsgebied en waterbalans).

In eerste instantie bleek de berekende gradiënt van het grondwater in een raai evenwijdig aan het Wilhelminakanaal minder steil te zijn dan de gemeten gradiënt. De oorzaak hiervoor werd vooral gezocht in de kD van het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket, waarin de grootste stroming plaatsvindt. Bij een lagere kD neemt de gradiënt toe. Daarnaast zijn varianten onderzocht waarbij de weerstand tussen het 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> watervoerende pakket is vergroot. Dit zorgt ervoor dat een groter aandeel van het grondwater door het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket stroomt, hetgeen ook een steilere gradiënt tot gevolg heeft. Gelijktijdig is de bodemweerstand van het Wilhelminakanaal verlaagd, wat een vergroting van de infiltratie naar de omgeving veroorzaakt.

### Doorgerekende varianten

In totaal zijn nu sinds de berekeningen van december 2009 zo'n 16 varianten doorgerekend:

| Variant | Som kwadraten | Gewogen kwadraten | Input model* | Output PEST*       |
|---------|---------------|-------------------|--------------|--------------------|
| c1      | 55.1          | 36.5              | c-SLD * 1    | k=37; WHK=10/50/25 |
| c2      | 49.1          | 32                | c-SLD * 2    | k=45; WHK=10/50/35 |
| c5      | 40.5          | 25.5              | c-SLD * 5    | k=20; WHK=50       |



| Variant | Som kwadraten | Gewogen kwadraten | Input model*                    | Output PEST*       |
|---------|---------------|-------------------|---------------------------------|--------------------|
| c10     | 42.1          | 26.4              | c-SLD * 10                      | k=43; WHK=35/50/50 |
| c5-1    | 40.5          | 25.5              | c-SLD * 5                       | k=20; WHK=50       |
| c5-2    | 45.5          | 29.2              | k=20; WHK=25                    |                    |
| c5-3    | 42.8          | 27.4              | WHK=25                          | k=33               |
| c5-5    | 43.7          | 26.7              | c-drn=200; rch=0,375;<br>WHK=25 |                    |
| c5-6    | 59.2          | 38.3              | c-drn=200; rch=0,25; WHK=25     |                    |
| c5-7    | 36.7          | 21.9              | c-drn=200                       | rch=0,5; WHK=50    |
| c5-8    | 47.4          | 29.6              | c-drn=200; k=33; WHK=15         | rch=0,4            |
| c10-1   | 42.1          | 26.4              | c-SLD * 10                      | k=43; WHK=35/50/50 |
| c10-2   | 46.1          | 29.3              | k=43; WHK=15                    |                    |
| c10-3   | 42.7          | 26.8              | WHK=25                          | k=45               |
| c10-4   | 48.0          | 30.3              | c-drn=200; WHK=15; k=45         |                    |
| c10-5   | 46.7          | 30.3              | c-drn=200; WHK=15               | k=50; rch=0,370    |

Met:

c-SLD = factor voor weerstand scheidende laag tussen wvp1 en wvp2

k = doorlatendheid wvp1 (m/d)

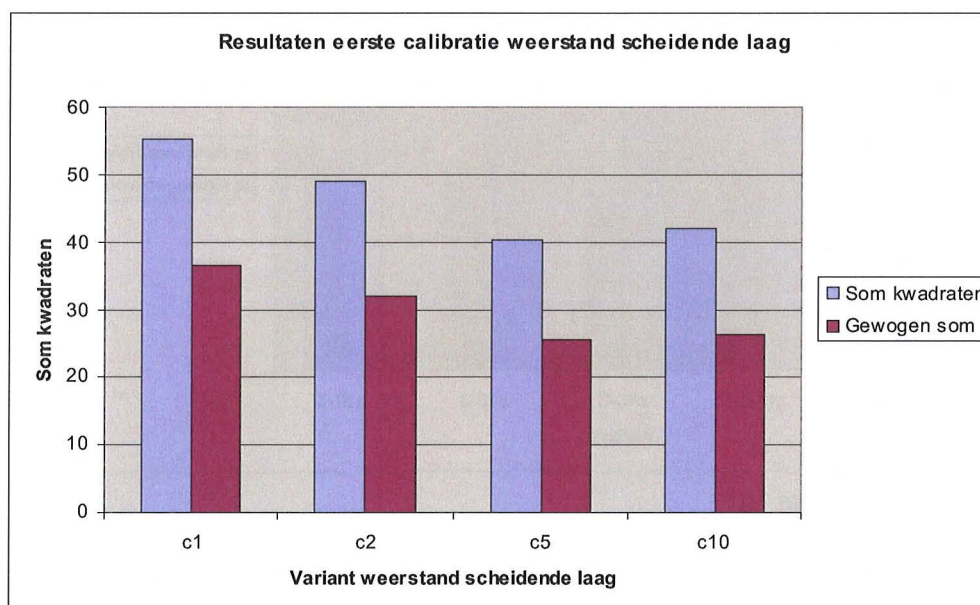
WHK = bodemweerstand Wilhelminakanaal (d); evt. bovenstrooms / tussen sluis II en III / benedenstrooms

rch = neerslagoverschot (mm/d)

De som van de kwadraten is het gekwadrateerde verschil tussen de gemeten en berekende waarde per peilbuis en vervolgens van alle peilbuizen opgeteld. Hiermee wordt voorkomen dat positieve en negatieve afwijkingen elkaar uitmiddelen. Verschillende peilbuizen hebben een lager 'gewicht' gekregen omdat de betrouwbaarheid van de waarneming kleiner is of omdat een onevenredig groot aantal peilbuizen bij elkaar ligt. De invloed van deze gewichten is in de kolom 'gewogen kwadraten' weergegeven.

#### Bepaling weerstand scheidende laag

Uit de eerste berekeningen, waarbij de weerstand van de scheidende laag is gevarieerd, is gebleken dat een hogere weerstand (\*5 of \*10) een betere fit geeft (figuur B12.4).

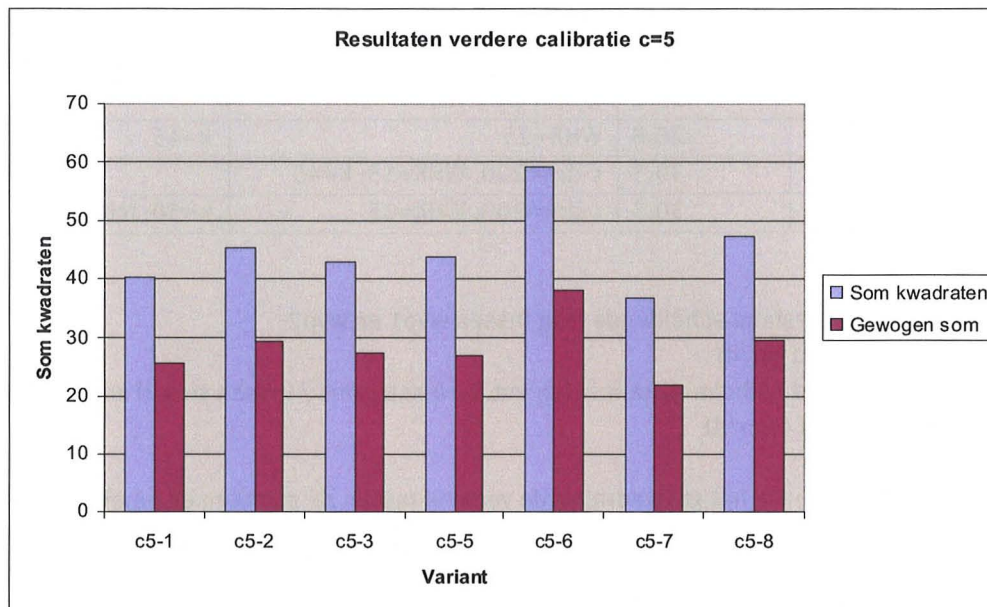


Figuur B12.4: Invloed weerstand scheidende laag

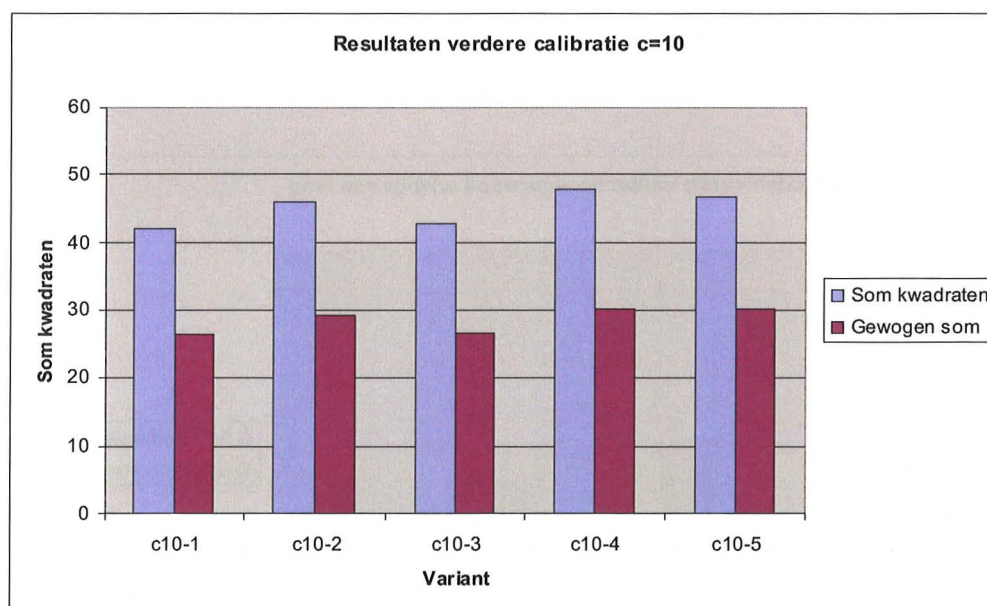
### Vervolgberekeningen

De vervolgberekeningen hebben zich daarom op de weerstanden \*5 en \*10 gericht. In figuur B12.5a en B12.5b zijn de afwijkingen (in som kwadraten) van de uitgevoerde berekeningen weergegeven.

Uit de berekeningen blijkt dat variant c5-7 een kleine afwijking laat zien. Echter, bij deze variant is de bodemweerstand van het Wilhelminakanaal door PEST weer op 50 dagen gezet. En de verwachting was juist dat deze bodemweerstand veel lager zou moeten zijn dan 50 dagen. En ook het neerslagoverschot is in deze PEST-berekening juist verhoogd van 0,375 mm/dag naar 0,5 mm/dag. Ondanks een goede fit zijn er dus redenen om deze variant niet als de ideale oplossing te zien.



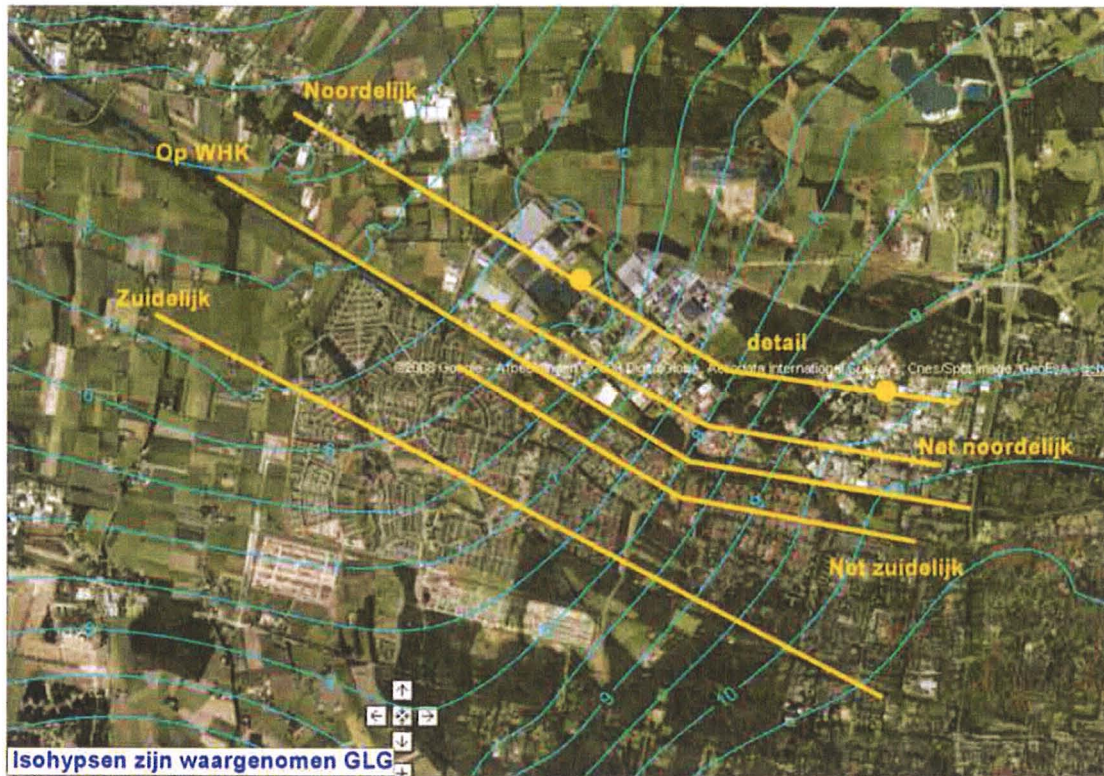
Figuur B12.5a: Weerstand \*5



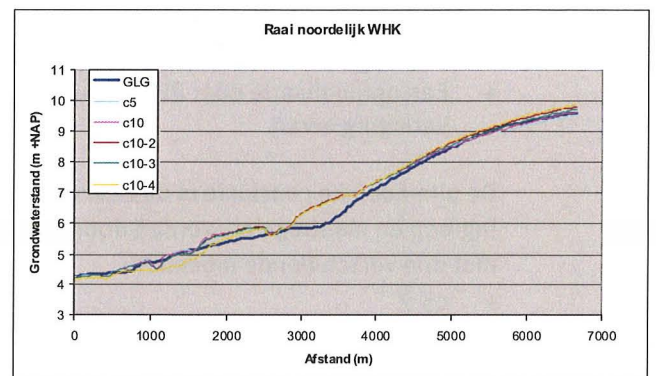
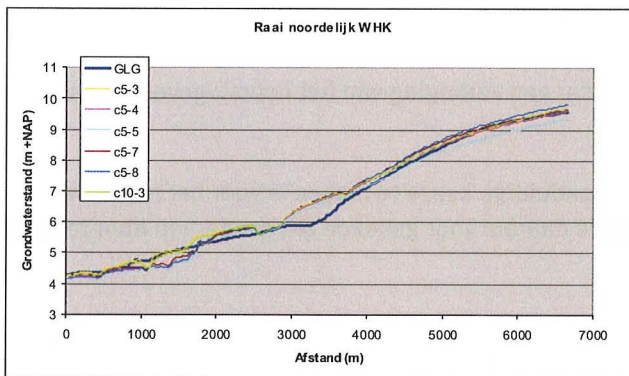
Figuur B12.5b: Weerstand \*10

De effecten van de doorgerekende varianten zijn niet alleen met de som van de kwadraten weergegeven, maar ook door enkele raaien te berekenen. De ligging van de raaien is weergegeven in figuur B12.6. In de figuren B12.7a t/m d zijn enkele resultaten weergegeven. Hierbij zijn niet alle raaien gevisualiseerd.

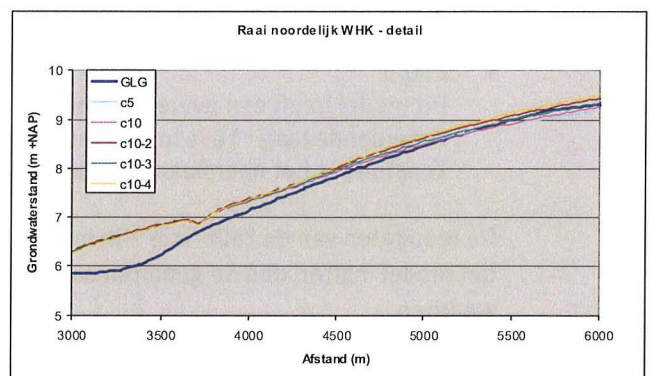
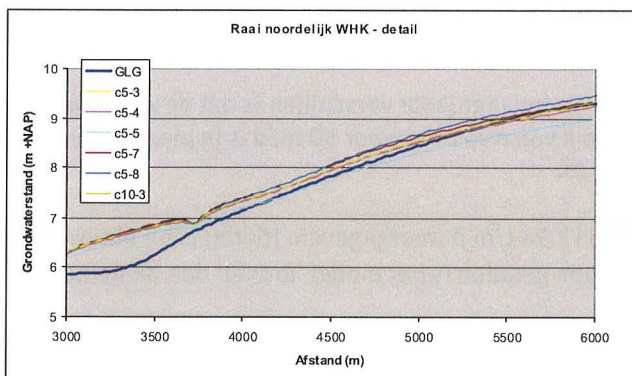




Figuur B12.6: Ligging raaien

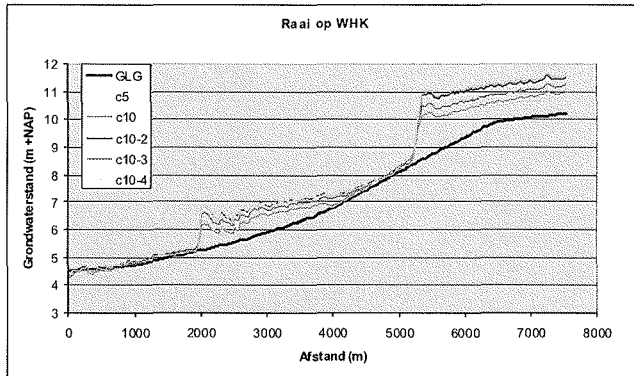


Figuur B12.7a: Raai noordelijk WHK; links varianten c\*5, rechts varianten c\*10

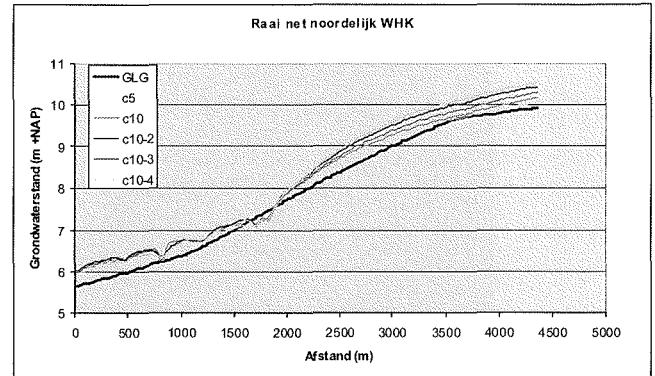


Figuur B12.7b: Detail van de raai noordelijk WHK; links varianten c\*5, rechts varianten c\*10





Figuur B12.8c: Raai op het WHK; varianten c\*10



Figuur B12.7d: Raai net noordelijk WHK; varianten c\*10

Uit de berekeningen blijkt dat bij alle varianten wel een verschil tussen de GLG op basis van de peilbuizen en de modelmatig berekende grondwaterstanden blijft bestaan. Met name bij lage bodemweerstand van het Wilhelminakanaal is er bij de raai op het WHK en juist noordelijk en zuidelijk van het WHK een relatief groot verschil. Hierbij moet er ook rekening mee worden gehouden dat voor het bepalen van het 'echte' isohypsenpatroon er vrijwel geen peilbuizen op zeer korte afstand van het WHK zijn, dus dat een lokale invloed niet wordt meegenomen in de berekende GLG (isohypsenpatroon en raaien).

### Conclusies optimalisatie

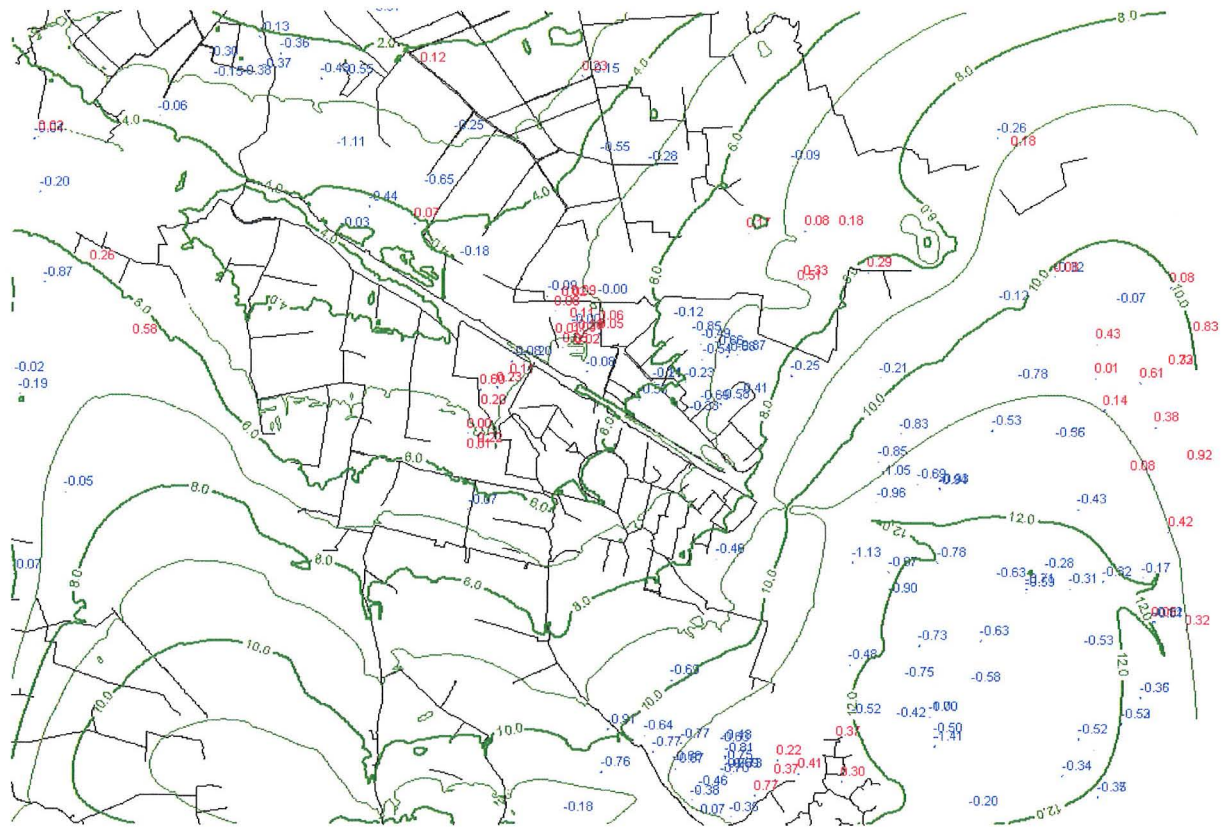
Uit de analyse van de uitgevoerde berekeningen zijn enkele conclusies te trekken:

- De verlaging van de drainageweerstand in Vossenbergh en Reeshof heeft een iets kleinere opbolling van de grondwaterstanden in dit gebied tot gevolg.
- Bij een optimalisatie door PEST wordt de bodemweerstand van het Wilhelminakanaal veel verder verhoogd dan als acceptabel / logisch wordt geacht.
- Een optimalisatie door PEST geeft tevens eerder een verhoging van het neerslagoverschot dan een verlaging ervan.

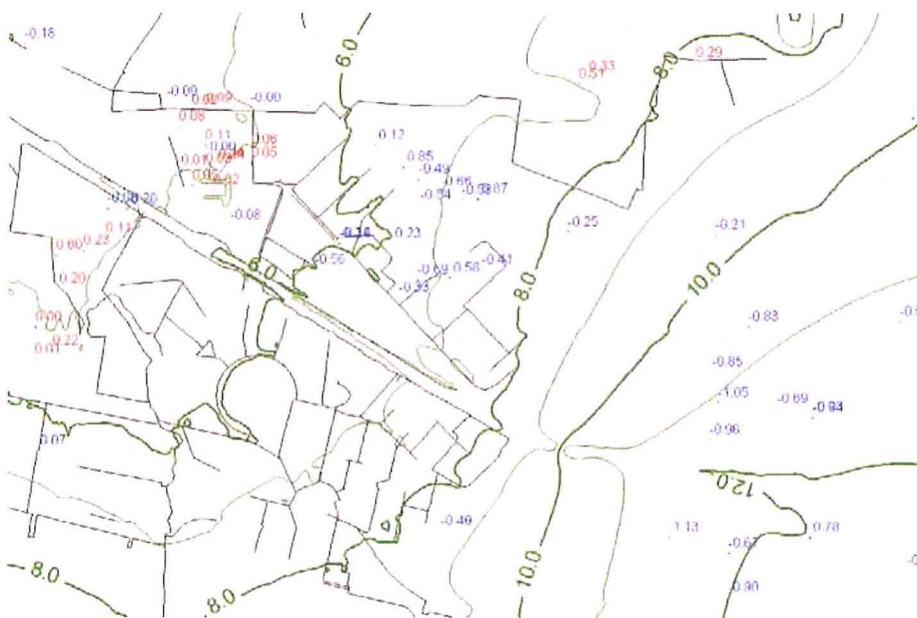
De uiteindelijke conclusie is dus dat er niet een eenduidige keuze te maken is voor het model waarmee de ingreep en maatregelen worden doorgevoerd. Er is daarom voor gekozen om de ingreep door te rekenen met drie verschillende modellen:

- c5-7  
Bij dit model is de laagste som van de kwadraten vastgesteld. Gezien de bodemweerstand van het Wilhelminakanaal (50 dagen) kan dit model ook als een bovengrens (of juist ondergrens) worden gezien. Het neerslagoverschot is op 0,4 mm/d gesteld (dus iets lager dan bij de optimalisatie)
- c5-8  
Dit model is in grote lijnen gelijk aan c5-7, maar de bodemweerstand van het WHK is hier 15 dagen. Ook hier is het neerslagoverschot 0,4 mm/d.
- c10-5  
Dit model heeft een overeenkomst met c5-8. Het belangrijkste verschillen is dat de weerstand van de scheidende laag \*10 is in plaats van \*5, en de k van wvp1 hierdoor 50 m/d is in plaats van 33 m/d. Tenslotte is het neerslagoverschot 0,375 mm/d.

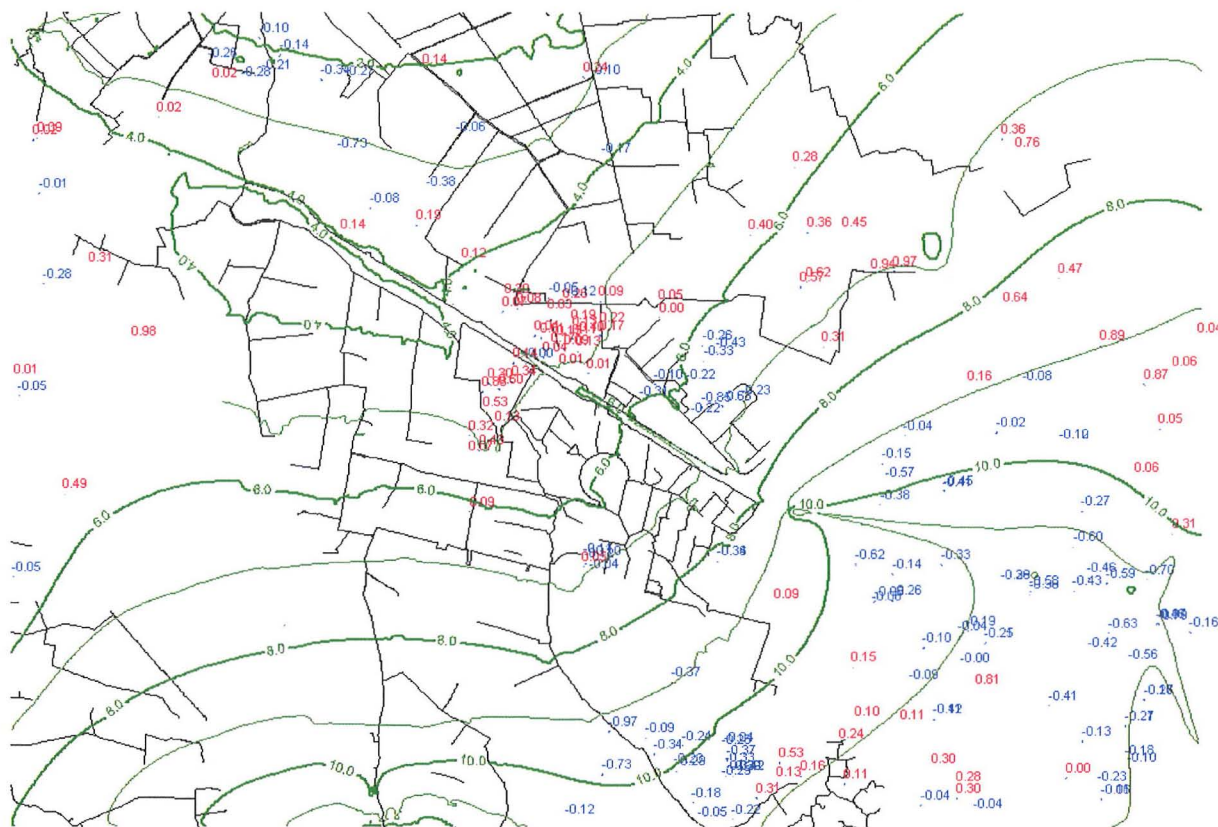
De resultaten van de calibratie zijn in de figuren B12.9a t/m d weergegeven. Hierbij is bij blauwe getallen het model 'natter' dan de gemeten waarden, bij rode getallen is het model 'droger' dan de gemeten waarden.



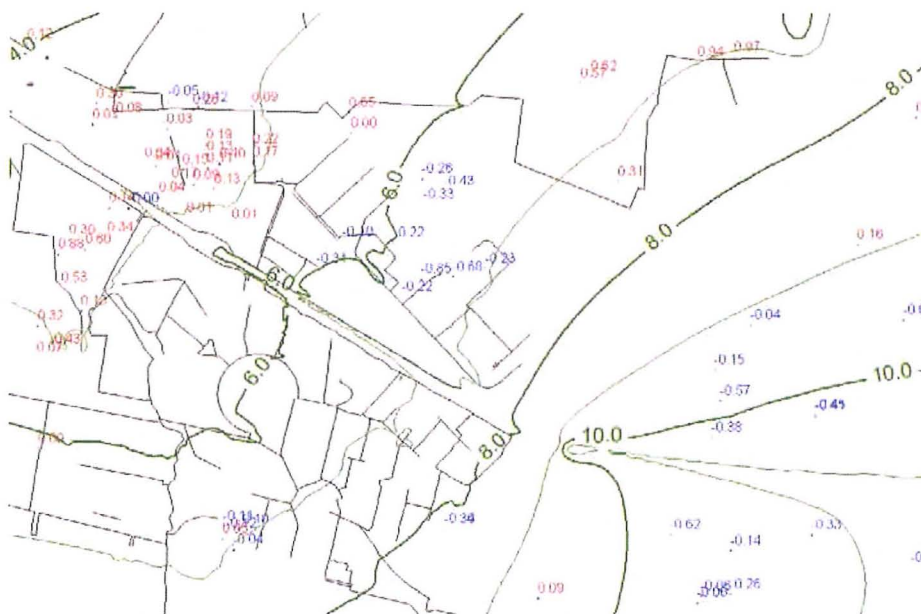
Figuur B12.9a: Resultaat calibratie bij GHG



Figuur B12.9b: Resultaat calibratie bij GHG (ingezoomd)



Figuur B12.9c: Resultaat calibratie bij GLG



Figuur B12.9d: Resultaat calibratie bij GLG (ingezoomd)

## 12.3 Berekening ingreep

Voor de berekening van de ingreep zijn tenslotte twee varianten aangehouden:

- A. Bodemweerstand WHK 2 dagen
- B. Bodemweerstand WHK 5 dagen



Pogingen om middels de formule van Ernst een schatting van de bodemweerstand te maken, zijn niet goed gelukt, vandaar dat voor twee varianten is gekozen.

Van de drie modellen zijn de huidige situatie en de twee varianten met ingreep doorgerekend. Als output zijn de verlagingen van de grondwaterstand berekend, en de waterbalans.

Naast de onderlinge vergelijking van deze varianten zijn de resultaten ook vergeleken met de oorspronkelijke berekeningen uit het voorjaar van 2009.

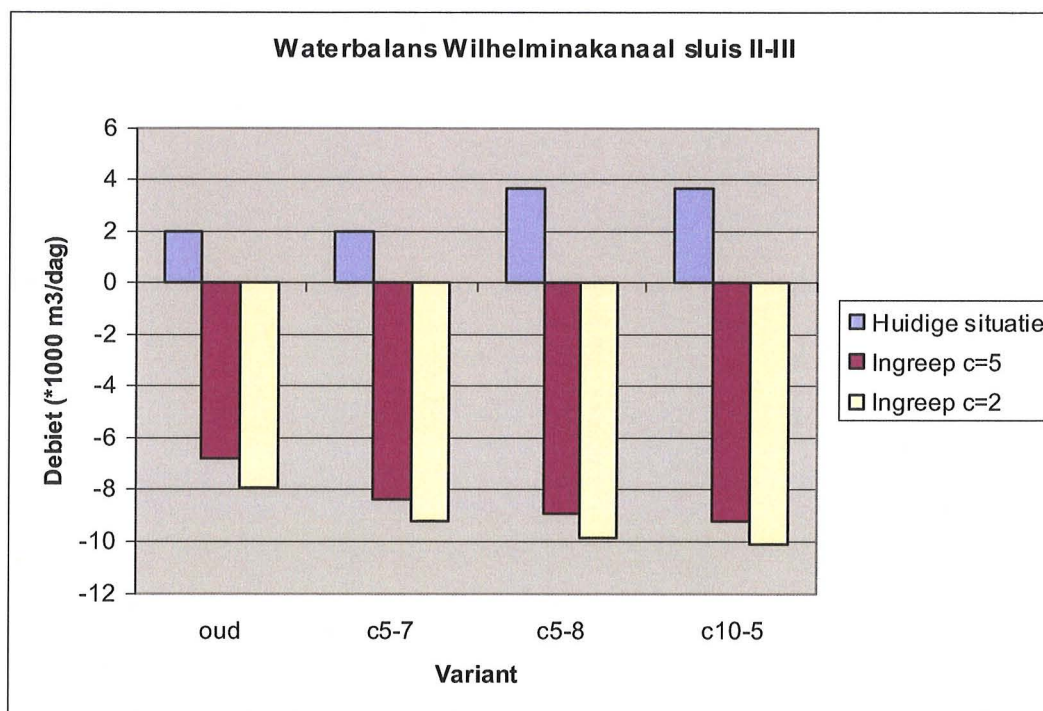
### Waterbalans

Bij de waterbalans is specifiek naar twee gebieden gekeken:

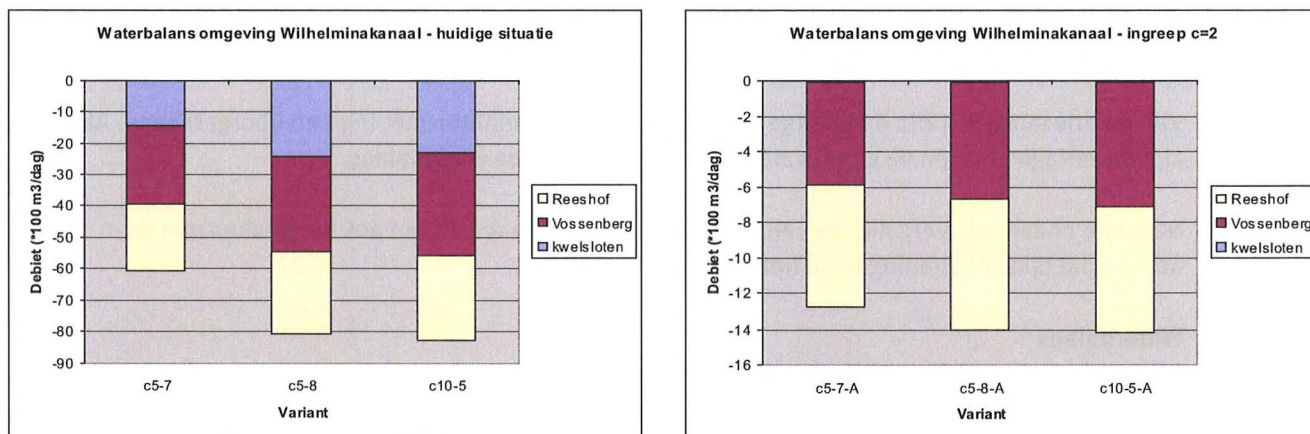
- het Wilhelminakanaal tussen sluis II en sluis III
- de waterlopen in de directe omgeving van het Wilhelminakanaal (kwel sloten) en in Vossenbergh en de Reeshof.

In figuur 5 is de waterbalans voor het WHK tussen sluis II en III weergegeven voor de huidige situatie en de twee varianten van de ingreep. Uit de berekeningen blijkt dat de verschillen tussen de drie nieuwe varianten na ingreep relatief klein zijn. Met de 'oude' berekening is het verschil iets groter. Tussen de oude berekening met weerstand na ingreep van 10 dagen en c10-5 met weerstand na ingreep van 2 dagen (worst case) neemt de toestroming naar het Wilhelminakanaal met ca. 50% toe. Het verschil tussen c5-7B en c10-5A is 20%.

In figuur B12.10a is de waterbalans voor de omgeving van het Wilhelminakanaal weergegeven. Deze is niet met deze mate van detail voor de oude berekening beschikbaar. Uit de berekeningen blijkt opnieuw dat de verschillen tussen de drie modellen relatief klein zijn, met name na uitvoering van de ingreep. Figuur B12.10b en c geven de waterbalans voor de directe omgeving van het Wilhelminakanaal (Reeshof, Vossenbergh en kwel sloten) voor respectievelijk de huidige situatie en de situatie met ingreep.



Figuur B12.10a: Waterbalans Wilhelminakanaal



Figuur B12.10b en c: Waterbalans omgeving WHK huidig en met ingreep c=2 dgn

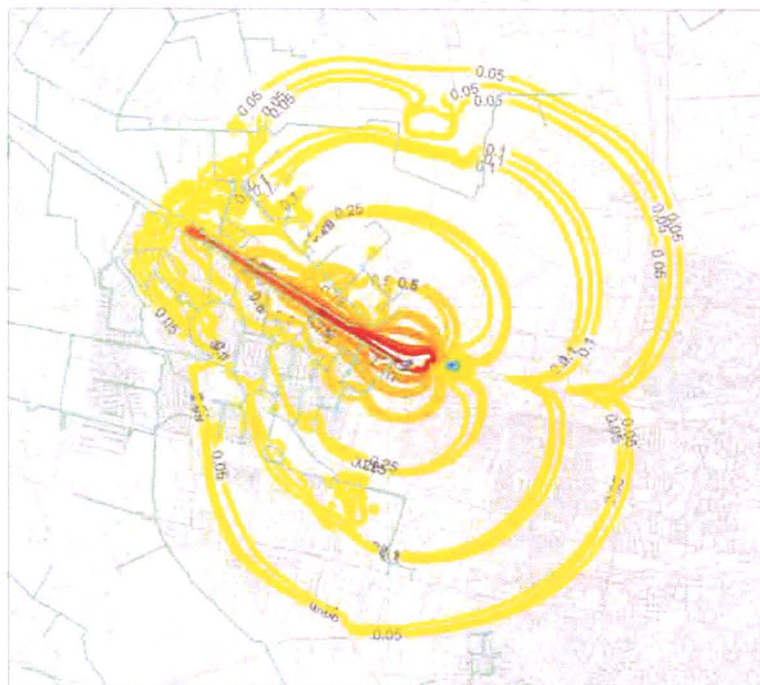
### Verlagingen grondwaterstand

De verlagingen van de grondwaterstand zijn in twee tekeningen weergegeven. De eerste tekening bevat de verlagingen van de drie 'nieuwe' modellen voor respectievelijk 2 en 5 dagen bodemweerstand na ingreep. Uit de tekening blijkt dat de verschillen in verlaging aan de zuidkant van het Wilhelminakanaal klein zijn. Aan de noordkant geven de drie verschillende modellen enige variatie in de ligging van de verlaginglijnen, vooral de 5 en 10 cm. De worst case van deze modellen is c10-5.

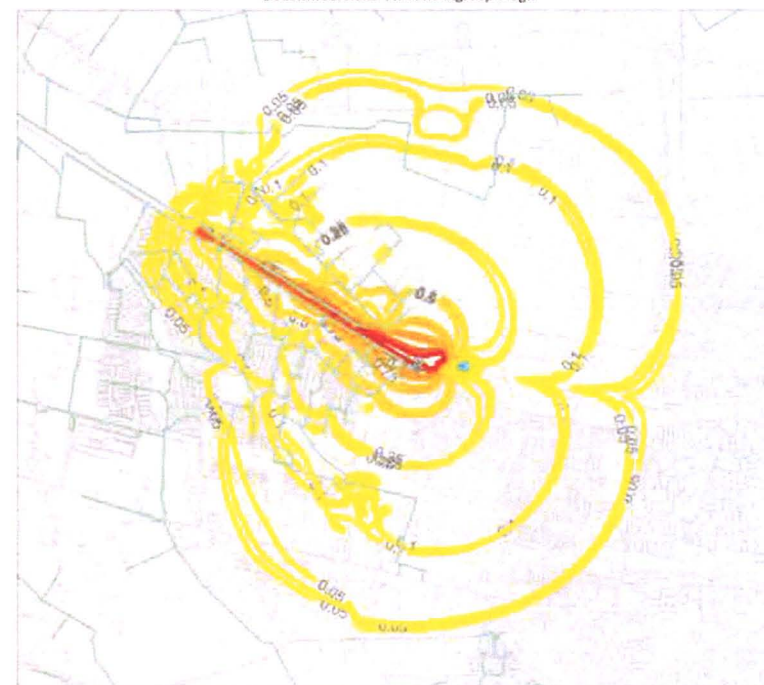
De tweede tekening geeft vier verschillende situaties: de twee worst case situaties van 2 en 5 dagen, en de oude berekening met 2 en 10 dagen. Het verschil tussen c10-5A en c10-5B is klein. De verlagingen van de oude berekening met 10 dagen wijkt aan de zuidkant enigszins af van de nieuwe berekeningen, maar aan de noordkant ligt hier een 5 cm-lijn ter hoogte van de nieuwe 10 cm-lijnen. Vooral voor de natuur op enige afstand (Huis ter Heide / Lobelia) kan dit een belangrijk verschil voor de effectbeoordeling zijn. Bij de oude berekening met een bodemweerstand van 2 dagen liggen de verlagingen ergens tussen de oude en de nieuwe effectlijnen. Geconcludeerd wordt daarom dat de weerstand na ingreep één van de belangrijkste factoren voor de verlagingen is.

### Effecten 'kale' ingreep - GLG



Bodemweerstand WHK na ingreep 2 dgn



Bodemweerstand WHK na ingreep 5 dgn



VERKLARING:

-  Verlaging grondwaterstand (m)
-  Verhoging grondwaterstand (m)

Per figuur zijn drie beginsituaties opgenomen:

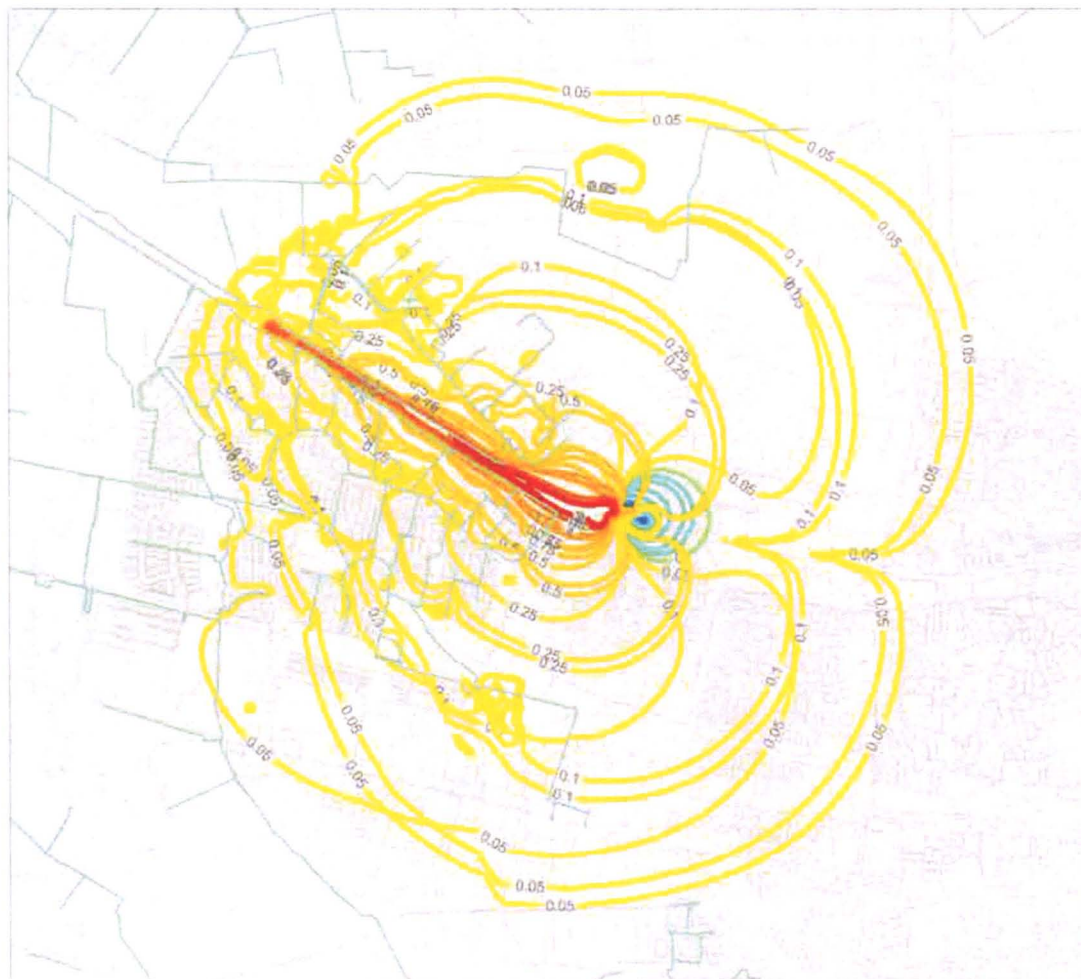
1. weerstand scheidende laag factor 5; k-wvp1 33 m/d; c-WHK 50 dgn
2. weerstand scheidende laag factor 5; k-wvp1 33 m/d; c-WHK 15 dgn
3. weerstand scheidende laag factor 10; k-wvp1 50 m/d; c-WHK 15 dgn





|  |        |   |
|--|--------|---|
| RIJKSWATERSTAAT  | JMS    | 1:50 000  |
| WILHELMINAKANAAL TILBURG   | P.1.1  | A3  |
| invloed beginsituatie en bodemweerstand na ingreep op verlaging grondwater | 187346 |  |



### Effecten 'kale' ingreep - GLG

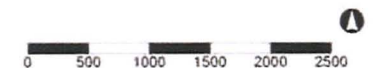


#### VERKLARING:

-  Verlaging grondwaterstand (m)
-  Verhoging grondwaterstand (m)

In de figuur zijn drie situaties opgenomen:

- weerstand scheidende laag factor 10; k-wvp1 50 m/d; c-WHK 15 dgn  
c-WHK na ingreep 2 dgn;
- weerstand scheidende laag factor 10; k-wvp1 50 m/d; c-WHK 15 dgn  
c-WHK na ingreep 5 dgn;
- oorspronkelijke berekening:  
weerstand scheidende laag factor 1; k-wvp1 35 m/d; c-WHK 50 dgn  
c-WHK na ingreep 10 dgn



|  |     |   |
|--|-----|---|
| RIJKSWATERSTAAT  | JMS | 1:35 000  |
| WILHELMINAKANAAL TILBURG   | PLI | A3  |
|  |     | 18734G  |
| Invloed beginsituatie en bodemweerstand na ingreep op verlaging grondwater |     |  |

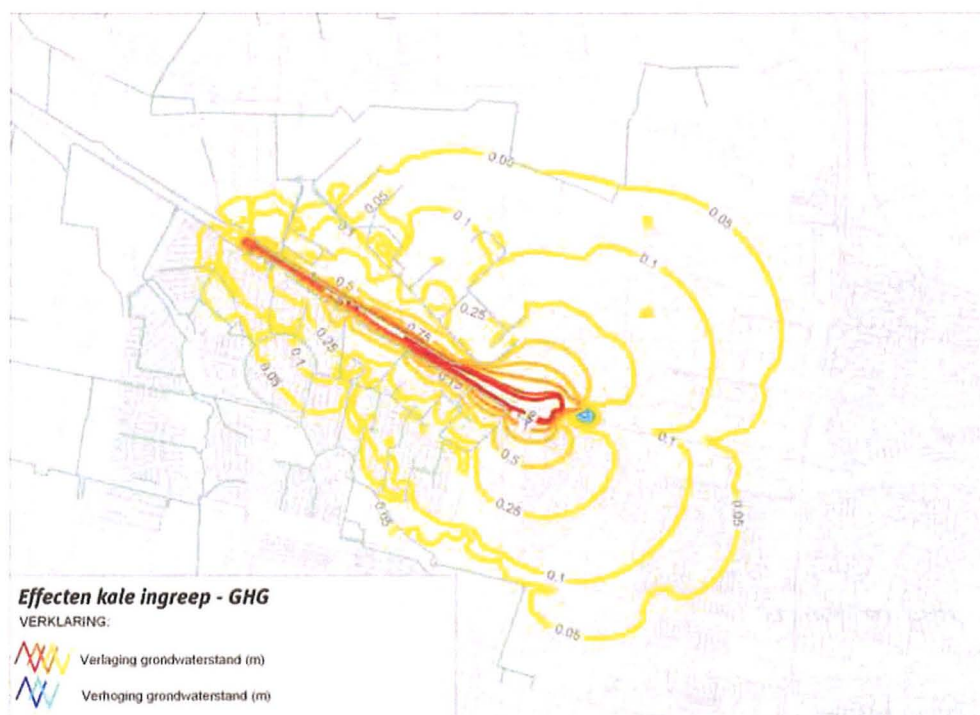
## 12.4 Vervolg

Uit de berekeningen blijkt dat de variaties in de bodemopbouw met name tot gevolgen voor de waterbalans leidt. Verwacht kan worden dat dit ook voor de benodigde debieten voor mitigerende maatregelen zal gelden. Voor de dimensionering van maatregelen geldt: hoe groter het debiet, hoe lastiger. Dit houdt in dat verwacht wordt dat c10-5 hiervoor een worst case zal zijn. Deze variant wordt daarom als maatgevend aangehouden. De belangrijkste kenmerken zijn:

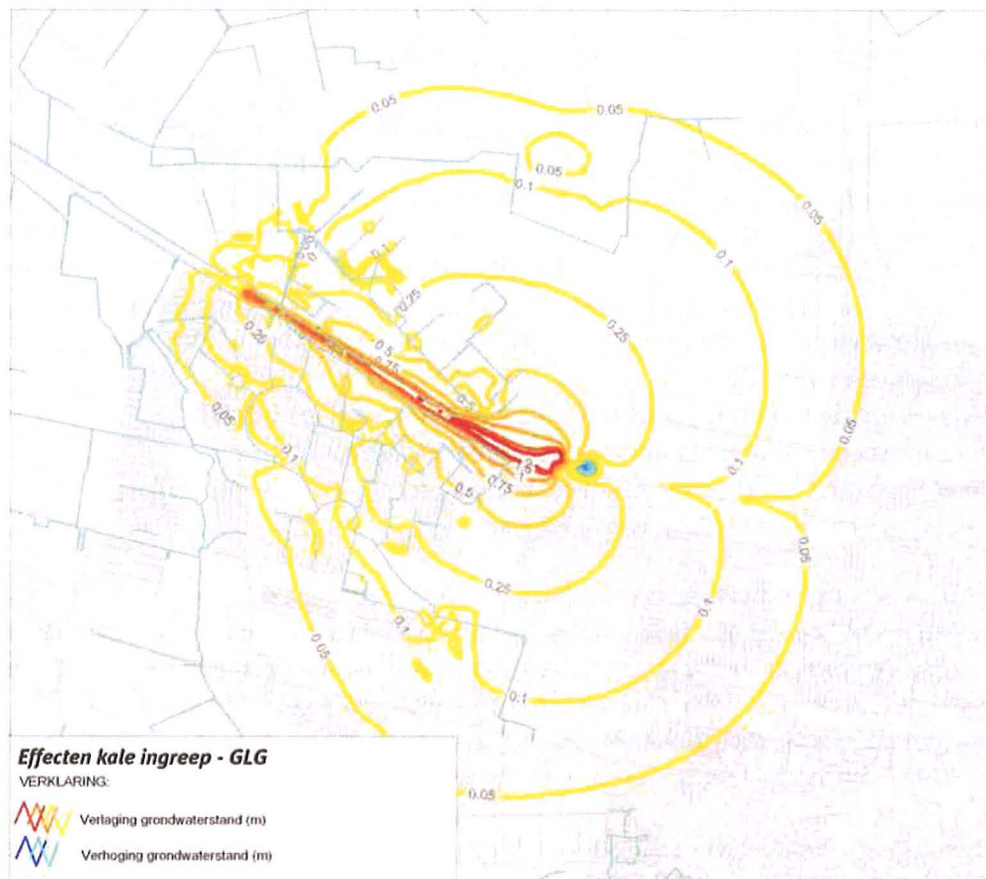
- Weerstand scheidende laag tussen wvp1 en wvp2 is vermenigvuldigd met een factor 10 en ligt hiermee overwegend op 5.500 dagen, en plaatselijk tussen 2.500 en 15.000 dagen.
- De k-waarde van wvp1 is 50 m/d.
- De bodemweerstand van het Wilhelminakanaal (voor ingreep) is 15 dagen.
- De drainageweerstand voor het tertiaire stelsel is 200 dagen.
- De intreeweerstand van watergangen is ca. 2 dagen.
- Het neerslagoverschot voor de GLG is 0,375 mm/d.

De verlagingen van de grondwaterstand worden in sterkere mate bepaald door de weerstand van het Wilhelminakanaal na ingreep. Het is ons niet gelukt om op basis van Ernst een goede schatting te maken van de toekomstige weerstand. Dit houdt in dat op basis van andere argumenten een keuze moet worden gemaakt. Het gevoel van de meeste deelnemers van het wateroverleg lag in het afgelopen jaar eerder bij een wat hogere weerstand, orde 10 dagen. Vanuit het oogpunt van worst case is het wellicht toch verstandiger om voor een relatief lage weerstand te kiezen, dus 2 dagen.

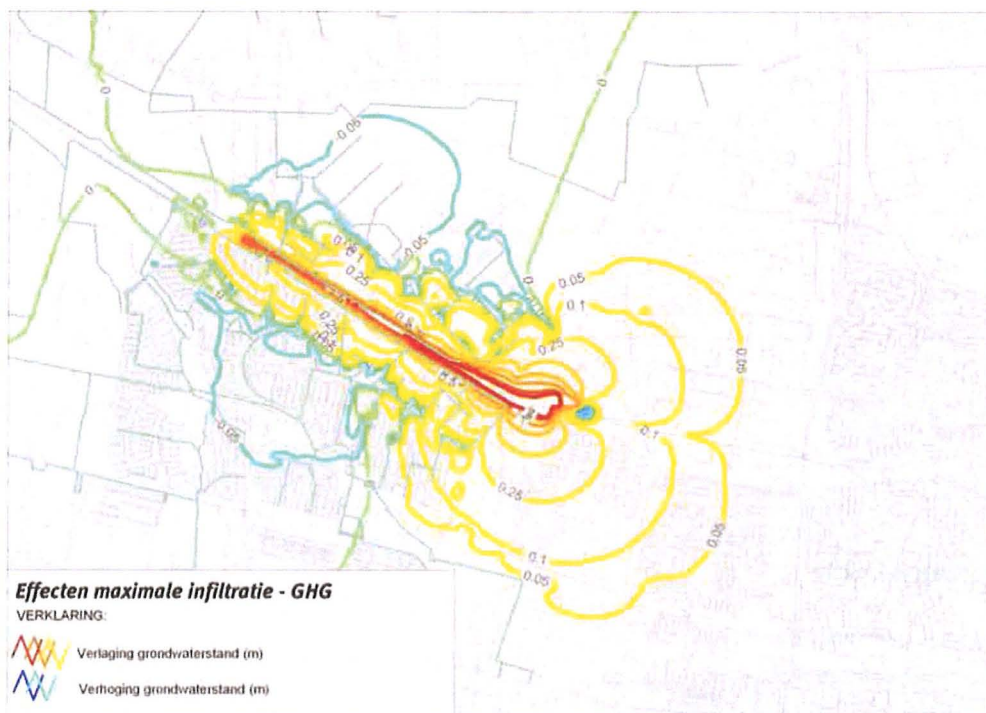
Samenvattend is in het modeloverleg besloten om vanuit het oogpunt van worst case de mitigerende maatregelen te berekenen met model c10-5A, dus een weerstand na ingreep van 2 dagen.



Figuur B12.11a: Verlaging freatische grondwaterstand bij natte situatie (GHG)

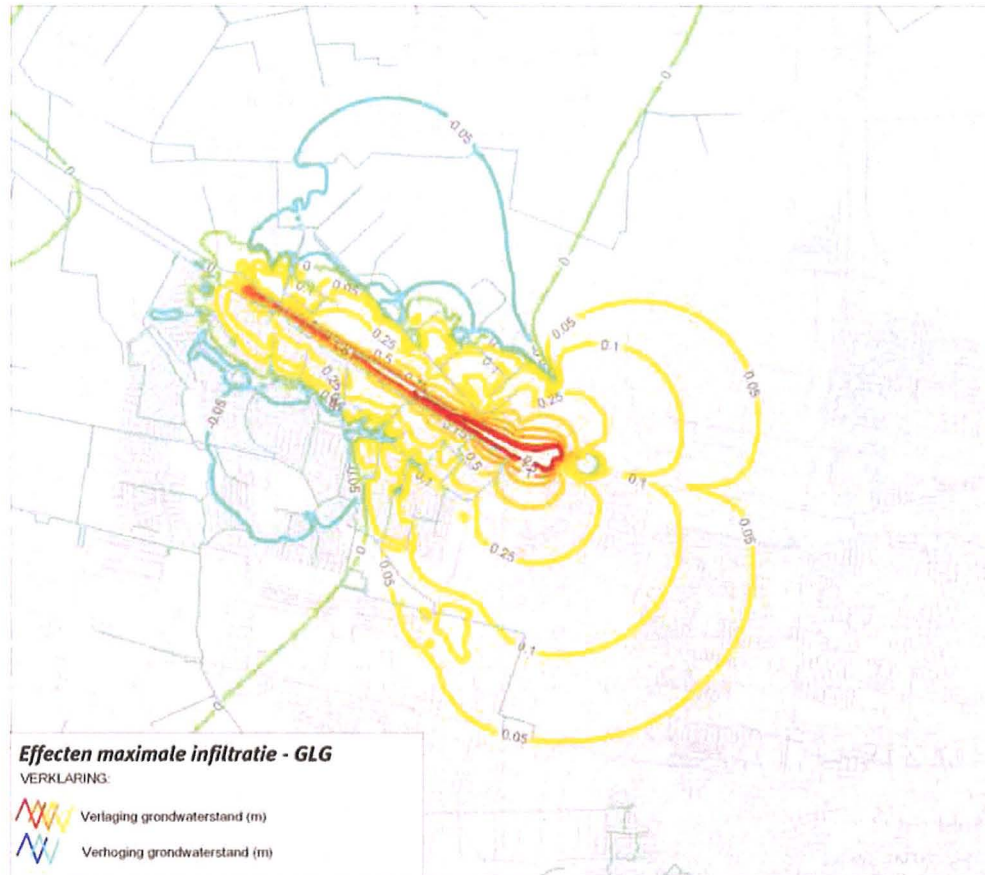


Figuur B12.11b: Verlaging freatische grondwaterstand bij droge situatie (GLG)

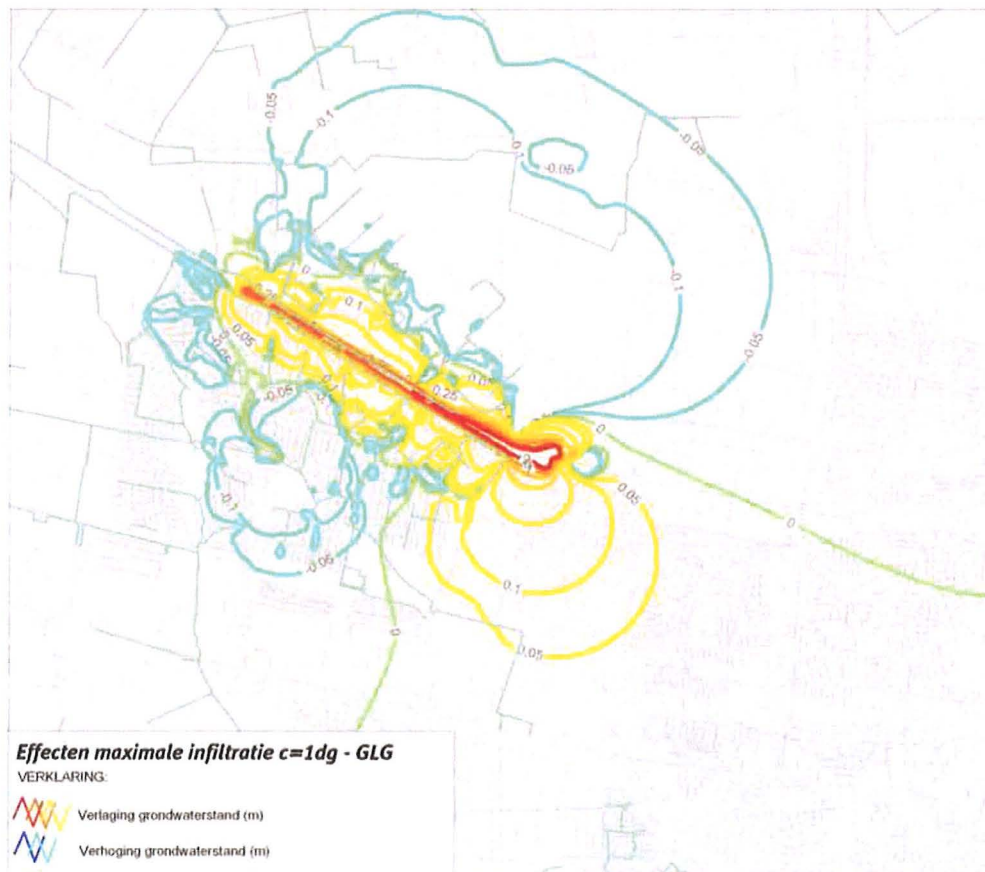


Figuur B12.12a: Verandering grondwaterstand met maximale infiltratie bij natte situatie (GHG)

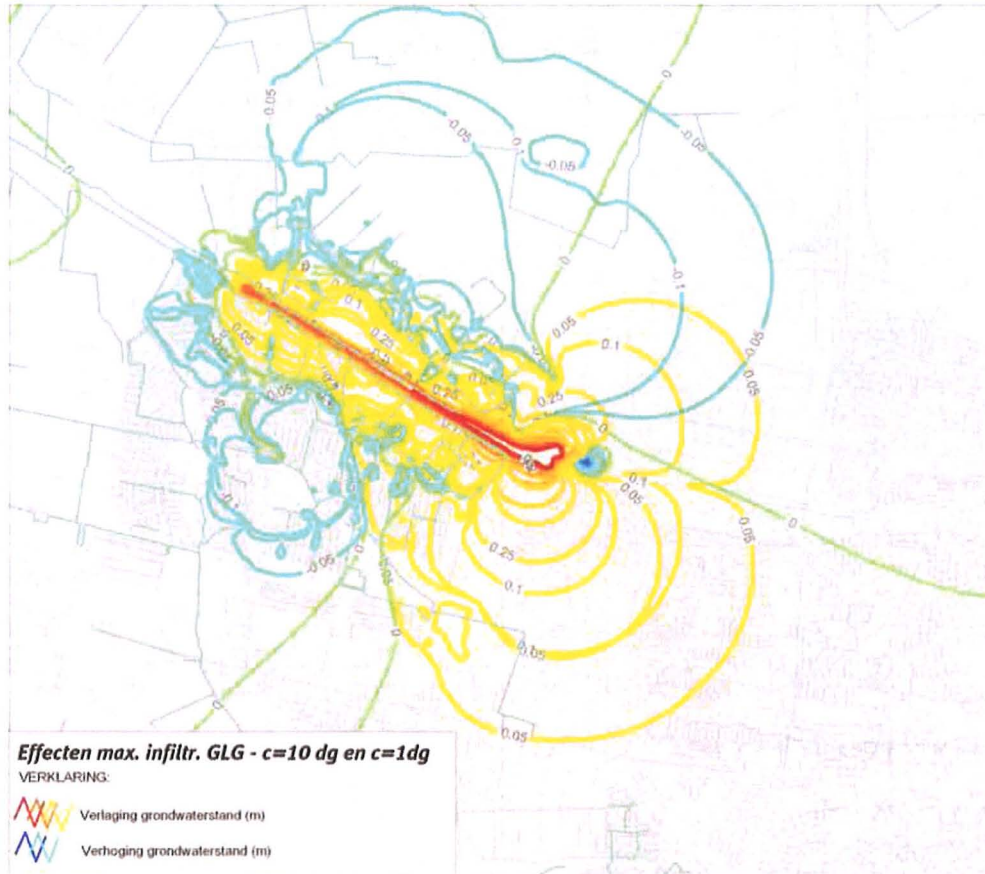




Figuur B12.12b: Verandering grondwaterstand met maximale infiltratie bij droge situatie (GLG)



Figuur B12.12c: Verandering gr.w.stand met max. inf. en bodemweerstand 1 dag bij droge situatie (GLG)



Figuur B12.12d: Verandering grondwaterstand met maximale infiltratie bij bodemweerstand waterlopen 1 dag en 10 dagen (droge situatie, GLG)

## 13 Memo Deltares

Memo: Bevindingen Deltares grondwater modellering peilverandering Wilhelmina kanaal nabij Tilburg.

Wim J. de Lange  
Deltares, 23 februari 2010  
Versie: 1.0

### De vraagstelling.

Op 25 september 2009, ontving Deltares de volgende vraagstelling van de gemeente Tilburg (met tekstuele aanvullingen van 9 februari).

“De gemeente Tilburg, de provincie Noord Brabant en Rijkswaterstaat hebben een convenant gesloten voor het verbreden van het Wilhelminakanaal in Tilburg. Onderdeel van deze activiteit is het weghalen van een sluis (sluis II). Hierdoor wordt het waterpeil in een deel van het kanaal ( $\pm$  3.5 km. lang) verlaagd met zo'n 2.5 meter. In het kader van De Watertoets-procedure en het MER zijn de geohydrologische effecten van deze maatregel onderzocht en is er gezocht naar maatregelen die de gevolgen van de peildaling kunnen mitigeren. Een en ander gebeurd in zo goed mogelijk overleg met de waterbeheerders en vertegenwoordigers van belangengroeperingen. Rijkswaterstaat heeft hiervoor een zogenaamd Wateroverleg ingesteld.

In de huidige situatie stroomt er water vanuit het kanaal naar het aangrenzende gebied, na de peilverlaging stroomt er water vanuit het aangrenzende gebied naar het kanaal. Grofweg zijn er drie mitigerende maatregelen afgewogen: 1) geen sluis weghalen maar een nieuwe grotere maken, 2) het kanaal uitdiepen en vervolgens een meters dikke laag leem aanbrengen en 3) waterinlaat in het aangrenzende gebied om zo het waterpeil te reguleren. Oranjewoud voert, onder begeleiding van het wateroverleg, een studie uit naar de geohydrologische effecten van de ingreep en de gevolgen die deze effecten hebben op belangen zoals natuur, bewoning en beleving.

In het wateroverleg hebben de betrokken partijen geconstateerd dat de voorgestelde mitigerende maatregelen afdoende kunnen zijn en dat geen betere maatregelen gezien worden. Mogelijk zijn andere mitigerende maatregelen te verzinnen. Om zeker te zijn dat er niets gemist wordt, is aan Deltares als onafhankelijk geohydrologisch specialist gevraagd om een second opinion uit te voeren op het onderzoek van Oranjewoud. Tevens wordt gevraagd of er betere mitigerende maatregelen te verzinnen zijn.

De vraag concreet aan Deltares is om - zonder dat onderzoeken over gedaan worden of dat diepgaand nader onderzoek uitgevoerd wordt - het huidige rapport te bekijken en te adviseren over de gevonden mitigerende maatregelen en mogelijk alternatieven die daarop zijn te geven.”

Dit memo beschrijft op hoofdlijnen de bevindingen en onderliggende activiteiten van Deltares naar aanleiding van deze vraag.

### Verloop van activiteiten in hoofdpunten

Rond 4 november 2009 is intensief overleg gestart tussen Rijkswaterstaat, Oranjewoud en Deltares rond de berekende effecten en mogelijk aanvullende mitigerende maatregelen.



Deltares heeft toen twijfels gemeld ten aanzien van de calibratie van het grondwater model, die gebaseerd zijn op relevante afwijkingen in de gradiënt in de grondwaterstand rond de bovensluis. Gedurende de maanden november – januari is door Deltares de verbetering van het grondwater model van Oranjewoud begeleid. Eind januari is dit proces afgerond. De verbeteringen hebben geleid tot een betere benadering van de gemeten grondwaterstanden.

Deltares heeft enkele alternatieve mitigerende maatregelen - waaronder injectie van biogrout, versterkt baggerslib om weerstand te genereren tegen de sterk drainerende werking van het verlaagde kanaalpand – aangedragen. Na een eerste haalbaarheidsanalyse is het gebruik van ondergronds verplaatsen van grondwater door middel van putten, drains en buizen als kansrijk aangemerkt en verder uitgewerkt. Gedurende de maanden november – januari is deze optie nader uitgewerkt met behulp van eenvoudige conceptuele modellen. Vanwege de ervaringen bij KWR met horizontale drains en infiltratie in grondwater in de praktijk en voor het inschatten van de risico's van verstopping is ondersteuning van prof. dr. P. Stuyfzand van KWR gevraagd. Begin februari is deze activiteit afgerond met als conclusie dat het innovatieve karakter van deze maatregel verdere uitwerking vereist voordat het tot een duurzaam onderhoudbaar systeem kan leiden. Deze uitwerking staat mogelijk gebruik op relatief korte termijn in de weg en houdt ook nog risico's met betrekking tot haalbaarheid in.

## **Bevindingen**

### A. Geohydrologische effecten van kanaalpeil verlaging

De belangrijkste punten van twijfel van Deltares over het grondwater model hebben zich gericht op de bodemweerstand van het kanaal en het doorlaatvermogen van het eerste watervoerend pakket die beide de veranderingen in grondwaterstanden en –stroming bepalen. Na het invoeren van verhoogde weerstand van de scheidende laag boven het tweede watervoerend pakket blijkt de doorlatendheid van het eerste watervoerend pakket beter te voldoen aan de bekende waarden. De optimalisatie met behulp van het programma PEST leidt echter nog steeds tot parameter waarden die minder aan de verwachting voldoen. Het model geeft aan dat – mogelijk in een deelgebied - nog niet de optimale parameterset en het bijbehorend modelconcept is gevonden. Een model als dit heeft vele mogelijkheden om te veranderen. Een – algemeen, bekende – onzekere factor blijft de weerstand van de bodem van de lokale oppervlakte wateren. De nu gekozen set geanalyseerde parameters wordt gezien als de meest direct van invloed zijnde op de maatgevende, berekende effecten.

Om tot een goede inschatting van de effecten te komen binnen de tijd die nog rest, is besloten om op basis van zogeheten worst-case parametersets te werken. Deltares acht, mede door de gepresenteerde bandbreedte, de berekende effecten een voldoende inschatting van wat kan worden verwacht in termen van uitgestrektheid van de grondwaterstandverandering en de flux naar het vernieuwde kanaal.

### B. Nieuwe mitigerende maatregel.

In de kern bestaat de door Deltares voorgestelde mitigerende maatregel uit het gebruik van de hoge (grond-) waterstanden bij het bovenstroomse pand voor ondergrondse infiltratie ten behoeve van de reductie van de grondwaterstandverlagingen die rond het vernieuwde kanaalpand plaatsvinden. In eerste instantie is gedacht aan een infiltratie drain nabij het kanaal. Na de eerste berekeningen bleek het beter te zijn om een grotere afstand tot het drainerende kanaal en een kleinere afstand tot de bedreigde objecten aan te houden. Uit het advies van prof.

Stuyfzand over mogelijke verstopping door chemische processen bleek het beter te zijn om het gehele systeem zuurstof arm in te richten dus geen oppervlakte water maar grondwater als bron te gebruiken.

De technische stand van zaken aan het eind van het oriënterend onderzoek is het volgende. De inrichting kan het beste bestaan uit dieper gelegen, verticale instroomputten nabij het bovenstroomse kanaalpand die door middel van gesloten buizen verbonden zijn aan oppervlakkig-uitstromende, horizontale drains in de gebieden waar dat nodig is, dus bijvoorbeeld onder de bestaande oppervlakte wateren in het stedelijk gebied. Dit betekent dat het een gesloten ondergronds systeem zal worden. Op dit moment is de uitwerking nog niet voldoende voor een definitieve toepassing rond het Wilhelmina kanaal. Deltares stelt voor om de uitwerking in een parallel spoor te gaan uitvoeren, mogelijk in een samenwerkingsverband met de betrokken partijen rond dit project.

Bij nadere beschouwing blijkt de uiteindelijke werking van de Deltares maatregel qua herverdeling van water te lijken op de door Oranjewoud voorgestelde maatregel op basis van waterinlaat. Het grote verschil zit hem in dat in de Deltares maatregel grondwater wordt verplaatst, dus onzichtbaar en zonder noodzakelijk baggeronderhoud. Het systeem moet als het ware de huidige kwel onder de oppervlaktewateren blijven genereren. De bovenbeschreven kanttekeningen ten aanzien van tijdige en robuuste beschikbaarheid en mogelijke risico's houden echter vooralsnog toepassing in de praktijk tegen.

## 14 Finetuning watersysteem

### **Stuwpeil Reeshof en Vossenberghoog**

Als variant op de maatregel met infiltratie middels de omliggende watergangen is overwogen om de stuwpeilen in de Reeshof en Vossenberghoog te verhogen met 10 à 20 cm. Hierbij zijn er twee varianten mogelijk: met en zonder waterinlaat.

#### *Zonder waterinlaat*

Een verhoging van het stuwpeil zonder waterinlaat kan worden gezien als een verbetering van de 'kale' ingreep. De watersystemen van de Reeshof en Vossenberghoog staan immers niet in verbinding met een bovenstroomse 'bron': ze worden gevoed door neerslag en door kwel vanuit het Wilhelminakanaal en (vooral de zuidelijk gelegen watergangen) vanuit de omgeving. Het verhogen van een stuwpeil heeft dus tot gevolg dat het beschikbare water langer wordt vastgehouden. In het voorjaar en het begin van de zomer zal er waarschijnlijk nog voldoende water beschikbaar zijn om de (verhoogde) stuwpeilen te handhaven. Wanneer een drogere periode met weinig neerslag optreedt, neemt de aanvoer van water af en zullen de waterpeilen in een deel van het gebied uitzakken. Hoe snel dit gaat, hangt af van de beschikbare extra berging in de waterlopen. De lengte aan waterlopen wordt geschat op 35 à 50 km met een gemiddelde breedte van 5 m. De extra berging is de stuwpeilverhoging van 10 à 20 cm. Dit houdt in dat de extra berging tussen 17.500 m<sup>3</sup> ligt (35 km / 10cm) en 50.000 m<sup>3</sup> (50 km / 20cm). Bij een waterbehoefte van ca. 5.000 m<sup>3</sup>/dag is de extra berging dus in 3,5 tot 10 dagen weg. Wanneer in deze periode geen aanvulling plaatsvindt vanuit neerslag, kan het stuwpeil alsnog wegzakken onder het gewenste peil (in de gebieden waar er een verlagingspotentiaal is).

Een risico dat bestaat bij het instellen van een hoger stuwpeil dan het huidige peil, is dat de hemelwateroverstorten van het gescheiden riool belemmerd worden in de afvoer, met water op straat tot gevolg. Met automatische stuwen is dit risico wel te beperken.

Geconcludeerd wordt dat deze maatregel zonder wateraanvoer in het begin van het jaar mogelijk wel effect heeft, maar dat in de loop van de zomer het effect verloren gaat.

#### *Met waterinlaat*

Deze variant betreft een aanpassing van de maatregel met infiltratie in de omliggende watergangen. Uit de berekeningen met infiltratie via de omliggende watergangen blijkt dat vooral in de oostelijke watergangen nog een verbetering van de maatregel wenselijk is. Deze verbetering omvat in ieder geval een uitbreiding van de waterinlaat. Ook in de Drassige Driehoek is een beperkte verlagingspotentiaal berekend.

Voor deze gebieden kan het verhogen van de stuwpeilen worden gezien als het 'fine-tunen' van de gewenste stuwpeilen, waarbij gestreefd wordt om de verlagingen zoveel mogelijk te beperken.

### **Infiltratiesloten scheiden van watersystemen Reeshof en Vossenberghoog**

Uit de discussie rondom de waterkwaliteit van het Wilhelminakanaal is gebleken dat het met name in de wintermaanden wellicht niet wenselijk is om water vanuit het Wilhelminakanaal in de watersystemen van de Reeshof en Vossenberghoog in te laten. Vanuit dit oogpunt is een iets gewijzigde versie van het alternatief 'water inlaten in de sloten direct langs het kanaal' beschouwd.

Bij dit alternatief worden de infiltratiesloten langs het kanaal afgesloten van het overige watersysteem. Het effect op het grondwater is in beginsel gelijk als bij het oorspronkelijke alternatief. Immers, de infiltratie vindt bij dit alternatief alleen plaats in de sloten langs het kanaal.

Voor het oppervlaktewatersysteem van met name de Reeshof is er wel een verschil. Bij het oorspronkelijke alternatief staan de watergangen met elkaar in verbinding zoals in de huidige situatie ook het geval is. Er



kan dus een stroming plaatsvinden. Wanneer de Moerse Dreef gescheiden wordt van het overige watersysteem, zijn er meerdere waterlopen die dood gaan lopen (figuur B14.1). Bij punt 1 is in de huidige situatie al een vaste stuw aanwezig, die voorkomt dat water vanuit de Moerse Dreef de Reeshof in kan. Dit betreft echter een tijdelijke situatie in verband met de overstort van een bergbezinkbassin. Gelijktijdig met de aanpassing van het Wilhelminakanaal kan ook deze overstort worden aangepakt en kan de stuw bij punt 1 worden verwijderd.



*Figuur B14.1: Watersysteem Reeshof en Vossenbergh*

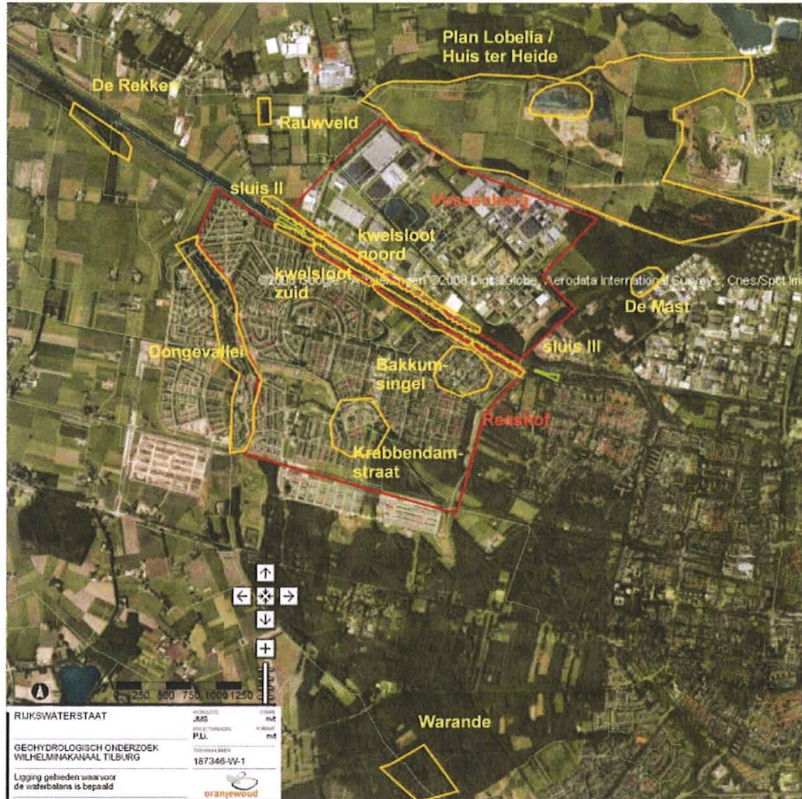
Bij de overige watergangen is in principe een verbinding met het watersysteem aanwezig. Door deze waterlopen af te sluiten, ontstaat in de noord-zuid-verbindingen stilstaand water. De enige stroming die in deze watergangen nog optreedt, is de afvoer van neerslag. Met name in de zomer is dit een ongewenste situatie.

In de Vossenbergh speelt dit probleem minder, omdat er hier toch al nauwelijks sprake is van een verbinding tussen de waterloop langs het kanaal en het overige watersysteem. Wel wordt overwogen om niet de kwelsloot direct langs het kanaal in te zetten, maar de sloot die langs de Duijnbergseweg ligt. In dat geval is een scheiding van het watersysteem niet mogelijk.

Geconcludeerd wordt dat in de zomer het voor de Reeshof ongewenst is om de Moerse Dreef af te sluiten van het overige watersysteem, omdat de waterkwaliteit in de noord-zuid-lopende watergangen negatief wordt beïnvloed. In de winter is het afsluiten van de watergangen wel een mogelijkheid.



## 15 Waterbalansen



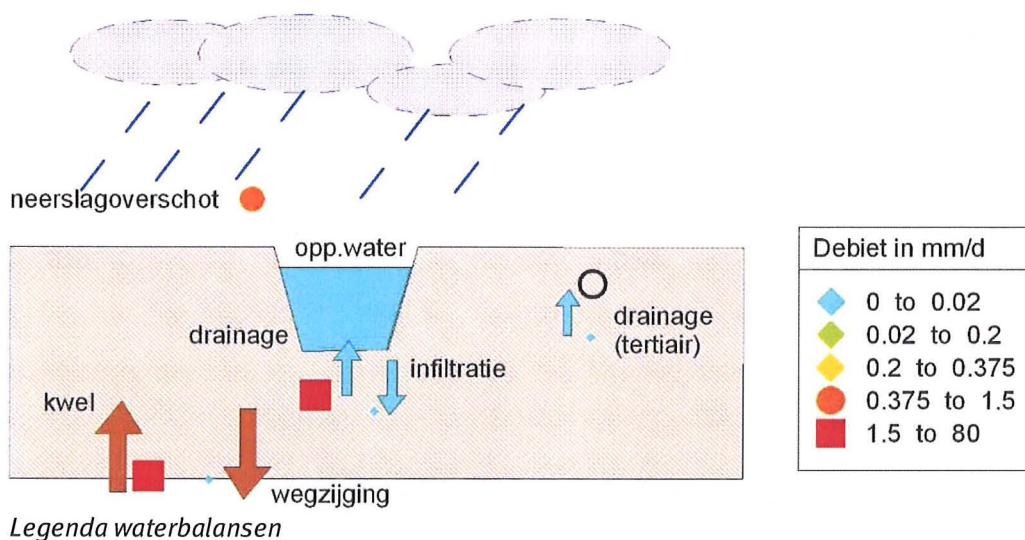
Ligging waterbalansgebieden



Ligging waterbalansgebieden - ingezoomd

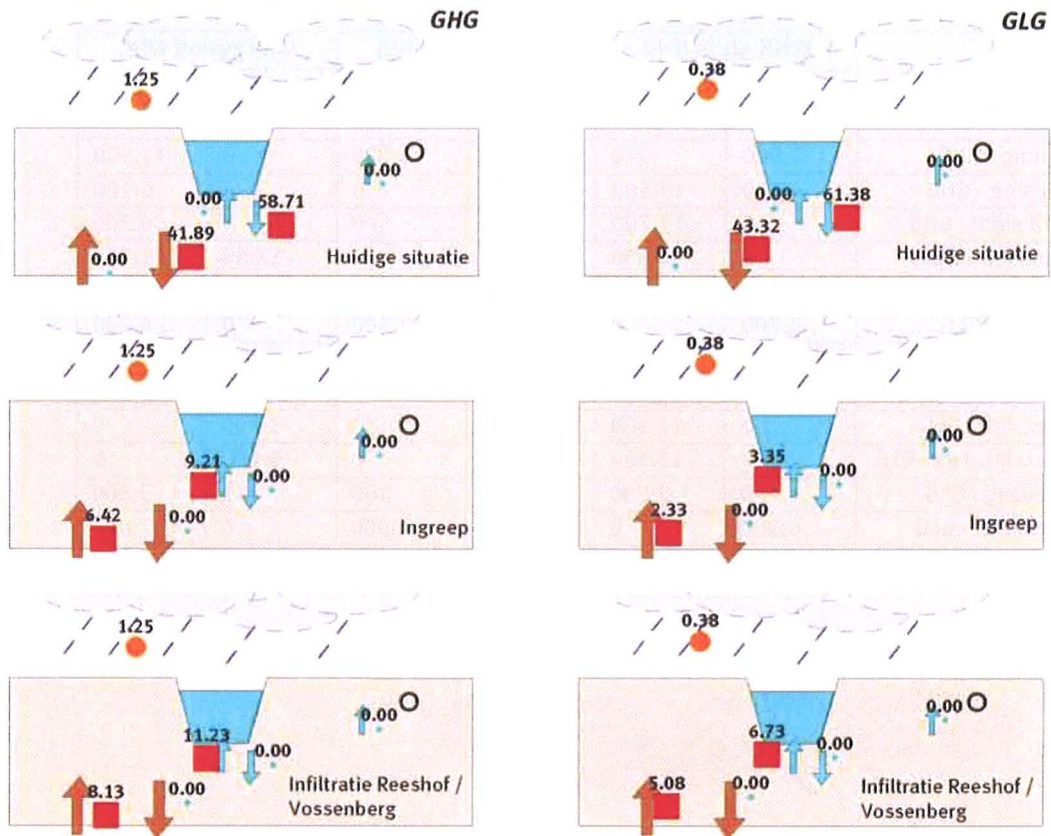
**Tabel B15.1: Waterbalans in m<sup>3</sup>/dag**

|                     | WHK sluis II-III |        | infiltratiesloten |       | omliggend wtg. |        |
|---------------------|------------------|--------|-------------------|-------|----------------|--------|
|                     | inf.             | drn.   | inf.              | drn.  | inf.           | drn.   |
| <b>GHG</b>          |                  |        |                   |       |                |        |
| Huidig - GHG        | 2.900            | 0      | 0                 | 3.100 | 0              | 11.900 |
| Ingreep - GHG       | 0                | 13.100 | 0                 | 0     | 0              | 6.100  |
| Infil.sloot - GHG   | 0                | 13.700 | 1.000             | 0     | 0              | 6.300  |
| Max. inf. - GHG     | 0                | 14.600 | 900               | 0     | 1.000          | 1.700  |
| <b>GLG</b>          |                  |        |                   |       |                |        |
| Huidig - GLG        | 3.700            | 0      | 0                 | 2.300 | 0              | 6.000  |
| Ingreep - GLG       | 0                | 10.100 | 0                 | 0     | 0              | 1.400  |
| Infil.sloot - GLG   | 0                | 10.900 | 1.300             | 0     | 0              | 4.500  |
| Max. inf. - GLG     | 0                | 12.300 | 1.100             | 0     | 3.700          | 0      |
| Max. inf. 1dg - GLG | 0                | 15.500 | 4.500             | 0     | 6.500          | 0      |
| Kleilaag - GLG      | 0                | 2.800  | 0                 | 300   | 0              | 3.800  |
| 2 sluizen - GLG     | 6.500            | 0      | 0                 | 4.000 | 0              | 7.000  |

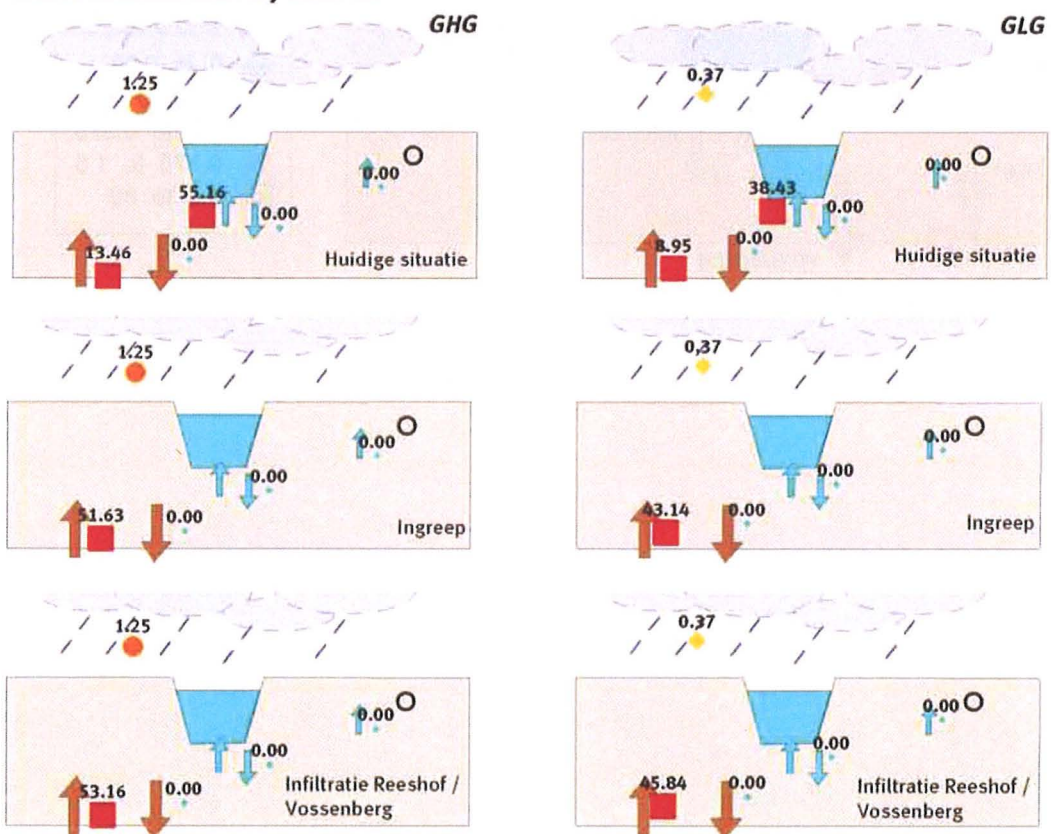




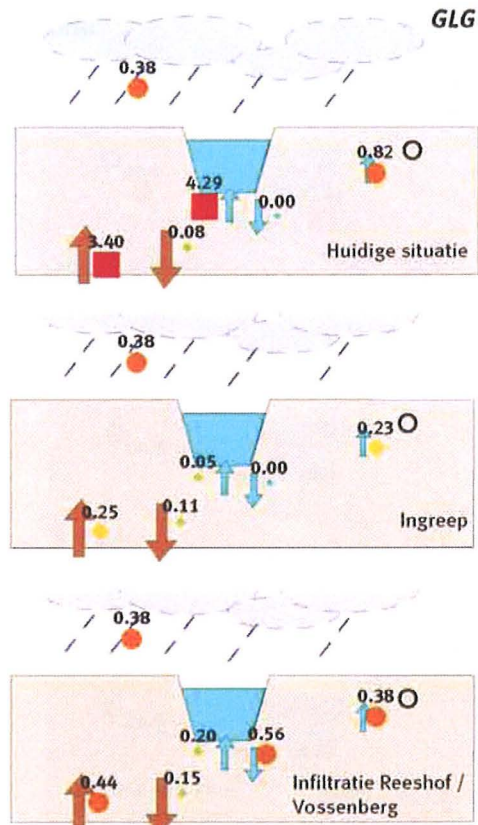
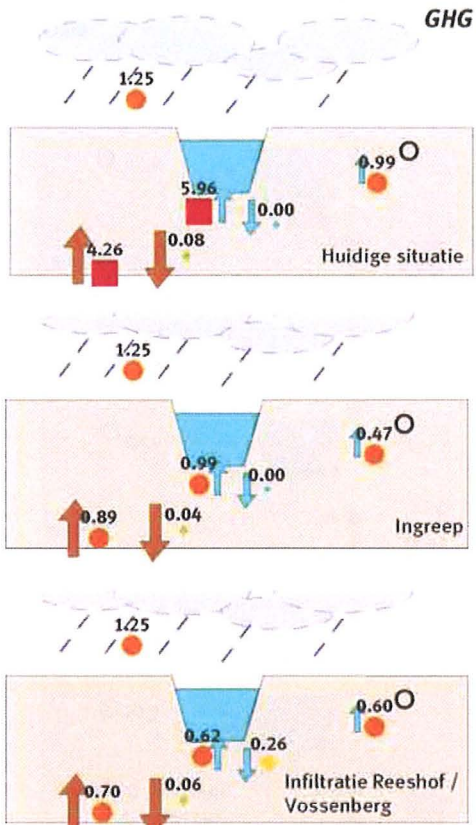
### Wilhelminakanaal bij sluis II



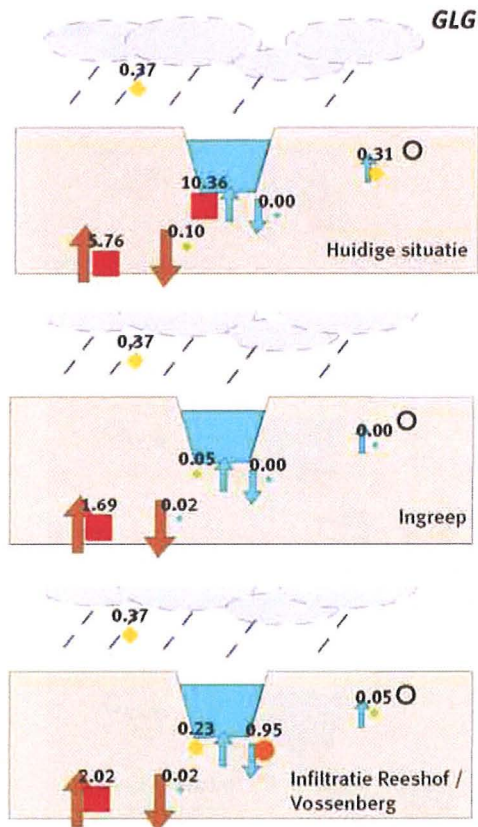
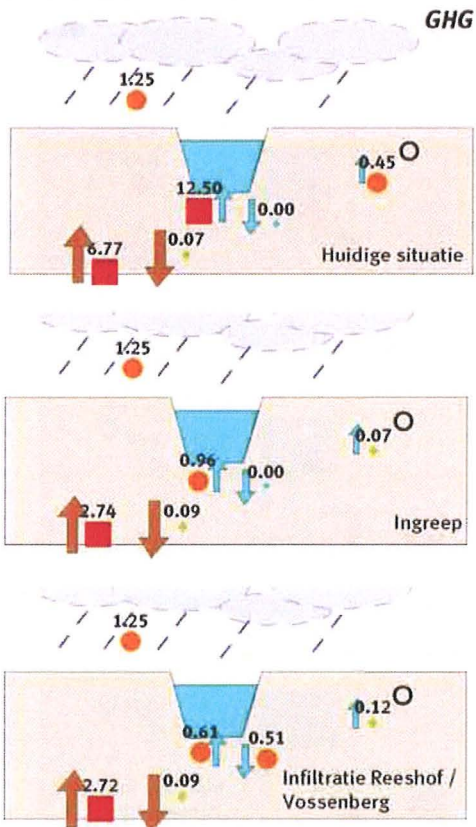
### Wilhelminakanaal bij sluis III



**Kwelsloot noordkant - deel 1**

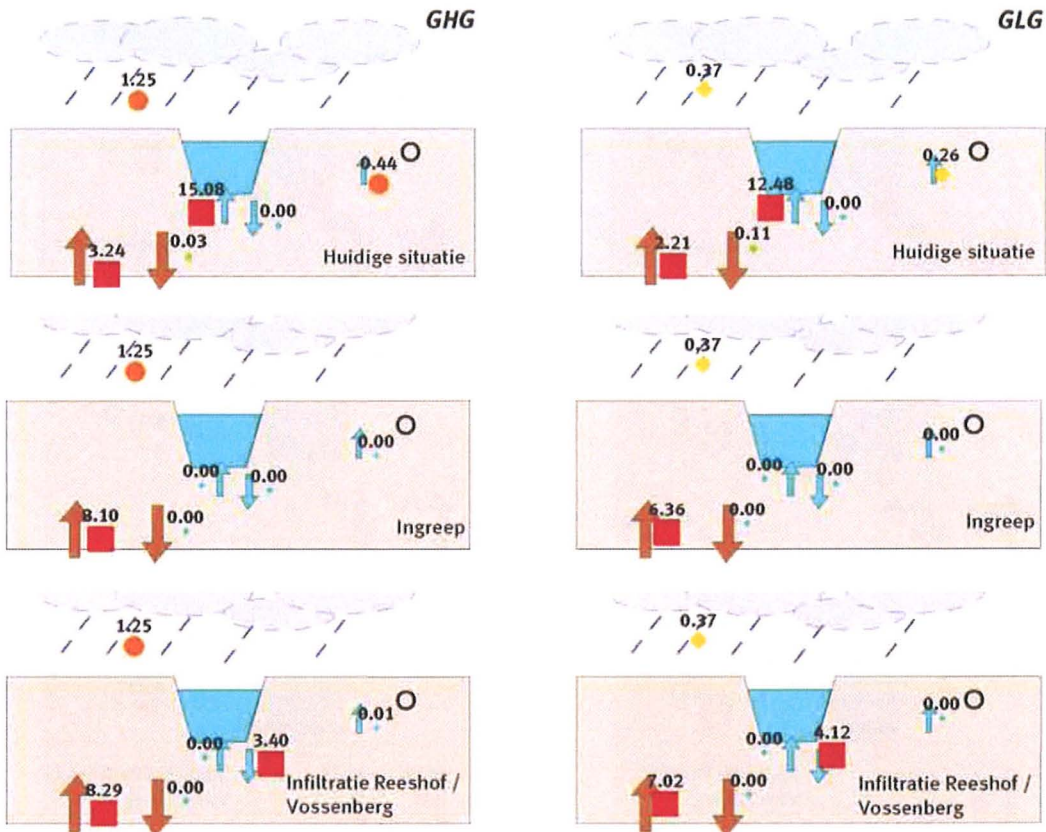


**Kwelsloot noordkant - deel 2**

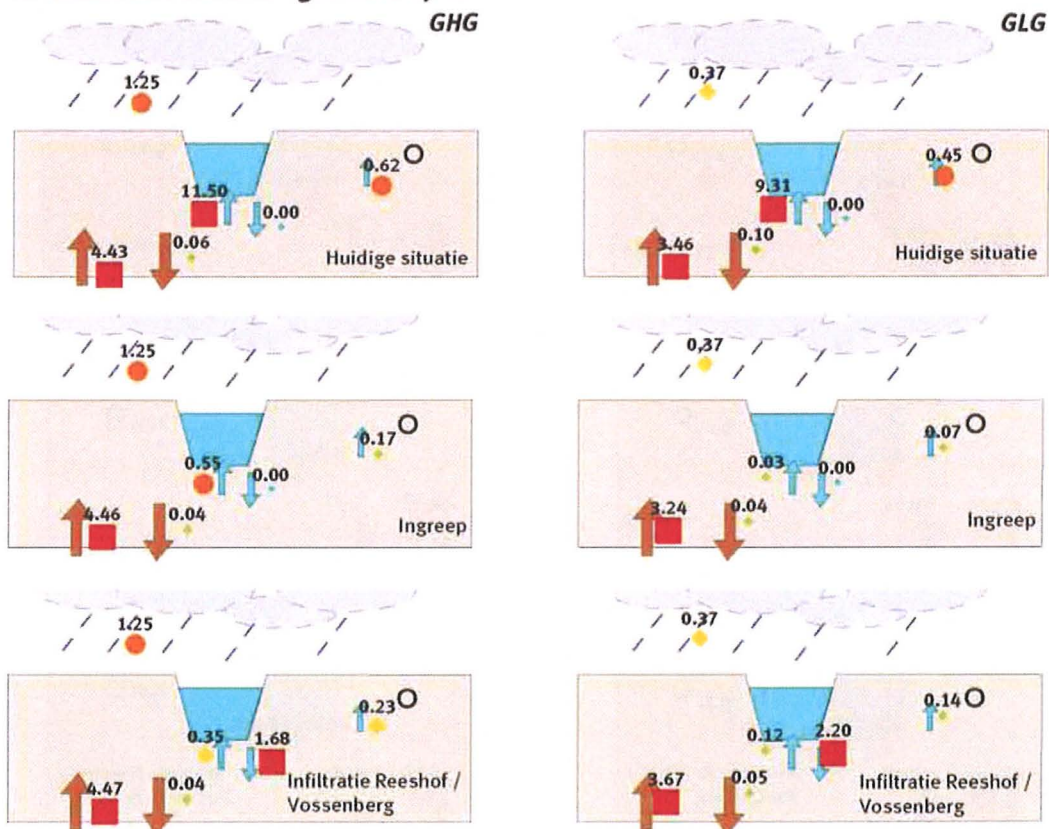




### Kwelsloot noordkant - deel 3

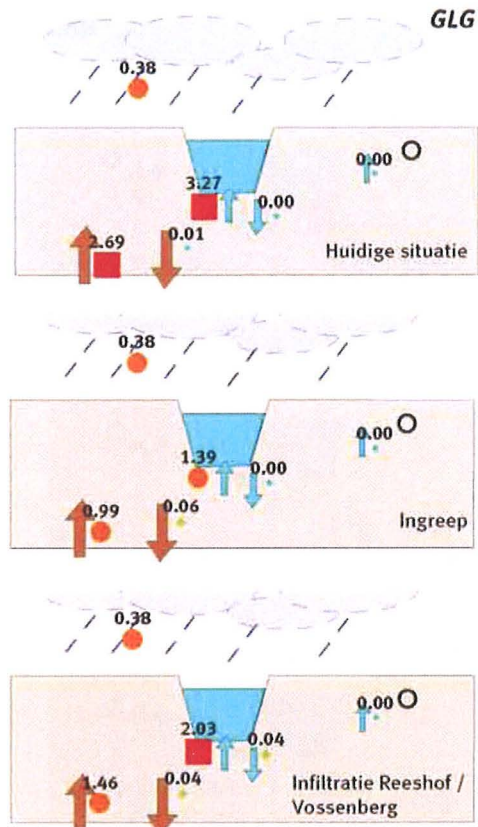
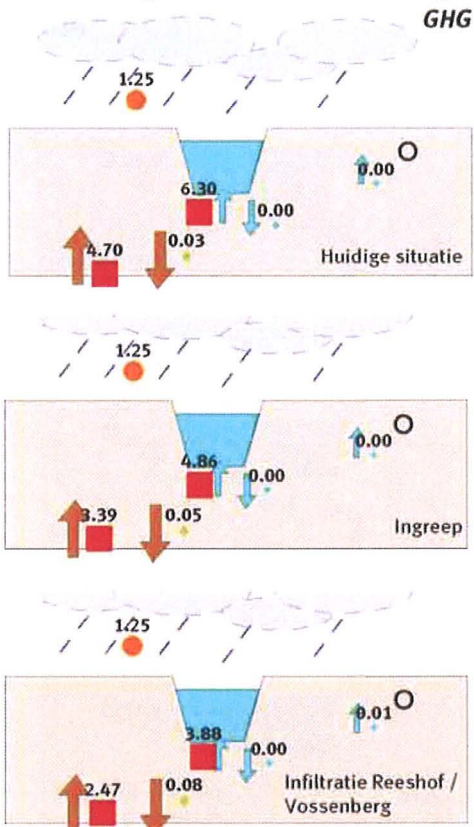


### Kwelsloot noordkant - gehele traject

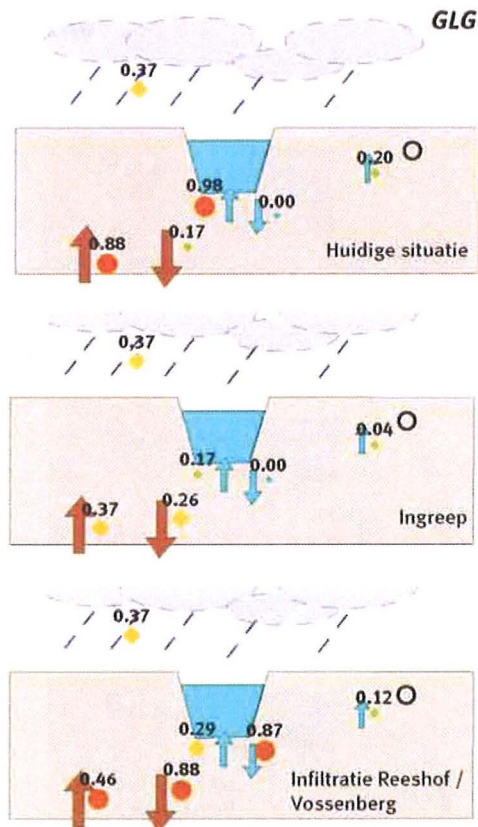
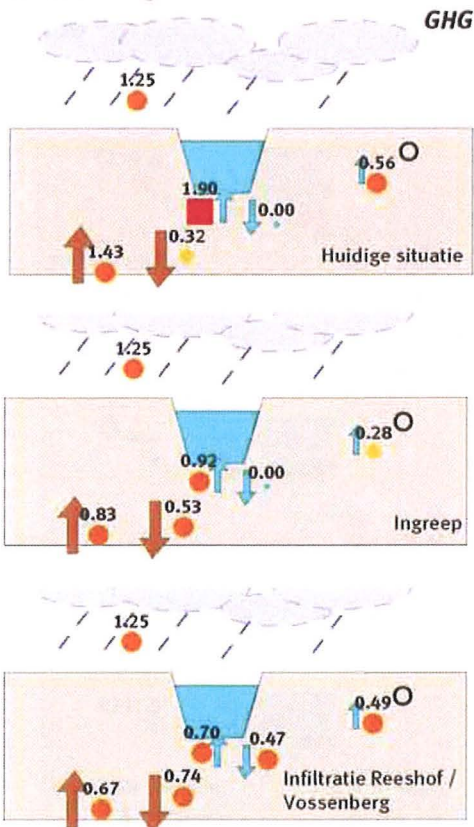




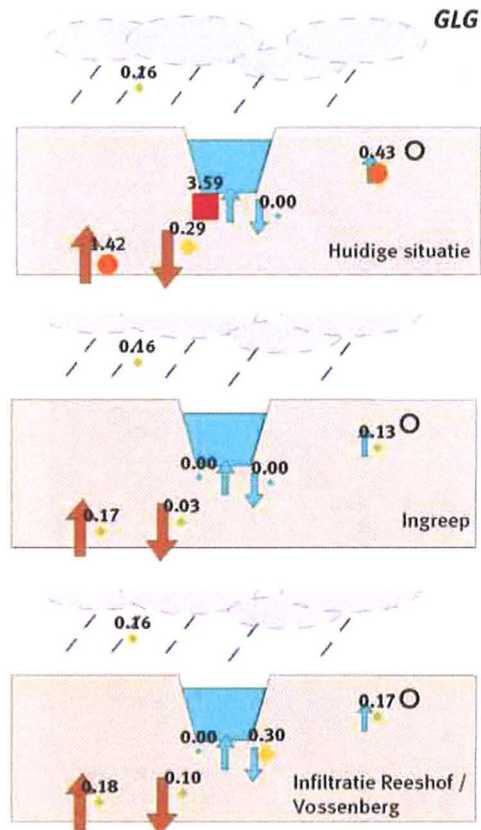
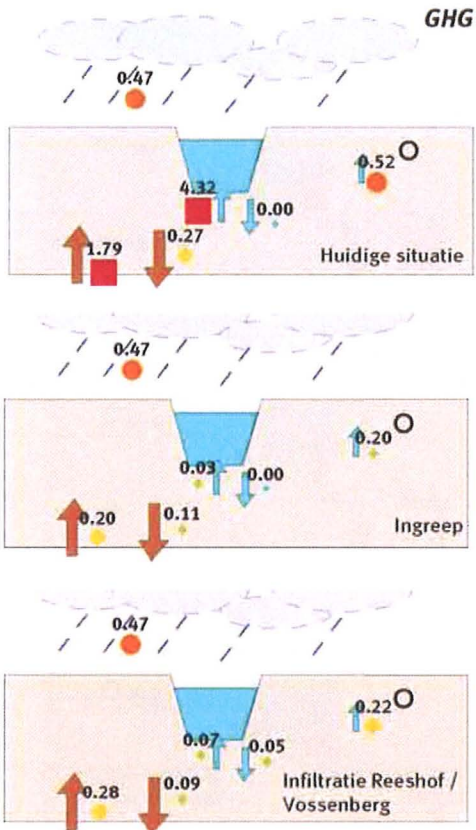
**Vossenberg - Gesworenhoekseweg**



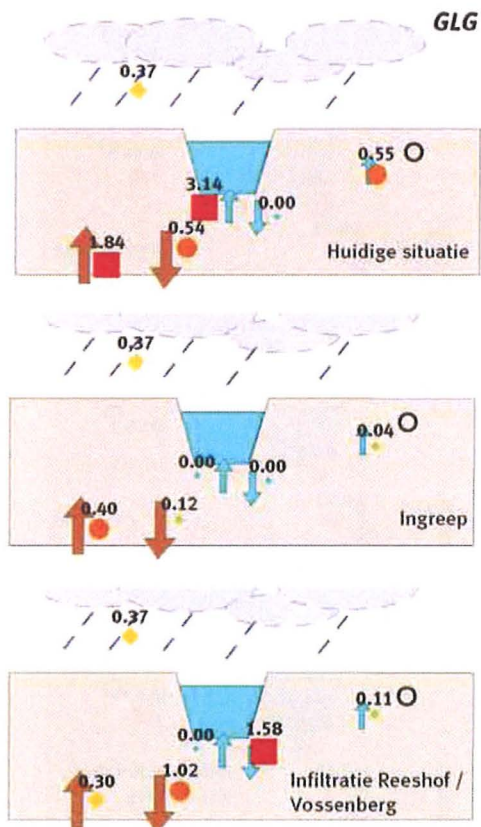
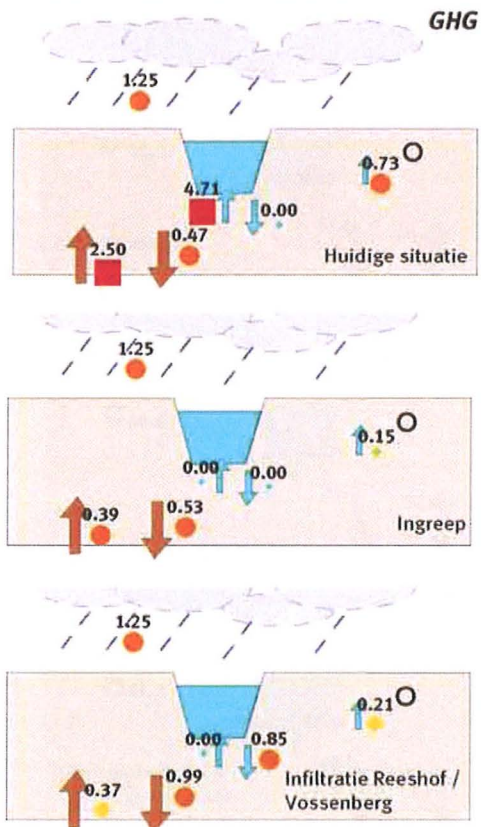
**Vossenberg**



**Kwelsloot zuidkant - deel 1**

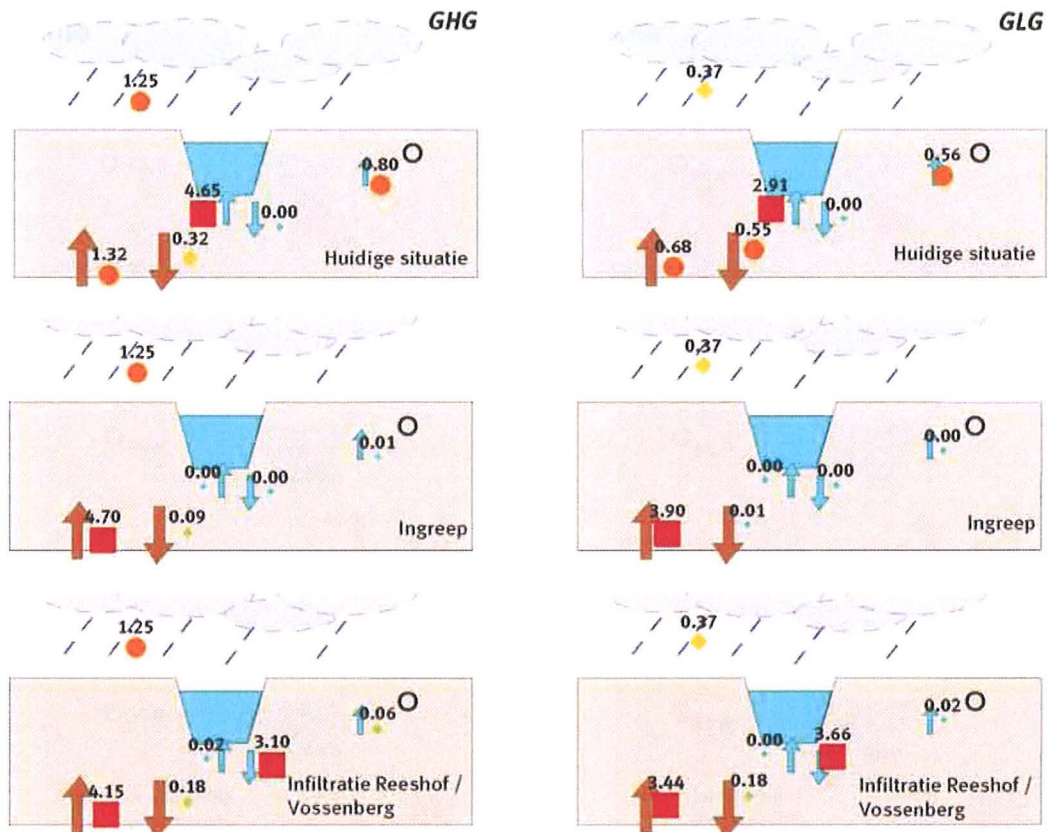


**Kwelsloot zuidkant - deel 2**

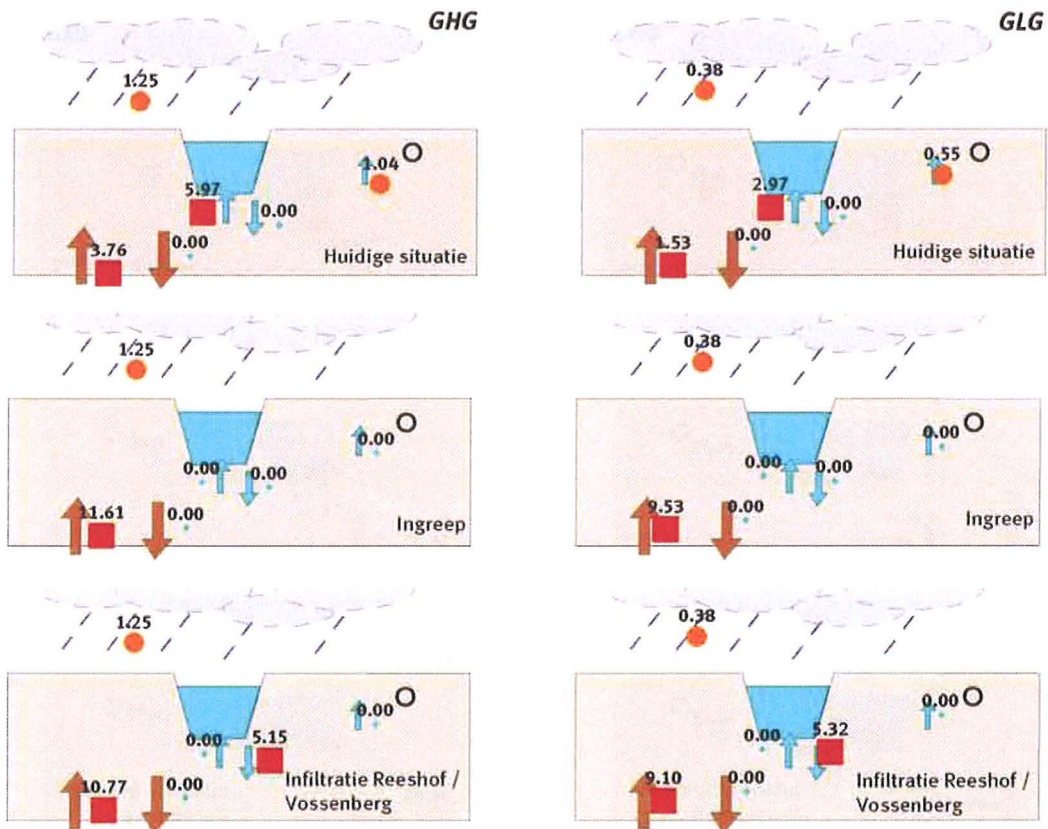




**Kwelsloot zuidkant - deel 3**

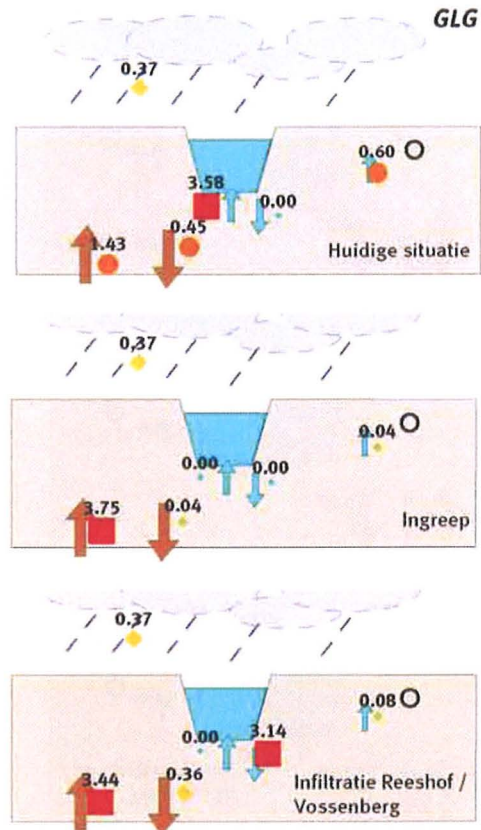
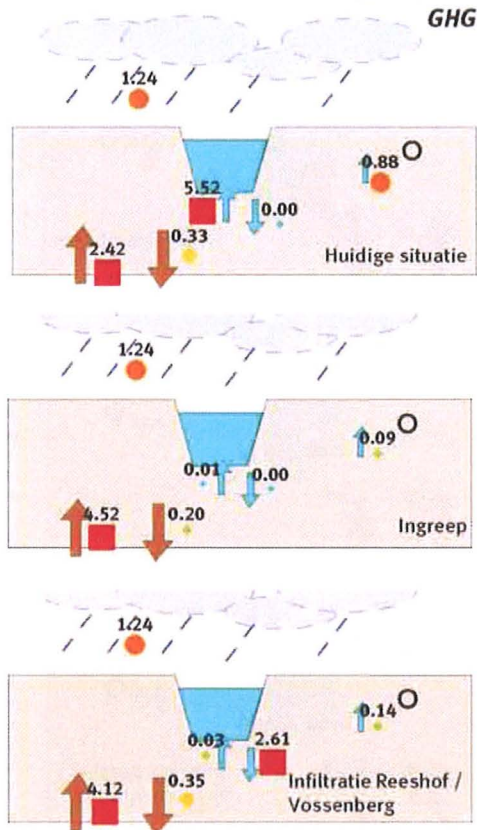


**Kwelsloot zuidkant - deel 4**

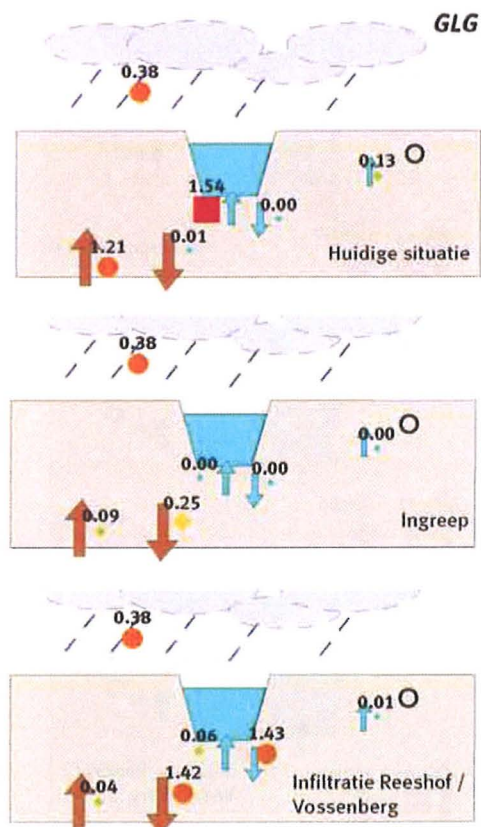
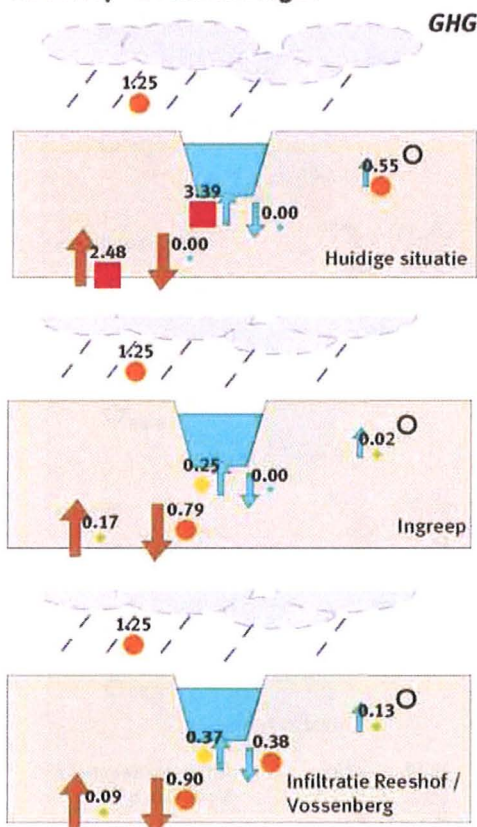




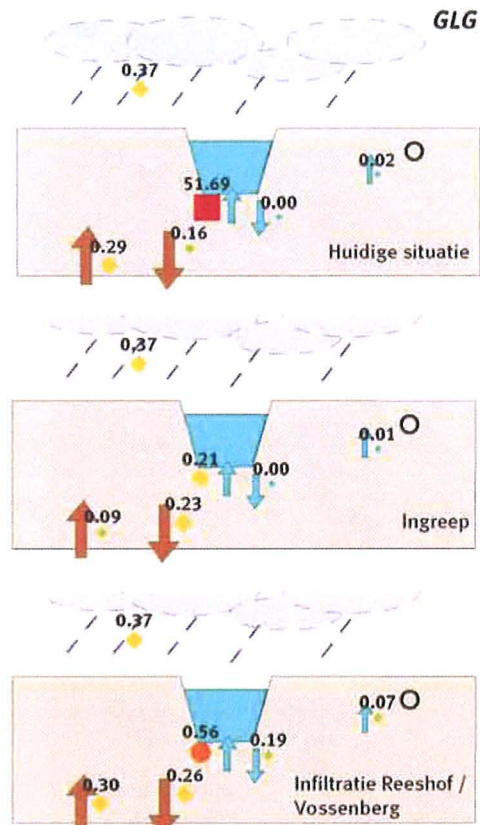
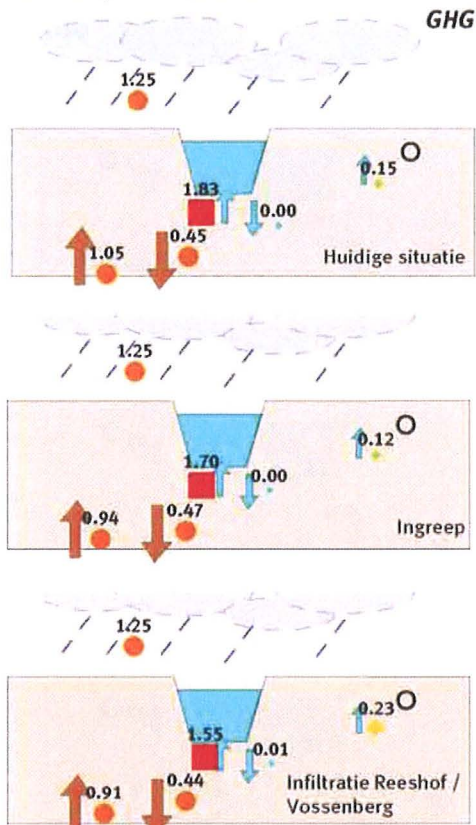
### Kwelsloot zuidkant - volledig traject



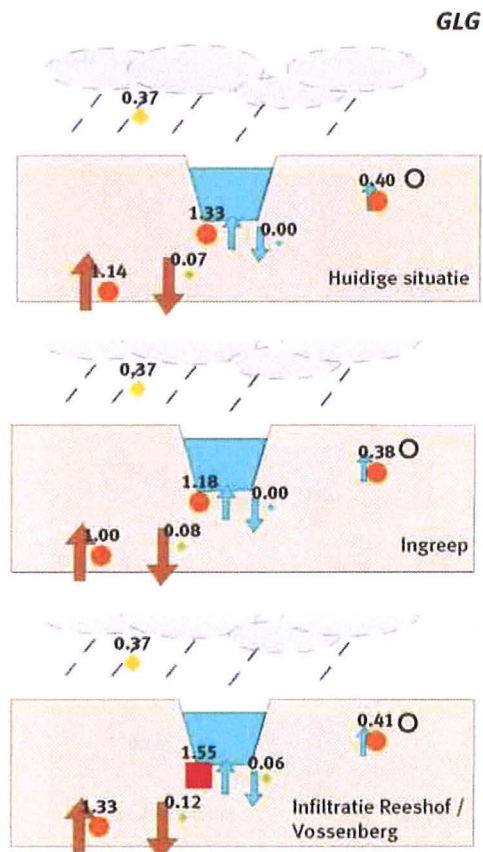
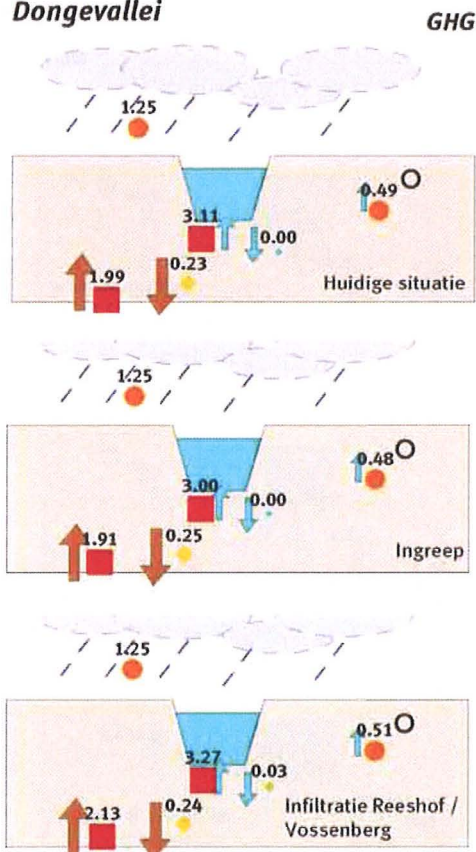
### Reeshof - Bakkumsingel



### Reeshof - Krabbendamstraat

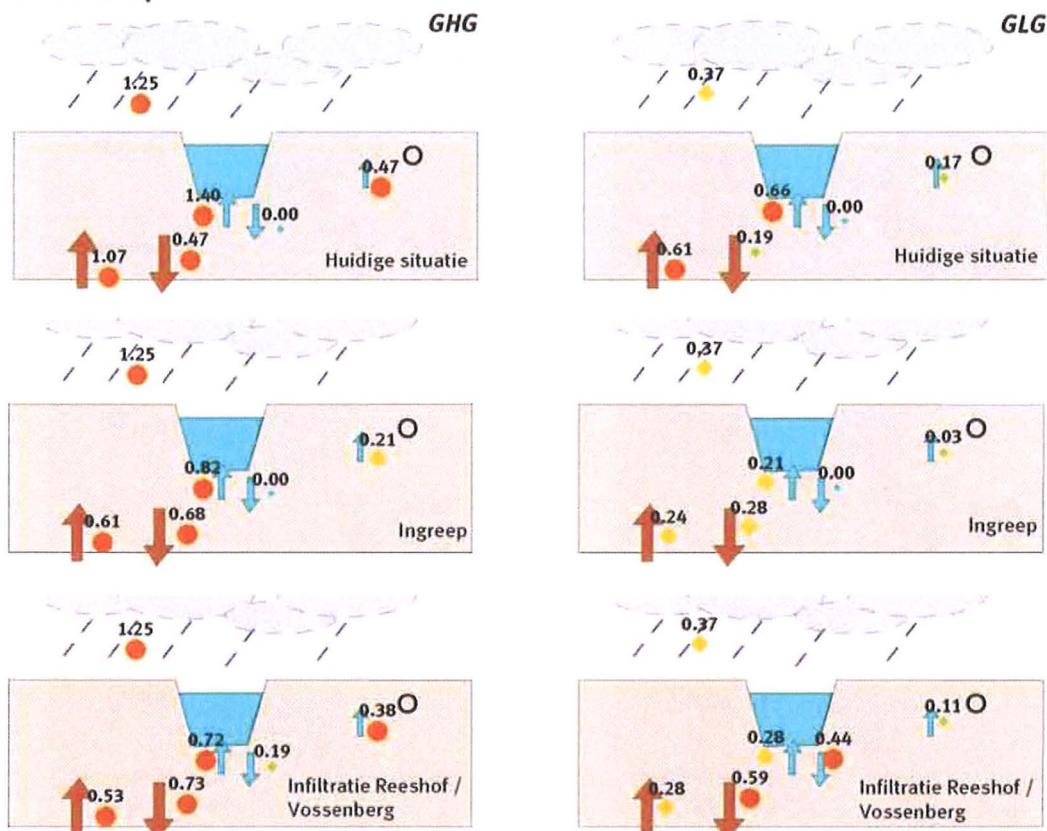


### Dongevallei

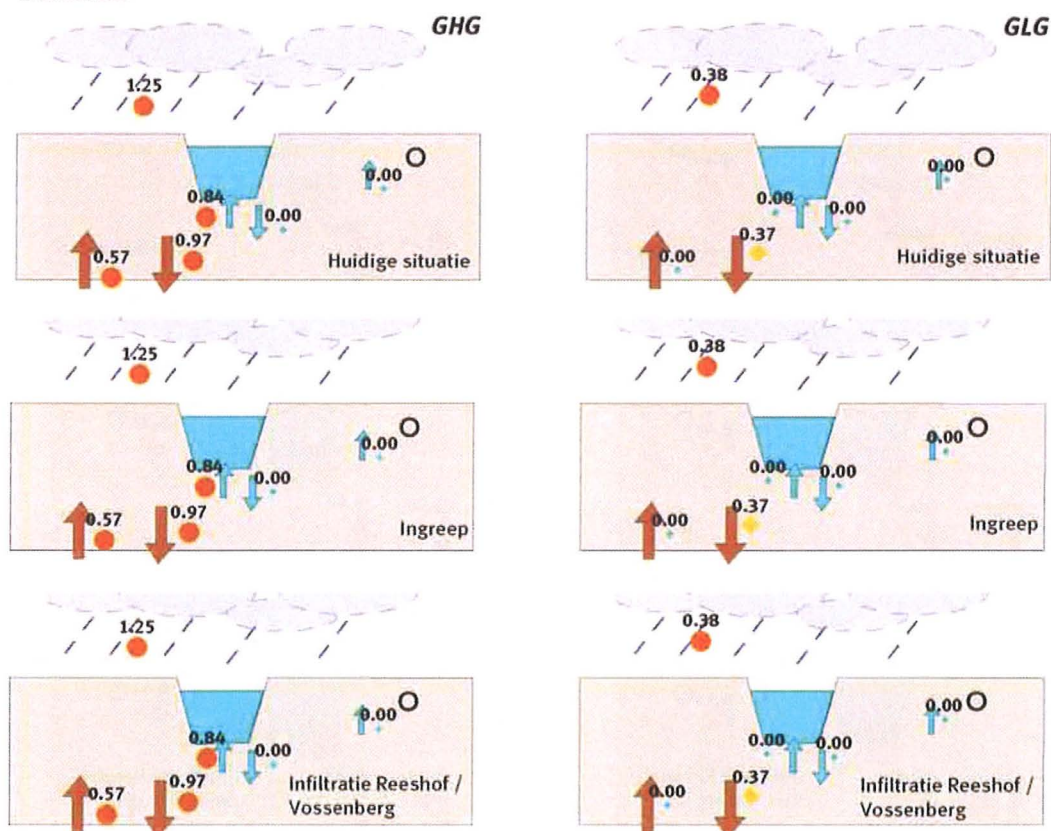




### De Reeshof

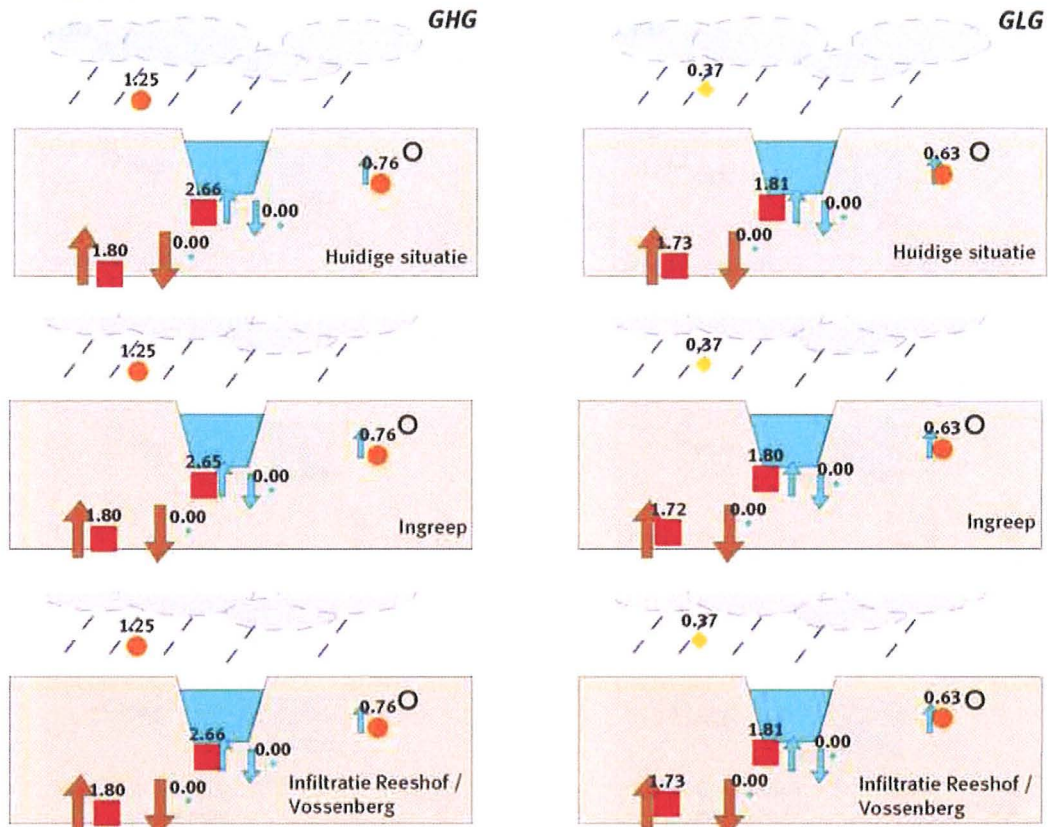


### Warande

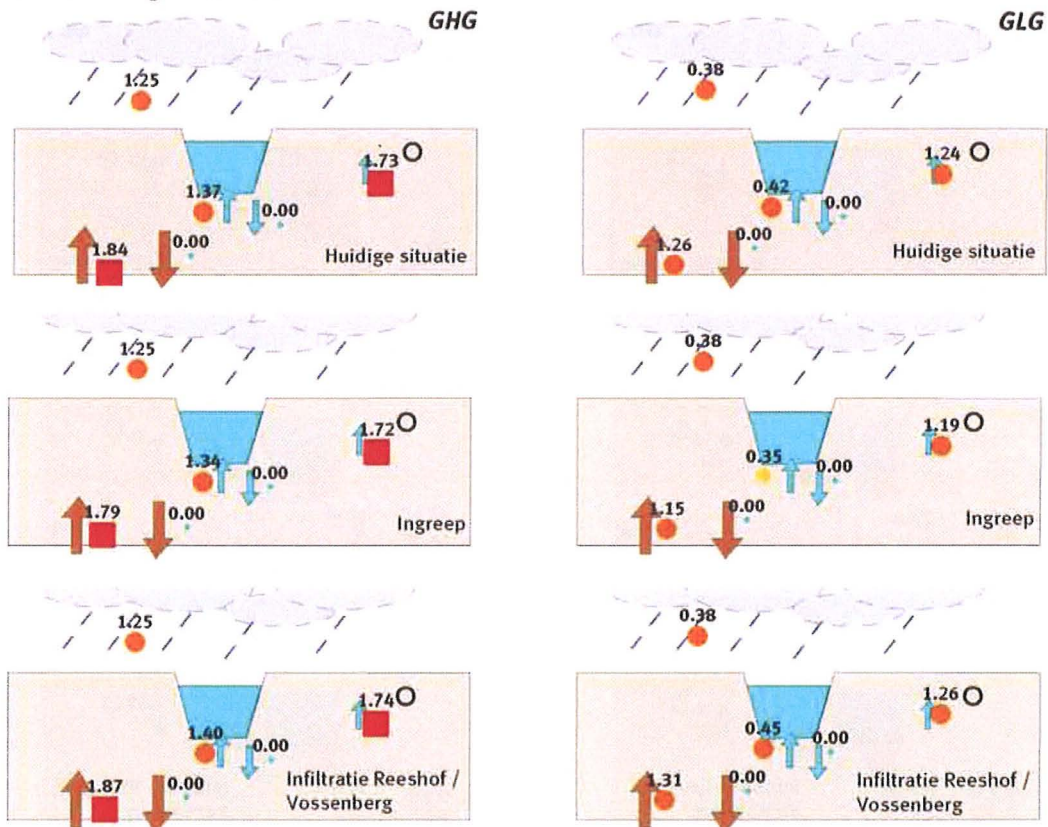




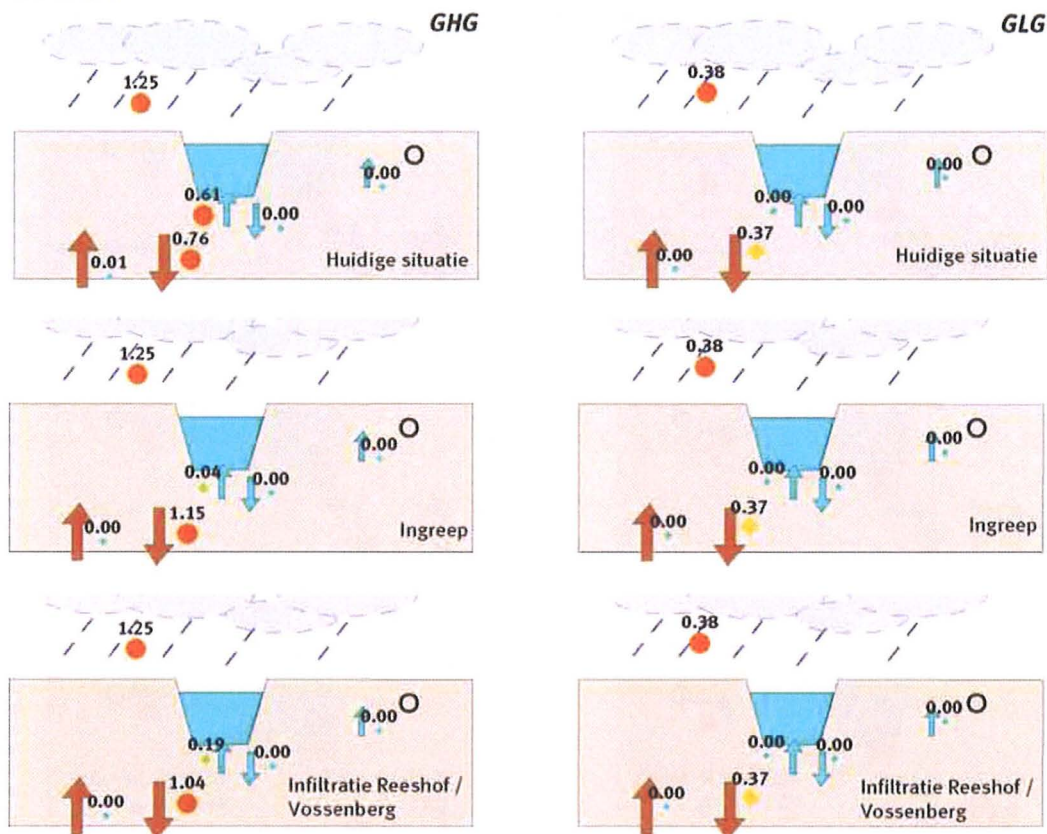
**De Rekken**



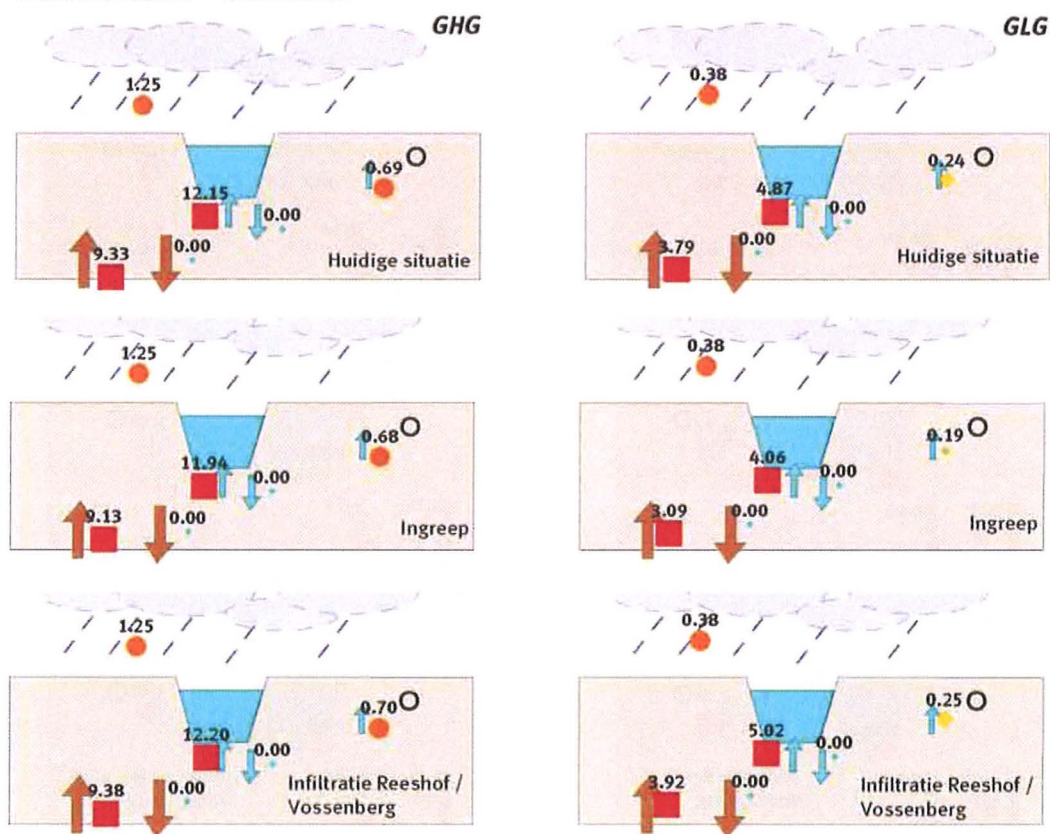
**Vossenbergh - Rauwveld**



**De Mast**

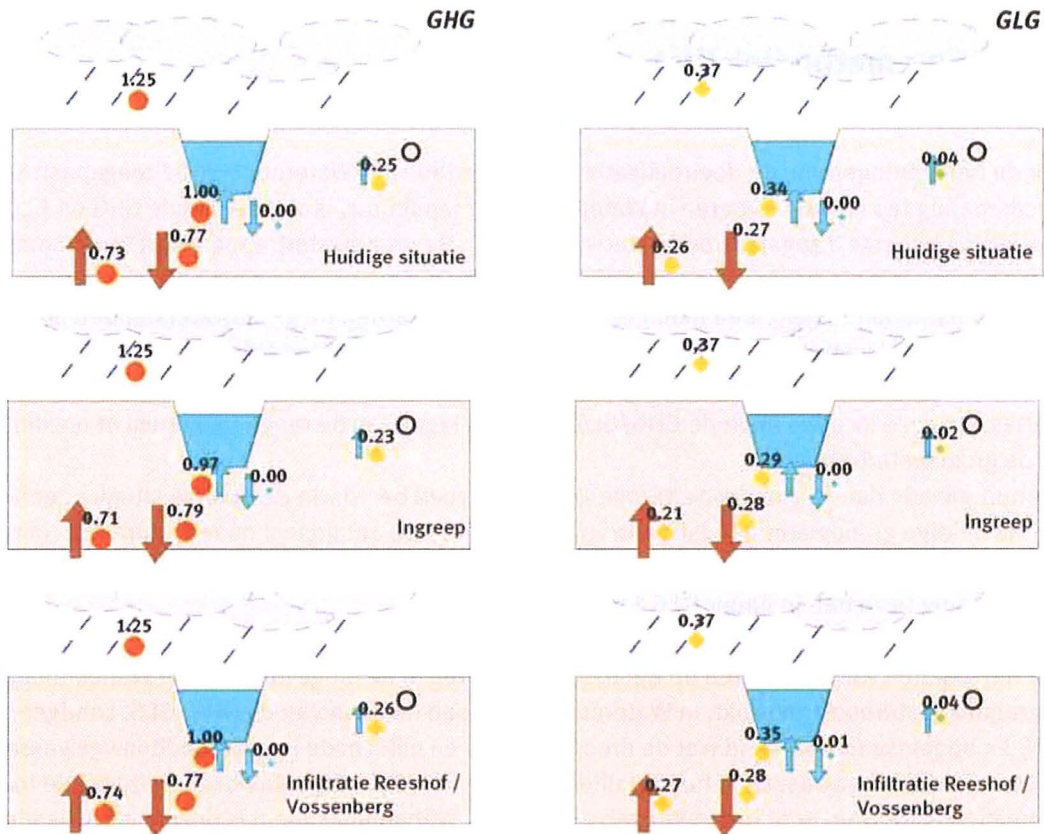


**Huis ter Heide - 't Leikeven**





**Huis ter Heide - Plan Lobelia**



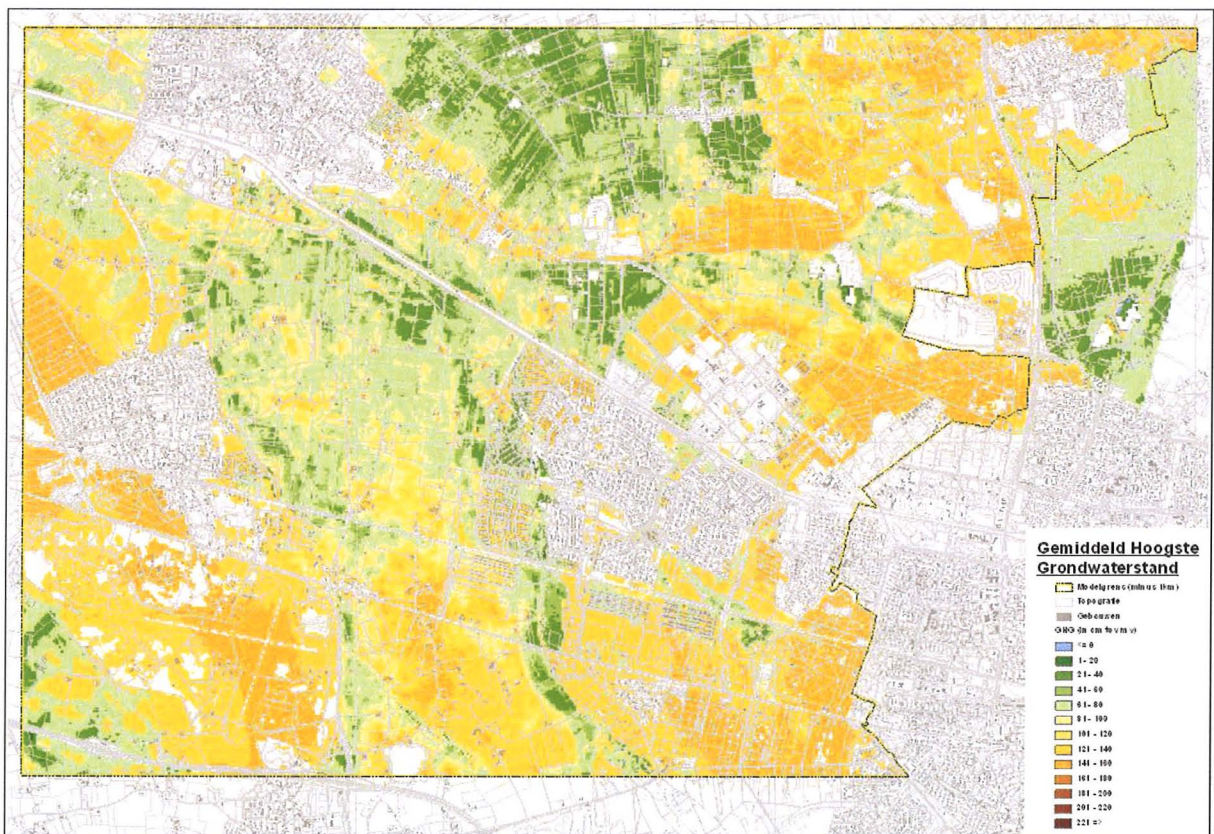


## 16 Toelichting methodiek Waterlood

Voor de berekeningen van de doelrealisatie van de landbouw is Waterlood 2007 toegepast. Om een effectbepaling te kunnen uitvoeren in Waterlood voor landbouw, is vlakdekkende GHG en GLG data (Gemiddeld Hoogste/Laagste Grondwaterstand) nodig. De grondwatertrappenkaart (opgenomen in hoofdstuk 4) geeft hiervoor niet voldoende inzicht, omdat deze van een range in mogelijke grondwaterstanden uitgaat (een minimum en maximum waarde). De grondwaterstanden uit het grondwatermodel welke voor deze studie gebruikt wordt, blijken goed toepasbaar. Echter, deze grondwaterstanden blijken niet volledig overeen te komen met de grondwatertrappenkaart op enkele locaties. Op deze locaties blijkt de GHG/GLG hoger of lager dan de range (minimum of maximum waarde) van de grondwatertrappen.

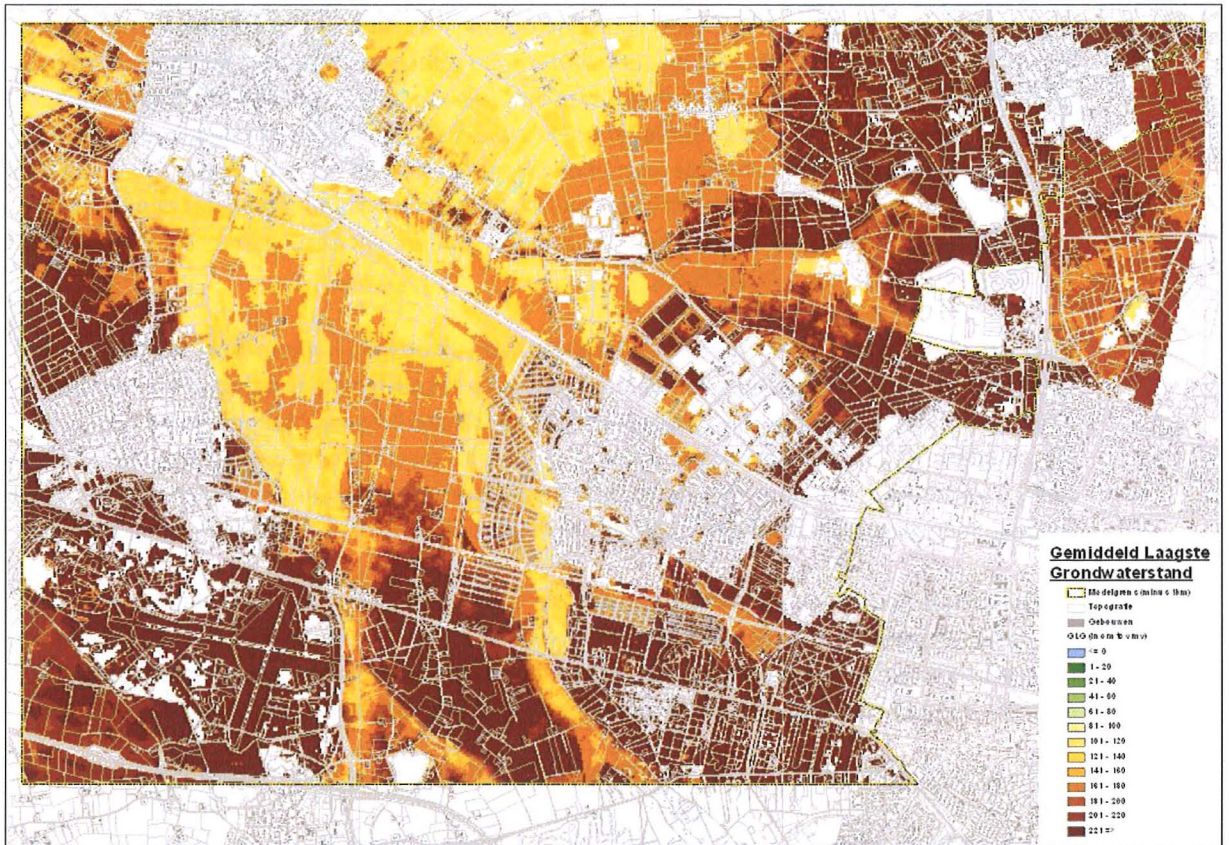
Er vanuit gaande dat de grondwatertrappenkaart een goed beeld van de huidige situatie geeft, is het beeld voor de huidige grondwaterstands situatie van de GHG en GLG aangepast naar de minimum of maximum waarde van de grondwatertrappen. De grondwaterstandkaarten die hieruit voortvloeien voor de GHG en GLG zijn terug te vinden in figuur B16.1 en B16.2.

Voor het bepalen van de effecten op agrarische gebieden in de omgeving van het Wilhelminakanaal is het programma Waterlood gebruikt. In Waterlood wordt aan de hand van de GHG, GLG, Landgebruiksk kaart (LGN) en bodemkaart berekend wat de droogteschade en natschade is voor landbouwgewassen. In hoeverre landbouwgewassen in hun totaliteit goed gedijen is in het totaalbeeld, oftewel de totale doelrealisatie, te zien. Voor het studiegebied rond het Wilhelminakanaal is deze doelrealisatie berekend.



Figuur B16.1: Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (berekend adhv grondwatertrappenkaart)





Figuur B16.2: Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (berekend adhv grondwatertrappenkaart)

Met Waterlood 2007 komt het voor dat het programma van bepaalde percelen geen doelrealisatie kan bepalen. Waar dit voorkwam, zijn de betreffende percelen 'doorzichtig' gemaakt. In figuur B16.3 zijn deze doorzichtige percelen weer zichtbaar gemaakt door het onderliggende grondgebruik te tonen. Het gaat om een klein aantal percelen.



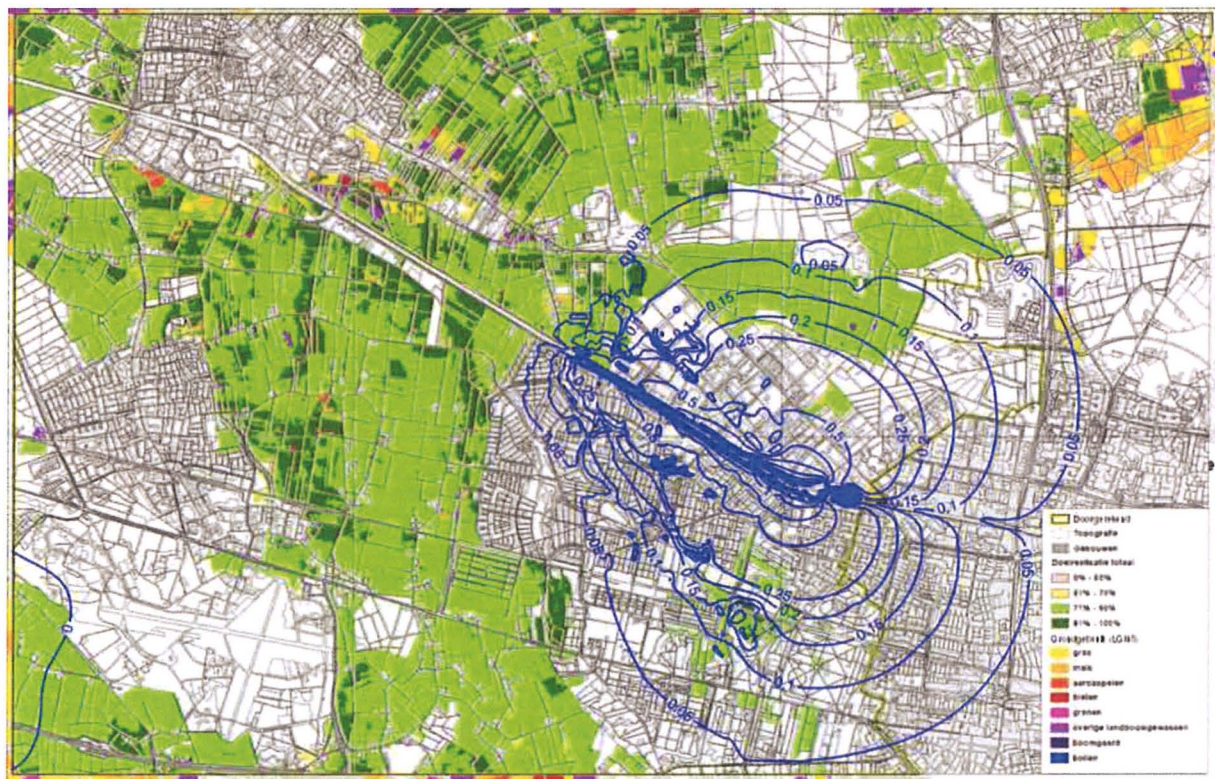
Figuur B16.3: Percelen zonder doelrealisatie Waterlood (LGN)



*In de Integrale Gebieds Analyse (IGA) voor Oosterhout-Waalwijk en Bovenlopen Donge (Waterschap Brabantse Delta, gestart 2007) is ook een Waternood-analyse uitgevoerd. De Waternood-analyse voor de Bovenlopen Donge komt grotendeels overeen met het beeld zoals getoond in hoofdstuk 5, maar laat wel op een aantal plekken een iets positiever beeld zien. De Waternood-analyse van Oosterhout-Waalwijk blijkt echter veel minder overeen te komen met hoofdstuk 5. De waarden van de doelrealisatie in het grensgebied van beide IGA's, het Wilhelminakanaal, blijken ook niet op elkaar aan te sluiten. De opgemerkte verschillen hebben waarschijnlijk te maken met andere grondwaterstanddata welke voor de Waternood-analyses zijn gebruikt.*

Voor het oorspronkelijke berekende invloedsgebied van de kale ingreep is de doelrealisatie opnieuw uitgerekend. Bij het vergelijken van beide doelrealisatiekaarten blijkt dat er geen verandering optreedt in de doelrealisatiepercentages. Dit betekent dat voor de landbouwgebieden binnen het uitstralingsgebied van de peilverlaging van het Wilhelminakanaal, de grondwaterstands daling blijkbaar geen effect heeft. Dit heeft voornamelijk te maken met de beperkte waterstands daling aan de randen van het uitstralingsgebied en de al lage grondwaterstanden in de gebieden met een sterkere grondwaterstands daling.

Bij de nieuwe berekeningen is gebleken dat het invloedsgebied groter is. Een afname van de doelrealisatie bij de kale ingreep is niet uit te sluiten, aangezien er nu grotere verlagingen in landbouwgebied optreden (figuur B16.4). Omdat ook vanuit andere belangen mitigerende maatregelen noodzakelijk zijn en hierbij geen verlaging meer optreedt in landbouwgebied, is de doelrealisatie niet opnieuw bepaald.



Figuur B16.4: Doelrealisatie huidige situatie en verlaging grondwaterstand bij kale ingreep (GLG)



## 17 Toelichting zettingsberekeningen

### 17.1 Inleiding

Ten gevolge van de reconstructie van het Wilhelminakanaal wordt blijvend, over een lengte van 3400 m, het kanaalpeil met 2,5 meter verlaagd. Het kanaalpeil wordt verlaagd van NAP +7,65 m naar NAP +5,15 m. Het freatisch vlak verloopt op voornoemd traject van west naar oost van NAP + 5,25 m naar NAP + 9,0 m. Het maaiveld verloopt van west naar oost van ca NAP + 7,3 m naar NAP + 11,9 m. De verlaging van de grondwaterstand leidt mogelijk tot bodemzettingen. De bebouwing is gedeeltelijk op staal gefundeerd.

Om de bodemopbouw en de zettingsgevoeligheid in beeld te brengen is twee maal grondonderzoek uitgevoerd. Het eerste onderzoek (Wiertsema, 17 februari 2009, pr.nr. VN-47311) omvatte het plaatsen van 35 sonderingen evenwijdig aan het kanaal en twee boringen die tot peilbuis zijn afgewerkt. Bij het tweede onderzoek (Wiertsema, 20 november 2009, pr.nr. VN-50599-1) zijn op iets grotere afstand vanaf het kanaal in het risicogebied in de Reeshof en Vossenbergrug nog 9 sonderingen en 2 boringen geplaatst. Tevens zijn bij de toekomstige sluis III 7 sonderingen geplaatst. Bij de boringen zijn 7 grondmonsters gestoken en is de samendrukbaarheid in het lab onderzocht.

Allereerst is de bodemopbouw over het gehele traject bekeken. Vervolgens is ingezoomd op sonderingen waarbij de ondergrond gevoelig(er) is voor zetting. Afsluitend is met MSettle een zettingsprognose voor het maaiveld en de bebouwing gedaan. Voor de MSettle-berekening (versie 7.3) is het KoppeJan-Terzaghi model met natuural strain toegepast.

#### Grondonderzoek

Er zijn in totaal 35 sonderingen met kleefmeting en met meting van de waterspanning gemaakt, 9 sonderingen met kleefmeting, allen tot ca. 15 m -mv. De sonderingen zijn genummerd DKP-1 t/m DKP-35 en DKM-101 t/m DKM-109. De 7 sonderingen bij sluis III (DKM-31 t/m DKM-37) zijn tot 30 m -mv. geplaatst, drie van deze sonderingen zijn met waterspanning uitgevoerd.

Het maaiveld varieerde van NAP +7,36 m tot NAP +13,49 m. De maximale diepte van het reguliere grondonderzoek strekte zich tot NAP -8,0 m uit. Bij sluis III is de bodem tot NAP -18,2 m onderzocht. Tevens zijn, tot ca. maaiveld -10 m, de boringen B01 (nabij sondering DKP-4) en B02 (nabij sondering DKP-31/-31) gemaakt. Per boring is een ondiep en diep filter aangebracht. Over beide filters is geen stijghoogteverschil aangetroffen. De filterstelling bedroeg bij B01 van NAP +4,5 m tot NAP +5,5 m en NAP +0,5 m tot NAP -0,5 m. De filterstelling bedroeg bij B02 van NAP +3,5 m tot NAP +4,5 m en NAP -0,5 m tot NAP -1,5 m. Het freatisch vlak bij de boringen varieerde van NAP +6,0 m (B02 / W1) en NAP +7,75 m (B01 / W2). Bij sondering DKP-32 en bij sondering DKM-107 zijn eveneens twee boringen tot ca. 10 m -mv. geplaatst. In totaal zijn hier 7 grondmonsters gestoken en in het lab onderzocht.

#### Bodemopbouw

Uit het grondonderzoek blijkt dat de ondergrond bestaat uit een vast tot matig vast gepakte zandlaag. Lokaal zijn op verschillende diepten silt- en kleilagen aangetroffen.

Bij enkele sonderingen, zoals DKP-19, DKP-33 en DKP-35 zijn tot ca. 1,2 m -mv. dunne samendrukbare laagjes aangetroffen. Aangenomen mag worden dat bij het realiseren van de fundering deze laagjes zijn verwijderd. Verder zijn bij verschillende sonderingen op een dieper niveau samendrukbare lagen aangetroffen. De sonderingen DKP-32 en DKP-107 zijn hierbij als meest samendrukbaar geselecteerd. Bij enkele andere sonderingen, met name DKP-04, DKP-18, DKP-29, DKP-35, DKM-104 en DKM-106 is de samendrukbaarheid meer 'gemiddeld'.

## 17.2 Eerste zettingsprognose

Bij de aangetroffen grondslag zijn ten behoeve van de zettingsprognose de volgende samendrukbare lagen met samendrukkingparameters gekarakteriseerd:

| NAAM                   | $q_c$ | $\gamma_{nat}$    | $\gamma_{droog}$  | $C'p$ | $Cp$ | $C's$ | $Cs$ | $C'_{10}{}^4$ | OCR  |
|------------------------|-------|-------------------|-------------------|-------|------|-------|------|---------------|------|
|                        | [MPa] | kN/m <sup>2</sup> | kN/m <sup>2</sup> | -     | -    | -     | -    | -             | -    |
| Leem                   | 1,0   | 18                | 18                | 25    | 75   | 320   | 1280 | 19            | 1,06 |
| Klei1                  | 1,0   | 17                | 17                | 15    | 45   | 160   | 480  | 11            | 1,06 |
| Klei2                  | 0,5   | 17                | 17                | 9     | 27   | 100   | 300  | 6,6           | 1,06 |
| Zand, grof, matig vast | 4     | 20                | 18                | 200   | 600  | -     | -    | 200           | 1    |
| Zand, grof, vast       | 12    | 20                | 18                | 600   | 1800 | -     | -    | 600           | 1    |

waarin:

- $q_c$  is de gemiddelde conusweerstand van de grondlaag
- $\gamma_{nat}$  nat soortelijk gewicht van de grond
- $\gamma_{droog}$  droog soortelijk gewicht van de grond
- $C'p$  primaire samendrukkingsconstante na grensspanning
- $Cp$  primaire samendrukkingsconstante voor grensspanning
- $C's$  seculaire samendrukkingsconstante na grensspanning
- $Cs$  seculaire samendrukkingsconstante voor grensspanning
- $C'_{10}{}^4$  samengestelde samendrukkingsconstante (primair en seculair) na grensspanning voor een tijdsperiode van ca 30 jaar
- OCR Over Consolidation Ratio, is de mate waarin de grond boven de huidige korrelspanning belast is geweest

De maximale verlaging van het freatisch vlak (GLG) zal volgens opgave, als gevolg van het verlagen van het kanaalpeil, 2 meter bedragen. De maximale afstand waarbinnen een verlaging van het freatisch vlak met minimaal 0,1 meter optreedt, bedraagt hierbij 1000 meter.

Voor de volgende sonderingen is de volgende bodemopbouw geschematiseerd:

| DKP-04                                |                        | DKP-18                               |                        |
|---------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| bk-laag [NAP + m]                     | omschrijving           | bk-laag [NAP + m]                    | omschrijving           |
| 8,6                                   | Zand, grof, matig vast | 8,5                                  | Zand, grof, matig vast |
| 4,5                                   | Leem                   | 7,0                                  | Klei2                  |
| 1,0                                   | Zand, grof vast        | 6,5                                  | Zand, grof vast        |
| Verlaging: van NAP+5,25 naar NAP+5,15 |                        | Verlaging: van NAP+6,5 naar NAP+5,15 |                        |

| DKP-29                                |                        | DKP-32                                |                        |
|---------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| bk-laag [NAP + m]                     | omschrijving           | bk-laag [NAP + m]                     | omschrijving           |
| 11,5                                  | Zand, grof, matig vast | 11,5                                  | Zand, grof, matig vast |
| 7,0                                   | Klei1                  | 8,0                                   | Klei1                  |
| 6,25                                  | Zand, grof vast        | 6,5                                   | Zand, grof vast        |
| Verlaging: van NAP+7,75 naar NAP+5,75 |                        | Verlaging: van NAP+8,25 naar NAP+6,25 |                        |

| DKP-35                              |                        |
|-------------------------------------|------------------------|
| bk-laag [NAP + m]                   | omschrijving           |
| 13,4                                | Zand, grof, matig vast |
| 9,0                                 | Klei1                  |
| 7,5                                 | Zand, grof vast        |
| Verlaging: van NAP+9,0 naar NAP+7,0 |                        |

## Berekeningsresultaten

In onderstaande tabel staan per sondering de te verwachten maaiveldzetting en zetting van de bebouwing weergegeven

| sondering | huidig freatisch vlak | toekomstig freatisch vlak | minimale zetting | berekende zetting | maximale zetting |
|-----------|-----------------------|---------------------------|------------------|-------------------|------------------|
|           | [NAP +m]              | [NAP +m]                  | [mm]             | [mm]              | [mm]             |
| DKP4      | 5,25                  | 5,15                      | nihil            | nihil             | nihil            |
| DKP18     | 6,5                   | 5,15                      | -                | 0*                | -                |
| DKP29     | 7,75                  | 5,75                      | 5                | 10                | 15               |
| DKP32     | 8,25                  | 6,25                      | 13               | 18                | 24               |
| DKP35     | 9,0                   | 7,0                       | 6                | 9                 | 12               |

\* freatisch vlak ligt net onder de kleilaag

De berekeningen zijn uitgevoerd met standaardparameters uit tabel 1 van de NEN6740.

De berekeningsresultaten hebben een bandbreedte van 60% ten opzichte van de berekende zetting. Indien de bebouwing gelijkmatig zet zal geen schade optreden. Een constructeur dient derhalve, in samenspraak, het gevaar van mogelijke verschilzettingen in de bebouwing te beschouwen.

## Analyse grondwaterstandsverlaging en bodemzetting

Om in beeld te kunnen brengen bij welke grondwaterstandsverlaging er sprake is van een zettingsrisico, is voor DKP-32 (worst case) de bodemzetting bij verschillende verlagingen berekend.

| sondering | huidig freatisch vlak | verlaging | minimale zetting | berekende zetting | maximale zetting |
|-----------|-----------------------|-----------|------------------|-------------------|------------------|
|           | [NAP +m]              | [m]       | [mm]             | [mm]              | [mm]             |
| DKP32     | 8,25                  | 2,0       | 13               | 18                | 24               |
| DKP32     | 8,25                  | 1,5       | 11               | 16                | 21               |
| DKP32     | 8,25                  | 1,0       | 8                | 12                | 16               |
| DKP32     | 8,25                  | 0,5       | 3                | 5                 | 7                |

Uit de berekeningen blijkt dat bij een verlaging van meer dan 0,75 m er een bodemzetting van meer dan 1 cm kan ontstaan.

## Conclusie eerste berekeningen

De berekende zetting als gevolg van de geplande verlaging van het kanaalpeil varieert van 0 tot ca 25 mm waarbij vooral de verschilzettingen in de bebouwing of infrastructuur (relatieve rotatie > 1:600) tot schade leidt. Daarbij kan worden aangenomen dat er geen scherpe overgangen in de ondergrond aanwezig zullen zijn omdat de bodemopbouw op grotere diepte op natuurlijke wijze is ontstaan.

Indien geen of onvoldoende compenserende maatregelen worden getroffen om zettingschade aan bebouwing of infrastructuur uit te sluiten, wordt aanvullend grondonderzoek aanbevolen.

Hiervoor worden in een ruimer gebied rondom het kanaal, in de invloedzone, sonderingen geplaatst. Tevens wordt aanbevolen om ter plaatse van sondering DKP-32 grondmonsters te nemen waarop, ter verificatie van de aangenomen parameters, samendrukkingsproeven worden uitgevoerd.

Naar verwachting loont het de inspanning om op basis van het aanvullende grondonderzoek nogmaals het gebied op zettingsgevaar te beschouwen voordat zettingsreducerende maatregelen worden getroffen.



## 17.3 Aanvullende berekeningen n.a.v. laboratoriumonderzoek

### Zettingsprognose

Bij de aangetroffen grondslag zijn ten behoeve van de zettingsprognose op basis van het grondonderzoek de volgende samendrukbare lagen met samendrukkingparameters gekarakteriseerd:

| NAAM                    | $q_c$<br>[MPa] | $Y_{nat}$<br>kN/m <sup>2</sup> | $Y_{droog}$<br>kN/m <sup>2</sup> | $C'_p$<br>- | $C_p$<br>- | $C'_s$<br>- | $C_s$<br>- | $C'_{10}{}^4$<br>- | OCR |
|-------------------------|----------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------|------------|-------------|------------|--------------------|-----|
| Leem, matig zandhoudend | 1              | 17,9                           | 17,9                             | 34          | 82         | 932         | 1570       | 31                 | 1,1 |
| leem, zandhoudend       | 1              | 20,5                           | 20,5                             | 52          | 94         | 428         | 837        | 41                 | 1,2 |
| zand, grof, matig vast  | 4              | 20                             | 18                               | 200         | 600        | -           | -          | 200                | 1,0 |
| zand, grof, vast        | 12             | 20                             | 18                               | 600         | 1800       | -           | -          | 600                | 1,0 |

waarin:

- $q_c$  is de gemiddelde conusweerstand van de grondlaag
- $Y_{nat}$  nat soortelijk gewicht van de grond
- $Y_{droog}$  droog soortelijk gewicht van de grond
- $C'_p$  primaire samendrukkingsconstante na grensspanning
- $C_p$  primaire samendrukkingsconstante voor grensspanning
- $C'_s$  seculaire samendrukkingsconstante na grensspanning
- $C_s$  seculaire samendrukkingsconstante voor grensspanning
- $C'_{10}{}^4$  samengestelde samendrukkingsconstante (primair en seculair) na grensspanning voor een tijdsperiode van ca 30 jaar
- OCR Over Consolidation Ratio, is de mate waarin de grond boven de huidige korrelspanning belast is geweest

De verlaging van het freatisch vlak (GLG) zal als gevolg van het verlagen van het kanaalpeil maximaal 2 meter bedragen. De maximale afstand waarbinnen een verlaging van het freatisch vlak met minimaal 0,1 meter optreedt, bedraagt hierbij 1000 meter.

| DKP-32/B32                            |                        | DKM-107/B107                        |                         |
|---------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| bk-laag [NAP + m]                     | omschrijving           | bk-laag [NAP + m]                   | omschrijving            |
| 11,65                                 | Zand, grof, matig vast | 11,31                               | Zand, grof, matig vast  |
| 7,95                                  | leem, zandhoudend      | 6,8                                 | leem, matig zandhoudend |
| 6,5                                   | Zand, grof vast        | 5,1                                 | Zand, grof, vast        |
| Verlaging: van NAP+8,15 naar NAP+6,15 |                        | -1,25                               | Zand, grof, matig vast  |
|                                       |                        | Verlaging: van NAP+8,1 naar NAP+6,1 |                         |

### Berekeningsresultaten

In onderstaande tabel staan per sondering de te verwachten maaiveldzetting en zetting van de bebouwing weergegeven:

| sondering | huidig freatisch vlak<br>[NAP +m] | toekomstig freatisch vlak<br>[NAP +m] | minimale zetting<br>[mm] | berekende zetting<br>[mm] | maximale zetting<br>[mm] |
|-----------|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| DKP32*    | 8,25                              | 6,25                                  | 13                       | 18                        | 24                       |
| DKP32**   | 8,60                              | 6,6                                   | 4                        | 7                         | 12                       |
| DKM-107** | 8,25                              | 7,25                                  | 8                        | 10                        | 12                       |

\* oorspronkelijke berekening

\*\* aanvullende berekening

De berekeningen zijn uitgevoerd op basis van de resultaten van de samendrukkingproeven van het aanvullend grondonderzoek en aangevuld met standaardparameters uit tabel 1 van de NEN6740.

De samendrukkingparameters van B32 hebben voor de laag een maximale bandbreedte van 100% (C's) en voor B107 een maximale bandbreedte van 39% (C'p). Voor sondering B107 is een bandbreedte van 60% aangehouden.

### Analyse grondwaterstandsverlaging en bodemzetting

Evenals bij de eerste berekeningen is ook nu onderzocht bij welke zetting optreedt bij verschillende verlagingen van de grondwaterstand. In onderstaande tabel staan per sondering de te verwachten maaiveldzetting weergegeven:

| sondering | huidig freatisch vlak | verlaging | minimale zetting | berekende zetting | maximale zetting |
|-----------|-----------------------|-----------|------------------|-------------------|------------------|
|           | [NAP +m]              | [m]       | [mm]             | [mm]              | [mm]             |
| DKP32*    | 8,25                  | 2,0       | 13               | 18                | 24               |
| DKP32**   | 8,15                  | 2,0       | 4                | 7                 | 11               |
| DKP32**   | 8,15                  | 1,5       | 3                | 6                 | 9                |
| DKP32**   | 8,15                  | 1,0       | 2                | 5                 | 7                |
| DKP32**   | 8,15                  | 0,5       | 1                | 3                 | 5                |
| DKM-107** | 8,1                   | 2,0       | 8                | 10                | 12               |
| DKM-107** | 8,1                   | 1,5       | 6                | 8                 | 10               |
| DKM-107** | 8,1                   | 1,0       | 3                | 4                 | 5                |
| DKM-107** | 8,1                   | 0,5       | 1                | 2                 | 3                |
| DKM-104** | 7,7                   | 1,0       | 7                | 9                 | 11               |
| DKM-104** | 7,7                   | 0,5       | 3                | 4                 | 5                |
| DKM-106** | 6,95                  | 1,0       | 4                | 6                 | 8                |
| DKM-106** | 6,95                  | 0,5       | 2                | 3                 | 4                |

\* oorspronkelijke berekening 1<sup>e</sup> fase

\*\* aanvullende berekening

Indien de bebouwing gelijkmatig zet zal geen schade/hinder optreden. Een constructeur dient derhalve, in samenspraak met de geotechnicus, het gevaar van mogelijke zettingsverschillen in de bebouwing beschouwen.

### Conclusie

In de oorspronkelijke berekening was ter plaatse van DKP-32 een maximale zetting van 25 mm voorspeld. De maximale berekende maaiveldzetting (ter plaatse van DKM-107) na het aanvullende grondonderzoek bedraagt nu maximaal 10 mm. Bij de sonderingen DKM-104 en DKM-106 was oorspronkelijk geen berekening gemaakt de berekende maximale zetting bedraagt ook hier 10 mm.

De berekende zetting als gevolg van de geplande verlaging van het kanaalpeil varieert van 4 tot ca. 12 mm waarbij vooral de verschilzettingen in de bebouwing (relatieve rotatie > 1:300) tot schade leidt. Daarbij kan worden aangenomen dat er geen scherpe overgangen in de ondergrond aanwezig zullen zijn omdat de bodemopbouw op grotere diepte op natuurlijke wijze is ontstaan.

