

Wilhelminakanaal Tilburg

Ingrep en maatregelen

projectnr. 187346
revisie 02
2 april 2009

Opdrachtgever

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

datum vrijgave

2/4/09

beschrijving revisie 02

goedkeuring

E. Matla

vrijgave

P. Bertens

	Inhoud	Blz.
1	Inleiding	4
2	Plangebied	6
2.1	Ligging plangebied en voorgenomen ingreep	6
2.2	Maaiveldhoogte	8
2.3	Grondgebruik	9
3	Bodem en geohydrologie	12
3.1	Beschikbare gegevens	12
3.2	Ondiepe bodem	12
3.3	Geohydrologische opbouw	13
3.4	Gilzerbaanbreuk	14
4	Grond- en oppervlaktewater	16
4.1	Grondwater	16
4.2	Oppervlaktewater	23
4.3	Waterkwaliteit	25
5	Belangen	28
5.1	Natuur	28
5.2	Landbouw	30
5.3	Bodemverontreiniging	31
5.4	Bebouwing en infrastructuur	32
5.5	Oppervlaktewater	32
6	Effecten ingreep	34
6.1	Grondwaterstanden	34
6.2	Waterbalansen	37
6.3	Effecten op belangen	40
6.3.1	<i>Natuur</i>	40
6.3.2	<i>Landbouw</i>	57
6.3.3	<i>Bodemverontreiniging</i>	57
6.3.4	<i>Bebouwing en infrastructuur</i>	59
6.3.5	<i>Oppervlaktewater</i>	63
7	Maatregelen	66
7.1	Criteria voor maatregelen	66
7.2	Berekende maatregelen	66
7.3	Grondwaterstanden	67
7.4	Waterbalansen	72
7.5	Natuur	74
7.6	Landbouw	74
7.7	Bodemverontreiniging	74
7.8	Bebouwing en infrastructuur	75
7.9	Oppervlaktewater	76
7.10	Sluis III	77
7.11	Technische realiseerbaarheid	78
7.12	Keuze maatregel	79

8	Samenvatting en conclusies	80
	Literatuur	81

Bijlagen

1. Sonderingen en boringen
2. Analyses oppervlaktewaterkwaliteit
3. Bij het Wilhelminakanaal gemeten grondwaterstanden
4. Inventarisatie ecologische gegevens
5. Inventarisatie verontreinigingen
6. Modellerings grondwater
7. Berekende verlagingen als gevolg van ingreep
8. Effecten maatregelen op grondwaterstanden
9. Waterbalansen
10. Methodiek Waternood
11. Zettingsberekeningen

1 Inleiding

Achtergrond

Rijkswaterstaat Directie Noord-Brabant is voornemens om een gedeelte van het Wilhelminakanaal ter hoogte van Tilburg op te waarden tot een klasse IV vaarweg. In de periode 1998-2000 is een (vrijwillige) milieu-effectrapportage 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 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

Oranjewoud heeft opdracht gekregen om de effecten van de aanpassing van het Wilhelminakanaal op de geohydrologische situatie en de daaraan te relateren belangen te bepalen. Dit onderzoek wordt gefaseerd uitgevoerd. De resultaten van de verschillende werkstappen worden toegelicht in het zogenaamde wateroverleg, waarin de waterbeheerders vertegenwoordigd zijn.

De rapportage over de huidige situatie is in december 2008 besproken in het wateroverleg. De effecten van de ingreep (hoofdstuk 6) zijn besproken in maart 2009. De voorliggende rapportage bevat de uitbreiding met de mogelijke maatregelen (hoofdstuk 7).

2 Plangebied

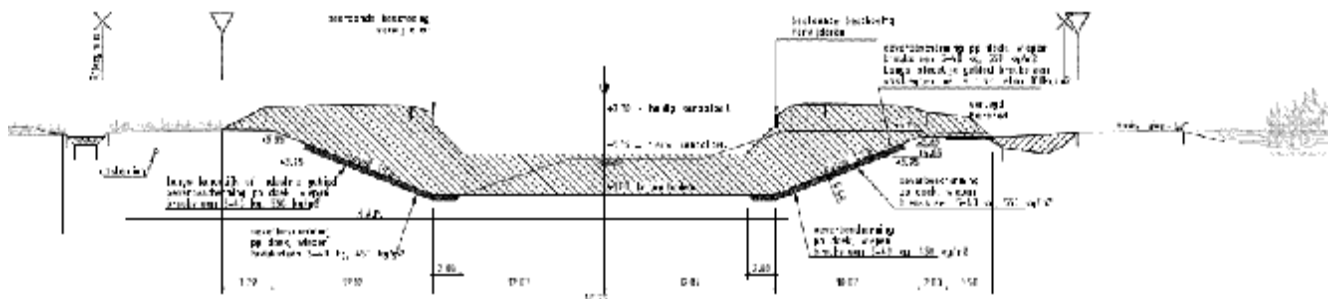
2.1 Ligging plangebied en voorgenomen ingreep

Het plangebied betreft het deel van het Wilhelminakanaal tussen sluis II en III in Tilburg (figuur 2.1).

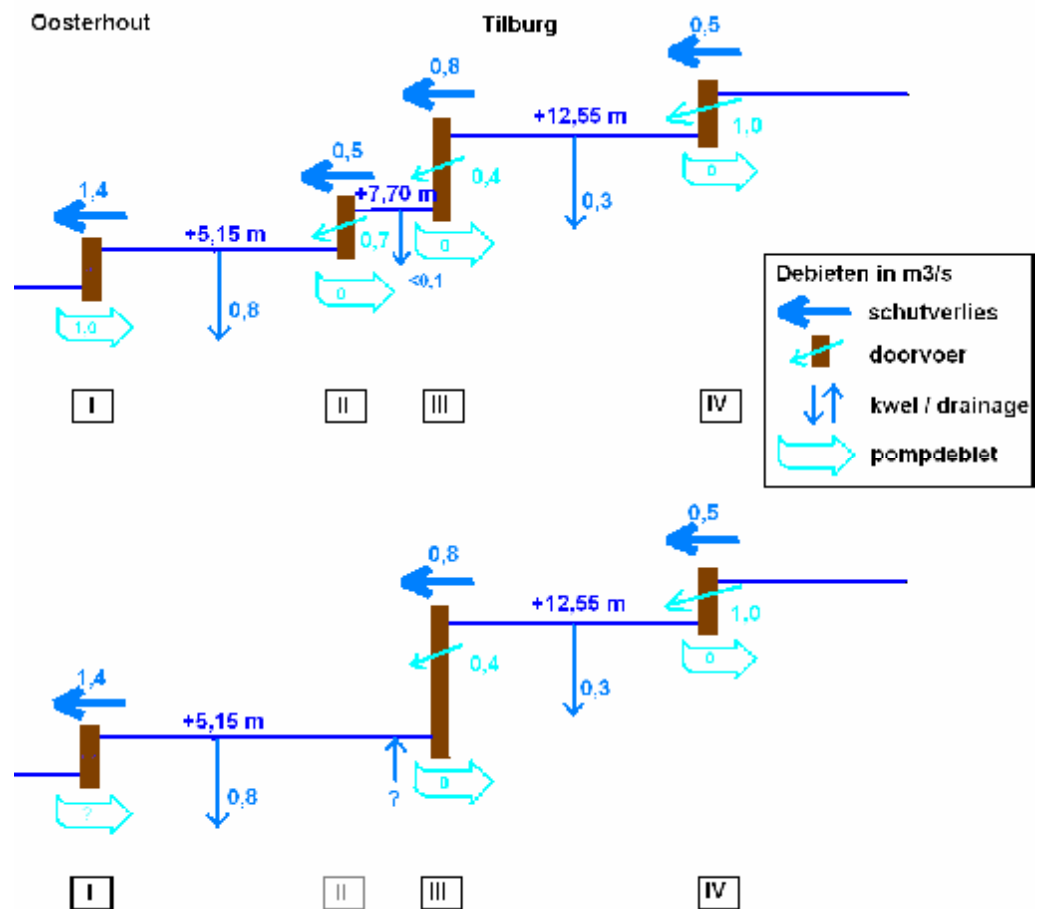


Figuur 2.1: Globale ligging te wijzigen traject Wilhelminakanaal

In dit traject (tussen km 16,1 en km 21,4) is het voornemen om het huidige kanaal op te waarden tot een klasse IV vaarweg. Daarbij is het de bedoeling dat de twee sluisen (II en III) worden vervangen door één nieuwe sluis ter plaatse van de oostelijke sluis III (die als monument bewaard moet blijven). Het kanaalpand tussen de twee sluisen ondergaat door het verwijderen van sluis II een peilverlaging van 2,55 m (van NAP +7,70 m tot NAP +5,15 m), overeenkomend met het huidige verval over sluis II. Figuur 2.2 bevat een dwarsprofiel nabij sluis III. De ingreep is ook schematisch weergegeven in figuur 2.3.



Figuur 2.2: Dwarsprofiel 3 ongeveer halverwege sluis II en III; gearceerd is te ontgraven grond (Bron: tekeningen Visievariant, [1])

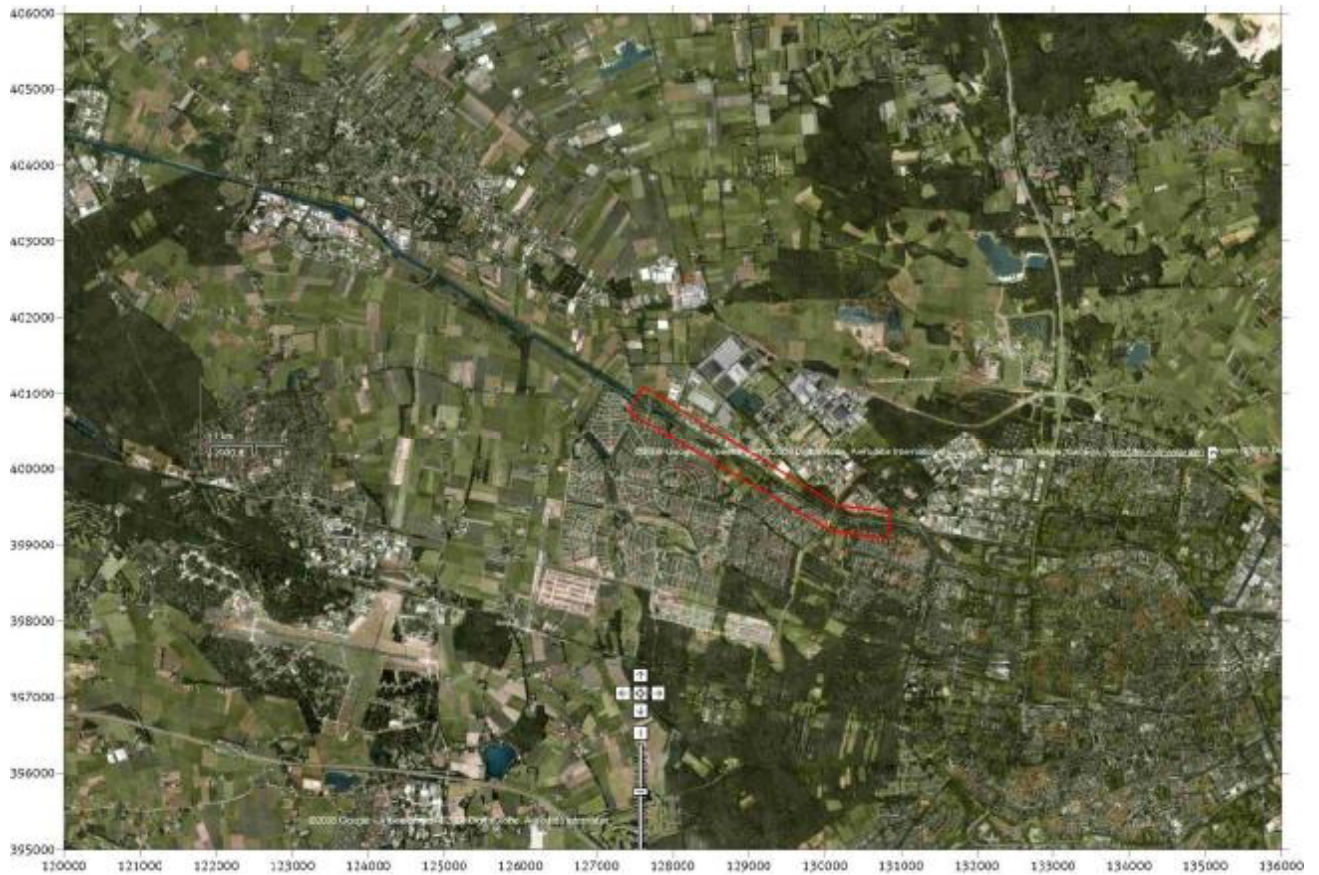


Figuur 2.3: Schematische weergave ingreep inclusief globale invloed op debieten in gemiddelde perioden [gebaseerd op 2]

Onderzoeksgebied

Het onderzoeksgebied betreft het gebied waar (mogelijk) effecten van de ingreep op kunnen treden. Uit eerdere berekeningen voor de milieu-effectrapportage (m.e.r.) die in 2000 is uitgevoerd, blijkt dat er tot ca. 1,5 km vanaf het kanaal een verlaging van de grondwaterstand met maximaal 0,05 m te verwachten is.

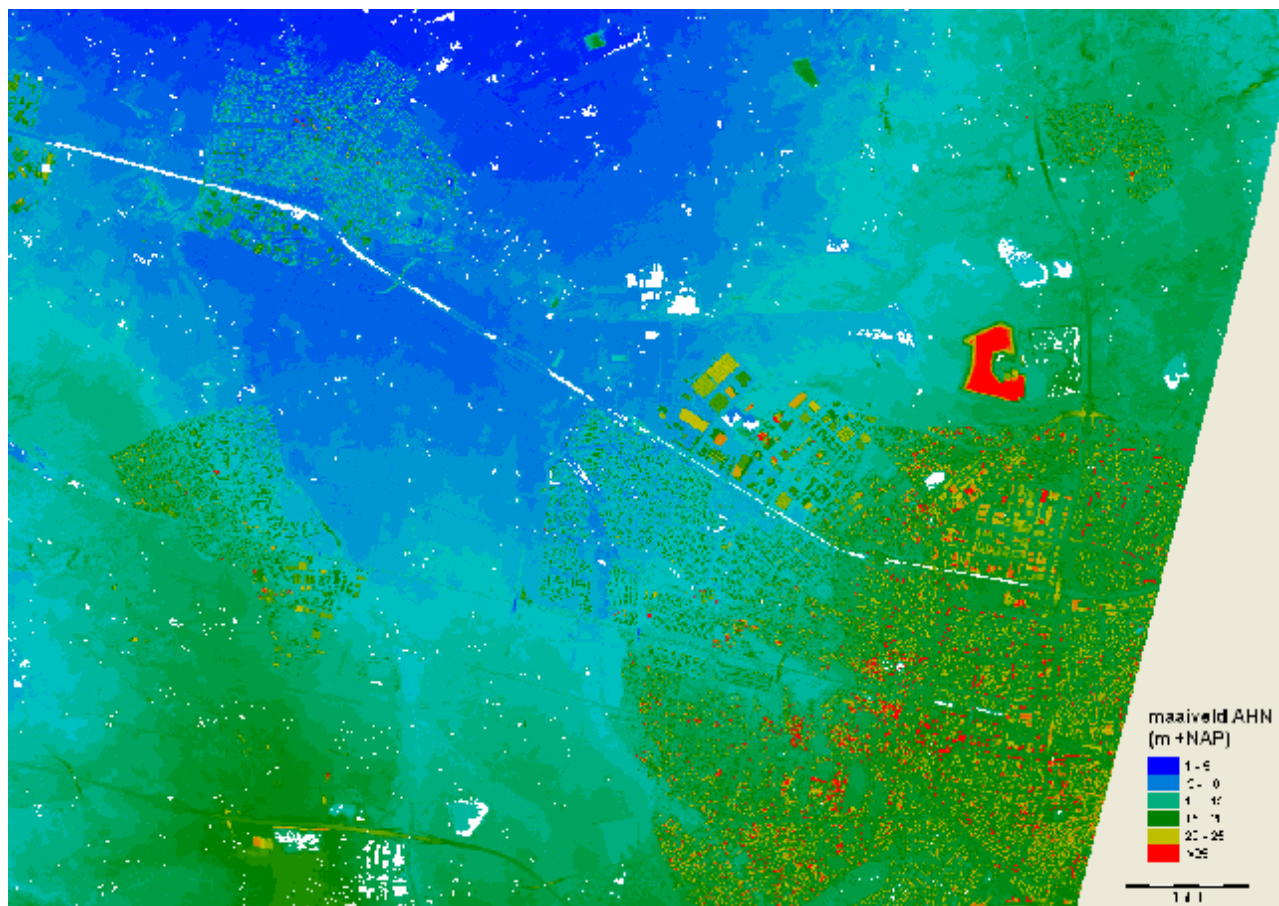
Om de effecten te kunnen bepalen, zal een grondwatermodel worden toegepast. De afmetingen van dit model zijn zodanig ruim, dat de modelranden geen invloed kunnen hebben op het invloedsgebied. Dit houdt in dat het modelgebied voor het grondwatermodel beduidend groter is dan het plangebied, namelijk 16 km in oost-west richting en 11 km in noord-zuid richting. In figuur 2.4 is het modelgebied weergegeven. Zoals zichtbaar in deze figuur, is de rand van het modelgebied overal minimaal 4 km vanaf de voorgenomen ingreep verwijderd.



Figuur 2.4: Ligging onderzoeksgebied

2.2 Maaiveldhoogte

De maaiveldhoogte bij het kanaal ligt globaal tussen NAP +8,0 en +10 m. In het stedelijke gebied van Tilburg (binnenstad) ligt de maaiveldhoogte iets hoger, rond NAP +13 m. In noordwestelijke richting daalt het maaiveld tot NAP +2 à 3 m noordelijk van Dongen. In figuur 2.5 is de maaiveldhoogte in het onderzoeksgebied weergegeven.



Figuur 2.5: Maaiveldhoogte (bron: AHN)

2.3 Grondgebruik

Direct rondom het Wilhelminakanaal is vooral bebouwing aanwezig. Aan de zuidkant van het kanaal betreft dit de woonwijk Reeshof. Noordelijk ligt het bedrijventerrein Vossenbergh. In westelijke richting ligt overwegend agrarisch gebied. Verder zijn verschillende natuurgebieden aanwezig: noordelijk van het Wilhelminakanaal De Mast en Plan Lobelia. Zuidelijk liggen Drijflanen/ Waranda. Westelijk, rondom de Donge, ligt De Rekken. In figuur 2.6 is het grondgebruik globaal weergegeven. Op de natuur en landbouw wordt in hoofdstuk 5 'belangen' nader ingegaan.

3 Bodem en geohydrologie

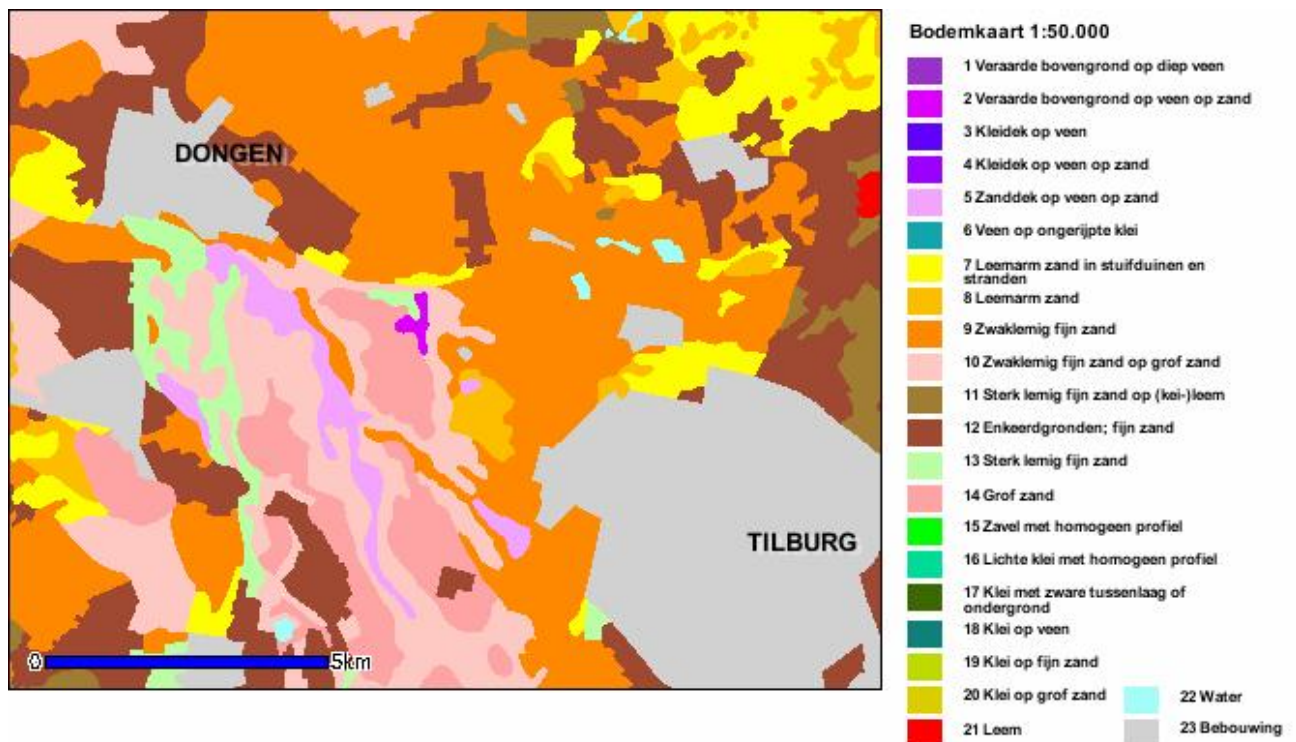
3.1 Beschikbare gegevens

Naast de beschikbare gegevens uit DINOloket en Regis e.d. is gebruik gemaakt van de inventarisaties van de bodemkundig-hydrologische situatie die door de gemeente Tilburg zijn uitgevoerd voor onder meer de realisatie van de Reeshof en Vossenbergh. Daarnaast wordt gebruik gemaakt van het grondwatermeetnet van de gemeente Tilburg. Verder heeft Brabant Water de beschikbare informatie over de Gilzerbaanbreuk aangeleverd.

Langs het Wilhelminakanaal is de bodemopbouw tot 15 m -mv. in beeld gebracht middels 35 sonderingen (met kleef en waterspanning) en twee boringen. Deze boringen zijn afgewerkt met peilbuizen en voorzien van *divers*, zodat de grondwaterstanden in beeld worden gebracht.

3.2 Ondiepe bodem

De bodem in het onderzoeksgebied bestaat hoofdzakelijk uit fijn zand, vaak zwak lemig (figuur 3.1). Aan de zuidwestkant van het Wilhelminakanaal komt in meerdere mate grof zand of een dunne laag fijn zand op grof zand voor.



Figuur 3.1: Bodemkaart (bron: www.bodemdata.nl)

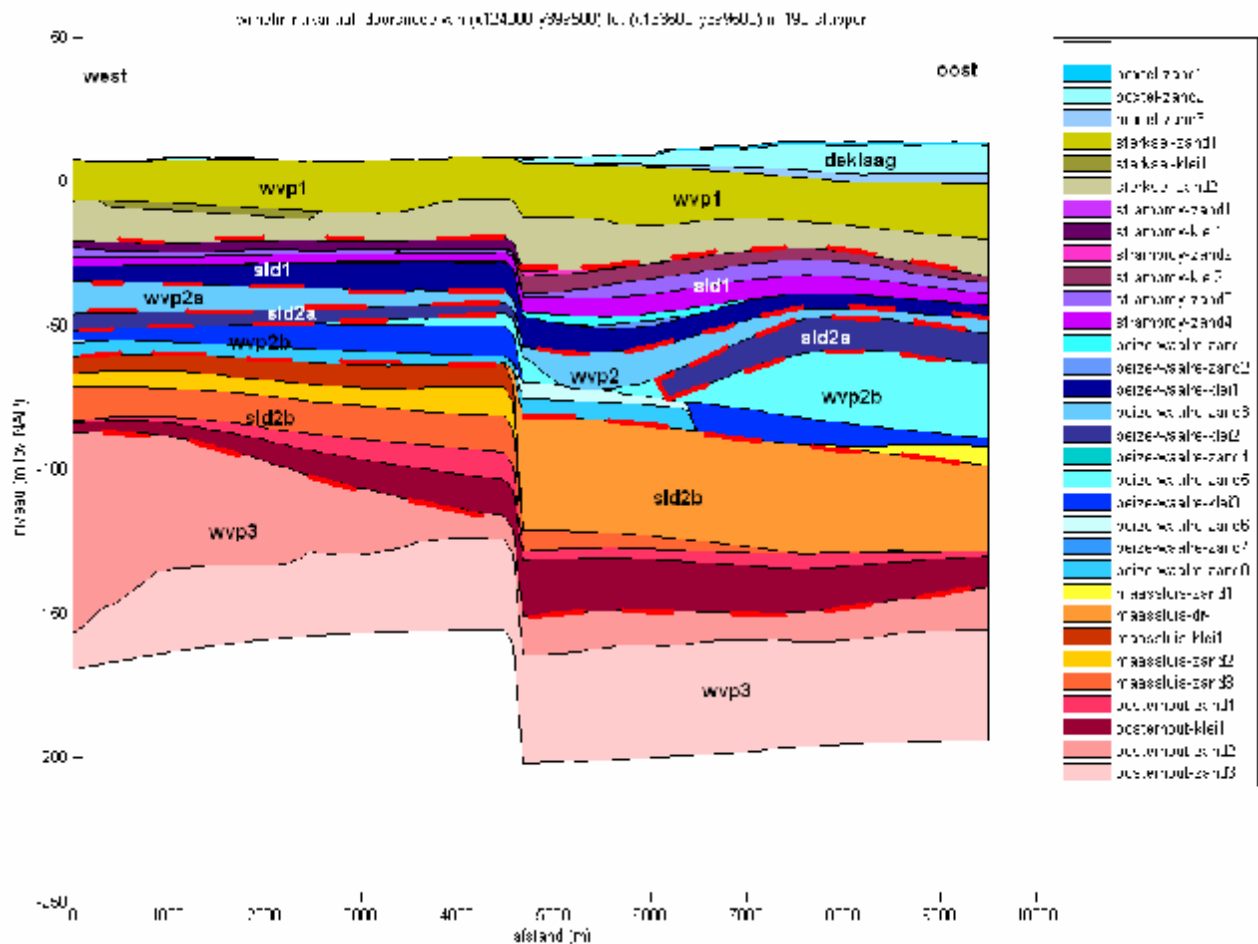
Uit de bodemkundige - hydrologische onderzoeken van de gemeente Tilburg blijkt dat er in de deklaag vaak dunne leemlensjes voorkomen. Deze zijn zelden aaneengesloten en hebben daardoor ook slechts een beperkte invloed op de grondwaterstroming.

3.3 Geohydrologische opbouw

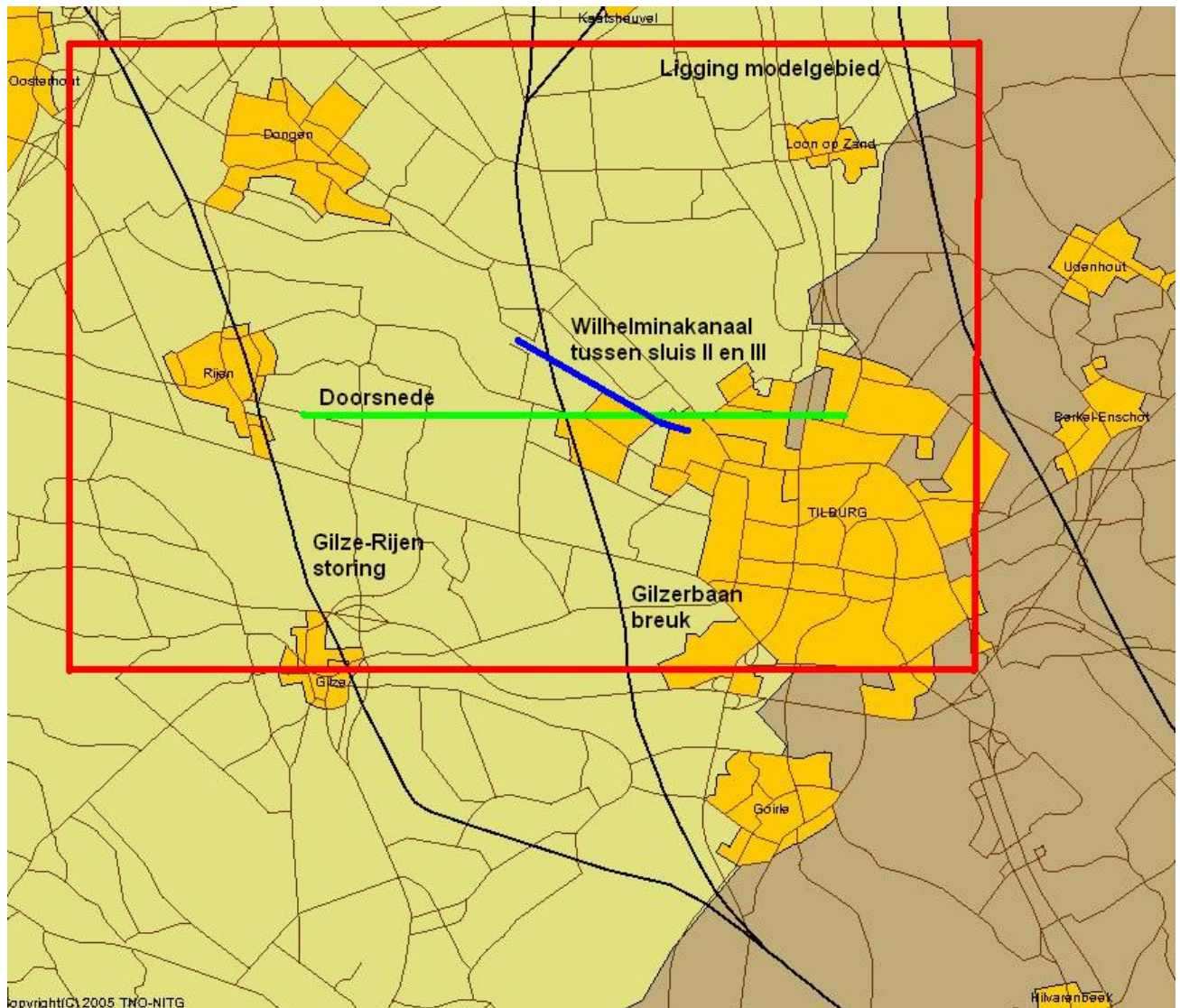
In de omgeving van het Wilhelminakanaal bestaat de geohydrologische opbouw vanaf maaiveld naar beneden uit een deklaag van de Nuene Groep (voornamelijk Formatie van Boxtel) en een eerste watervoerend pakket bestaande uit de grofzandige zanden van de Formaties van Sterksel en Stramproy. Door de geringe hydraulische weerstand van de deklaag, kunnen in de praktijk de deklaag en het eerste watervoerende pakket als één geheel worden beschouwd.

Onder het eerste watervoerende pakket ligt de eerste scheidende laag, bestaande uit de klei en fijne zanden van de Formaties van Peize-Waalre. Hieronder liggen de diepere watervoerende pakketten van de Formaties van Maassluis en Oosterhout.

In de figuren 3.2 en 3.3 zijn een profiel en de ligging van dit profiel weergegeven.



Figuur 3.2: Geologisch profiel (bron: Brabant Water)



Figuur 3.3: Ligging geologisch profiel

3.4 Gilzerbaanbreuk

Het plangebied ligt in de Centrale Slenk. Enkele kilometers westelijk van het gebied ligt de Gilze-Rijen storing, die de begrenzing van de Centrale Slenk vormt. Westelijk van de Gilze Rijen storing is er sprake van 'horst', met een dun watervoerend pakket en een ondiep gelegen geohydrologische basis. De Centrale Slenk wordt gekenmerkt door meerdere watervoerende pakketten en scheidende lagen, die tezamen een dikte van ca. 200 m hebben. Uit onderzoeken in het verleden is gebleken dat de grens tussen de Centrale Slenk en de hier westelijk van gelegen horst in feite uit twee breuken bestaat, de Gilze-Rijen storing en de Gilzerbaanbreuk (figuur 3.2). Hieronder wordt een gedeelte aangehaald uit het onderzoek van Drs. E. van Zanten, "RISICO ANALYSE 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."

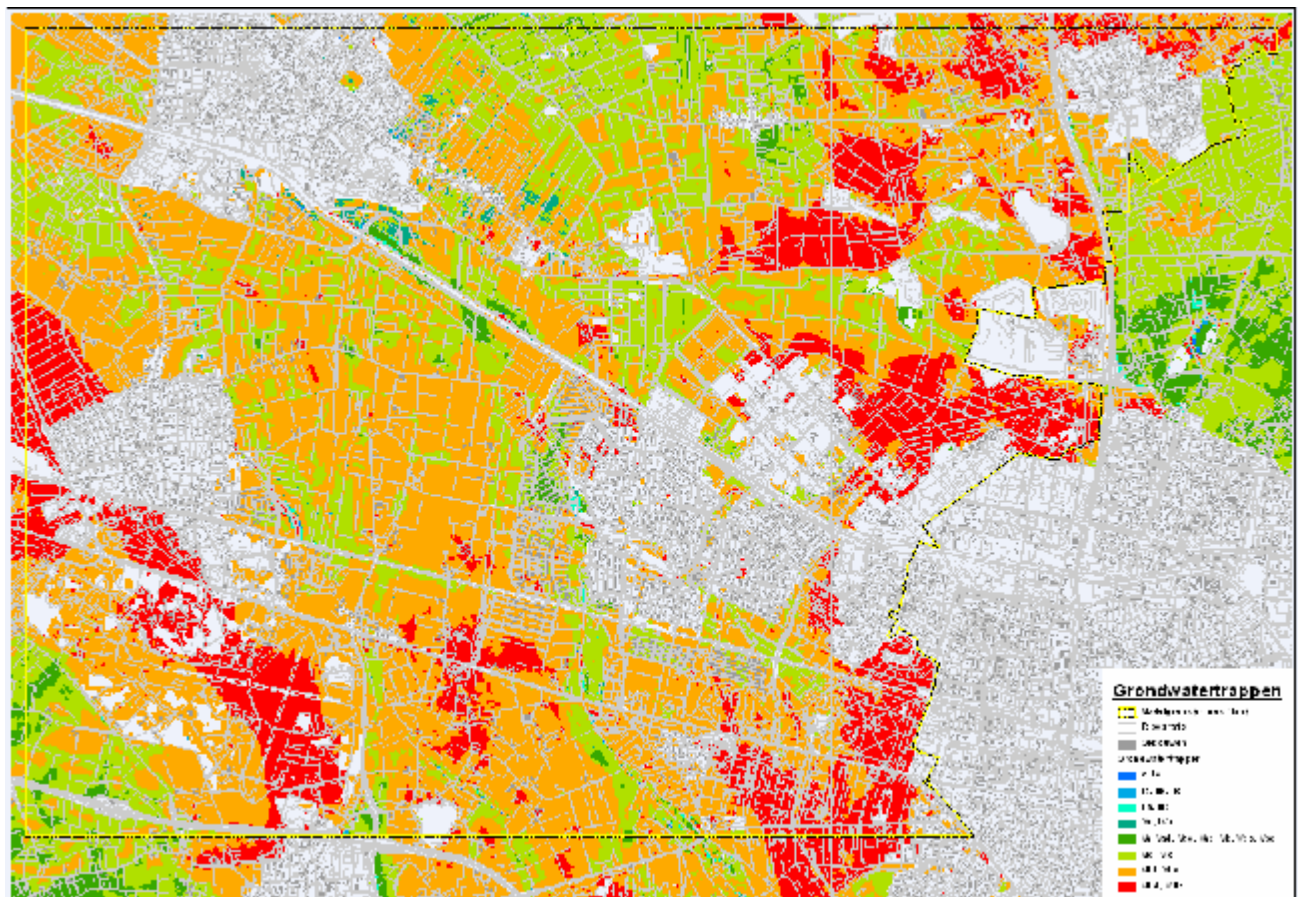
Uit de informatie blijkt dat de Gilzerbaanbreuk met name in de eerste scheidende laag en de daaronder gelegen watervoerende pakketten merkbaar is. Dit komt overeen met de resultaten van de sonderingen die langs het kanaal zijn geplaatst. In bijlage 1 is het lengteprofiel van de sonderingen langs het kanaal opgenomen, tevens zijn enkele van de sondeergrafieken opgenomen. Uit het lengteprofiel is niet de mogelijke ligging van de Gilzerbaanbreuk 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.

Bij de sonderingen 6 en 31 zijn boringen tot 10 m -mv. geplaatst. Uit de boorbeschrijvingen blijkt ook dat de bodem vooral bestaat uit zandig materiaal.

4 Grond- en oppervlaktewater

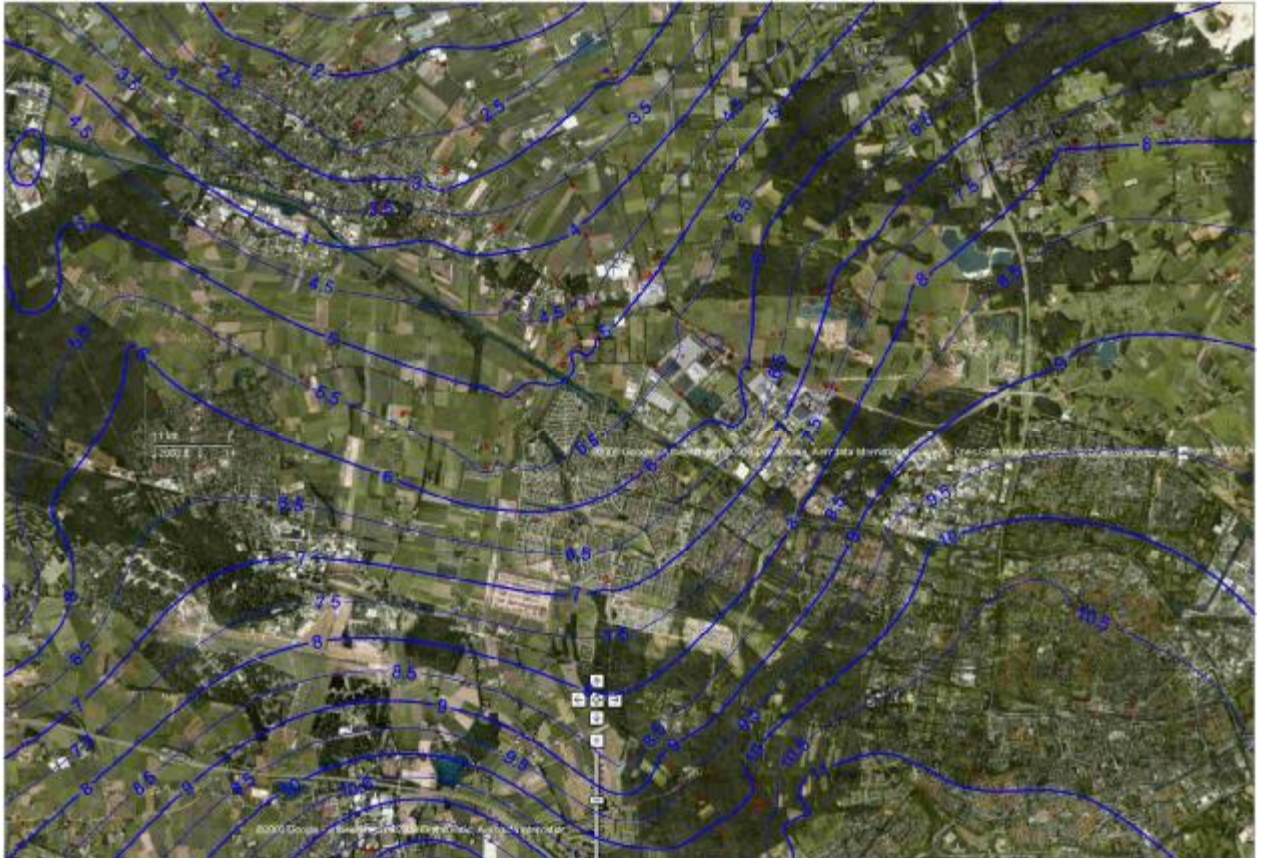
4.1 Grondwater

De grondwaterstanden variëren sterk in het onderzoeksgebied. In een zone noordelijk en zuidelijk van het plangebied worden relatief droge grondwatertrappen aangetroffen: VII en VIII (figuur 4.1). Bij deze grondwatertrappen ligt de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) dieper dan 0,8 m -mv. en de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) dieper dan 1,4 m -mv. Nattere zones worden bij beken (bijvoorbeeld de Donge) aangetroffen. Ook het gebied bij Dongen, waar het maaiveld laag ligt, en ten oosten van de Eftelingroute worden nattere zones gevonden. Dit betreft met name de grondwatertrappen IV, V en VI. De GHG varieert bij deze grondwatertrappen tussen 0,1 en 0,5 m -mv. De GLG ligt dieper dan 0,8 tot 1,2 m -mv. In de directe omgeving van oppervlaktewater worden de natste gebieden aangetroffen: grondwatertrap I, II en III met een GHG vanaf maaiveld maximaal 0,6 m -mv. en een GLG die nergens dieper komt dan 1,2 m -mv.



Figuur 4.1: Grondwatertrappen (bron: Waterschap Brabantse Delta)

In de figuren 4.2 en 4.3 zijn de isohypsenpatronen van de grondwaterstand van januari-maart 2003 (ongeveer GHG) en november 2005 (ongeveer GLG) weergegeven.



Figuur 4.2: Isohysenpatroon november 2005 (ongeveer GLG)



Figuur 4.3: Isohysenpatroon januari-maart 2003 (ongeveer GHG)

Voor de isohypsenpatronen zijn 170 tot 223 grondwaterstanden gebruikt, verspreid over het gebied. De locaties van de grondwaterstanden zijn in het isohypsenpatroon weergegeven.

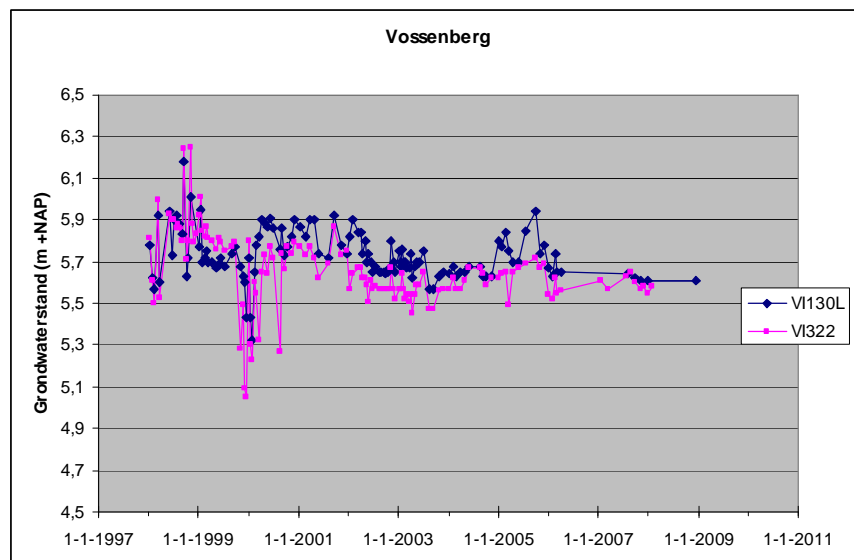
Uit de peilbuisgegevens blijkt dat het Wilhelminakanaal een dempende invloed heeft op de grondwaterstanden. In de onderstaande tabel zijn de fluctuaties opgenomen. De verschillen tussen de minimale en maximale waarden in de peilbuizen rondom het Wilhelminakanaal zijn minder dan 50 cm. Op grotere afstand vanaf het Wilhelminakanaal liggen de verschillen over het algemeen tussen 1,0 à 1,5 m.

In de figuren 4.4 t/m 4.10 zijn de grondwaterstanden van enkele peilbuizen in verschillende deelgebieden weergegeven:

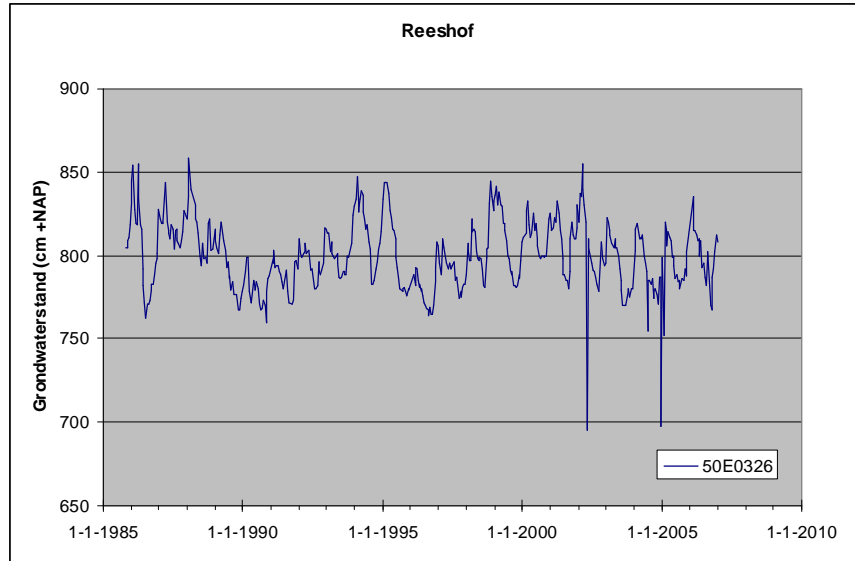
Deelgebied	Maximale fluctuatie (m)	Jaarlijkse fluctuatie (m)
Vossenberg	1,2	0,2 à 0,3
Reeshof - oostkant	1,5	0,75
Reeshof - westkant	0,8	0,4
Drijflanen e.o.	2,5	1,0
Binnenstad Tilburg	2,5	1,25
Plan Lobelia	2,0	1,0
De Mast	2,0	1,0

Verder is een raai over het Wilhelminakanaal weergegeven uit het meetnet van 1998 (figuur 4.11). Hierbij is een 'natte datum' (15/9/98) en een 'droge datum' (13/11/97) opgenomen. De fluctuatie van de grondwaterstanden in deze raai zijn opgenomen in figuur 4.12. In figuur 4.13 zijn de waarnemingen direct bij het kanaal weergegeven.

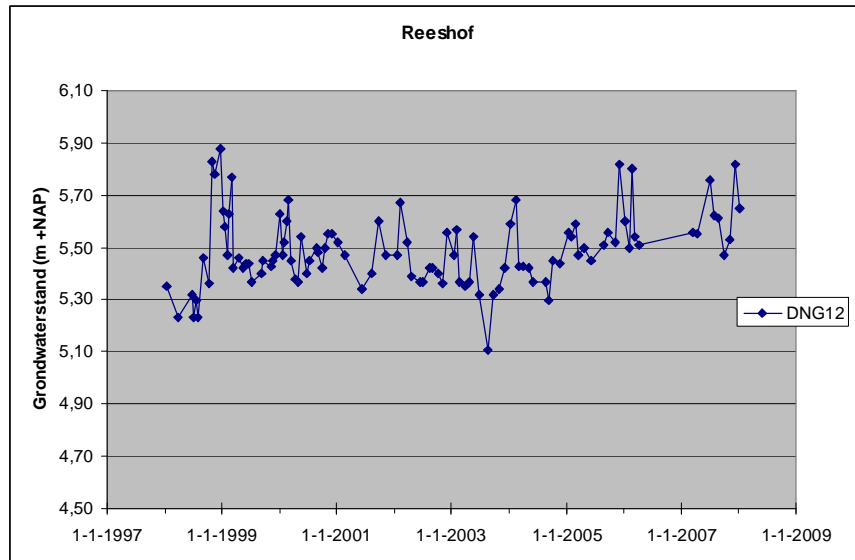
In figuur 4.14 zijn de locaties van de peilbuizen aangegeven.



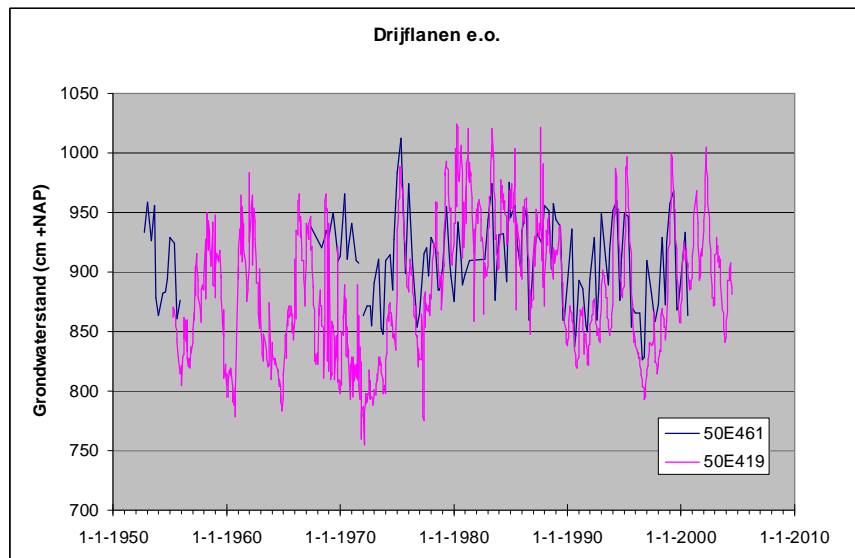
Figuur 4.4: Grondwaterstanden Vossenberg



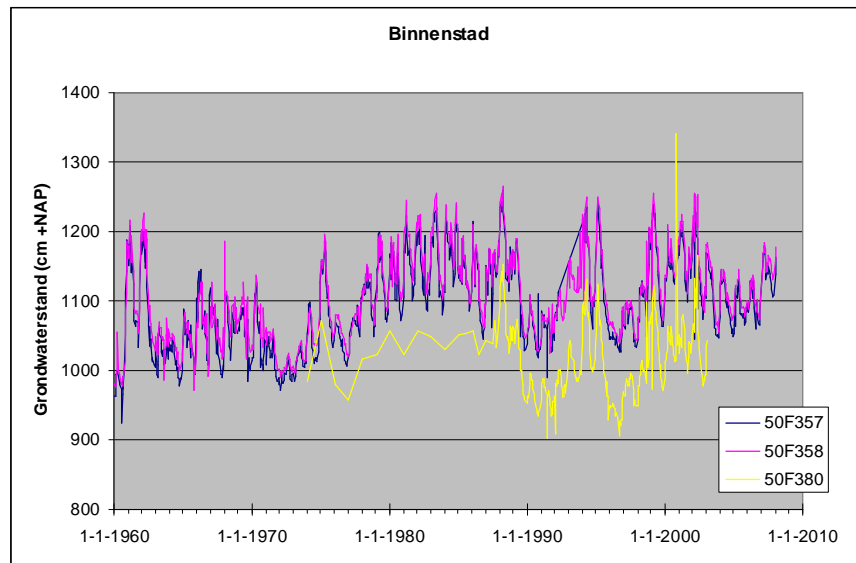
Figuur 4.5: Grondwaterstanden Oostkant Reeshof



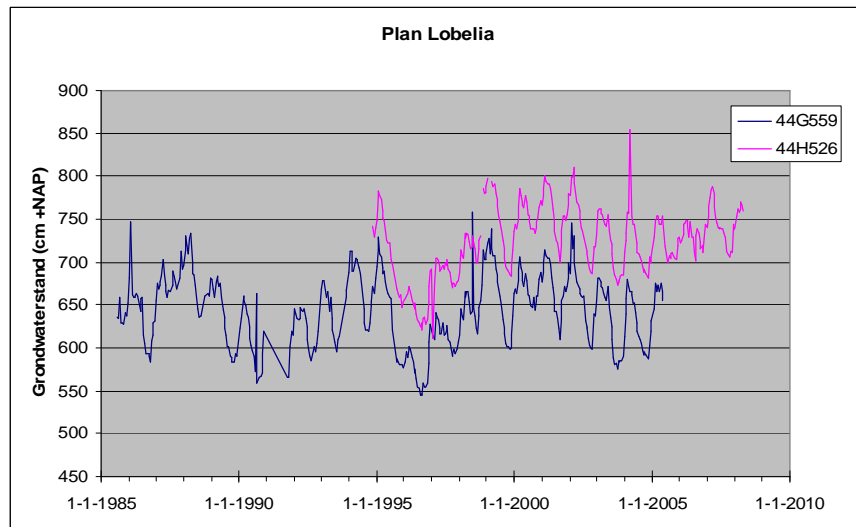
Figuur 4.6: Grondwaterstanden Westkant Reeshof



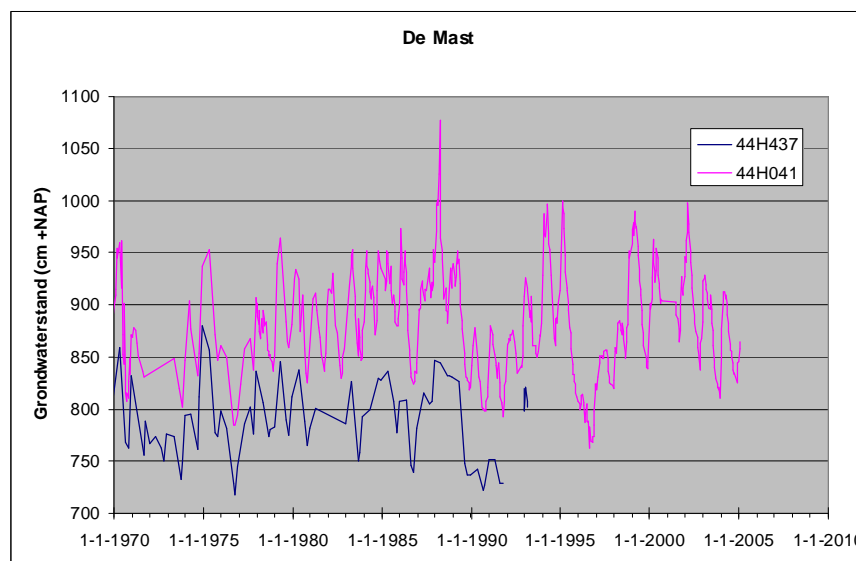
Figuur 4.7: Grondwaterstanden Drijfflanen e.o.



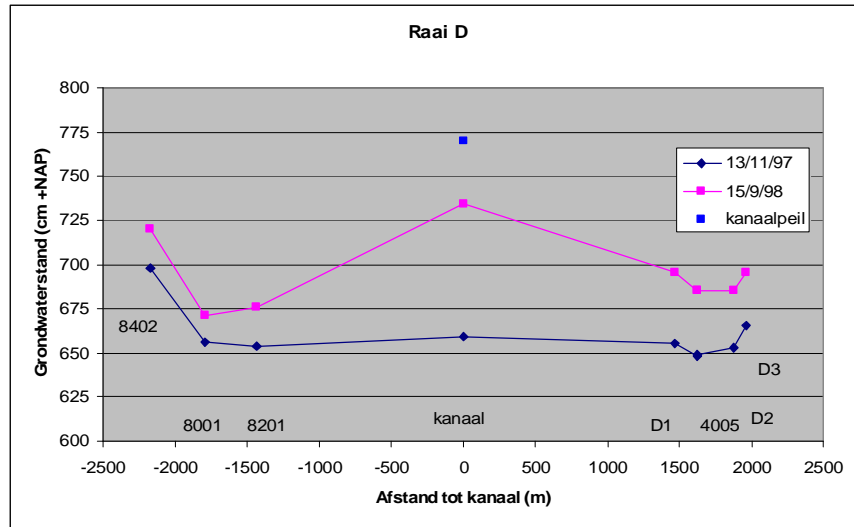
Figuur 4.8: Grondwaterstanden Binnenstad



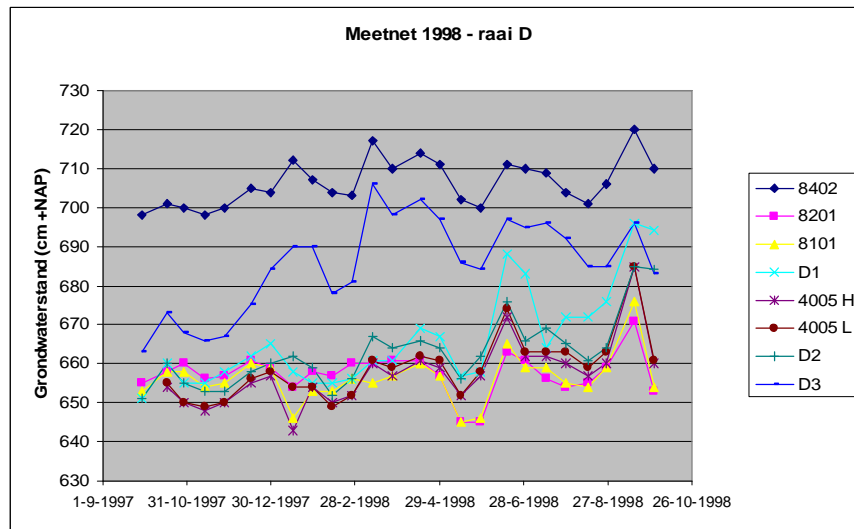
Figuur 4.9: Grondwaterstanden Plan Lobelia



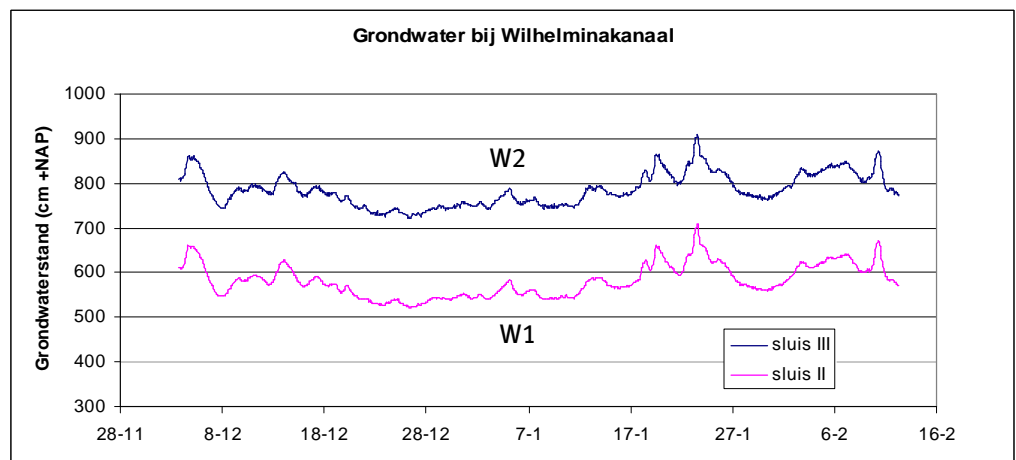
Figuur 4.10: Grondwaterstanden De Mast



Figuur 4.11: Grondwaterstanden raai D; grondwaterstand bij kanaal afgeleid uit peilbuizen W1 en W2 (figuur 4.13)



Figuur 4.12: Grondwaterstanden in raai D



Figuur 4.13: Grondwaterstanden bij het Wilhelminakanaal (W1 bij sluis II, W2 bij sluis III)

Bij de sonderingen 6 (even stroomopwaarts van sluis II) en sondering 31 (nabij sluis III) zijn boringen tot 10 m -mv. geplaatst. De boringen zijn afgewerkt met peilbuizen met twee filters; één filter op 9-10 m -mv. en één filter op 4-5 m -mv. De peilbuizen zijn voorzien van *divers*, zodat de grondwaterstanden gedetailleerd in beeld worden gebracht.

De in de periode december 2008 - februari 2009 waargenomen grondwaterstanden zijn weergegeven in figuur 4.13. De grondwaterstanden bij sluis II (peilbuis W1) fluctueren globaal tussen NAP +5,45 m en 6,18 m, met een gemiddelde van NAP +5,82 m. De grondwaterstand in het diepe filter ligt gemiddeld 1 cm hoger dan in het ondiepe filter. De grondwaterstanden bij sluis III fluctueren tussen NAP +7,49 m en NAP +8,22 m, met een gemiddelde van NAP +7,86 m. De grondwaterstanden in het diepe filter liggen ongeveer 5 cm lager dan in het ondiepe filter. De gemeten grondwaterstanden in peilbuis W1 en W2 zijn opgenomen in bijlage 3.

De waargenomen grondwaterstanden komen overeen met de isohypsenpatronen die eerder zijn bepaald (figuur 4.15). Het Wilhelminakanaal is in deze isohypsenpatronen niet duidelijk zichtbaar. Geconcludeerd kan dus worden dat de bodem van het Wilhelminakanaal in de huidige situatie een grote weerstand heeft.



Figuur 4.14: Locaties getoonde peilbuizen



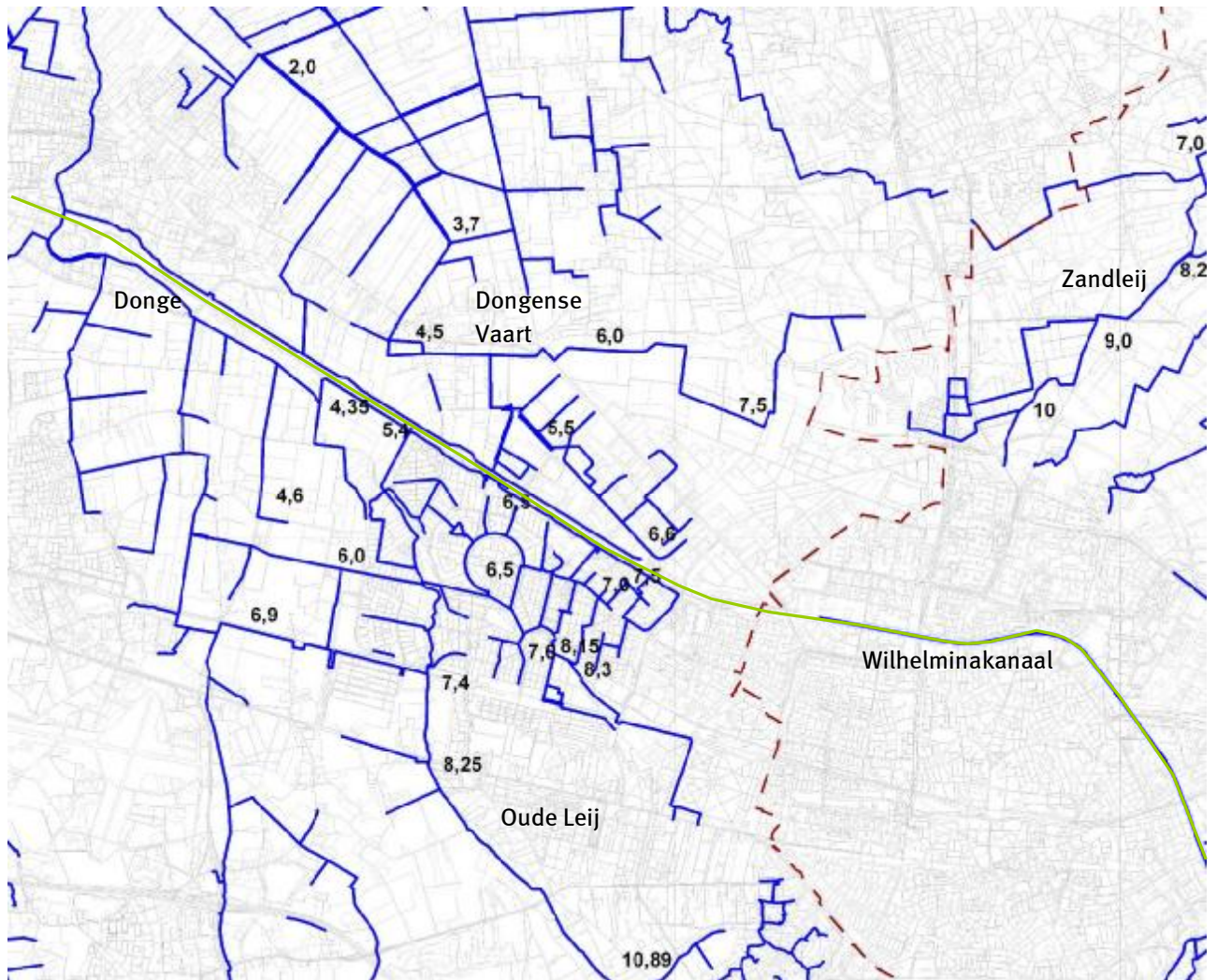
Figuur 4.15: Isohypsen in de omgeving van het Wilhelminakanaal (gemiddelde waarnemingen 1995-2008)

4.2 Oppervlaktewater

Het Wilhelminakanaal ligt in het midden van het onderzoeksgebied. Zoals in hoofdstuk 2 al is aangegeven, betreft het onderzoeksgebied het deel tussen km 16,1 bij sluis II en km 21,4 bij sluis III. Het kanaalpeil in dit pand is NAP +7,70 m. Het deel stroomopwaarts van sluis III heeft een kanaalpeil van NAP +12,55 m. Het deel stroomafwaarts van sluis II, tot sluis I in Oosterhout, heeft een kanaalpeil van NAP +5,15 m. De kanaalpeilen worden vrijwel het hele jaar door gehandhaafd. Alleen bij extreme afvoeren treedt een stijging van het kanaalpeil op. Uit de onderzoeken tot nu toe is gebleken dat de bodemweerstand van het Wilhelminakanaal in het onderzoeksgebied relatief hoog is, in de orde van 50 dagen.

Aan de zuidkant van het Wilhelminakanaal is de Donge (bovenstrooms Oude Leij geheten) de belangrijkste hoofdwaterloop (figuur 4.16). Het water van de Donge stroomt juist stroomafwaarts van sluis II in het Wilhelminakanaal. In droge omstandigheden wordt het water van de Donge rondgepompt in het landbouwgebied, zodat deze waterlopen zoveel mogelijk op peil blijven. Het water gaat dan uiteindelijk nabij Dongen via een sifon onder het Wilhelminakanaal door.

In de Reeshof is een uitgebreid netwerk aan watergangen aangelegd. Deze watergangen worden grotendeels gevoed door grondwater / neerslag; de watergangen zijnaangelegd om voor voldoende ontwatering te zorgen. Daarnaast worden de watergangen ook gevoed door kwelwater vanuit het zuiden; in het noordelijke deel van de Reeshof is er kwel vanuit het Wilhelminakanaal. Daarnaast bestaat een koppeling met de Donge, waardoor overtollig water wordt afgevoerd en eventueel ook extra water kan worden aangevoerd.

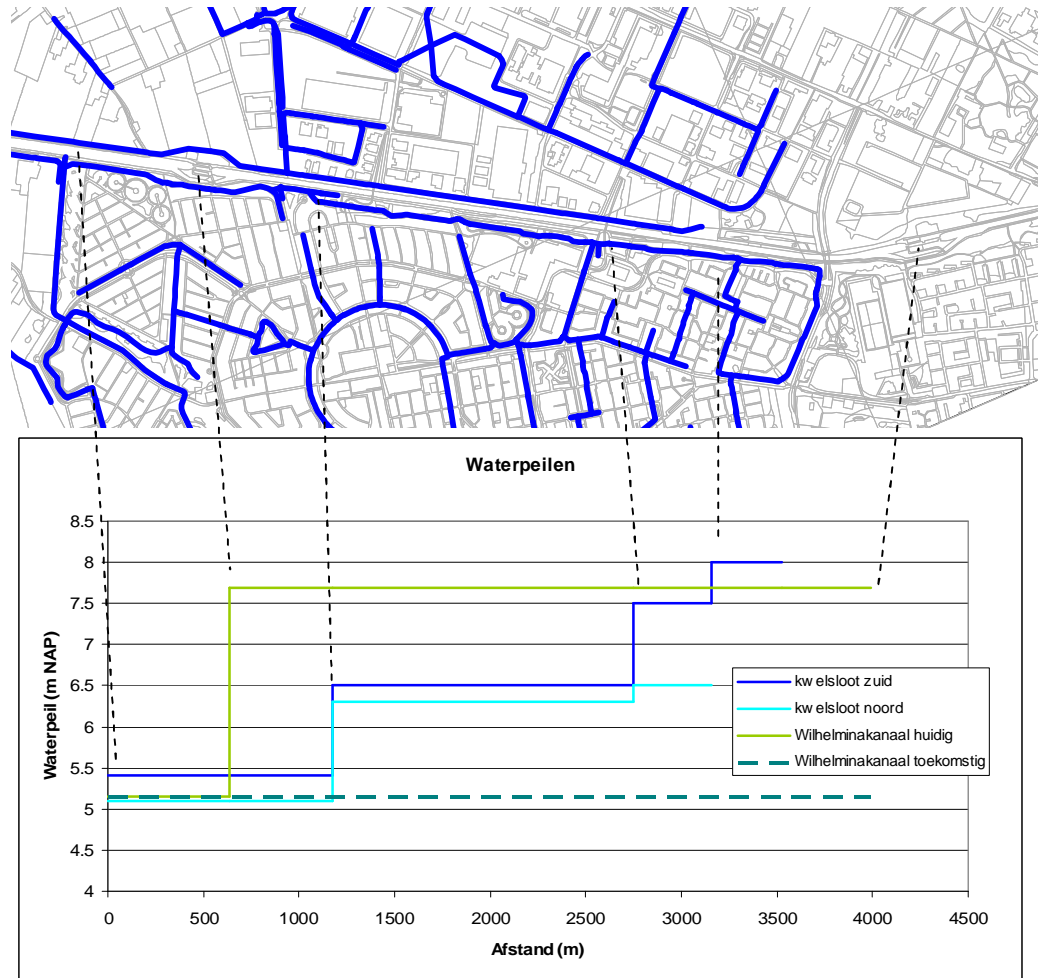


Figuur 4.16: Oppervlaktewater met globale stuwpeilen (m +NAP)

Ten noorden van het Wilhelminakanaal is het oppervlaktewaterstelsel wisselend. In Vossenbergh, evenals in de Reeshof, is een stelsel van watergangen aangelegd om voor voldoende ontwatering te zorgen. Deze waterlopen worden vooral door grondwater / neerslag en door kanaalkwel gevoed. Deze waterlopen stromen in noordwestelijke richting af, naar Dongen, wat eveneens een relatief nat gebied is. Noordelijk en noordoostelijk van het Wilhelminakanaal, rond Lobelia, is het gebied tamelijk droog. In dit gebied zijn enkele vennen gelegen. Voor dit project zijn de vennen van Plan Lobelia de belangrijkste: Leikeven en 't Plakkeven. 't Blauwe Meer is een zandwinplas.

In het stedelijke gebied van Tilburg liggen enkele (geïsoleerde) vijvers. Aan de noordoostkant van Tilburg loopt de Zandleij, die het hier gelegen nattere gebied ontwaterd. Geheel ten oosten/zuidoosten van Tilburg lopen de Voorste Stroom en de Achterste Stroom. Deze waterlopen liggen vrijwel geheel buiten het onderzoeksgebied. De Noorderplas, ten noorden van Tilburg, is eveneens een zandwinplas.

Aan weerszijden van het Wilhelminakanaal liggen vanaf sluis III tot sluis I sloten, die een belangrijk deel van het kwelwater uit het kanaal opvangen. In figuur 4.17 is het globale peil in de sloten weergegeven. Tevens is het waterpeil in het Wilhelminakanaal nu en na de ingreep opgenomen.



Figuur 4.17: Globale peilen kwelsloten en Wilhelminakanaal

Het Wilhelminakanaal is in beheer van Rijkswaterstaat. Het watersysteem noordelijk en zuidelijk van het Wilhelminakanaal is in beheer van Waterschap Brabantse Delta. De oostkant van het onderzoeksgebied is in beheer van Waterschap De Dommel.

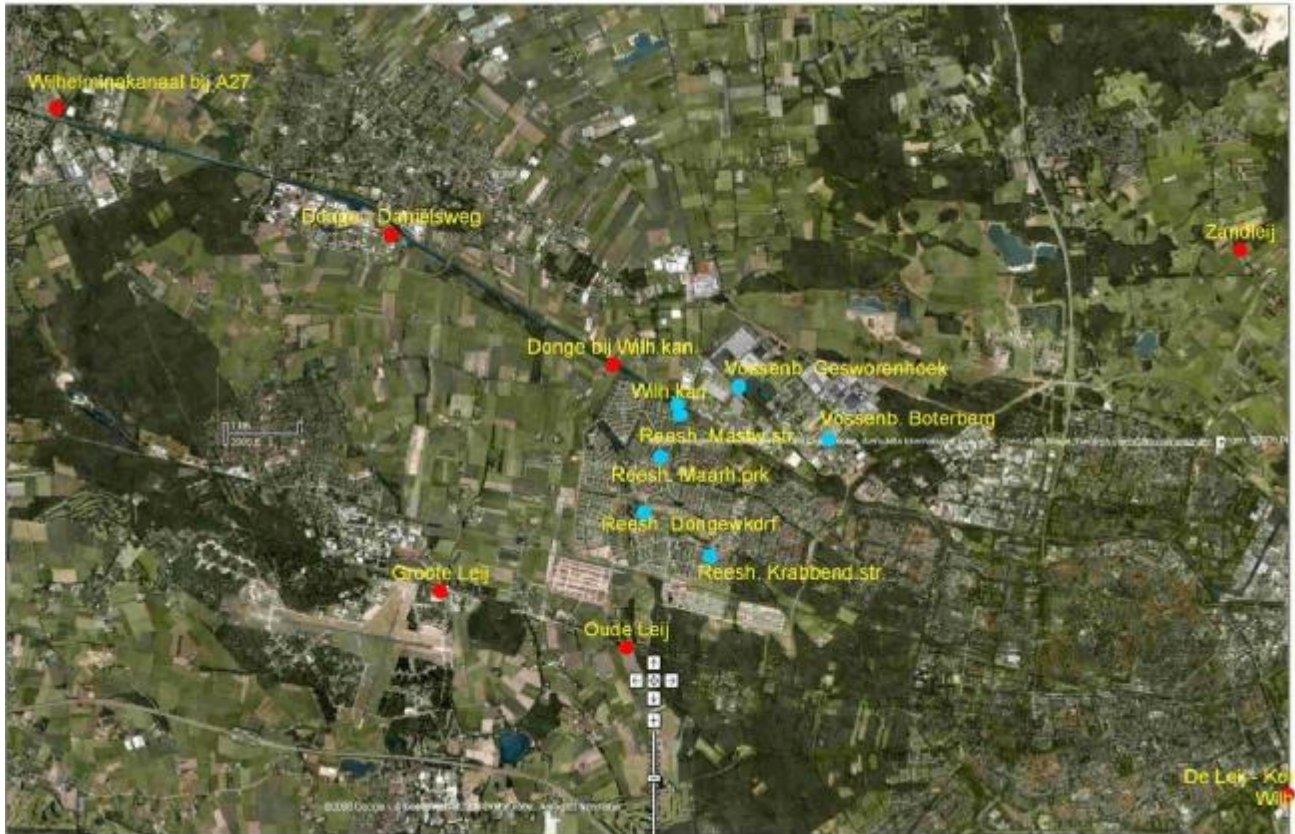
4.3 Waterkwaliteit

De beide waterschappen hebben de beschikbare waterkwaliteitsgegevens aangeleverd. Tevens is een eenmalige meting uitgevoerd van twee waterpartijen in Vossenbergh, het Wilhelminakanaal en vier locaties in de Reeshof. In figuur 4.18 zijn de beschikbare meetlocaties weergegeven. Naast deze punten zijn ook de kwaliteitsgegevens van de stadsvijvers in Tilburg beschikbaar. Vanwege de ligging (stroomopwaarts) en omdat deze geïsoleerd zijn, hebben we deze gegevens niet in deze rapportage opgenomen.

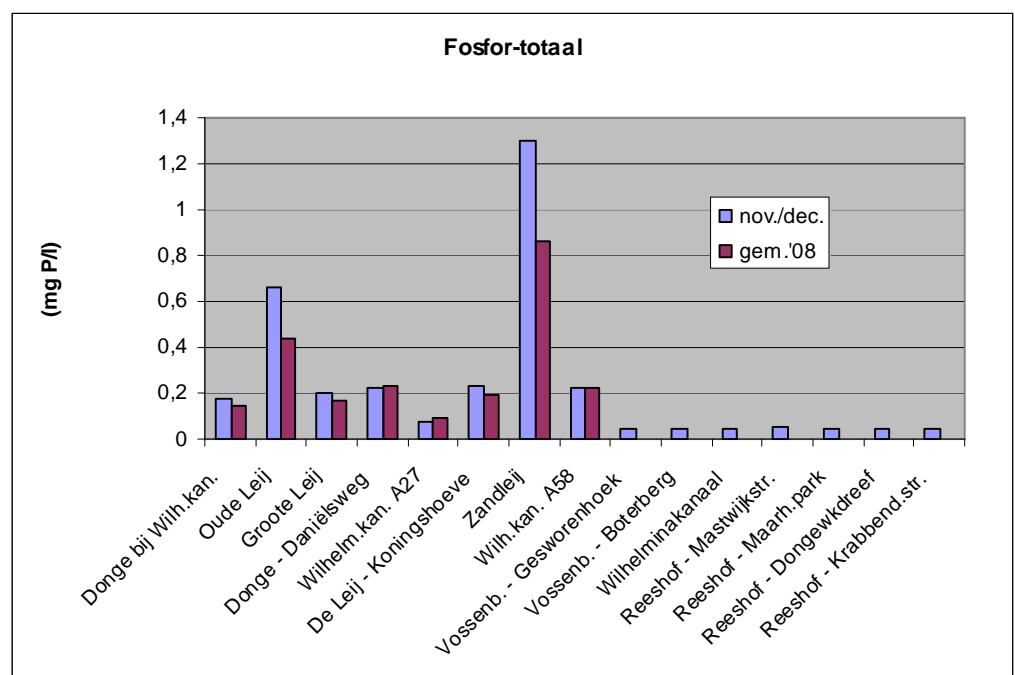
In de figuren 4.19 en 4.20 zijn de analyses van fosfor-totaal en stikstof-totaal opgenomen. In bijlage 2 zijn de analyseresultaten opgenomen. Voor de meetpunten uit het meetnet van de waterschappen (rood in figuur 4.18) zijn zowel het gemiddelde van alle waarnemingen van een heel jaar betreffende (2008 of 2006, over het algemeen minimaal 8 metingen) opgenomen als een meting in november of december. De eenmalige metingen (blauw in figuur 4.18) betreffen een waarneming van 3 december 2008. De metingen van november/december zijn in de figuren 4.19 en 4.2 met blauw weergegeven. De jaargemiddelden zijn paars weergegeven. Uit de metingen blijkt dat de

gehalten in november/december voor voedingsstoffen meestal hoger liggen dan het jaargemiddelde. Dit komt waarschijnlijk omdat er in de winter minder biologisch afbraak optreedt.

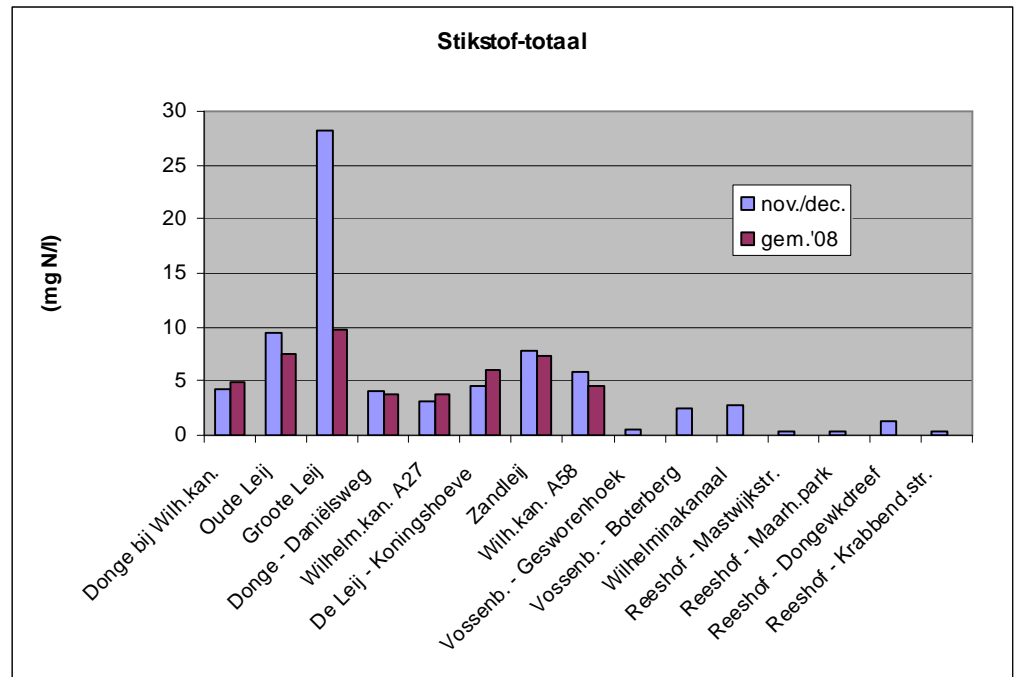
De verhoogde gehalten aan nutriënten worden onder meer veroorzaakt door landbouw en de lozing van RWZI's (m.n. Zandleij).



Figuur 4.18: Ligging waterkwaliteitspunten



Figuur 4.19: Analyse fosfor-totaal



Figuur 4.20: Analyse stikstof-totaal

5 Belangen

5.1 Natuur

Achtergrond

Om de effecten van de voorgenomen peilverandering op de natuur in de omgeving te kunnen inschatten, moeten we inzicht hebben in de actuele natuurwaarden in het mogelijke invloedsgebied van de voorgenomen ingreep.

De benodigde gegevens betreffen met name de natuurdoeltypen met hun eisen aan grondwaterdynamiek en waterkwaliteit. Daarnaast moeten we in beeld krijgen welke beschermde soorten in de gebieden voorkomen, waarmee volgens de Flora- en Faunawet rekening moet worden gehouden. Om verder in het onderzoek na te kunnen gaan, of wateraanvoer een passende maatregel is, is het wenselijk om inzicht te krijgen in de fysisch-chemische oppervlaktewaterkwaliteit van het Wilhelminakanaal en de Donge en andere waterlopen in de omgeving.

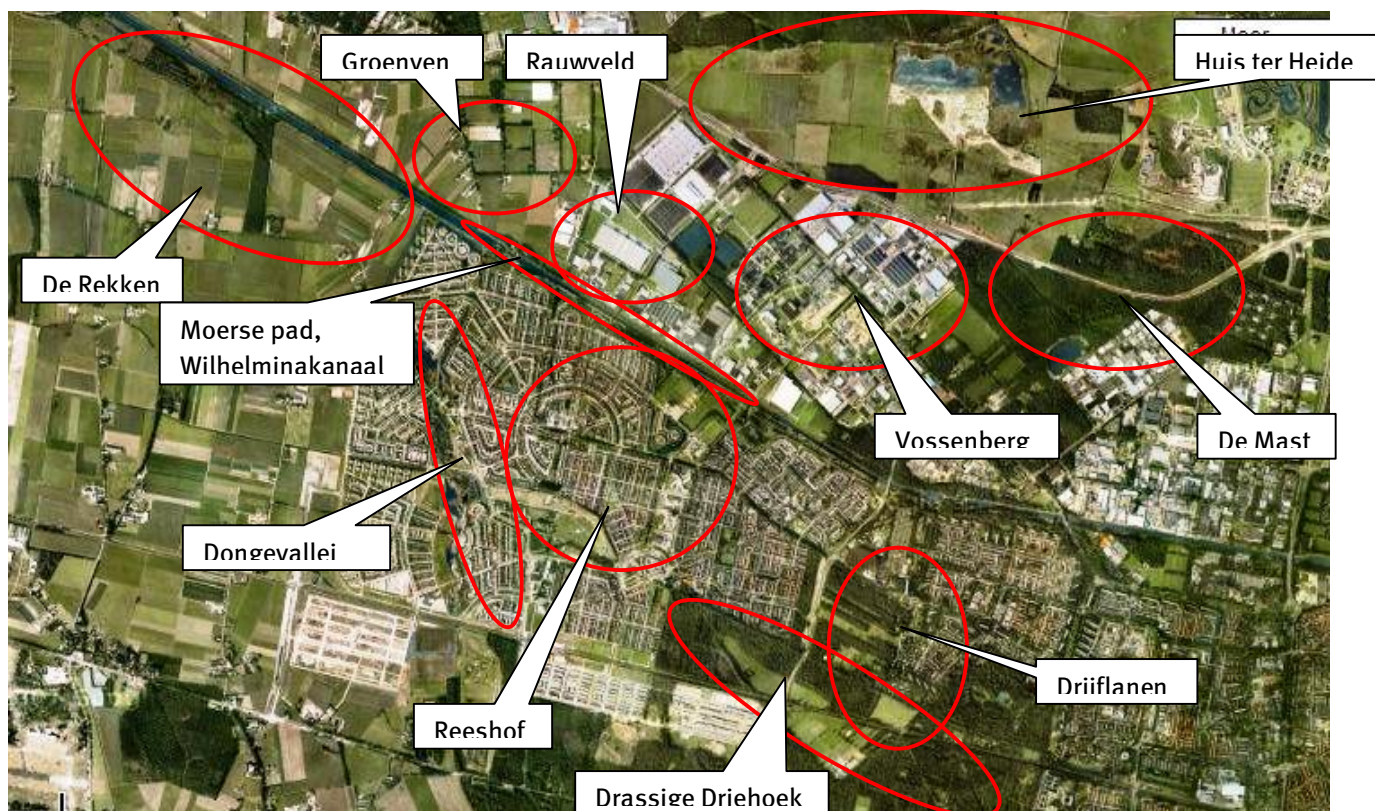
Binnen het onderzoeksgebied liggen de volgende deelterreinen (figuur 5.1):

- het Wilhelminakanaal zelf
- de Dongevallei
- het Moerse pad (zuidelijke berm van het Wilhelminakanaal)
- Rauwveld (landbouwgronden)
- Groenven (landbouwgronden)
- Drijflanen
- Drassige Driehoek
- Reeshof
- De Rekken (SBB)
- Reijenbroek (landbouwgrond)
- Huis ter Heide (NM)
- de Mast
- Industrierrein Vossenbergh
- Industrierrein Kraaiven

Werkwijze

Van bovengenoemde deelterreinen zijn de beschikbare gegevens over natuurwaarden en waterkwaliteit opgevraagd.

Hiervoor is contact opgenomen met de verschillende terreinbeheerders (bijlage 4): Vervolgens is de verkregen informatie doorgenomen en is uitgezocht of deze informatie bruikbaar en volledig is en zijn de omissies in de benodigde informatie aangeduid. De verkregen natuurgegevens zijn verschillend van aard. In tabel 5.1 is aangegeven welke informatie aanwezig is en welk soort natuurgegevens beschikbaar zijn. Meer gedetailleerde informatie is opgenomen in bijlage 4. Hieruit blijkt dat de gegevens variëren van soort tot vegetatietype/natuurtype.



Figuur 5.1: Globale ligging deelgebieden

Tabel 5.1: Beschikbaarheid natuurgegevens en het soort gegevens.

Rapport/informatie	Soort natuurgegevens	Actualiteit
Tracé Noordwesttangent	- soorten flora/fauna - vegetatietype/natuurtype	2002
Industrieterrein Vossenberg	- (beschermde) soorten	2008
Dalem - Vossenberg	- (beschermde) soorten	2008
Analyse natuurwaarden Drijflanen	- soorten - natuurtypen - kritische amfibieën	2003
Monitoring Dongevallei	- soorten - ecotypen	2002 - 2003
Verbreiding Wilhelminakanaal	- (beschermde) soorten	2008
Natuurdoeltypen provincie Noord-Brabant Natuurgebiedsplan 2007	- natuurdoeltypen	2007

De (grondwaterafhankelijke) natuurdoeltypen/soorten worden beschreven, indien aanwezig, aan de hand van de hydrologische randvoorwaarden die ze stellen. Indien mogelijk worden de effecten beschreven aan de hand van vegetatietype/natuurtype/natuurdoeltypen. Aangezien deze typen beschreven zijn in het "Handboek Natuurdoeltypen (Bal *et al.*, 2001)" en de "Hydrologische randvoorwaarden Natuur (HR) (Waternood, 2005)" en "OGOR Natuur in Noord-Brabant (Ertsen *et al.*, 2005)". De Natuur- en Beheersgebiedplannen van de provincie Noord-Brabant zijn gebruikt als uitgangspunt voor de natuurdoeltypen. Op basis hiervan is, samen met de hydrologische randvoorwaarden, bepaald of een verlaging een (negatief) effect heeft of niet. Voor gevoelige (beschermde) soorten wordt dit gedaan op basis van literatuur en expert judgement. Bijvoorbeeld; amfibieën zijn afhankelijk van voldoende water in poelen. Indien het grondwatermodel een minimale verlaging aangeeft in het voorjaar of

zomerseizoen zijn effecten in het voortplantingsseizoen naar verwachting minimaal. Op deze wijze worden alle deelterreinen bekeken op basis van de aanwezige (gevoelige) natuurwaarden. Als gevoelige natuurwaarden worden gezien: voedselarme kwelmilieus, grondwaterafhankelijke water/planten, vennen, basenarme wateren en amfibieën.

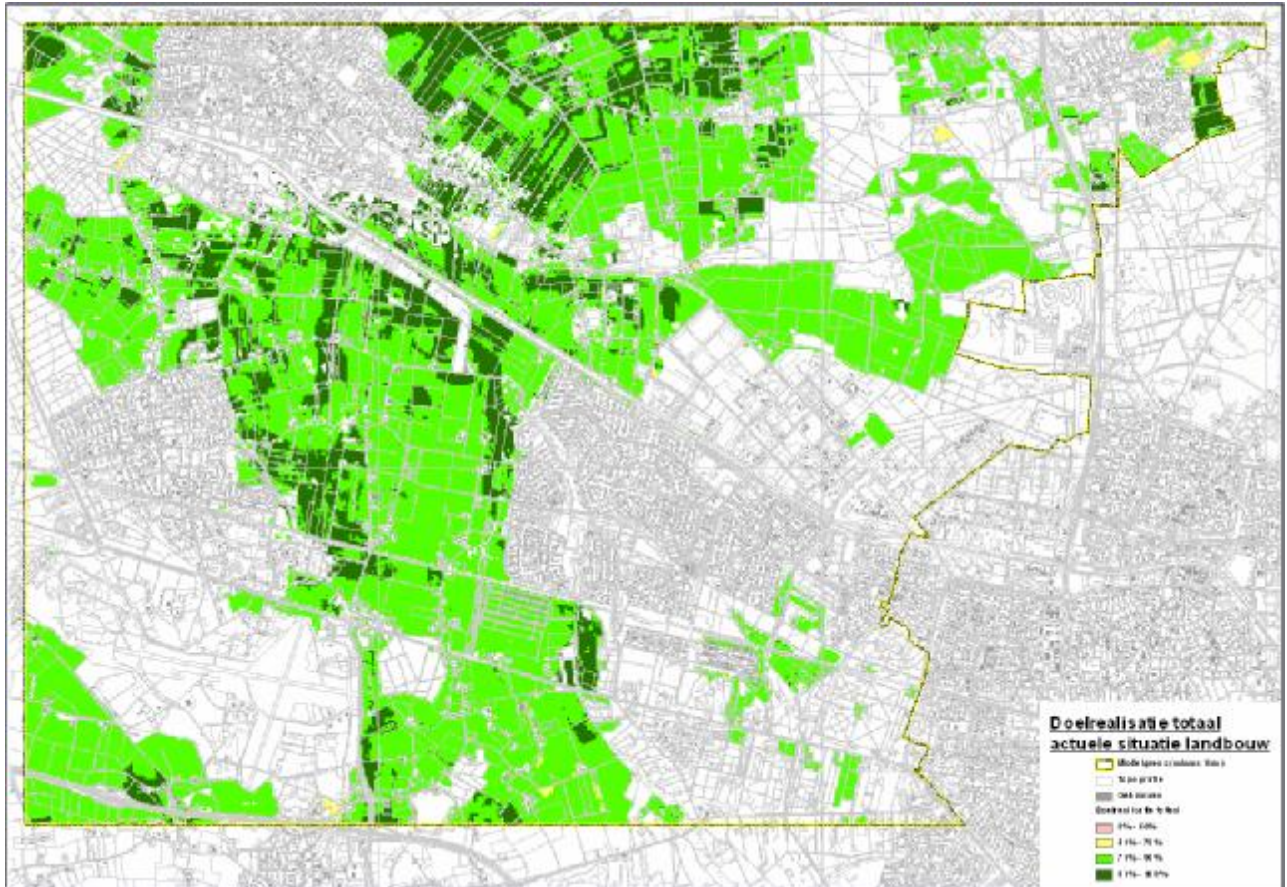
Daarnaast wordt rekening gehouden met in de deelterreinen voorkomende beschermde soorten in het kader van de Flora- en Faunawet. De beschermde soorten worden indien aanwezig genoemd, maar in het kader van het vooronderzoek niet verder uitgewerkt. In hoofdstuk 6 is nader ingegaan op de actuele natuurwaarden en de mogelijke effecten van de ingreep.

5.2 Landbouw

Ten westen van het plangebied ligt voornamelijk landbouw. Op basis van de grondwatertrappen die door WS Brabantse Delta zijn aangeleverd en het grondgebruik is de doelrealisatie in de actuele situatie bepaald. De grondwatertrappen zijn tevens vergeleken met de modelberekeningen van de grondwaterstanden voor de huidige situatie. Over het algemeen bleken deze goed overeen te komen, al zijn er ook enkele locaties waar de GHG/GLG hoger of lager ligt dan de range van de grondwatertrappen. De toegepaste methodiek (Waternood) is nader beschreven in bijlage 10. In figuur 5.2 is de doelrealisatie voor de huidige situatie weergegeven.

Uit de figuur blijkt dat vrijwel overal de doelrealisatie voor landbouw voldoende (71-90%) of goed (>91%) is. Dit is overigens voor de zone noordelijk van het Wilhelminakanaal een betere doelrealisatie dan in de IGA-studie¹ is bepaald. In de IGA-studie was er een zone waar de doelrealisatie lager dan 70% was. De oorzaak van het verschil is niet helemaal duidelijk. Omdat in het voorliggende onderzoek gebruik is gemaakt van de grondwatertrappen en deze ook gecheckt zijn met het grondwatermodel, gaan we ervan uit dat de onderstaande doelrealisatie kan worden gebruikt voor de toets van de belangen.

1. Integrale Gebiedsanalyse Oosterhout-Waalwijk

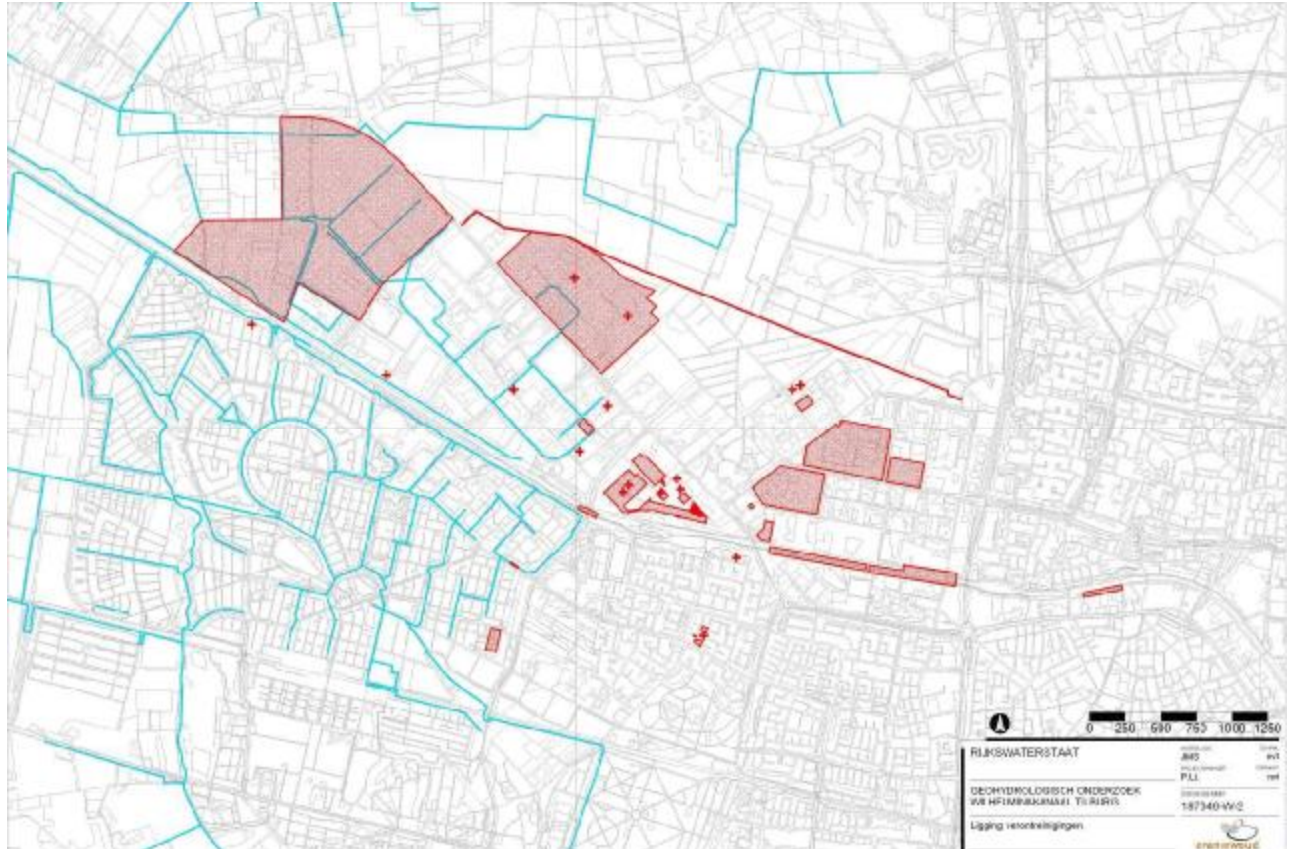


Figuur 5.2: Doelrealisatie landbouw huidige situatie

5.3 Bodemverontreiniging

Bij de gemeente Tilburg is de ligging van bekende bodemverontreinigingen en een beknopte toelichting op de aard en diepte ervan opgevraagd. De in eerste instantie indicatief berekende 10 cm-verlagingslijn is hiervoor als grens aangehouden. Gebleken is dat binnen deze lijn ruim 1.000 gevallen van (potentiële) verontreiniging liggen. Deze gevallen variëren van 'historisch onverdacht' tot 'sterk verontreinigd, waarden>'. 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.

In totaal zijn nog 42 locaties overgebleven die in dit onderzoek nader worden onderzocht. Deze locaties zijn meestal geconcentreerd in een paar bedrijventerreinen. In figuur 5.3 zijn de locaties met (potentiële) verontreinigingen weergegeven. De gevolgde werkwijze en de locaties zijn tevens opgenomen in bijlage 5.



Figuur 5.3: Ligging locaties met potentiële verontreinigingen

5.4 Bebouwing en infrastructuur

Uit de sondeergegevens en andere informatie betreffende de bodemopbouw blijkt dat de bodem nauwelijks zettingsgevoelig is. Er is niet sprake van duidelijke zettingsgevoelige lagen (klei, veen) onder de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG). Ondiepere zettingsgevoelige lagen zijn niet van belang, aangezien door de fluctuaties van de grondwaterstand hier de eventuele zetting in het verleden al gerealiseerd zal zijn.

De bebouwing van zowel de Reeshof als Vossenbergh is overwegend van de jaren '80 en '90. Uit de beschikbare bodemkundige rapportages blijkt dat bij een deel van de bebouwing in ieder geval paalfunderingen (tot rond NAP) is toegepast, maar dat de bebouwing overwegend op staal is gefundeerd.

Schade door bodemzetting kan niet alleen bij bebouwing optreden, maar ook bij kabels en leidingen. Om deze in beeld te krijgen, is een KLIC-melding uitgevoerd.

5.5 Oppervlaktewater

Zowel in Vossenbergh als in de Reeshof zijn watergangen aanwezig, die overwegend door grondwater / kwel en neerslag worden gevoed. Een verlaging van de grondwaterstand kan hier een daling van het oppervlaktewaterpeil tot gevolg hebben. Dit geldt ook, zij het in mindere mate, voor grotere watergangen zoals de Donge en de Moerse Dreef.

Een daling van het waterpeil kan (naast de hiervoor al benoemde effecten op landbouw en natuur) gevolgen hebben op de beleving van bewoners van de waterpartijen: grotere afstand tot het water, of zelfs droogvallende watergangen. Ook kan dit de werking van het systeem beïnvloeden: de stroming werkt niet goed meer, of de ecologische situatie wordt onvoldoende. Ook beheer en onderhoud (varend maaien) is niet meer mogelijk.

De ligging van watergangen is in hoofdstuk 4 al aangegeven.

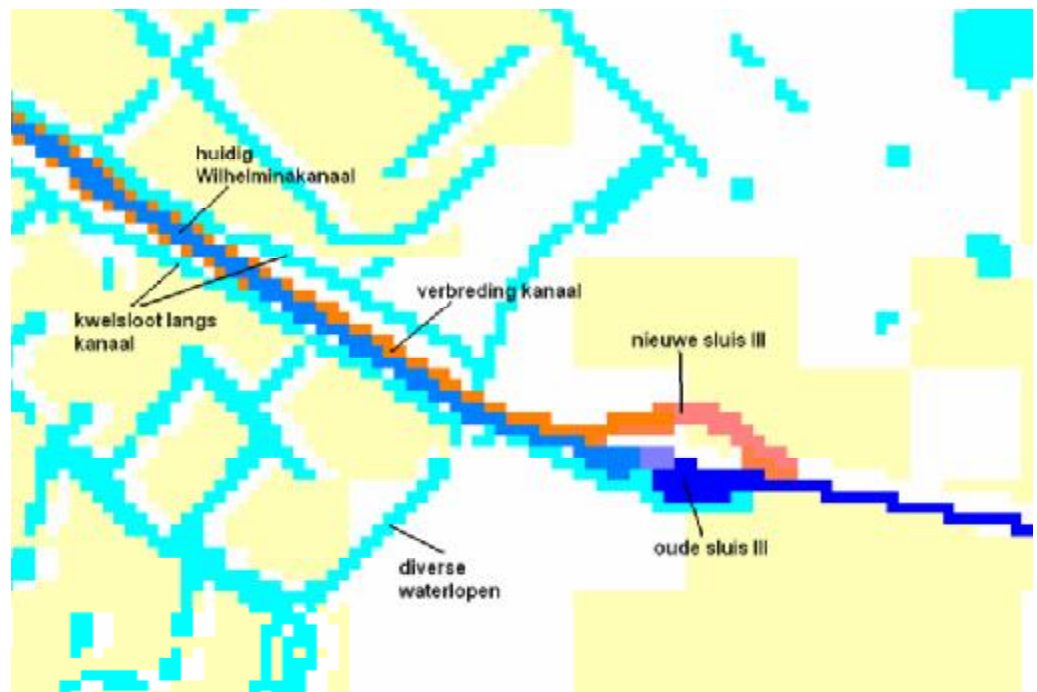
6 Effecten ingreep

6.1 Grondwaterstanden

De ingreep betreft enkele verschillende aspecten:

- het kanaal wordt breder (ca. 45 m i.p.v. ca. 25 m);
- het bodempeil wordt verlaagd van ca. NAP +5,0 m naar ca. NAP +1,8 m;
- het waterpeil wordt verlaagd van NAP +7,70 m naar NAP +5,15 m;
- de bodemweerstand wordt verkleind van ca. 50 dagen naar ca. 10 dagen;
- bij sluis III wordt een nieuwe sluis noordelijk van de bestaande sluis gebouwd, de oude sluis blijft aanwezig.

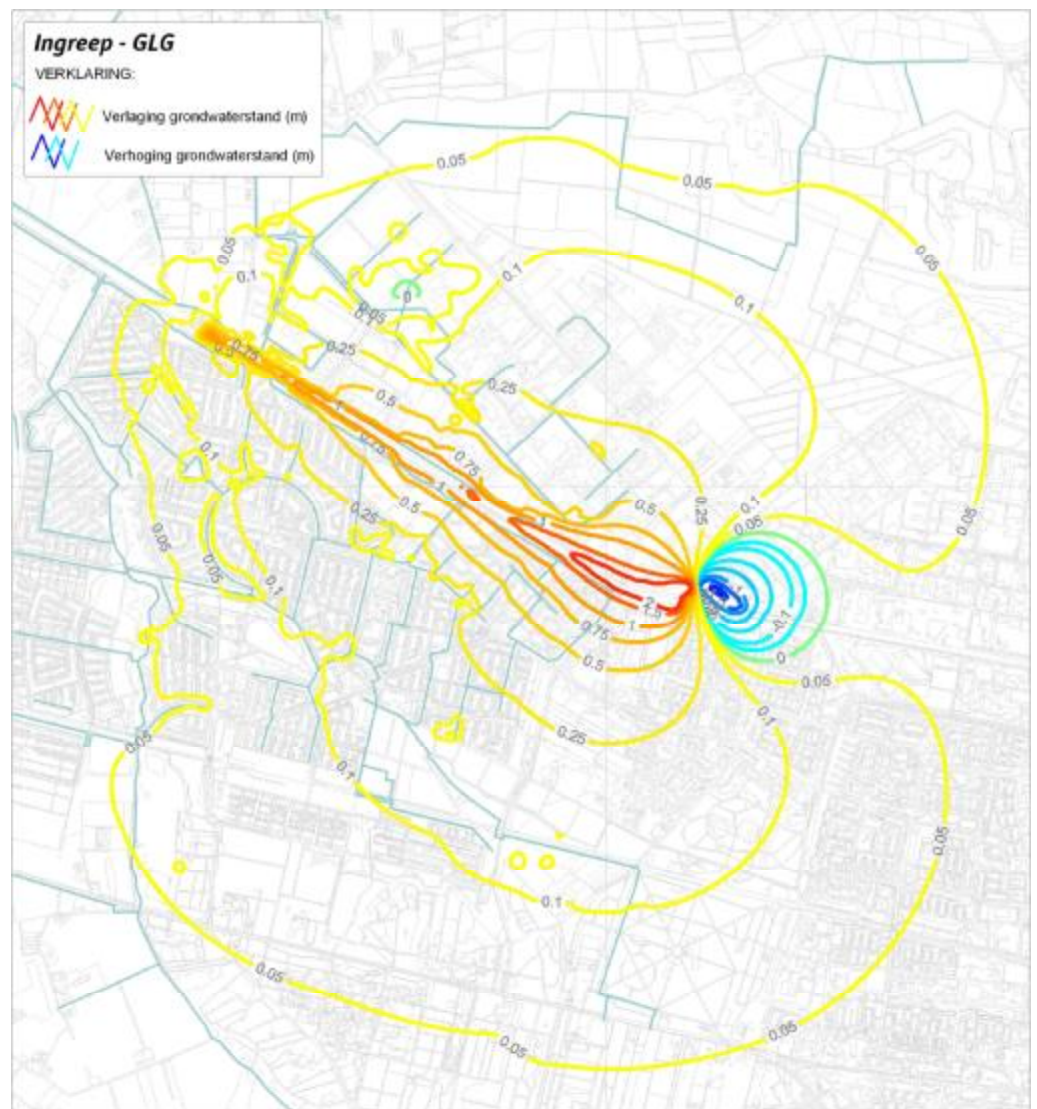
In figuur 6.1 is de ingreep weergegeven zoals deze in het model is ingevoerd.



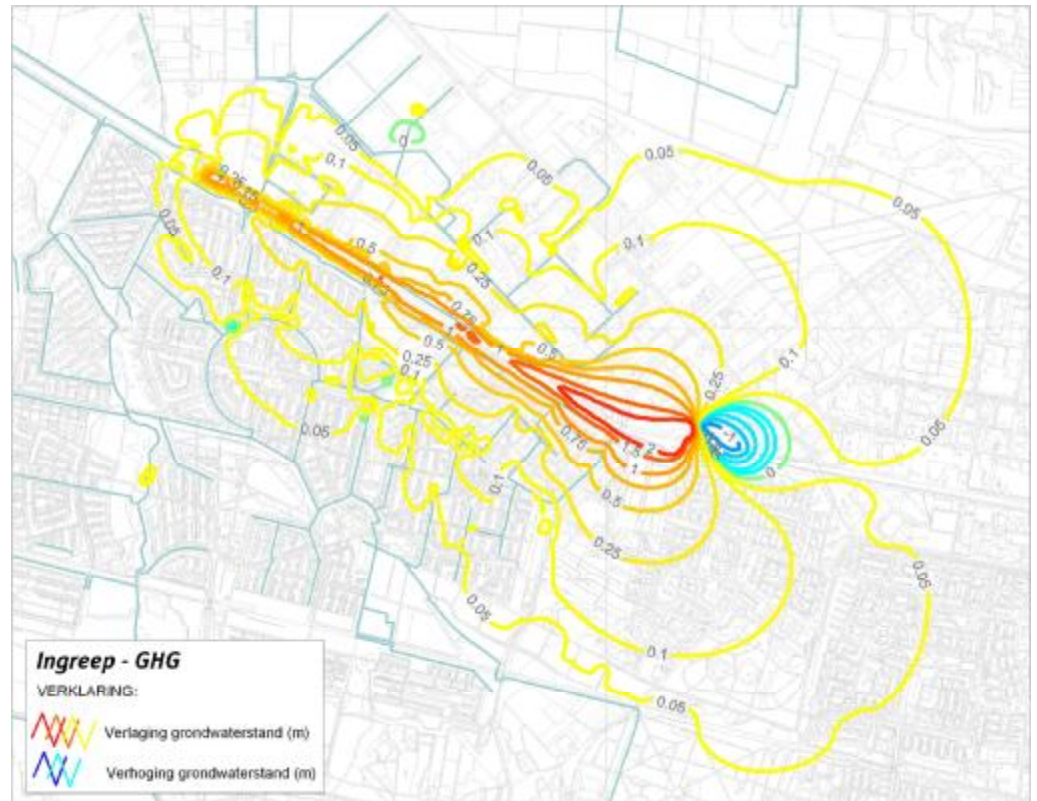
Figuur 6.1: Ingreep in het grondwatermodel

De berekende verandering van de grondwaterstand is voor de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG, 'normale' zomer) weergegeven in figuur 6.2. De verandering bij de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG, 'normale' winter) is weergegeven in figuur 6.3. De verlagingen voor de extreem droge, extreem natte en gemiddelde situatie zijn opgenomen in bijlage 7. Over het algemeen is er sprake van een verlaging van de grondwaterstand. Nabij sluis III is er ook in een klein gebiedje een verhoging van de grondwaterstand. Dit komt doordat het kanaal met het hoge peil aan de noordkant van de huidige sluis wordt uitgebreid. De grondwaterstanden in de huidige situatie liggen lager dan het hoge kanaalpeil (NAP +12,55 m), waardoor hier lokaal een verhoging van de grondwaterstanden optreedt. Dit betreft een tijdelijk effect: in de loop van de tijd zal door de infiltratiesituatie hier de bodemweerstand weer toenemen, waardoor de invloed van het waterpeil op de grondwaterstanden kleiner wordt. De verhoging zal dan ook kleiner worden. Indien gewenst kan dit proces ook kunstmatig worden gerealiseerd door in de

sluis een kleilaag op de bodem aan te brengen. Bij de mitigerende maatregelen wordt hier nader aandacht aan gegeven.

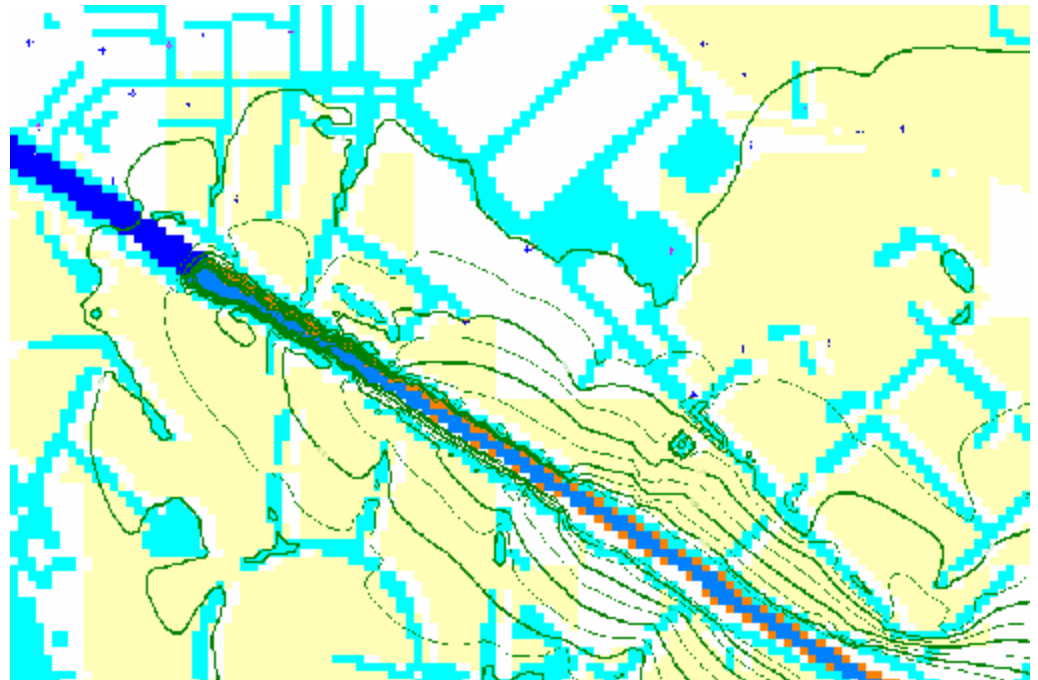


Figuur 6.2: Verlaging grondwaterstand bij de GLG (bron top. ondergrond: Topografische Dienst)



Figuur 6.3: Verlaging grondwaterstand bij de GHG (bron top. ondergrond: Topografische Dienst)

Uit de figuren 6.2 en 6.3 blijkt dat het invloedsgebied bij een nattere situatie kleiner is dan bij een droge situatie. Dit komt door de drainerende werking van watergangen, die grondwater en kwelwater afvangen. Bij natte situaties blijft er ook na uitvoering van de ingreep sprake van een drainerende werking (al is die kleiner dan in de huidige situatie). De grondwaterstand wordt daardoor in natte situaties relatief beperkt verlaagd. In droge situaties is de drainerende werking van watergangen veel kleiner, waardoor de watergangen de verlagingen niet uitdempen. In figuur 6.4 is de werking van het oppervlaktewater nogmaals zichtbaar gemaakt: bij iedere waterloop (lichtblauw) is een beperking van de grondwaterstandsverlaging (groene lijnen) zichtbaar.



Figuur 6.4: Effect oppervlaktewater op verlagingen grondwaterstand

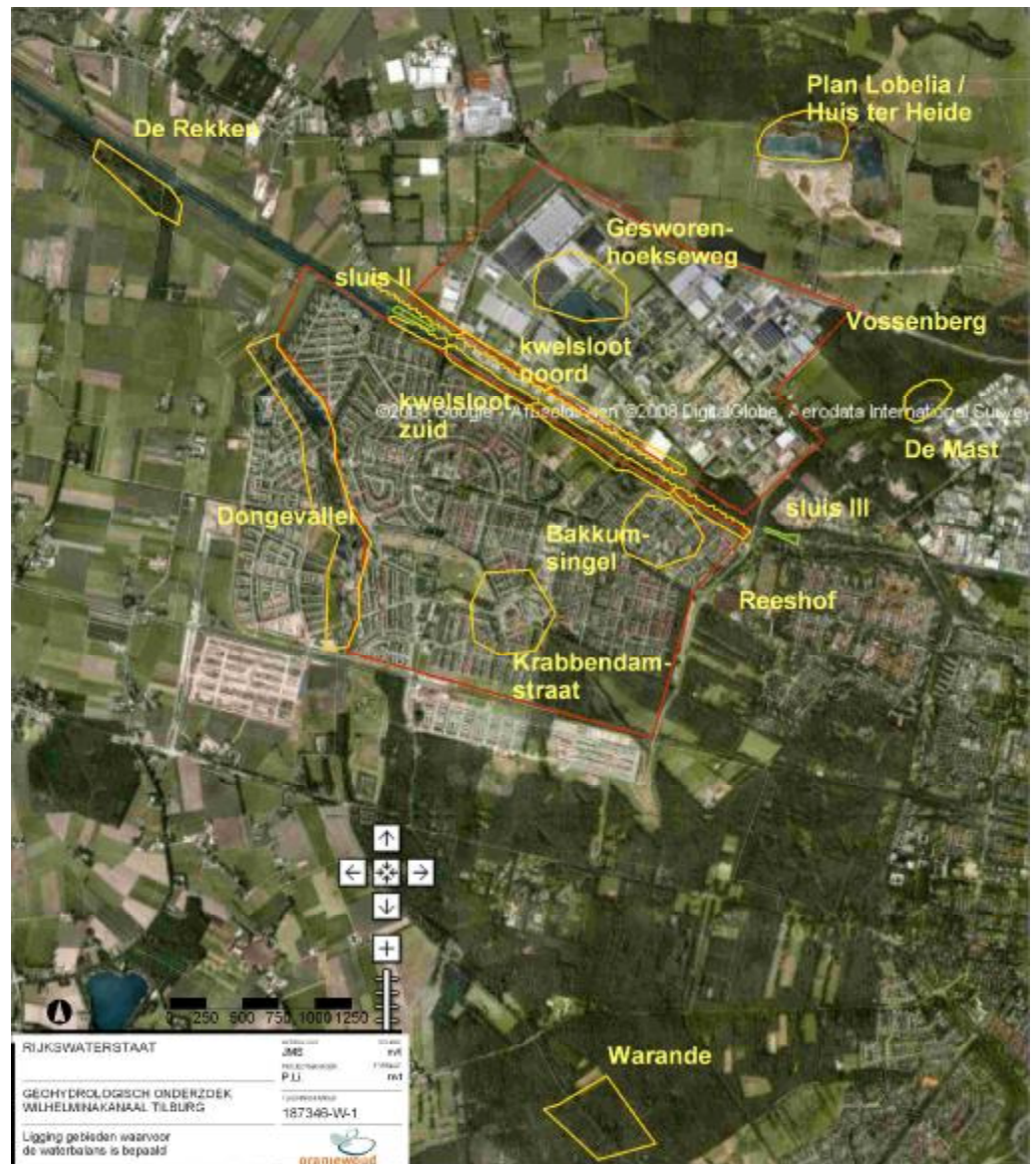
Bij de berekeningen zijn de watergangen zodanig ingevoerd dat deze alleen kunnen draineren en niet infiltreren. Dit is gedaan omdat verschillende watergangen alleen door grondwater en neerslag worden gevoed. Er is dus onvoldoende aanvoer van water om daadwerkelijk te kunnen infiltreren. Voor het Wilhelminakanaal zelf is uiteraard wel voldoende aanvoer van water, het kanaal is dus zo in het model ingebracht dat er wel infiltratie op kan treden.

6.2 Waterbalansen

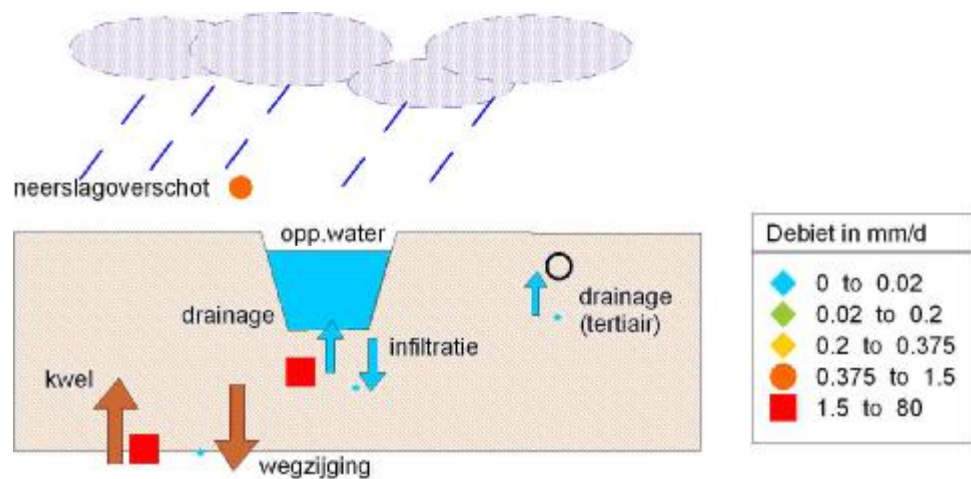
In figuur 6.5 zijn de gebieden aangegeven waarvoor de waterbalansen zijn bepaald. In hoofdstuk 7 (mitigerende maatregelen) en bijlage 9 is tevens een meer gedetailleerde tekening van de waterbalansgebieden opgenomen.

Naast de verandering van de kwel en infiltratie (deklaag - watervoerend pakket) en afvoer van water door waterlopen en drainage is tevens de globale grondwaterstand per deelgebiedje weergegeven en het waterpeil van oppervlaktewater in de deelgebiedjes.

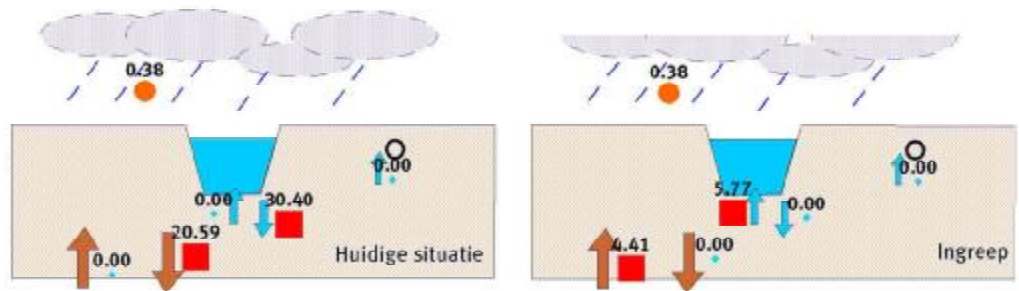
In bijlage 9 en de figuren 6.6a t/m 6.6c zijn de waterbalansen van de deelgebiedjes schematisch weergegeven. Hierbij zijn de termen opgenomen uit de op de volgende pagina opgenomen legenda. De omvang van het debiet (in mm/d) is met een gekleurd symbooltje weergegeven. Hierbij geldt dat hoe groter het symbooltje is en hoe feller van kleur (oplopend van blauw via groen, geel en oranje naar rood) hoe groter het betreffende debiet is. Omdat de horizontale stroming niet in de figuren is opgenomen, is de som van alle termen niet altijd nul.



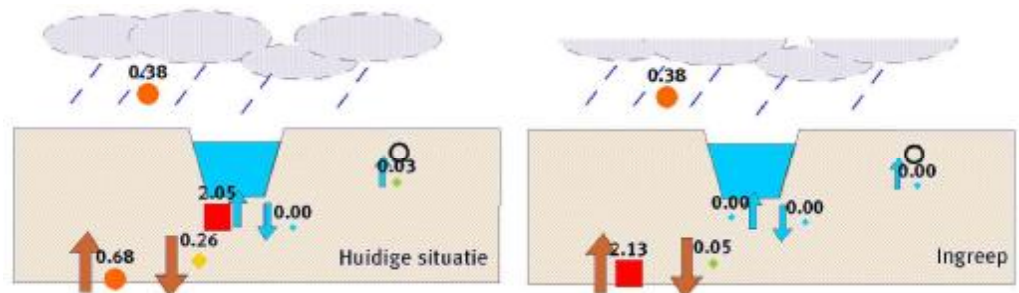
Figuur 6.5: Ligging gebieden waarvoor waterbalans is bepaald



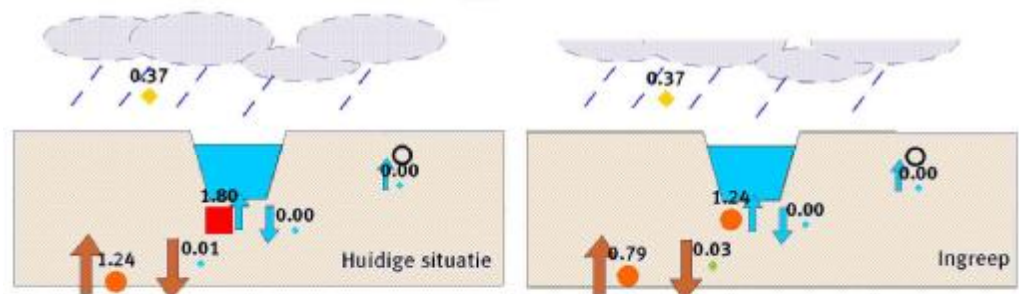
Legenda bij waterbalansen



Figuur 6.6a: Wilhelminakanaal bij sluis II - GLG; links huidige situatie, rechts met ingrep



Figuur 6.6b: Kwelsloot zuidkant Wilhelminakanaal - GLG; links huidig, rechts met ingrep



Figuur 6.6c: Gesworenhoekseweg - GLG; links huidige situatie, rechts met ingrep

Uit figuur 6.6a blijkt dat in de huidige situatie er bij sluis II vooral sprake is van infiltratie vanuit het Wilhelminakanaal naar de bodem. Dit debiet zakt grotendeels door naar de diepere bodem, het overige deel wordt door horizontale stroming afgevoerd (niet zichtbaar in de figuren). Na de ingrep is er juist sprake van een drainage van het kanaal. Dit heeft tot gevolg dat er ook een kwel optreedt vanuit het diepere watervoerende pakket.

Bij de kwelsloot direct ten zuiden van het Wilhelminakanaal, het gehele traject van sluis II tot sluis III (figuur 6.6b), is in de huidige situatie vooral de drainerende werking van de sloot van belang. Na de ingrep is er geen drainage meer. Omdat de waterlopen in het model niet kunnen infiltreren, is er ook geen sprake van infiltratie. De toename van de kwel wordt vooral veroorzaakt door de toegenomen drainage van het Wilhelminakanaal, dat direct langs de kwelsloten ligt. In bijlage 9 is de kwelsloot in meerdere deeltrajecten weergegeven.

Tenslotte is de waterbalans van de Gesworenhoekseweg in Vossenberghaven opgenomen (6.6c). Hier is in de huidige situatie vooral een drainerende werking van het oppervlaktewater zichtbaar. Deze werking neemt iets af na de ingrep. Doordat de

Gesworenhoekseweg al op enige afstand vanaf het kanaal ligt, is het effect van de ingreep al sterk gereduceerd.

In bijlage 9 zijn de waterbalansen voor de andere deelgebieden opgenomen.

6.3 Effecten op belangen

6.3.1 Natuur

Een eerste analyse van de berekende grondwaterstandverlagingen wordt in de onderstaande tabel per deelterrein weergegeven. In tabel 6.1 is de grondwaterstandsverlaging globaal weergegeven.

Tabel 6.1: Deelterreinen met de verwachte grondwaterstands daling als gevolg van de ingreep

Deelterrein	Grondwaterstanddaling bij Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) (in m)					
	-0.02 / -0.05	-0.05 / -0.10	-0.10 / -0.25	-0.25 / -0.50	-0.50 / -1.00	-1.00 / -2.00
De Lange Rekken						
Groenven						
Rauwveld						
Huis ter Heide						
Vossenbergh						
De Mast						
Reeshof						
Drassige Driehoek						
Drijflanen						

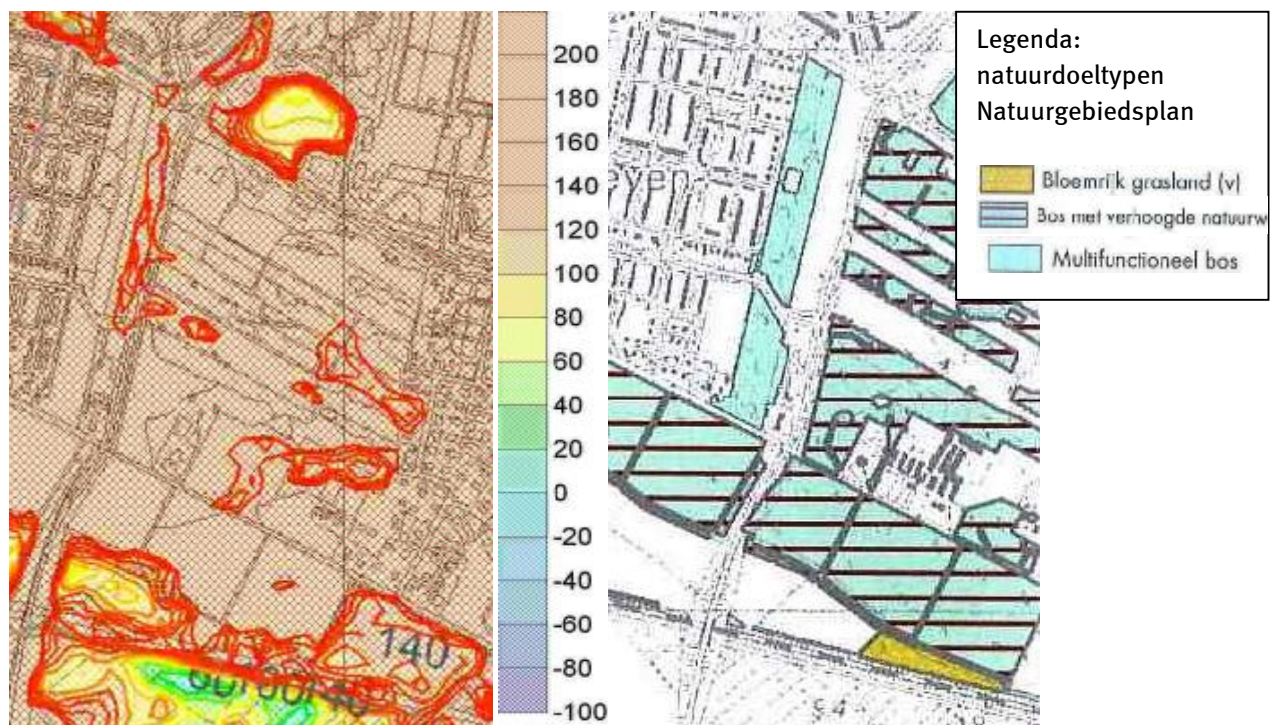
Deelterrein	Grondwaterstanddaling bij Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (GVG) (in m)					
	-0.02 / -0.05	-0.05 / -0.10	-0.10 / -0.25	-0.25 / -0.50	-0.50 / -1.00	-1.00 / -2.00
De Lange Rekken						
Groenven						
Rauwveld						
Huis ter Heide						
Vossenbergh						
De Mast						
Reeshof						
Drassige Driehoek						
Drijflanen						

In de nu volgende tekst worden de effecten op de verschillende deelterreinen beschreven. Hierbij is uitgegaan van het beïnvloedingsgebied 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.

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 1.1: 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 1.3: 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 1.2: Verlaging van de grondwaterstand rond de Drijflanen (rode cirkel) bij GLG en GVG.

Analyse

Uit figuur 1.2 blijkt dat het deelgebied Drijflanen een verlaging van de GLG van 0,1 tot maximaal 0,5 m kan verwachten. Het noordelijkste deel krijgt te maken met een verlaging van 0,25 m, in het zuidelijke deel een verlaging tussen de 0,25 - 0,1 m. De GVG geeft een ander beeld. Een klein puntje van het deelterrein heeft een verlaging van 0,25 m; het midden van het terrein 0,1 m aflopend naar 0,05 cm. Het meeste zuidelijkste deel heeft een verlaging van 0,02 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 0,02 m.

Uit de hydrologisch randvoorwaarden is naar voren gekomen dat de GVG voor het type *bloemrijk grasland (vochtig)* in het voorjaar alleen te vochtig kan zijn. Een verlaging van het grondwater met 0,02 m heeft dan ook geen effect op dit doeltype. De GLG ligt bij *bloemrijk grasland* diep tot zeer diep. In tabel 1.1. 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 0,10 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/herprofilingswerkzaamheden in het najaar van 2009 (bron: gem. Tilburg). De GLG ligt tussen de 0,10 - 0,25 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.

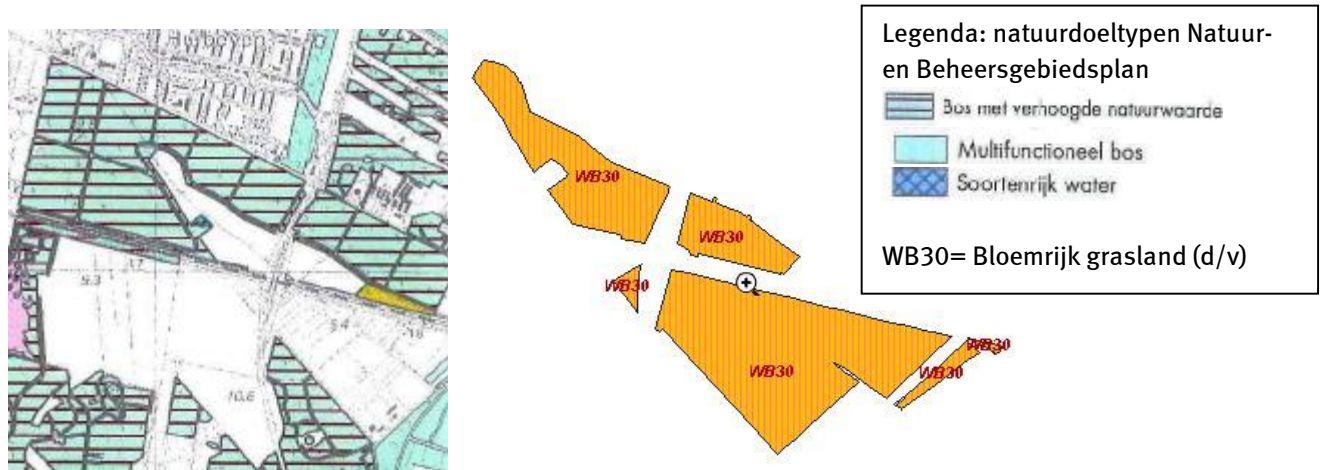
Conclusie Drijflanen

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.

Deelterrein Drassige Driehoek

Van het deelgebied de Drassige Driehoek zijn geen actuele natuurwaarden verkregen. In het IWACO rapport 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 grondwaterafhankelijk. De overige natuurdoeltypen *bos met verhoogde natuurwaarden* en *multifunctioneel bos* worden in Ertsen *et al.*, 2005 eveneens gedefinieerd als 'grondwaterafhankelijke natuurdoeltypen'. De doeltypen worden niet direct beïnvloed door de grondwaterstandverlaging.



Figuur 1.3: 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 (Ertzen *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.

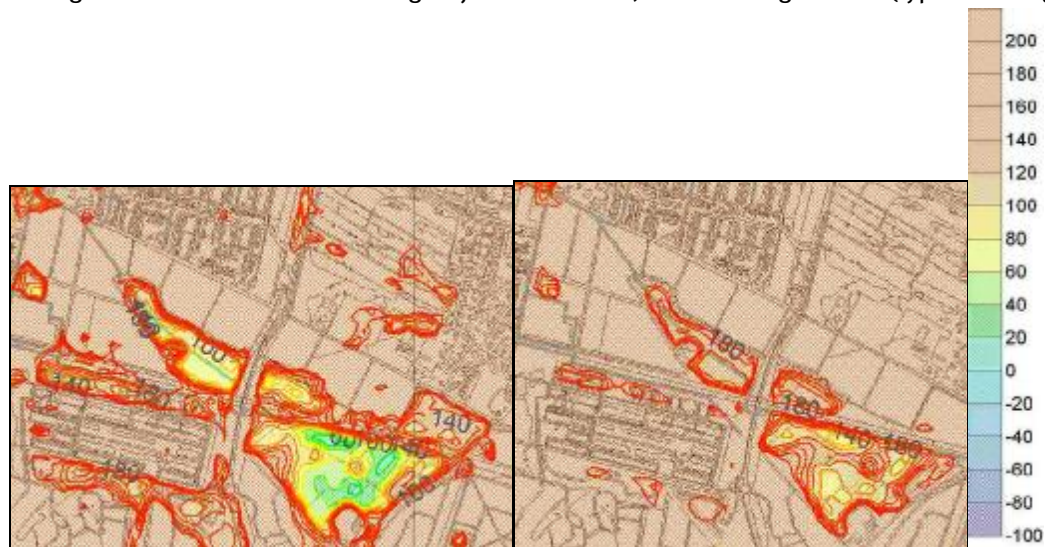
Boven de 48 cm -mv neemt de optimale ontwikkeling van het natuurdoeltype af tot 10 cm +mv. waarbij het type niet meer voorkomt. Het type kan 21 dagen vocht te kort verdragen voor een optimale ontwikkeling. Bij een droogtestress van meer dan 45 dagen kan het type zich niet meer handhaven. Het natuurdoeltype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

Tabel 1.4: 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	2 - 5	10 - 25
Soortenrijk water	-∞	-∞	+∞	+∞	-∞	-∞	+∞	+∞	-	2 - 5	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 1.4: Huidige grondwaterstand (GVG en GLG in cm -mv) Deelterrein De Drassige Driehoek.



Figuur 1.5: Verlaging van de grondwaterstand rond de Drassige Driehoek (rode cirkel) bij GLG en GVG.

Analyse

Uit figuur 1.5 blijkt dat het deelgebied Drassige Driehoek een verlaging van de GLG tussen de 0,1 - 0,25 m kan verwachten. De GVG geeft een verlaging van 0,02 - 0,05 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 2 - 5 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.

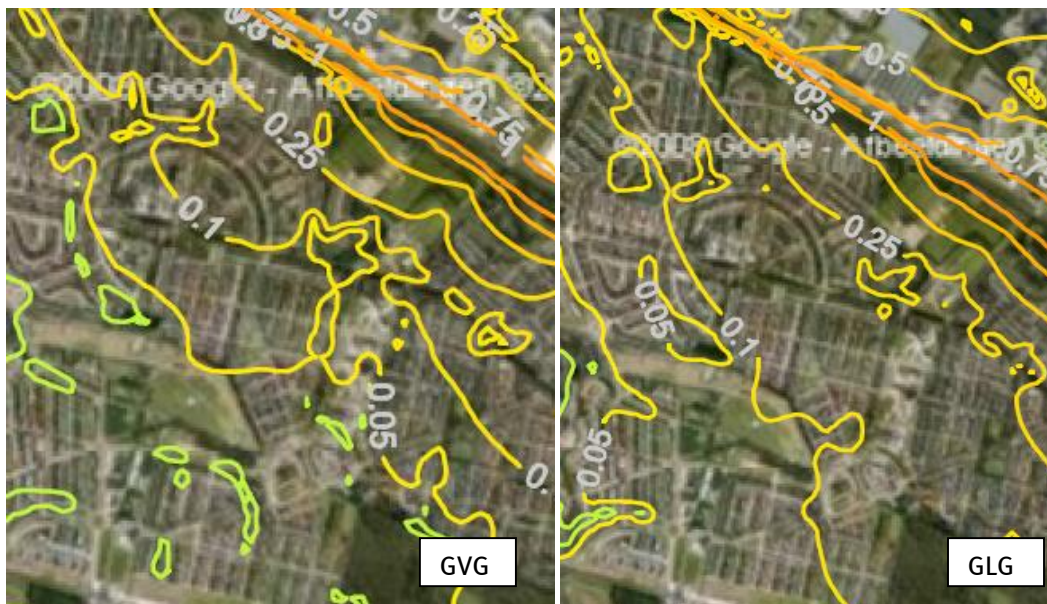
Het natuurdoeltype *soortenrijk water* is gedefinieerd als grondwateronafhankelijk en zal geen direct effect hebben op een verlaging van het grondwater. Gezien deze grondwateronafhankelijkheid zal een verlaging van 2 - 5 cm in het voorjaar geen effect hebben op het biotoop (de poel) van de kamsalamander 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.

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 1.6) 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 1.6: 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.

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 het onderstaande figuur 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 barende hagedis).



Figuur 1.7: 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.

Tabel 1.5: 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	-	2

-∞ = 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 1.8: Verlaging van de grondwaterstand in deelterrein Dongevallei bij GLG en GVG.

Analyse

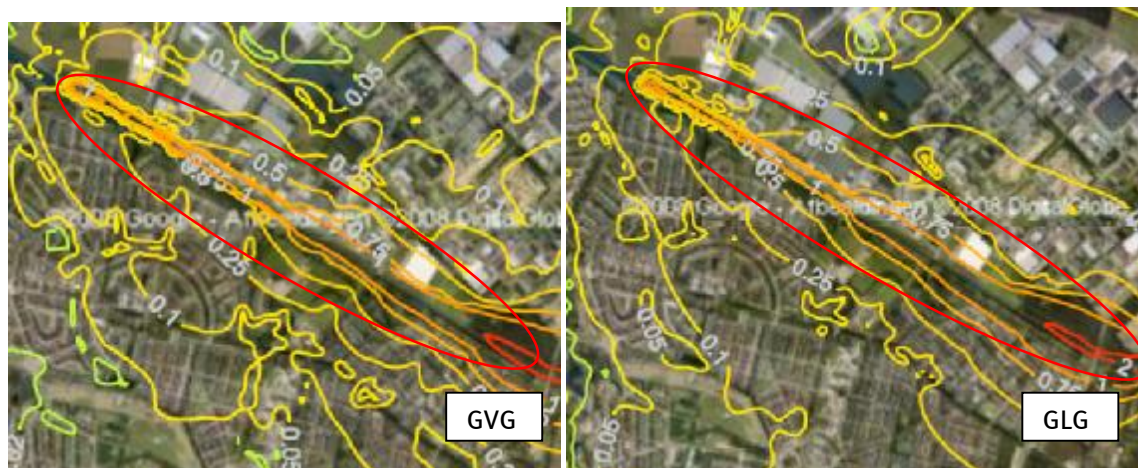
Uit figuur 1.8 blijkt dat het deelgebied Dongevallei in het voorjaar geen verlaging van het grondwater optreedt door de ingreep. De GLG geeft een verlaging van 0,02 m.

Conclusie Dongevallei

Op basis van deze gegevens kan gesteld worden een verlaging van 0,02 m geen negatieve effecten heeft op het natuurdoeltype *moeras* en beschermde natuurwaarden.

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 1.9: 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.

Conclusie Wilhelminakanaal

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

Deelterrein De Rekken & Groenvan

Op basis van de modelberekeningen vindt geen grondwaterstandverlaging (zie figuur 1.10) plaats in de deelterreinen De Rekken en Groenvan. Een effectbeoordeling is dan ook niet noodzakelijk.



Figuur 1.10: Grondwaterstandverlaging nabij de deelterreinen De Rekken en Groenven.


Deelterrein Rauwveld

Het deelterrein Rauwveld is grotendeels in gebruik als intensief landbouwgrond, daarnaast bestaat een deel uit industrie. Van het deelgebied zijn de natuurwaarden verkregen vanuit het rapport: Flora en Fauna langs tracé Noordwesttangent (Cools, 2002). Daarnaast geeft het Natuurgebiedsplan de natuurdoeltypen in en rond het Rauwveld (zie figuur 1.11).

In het deelterrein komen geen gevoelige natuurwaarden (o.a. grondwaterafhankelijk) voor. De natuurdoeltypen in het Rauwveld beperken zich 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.



Legenda:
Natuurdoeltypen Natuurgebiedsplan

 Multifunctioneel bos

Figuur 1.11: Deelterrein Rauwveld en natuurdoeltypen.



Figuur 1.12: 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.

Analyse

Uit figuur 1.12 blijkt dat het deelgebied Rauwveld in het voorjaar een verlaging van 0,02 - 0,05 m kan verwachten. Bij de GLG is de verlaging vergelijkbaar met de GVG. De 0,02 lijn is iets verder het deelterrein in geschoven en de 0,05 lijn omvat nu het industrieterrein.

Conclusie Rauwveld

Gezien het ontbreken van een grondwaterafhankelijke vegetatie en de beperkte verlaging van het grondwater, worden geen effecten verwacht in het deelterrein Rauwveld door de ingreep.

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 Vossenber (zie figuur 1.13).

In het deelterrein komen op basis van de Natuurdoeltypenkaart van de provincie Noord-Brabant geen gevoelige natuurwaarden (o.a. grondwaterafhankelijk) voor. De natuurdoeltypen in Vossenber 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 elzenbroekbos met dotterbloem. Dit bosje wordt in deze studie meegenomen als natuurdoeltype *elzenbroekbos*. *Elzenbroekbos* wordt als kwelwaterafhankelijk gedefinieerd (Ertsen *et al.*, 2005).

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



Figuur 1.13: Deelterrein Vossenberghoek en natuurdoeltypen.



Figuur 1.14: Verlaging van de grondwaterstand in deelterrein Vossenberghoek 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.

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 1.14 is o.a. de berekende grondwaterstandverlaging weergegeven voor de GVG en GLG. Tabel 1.6 geeft de hydrologische randvoorwaarden van het natuurdoeltype elzenbroekbos weer en in figuur 1.15a is de huidige grondwaterstand weergegeven. Figuur 1.15b geeft de grondwaterstanden van een nabij het broekbosje gelegen peilbuis van de gemeente Tilburg weer. Hierbij is de grondwaterstand weergegeven ten opzichte van bovenkant peilbuis. Op basis van de NAP-hoogte van de bovenkant peilbuis (NAP +7,40 m) wordt verwacht dat deze niet sterk afwijkt van de maaiveldhoogte in deze omgeving.

Tabel 1.6: De natuurdoeltypen en hydrologische randvoorwaarden (Ertsen et al., 2005) in deelterrein de Vossenbergh. Daarnaast wordt de huidige grondwaterstand gegeven en de verlaging(en) bij GVG en GLG.

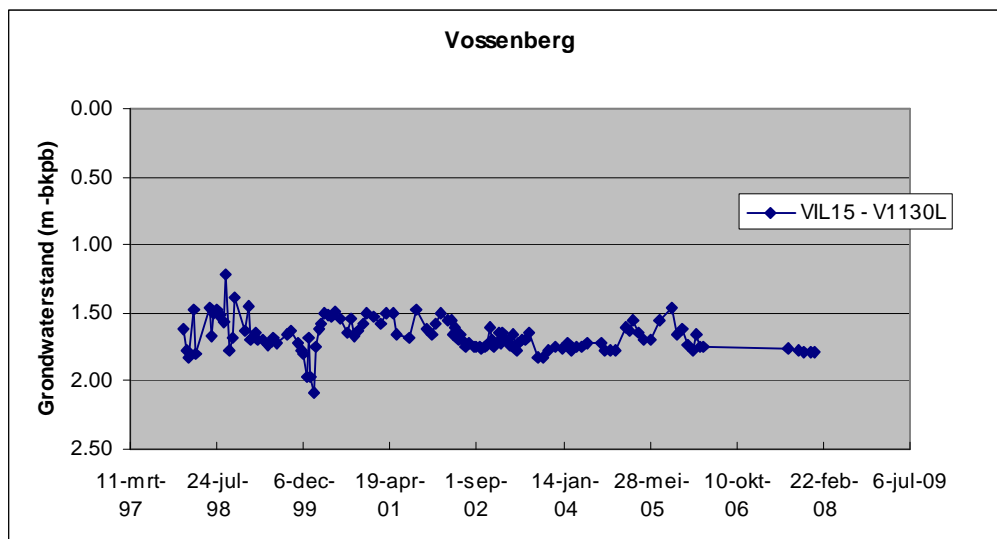
Natuurdoeltype	GVG in cm - mv				GLG in cm -mv				Huidige GWS bij GVG in cm - mv	verlaging GWS bij GVG in cm -mv	verlaging GWS bij GLG in cm -mv
	A1	B1	B2	A2	A1	B1	B2	A2			
Elzenbroekbos	-15	-8	9	25	-∞	-∞	40	70	0 - 60	5 - 10	10 - 25

-∞ = 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 1.15a: Huidige grondwaterstand (GVG en GLG in cm -mv) Deelterrein Vossenbergh.



Figuur 1.15b: Gemeten grondwaterstand in peilbuis nabij Deelterrein Vossenbergh.

Analyse

Uit figuur 1.14 blijkt dat het deelgebied Vossenbergh, en het meest gevoelige natuurdoeltype elzenbroekbos, in het voorjaar een verlaging van 0,05 - 0,1 m kan verwachten. De GLG ligt tussen de 0,1 - 0,25 m. Uit figuur 1.15 blijkt dat de huidige grondwaterstand vrij laag staat. Echter, gezien de bebouwing in het deelterrein en het

ontbreken van de grondwaterstand ten opzichte van maaiveld bij de peilbuis was het niet mogelijk om in het gebied rond het doelttype de precieze grondwaterstand te bepalen. Indien de grondwaterstanden van de peilbuis inderdaad ten opzichte van maaiveld zijn, zou een *elzenbroekbos* hier niet voor kunnen komen, omdat deze veel te diep liggen. Mogelijk is de lokale maaiveldhoogte bij het elzenbroekbos beduidend lager dan de maaiveldhoogte bij de peilbuis.

Aangezien in de huidige situatie volgens informatie van de gemeente Tilburg een *elzenbroekbos* voorkomt, mag dus aangenomen worden dat de grondwaterstand enigszins vergelijkbaar zal zijn met het aangrenzende gebied. Deze gebieden hebben een GVG van 0 - 60 cm -mv en een GLG van 10 - 80 cm -mv. Indien de verlaging (5 - 10 cm -mv) wordt vergeleken met de hydrologische randvoorwaarden uit tabel 1.6 zal in het voorjaar geen sprake zijn van een optimale ontwikkeling van het doelttype. Ook later in het seizoen zal een verlaging van 10 - 25 cm de ontwikkeling van het doelttype negatief kunnen beïnvloeden. Daarnaast zal de kweldruk in de Vossenbergr afnemen van 1.02 tot 0.77 mm/d. Het voorgaande blijft echter speculatief, aangezien de grondwaterstanden (peilbuizen) niet aan een maaiveldhoogte te koppelen zijn voor het *elzenbroekbos*. Dit maakt een goede beoordeling niet mogelijk.

Conclusie en advies Vossenbergr

Gezien het voorkomen van het kwelwaterafhankelijke natuurdoelttype *elzenbroekbos* wordt aanbevolen om in de vervolgstudie de effecten van de verlaging beter in beeld te brengen. Dit kan door het controleren van de maaiveldhoogte in en rond het elzenbroekbos, zodat de grondwaterstanden van de peilbuis goed geïnterpreteerd kunnen worden.

De overige natuurdoeltypen en beperkte natuurwaarden ondervinden geen effecten van de verlaging van het grondwater in het deelterrein Vossenbergr.

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 1.16).

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.



Legenda:

Natuurdoeltypen Natuurgebiedsplan

-  Multifunctioneel bos
-  Droog/Heideschraal grasland
-  Begeleid-natuurlijke eenheid
-  Multifunctioneel water
-  Berken-Eikenbos (d)

Figuur 1.16: Deelterrein De Mast en natuurdoeltypen.



Figuur 1.17: 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 1.7 zijn de hydrologische randvoorwaarden weergegeven.

Tabel 1.7: 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 1.17 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.

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 1.18).

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 naaldhout 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, Rugstreeppad, Poelkikker en Boomkikker.



Legenda: Natuurdoeltypen Natuurgebiedsplan	
	Begeleid-natuurlijke eenheid
	Natte heide
	Ven (ongebufferd-gebufferd)

Figuur 1.18: Deelterrein Huis ter Heide (gedeeltelijk) en natuurdoeltypen.



Figuur 1.19: 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 1.8).

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.

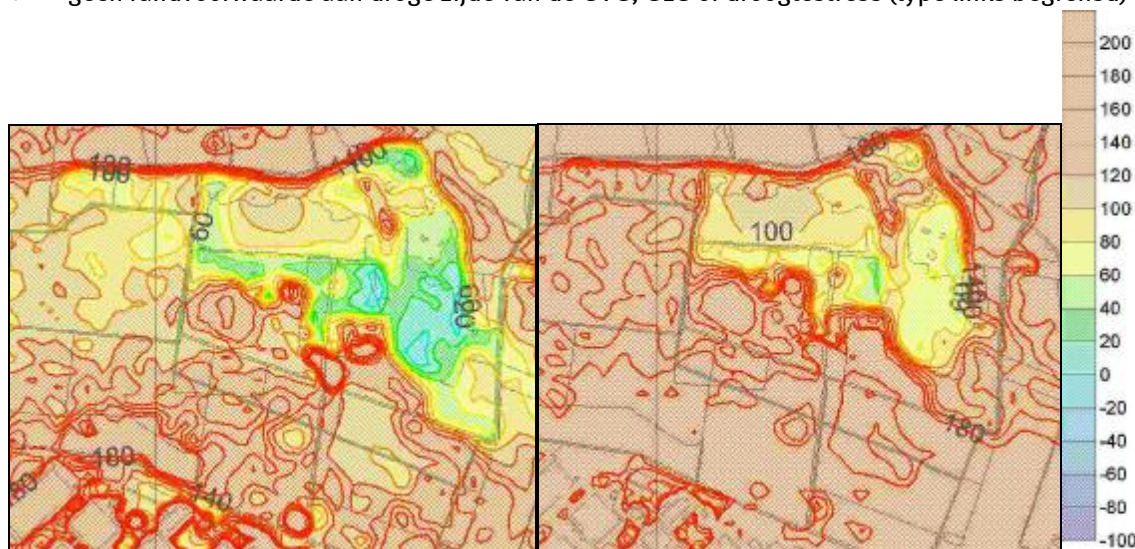
In figuur 1.19 is de berekende grondwaterstandverlaging weergegeven voor de ingreep bij GVG en GLG. Tabel 1.8 geeft de hydrologische randvoorwaarden van het natuurdoeltypen *ven* (*ongebufferd - gebufferd*) en *natte heide* weer en in figuur 1.20 is de huidige grondwaterstand weergegeven.

Tabel 1.8: 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 (ongebuf-gebuf)	-100	-38	-11	50	-∞	-∞	3	50	20 +mv -	2	2 - 5
Natte heide	-20	-3	19	40	-∞	-∞	3	25	60 -mv	2	2 - 5

-∞ = 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 1.20: Huidige grondwaterstand (GVG en GLG in cm -mv) Deelsterrein Huis ter Heide.

Analyse

Uit figuur 1.19 blijkt dat het deelgebied Huis ter Heide een verlaging van de GVG rond de 0,02 m kan verwachten. Deze verlaging (de 0,02 m lijn) ligt net buiten het Leikeven. De GLG geeft een verlaging van 0,02 - 0,05 m. De 0,02 m lijn is verschoven over de twee Leikevennen en de 0,05 m lijn heeft de 0,02 vervangen.

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 1.20 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 doelttype beperkt mogelijk is en aan de droge zijde van de GVG zit.

Een verlaging van het grondwater in het voorjaar met 0,02 m zal echter geen effect hebben op dit doelttype, omdat het natuurdoelttype net buiten de beïnvloedingsfeer van de verlaging gelegen is.

De GLG ligt bij *ven* matig ondiep. Op basis van figuur 1.20 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 2 cm geen negatief effect hebben op het natuurdoelttype. 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 natuurdoelttype *natte heide* zich optimaal ontwikkelen rond de Leikevennen. Een verlaging van 2 cm, door de ingreep, zal hier geen invloed op hebben.

Uit de hydrologische berekeningen (bijlage 9 waterbalans) komt naar voren dat de kwelsituatie in Huis ter Heide nauwelijks verandert (ca. 0,20 mm/dag bij GLG, <0,1 mm/d bij GHG) door de ingreep.

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. 0,02 m) zal in het voorjaar geen effect hebben op de voortplanting van de amfibieën. In de zomer kan een maximale verlaging optreden van 0,05 m, 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 de ontwikkelingen uit het verleden, waardoor een cumulatie van effecten (verlagingen van het grondwater) zijn opgetreden.

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. Ook de aanwezige beschermde amfibieën ondervinden geen effecten door de voorspelde verlagingen.

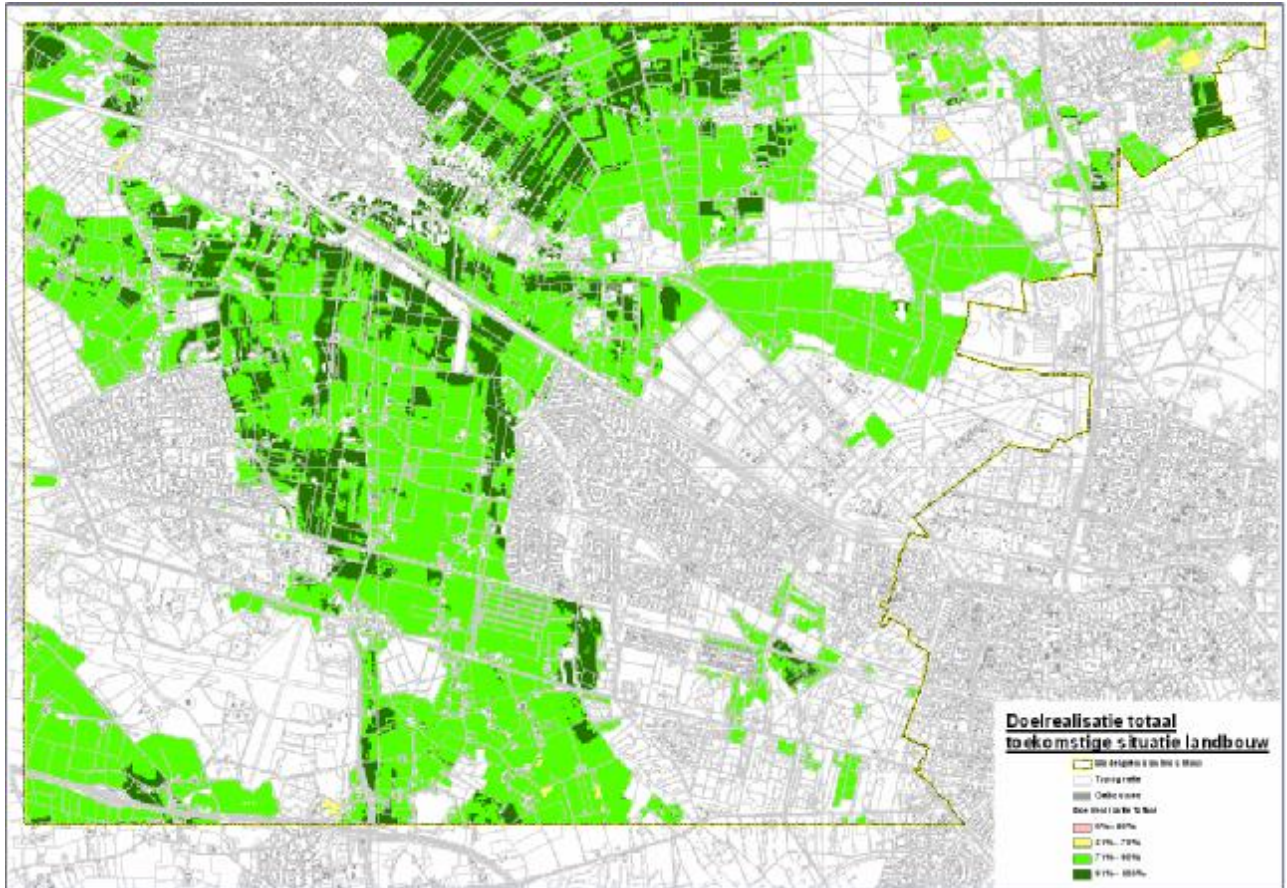
Conclusie natuur

Onderstaand zijn de conclusies per deelterrein samengevat. Over het algemeen worden geen negatieve effecten verwacht. Voor het elzenbroekbos in Vossenberghof wordt een vervolgonderzoek aanbevolen. Voor de Reeshof is geen advies te geven omdat hier geen actuele natuurwaarden beschikbaar zijn.

- Drijflanen geen wezenlijke negatieve effecten.
- Drassige Driehoek geen wezenlijke negatieve effecten.
- Reeshof advies niet mogelijk door ontbreken informatie.
- Dongevallei geen negatieve effecten.
- Wilhelminakanaal en Moerse Pad
 geen negatieve effecten.
- De Rekken en Groenven geen verlaging grondwaterstand.
- Rauwveld geen effecten.
- Vossenberghof Voor elzenbroekbos wordt vervolgstudie aanbevolen.
 Verder geen negatieve effecten.
- De Mast geen wezenlijke negatieve effecten.
- Huis ter Heide geen wezenlijke negatieve effecten

6.3.2 Landbouw

Voor de landbouw is, evenals voor de huidige situatie, de doelrealisatie bepaald. Hierbij zijn de berekende verlagingen bij de GHG en de GLG gebruikt. Uit de berekeningen blijkt dat er nauwelijks of geen sprake is van een verandering van de doelrealisatie (figuur 6.9). Dit wordt veroorzaakt doordat de verlaging gering is in de gebieden die hier gevoelig voor zijn. De grotere verlagingen treden vooral op in gebieden waar in de huidige situatie al diepe grondwaterstanden voorkomen. Deze landbouw is daardoor ook in de huidige vooral van neerslag afhankelijk.



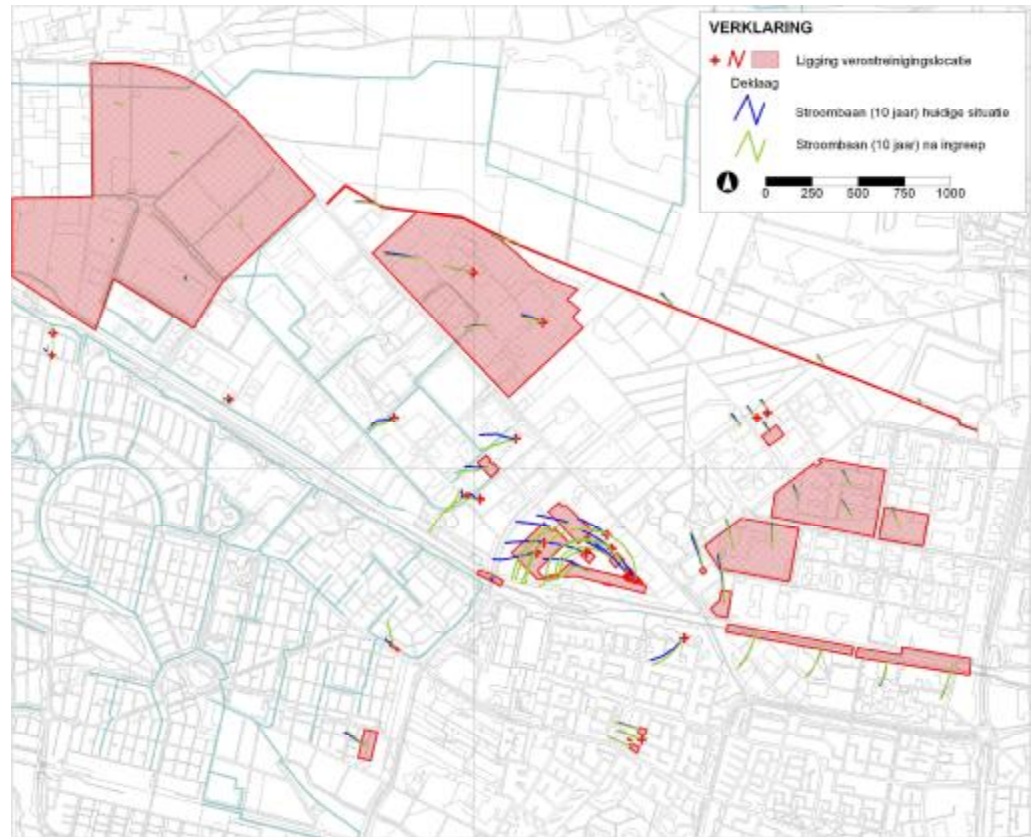
Figuur 6.9: Doelrealisatie landbouw met ingreep

6.3.3 Bodemverontreiniging

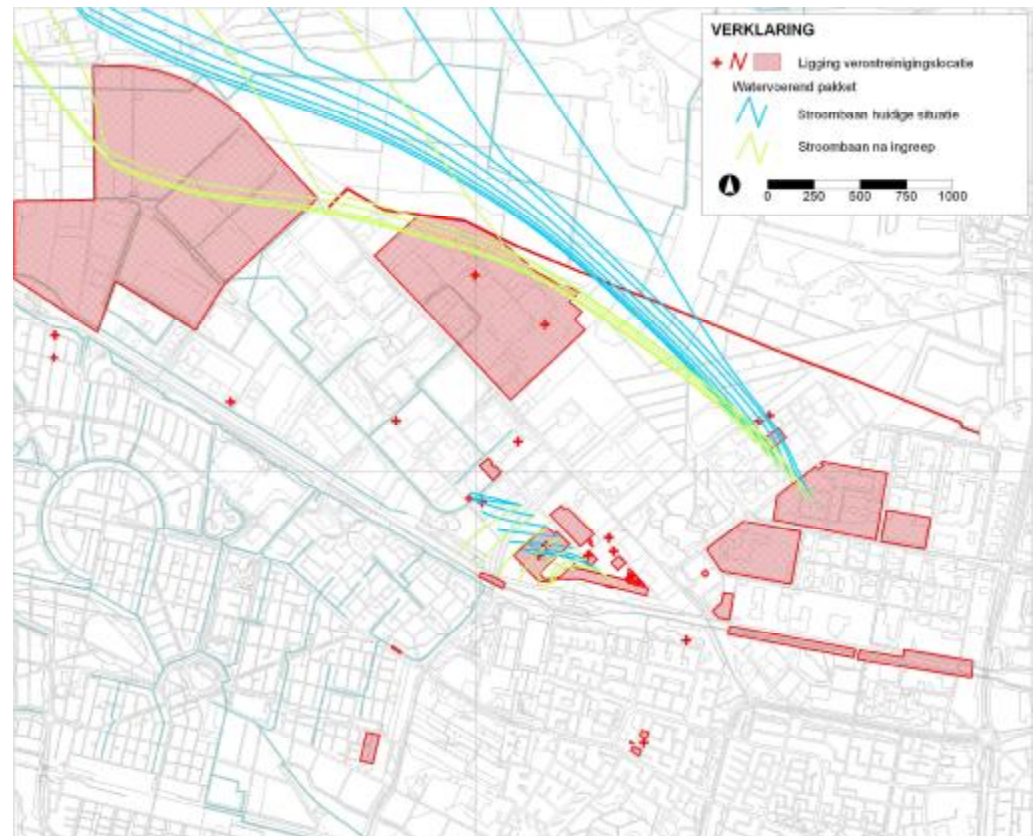
Met behulp van de stromingsmodule Modpath zijn de gevolgen voor de verontreinigingen berekend. Hierbij is uitgegaan van de te verwachten verplaatsing van het grondwater in een periode van 10 jaar vanaf de verontreinigingslocaties. Deze periode is arbitrair en dient alleen om het verschil in verplaatsing weer te geven. Aangezien nattere en drogere perioden elkaar afwisselen, is de gemiddelde situatie gebruikt. De verplaatsing is tevens berekend voor de situatie met de ingreep.

In figuur 6.10a zijn de stroombanen in de deklaag weergegeven. Opgemerkt wordt dat het hier om de verplaatsing van waterdeeltjes gaat. De verontreinigingen verplaatsen zich over het algemeen minder snel, omdat deze adsorberen aan de bodem. De mate van vertraging (retardatie) hangt af van het type verontreiniging, het humus- en lutumgehalte in de bodem.

Figuur 6.10b bevat de stroombanen in het watervoerende pakket. Hierbij is geen eindtijd aan de stromingsduur opgenomen. Alleen voor de bekende verontreinigingen (Albionstraat en omgeving, Zevenheuvelenweg) zijn stroombanen voor het watervoerende pakket berekend.



Figuur 6.10a: Invloed van de ingreep op de verplaatsing van potentiële verontreinigingen in de deklaag (ingezoomd op gebied bij sluis III)



Figuur 6.10b: Invloed van de ingreep op de verplaatsing van potentiële verontreinigingen in het eerste watervoerende pakket (ingezoomd op gebied bij sluis III)

Uit de figuren blijkt dat met name bij sluis III een effect op bodemverontreinigingen te verwachten is. Bij sluis III is er ook in de huidige situatie een stroming 'rond' de sluis, maar deze wordt na de ingreep sterker. De verontreinigingen op grotere afstand (Kraaieven, Vossenbergh 2, Paletplein) worden nauwelijks beïnvloed door de ingreep. Voor de stroming in het watervoerende pakket geldt dat deze bij de Alnionstraat overeenkomstig wordt beïnvloed als in de deklaag: naar het Wilhelminakanaal toe. De stroming in de Zevenheuvelenweg buigt door de ingreep bij het kanaal iets meer zuidelijk dan in de huidige situatie het geval is. Momenteel worden voor deze locatie nog saneringsmogelijkheden onderzocht. Het is hier wellicht een mogelijkheid om bij de afweging van de saneringsaanpak rekening te houden met een iets gewijzigde grondwaterstroming.

In bijlage 5 is nader ingegaan op de bodemverontreinigingen.

6.3.4 *Bebouwing en infrastructuur*

Om de effecten op bebouwing te bepalen, zijn enkele indicatieve zettingsberekeningen uitgevoerd. Op basis van de beschikbare sonderingen die langs het Wilhelminakanaal zijn geplaatst en de sonderingen van de Reeshof en Vossenbergh zijn 5 maatgevende sonderingen geselecteerd. Met het model zijn de berekende verlagingen bij deze sondeerlocaties bepaald. Vervolgens zijn de indicatieve zettingen berekend. In tabel 6.2 zijn de berekende zettingen en de daarin mogelijke marge weergegeven. In bijlage 11 zijn de zettingsberekeningen nader toegelicht.

Tabel 6.2: Indicatieve zettingsberekeningen

sondering	huidige GLG (m NAP)	toekomstige GLG (m NAP)	minimale zetting (mm)	verwachte zetting (mm)	maximale zetting (mm)
DKP4	5,25	5,15	nihil	nihil	nihil
DKP18	6,50	5,15	nihil*	nihil*	nihil*
DKP29	7,75	5,75	5	10	15
DKP32	8,25	6,25	13	18	24
DKP35	9,00	7,00	6	9	12

* huidige GLG ligt juist onder een kleilaag, hieronder zijn geen zettingsgevoelige lagen

Uit de berekeningen blijkt dat op korte afstand van het kanaal, waar een verlaging van ca. 2 m te verwachten is, de bodem ca. 1,0 à 2,5 cm kan zetten. Bij geringere verlagingen is de zetting eveneens kleiner. De mate waarin de zetting kleiner is, hangt ook af of een leem- of kleilaagje juist wel of niet droogvalt. Voor de sondering waar de grootste zetting is berekend, DKP32, zijn tevens de te verwachten zettingen bij kleinere verlagingen bepaald. Deze zijn opgenomen in tabel 6.3.

Tabel 6.3: Zettingsberekeningen bij DKP32 (worst case) bij verschillende verlagingen

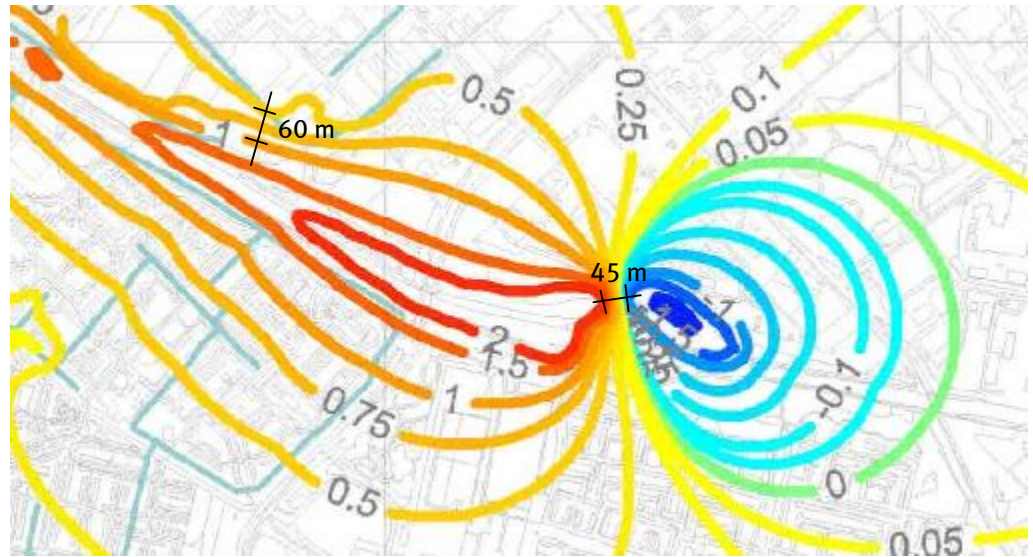
sondering	huidige GLG (m NAP)	toekomstige GLG (m NAP)	minimale zetting (mm)	verwachte zetting (mm)	maximale zetting (mm)
DKP32	8,25	6,25	13	18	24
		6,75	11	16	21
		7,25	8	12	16
		7,75	3	5	7

Bodemzetting kan vooral tot schade leiden wanneer er sprake is van ongelijkmatige zettingen. Wanneer de éne hoek van een gebouw sterker daalt dan de andere, is meer schade te verwachten dan wanneer het gebouw overal eveneens zakt. De gemeente Tilburg heeft aangegeven dat zij normaal als grens hanteren waarbij schade wordt verwacht, bij een 'relatieve rotatie' van ca. 1:600 ligt.

Zettingsrisico's zijn er niet alleen voor bebouwing, maar ook voor kabels en leidingen.

Omdat de bodem onder natuurlijke omstandigheden is gevormd, worden geen abrupte overgangen in de aanwezigheid van klei- of leemlagen verwacht. Dit houdt in dat het risico op schade aan bebouwing door verschillen in bodemopbouw relatief klein is. In de overgang vanaf het kanaal naar het noorden en het zuiden is wel sprake van een sterke variatie in de grondwaterstandsverlaging.

Het grootste risico is hierbij te verwachten nabij sluis III. Met name wanneer hier geen maatregelen worden getroffen om de verhoging van de grondwaterstand te voorkomen (kleilaag op bodem sluis), is er sprake van een groot verschil in verlaging van de grondwaterstand over een beperkte afstand. Op basis van de zettingsberekeningen kan er sprake zijn van een ongewenst grote relatieve rotatie wanneer de verlaging vanaf de nullijn tot de 2 m-verlagingslijn in minder dan 14,4 m optreedt (worst case, 24 mm * 600). Voor de overige verlagingen is de afstand van de 1,0 m-lijn tot 0,5 m-lijn de beperkende factor, namelijk $(16 - 7) \text{ mm} * 600 = 5,4 \text{ m}$. Op basis van de berekende verlagingen (figuur 6.11a) wordt geconcludeerd dat de afstanden met verschillende veranderingen van de grondwaterstand ruimschoots groter zijn dan deze afstanden. Er is dus geen risico voor zettingen door een relatieve rotatie.



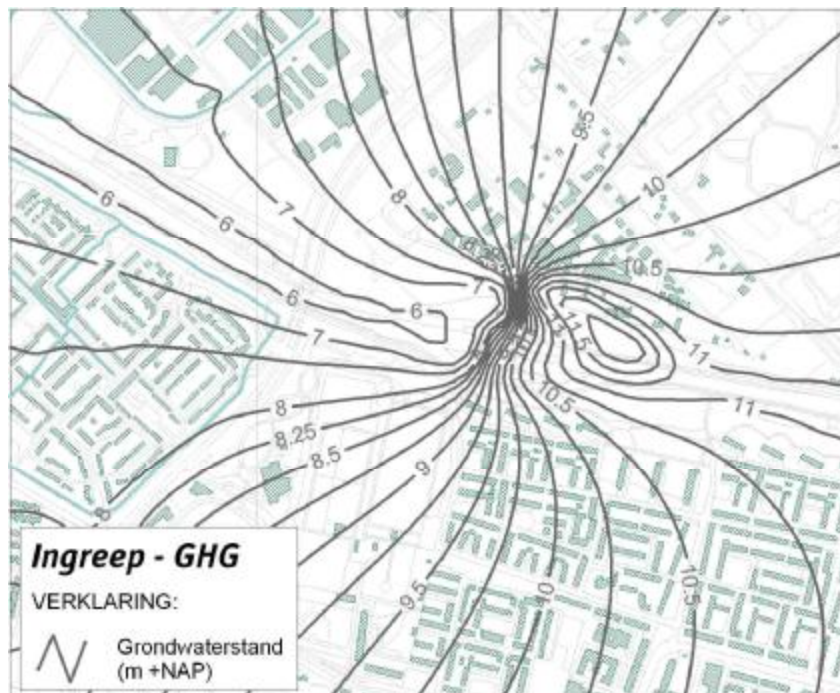
Figuur 6.11a: Verlaging van de GLG

Wanneer verder een maximale zetting van 1 cm als maatgevend wordt beschouwd, komt dit bij DKP32 (worst case) overeen met een verlaging van de GLG met iets minder dan 1 m. In figuur 6.11b is de bebouwing waar een verlaging van meer dan 0,75 m optreedt gemarkeerd. Met name in de Reeshof liggen enkele straten in deze zone. Zoals hiervoor opgemerkt betreft dit een worst case situatie, omdat de te verwachten zettingen bij de meeste sonderingen kleiner zijn dan de aangehouden zetting.

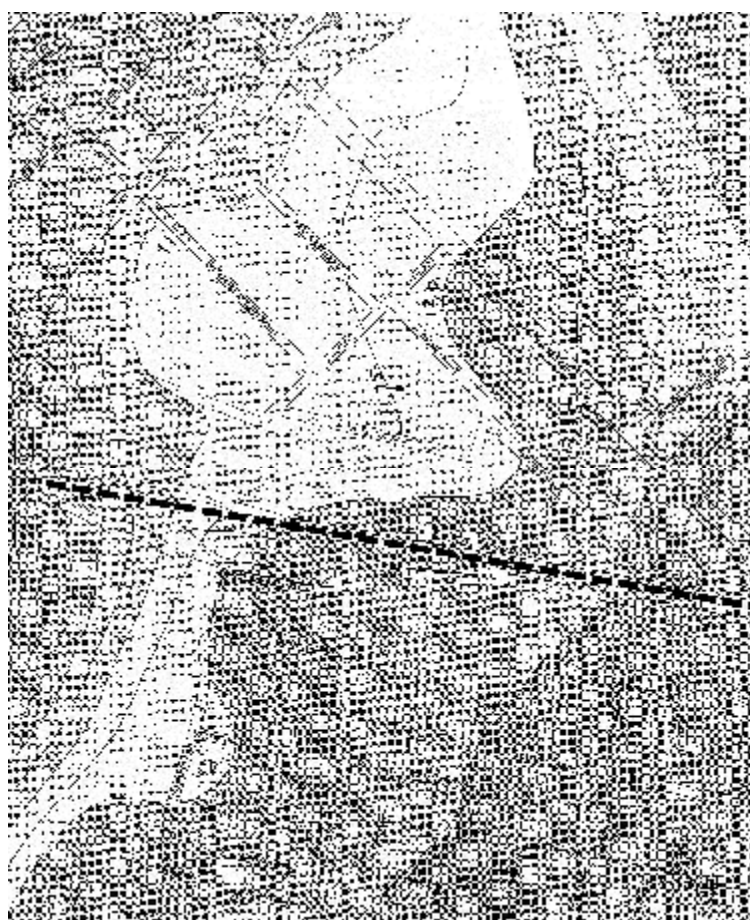


Figuur 6.11b: Verlaging van de GLG met meer dan 0,75 m en ligging bebouwing

Daarnaast bestaat in principe een risico van wateroverlast bij de gebieden met een verhoging van de grondwaterstand. Bij sluis III is hier sprake van. Uit de berekeningen blijkt dat de GHG slechts in een beperkt gebied rond sluis III wordt verhoogd. In figuur figuur 6.11c zijn de berekende grondwaterstanden (GHG) ten opzichte van NAP weergegeven. Figuur 6.11d geeft de maaiveldhoogte voor ongeveer ditzelfde gebied.



Figuur 6.11c: GHG en ligging bebouwing



Figuur 6.11d: Maaiveldhoogte (bron: gemeente Tilburg)

Op het Albionterrein ligt de maaiveldhoogte over het algemeen tussen NAP +11,5 en +12,0 m. De berekende grondwaterstand komt in ditzelfde gebied niet hoger dan NAP

+11,0 m. Dit houdt in dat er een drooglegging is van minimaal 1,0 m. Dit voldoet aan het door de gemeente Tilburg gestelde criterium voor drooglegging (minimaal 0,9 m). Aan de zuidkant van sluis III ligt de maaiveldhoogte aan de westkant op NAP +11,75 m en loopt snel op naar ca. NAP +13,0 m. De berekende grondwaterstand ligt hier tussen NAP +9,0 en +10,5 m. De ontwateringsdiepte is hier dus eveneens ruimschoots groter dan 0,9 m. In dit gebied is overigens ook geen sprake van een verhoging van de grondwaterstand door de ingrep.

6.3.5 *Oppervlaktewater*

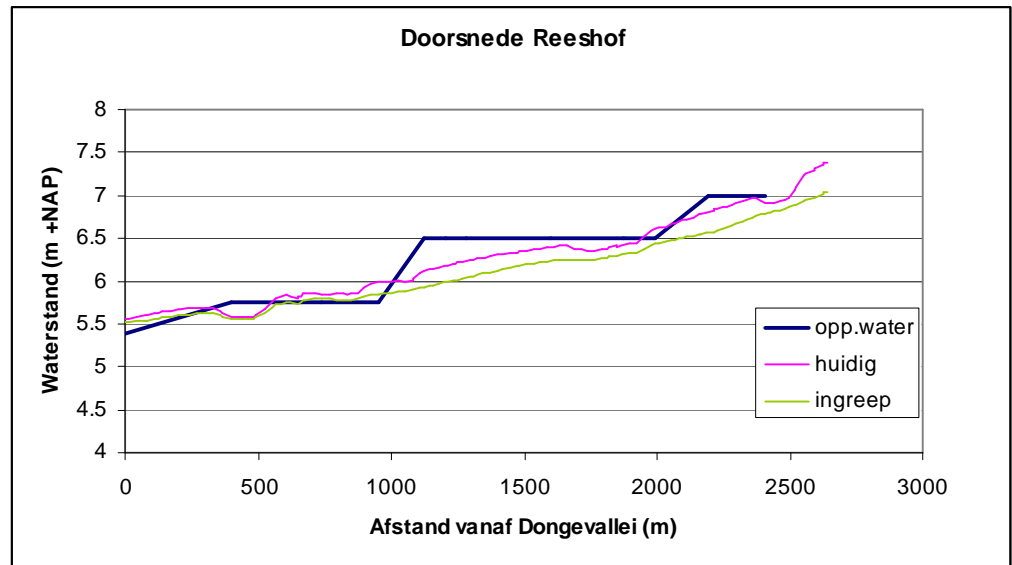
Om het risico van droogvallen van waterlopen in met name de Reeshof en Vossenbergt te beoordelen, zijn de globale oppervlaktewaterpeilen vergeleken met de grondwaterstanden. Daarnaast is gekeken in hoeverre de waterlopen nog een drainerende werking hebben. Hierbij is vooral naar de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand gekeken.

Tabel 6.3: Droogvallen waterlopen

Locatie	Gewenst waterpeil (m +NAP)	Grondwaterstand huidige situatie bij GLG (m +NAP)	Grondwaterstand na ingrep bij GLG (m NAP)
Vossenbergt - Gesworenhoekeweg	4,85	5,00	4,95
Reeshof - Bakkumsingel	7,45	7,40	6,65
Reeshof - Krabbendamsingel	6,85	6,85	6,75
Reeshof - Dongevallei	5,40	5,50	5,45

Uit de berekeningen blijkt dat in de zone nabij het kanaal (bijvoorbeeld Bakkumsingel) een forse verlaging van de grondwaterstand te verwachten is. De grondwaterstand daalt hier ook tot onder de gewenste oppervlaktewaterpeilen. Wanneer in deze waterlopen geen aanvoer te verwachten is, zal het waterpeil dalen. Op een wat grotere afstand vanaf het kanaal en ook in de richting van sluis II (Krabbendamsingel, Gesworenhoekeweg, Dongevallei) is de verlaging van de grondwaterstand nog maar beperkt. De invloed op het waterpeil zal daar dus ook maar beperkt zijn.

De verlaging van het oppervlaktewaterpeil is niet helemaal evenredig met de verlaging van de grondwaterstand: waar zowel in de huidige als in de toekomstige situatie nog sprake is van een drainerende werking van de watergangen, wordt het oppervlaktewaterpeil nog niet verlaagd. Het is niet goed mogelijk om de beïnvloede waterlopen vlakdekkend weer te geven. In figuur 6.12a is wel voor een doorsnede over één van de waterlopen van de Reeshof het waterpeil en de grondwaterstanden in de huidige situatie en na de ingrep weergegeven, beide voor de GLG. Figuur 6.12b geeft de ligging van de doorsnede weer.



Figuur 6.12a: Waterpeil en grondwaterstanden langs een watergang in de Reeshof.



Figuur 6.12b: Ligging doorsnede

7 Maatregelen

7.1 Criteria voor maatregelen

In het wateroverleg van 9 maart 2009 zijn verschillende criteria vastgesteld voor de toetsing van de ingreep en de maatregelen op de belangen:

- **Natuur:**
in overleg met de ecologen 'geen significante effecten' aanwezig.
- **Landbouw:**
door de ingreep wordt geen afname van de doelrealisatie verwacht; hiervoor zijn daarom geen aanvullende criteria gesteld.
- **Bodemverontreiniging:**
realiseren van een beheersbare situatie (in overleg met bodemverontreinigingsdeskundigen).
- **Bebouwing en infrastructuur:**
zetting kleiner dan 1 cm; relatieve rotatie kleiner dan 1:600.
- **Oppervlaktewater:**
verlaging oppervlaktewaterpeil kleiner dan 0,1 m; blijvende doorstroming.

Bij de toetsing van de verschillende belangen is nader ingegaan op de criteria.

7.2 Berekende maatregelen

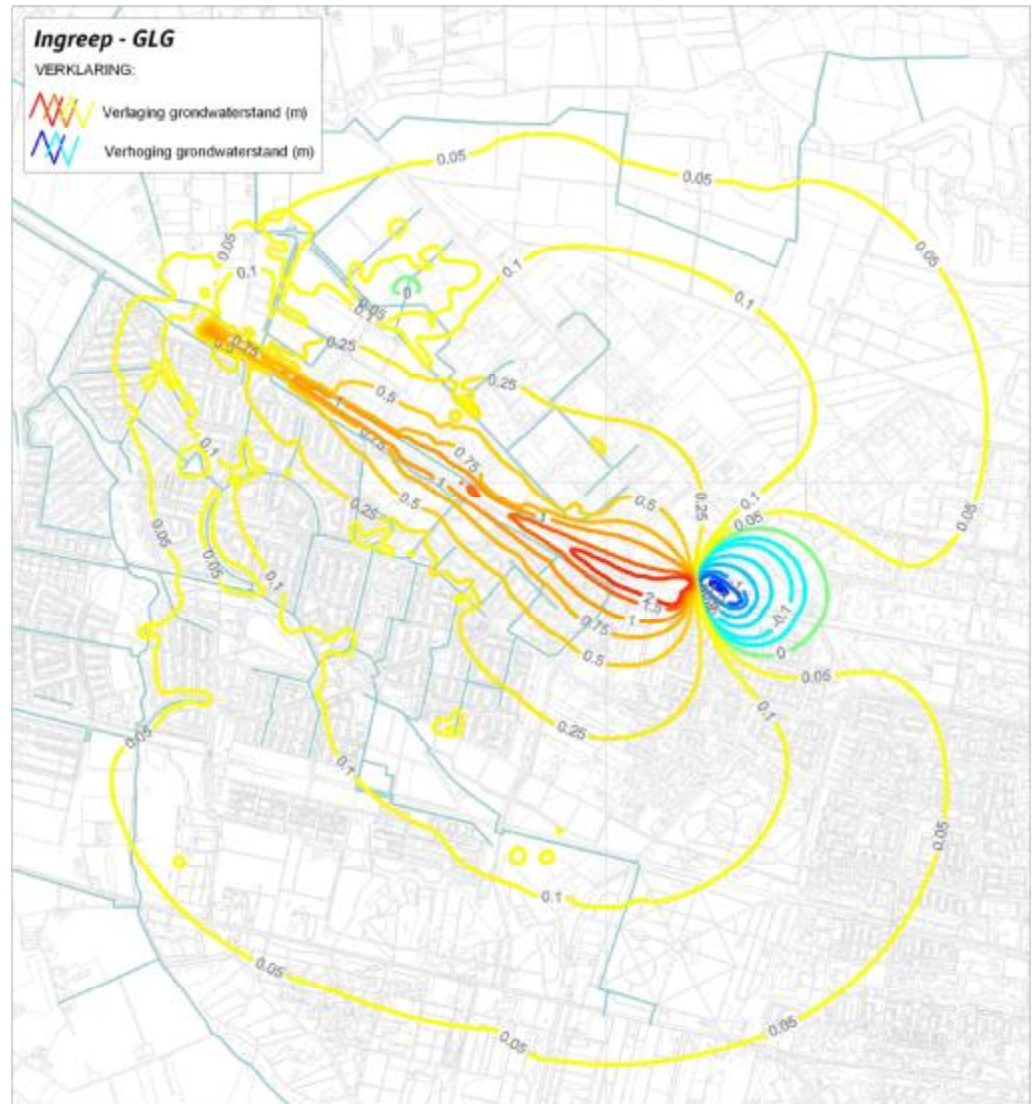
Om de effecten van de 'kale ingreep' te beperken, zijn de volgende maatregelen doorgerekend:

- Aanbrengen kleilaag op de bodem van het Wilhelminakanaal; de bodemweerstand wordt hiermee op 100 dagen gebracht.
- Vervanging sluis II door een nieuwe sluis; het waterpeil tussen sluis II en sluis III wordt dus instandgehouden.
- Toepassing infiltratiesloot aan weerszijden van het Wilhelminakanaal; hiervoor worden de bestaande kwel sloten benut. Aan de noordkant ontbreekt de kwel slot over een deel van het traject.
Om de gevoeligheid van de infiltratie te bepalen, is hierbij tevens een variant met een hogere bodemweerstand toegepast.
- Infiltratie via de kwel sloten en de daarmee in verbinding staande waterlopen in Vossenbergh en de Reeshof.

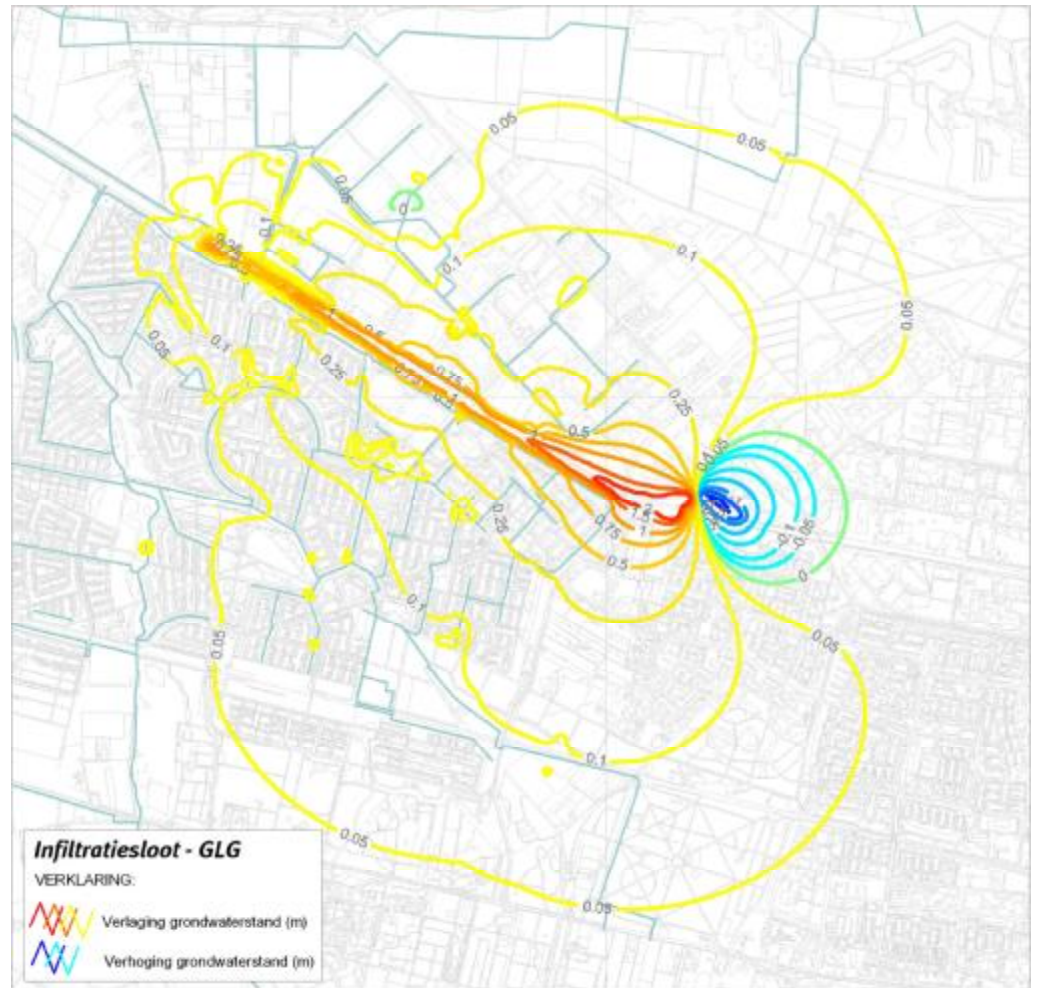
In het volgende zijn de maatregelen per thema beoordeeld. Hierbij is dezelfde volgorde aangehouden van hoofdstuk 6: eerst een beoordeling van de effecten op grondwater en de waterbalansen en vervolgens per belang (natuur, landbouw, bodemverontreiniging, bebouwing en infrastructuur, oppervlaktewater). Het hoofdstuk wordt afgesloten met een beoordeling van de technische realiseerbaarheid en de kosten.

7.3 Grondwaterstanden

In de volgende figuren zijn de veranderingen van de grondwaterstand voor de GLG bij de verschillende maatregelen weergegeven. Voor de onderlinge vergelijking is de breedte (oost-west) van het weergegeven gebied steeds gelijk. De effecten bij de GHG zijn opgenomen in bijlage 8.



Figuur 7.1: Verandering grondwaterstand bij ingreep - GLG

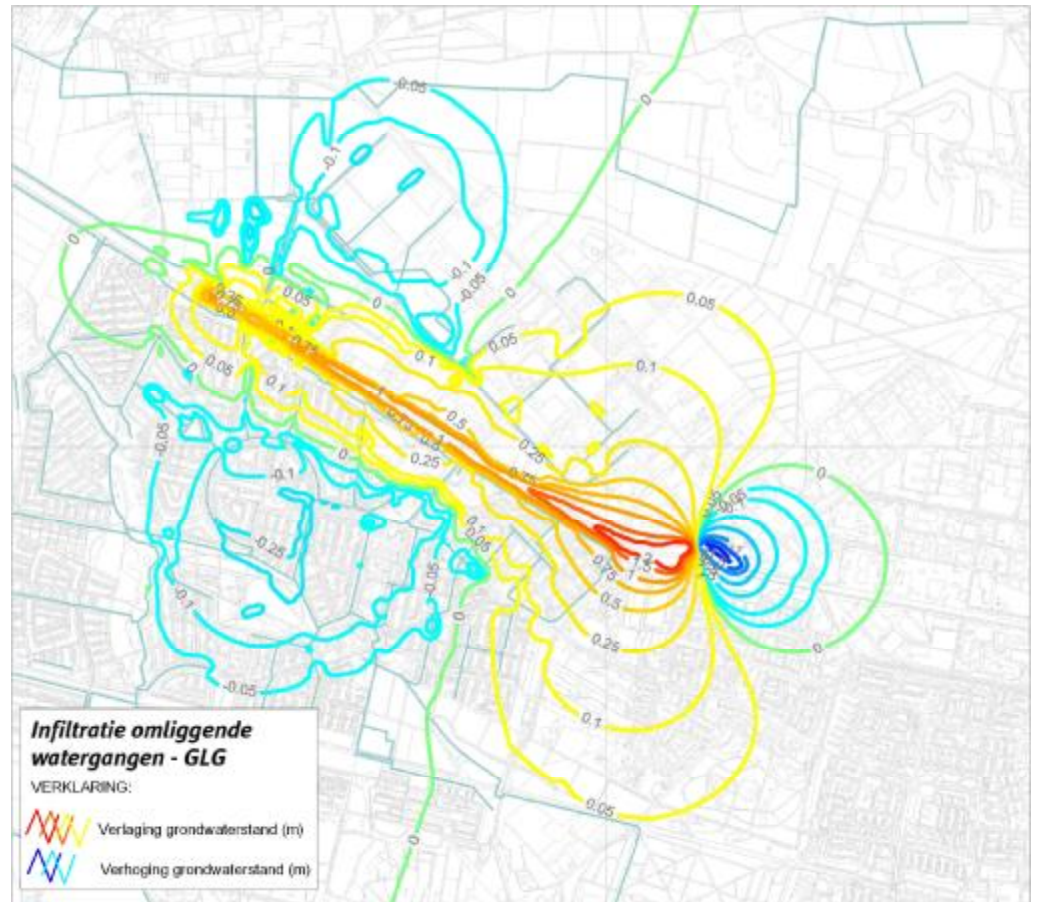


Figuur 7.2a: Verandering grondwaterstand bij infiltratiesloot aan weerszijden kanaal - GLG

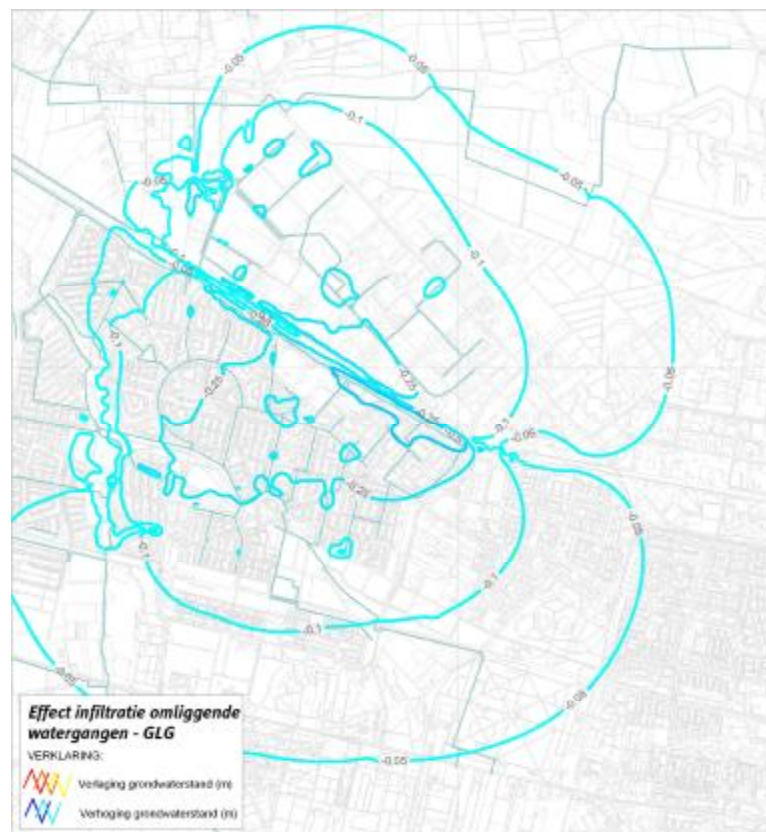
De verlagingen van de grondwaterstand worden iets ingeperkt door de toepassing van infiltratiesloten aan weerszijden van het Wilhelminakanaal. Op korte afstand van het kanaal wordt de grondwaterstand tot 0,5 m minder verlaagd, en zowel in de Reeshof als Vossenbergh is er sprake van een inperking van 0,05 m tot 0,25 m (figuur 7.2b).



Figuur 7.2b: Effect infiltratiesloot op ingreep - GLG



Figuur 7.3a: Verandering grondwaterstand bij infiltratie in omliggende watergangen - GLG



Figuur 7.3b: Effect infiltratie in omliggende watergangen op ingreep - GLG



Figuur 7.3c: Waterlopen die benut worden voor infiltratie

Bij de maatregel 'infiltratie middels omliggende watergangen' worden de waterlopen in de Reeshof en Vossenbergh met een peil dat gelijk is of lager aan het punt waar de kwelputten beginnen, gevoed met water. Voor Vossenbergh is dit een peil van NAP +6,60 m en voor de Reeshof NAP +7,79 m. In figuur 7.3c is aangegeven welke (delen van) waterlopen dit betreft.

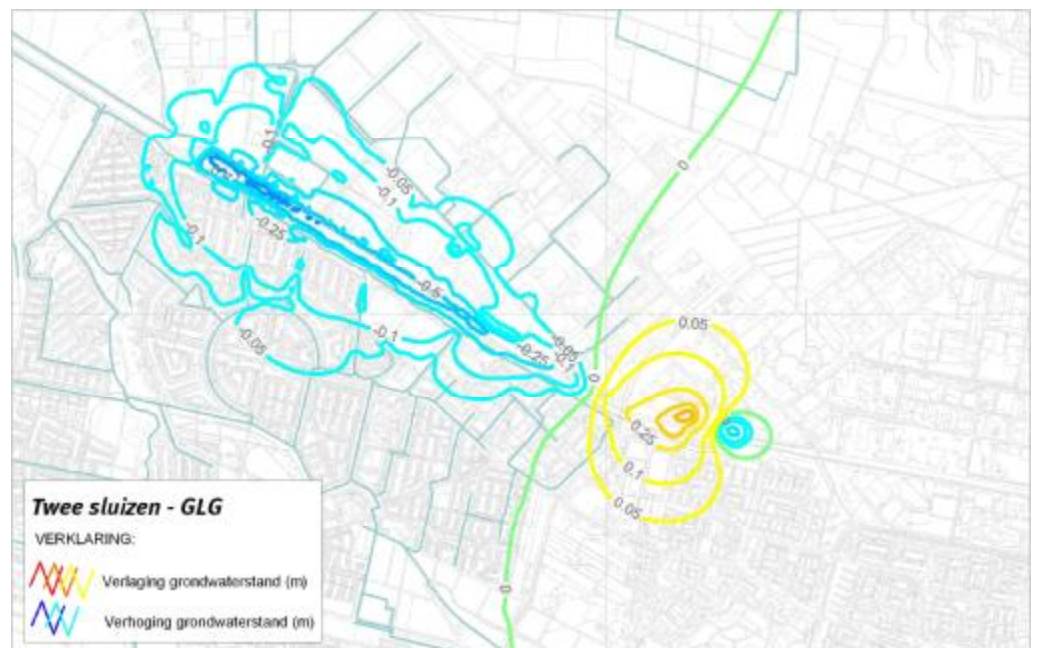
De maatregel heeft een groot effect op de grondwaterstanden. In het westelijke deel van de Reeshof en Vossenbergh is er zelfs sprake van een beperkte verhoging van de grondwaterstand ten opzichte van de huidige situatie. In de praktijk is dit middels maatwerk uiteraard te voorkomen, indien dit een ongewenste situatie zou geven. In de zone rondom het Wilhelminakanaal en aan de oostkant is nog wel sprake van een verlaging van de grondwaterstand. Dit komt doordat hier relatief weinig oppervlaktewater ligt, en het aanwezige oppervlaktewater heeft een wat hoger peil dan de kwelputten. Wanneer voeding vanuit het bovenstroomse pand of via een pomp wordt toegepast, kan ook worden overwogen om hier aanvullende maatregelen te treffen waardoor ook hier het waterpeil gehandhaafd blijft.

In figuur 7.4 is de verandering van de grondwaterstand bij de toepassing van een kleilaag op de bodem van het Wilhelminakanaal weergegeven. Hierbij is een bodemweerstand van 100 dagen aangehouden. De verlagingen worden daardoor sterk gereduceerd: de maximale verlaging bij het kanaal is ongeveer 0,75 m in plaats van 2,0 m bij de 'kale' ingreep. Het invloedsgebied is ook beduidend kleiner dan bij de 'kale' ingreep.



Figuur 7.4: Verandering grondwaterstand bij kleilaag op kanaalbodem - GLG

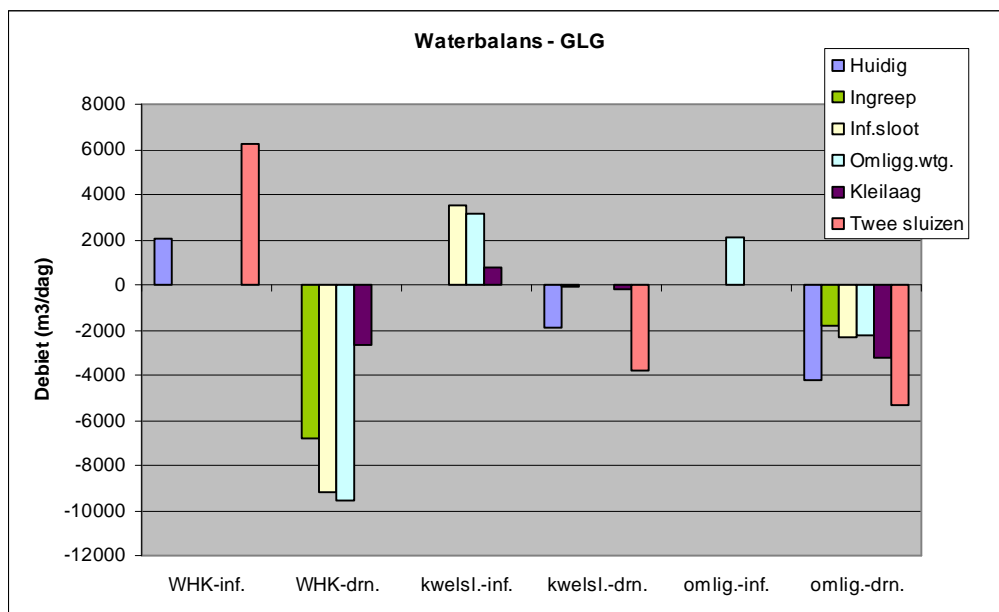
Figuur 7.5 geeft de verandering van de grondwaterstand weer wanneer sluis II wordt vervangen door een nieuwe sluis. Het waterpeil in het pand tussen sluis II en sluis III blijft dan gelijk aan de huidige situatie, NAP +7,7 m. Omdat door de kanaalverbredening en -verdieping (beperkt) de huidige bodemweerstand wordt weggehaald, neemt de infiltratie van kanaalwater in dit pand toe ten opzichte van de huidige situatie. In het grootste deel van het pand is er dus sprake van een verhoging van de grondwaterstand. In het meest oostelijke deel van het kanaalpand ligt de huidige grondwaterstand iets hoger dan het kanaalpeil en is er dus sprake van een beperkte verlaging van de grondwaterstand.



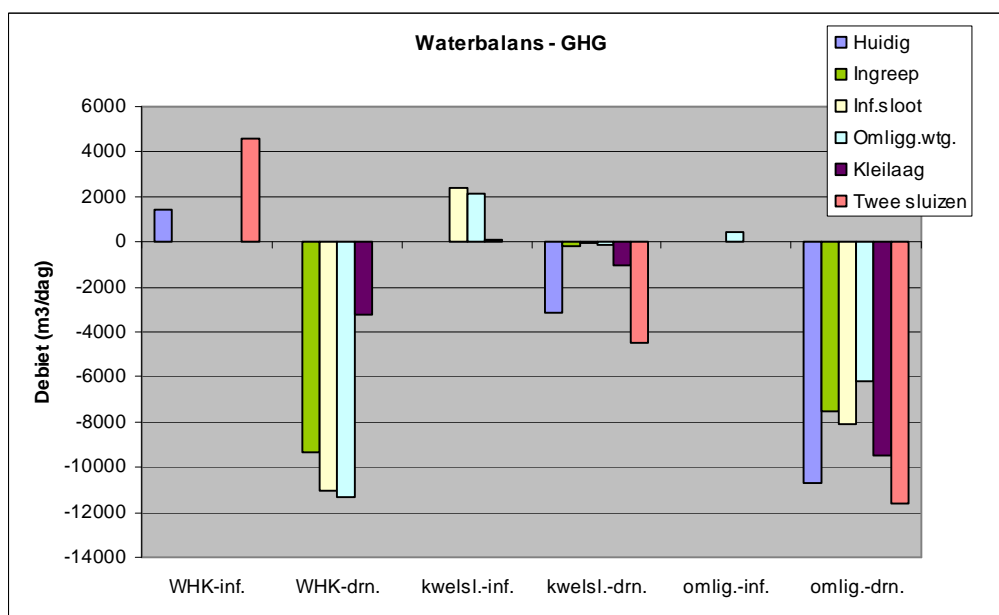
Figuur 7.5: Verandering grondwaterstand bij vervanging sluis II door nieuwe sluis - GLG

7.4 Waterbalansen

De verschillende maatregelen hebben uiteraard ook consequenties voor de waterbalans. In de huidige situatie infiltreert water bij het Wilhelminakanaal in de bodem. Door de peilverlaging wordt dit omgezet in een drainage. Varianten met infiltratie van water in waterlopen hebben uiteraard weer hun effect op de waterbalans. In bijlage 9 zijn de waterbalansen voor de verschillende scenario's weergegeven voor de deelgebieden zoals weergegeven in hoofdstuk 6. In figuur 7.6 zijn de debieten weergegeven voor het Wilhelminakanaal, de eventueel te benutten infiltratiesloten aan weerszijden van het kanaal en de waterlopen in Vossenberg en de Reeshof die mogelijk voor infiltratie worden benut. Dit zijn dus de rechtstreeks beïnvloede waterlopen. De waarden zijn opgenomen in tabel 7.1.



Figuur 7.6a: Waterbalans beïnvloede waterlopen bij GLG

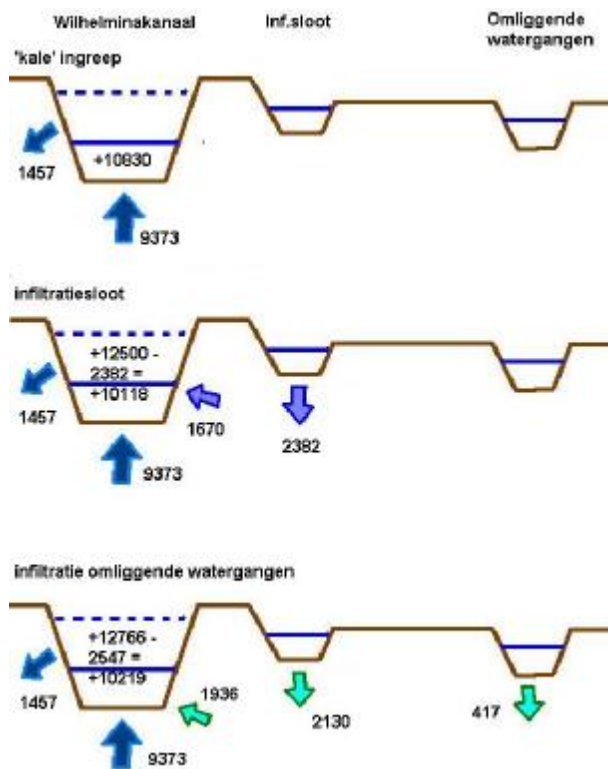


Figuur 7.6b: Waterbalans beïnvloede waterlopen bij GHG

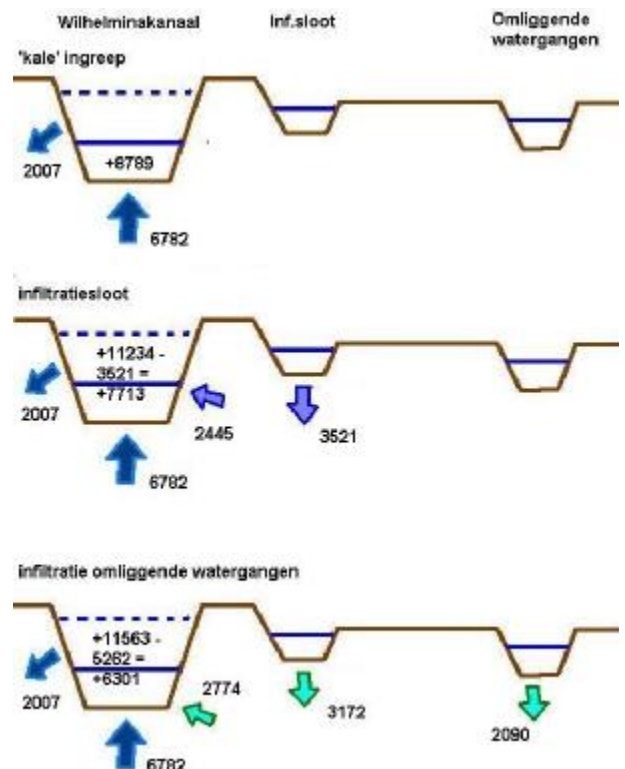
Tabel 7.1: Waterbalans in m³/dag

	WHK		infiltratiesloten		omliggend wtg.	
	inf.	drn.	inf.	drn.	inf.	drn.
GHG						
Huidig - GHG	1.457	0	0	-3.134	0	-10.679
Ingreep - GHG	0	-9.373	0	-168	0	-7.547
Infil.sloot - GHG	0	-11.043	2.382	-66	0	-8.058
Inf. ov.wtg. - GHG	0	-11.309	2.130	-109	416.8	-6.174
Kleilaag - GHG	0	-3.241	72	-1.020	0	-9.514
2 sluizen - GHG	4.626	0	0	-4.506	0	-11.609
GLG						
Huidig - GLG	2.007	0	0	-1.869	0	-4.185
Ingreep - GLG	0	-6.782	0	-61	0	-1.814
Infil.sloot - GLG	0	-9.227	3.521	0	0	-2.311
Inf. ov.wtg. - GLG	0	-9.556	3.172	-4	2089.8	-2.246
Kleilaag - GLG	0	-2.692	768	-184	0	-3.211
2 sluizen - GLG	6.277	0	0	-3.785	0	-5.310

De invloed van de veranderingen van infiltratie en drainage zijn tevens weergegeven in figuur 7.7a en b. Uit de figuren blijkt dat ook bij het op peil houden van de infiltratiesloten met water uit het Wilhelminakanaal er sprake is van extra toestroming naar het kanaal ten opzichte van de huidige situatie. Dit wordt vooral veroorzaakt door de sterke drainage die ontstaat door de ingreep. Daarnaast wordt een groot deel van het geïnfiltreerde water weer door het kanaal onttrokken (52% tot 76%).



Figuur 7.7a: Waterbalans WHK bij GHG



Figuur 7.7b: Waterbalans WHK bij GLG

Doordat een belangrijk deel van het geïnfiltreerde water weer op korte afstand in het Wilhelminakanaal komt, is er slechts een beperkte invloed op de waterkwaliteit in de omgeving. Voor de direct beïnvloede watergangen geldt in ieder geval dat er sprake is van een doorstroming, dus dat stilstaand water wordt voorkomen. Voor de watergangen geldt

verder dat uit de beschikbare kwaliteitsgegevens (zie paragraaf 4.3) blijkt dat deze over het algemeen niet sterk uiteenlopen. Door de ecologen is wel opgemerkt dat de in de waterlopen aangetroffen gehalten in deze regio (zowel Oude Leij / Donge als Zandleij en Wilhelminakanaal) niet goed genoeg zijn om rechtstreeks toe te passen in natuurgebieden. Met uitzondering van mogelijk De Rekken, dat in de toekomst wellicht door water uit de Donge gevoegd kan worden, is daarvan ook geen sprake.

7.5 Natuur

Uit de analyse van de effecten van de grondwaterstandsverlagingen is gebleken dat het elzenbroekbosje in Vossenberghof een aandachtspunt is, en mogelijk de (nog onbekende) natuurwaarden in de Reeshof. Doordat over deze twee gebieden van de huidige situatie en de ingreep al onvoldoende informatie beschikbaar is om een goede beoordeling te maken, is het evenmin mogelijk om de maatregelen goed te kunnen beoordelen.

Wel kan dus geconcludeerd worden dat voor alle overige natuurgebieden er geen maatregelen nodig zijn.

7.6 Landbouw

Als gevolg van de ingreep wordt geen afname van de doelrealisatie verwacht, vooral omdat de afstand tot landbouwgebieden relatief groot is. Door de mitigerende maatregelen wordt het invloedsgebied verder verkleind. De maatregelen zullen daardoor geen effect op de landbouw tot gevolg hebben.

7.7 Bodemverontreiniging

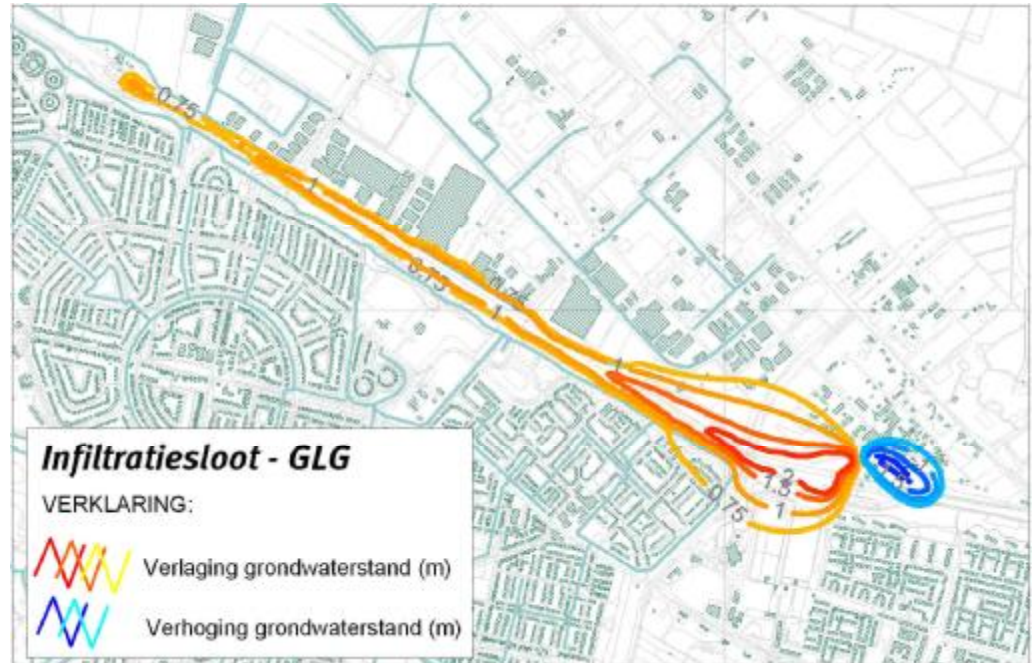
In de omgeving zijn meerdere locaties met potentiële verontreinigingen aanwezig. Uit een analyse van de gegevens is gebleken dat twee locaties van belang zijn voor de beoordeling van de ingreep en de maatregelen: de verontreiniging aan de Albionstraat, direct noordelijk van sluis III, en het voormalige Philipsterrein aan de Zevenheuvelenweg.

Voor deze laatste verontreiniging is geconstateerd dat het effect van de ingreep zeer beperkt is. Bovendien is Philips momenteel bezig met de ontwikkeling en afweging van saneringsmogelijkheden. Aanbevolen wordt om hierbij rekening te houden met een beperkte wijziging van de stromingsrichting als gevolg van de ingreep en eventuele maatregelen.

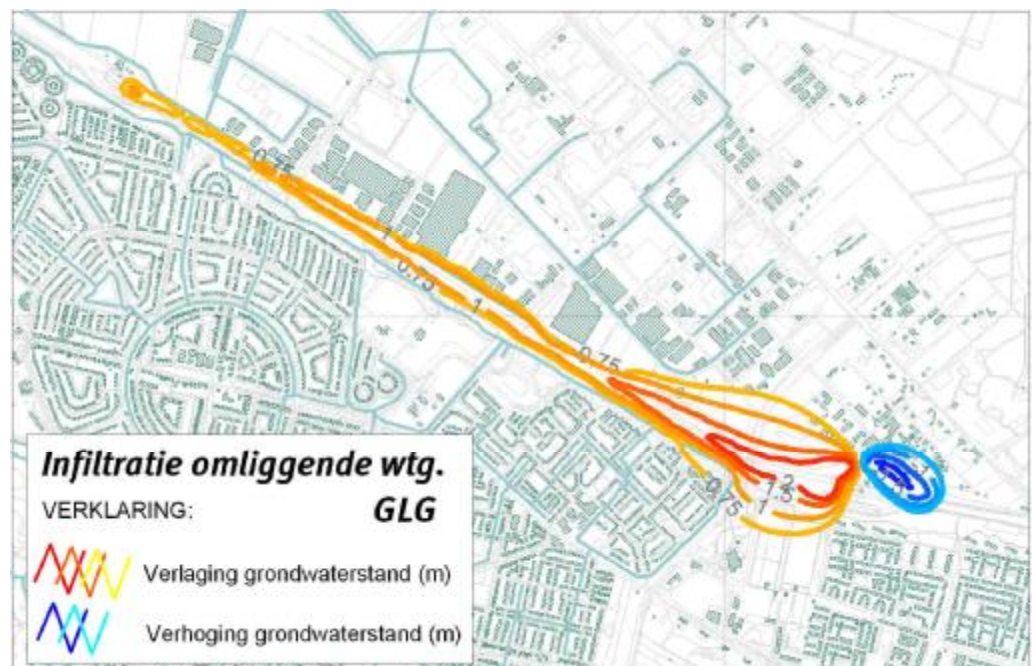
Voor het Albionterrein geldt dat de verontreiniging hier naar het Wilhelminakanaal zal worden gericht. Dit geldt ook voor alle maatregelen, zij het dat deze stroming dan iets minder groot zal zijn. Mogelijke sanerende maatregelen zouden relatief eenvoudig direct stroomafwaarts van sluis III kunnen worden getroffen. Omdat de precieze aard en omvang van de verontreiniging niet bekend is, is nog geen indicatie van de saneringskosten te geven.

7.8 Bebouwing en infrastructuur

In hoofdstuk 6 is al onderbouwd dat de ingreep niet tot en zodanige relatieve rotatie zal leiden dat schade aan bebouwing of infrastructuur te verwachten is. Wel is bij de ingreep in een deel van het gebied een zetting van meer dan 1 cm mogelijk (worst case-berekening). In de figuren 7.8a en 7.8b is het invloedsgebied bij de twee infiltratie-maatregelen weergegeven. In bijlage 11 zijn de invloedsgebieden ook voor de andere maatregelen opgenomen.



Figuur 7.8a: Verlaging GLG ($>0,75$ m) bij maatregel infiltratiesloot



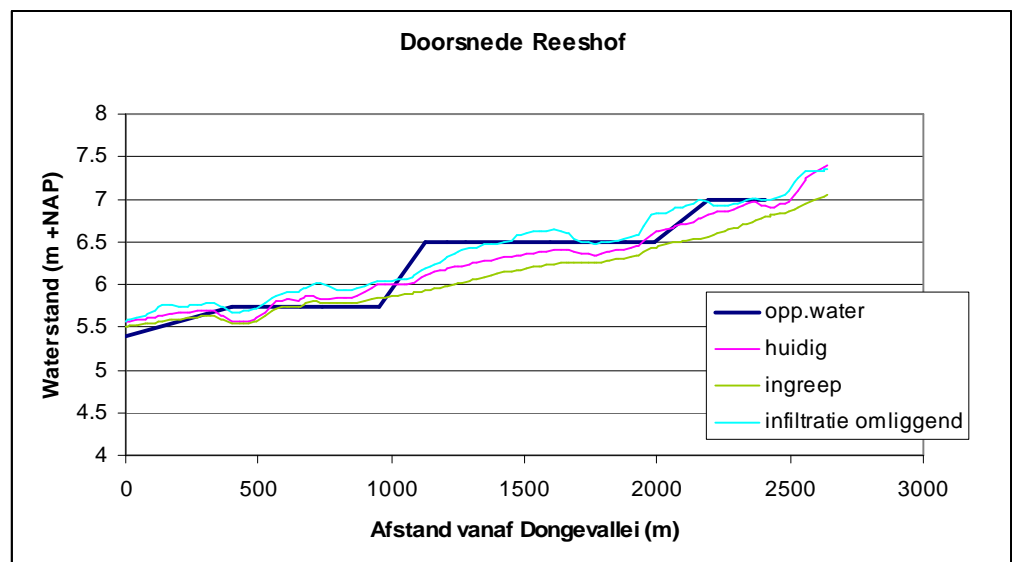
Figuur 7.8b: Verlaging GLG ($>0,75$ m) bij maatregel infiltratie in omliggende watergangen

Uit de berekeningen blijkt dat de zone met een verlaging van de grondwaterstand met meer dan 0,75 m door de infiltratiemaatregelen sterk afneemt. Bij de twee andere maatregelen (kleilaag en twee sluizen) is er alleen een verlaging van de grondwaterstand met meer dan 0,75 direct bij het kanaal.

Overlast aan bebouwing door vernatting treedt niet op, doordat het gebied waar een verhoging van de grondwaterstand te verwachten is, nauwelijks toeneemt ten opzichte van de situatie bij de ingreep. Bij de maatregel met infiltratie in tevens omliggende watergangen is in Vossenbergh en de Reeshof een verhoging van de grondwaterstand (GHG) met hooguit 0,1 m te verwachten. Indien door deze beperkte verhoging nadelige effecten zouden ontstaan (hetgeen niet wordt verwacht), kunnen deze worden voorkomen door de waterpeilen nauwkeuriger in te stellen.

7.9 Oppervlaktewater

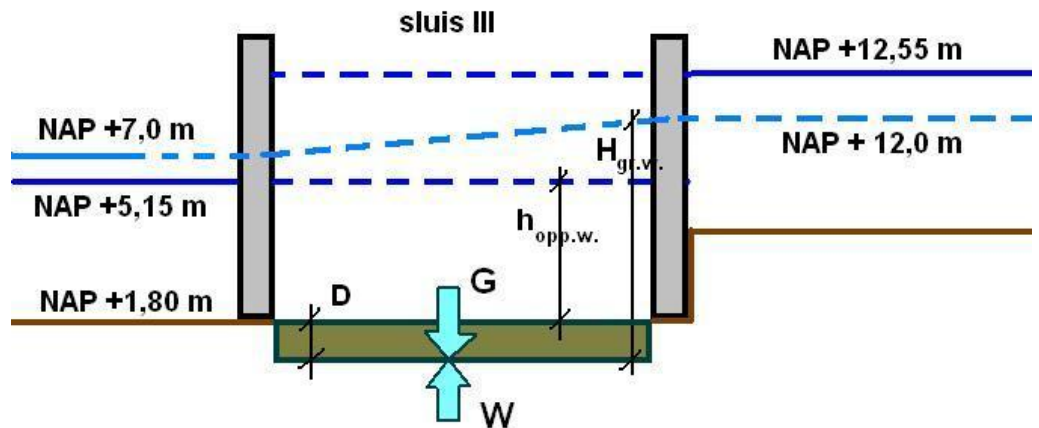
In de waterlopen in de omgeving van het Wilhelminakanaal worden door de ingreep ongewenst grote verlagingen van het waterpeil verwacht. Door de ingreep 'infiltratiesloten' wordt het gebied met verlagingen van de grondwaterstand en dus ook waar een verlaging van het waterpeil op kan treden, al verkleind. Bij de maatregel waar tevens infiltratie via de omliggende watergangen optreedt, wordt het invloedsgebied verder ingeperkt. In figuur 7.9 zijn het waterpeil en de berekende grondwaterstanden opgenomen langs dezelfde waterloop in de Reeshof als weergegeven in figuur 6.12. Deze figuur is uitgebreid met de grondwaterstanden die bij de maatregel 'infiltratie middels omliggende watergangen' zijn berekend. Uit de berekeningen blijkt dat de grondwaterstanden met deze maatregel zelfs iets hoger komen dan in de huidige situatie. De drainage (afvoer) van de watergang neemt daardoor ook toe. Voor de watergangen waar infiltratie wordt voorzien, is er uiteraard ook sprake van minimaal dezelfde doorstroming als in de huidige situatie.



Figuur 7.9: Waterpeil en grondwaterstanden langs een watergang in de Reeshof (zie figuur 6.12a en 6.12b)

7.10 Sluis III

In het wateroverleg van 9 maart is besproken dat bij sluis III de bodem kan worden afgedicht om eventuele wateroverlast te voorkomen. De dikte van de aan te brengen kleilaag wordt hierbij niet alleen door het realiseren van de gewenste weerstand bepaald, maar ook door de noodzaak om voldoende tegenwicht tegen de waterdruk te bieden. In figuur 7.10 is dit schematisch weergegeven.



Figuur 7.10: Bepaling dikte kleilaag uit grond- en waterdruk

Hierbij geldt:

$$G > W \Leftrightarrow D * g_g + h_{opp.w.} * 10 > H_{gr.w.} * 10$$

Met:

- G = gronddruk (kN/m²)
- W = waterdruk (kN/m²)
- D = dikte kleilaag (m)
- Y_g = soortelijk gewicht kleilaag (kN/m³)
- h_{opp.w.} = waterdiepte in sluis (m)
- H_{gr.w.} = afstand grondwater tot onderkant kleilaag (m)
- 10 = soortelijk gewicht water (kN/m³)

Voor de worst case binnen de sluis (laag oppervlaktewaterpeil, hoogste grondwaterstand) en een soortelijk gewicht van de klei van 18 kN/m³ volgt hieruit:

$$18 * D > (12,0 - 1,8 + D) * 10 - (5,15 - 1,8) * 10$$

$$\Leftrightarrow 8 * D > 102 - 33,5$$

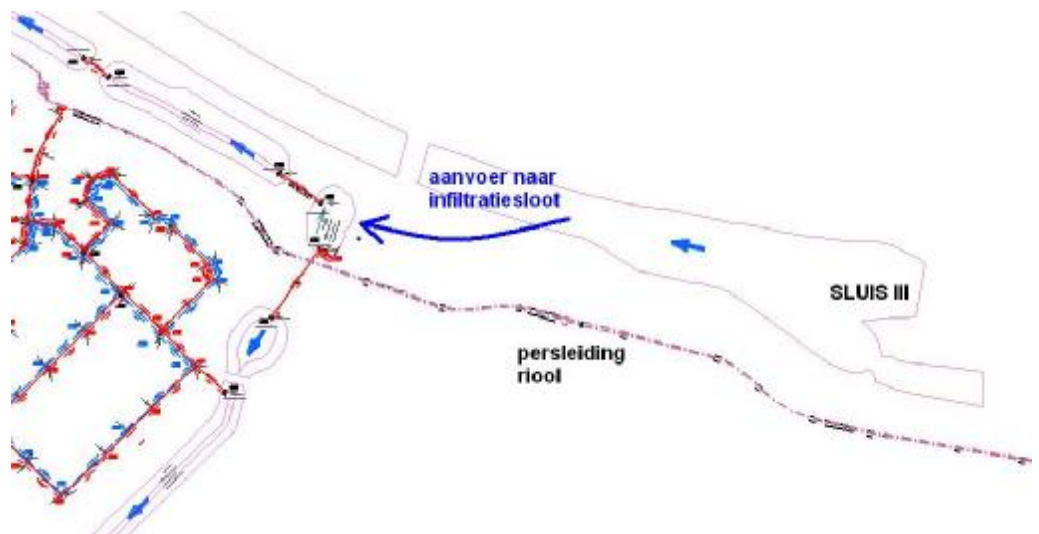
$$\Leftrightarrow D > 8,6$$

Aangezien door de ingreep geen wateroverlast wordt verwacht, is het toepassen van een kleilaag in sluis III vooralsnog niet doorgerekend. Aan de technische uitvoerbaarheid kan ook worden getwijfeld, gezien de enorme dikte van de laag die benodigd is.

7.11 Technische realiseerbaarheid

Infiltratiesloten

Langs vrijwel het gehele kanaal liggen zowel aan de noord- als de zuidkant sloten. Door over een relatief beperkt deel een aanvoerleiding (buis of sloot) aan te leggen, kan water vanuit het Wilhelminakanaal naar de sloten worden gevoerd. De aanvoer kan onder vrij verval vanuit het bovenstroomse pand, of middels een pomp benedenstrooms van sluis III worden aangevoerd (figuur 7.11). Om te voorkomen dat het water tevens in de omliggende watergangen komt, moeten mogelijk enkele stuwtjes worden aangepast. Technisch is de maatregel goed uitvoerbaar. Uit de waterbalansberekeningen is gebleken dat de benodigde infiltratie beduidend kleiner is dan de drainage die als gevolg van de kanaalpeilverlaging wordt bereikt.



Figuur 7.11: Aanvoer water naar infiltratiesloot aan zuidkant

Infiltratie middels omliggende watergangen

Deze maatregel is grotendeels gelijk aan de maatregel met alleen een infiltratiesloot. In het model is er vanuit gegaan dat alleen de waterlopen worden benut die in de huidige situatie een waterpeil hebben dat gelijk of lager is dan het peil in de infiltratiesloot. Hierbij is ook geen verhoging van het waterpeil voorzien. Dit houdt in dat er geen technische belemmeringen zijn om de uitbreiding van de maatregel uit te voeren.

Kleilaag op bodem Wilhelminakanaal

Het technisch realiseren van een kleilaag op de bodem van het Wilhelminakanaal is niet eenvoudig, zoals in de vorige paragraaf al is aangestipt. De maatregel houdt in dat de bodem in het gehele pand over een grotere diepte moet worden uitgegraven en vervolgens weer opgevuld tot de gewenste bodem. Ook aan de afwerking van de wanden van het kanaal moet voldoende aandacht worden besteed, zodat hier geen lekkage op gaat treden. De berekeningsmethodiek voor de benodigde dikte van de kleilaag is toegelicht in paragraaf 7.10. In onderstaande tabel zijn de maatgevende peilen en de berekende dikte opgenomen.

Tabel 7.2: Benodigde dikte kleilaag

	Opp.w.peil (m +NAP)	Grondwaterstand (m +NAP)	Dikte kleilaag (m)
Bij sluis II	5,15	5,5	0,45
Halverwege pand	5,15	6,0	1,05
Stroomafwaarts sluis III	5,15	7,0	2,30

Twee sluisen

Het vervangen van de bestaande sluis II door een nieuwe sluis is technisch mogelijk. Omdat de sluis gebouwd moet worden terwijl ook de huidige sluis in bedrijf is, zal deze juist buiten het huidige tracé van het kanaal komen (evenals sluis III). In de eindsituatie zal er dus een extra bocht in het kanaal komen. Bij sluis III speelt dat nauwelijks, omdat het kanaal hier al een knik maakt. Een belangrijk nadeel is dat de scheepvaart toch een extra schutgang heeft, die bij het huidige plan vervalt.

7.12 Keuze maatregel

Onderstaand zijn de effecten op de verschillende belangen samengevat.

	Ingrep	Inf.sloot	Infiltr. omlig. waterg.	Kleilaag	Twee sluisen
Waterbalans - WHK (netto) - evt. infiltratie	+8.800 m ³ /dg nvt	+7.700 m ³ /dg 3.500 m ³ /dg	+6.300 m ³ /dg 5.300 m ³ /dg	+4.700 m ³ /dg nvt	-4.300 m ³ /dg nvt
Natuur	negatief Vossenbergr; onbekend Reeshof rest geen effect	vrijwel gelijk ingrep	positiever dan ingrep	positiever dan ingrep	positiever dan ingrep
Landbouw	geen effect	geen effect	geen effect	geen effect	geen effect
Bodemver- ontreiniging	beheersbare situatie	gelijk aan ingrep	gelijk aan ingrep	gelijk aan ingrep	gelijk aan ingrep
Bodemzetting - bebouwing - K&L - wateroverlast	- beperkt risico - geen effect - geen effect	risico bebouwing kleiner, verder gelijk	vrijwel geen risico bebouwing, verder gelijk	geen risico bebouwing, verder gelijk	geen risico bebouwing, verder gelijk
Oppervlakte- water	verlaging waterpeil en afname doorstroming	iets positiever dan ingrep	vrijwel geen verlaging waterpeil / afname doorstroming	vrijwel geen verlaging waterpeil / afname doorstroming	vrijwel geen verlaging waterpeil / afname doorstroming
Technische haalbaarheid	technisch haalbaar	technisch haalbaar	technisch haalbaar	moeilijk realiseerbaar	haalbaar, nadeel voor scheepvaart

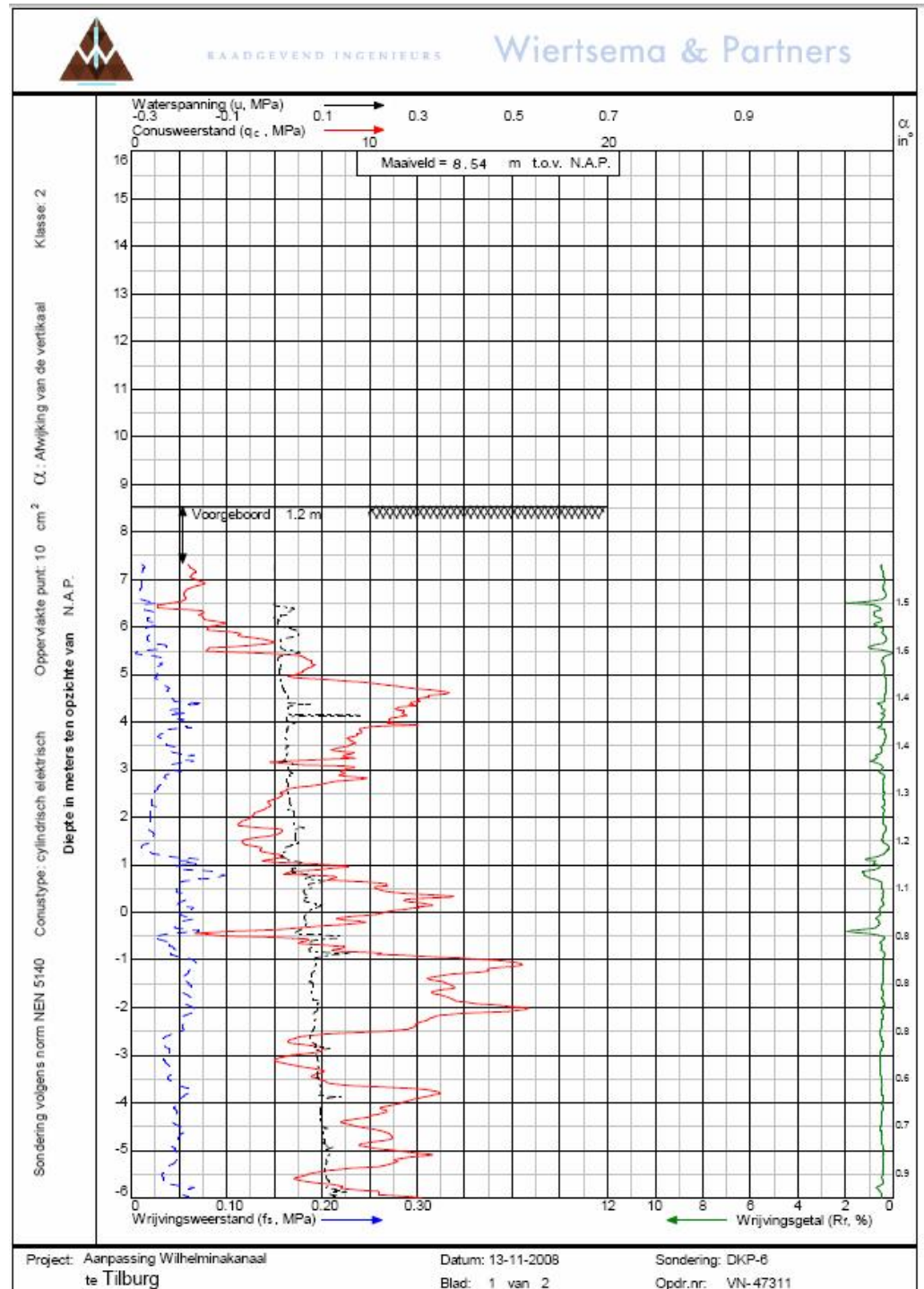
8 Samenvatting en conclusies

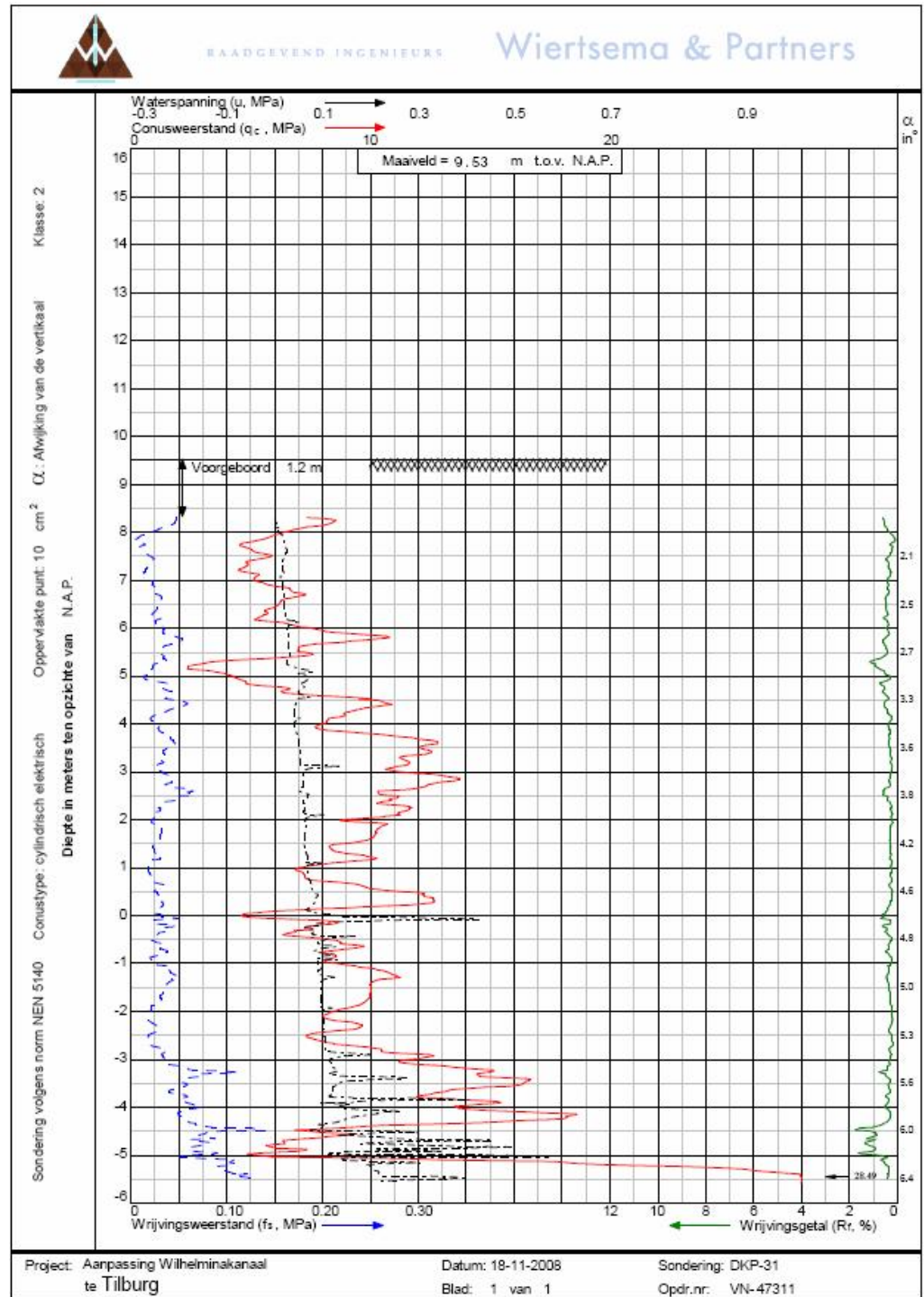
PM

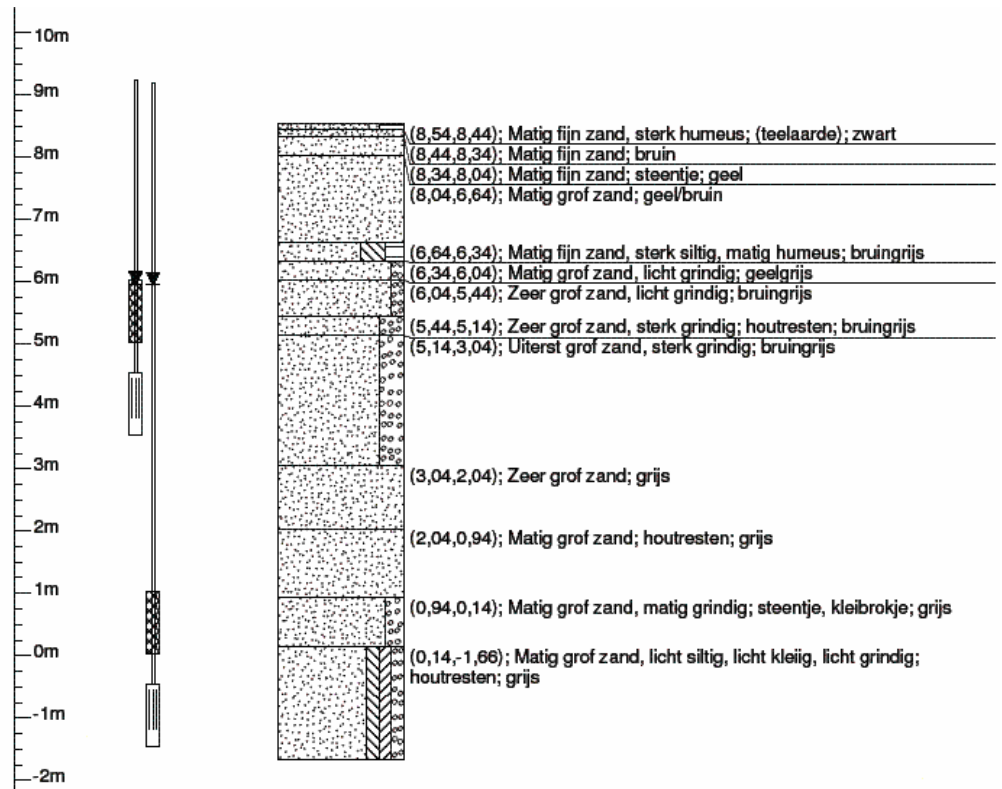
Literatuur

1. DHV, juli 2005. Wilhelminakanaal Tilburg. Traceringsnotitie Visievariant.
2. DHV en Nelen & Schuurmans, maart 2007, Integrale Gebiedsanalyse Oosterhout-Waalwijk.
3. Gespreksverslag d.d. 9 juni 1998 met Arnoud de Kruijf (AIA).
4. Iwaco, 14 februari 2000. Effectenstudie biotisch milieu projectstudie/MER Wilhelminakanaal.
5. MHN, juli 1998. Water- en landbodemonderzoek Wilhelminakanaal, kmr. 15,2 tot kmr. 25,2.
6. MHN, januari 1999. Grondwatermeetnet Wilhelminakanaal te Tilburg. Opnameperiode sept. 1997 t/m sept. 1998.
7. Rijkswaterstaat, directie Noord-Brabant, afdeling Planvorming, april 2000. Projectnota / MER Wilhelminakanaal Tilburg. Deelrapport abiotisch milieu.
8. Tauw, 17 december 1998. MER Wilhelminakanaal te Tilburg. Geohydrologische effecten.
9. Tauw, 25 juli 2000. Aanvullende modelberekeningen ten behoeve van de MER Wilhelminakanaal te Tilburg.
10. Tauw, 3 juli 2008. Integrale gebiedsanalyse Bovenlopen Donge.
11. Tilburg, grondwatermeetnet.
12. Tilburg, tekeningen riolering en watergangen.

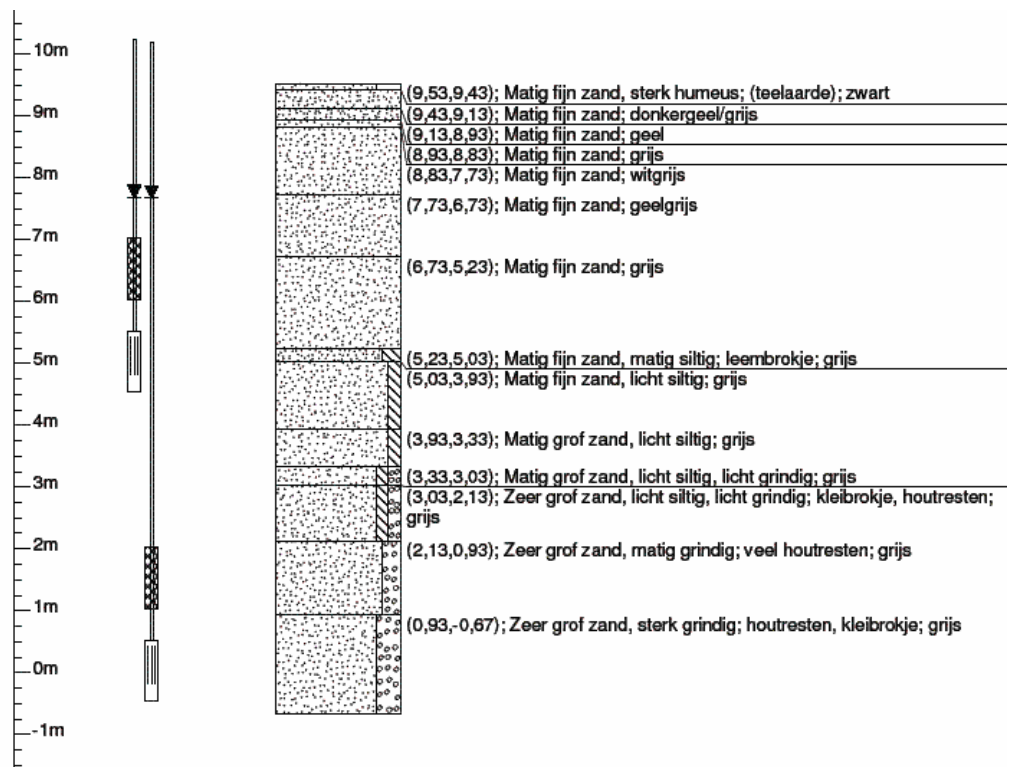
Bijlage 1: Sonderingen en boringen





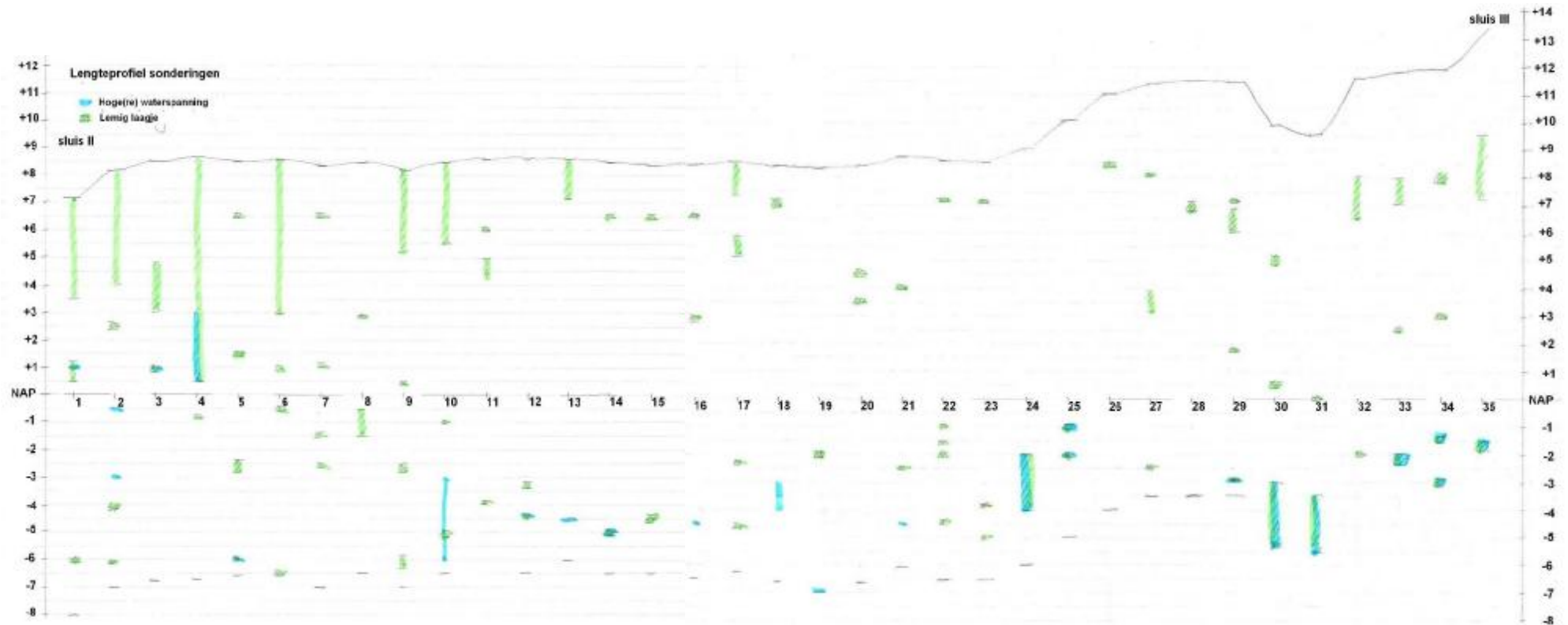


Boring bij sondering 6 (peilbuis W1)



Boring bij sondering 31 (peilbuis W2)

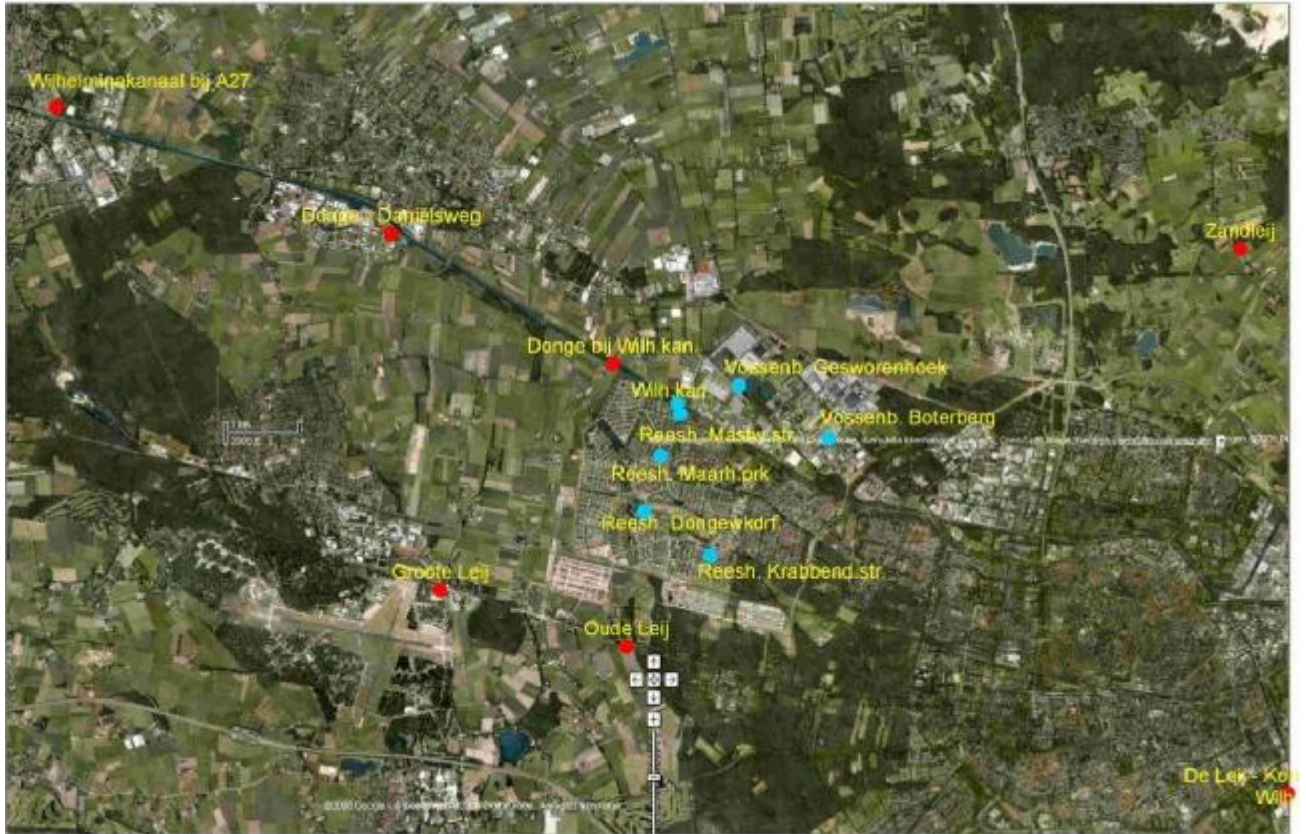
In onderstaande figuur is een schematisch lengteprofiel weergegeven, waarbij de aangetroffen lemige laagjes (gearceerd, groen) en cohesieve laagjes uit de waterspanning (blauw) zijn aangegeven.



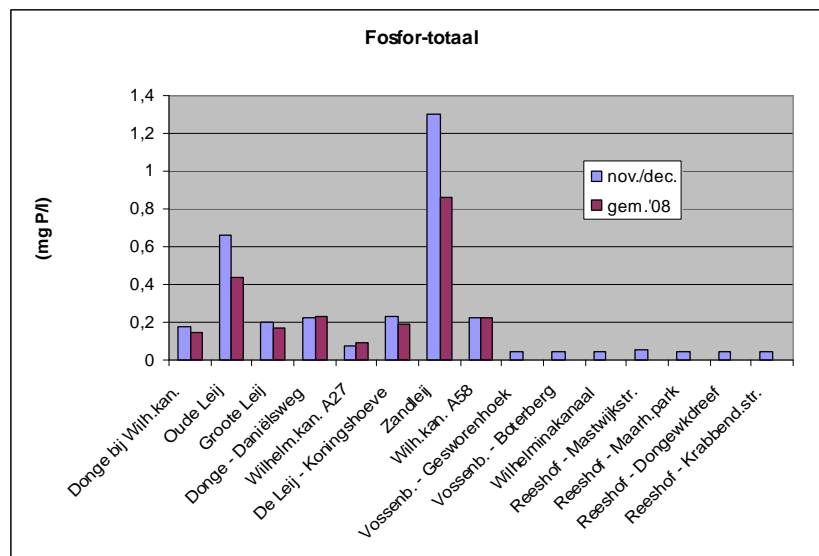
*Lengteprofiel sonderingen langs het Wilhelminakanaal
Sondering 1 is bij sluis II geplaatst, sondering 35 bij sluis III*

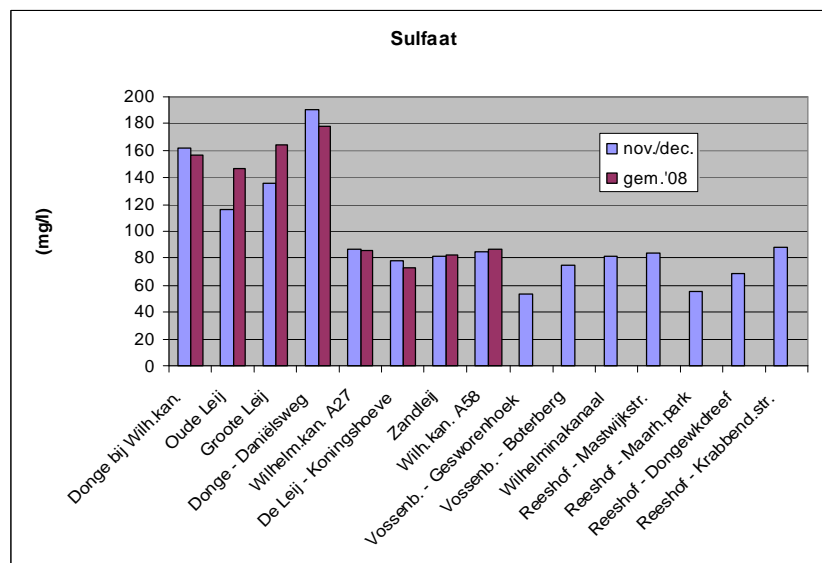
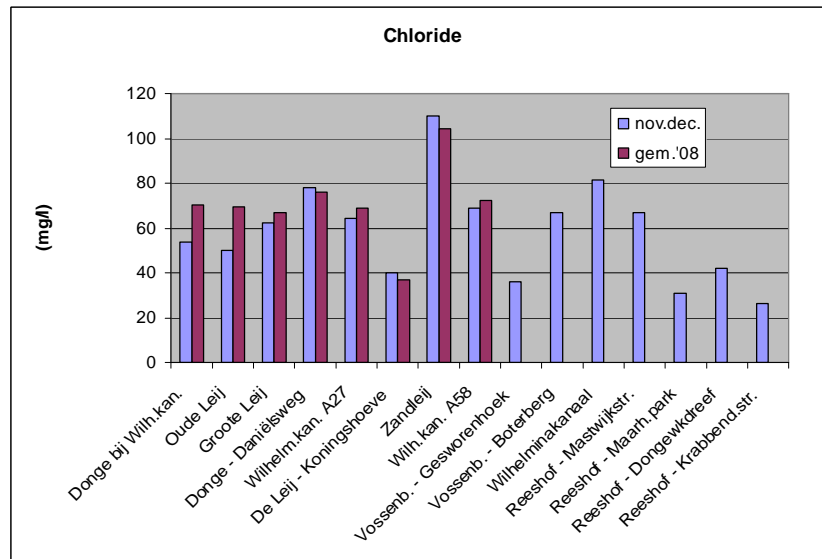
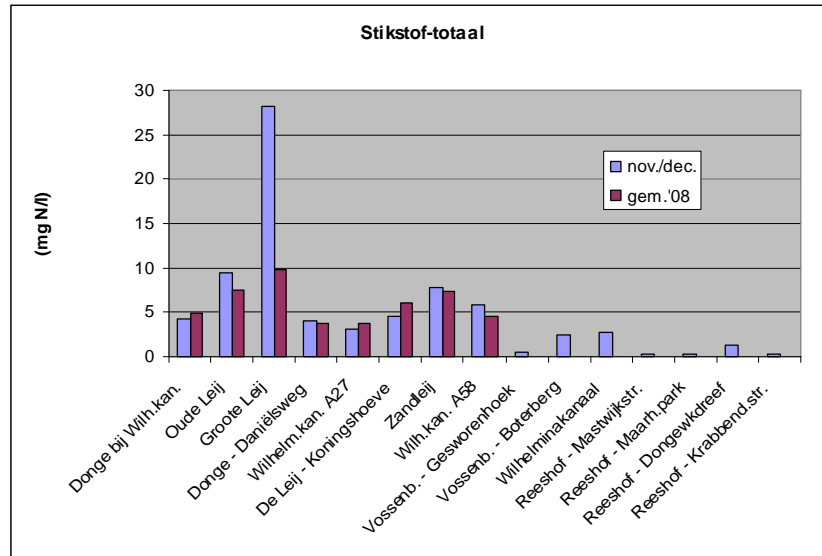
Bijlage 2: Analyses oppervlaktewaterkwaliteit

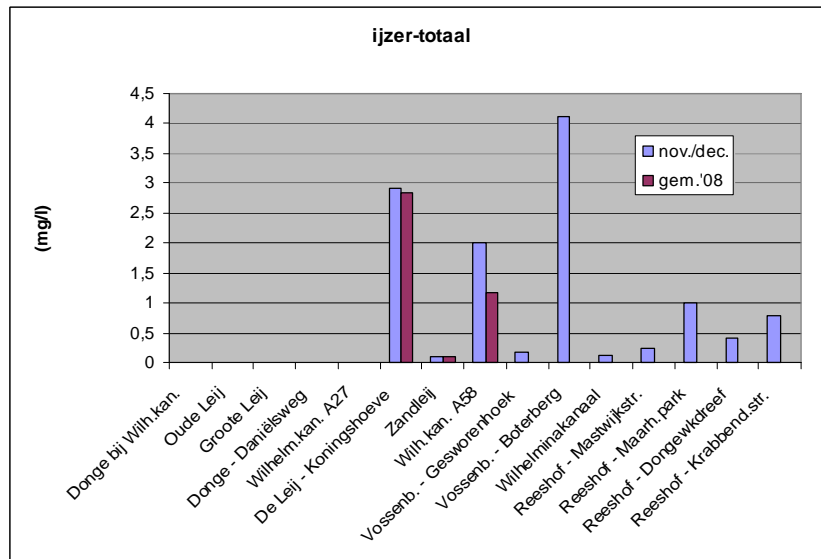
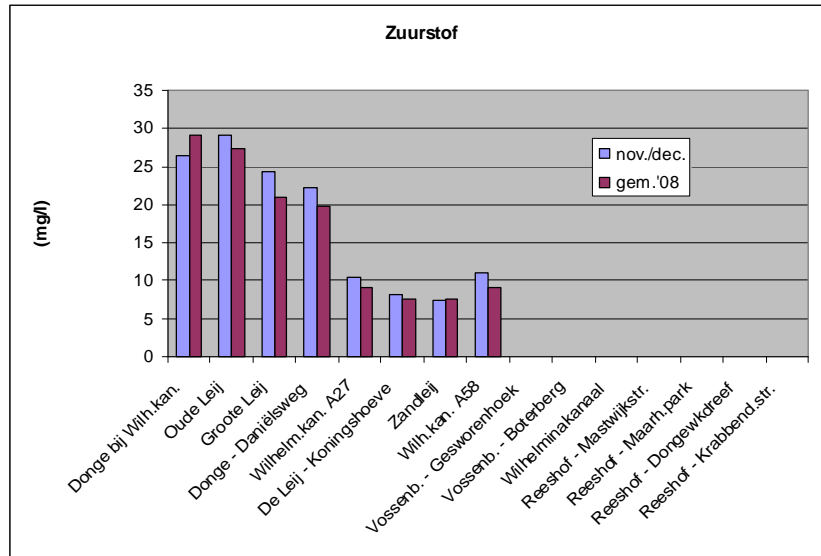
Meetpunt	Naam	x	y	ijzer- totaal (mg/l)	fosfor- totaal (mg P/l)	chloride (mg/l)	stikstof- totaal (mg N/l)	sulfaat (mg/l)	zuurstof (mg/l)
Waarnemingen december 2006 / november 2008 / december 2008									
110001	Donge bij Wilh.kan.	127.040	401.230		0,18	54	4,26	162	26,4
110002	Oude Leij	127.220	397.490		0,66	50	9,48	116	29,1
120001	Groote Leij	124.750	398.240		0,20	62	28,2	136	24,3
590803	Donge - Daniëlsweg	124.100	402.960		0,22	78	4,02	190	22,2
100003	Wilhelm.kan. A27	119.660	404.640		0,08	64	3,12	87	10,5
240116	De Leij - Koningshoeve	135.980	395.544	2,9	0,23	40	4,60	78	8,22
240120	Zandleij	135.353	402.756	0,1	1,30	110	7,90	82	7,49
244154	Wilh.kan. A58	136.369	395.254	2,0	0,22	69	5,90	85	11,1
MP-1	Vossenb. - Gesworenhoeke			0,18	0,05	36	0,41	53	
MP-2	Vossenb. - Boterberg			4,1	0,05	67	2,4	75	
MP-3	Wilhelminakanaal			0,13	0,05	81	2,8	81	
MP-4	Reeshof - Mastwijkstr.			0,25	0,055	67	0,35	84	
MP-5	Reeshof - Maarh.park			1	0,05	31	0,31	55	
MP-6	Reeshof - Dongewkdreef			0,42	0,05	42	1,3	68	
MP-7	Reeshof - Krabbend.str.			0,79	0,05	26	0,25	88	
Waarnemingen gemiddelden 2006 of 2008									
110001	Donge bij Wilh.kan.	127.040	401.230		0,15	70,4	4,87	157	29,1
110002	Oude Leij	127.220	397.490		0,44	69,6	7,51	147	27,4
120001	Groote Leij	124.750	398.240		0,17	66,8	9,76	164	20,85
590803	Donge - Daniëlsweg	124.100	402.960		0,23	76	3,73	178	19,7
100003	Wilhelm.kan. A27	119.660	404.640		0,09	68,8	3,75	85,5	9,15
240116	De Leij - Koningshoeve	135.980	395.544	2,83	0,09	36,9	5,97	72,3	7,53
240120	Zandleij	135.353	402.756	0,09	0,7	104	7,39	82,8	7,68
244154	Wilh.kan. A58	136.369	395.254	1,17	0,05	72,2	4,52	87,3	9,09



Figuur B2.1: Ligging waarnemingspunten waterkwaliteit (rood = meetnetten waterschappen, blauw = eenmalige waarneming)



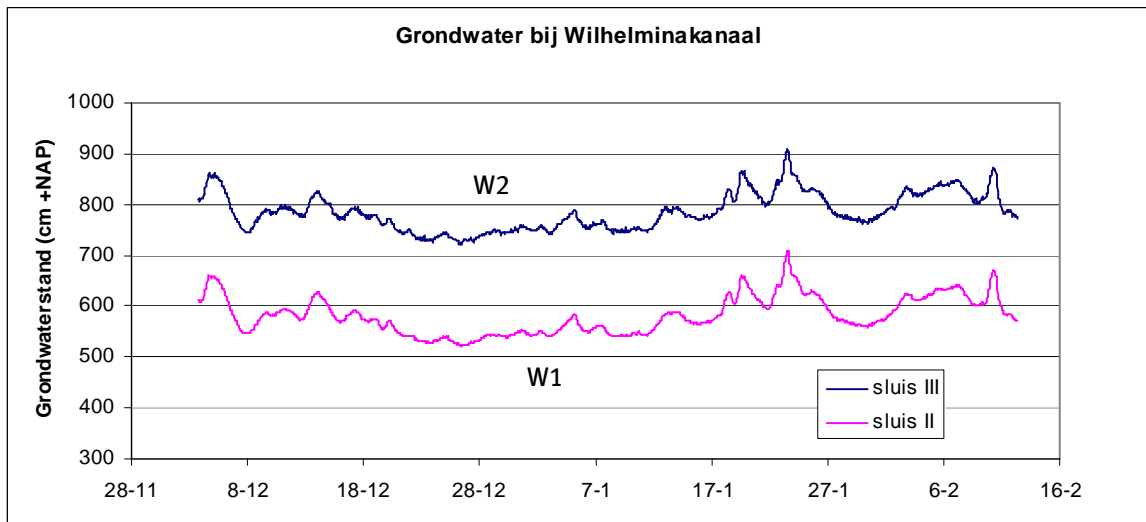




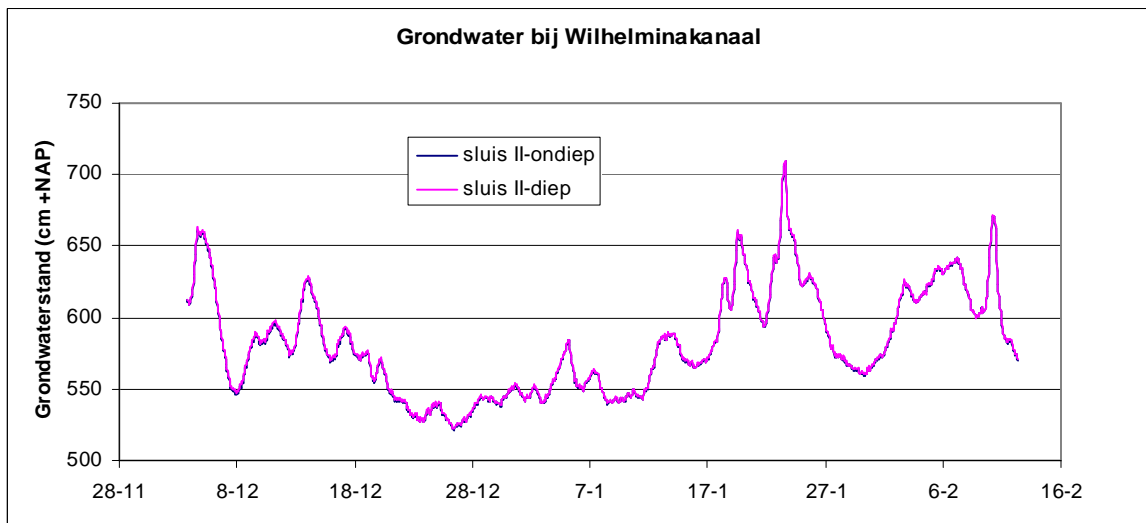
Bijlage 3: Waarnemingen grondwaterstand bij Wilhelminakanaal



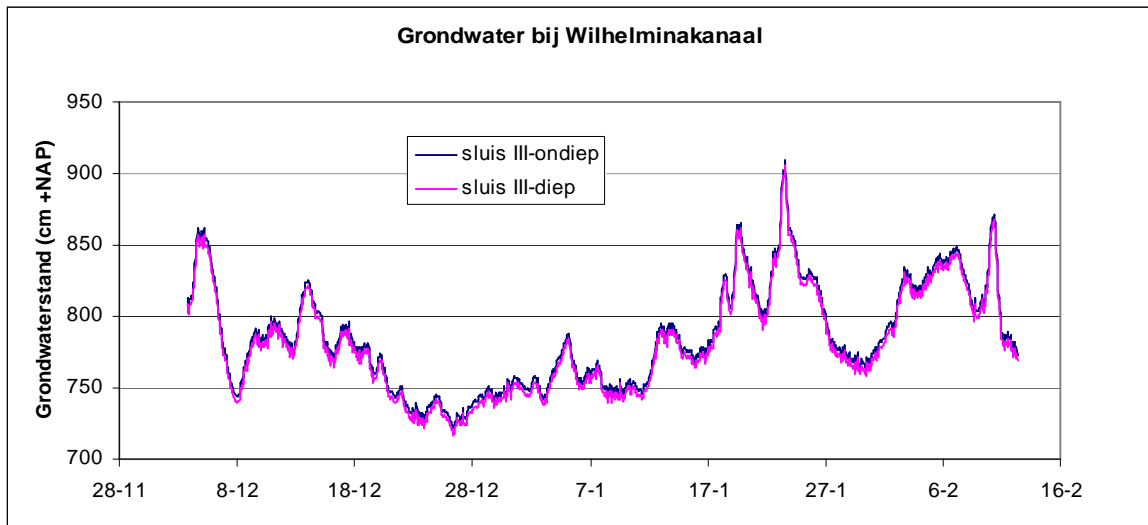
Figuur B3.1: Ligging peilbuizen



Figuur B3.2: Waarnemingen grondwaterstand (W1 en W2)



Figuur B3.3: Waarnemingen grondwaterstand bij sluis II (W1)



Figuur B3.4: Waarnemingen grondwaterstand bij sluis III (W2)

Bijlage 4: 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: 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;	
	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
Groenvelden (landbouwgronden)	Planten en dieren op en langs het tracé van de Noordwesttangent	Gem Tilburg
Drijfbanen	Rapport Cools: Analyse natuurwaarden Drijfbanen 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 Vossenbergh	Planten en dieren op en langs het tracé van de Noordwesttangent	Gem Tilburg
	Natuurwaardenonderzoek rondom traject Dalem - Vossenbergh -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, Groote 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 - Vossenbergrand 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 deelreinen Groote Leij, Donge, Dongevallei, Wilhelminakanaal, De Rekken, Groenveld en Rauwveld, Huis ter Heide, Industrierrein Vossenbergrand 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.

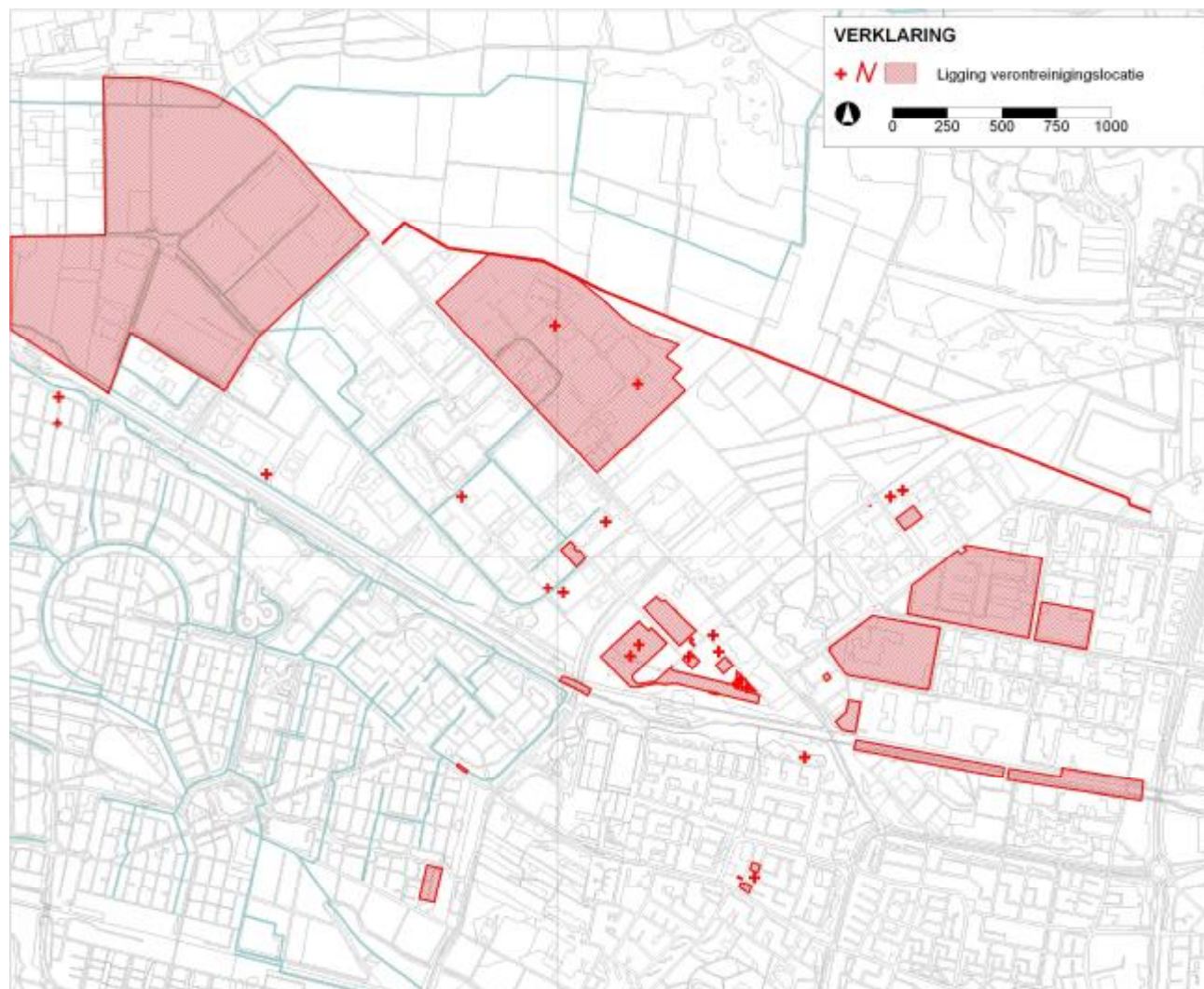
Bijlage 5: Inventarisatie verontreinigingen

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 is. 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.

In totaal zijn nog 4é locaties overgebleven die in dit onderzoek nader worden onderzocht. Deze locaties zijn meestal geconcentreerd in een aantal bedrijventerreinen. In figuur B5.1 zijn de belangrijkste gebieden met verontreinigingen weergegeven. In tabel B5.1. is de selectielijst weergegeven.



Figuur B5.1: Ligging percelen / locaties van gevallen van verontreiniging

Tabel 5.1 Lijst met potentieel verontreinigde locatie op basis van eerste selectie

Locatienr	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 motorenshop
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 motorenshop
2987	ZEVENHEUVELENWEG 25 TILBURG, VOLT-COMPLEX, PHILIPS	grond- en grondwatersanering noodzakelijk	audiovisuele apparatenfabriek
10277	BADEN POWELLAAN 75 TE TILBURG (SHELL)	grond- en grondwatersanering noodzakelijk	benzine-service-station

Locatienr	Naam	Conclusie kwaliteit	Type bedrijf
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	handeldrukkerij
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 motorensloperij
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	stookolietank (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 bodemspecialisten 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 teruggedaneerd 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 ingrep 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 actualisatie-onderzoek 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 ingrep, 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 m³. De totale hoeveelheid met VCK's verontreinigd grondwater bedraagt ca. 60.000 m³. De omvang van de sterke verontreiniging met VCK's in het middeldiepe grondwater bedraagt ca. 1.300.000 m³. De totale hoeveelheid met VCK's verontreinigde middeldiepe grondwater bedraagt ca. 3.000.000 m³.

De omvang van de sterke verontreiniging met VCK's in het diepe grondwater bedraagt ca. 1.500.000 m³. De totale hoeveelheid met VCK's verontreinigde diepe grondwater bedraagt ca. 3.500.000 m³.

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 m³) en een verontreiniging met cyanide (ca 50 m³) 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.

Bijlage 6: Modelling grondwater

Model opzetten/ aanpassen

Als basis voor het grondwatermodel is gebruik gemaakt van het Modflow-model dat voor de Integrale Gebiedsanalyse (IGA) Bovenlopen Donge is toegepast. In [9] 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.



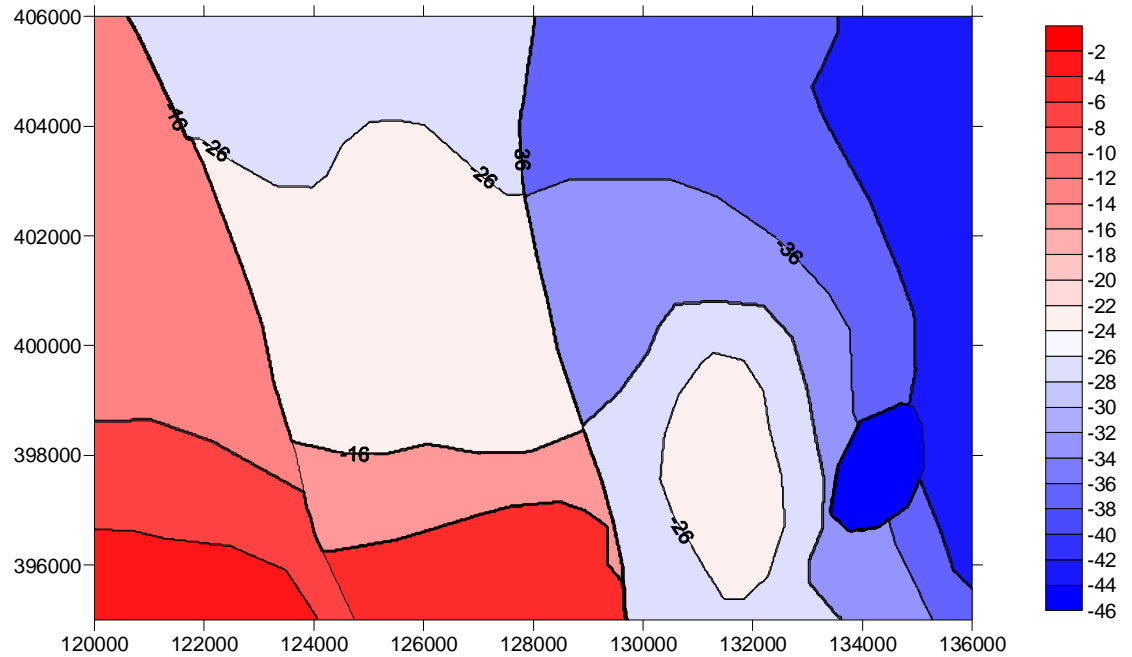
Figuur B6.1: Ligging modelgebied

Verfijnen en detailleren

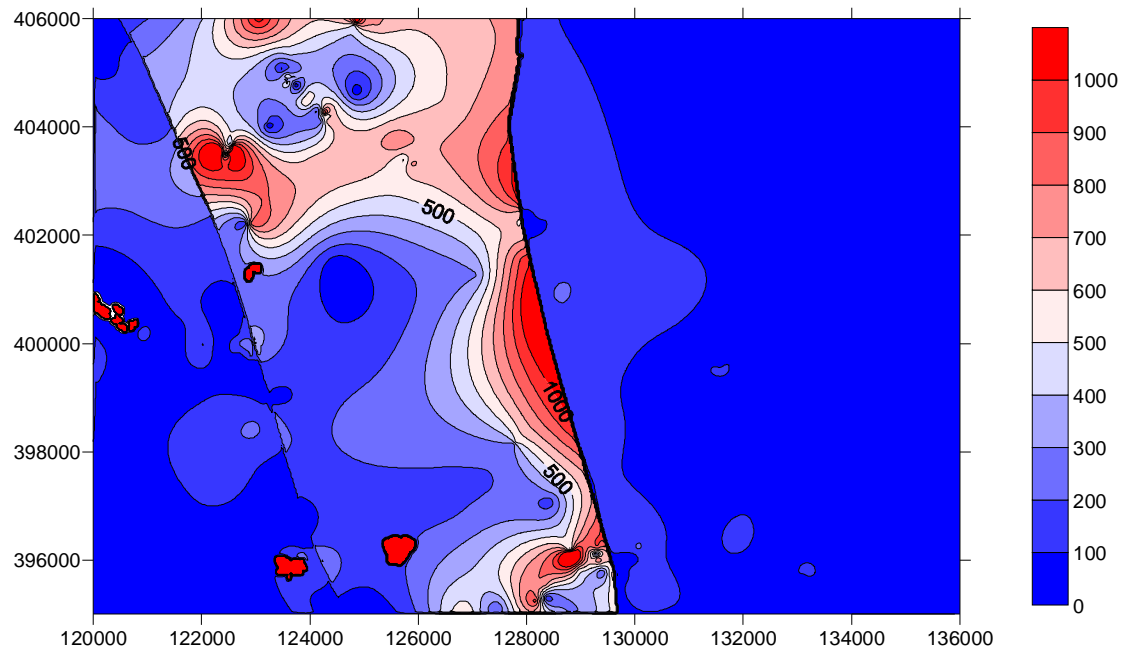
Om de ingreep en maatregelen goed te kunnen modelleren is het IGA-model verfijnd. De eerste stap was het splitsen van de bovenste modellaag in twee lagen. Hiervoor is de oorspronkelijke modellaag van een kD omgezet naar een k -waarde en een dikte. De dikte is gebaseerd op de onderkant van laag 1 zoals opgenomen in Regis (zie figuur B6.2) 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^e watervoerende pakket vraagtekens oproept.

Uit de beschikbare informatie blijkt dat de bodemligging van het 1^e wvp oostelijk van de Gilzerbaanbreuk dieper ligt dan westelijk, in de orde van NAP -40 m tegen NAP -25 m (figuur B6.2). Het doorlaatvermogen is oostelijk van de breuk echter (veel) kleiner dan westelijk, namelijk $<100 \text{ m}^2/\text{d}$ tegen ca. $1000 \text{ m}^2/\text{d}$ (figuur B6.3). Omgerekend naar de watervoerende dikte houdt dit k -waarden van maximaal $50 \text{ m}/\text{d}$ in bij de hoge kD 's, maar

van minder dan 1 m/d bij de lage kD's. Voor de formaties waar het hier om gaat, vnl. Sterksel, is een k-waarde in de orde van 25 tot 50 m/d een realistische verwachting².



Figuur B6.2: Bodem wvp1



Figuur B6.3: kD-waarde in IGA-model

In het wateroverleg van december is besloten om voor de k-waarde van de deklaag en het watervoerende pakket een gevoeligheidsanalyse uit te voeren.

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

2. 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.

ongeveer deze diepte. Westelijk van de Gilze-Rijensloring en in het zuidelijke deel tussen deze breuk en de Gilzerbaanbreuk ligt de onderkant van de deklaag minder diep, op NAP +5 m.

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 kan dit weer worden 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	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	VIIo	0,8	2000
IIIb	0,8	500	VIIId	1,2	2000
IVu	0,6	200	VIIIo	1,5	2000
IVc	0,9	500	VIIIId	1,5	2000

Gevoeligheidsanalyses

Voorafgaand aan de calibratie is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Door de belangrijkste parameters aan te passen en het berekende isohypsenpatroon te vergelijken met het gemeten isohypsenpatroon, is een eerste schatting gemaakt welke waarden voor de parameters te hanteren. In tabel B6.2 zijn de scenario's weergegeven die gebruikt zijn voor de gevoeligheidsanalyse.

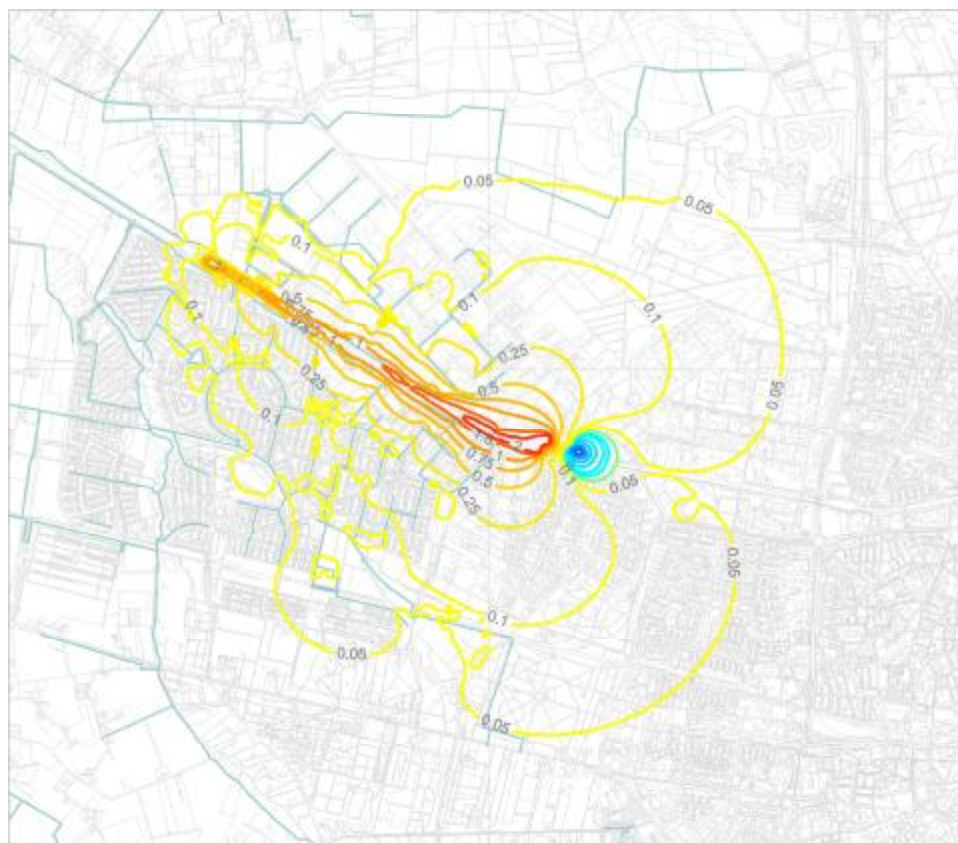
Tabel B6.2: Gevoeligheidsanalyse bodemopbouw

Scenario	k-waarde deklaag (m/d)	k-waarde WVP 1 (m/d)	Weerstand deklaag (C)
1	3	10	50
2	3	25	25
3	3	25	50
4	3	25	150
5	3	50	50

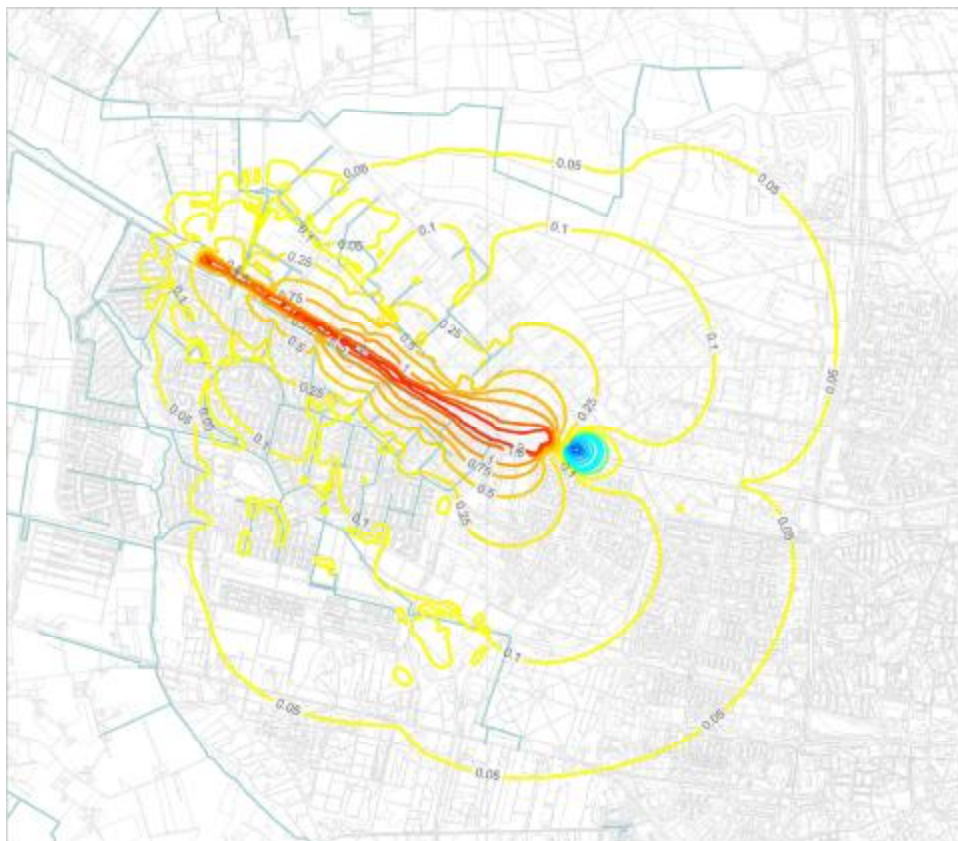
Na het vergelijken van het gemeten isohypsenpatroon en het door Modflow berekende isohypsenpatroon, bleek dat scenario 5 het meest overeenkomt met de gemeten situatie. Deze situatie is gebruikt voor een nadere calibratie.

Op basis van het eerste modeloverleg is tevens een differentiatie van de doorlatendheid in de deklaag opgenomen. Hiervoor is gebruik gemaakt van de indeling in matig fijn zand, grof zand, lemig zand en veen zoals deze in de Bodemkaart is weergegeven.

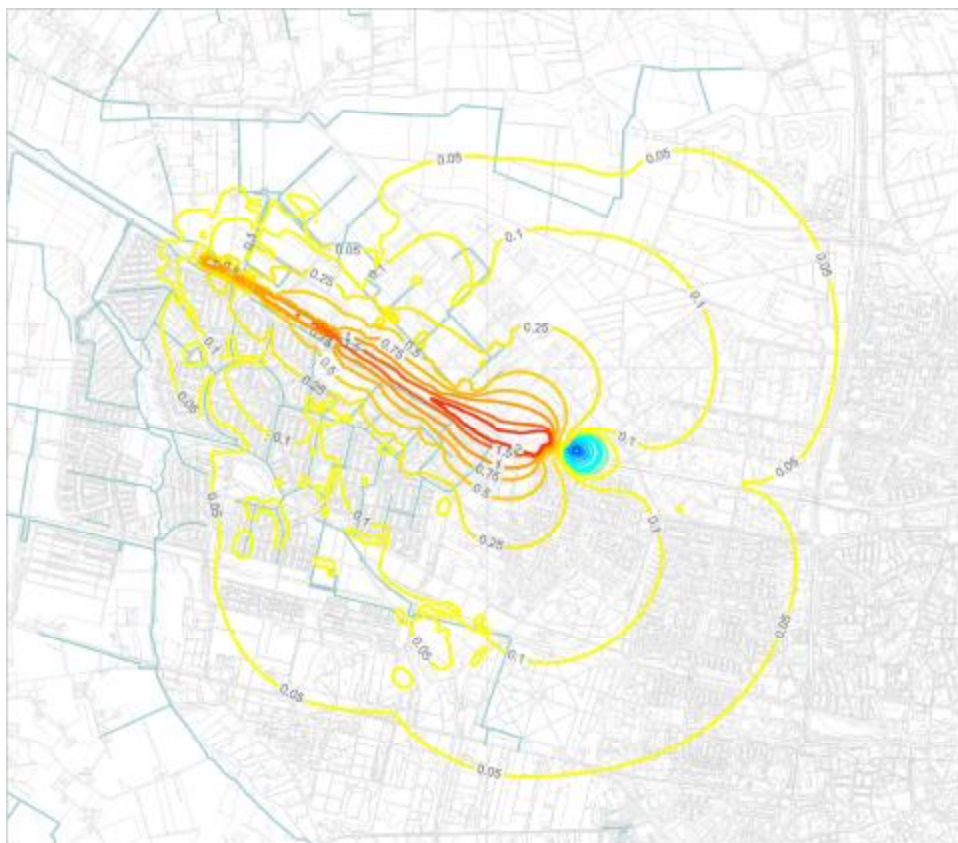
Een belangrijke parameter voor de effectenberekening is de weerstand van de kanaalbodem. Verwacht wordt dat voor de huidige situatie een weerstand van 50 dagen een 'worst case' scenario is. Voor de veiligheid is hiermee gerekend. Daarnaast is het effect van een weerstand van 10 dagen in de huidige situatie voor de kanaalbodem berekend en een weerstand van 2 dagen voor de toekomstige situatie doorgerekend. In de figuren B6.4 t/m B6.6 zijn de verlagingen voor de GLG bij de verschillende weerstanden van het Wilhelminakanaal weergegeven.



Figuur B6.4: Weerstand huidige situatie 50 dgn, weerstand toekomstige situatie 10 dgn



Figuur B6.5: Weerstand huidige situatie 10 dgn, weerstand toekomstige situatie 2 dgn



Figuur B6.6: Weerstand huidige situatie 50 dgn, weerstand toekomstige situatie 2 dgn

Uit de berekeningen blijkt (uiteraard) dat het invloedsgebied bij een weerstand ná de ingreep van 2 dagen groter is dan bij een eindweerstand van 10 dagen. Het blijkt nauwelijks uit te maken of de weerstand in de huidige situatie 50 dagen is of 10 dagen.

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 $0,5 \times$ 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, 1993). 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, 1993). 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, 1988).

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.

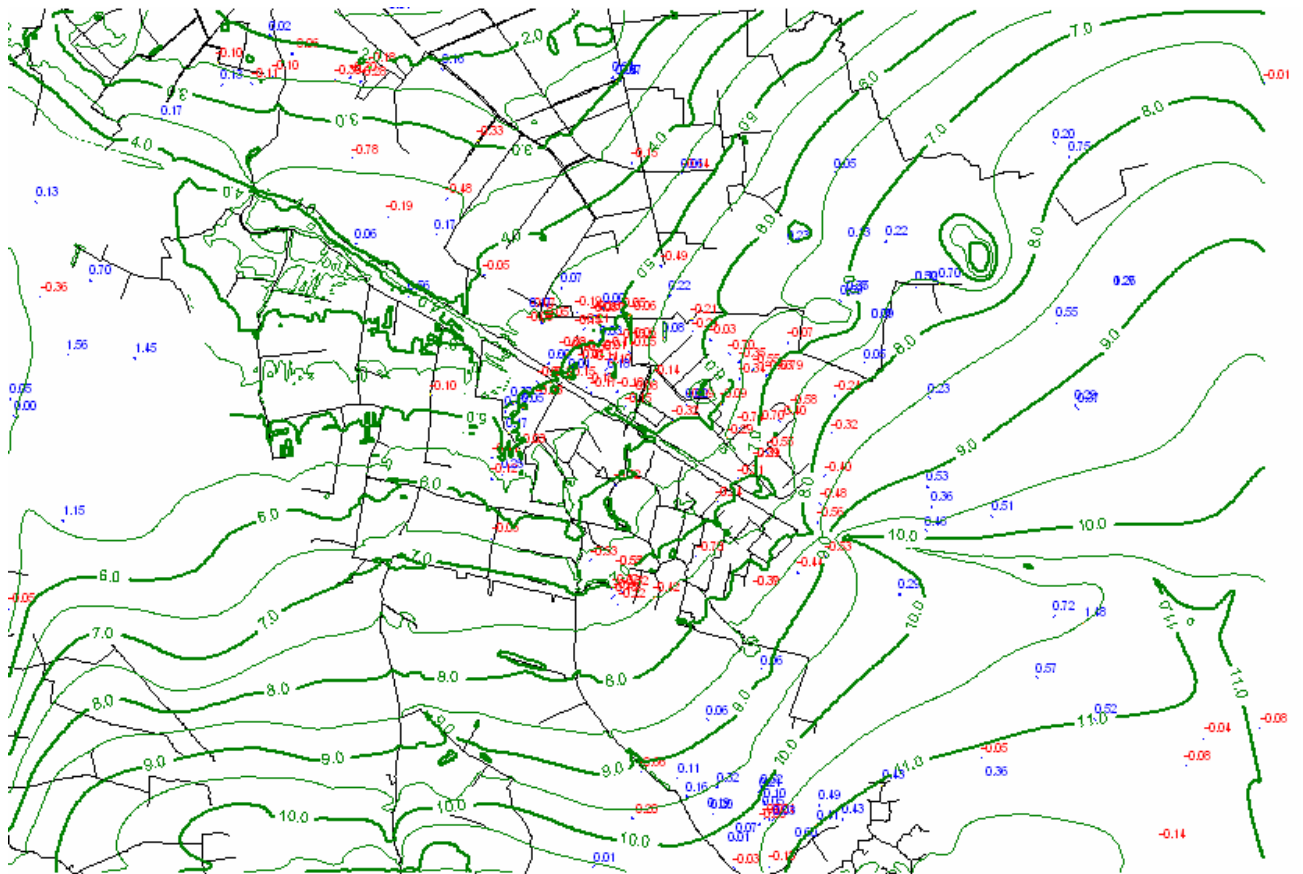
Calibratie

In Groundwater Vistas is de automatische calibratie-tool PEST opgenomen. Met enkele verschillende stappen is het model gecalibreerd waarbij geijkt is op de gemeten peilbuizen voor de gemiddelde situatie.

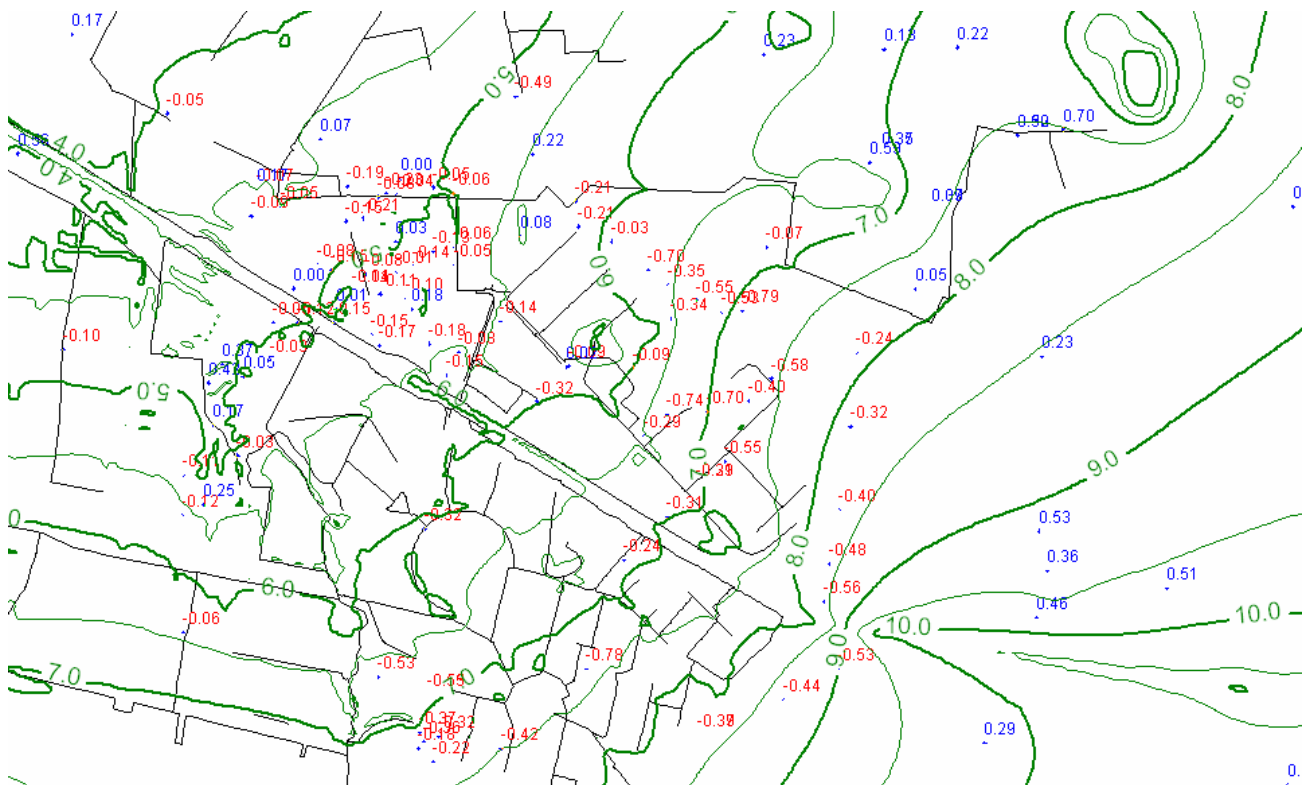
Eerst is het model in enkele stappen gecalibreerd op de horizontale doorlatendheid van de deklaag en het 1^e watervoerend pakket alsmede de weerstand van de deklaag. Vervolgens is geijkt op de drainage en oppervlaktewatersysteem, en tenslotte op de neerslag voor de gemiddelde situatie.

In de onderstaande figuren zijn de berekende isohypsen en het verschil tussen de gemeten waarde en de berekende waarde per peilbuis weergegeven voor de deklaag en het eerste watervoerende pakket. Deze verschillen zijn voor de gemiddelde situatie. Hierbij geldt dat bij een rood getal de modelmatig berekende waarde hoger ligt dan de gemeten waarde, en bij een blauw getal ligt de modelmatig berekende waarde lager.

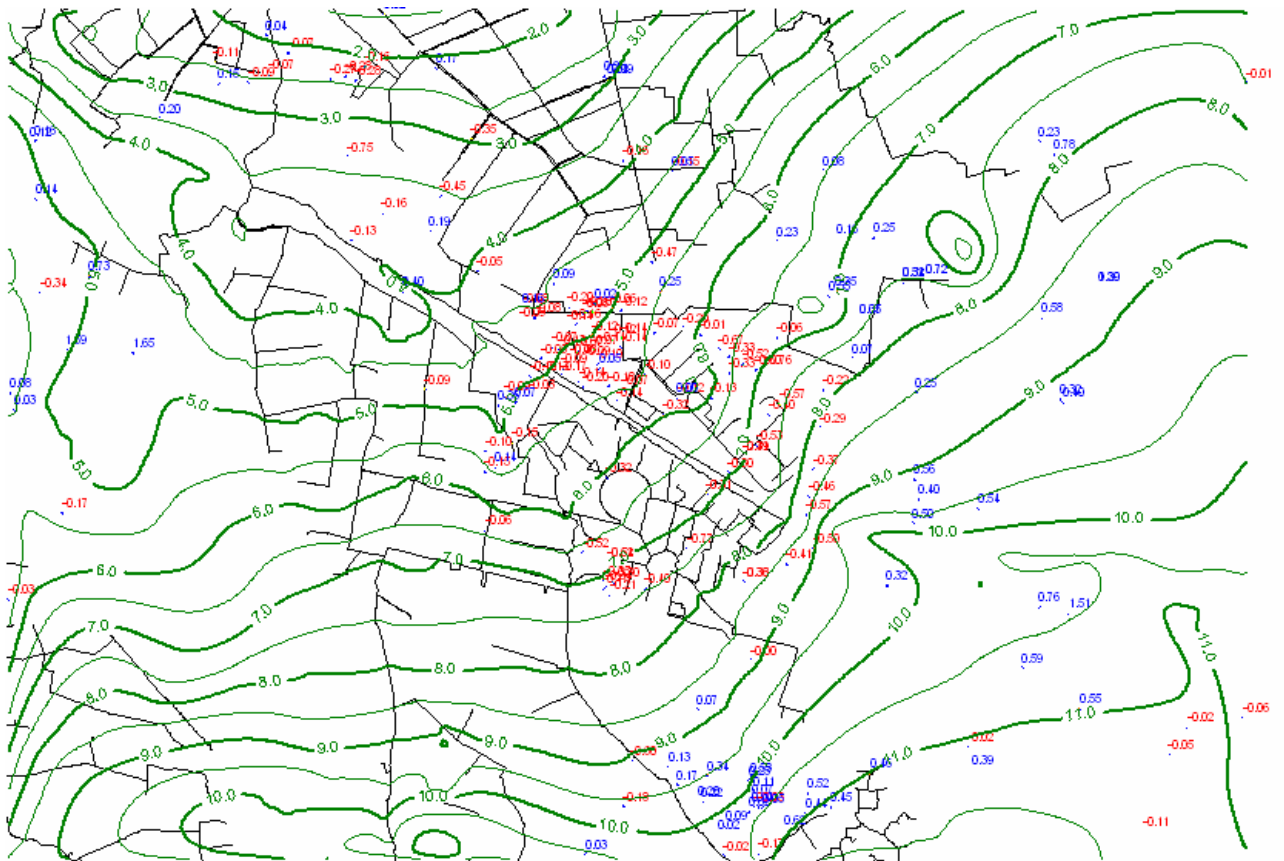
Uit de berekeningen blijkt dat over het algemeen de afwijkingen elkaar uitmiddelen. Op sommige plaatsen is een relatief grote afwijking zichtbaar, terwijl op korte afstand een kleine afwijking is berekend. Naar verwachting ligt dit eerder in de peilbuiswaarnemingen. Hoewel de gemiddelde waarneming voor alle peilbuizen zoveel mogelijk over dezelfde periode is bepaald (1995-2008), zijn er peilbuizen waar de beschikbare reeks korter was. Om toch een indruk te krijgen van de grondwatersituatie, zijn deze waarnemingen toch opgenomen.



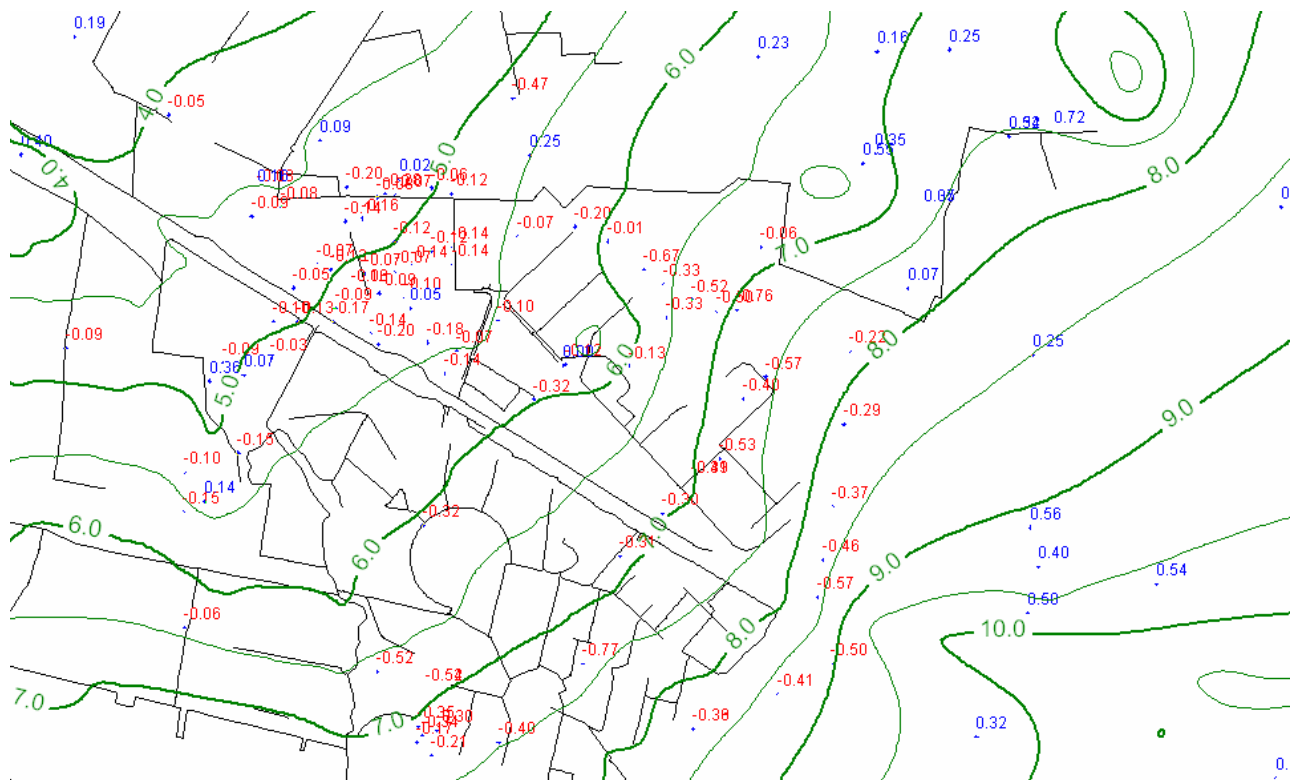
Figuur B6.7: Resultaat calibratie - gemiddelde situatie - deklaag - hele model



Figuur B6.8: Resultaat calibratie - gemiddelde situatie - deklaag - zone bij kanaal



Figuur B6.9: Resultaat calibratie - gemiddelde situatie - wvp1 - hele model



Figuur B6.10: Resultaat calibratie - gemiddelde situatie - wvp1 - zone rondom kanaal

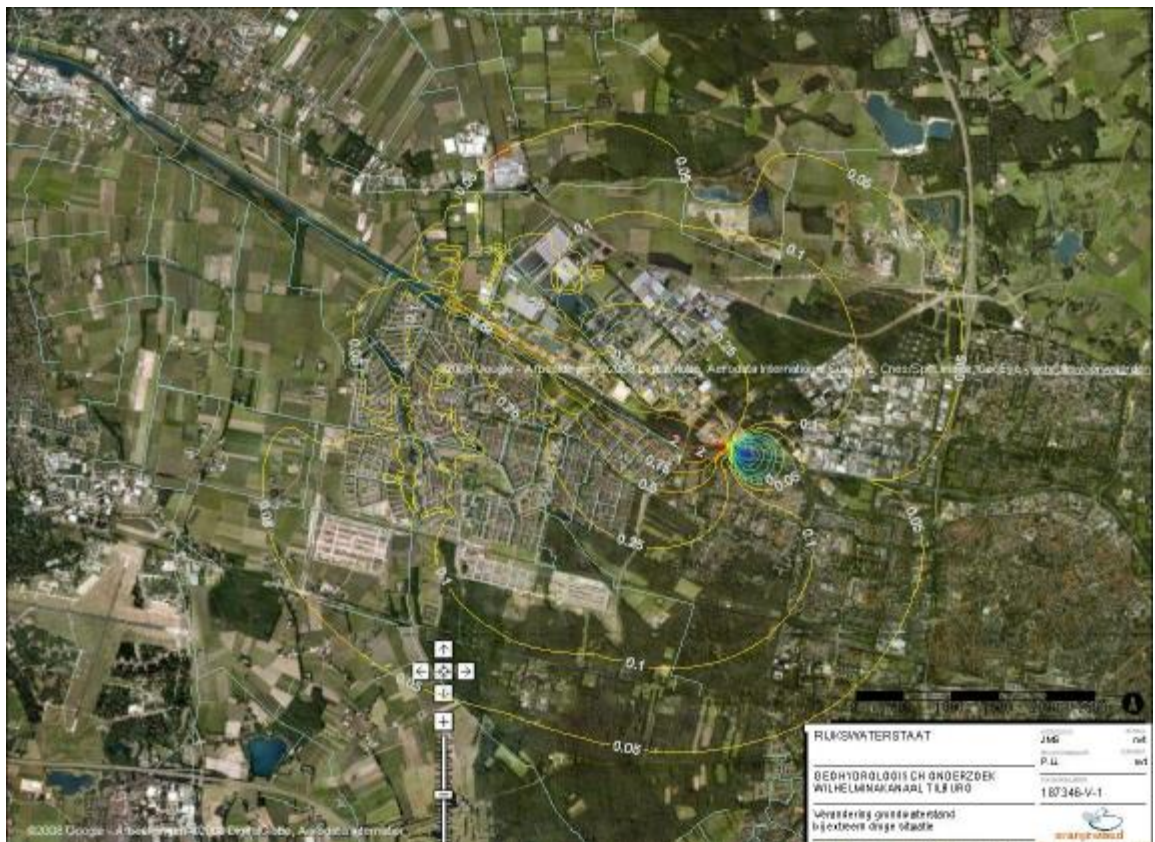
Over het geheel genomen kan worden geconcludeerd dat het model voldoende is gecalibreerd voor dit doel. In tabel 3 zijn de berekende afwijkingen voor de deklaag en wvp1 opgenomen voor de verschillende neerslagsituaties.

Tabel B6.3: Resultaten calibratie

	extreem droog	droog / GLG	gemiddeld	nat / GHG	extreem nat
neerslagoverschot (mm/d)	0,2	0,375	0,75	1.25	1.95
deklaag					
gemiddelde afwijking (m)	0,74	0,06	-0,06	-0,20	-0,22
gemiddelde absolute waarden (m)	0,87	0,25	0,25	0,32	0,40
standaardafwijking gemiddeld	0,85	0,36	0,35	0,38	0,46
wvp1					
gemiddelde afwijking (m)	0,91	0,10	-0,06	-0,18	-0,20
gemiddelde absolute waarden (m)	0,92	0,26	0,24	0,30	0,38
standaardafwijking gemiddeld	0,78	0,34	0,33	0,34	0,43

Uit de berekeningen bleek dat de metingen van de extreem droge situatie niet goed 'passend' waren te krijgen door alleen de neerslag te veranderen. Hierop is nogmaals naar de basisgegevens gekeken, waarna is geconstateerd dat de extreem droge situatie in delen van het gebied 'natter' was dan de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG), en in delen 'droger'. Op basis van deze gegevens is geconcludeerd dat de datum voor de extreem droge situatie in ieder geval niet voor het hele gebied maatgevend is. Besloten is om het model verder niet aan te passen en voor de extreem droge situatie te werken met een laag neerslagoverschot van 0,2 mm/d. Deze waarde wordt veel toegepast voor extreem droge situaties.

Bijlage 7: Berekende verlagingen als gevolg van ingreep



Figuur B7.1: Verlaging freatische grondwaterstand bij extreem droge situatie



Figuur B7.2: Verlaging freatische grondwaterstand bij droge situatie (GLG)



Figuur B7.3: Verlaging freatische grondwaterstand bij gemiddelde situatie

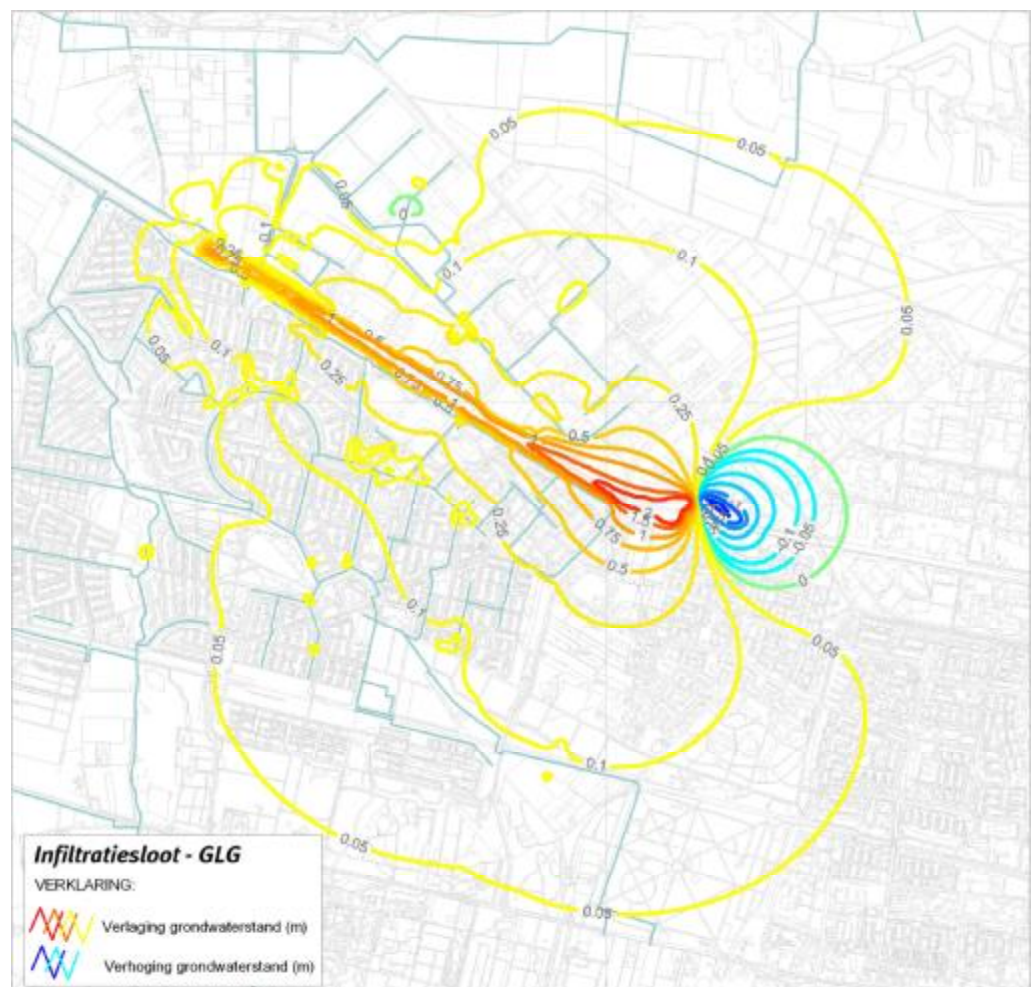
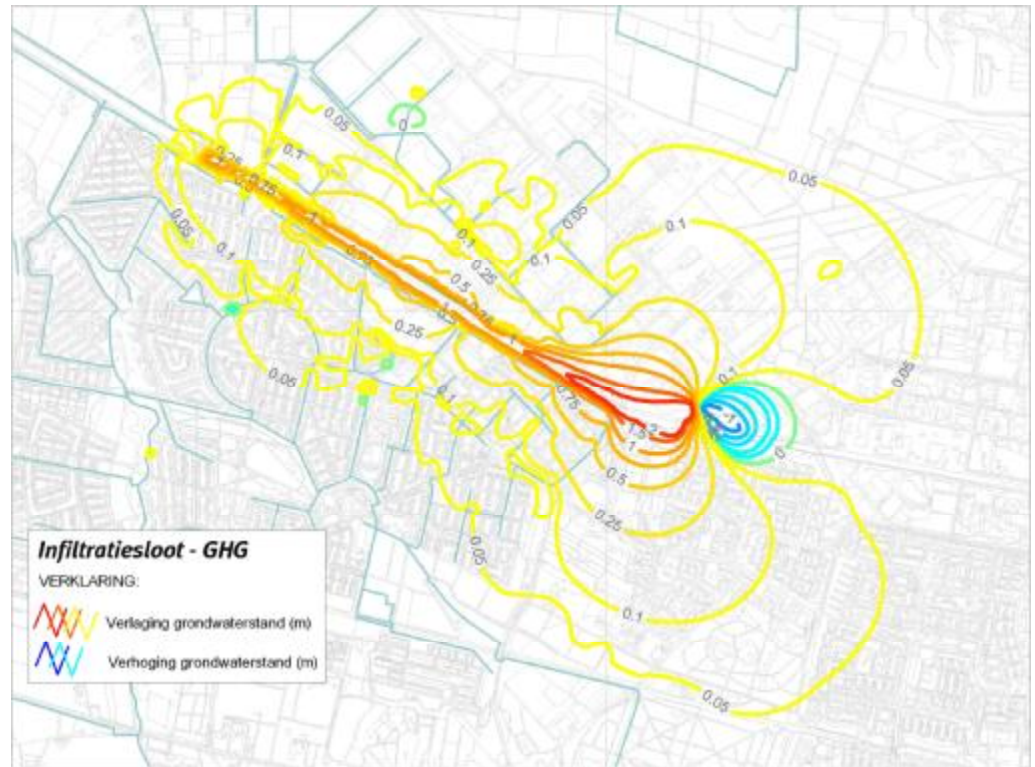


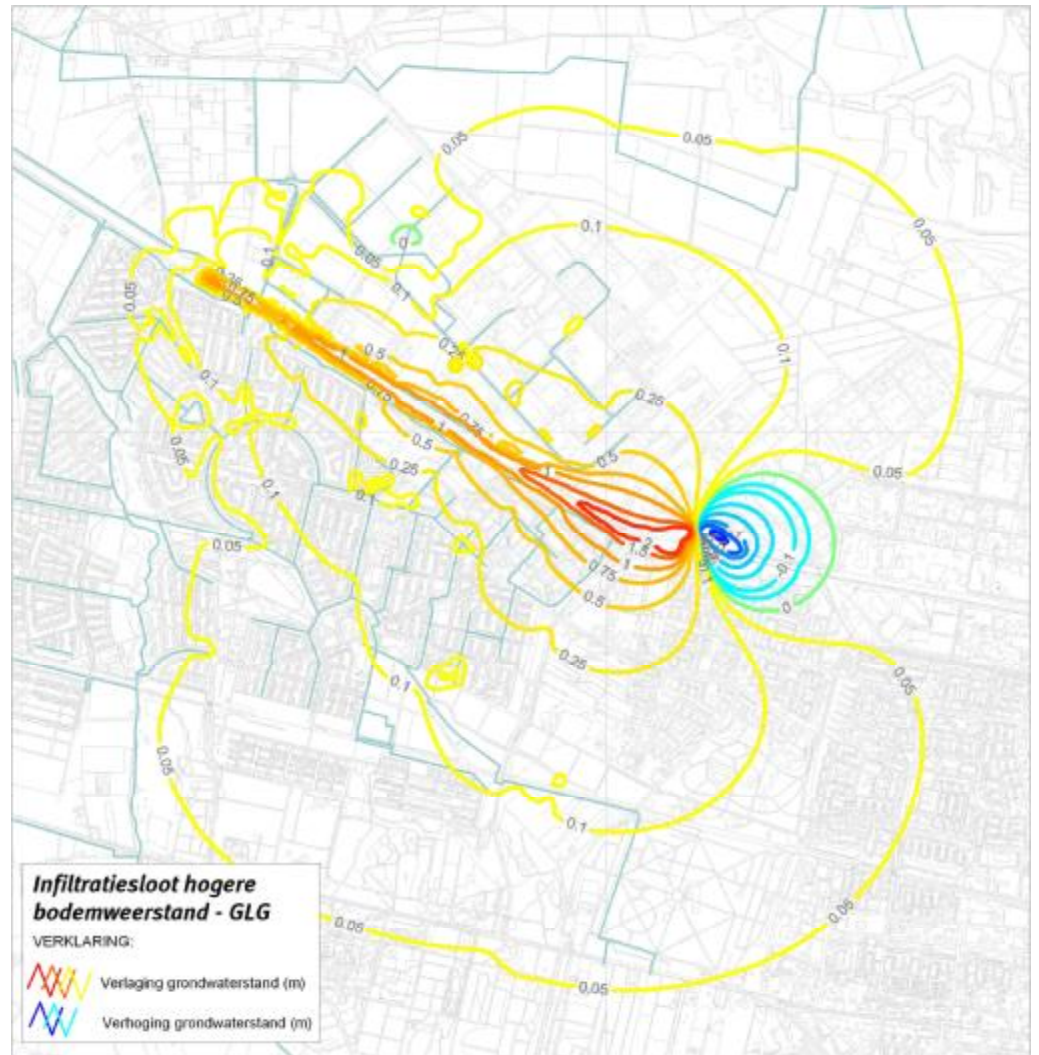
Figuur B7.4: Verlaging freatische grondwaterstand bij natte situatie (GHG)

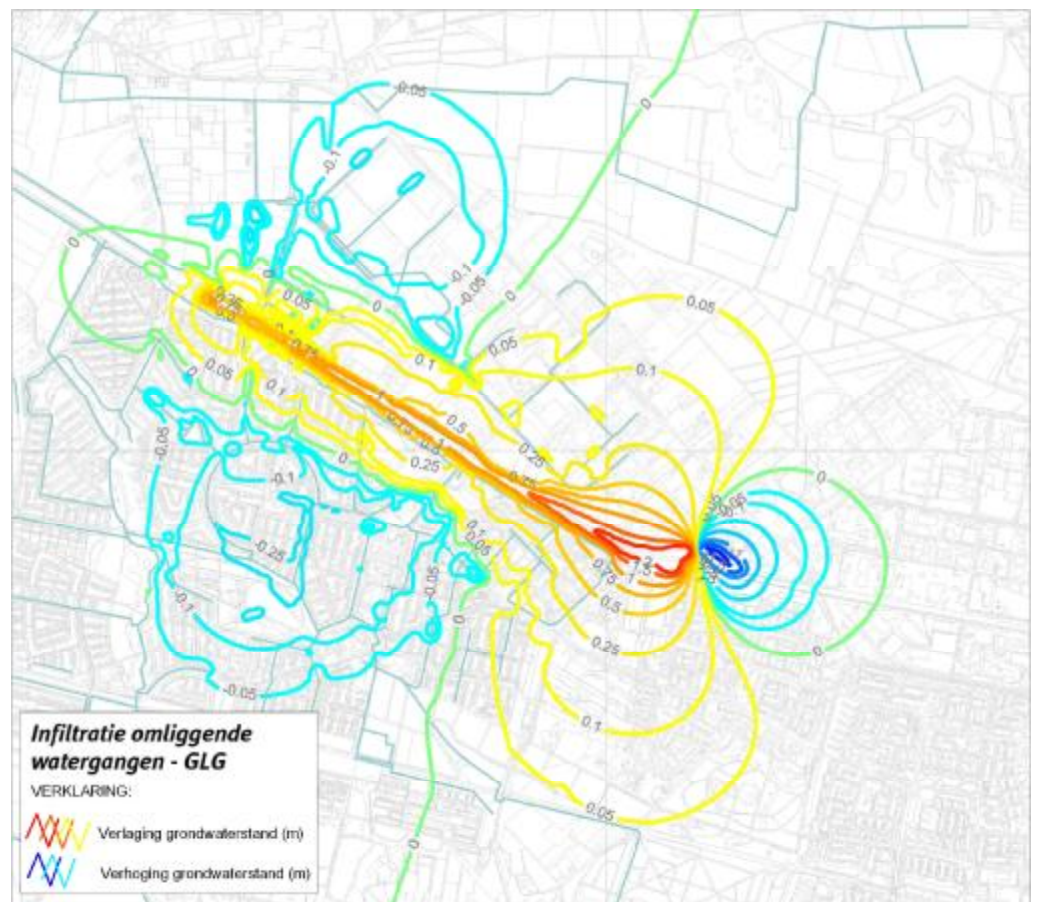
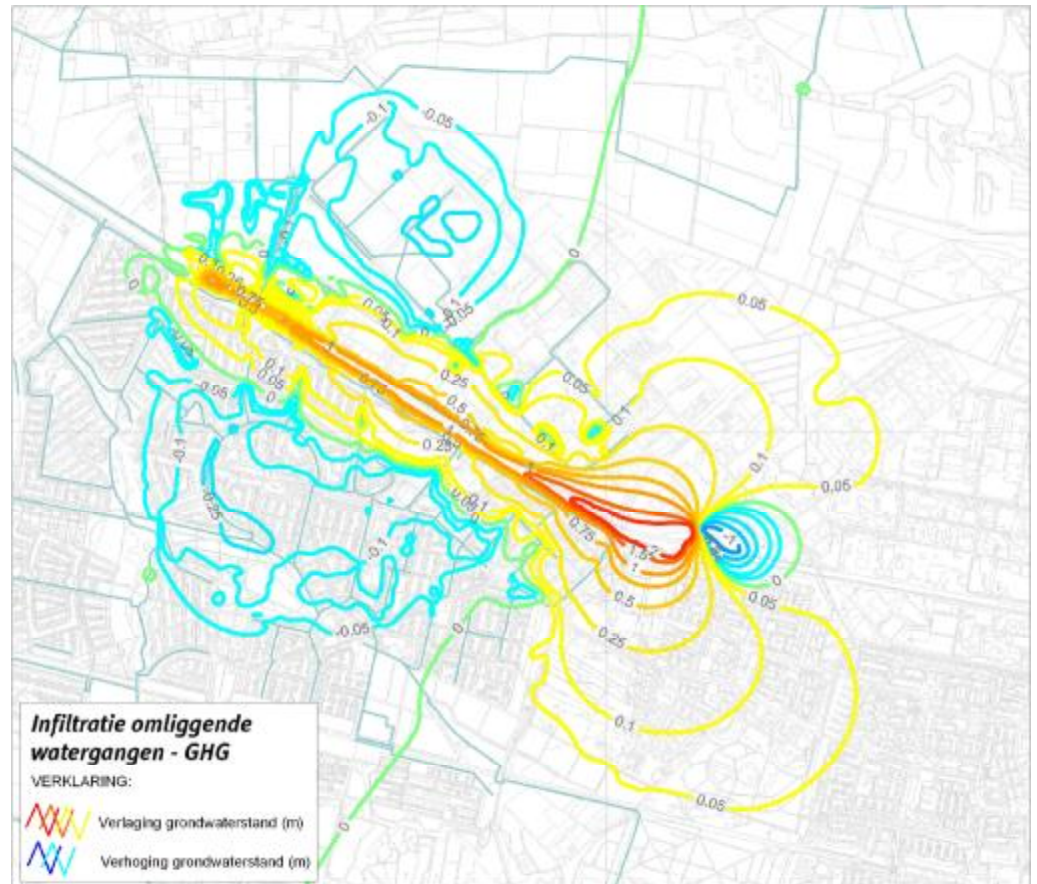


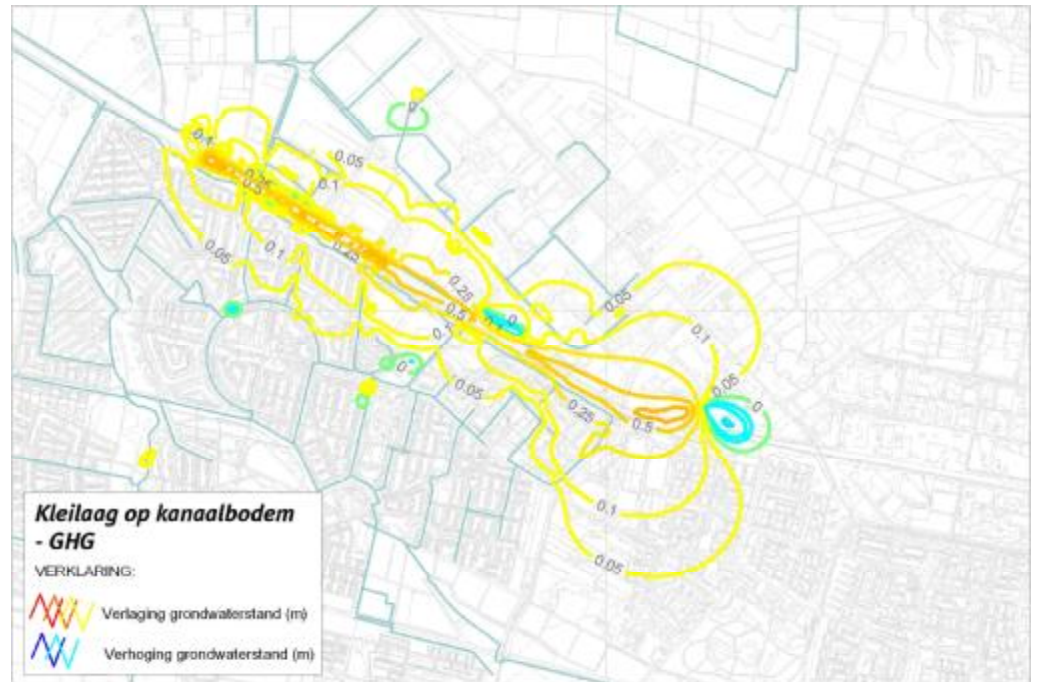
Figuur B7.5: Verlaging freatische grondwaterstand bij extreem natte situatie

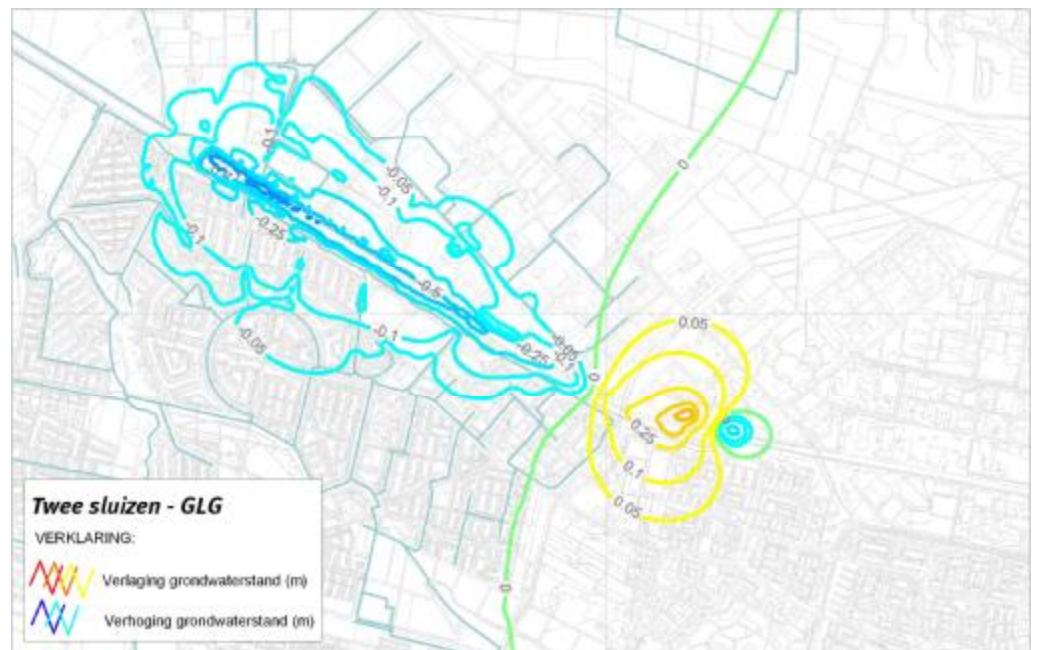
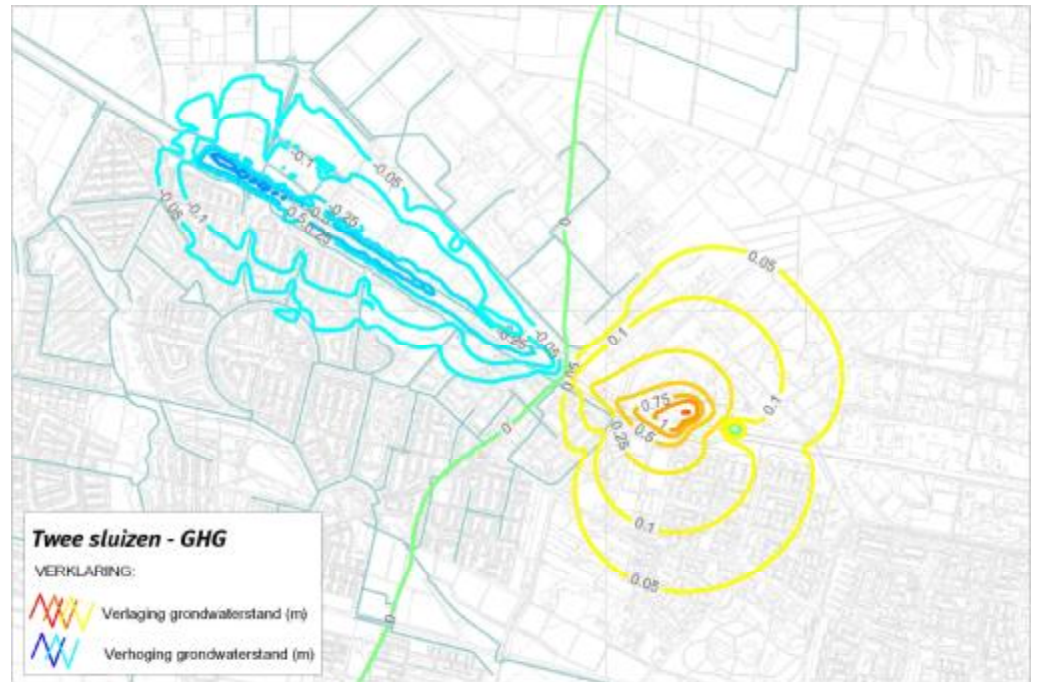
Bijlage 8: Effecten maatregelen op ingreep



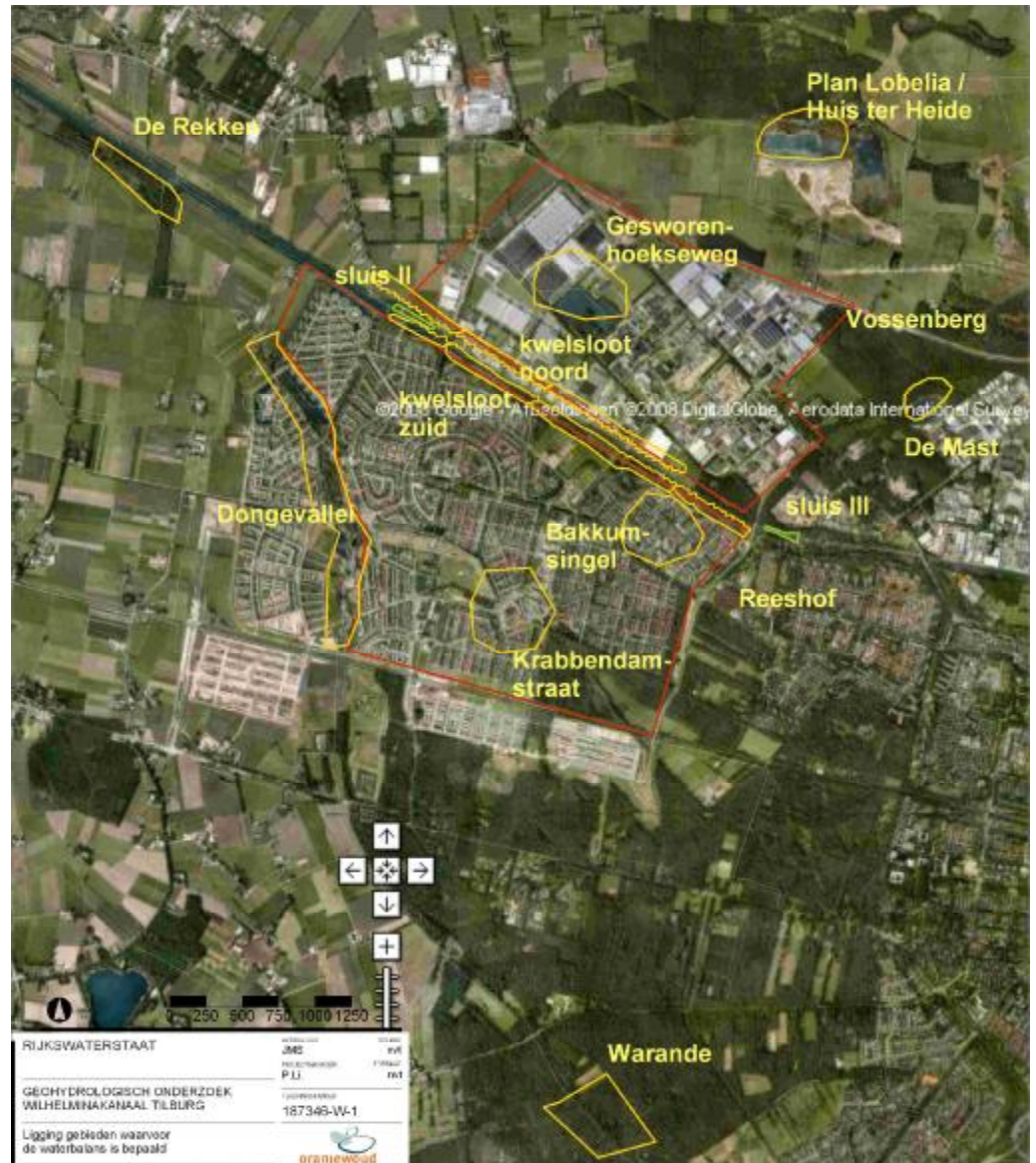








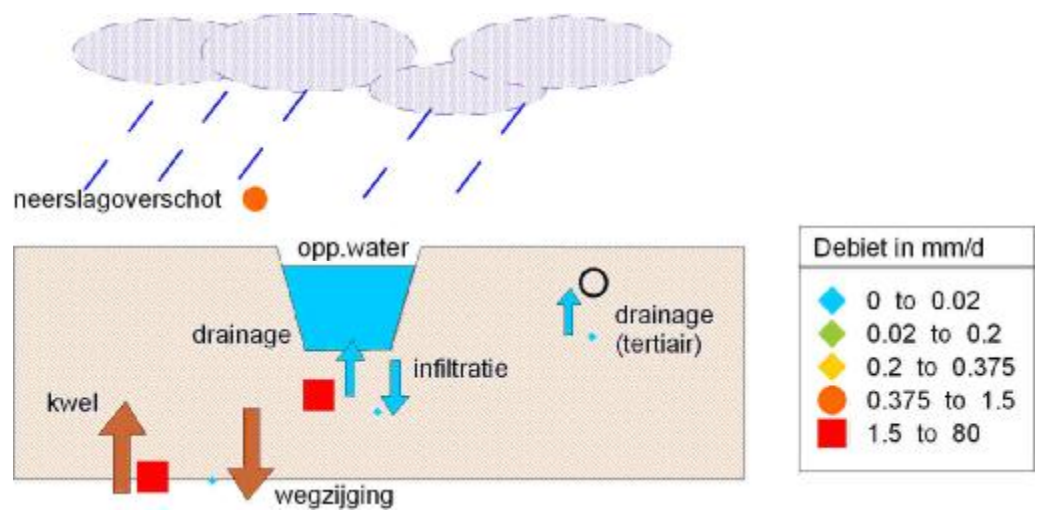
Bijlage 9: Waterbalansen



Ligging waterbalansgebieden



Ligging waterbalansgebieden - ingezoomd



Legenda waterbalansen

Waterbalans in m³/dag

	WHK		kwelsloten		overige wtg. Reeshof		overige wtg. Vossenbergh		totaal overige wtg.	
	inf.	drn.	inf.	drn.	inf.	drn.	inf.	drn.	inf.	drn.
GHG										
Huidig - GHG	1.457	0	0	-3.134	0	-5.575	0	-5.104	0	-10.679
Ingreep - GHG	0	-9.373	0	-168	0	-3.873	0	-3.674	0	-7.547
Infil.sloot - GHG	0	-11.043	2.382	-66	0	-4.182	0	-3.877	0	-8.058
Inf. ov.wtg. - GHG	0	-11.309	2.130	-109	310	-3.097	107	-3.078	416.8	-6.174
Kleilaag - GHG	0	-3.241	72	-1.020	0	-4.920	0	-4.595	0	-9.514
2 sluizen - GHG	4.626	0	0	-4.506	0	-6.033	0	-5.577	0	-11.609
GLG										
Huidig - GLG	2.007	0	0	-1.869	0	-1.944	0	-2.241	0	-4.185
Ingreep -GLG	0	-6.782	0	-61	0	-853	0	-961	0	-1.814
Ingreep WHK-2dgn - GLG	0	-7.952	0	-37	0	-758	0	-838	0	-1.596
Infil.sloot - GLG	0	-9.227	3.521	0	0	-1.098	0	-1.214	0	-2.311
Inf.slt. hogere weerstand - GLG	0	-7.985	1.722	0	0	-972	0	-1.090	0	-2.062
Inf. ov.wtg. - GLG	0	-9.556	3.172	-4	1.515	-1.116	575	-1.130	2089.8	-2.246
Kleilaag - GLG	0	-2.692	768	-184	0	-1.462	0	-1.749	0	-3.211
2 sluizen - GLG	6.277	0	0	-3.785	0	-2.475	0	-2.836	0	-5.310

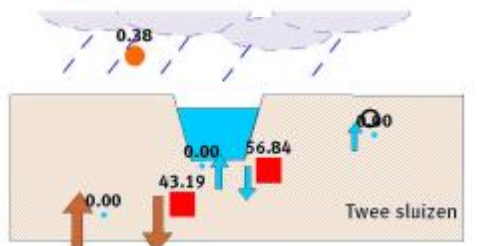
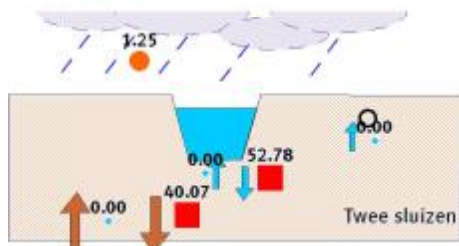
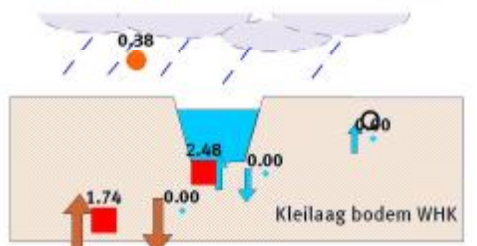
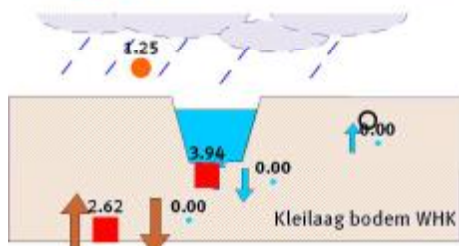
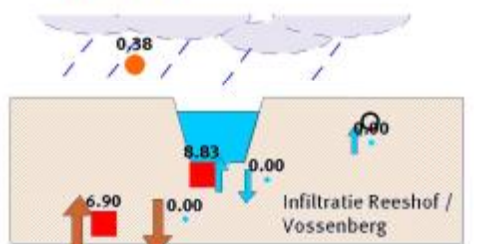
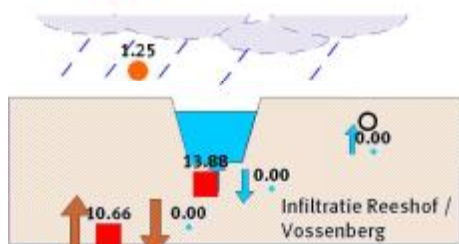
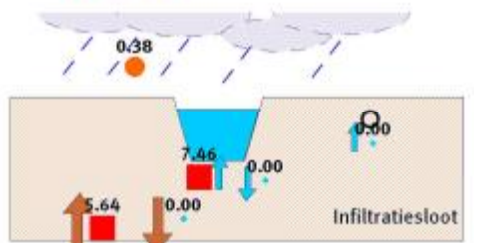
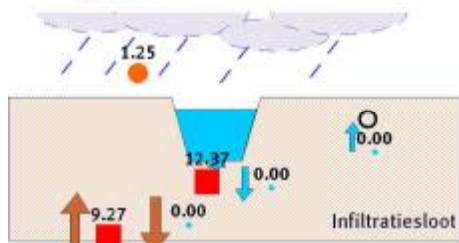
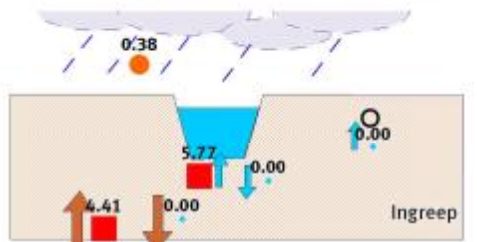
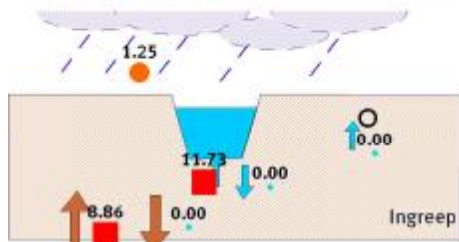
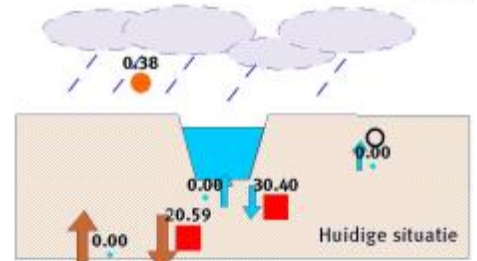
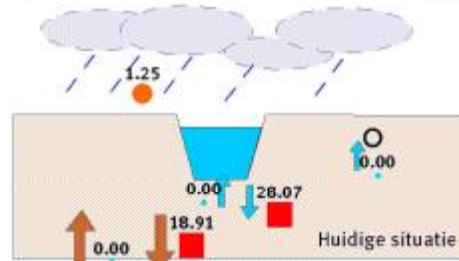
Waterbalans (mm/d) voor <locatie>

Situatie	Bodem		Oppervlaktewater		Greppels, drains
	kwel	wegzijg.	infiltratie	drainage	drainage
GHG					
Huidig - GHG					
Ingreep - GHG					
Infil.sloot - GHG					
Inf. ov.wtg. - GHG					
Kleilaag - GHG					
2 sluizen - GHG					
GLG					
Huidig - GLG					
Ingreep -GLG					
Ingreep WHK-2dgn - GLG					
Infil.sloot - GLG					
Inf.slt. hogere weerstand - GLG					
Inf. ov.wtg. - GLG					
Kleilaag - GLG					
2 sluizen - GLG					

Bij sluis II

GHG

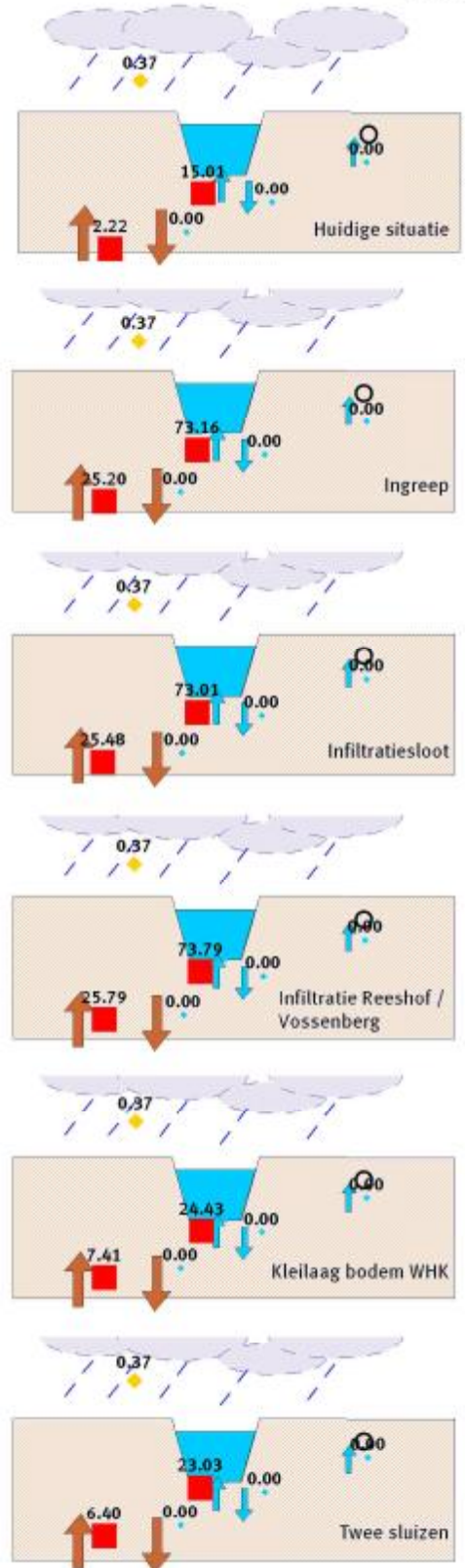
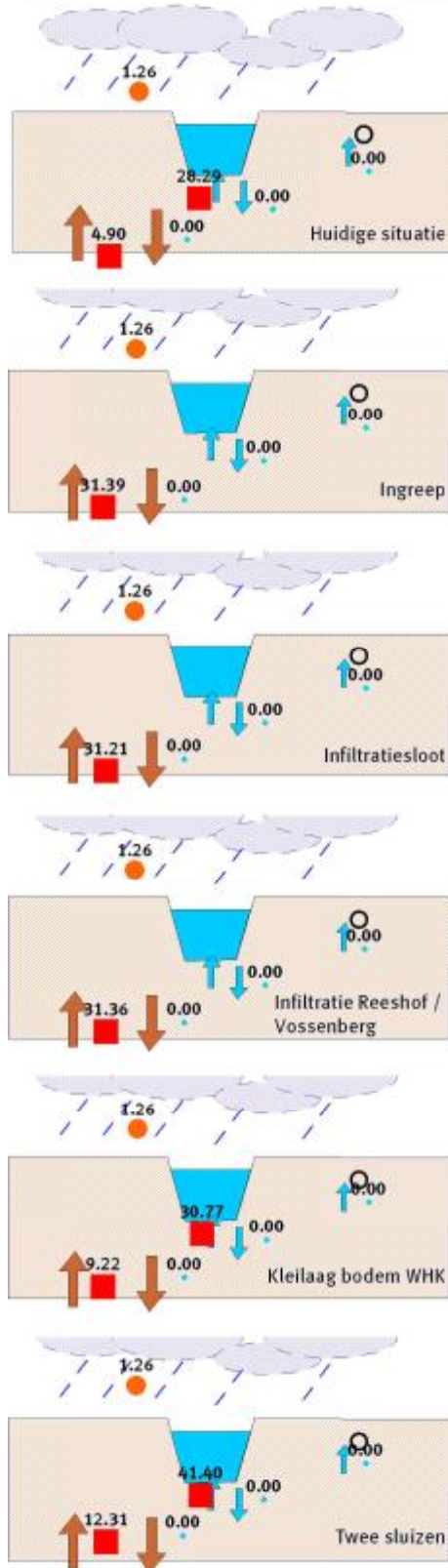
GLG



Bij sluis III

GHG

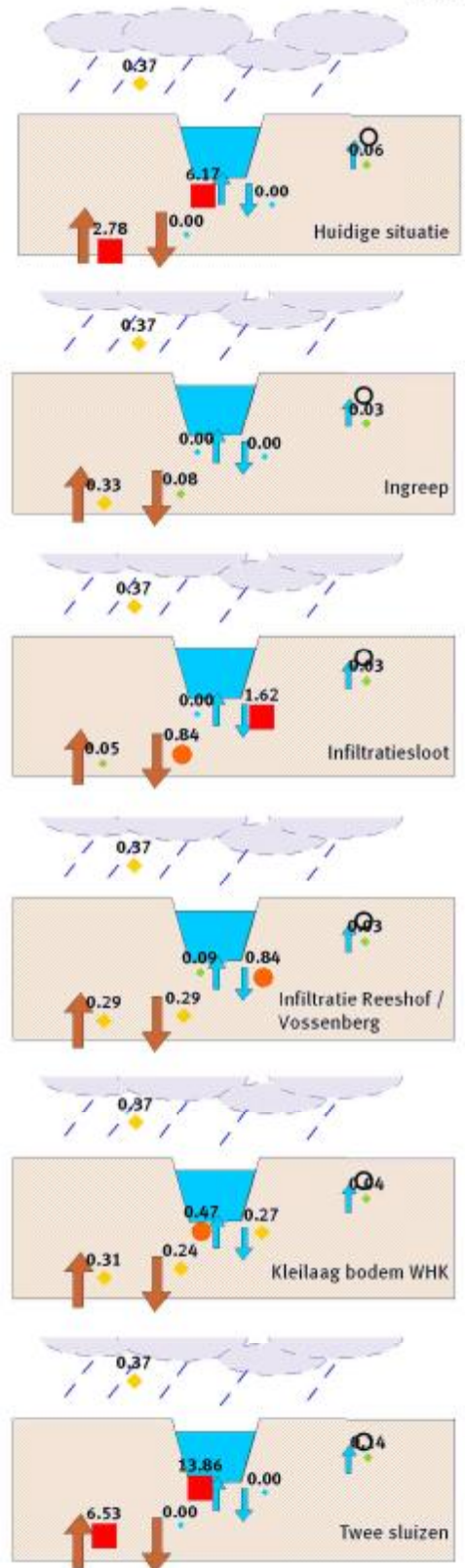
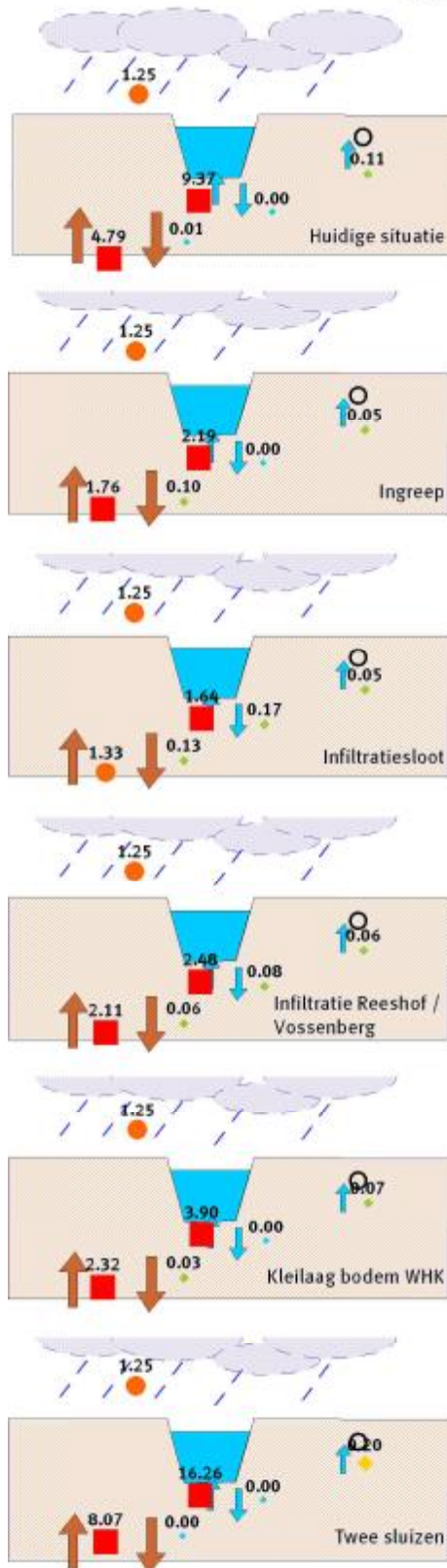
GLG



Kwelsloot zuidkant 01

GHG

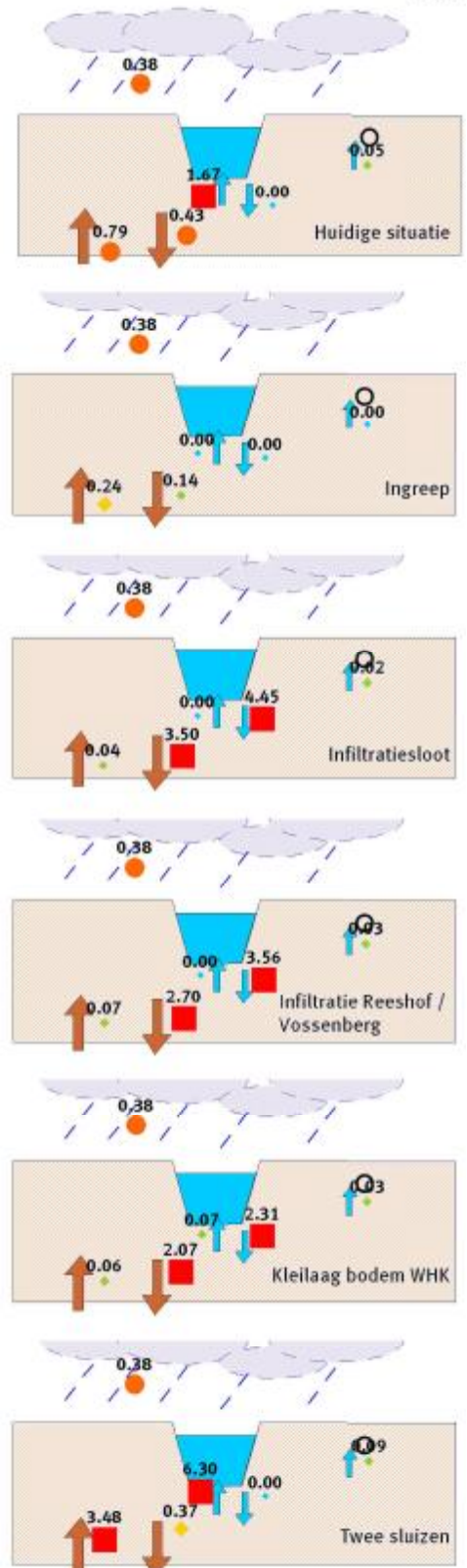
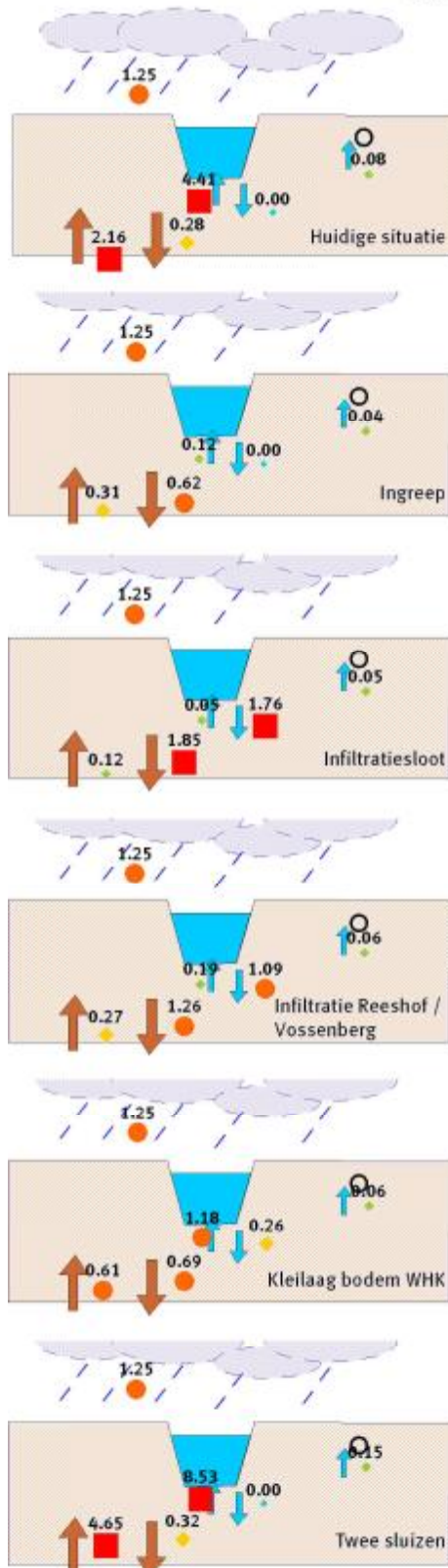
GLG



Kwelsloot zuidkant 02

GHG

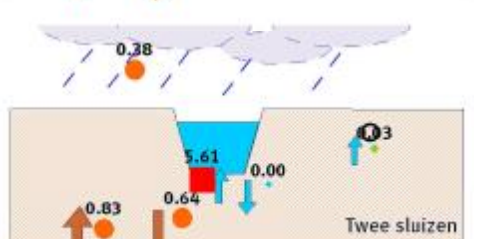
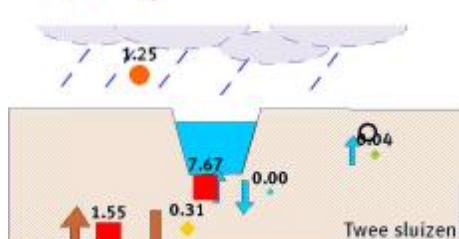
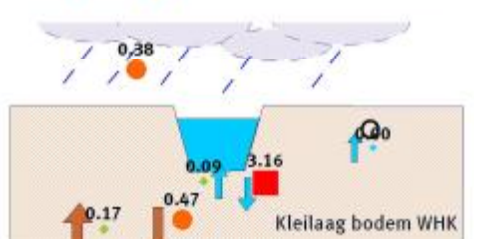
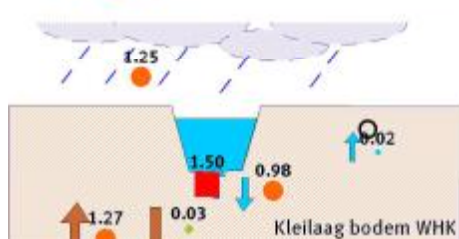
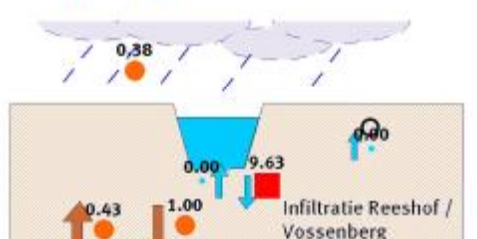
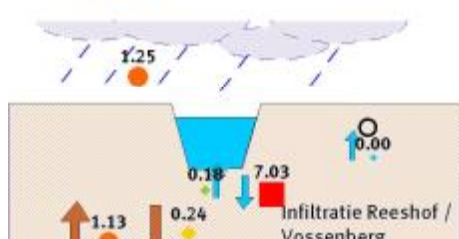
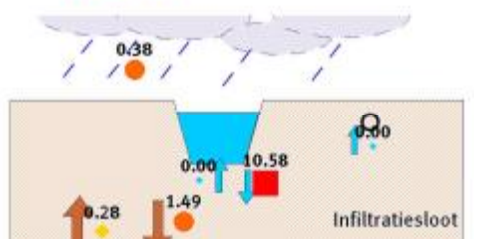
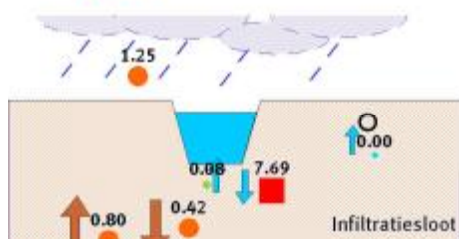
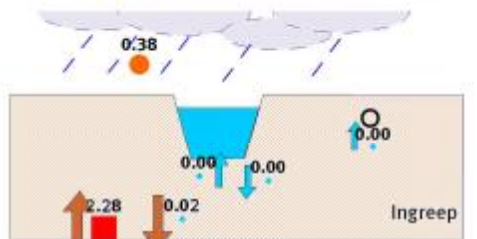
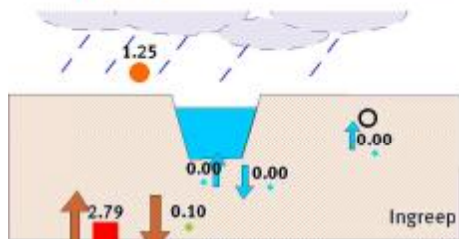
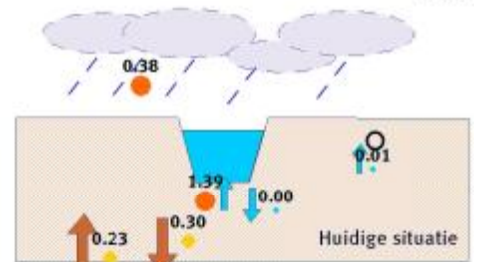
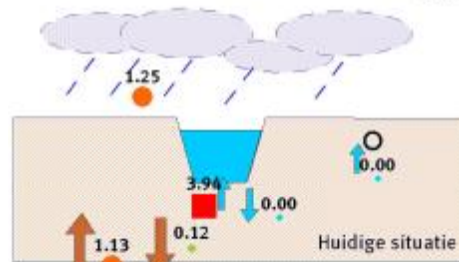
GLG



Kwelsloot zuidkant 03

GHG

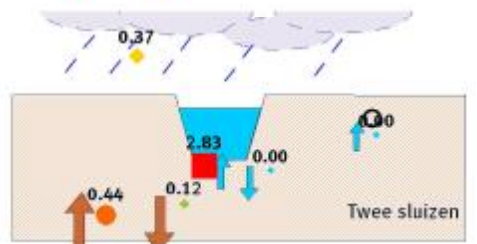
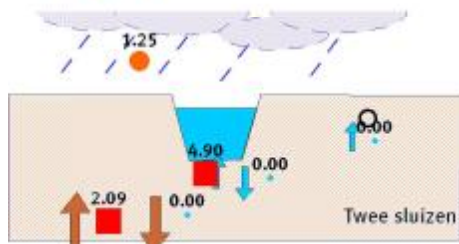
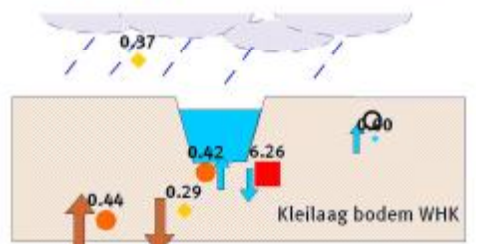
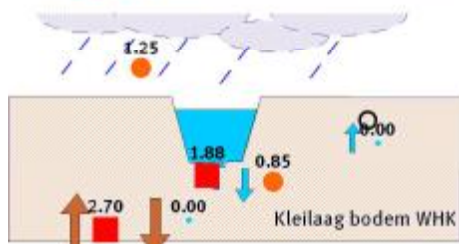
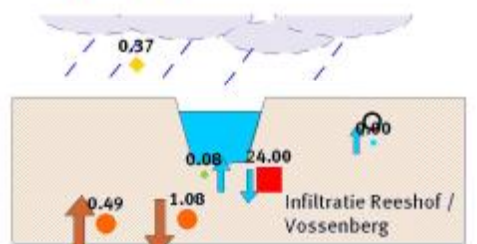
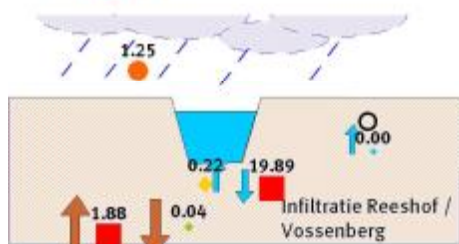
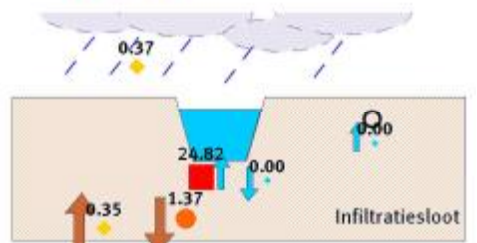
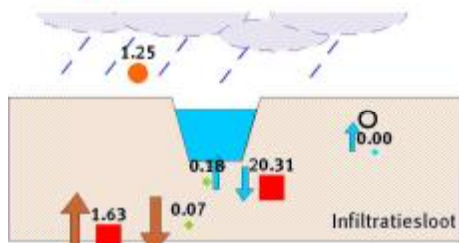
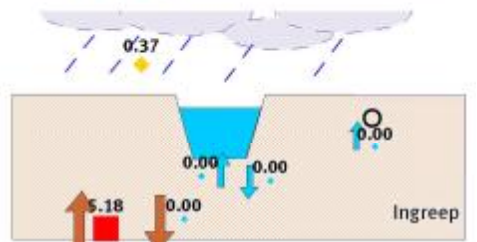
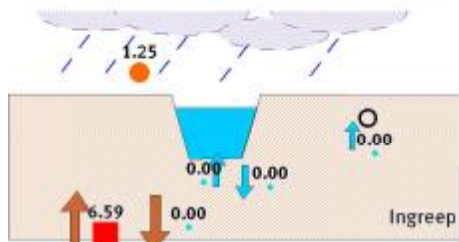
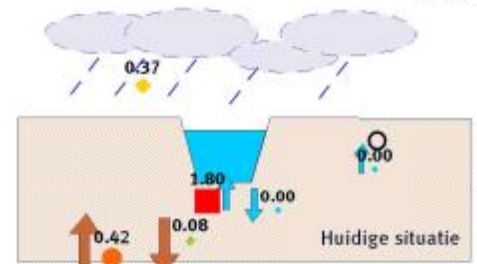
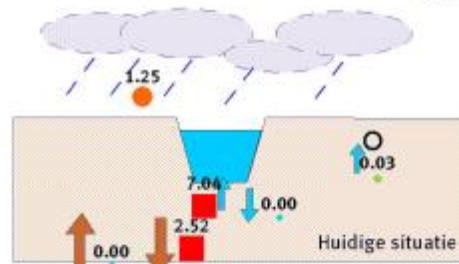
GLG



Kwelsloot zuidkant 04

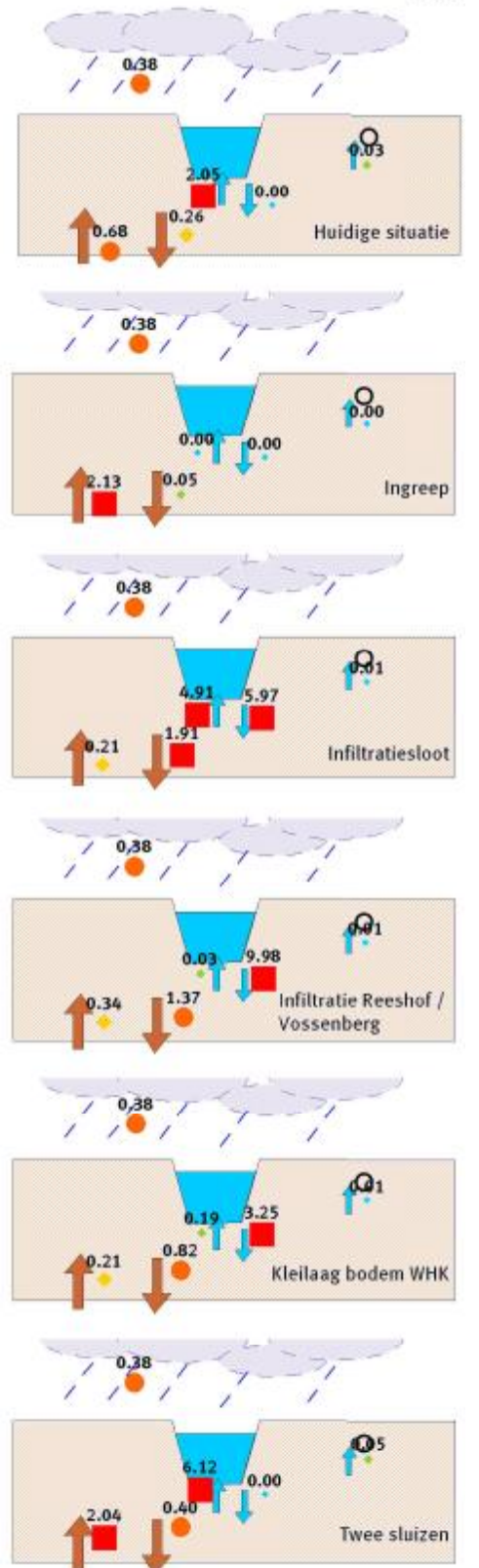
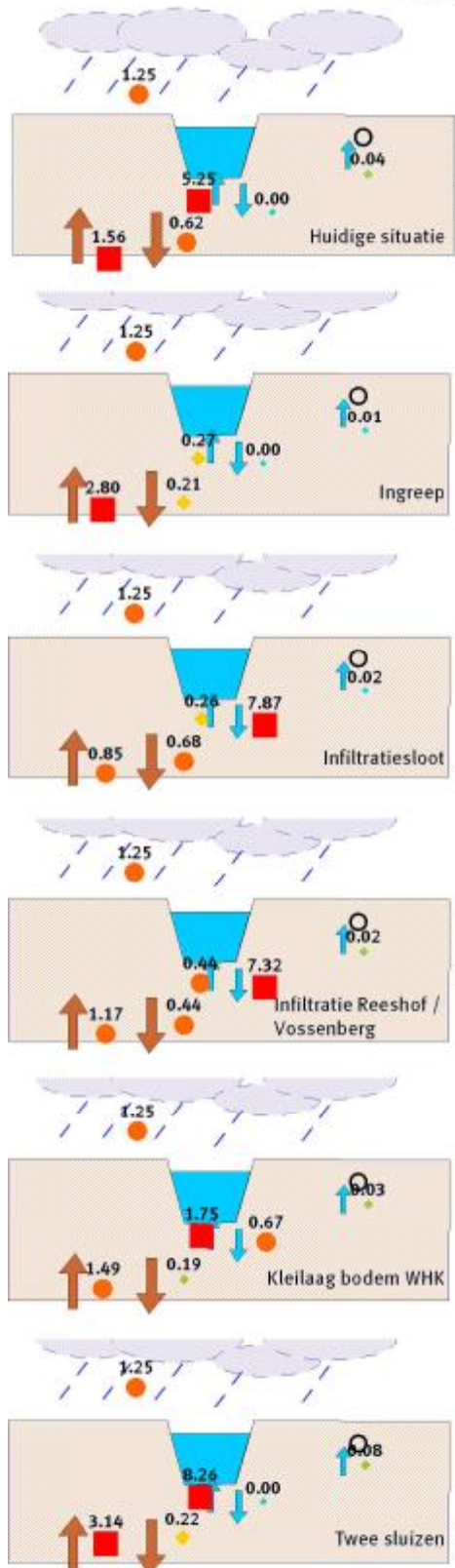
GHG

GLG



Kwelsloot zuidkant totaal **GHG**

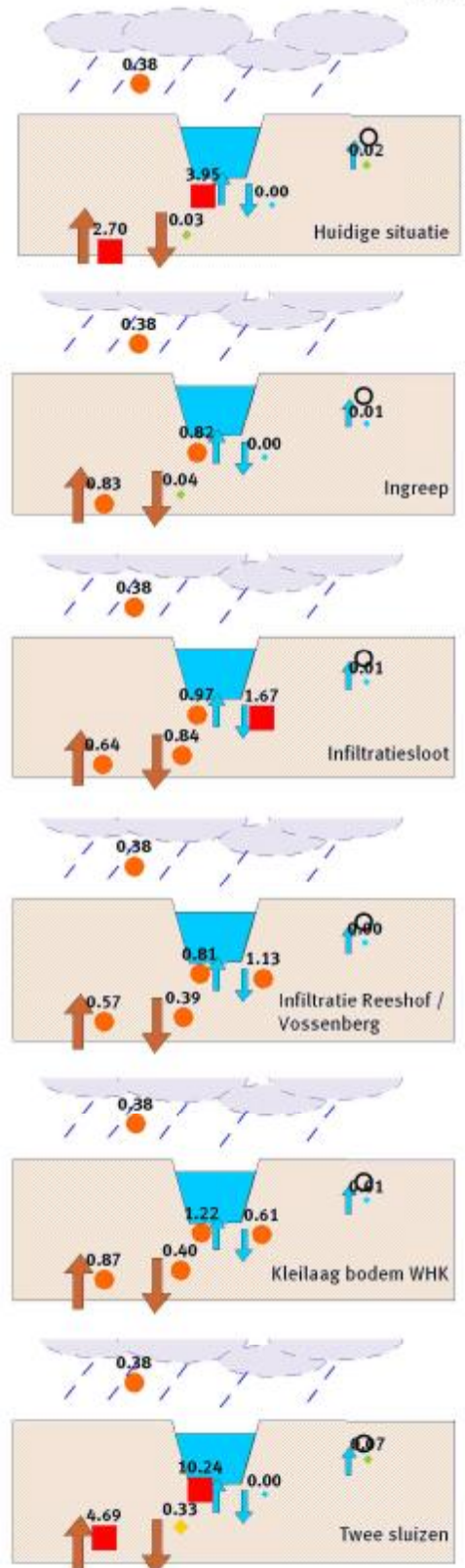
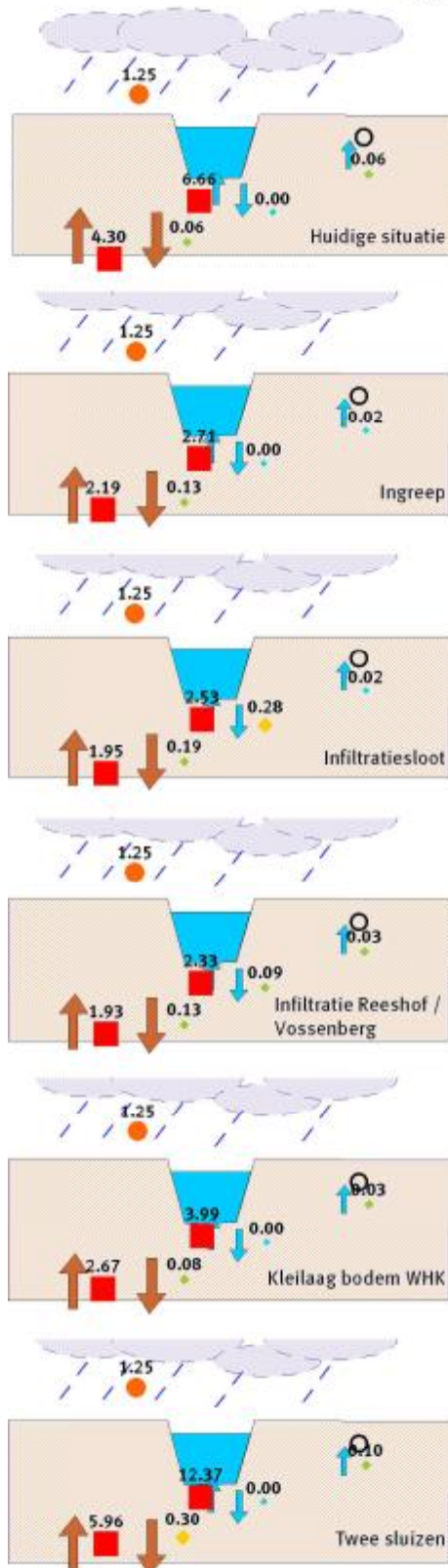
GLG



Kwelsloot noordkant 01

GHG

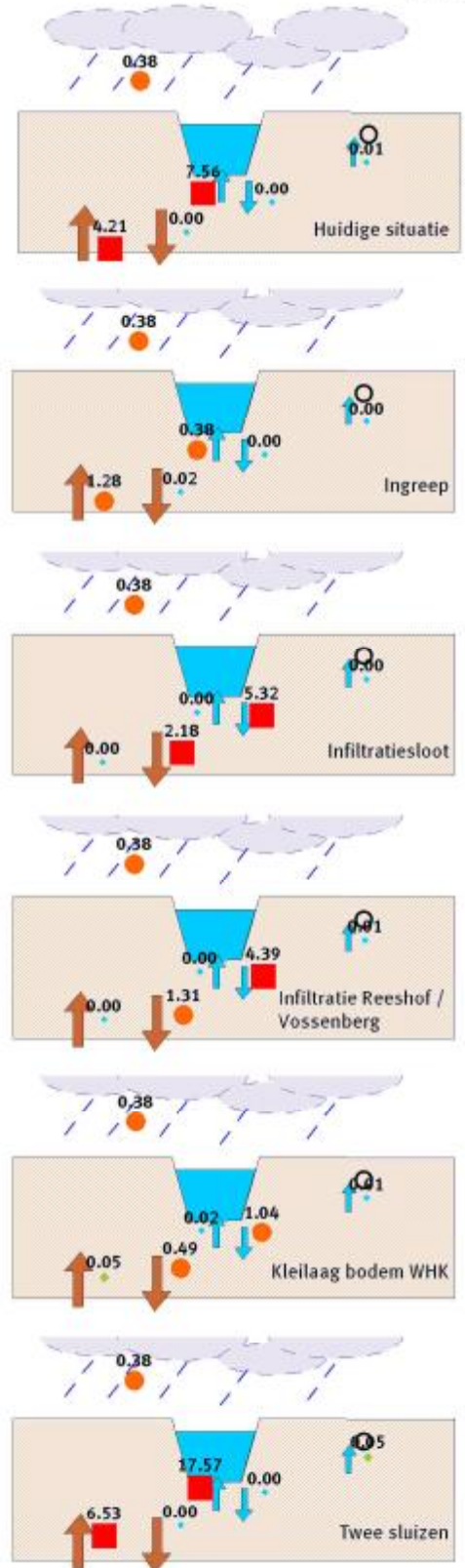
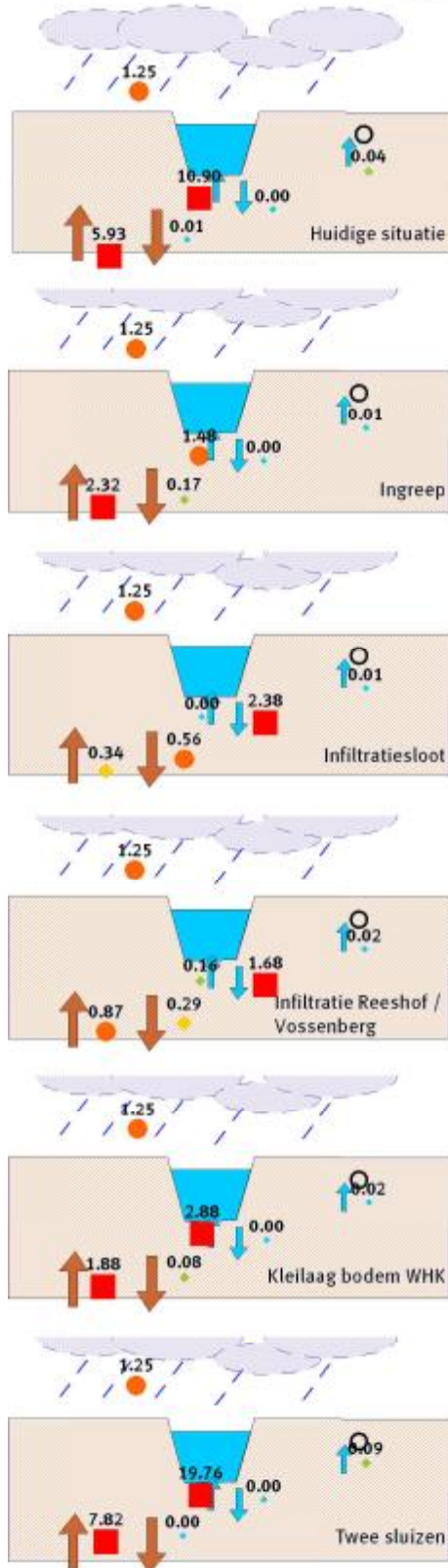
GLG



Kwelsloot noordkant 02

GHG

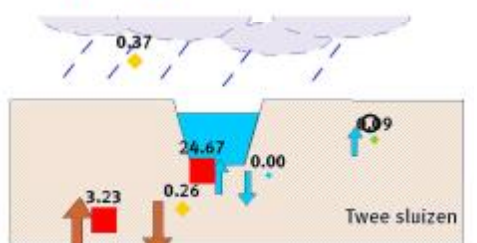
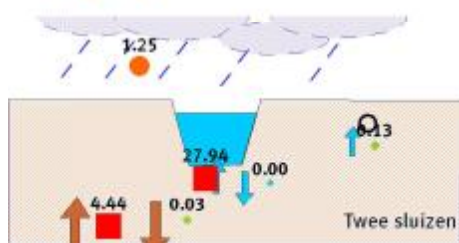
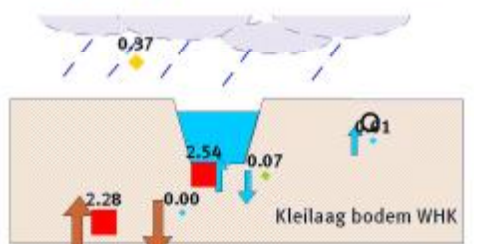
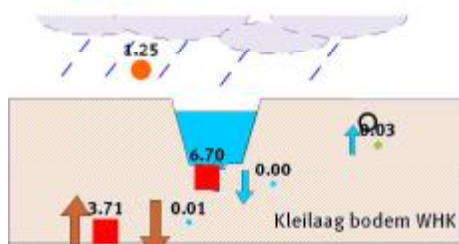
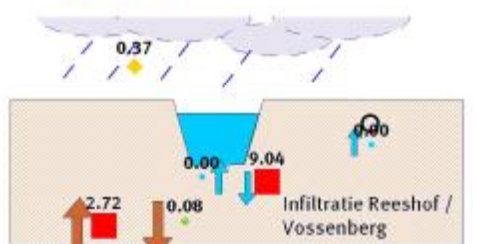
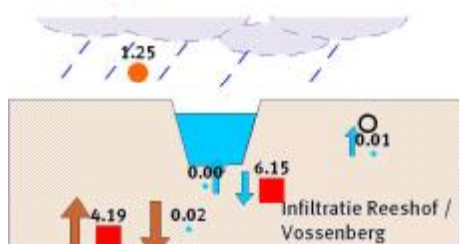
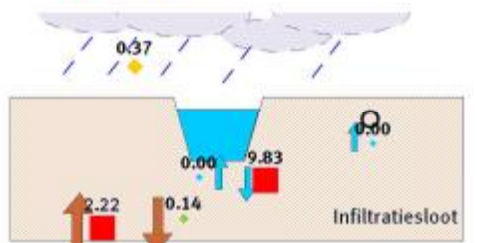
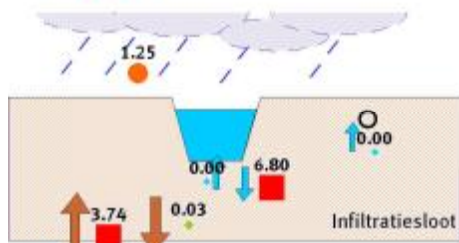
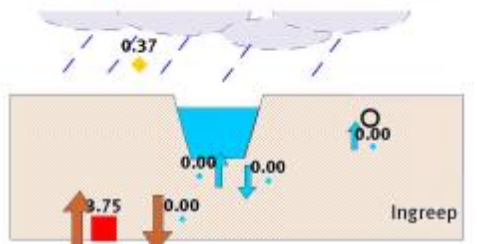
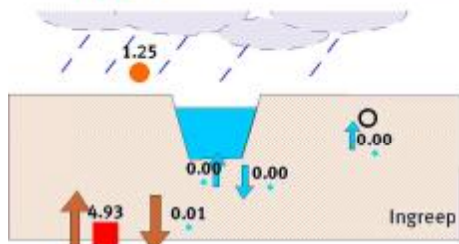
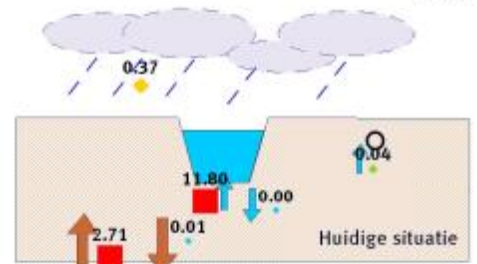
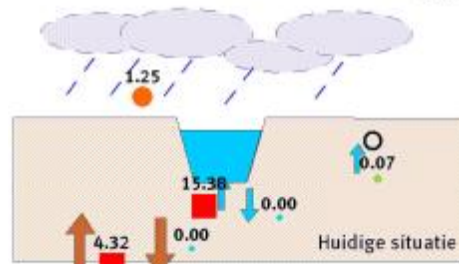
GLG



Kwelsloot noordkant 03

GHG

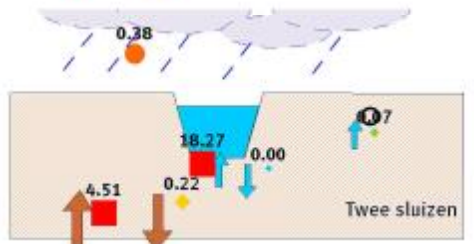
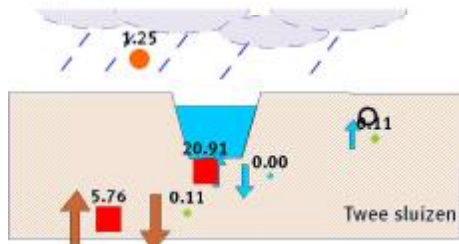
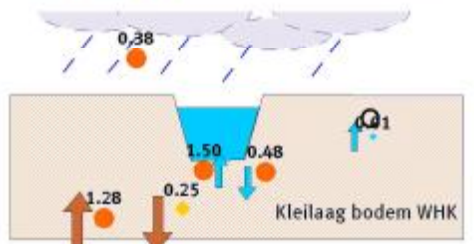
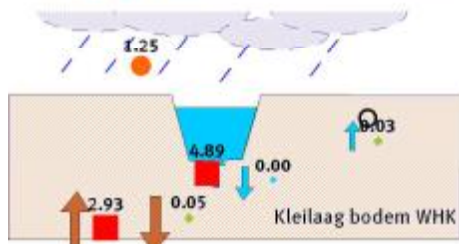
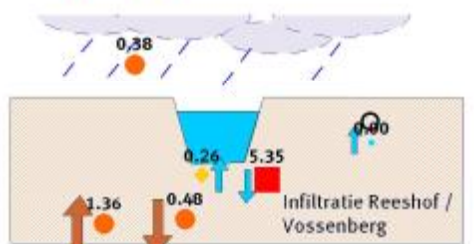
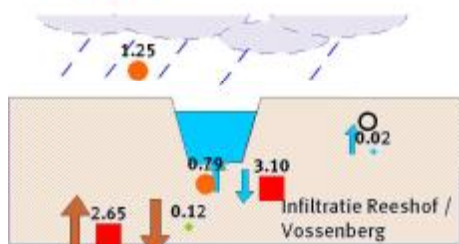
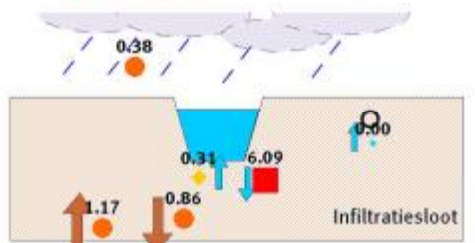
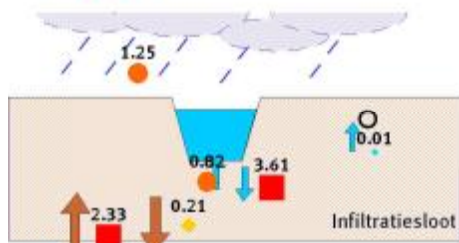
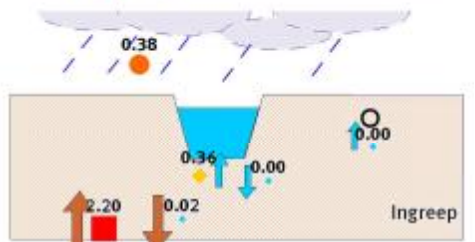
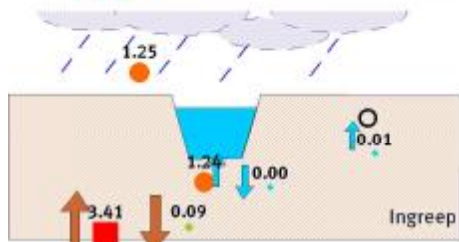
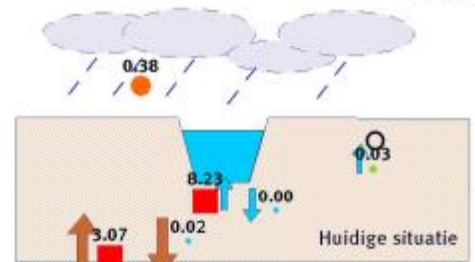
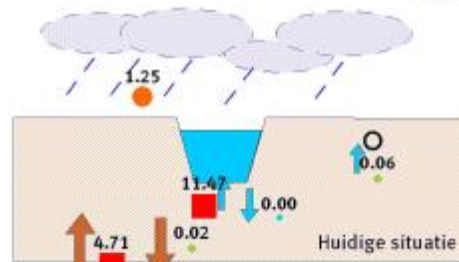
GLG

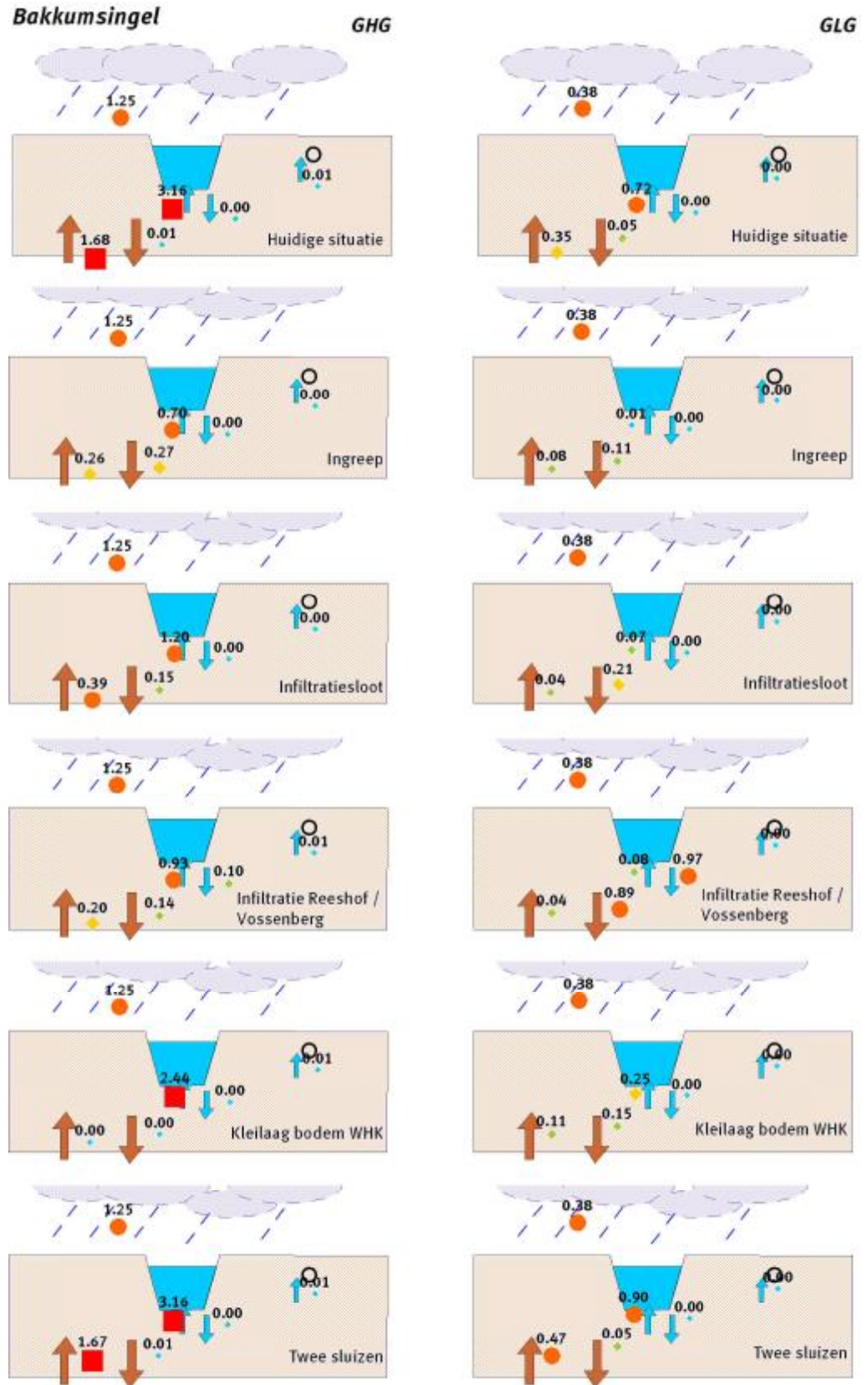


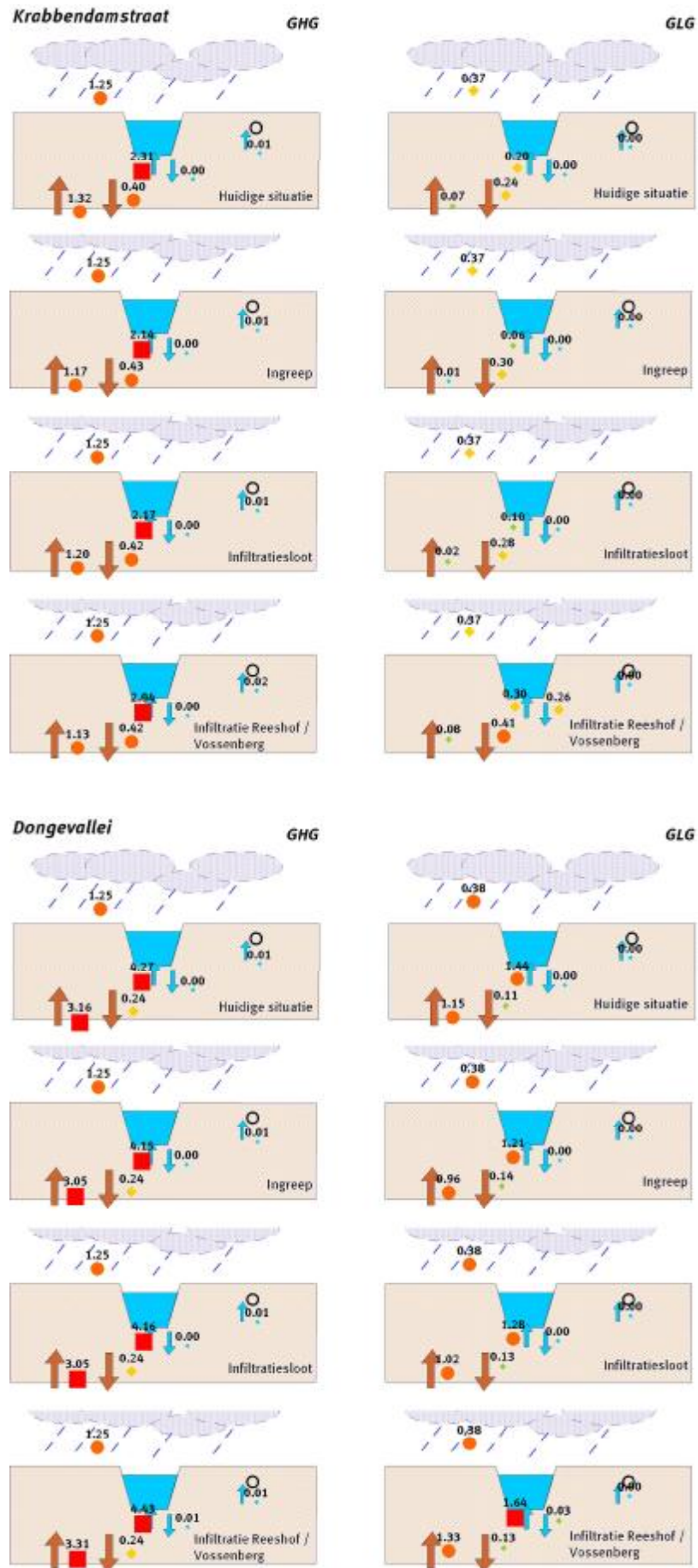
Kwelsloot noordkant totaal

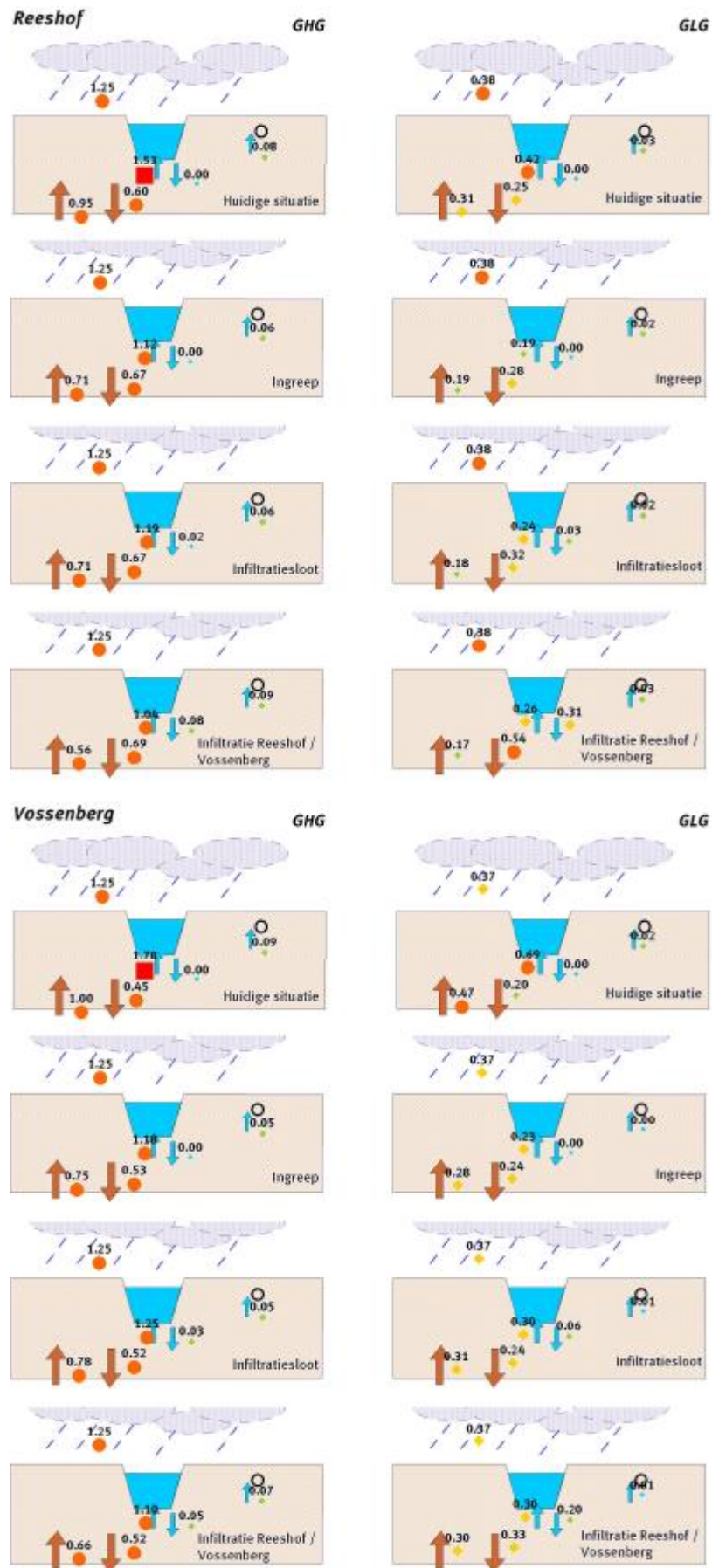
GHG

GLG





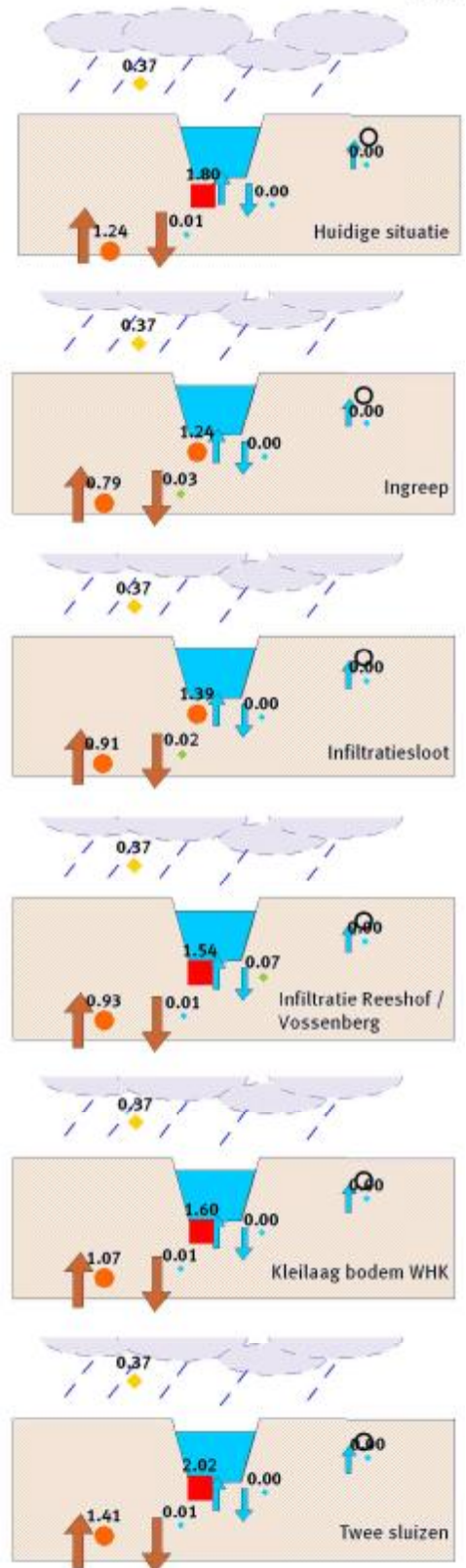
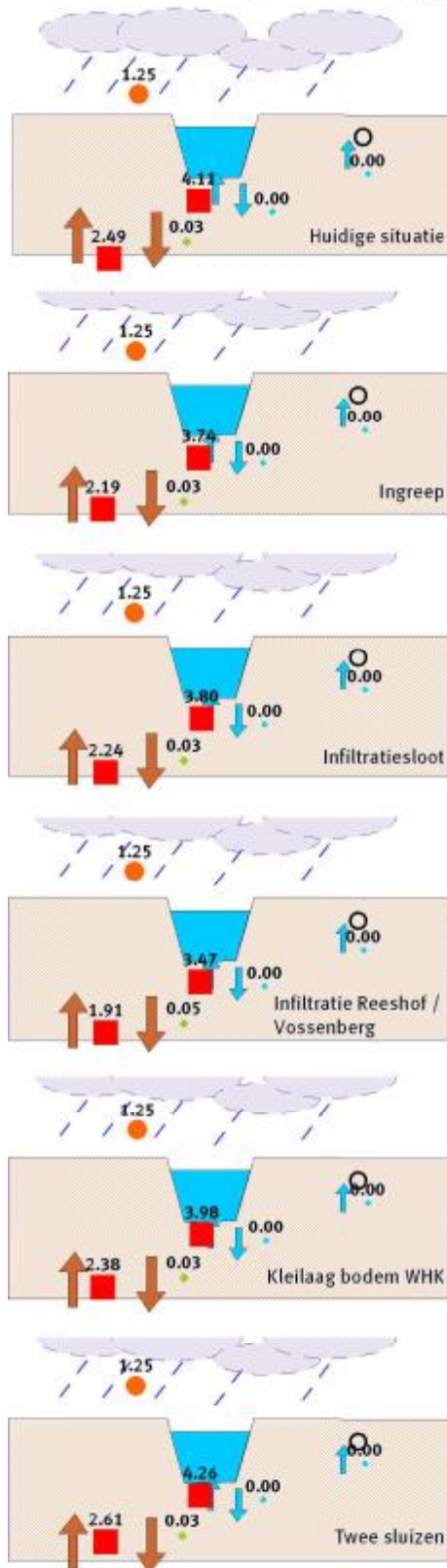


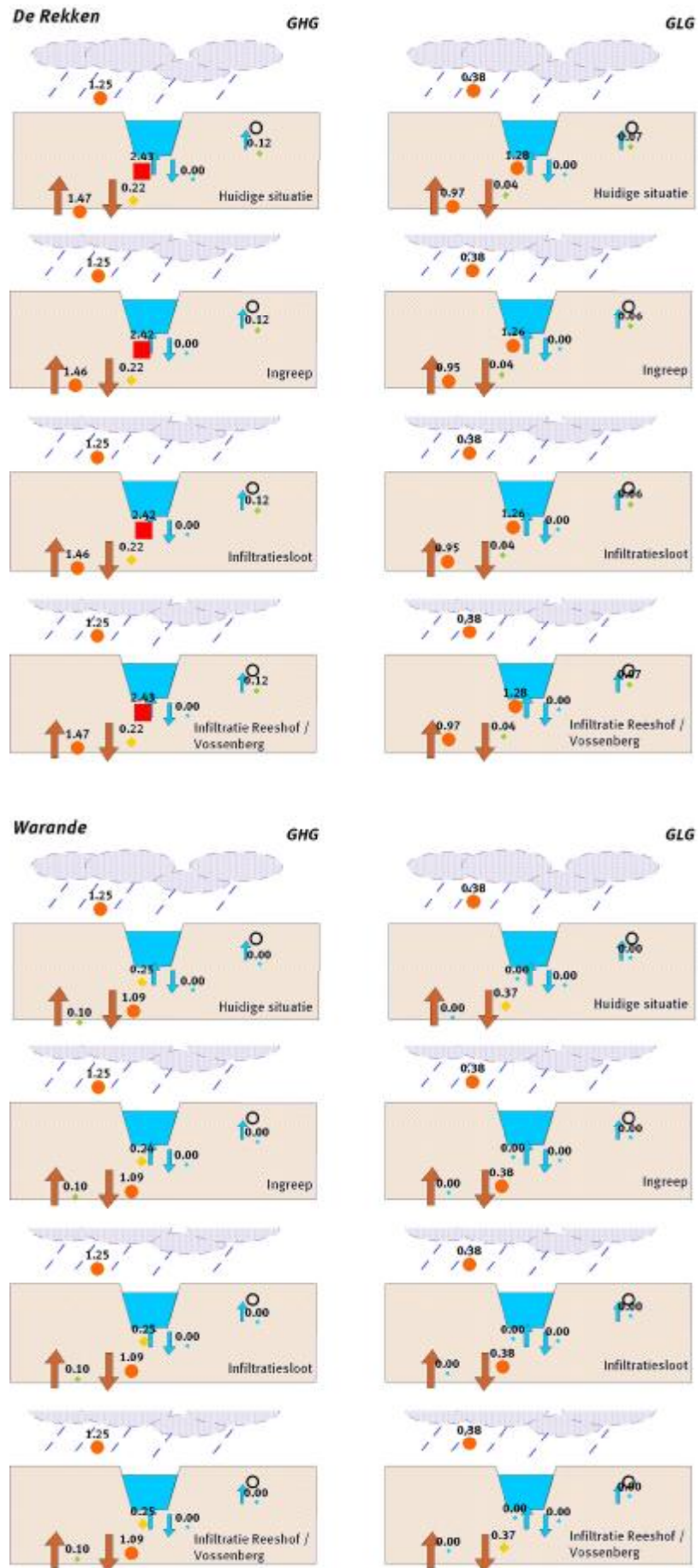


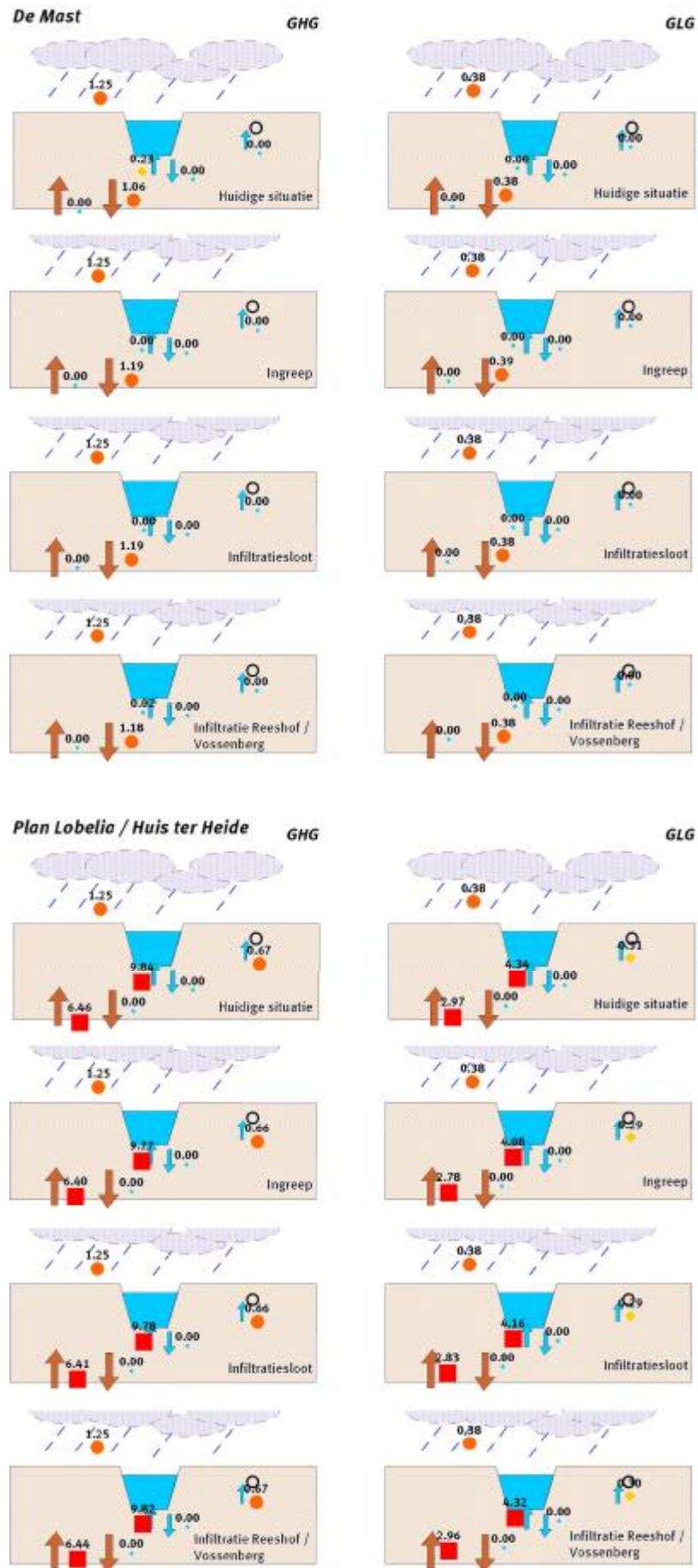
Gesworenhoekseweg

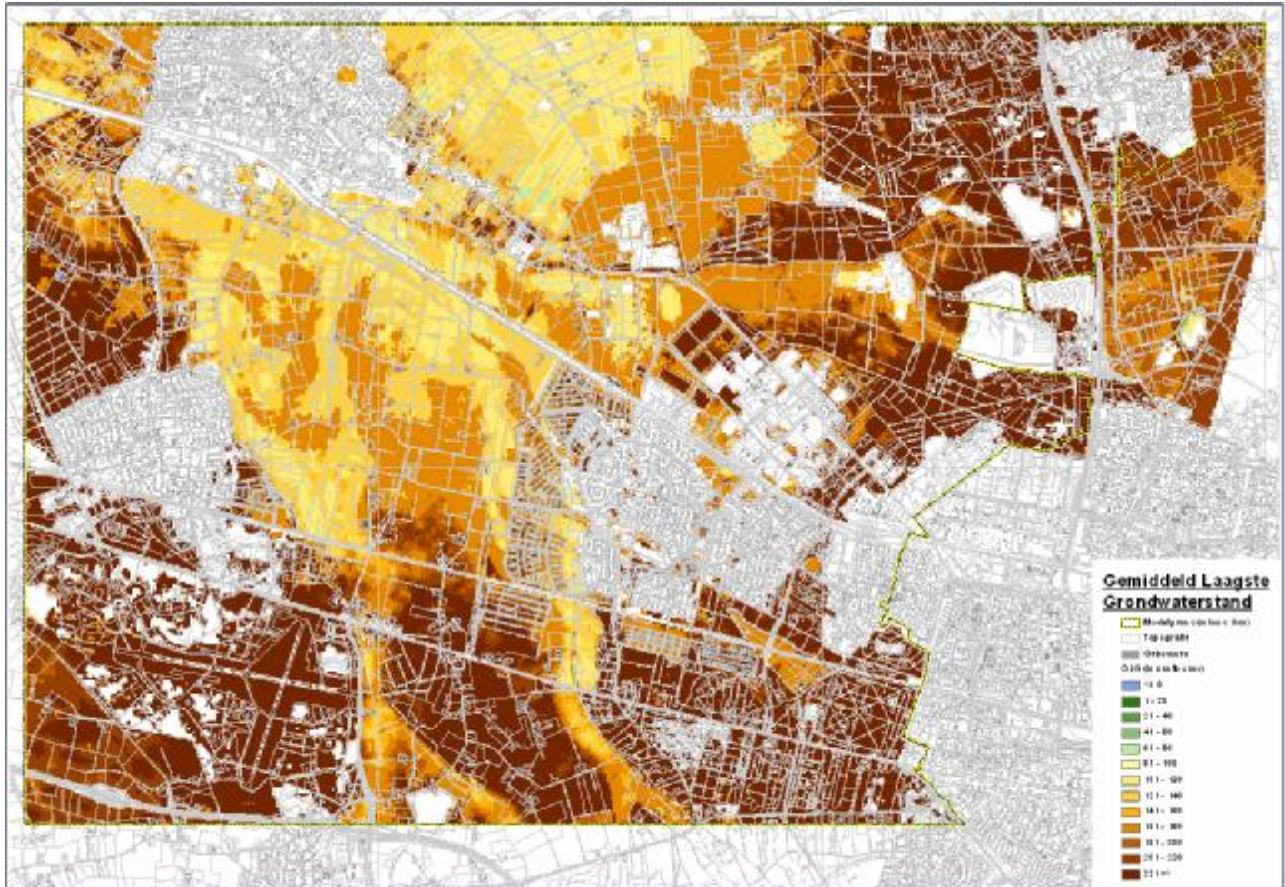
GHG

GLG









Figuur B9.2: Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (berekend adhv grondwatertrappenkaart)

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.

Ook voor de nieuwe grondwaterstandsituatie, welke optreedt bij de verlaging van het Wilhelminakanaal, is de doelrealisatie uitgerekend (figuur in hoofdstuk 6). 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 grondwaterstandsdaling blijkbaar geen effect heeft. Dit heeft voornamelijk te maken met de beperkte waterstandsdaling aan de randen van het uitstralingsgebied en de al lage grondwaterstanden in de gebieden met een sterkere grondwaterstandsdaling.

Bijlage 11: Toelichting zettingsberekeningen

Inleiding

Ten gevolge van de reconstructie van het Wilhelminakanaal wordt blijvend, over een lengte van 3400 m, het kanaalpeil met 2.5 meter verlaagd. De verlaging van het kanaalpeil leidt mogelijk voor de lokale bebouwing tot zettingen. Na verwachting is de bebouwing op staal gefundeerd. Op basis van het ter beschikking gestelde grondonderzoek is getracht probleemgebieden te identificeren waar mogelijk zettingschade kan voorkomen.

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. Het grondonderzoek is beperkt gebleven tot de zuidzijde van het kanaal. Het grondonderzoek bestond uit 35 sonderingen en 2 boringen. 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. De sonderingen zijn genummerd DKP-1 t/m DKP-35. Het maaiveld varieerde hierbij van NAP +7,36 m tot NAP +13,43 m. De maximale diepte van het grondonderzoek strekte zich tot

NAP -8.0 m uit. Tevens zijn, tot ca maaiveld - 10 m, de boringen B01 en B02 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).

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 de sonderingen DKP-19, DKP-33 en DKP-35 zijn tot maaiveld - 1,2 m dunne samendrukbare laagjes aangetroffen. Aangenomen mag worden dat bij het realiseren van de fundering deze laagjes zijn verwijderd. Verder zijn bij sonderingen DKP-04, DKP-18, DKP-22 t/m DKP-24, DKP-28, DKP-29 en DKP-32 t/m DKP-35 op een dieper niveau samendrukbare lagen aangetroffen.

Bij de resterende sonderingen zijn geen relevante samendrukbare lagen aangetroffen. Voor de zettingsprognose zijn de sonderingen DKP04, DKP18, DKP29, DKP32 en DKP35 geselecteerd.

Zettingsprognose

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

NAAM	q_c	Y_{nat}	Y_{droog}	$C'p$	C_p	$C's$	C_s	C'_{10^4}	OCR
	[MPa]	kN/m ²	kN/m ²	-	-	-	-	-	-
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
- 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 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 optreed, bedraagt hierbij 1000 meter.

Voor de volgende sonderingen is de volgende bodemopbouw geschematiseerd:

DKP-04

bk-laag [NAP + m]	omschrijving
8,6	Zand, grof, matig vast
4,5	Leem
1,0	Zand, grof vast

Het freatisch vlak zal worden verlaagd van NAP+5,25 naar NAP+5,15.

DKP-18

bk-laag [NAP + m]	omschrijving
8,5	Zand, grof, matig vast
7,0	Klei2
6,5	Zand, grof vast

Het freatisch vlak zal worden verlaagd van NAP+6,5 naar NAP+5,15.

DKP-29

bk-laag [NAP + m]	omschrijving
11,5	Zand, grof, matig vast
7,0	Klei1
6,25	Zand, grof vast

Het freatisch vlak zal worden verlaagd van NAP+7,75 naar NAP+5,75.

DKP-32

bk-laag [NAP + m]	omschrijving
11,5	Zand, grof , matig vast
8,0	Klei1
6,5	Zand, grof vast

Het freatisch vlak zal worden verlaagd 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

Het freatisch vlak zal worden verlaagd 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	berekende zetting	maximale zetting	minimale 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	10	15	5
DKP32	8,25	6,25	18	24	13
DKP35	9,0	7,0	9	12	6

* 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.

Conclusie

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 invloedszone, 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.

