

# Haalbaarheidsstudie natte natuurparel Chaamse beken 2010



Hydrologisch kwantitatief onderzoek naar doelrealisatie van de natte  
natuurparel Chaamse beken



# Haalbaarheidsstudie natte natuurparel Chaamse beken 2010

## Hydrologisch kwantitatief onderzoek naar doelrealisatie van de natte natuurparel Chaamse beken

Dit afstudeerrapport is geschreven door:

|                    |                                                                                                                                                                       |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Naam:              | Gijs Spruijt                                                                                                                                                          |
| Opleiding:         | Land en watermanagement                                                                                                                                               |
| Afstudeerrichting: | Major Inrichting en waterbeheer, Minor Hydrologische modellering                                                                                                      |
| Instituut:         | Hogeschool Van Hall Larenstein, Velp<br>Onderdeel van Wageningen UR                                                                                                   |
| Opdracht:          | Realisatieonderzoek natte natuurparel Chaamse beken 2010<br><i>Hydrologisch kwantitatief onderzoek naar doelrealisatie van de natte<br/>natuurparel Chaamse beken</i> |
| In opdracht van:   | Waterschap Brabantse Delta, Kees Peerdeman                                                                                                                            |
| docent:            | Hogeschool Van Hall Larenstein, Bert Meijer                                                                                                                           |
| Plaats, datum:     | Breda, 2 Juni 2010                                                                                                                                                    |
| Status:            | Eindversie                                                                                                                                                            |



## Voorwoord

Voor u ligt de afstudeerscriptie

‘Haalbaarheidsstudie natte natuurparel Chaamse beken 2010. Hydrologisch kwantitatief onderzoek naar doelrealisatie van de natte natuurparel Chaamse beken.’

Het afstudeeronderzoek is tot stand gekomen in opdracht van Waterschap Brabantse Delta. Deze organisatie wilde een hydrologische kwantitatieve onderbouwing naar de doelrealisatie van de natte natuurparel Chaamse beken. Het Waterschap Brabantse Delta liep door de uitgevoerde IGA studie Chaamse beken tegen problemen aan. Hoofdvraag van het waterschap is of deze knelpunten kunnen worden opgelost.

Het onderzoeksonderwerp voldeed aan het door mij gezochte onderwerp voor mijn afstudeerscriptie. De voorgedragen problemen van het waterschap vormden een mooie uitdaging om mij voor te bereiden op mijn werkcarrière, waarin dergelijke vraagstukken een dagelijks voorkomende taak kunnen zijn.

Dit rapport is hoofdzakelijk bedoeld als advies voor het Waterschap Brabantse Delta. De conclusies op de drie problemen gebieden; te lage grondwaterstand, een te lage kwel score, geen doelrealisatie voor de landbouw en mogelijke oorzaken zijn in eerste instantie geschreven voor het waterschap. Om het rapport goed te begrijpen is namelijk enige hydrologische kennis nodig, door de vele begripsbepalingen. In tweede instantie is deze scriptie bedoeld als eindwerkstuk voor mijn afstuderen.

Voor het opstellen en uitvoeren van dit onderzoek gaat mijn dank uit naar mijn begeleider van het Waterschap Brabantse Delta: de heer Kees Peerdeman, specialist waterbeheer Brabantse Delta en de andere medewerkers van het waterschap. Ook gaat mijn dank uit naar de heer Bert Meijer als begeleider vanuit hogeschool van Hall Larenstein.

Daarnaast wil ik de medewerkers Marc Steenvoorden en Andre Blonk van adviesbureau Tauw bedanken voor hun inbreng in het onderzoek.

Ik hoop met de uitwerking van dit afstudeer onderwerp voldoende antwoord te hebben gegeven op de drie problemen en de mogelijk oorzaken ervan die het waterschap aan het begin van het onderzoek heeft neergelegd.

Breda, Juni 2010

Gijs Spruijt

Bouvignelaan 5  
4836 AA, Breda  
gijs.spruijt@wur.nl



# INHOUDSOPGAVE

|                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Samenvatting .....</b>                                                        | <b>6</b>  |
| <b>1. Aanleiding onderzoek .....</b>                                             | <b>10</b> |
| 1.1 Aanleiding onderzoek .....                                                   | 10        |
| 1.2 Probleembeschrijving .....                                                   | 10        |
| 1.3 Onderzoeksvragen .....                                                       | 12        |
| 1.4 Onderzoeksmethodiek .....                                                    | 12        |
| <b>2. Hydrologische beschrijving stroomgebied .....</b>                          | <b>14</b> |
| 2.1 Historisch watersysteem .....                                                | 14        |
| 2.2 Ingrepen aan het watersysteem .....                                          | 16        |
| 2.3 Actuele Grond- en Oppervlaktewaterregime .....                               | 18        |
| <b>3. Doelgat natte natuurparel in huidige situatie .....</b>                    | <b>21</b> |
| 3.1 Optimale Grond- en Oppervlaktewaterregime natte natuurparel .....            | 21        |
| 3.2 Bepaling doelgat natte natuurparel .....                                     | 23        |
| <b>4. Geschiktheid grondwatermodel &amp; Waternood .....</b>                     | <b>25</b> |
| 4.1 Grondwatermodel en de werkelijkheid .....                                    | 25        |
| 4.2 Aandachtspunten bij Waternood .....                                          | 28        |
| <b>5. Haalbaarheid doelgat met grondwatermodel .....</b>                         | <b>29</b> |
| 5.1 Maximale vernatting met bijbehorende doelrealisatie .....                    | 29        |
| 5.2 Doelrealisatie met historische situatie .....                                | 31        |
| <b>6. Effect voorgestelde maatregelen adviesbureau vanuit het model .....</b>    | <b>33</b> |
| 6.1 Modeffect maatregel steilrand .....                                          | 33        |
| 6.2 Modeffect maatregel accoladeprofiel .....                                    | 34        |
| 6.3 Modeffect maatregel bodemverhoging .....                                     | 35        |
| 6.4 Modeffect maatregel dempen sloten .....                                      | 36        |
| 6.5 Modeffect maatregel verwijderen drainage .....                               | 37        |
| 6.6 Modeffect maatregel woningdrainage .....                                     | 38        |
| <b>7. Benodigde maatregelen voor doelgat .....</b>                               | <b>39</b> |
| 7.1 Gewenste mix van berekende maatregelen .....                                 | 39        |
| 7.2 Effect maatregelen voor doelrealisatie .....                                 | 40        |
| <b>8. Effect voorgestelde maatregelen adviesbureau in de werkelijkheid .....</b> | <b>42</b> |
| 8.1 Effect maatregel steilrand in werkelijkheid .....                            | 42        |
| 8.2 Effect maatregel accoladeprofiel in werkelijkheid .....                      | 42        |
| 8.3 Effect maatregel bodemverhoging in werkelijkheid .....                       | 43        |
| 8.4 Effect maatregel dempen sloten in werkelijkheid .....                        | 44        |
| 8.5 Effect maatregel verwijderen drainage in werkelijkheid .....                 | 46        |
| 8.6 Effect maatregel woningdrainage in werkelijkheid .....                       | 46        |
| <b>9. Haalbaarheid doelgat in de werkelijkheid .....</b>                         | <b>47</b> |
| 9.1 Gewenste mix van maatregelen in de werkelijkheid .....                       | 47        |
| 9.2 Gewenste Grond- en Oppervlaktewaterregime .....                              | 48        |
| <b>10. Conclusie .....</b>                                                       | <b>49</b> |
| 10.1 De doelrealisatie op grondwaterstanden is te laag .....                     | 49        |
| 10.2 De doelrealisatie op kwel scoort zeer laag .....                            | 49        |
| 10.3 De doelrealisatie voor landbouw is niet overal berekend .....               | 50        |
| 10.4 De natuurdoeltypen van de provincie past niet op de beoogde plaats .....    | 52        |
| 10.5 De vernattingmaatregelen zijn onvoldoende voor de beoogde natuurparel ..... | 52        |
| 10.6 De toegepaste onderzoeksmethodiek werkt niet goed .....                     | 53        |
| <b>11. Discussie &amp; aanbevelingen .....</b>                                   | <b>54</b> |
| 11.1 Discussiepunten .....                                                       | 54        |
| 11.2 Aanbevelingen aan het waterschap .....                                      | 56        |



**Bijlage: .....Extern rapport (Haalbaarheidsstudie natte natuurparel Chaamse beken 2010)**

|                                                                        |        |
|------------------------------------------------------------------------|--------|
| Bijlage 2.1 Topografie en onderzoeksgebied.....                        | - 6 -  |
| Bijlage 2.2 Hoogteligging.....                                         | - 7 -  |
| Bijlage 2.3 Historische situatie rond 1900.....                        | - 8 -  |
| Bijlage 2.4 Topografische kaart 20ste eeuw.....                        | - 9 -  |
| Bijlage 2.5 GHG Huidige situatie.....                                  | - 10 - |
| Bijlage 2.6 GLG Huidige situatie.....                                  | - 11 - |
| Bijlage 2.7 GVG Huidige situatie.....                                  | - 12 - |
| Bijlage 2.8 Kwel en wegzijging Huidige situatie.....                   | - 13 - |
| <br>Bijlage 3.1 Provinciale beschrijving van de Natuurdoeltypen.....   | - 14 - |
| Bijlage 3.2 Natte natuurdoeltypen Chaamse beken.....                   | - 16 - |
| Bijlage 3.3 Huidige situatie doelrealisatie totaal.....                | - 17 - |
| Bijlage 3.4 Huidige situatie doelrealisatie GVG.....                   | - 18 - |
| Bijlage 3.5 Huidige situatie doelrealisatie GLG.....                   | - 19 - |
| Bijlage 3.6 Huidige situatie doelrealisatie kwel.....                  | - 20 - |
| Bijlage 3.7 Doelgat huidige situatie GVG A1, B1, B2, A2.....           | - 21 - |
| Bijlage 3.8 Doelgat huidige situatie GLG B2, A2.....                   | - 23 - |
| <br>Bijlage 4 Werking & ontwikkeling Waternood applicatie.....         | - 24 - |
| <br>Bijlage 5.1 GHG Maximale vernatting.....                           | - 26 - |
| Bijlage 5.2 GLG Maximale vernatting.....                               | - 27 - |
| Bijlage 5.3 GVG Maximale vernatting.....                               | - 28 - |
| Bijlage 5.4 Kwel en wegzijging Maximale vernatting.....                | - 29 - |
| Bijlage 5.5 Maximale vernatting doelrealisatie totaal.....             | - 30 - |
| Bijlage 5.6 Maximale vernatting doelrealisatie GVG.....                | - 31 - |
| Bijlage 5.7 Maximale vernatting doelrealisatie GLG.....                | - 32 - |
| Bijlage 5.8 Maximale vernatting doelrealisatie kwel.....               | - 33 - |
| Bijlage 5.9 Doelgat maximale vernatting GVG A1, B1, B2, A2.....        | - 34 - |
| Bijlage 5.10 GHG Historische situatie.....                             | - 36 - |
| Bijlage 5.11 GLG Historische situatie.....                             | - 37 - |
| Bijlage 5.12 GVG Historische situatie.....                             | - 38 - |
| Bijlage 5.13 Kwel en wegzijging Historische situatie.....              | - 39 - |
| Bijlage 5.14 Historische situatie doelrealisatie totaal.....           | - 40 - |
| Bijlage 5.15 Historische situatie doelrealisatie GVG.....              | - 41 - |
| Bijlage 5.16 Historische situatie doelrealisatie GLG.....              | - 42 - |
| Bijlage 5.17 Historische situatie doelrealisatie kwel.....             | - 43 - |
| Bijlage 5.18 Doelgat historische situatie GVG A1, B1, B2, A2.....      | - 44 - |
| <br>Bijlage 6 Locatie raagrafieken.....                                | - 46 - |
| <br>Bijlage 7.1 Doelgat huidige situatie GVG (optimaal) in cm.....     | - 47 - |
| Bijlage 7.2 Doelgat maximale vernatting GVG (optimaal) in cm.....      | - 48 - |
| Bijlage 7.3 Doelgat historische situatie GVG (optimaal) in cm.....     | - 49 - |
| Bijlage 7.4 GHG Gewenste maatregelen.....                              | - 50 - |
| Bijlage 7.5 GLG Gewenste maatregelen.....                              | - 51 - |
| Bijlage 7.6 GVG Gewenste maatregelen.....                              | - 52 - |
| Bijlage 7.7 Kwel en wegzijging Gewenste maatregelen.....               | - 53 - |
| Bijlage 7.8 Gewenste maatregelen doelrealisatie totaal.....            | - 54 - |
| Bijlage 7.9 Gewenste maatregelen doelrealisatie GVG.....               | - 55 - |
| Bijlage 7.10 Gewenste maatregelen doelrealisatie GLG.....              | - 56 - |
| Bijlage 7.11 Gewenste maatregelen doelrealisatie kwel.....             | - 57 - |
| Bijlage 7.12 Doelgat gewenste maatregelen GVG (optimaal) in cm.....    | - 58 - |
| Bijlage 7.13 Mogelijke alternatieve natuurdoeltypen.....               | - 59 - |
| Bijlage 7.14 Alternatieve natuurdoeltypen gewenste situatie.....       | - 61 - |
| <br>Bijlage 10.1 Kwel en wegzijging in mm/jaar.....                    | - 62 - |
| Bijlage 10.2 Verandering doelr. Landbouw met gewenste maatregelen..... | - 63 - |
| Bijlage 11 Rood-blauwe kaart van von Frijtag Drabbe.....               | - 64 - |



## Samenvatting

**Het doel** van het onderzoek is het in kaart brengen of de doelrealisatie van de natte natuurparel Chaamse beken kwantitatief beter kan worden gerealiseerd dan met de al voorgesteld vernattingmaatregelen.

De aanleiding tot dit onderzoek zijn de herstelwerkzaamheden van natte natuurparels in Noord-Brabant. Het waterschap heeft al vernattingmaatregelen genomen of laten doorrekenen. Deze maatregelen lijken op basis van modelmatig onderzoek onvoldoende om de doelrealisatie te laten stijgen. Het waterschap is evenwel verantwoordelijk voor de hydrologische randvoorwaarden tot aan de natte natuurparels. Als onderzoeksmethode is de Waternoodsystematiek gehanteerd. Deze methodiek is bij eerder onderzoek bij de IGA-studie ook gebruikt.

**Het onderzoeksgebied** maakt deel uit van het stroomgebied Chaamse beken en ligt ten zuidoosten van Breda. De bodem is ontstaan in het Pleistoceen en bestaat uit dekzand en oude klei die beide afwisselend aan het oppervlakte liggen.

In der loop der eeuwen is de middenloop ontgonnen en zijn er landgoederen ontstaan. Bovenstrooms delen van de Chaamse beken waren rond 1900 nog niet ontgonnen. De waaier van 6 watergangen ontsprong toen halverwege het huidige stroomgebied. In de niet ontgonnen delen infiltreert het water en komt in de benedenlopen weer aan de oppervlakte.

Bij de wederopbouw van Nederland zijn de bovenstrooms gronden ontgonnen door de waaier van beeklopen door te trekken. Tijdens de normalisatie in 1970 zijn de waterlopen rechtgetrokken en verder uitgediept voor snelle afvoer. Rond 1990 leiden dit tot de verdrogingproblematiek voor zowel de landnatuur als de landbouw. Door deze ontwikkeling werden natuurontwikkelingsplannen voorbereid en uitgevoerd. Het watersysteem werd niet alleen ingericht ten gunste van de landbouw.

In de huidige situatie mogen de ingrepen aan het watersysteem geen negatieve effecten hebben op de ecologische hoofdstructuur. Er wordt gestreefd naar een zo natuurlijk mogelijk verloop van de watergangen waarbij de functie landbouw en natuur op elkaar zijn afgestemd.

De provincie heeft de **standplaatseisen voor natuurdoeltypen** die voorkomen in de natte natuurparels vastgelegd. Tot op perceel niveau zijn de natuurdoeltypen gedefinieerd waarbij per natuurdoeltype een beschrijving is gegeven. Deze beschrijvingen geven inzicht in de verwachte flora, fauna, standplaatseisen, bodemeisen en gewenst beheer.

Er zijn twee standplaatseisen (buitengrenzen, gemiddelden) voor de GVG, GLG en kwel vastgelegd om de Waternoodsystematiek te kunnen toepassen. Ze verschillen in het bereik van de optimale waarden, waarbij de standplaatseis 'buitengrenzen' het grootste bereik heeft. In dit onderzoek wordt er gerekend met de gemiddelde standplaatseisen.

Het onderzoeksgebied bevat negen natuurdoeltypen die op Beuken-Eikenbos en Bloemrijk grasland (d) na, voor de GVG zowel te nat als te droog kunnen staan. Bij de GLG kan het grondwater voor de natuurdoeltypen Elzenbroekbos en Ven te laag worden, volgens de Waternoodsystematiek.

Bij de totale toetsing van de natuurdoeltypen aan de huidige situatie hebben alleen Bloemrijk grasland (d) en Beuken-Eikenbos (v) op sommige percelen een doelrealisatie van 100%. De meeste natuurdoeltypen hebben alleen bij de GVG geen doelrealisatie maar wel bij de GLG en kwel.

Het doelgat is inzichtelijk gemaakt met kaarten, door de gedefinieerde provinciale 'trapezium' voor de GVG en GLG met de huidige situatie te vergelijken. Bij de GVG is op één locatie voor Bloemrijk grasland (d) de grondwaterstand 50 tot 60 cm te hoog. Voor de natuurdoeltypen die een hogere GVG eisen moet het grondwater 50 tot 100 cm stijgen. Om te voldoen aan de ondergrens van GLG voor Elzenbroekbos moet het grondwater 50 tot 100 cm stijgen.

De **ontwikkeling van het grondwatermodel** dat gebruikt wordt voor dit onderzoek is ontwikkeld in drie fases van grof naar fijnchalig. Modflow-modellen zijn altijd een versimpeling van de werkelijke complexe bodemopbouw en grondwaterstromingen. De werkelijkheid wordt nauwkeuriger benaderd naar mate er meer informatie in het model wordt gestopt. Het rekenhart van Modflow werkt met eindige differenties die worden omgezet naar ASCII-bestanden. Vanuit de kalibratie blijkt de uitsnede van het grondwatermodel af te wijken van de werkelijkheid, maar geeft wel een goede indruk van de effecten van de ingrepen voor dit onderzoek.

De Waternood applicatie maakt een analyse die inzicht geeft in de doelrealisatie voor landbouw, natuur en/of stedelijk gebied. In dit onderzoek wordt er gekeken naar de natuur. Hierbij wordt er gebruik gemaakt van de bodem-, natuurdoeltypen-, GVG-, GLG- en kwelkaarten. Een belangrijke ontwikkeling in de applicatie is het verdwijnen van de kwalitatieve toetsing, die door het huidige gebruik weggelaten zijn. Waternood is ondanks zijn beperkingen geschikt voor dit onderzoek.



De **haalbaarheid van het doelgat** is getoetst door twee scenario's door te rekenen. Het scenario 'Maximale vernatting' is gemodelleerd door de watergangen in het gehele modelgebied te dempen. Het grondwater bij de GHG is voornamelijk rondom de huidige beeklopen tot aan het maaiveld gekomen. De GLG is gemiddeld met één meter omhoog gekomen tot een diepte van 1 meter onder het maaiveld. Voor de GVG is het aantal locaties en de grootte met een grondwaterstand tot aan het maaiveld toegenomen. De kweldruk is toegenomen behalve op de Strijbeekse heide, door het wegvallen van de tegendruk van de Strijbeekse beek.

Bij de toetsing van de doelrealisatie voor de gedefinieerde natuurdoeltypen is bij GVG het doelgat kleiner geworden. In het zuiden is de grondwaterstand te laag en in het noordwesten te hoog voor de natuurdoeltypen. Alle natuurdoeltypen op Elzenbroekbos en Ven (ongebufferd) na hebben een doelrealisatie van 100% voor de GLG en kwel.

Met het tweede scenario 'Historische situatie' is de situatie van rond 1900 gemodelleerd. Hierbij is peil- en bodemophoging in de huidige watergangen gemodelleerd. De GHG laat hetzelfde patroon zien als bij het vorige scenario 'maximale vernatting', alleen op de Strijbeekse heide met hogere grondwaterstanden. De GLG is met 0.5 tot 1 meter omhoog gekomen ten opzichte van de huidige situatie. Voor de GVG is bij samenvloei van de Chaamse beek en de Roode beek de oppervlakte met een grondwaterstand tot net onder het maaiveld toegenomen met 40 ha. De kweldruk is met 0.04 tot 0.015 mm/dag afgenomen ten opzichte van de huidige situatie.

Bij toetsing van de doelrealisatie voor de natuurdoeltypen is de GVG net als bij het scenario 'Maximale vernatting' niet te nat geworden. In het noordwesten is het wel te nat geworden. De meeste natuurdoeltypen kunnen voorkomen, met enkele uitzonderingen op de hogere toppen en de veel nateisende vegetatietypen. Alle natuurdoeltypen hebben 100% doelrealisatie voor kwel en de GLG met uitzondering van Elzenbroekbos.

De effecten van de zes **voorgestelde maatregelen** door het adviesbureau zijn modelmatig apart bekeken. Een steilrand is een bijna verticale helling tussen twee vlakke terreingedeelten (**fig.1**). Uit de berekeningen blijkt dat bij alle verlagingen bovenstrooms van de steilrand de grondwaterstand hetzelfde patroon vertoont als in de huidige situatie met een kleine grondwaterstand stijging. Benedenstrooms van de steilrand heeft de steilrand van 1 meter na 425 meter nog een verschil van 30 cm met de huidige situatie voor zowel de GLG als de GHG. Een steilrand van 2 meter heeft op dit punt nog een verschil van 60 cm. Een steilrand draagt niet bij aan de vernatting in het onderzoeksgebied.



**Figuur 1** Steilrand in de Chaamse Beek

Een accoladeprofiel is een natuurlijk watergangprofiel of een tweefaseprofiel. Het profiel heeft in het onderzoeksgebied geen invloed op de grondwaterstand. In een accoladeprofiel zelf kan op de horizontale vlakken wel vernatting verkregen worden.

De derde maatregel is bodemverhoging in de watergangen dat een vernattend effect heeft in het onderzoeksgebied. De grondwaterstand volgt niet 1 op 1 de bodemverhoging maar volgt met een verlies van 20%. De gemodelleerde watergang heeft in de zomerperiode een infiltrerende werking en in de winter een drainerende werking. De maatregel is een goed instrument om het grondwater gestuurd omhoog te brengen.

Met het dempen van sloten wordt de drainerende of infiltrerende werking ervan uit het watersysteem gehaald. Bij het modelleren van de maatregel op de Strijbeekse heide heeft het bijna geen vernattend effect. De GLG en GHG stijgen stroomafwaarts met 20 cm.

De vijfde voorgestelde maatregel 'verwijderen van drainage' heeft in het onderzoeksgebied geen vernattend effect. Voor de natte natuurparel is de maatregel 'verwijderen drainage' voorgesteld, deze drainage is niet in de huidige situatie gemodelleerd. De maatregel is effectief voor vernatting bij drainage die vaak in werking treedt.



Om geen wateroverlast in een woning op de Strijbeekse heide te krijgen met de voorgestelde vernattingmaatregelen is ook een woningdrainage voorgesteld. De invloed van een woningdrainage op de grondwaterstand is minimaal. De drainage vormt pas een probleem voor het natuurdoeltypen als deze lager wordt gelegd dan de standplaatseisen in de directe omgeving.

De **benodigde maatregelen** om het doelgat met de huidige situatie te dichten worden vanuit de twee scenario's en de voorgestelde maatregelen bepaald en getoetst. Bij het vergelijken van de huidige situatie en de twee scenario's voor het optimum voor de natuurdoeltypen blijkt dat voor drie percelen elke situatie te nat is. Voor sommige natuurdoeltypen kan het grondwater niet voldoende stijgen. Op basis van afwegingen met betrekking tot effectiviteit en haalbaarheid zijn de maatregelen van het adviesbureau als gewenste situatie gekozen.

De voorgestelde maatregelen hebben een grondwaterstijging tot gevolg voor de GHG, GLG en GVG. De kweldruk is afgenomen met 0.02 tot 0.12 mm/dag ten opzichte van de huidige situatie.

Niet alle natuurdoeltypen hebben een optimale doelrealisatie in de gewenste situatie. Voor Bloemrijkgasland (d) rondom de Retteloop is de GVG nu te nat. Noordwest in de natte natuurparel zijn de omstandigheden te nat en noordoost te droog voor de gedefinieerde natuurdoeltypen. Met de Kansrijkdommodule worden op basis van bodemtype, hydrologie en beheer alternatieve natuurdoeltypen bepaald, deze module is nog in ontwikkeling. In deze studie zijn de alternatieve natuurdoeltypen voor de locaties die geen optimale doelrealisatie halen, bepaald met gemiddelde GVG en GLG-standen. Voor elke locatie waarbij in de gewenste situatie geen optimale doelrealisatie kan worden behaald, kan een al gedefinieerd natuurdoeltype uit het stroomgebied Chaamse Beken worden gekozen.

De modeluitkomsten van **voorgestelde maatregelen** door het adviesbureau zijn **in de werkelijkheid** bekeken. De al aanwezig steilrand is in de werkelijkheid niet te verlagen of te verhogen, maar heeft wel zijn invloed op het grondwater.

Een accoladeprofiel draineert in etappes en kan met de etappes zorgen voor de geschikte hydrologische randvoorwaarden, maar is niet gewenst in het onderzoeksgebied.

Bodemverhoging is niet overal gewenst in het stroomgebied Chaamse beken. Het is niet gewenst in de Chaamse beek door het voorkomen we stenensubstraat. Natuurlijke bodemverhoging met een gemiddelde aangroei van 2-4 cm/jaar heeft de voorkeur op bodemverhoging doormiddel van zand. De locatie voor Elzenbroekbos kan vernat worden door in de Retteloop een stuw te plaatsen en door de zandruggen langs de watergang aan weerszijden te verwijderen. Bij elke beekbodemophoging dient er in de praktijk goed gekeken te worden naar de gevolgen ervan.

Het dempen van de watergangen op de Strijbeekse heide geeft plaatselijk veel vernatting en geen wateroverlast was de conclusie uit het veldbezoek. De modelberekeningen spreken dit tegen doordat in de huidige en gedempte situatie het peil 1.2 m onder het maaiveld blijft. Door grondwatermetingen kan het verschil bepaald worden met de modeluitkomsten, maar de maatregel zorgt nooit voor verdroging. Voor de Retteloop is het plaatsen van een stuw en afgraven van de zandruggen een beter optie voor vernatting dan het dempen ervan.

De maatregel verwijderen drainage is al uitgevoerd in het veld. Vanuit de modellering heeft het geen effect, maar op basis van veldkennis wel.

De woningdrainage op de Strijbeekse heide treedt niet in werking bij de modelberekeningen, de omgeving geeft deze indruk ook.

De **gewenste mix van maatregelen** in de **werkelijkheid** is bepaald door te kijken naar de gewenste maatregelen vanuit de modelberekeningen in de werkelijkheid. De zes voorgestelde maatregelen van het adviesbureau zijn gewenst op het accoladeprofiel na. Een accoladeprofiel heeft in het onderzoeksgebied geen effect op de grondwaterstand. Natuurlijke bodemverhoging heeft de voorkeur op bodemverhoging met zand. Door het dempen van de Retteloop wordt het gebied eromheen droger. Het verwijderen van drainage en het dempen van sloten zijn al uitgevoerd in het veld. Ze hebben net als woningdrainage weinig tot geen invloed op de grondwaterstand.

Alleen de maatregel accoladeprofiel gaat niet door, waardoor het gewenste grond- en oppervlaktewaterregime overeen komt met de gemodelleerde gewenste mix van maatregelen. Bij de Retteloop wijkt de GGOR af van de gemodelleerde situatie. Het hangt hier af van de werkelijke vernatting of voor deze locatie een ander alternatief natuurdoeltype geformuleerd dient te worden.



De **conclusies** worden geformuleerd aan de hand van de drie problemen (grondwaterstanden te laag, kwel scoort zeer laag en doelrealisatie landbouw is niet overal berekend) en drie mogelijke oorzaken die het Waterschap Brabantse Delta voor het onderzoek heeft aangedragen.

Een probleem is dat in de huidige situatie de GVG faalt met 80% van de natte natuurparel en de GLG met 40%. In alle berekende scenario's faalt de GLG elke keer met 40%, doordat het grondwater niet voldoende kan stijgen voor de natuurdoeltypen met een GLG-voorwaarde. De natte natuurparel faalt voor de GVG tussen de 65-75% in alle scenario's. Er kan niet voldaan worden aan de optimale situatie voor de GVG voor de gedefinieerde natuurdoeltypen.

Vanuit de waternoodsystematiek behaalt elk natuurdoeltypen een optimale doelrealisatie voor kwel. Bij de toetsing wordt er alleen getoetst op de aanwezigheid van kwel en niet op de hoeveelheid ervan. De kweldruk is voor sommige natuurdoeltypen in het veld van essentieel belang. Het (semi-) lokaal model is niet geschikt om de kwel/wegzijging goed te berekenen door vaste stijghoogte op de modelrand. De huidige situatie is berekend met het stroomgebiedmodel en geeft de meest betrouwbare kwel/wegzijging. De 100 mm/jaar kwel voor het gedefinieerde natuurdoeltype Vochtig schraalland/Bloemrijk grasland in het onderzoeksgebied wordt niet gehaald.

Het derde probleem is dat de doelrealisatie voor de landbouw niet overal wordt berekend door Watnood 2007. Dit komt door nieuwe inzichten waarbij de interpolatieregels zijn aangepast waardoor sommige combinaties van GHG-GLG als nodata worden weergegeven. Om toch uitspraken te kunnen doen voor deze gebieden dient er eerst gekeken te worden naar de doelstelling van de beheerder. Daarna dient handmatig berekend te worden hoever de GHG-GLG combinatie buiten de interpoaleergrens ligt, dit door afwijkingen bij de kalibratie van het grondwatermodel. Ligt de waarde buiten de 10 cm dan dient in het veld gekeken te worden hoeveel schade er is.

Het waterschap had voor de drie bovenstaande problemen drie oorzaken in gedachten. De standplaatseisen van de natuurdoeltypen kunnen voor sommige percelen bij geen van de vernattingmaatregelen behaald worden. Niet alle natuurdoeltypen van de provincie Noord-Brabant passen op elke beoogde plaats. Voor deze plaatsen zijn andere natuurdoeltypen gedefinieerd op basis van gemiddelde hydrologische omstandigheden.

De vernattingmaatregelen zijn onvoldoende voor de beoogde natuurparel concludeert het waterschap. Voor sommige percelen is elke situatie te nat voor de gedefinieerde natuurdoeltypen en voor andere percelen komt het grondwater bij elke vernattingmaatregel niet hoog genoeg.

De toegepaste onderzoeksmethodiek geeft een goede indicatie van de effecten van de verschillende maatregelen. Het grondwatermodel en de werkelijkheid wijken enkele centimeters af. Ondanks deze afwijkingen kunnen berekende doelgaten in de werkelijkheid niet opeens gedicht zijn. Door de berekende maatregelen in de werkelijkheid te bekijken wordt er een extra kwaliteitsslag behaald.

Het onderzoek geeft een indruk van de effecten van de vernattingmaatregelen. Desondanks zijn de volgende punten nog aangedragen als **discussiepunten**: De vernatting die wordt verkregen door de het plaatsen van een stuw en afgraven van de zandruggen rondom de Rettelooop. Het tweede punt is de Strijbeekse beek die een infiltrerende werking heeft in het onderzoeksgebied. Als laatste punt is de doelrealisatie landbouw die niet overal wordt berekend aangedragen.

De hydrologische randvoorwaarden voor de gedefinieerde natuurdoeltypen kunnen niet overal gehaald worden. De geformuleerde alternatieve natuurdoeltypen dienen eerst besproken te worden met de terreinbeheerders. Hierdoor wordt er meer draagkracht verkregen en passen de natuurdoeltypen beter bij de verschillende streefbeelden. Hierna dient er pas richting de provincie gecommuniceerd te worden. Hierbij dient de draagkracht en voor sommige percelen het niet te dichten doelgat naar voren gebracht te worden. Ook kan door het aandragen van voorbeelden uit het onderzoek duidelijk worden gemaakt dat modelberekeningen en de werkelijkheid kunnen verschillen.



## 1. Aanleiding onderzoek

In dit hoofdstuk wordt de aanleiding, probleemstelling en doelstelling van het onderzoek beschreven. Om de doelstelling te behalen is de onderzoeksmethodiek stapsgewijs als laatste uitgewerkt.

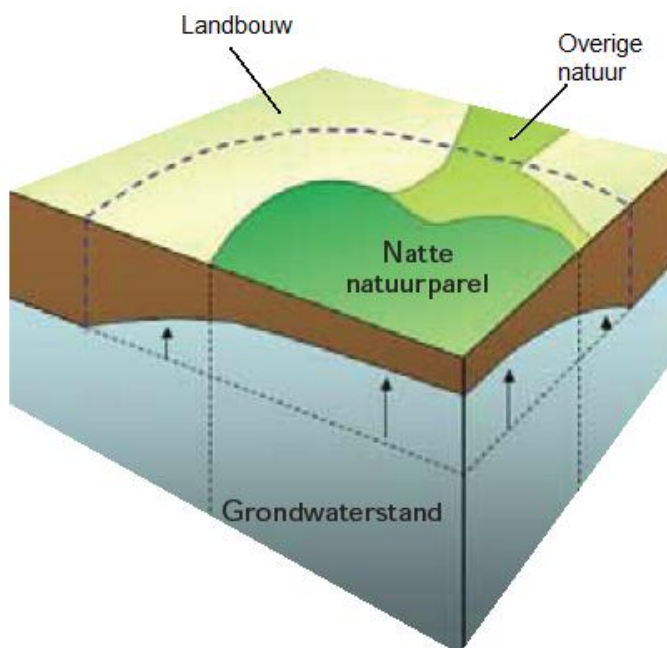
### 1.1 Aanleiding onderzoek

Dit afstudeerrapport is geschreven in het kader van mijn opleiding Land en Watermanagement; afstudeerrichting 'Hydrologische modellering' aan de Hogeschool Van Hall Larenstein, onderdeel van de Wageningen UR.

De aanleiding voor dit onderzoek zijn de herstelwerkzaamheden van natte natuurparels in Noord-Brabant (*Natte natuurparels*, 2009). Dit zijn belangrijke natte natuurgebieden met bijzondere ecologische waarden die afhankelijk zijn van water. In Noord-Brabant zijn circa 90 natte natuurparels. Deze maken deel uit van de Ecologische Hoofdstructuur van Nederland en een deel ervan is aangewezen als Europees Natura 2000-gebied. Ze liggen in gebieden die soms sterk versnipperd zijn en waar een gevarieerd grondgebruik is: landbouw, natuur en/of bebouwing.

De meeste van deze parels zijn verdroogd en ook de waterkwaliteit en de inrichting van de beken en krekken laten te wensen over. Hierdoor zijn er te weinig diersoorten. Kwetsbare soorten zijn vaak al helemaal verdwenen. Een natte parel moet ook in het stroomgebied van de Chaamse beken worden hersteld. De revitalisering van het landelijk gebied is een belangrijke motor voor het herstellen van natte natuurparels. In de reconstructie- en gebiedsplannen staat vermeld dat de provincie Noord-Brabant de natte natuurparels gaat herstellen door maatregelen te nemen tot aan de rand van het natuurgebied.

De provincie Noord-Brabant heeft natuurdoeltypen vastgesteld voor de natte natuurparel Chaamse beken. Deze zijn vastgelegd op de natuurdoeltypenkaart van de Provincie met de vereiste randvoorwaarden/ standplaatsfactoren. Het waterschap is verantwoordelijk voor het realiseren van de randvoorwaarden vanuit het watersysteem. Hierbij kan gedacht worden aan; grondwaterstanden verhogen (fig.1.1), de kwel herstellen en de waterkwaliteit verbeteren. Bij het herstellen van elke natte natuurparel wordt er gekeken welke mate van vernatting nodig is en waar welke maatregelen genomen moeten worden. Hierbij gaat het niet om een standaardpakket, maar om maatwerk. Iedere natuurparel heeft z'n eigen omstandigheden en vraagt om een unieke combinatie van ingrepen.



Figuur 1.1 Grondwaterstand verhogen

### 1.2 Probleembeschrijving

In bijlage 3.2 is de kaart weergegeven met de natuurdoeltypen voor de natte natuurparel Chaamse beken. Het onderzoek richt zich op het gearceerde gebied van de kaart. Het waterschap heeft al vernattingmaatregelen genomen en/of laten doorrekenen. Dit met doel om de randvoorwaarden voor het watersysteem op orde te krijgen. Hierbij moet gedacht worden aan verondiepen en herprofiëren van beken en sloten, plaatsen van stuwen, verwijderen van sloten, greppels en drainage. In bijlage 7.9 is de doelrealisatie van de gemiddelde voorjaargrond waterstand na de vernattingmaatregelen weergegeven. Deze maatregelen lijken op basis van modelmatig onderzoek onvoldoende om de doelrealisatie te laten stijgen.



Voor het vaststellen van de kwantitatieve randvoorwaarden gebruikt het Waterschap Brabantse Delta grondwatermodellen en Waternood. Een adviesbureau heeft een stroomgebiedmodel in MODFLOW opgesteld voor het waterschap. Het model is gebaseerd op het grovere Waterdoelenmodel dat de provincie in het kader van de reconstructie heeft laten ontwikkelen.

Bij toetsing van de huidige situatie van de natte natuurparel Chaamse beken in Waternood loopt het waterschap tegen drie **problemen** aan;

- ✓ De doelrealisatie op grondwaterstanden is te laag;  
*Bij toetsing van de doelrealisatie in de huidige situatie faalt de GVG in ongeveer 80% van het onderzoeksgebied en de GLG met ongeveer 40% (bijlage 3.4 & 3.5). Het streven is om het percentage falen van de doelrealisatie op grondwaterstanden zo laag mogelijk te krijgen.*
- ✓ De doelrealisatie op kwel scoort zeer laag;  
*Rondom de beken bij de natte natuurparel vindt er wegzijging plaats van 0.5 mm/dag. Naast de beken is er momenteel een kweldruk van 0.2 mm/dag (bijlage 2.8). De natte natuurparel die hersteld dient te worden heeft een gemiddelde standplaatseis van een kweldruk van 100mm/jaar.*
- ✓ De doelrealisatie voor landbouw is niet overal berekend.  
*Resultaten komende uit Waternood laten voor de landbouw niet overal een doelrealisatie zien. In bijlage 10.2. is te zien dat vooral rondom de gebieden bij de watergangen geen resultaat worden weergegeven. Het waterschap wil voor deze gebieden wel een uitspraak kunnen doen.*

Met de voorgestelde vernattingmaatregelen lukt het niet om de doelrealisatie voor de natte natuurparel voldoende te laten stijgen. Volgens het waterschap zijn **mogelijke oorzaken** voor de bovenstaande problemen;

- ✓ De natuurdoeltypen van de provincie passen niet op de beoogde plaats;  
*Deze mogelijkheid wordt overwogen omdat er met de vernattingmaatregelen een grondwaterstijging van 0.10 t/m 0.75 m voor de GVG wordt gerealiseerd. Maar de doelrealisatie na de vernattingmaatregelen is weinig verbeterd ten opzichte van de huidige situatie (bijlage 3.3 & 7.8).*
- ✓ De vernattingmaatregelen zijn onvoldoende voor de beoogde natuurparel;  
*In bijlage 6 zijn de vernattingmaatregelen weergegeven die gebruikt zijn bij de berekeningen voor de nieuwe situatie. Een voorwaarde voor de berekende maatregelen is, dat ze geen wateroverlast mogen veroorzaken voor het andere landgebruik. De vernattingmaatregelen hebben nog niet het gewenste effect, zie bijlage 7.8.*
- ✓ De toegepaste onderzoeksmethodiek werkt niet goed.  
*Door het waterschap wordt er getwijfeld aan de overeenkomst van het grondwatermodel en de werkelijkheid. Lokale omstandigheden, zoals storende lagen, bodemveranderingen, seizoenvariatie van waterstanden etc. worden niet altijd goed meegenomen in het model. Deze verschillen kunnen wel doorslaggevend zijn voor het wel of niet slagen van de natuurdoeltypen.*

**De Doelstelling** van het onderzoek is het in kaart brengen of de doelrealisatie van de natte natuurparel Chaamse beken kwantitatief beter kan worden gerealiseerd dan met de al voorgestelde vernattingmaatregelen.

De problemen waar het waterschap nu tegen aanloopt bij toetsing worden nader geanalyseerd. Bij deze analyse worden de mogelijke oorzaken voor de problemen volgens het waterschap Brabantse Delta nader onderzocht. De analyse resulteert in een uitspraak over de haalbaarheid van de gestelde natuurdoeltypen. Bij onvoldoende doelrealisatie van deze natuurdoeltypen zal worden aangegeven welke natuur wel realiseerbaar is. Er wordt een conclusie getrokken over de zware wegingsfactor van modellen bij de keuze van ingrepen.



## 1.3 Onderzoeksvragen

### Hoofdonderzoeksvraag

In hoeverre kan de doelrealisatie van de natte natuurparel Chaamse beken kwantitatief beter worden gerealiseerd dan met de al voorgestelde vernattingmaatregelen?

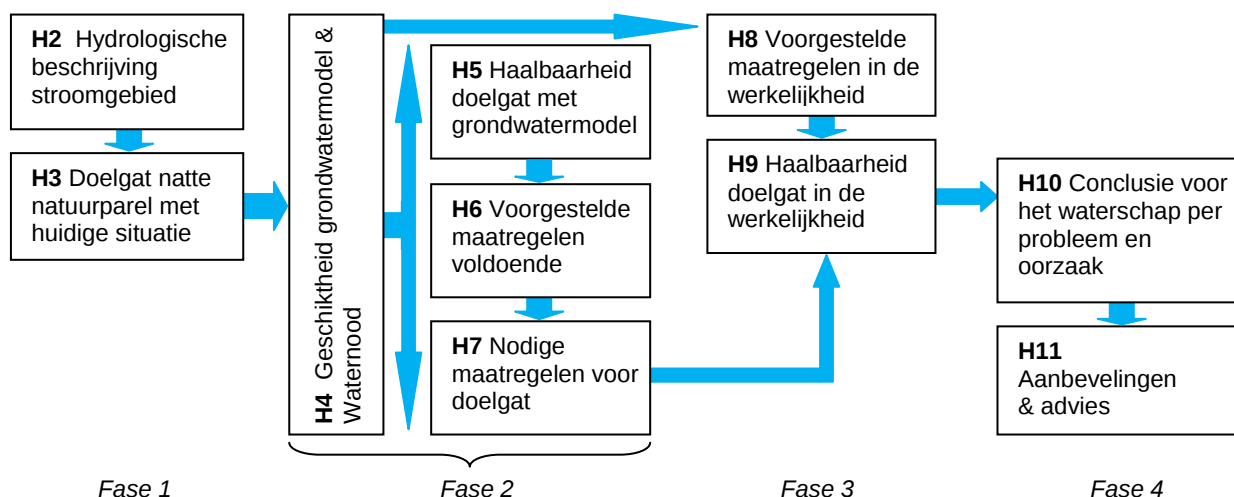
### Subonderzoeksvragen

1. Hoe zag het historische watersysteem van Chaamse beken eruit?
2. Welke ingrepen zijn er van oudsher gedaan aan het watersysteem Chaamse beken?
3. Hoe zit het grond- en oppervlaktewatersysteem van het stroomgebied Chaamse beken in elkaar?
4. Wat is het hydrologisch doelgat in de huidige situatie voor de natte natuurparel Chaamse beken?
5. Sluit de nauwkeurigheid van het grondwatermodel aan op de standplaatseisen van de natuurdoeltypen?
6. Hoe kan over de doelrealisatie voor landbouw gebiedsdekkend een uitspraak worden gedaan?
7. Welke vernatting wordt er verkregen met het herstellen van de historische situatie?
8. Welke vernatting is er mogelijk uitgaande van het model?
9. Wat zijn de effecten vanuit het model van voorgestelde vernattingmaatregelen door het adviesbureau?
10. Met welke maatregelen kan de doelrealisatie worden behaald uitgaande van de modelberekeningen?
11. Wat zijn de effecten van de voorgestelde maatregelen rekening houdend met lokale omstandigheden in het gebied?
12. Welke mix van maatregelen, rekening houdend met lokale omstandigheden, leidt tot het verwachte/gewenste vernattingeffect voor de doelrealisatie?

## 1.4 Onderzoeksmethodiek

Met het onderzoeksmodel tevens de leeswijzer (fig. 1.2) is aangegeven welke stappen er in de verschillende fases genomen zijn om de doelstelling te bereiken. De bijlagen zijn apart gebundeld in verband met het vergroten van het leesgemak. Met de uitwerking van het onderzoeksmodel is invulling gegeven aan de onderzoeksvragen uit hoofdstuk 1.3.

### Leeswijzer:



Figuur 1.2: Het onderzoeksmodel

### Verwoording

Het doel van het onderzoek is het in kaart brengen of de doelrealisatie van de natte natuurparel Chaamse beken kwantitatief beter kan worden gerealiseerd dan met de al voorgestelde vernattingmaatregelen. Om hier antwoord op te kunnen geven is de waternoodsystematiek gebruikt.

**Fase 1** dient als voorwerk voor fase 2. Fase één legt zich toe op de inventarisatie van het actuele grond- en oppervlaktewaterregime (AGOR) van het stroomgebied waar de natte natuurparel onderdeel van uit maakt. De inventarisatie (H2) begint met het beschrijven van het historisch watersysteem. Vanuit dit punt is er beschreven welke ingrepen er in het verleden gedaan zijn aan het watersysteem. Dit is



gedaan aan de hand van de beschikbare informatie bij het waterschap. Hierop volgend is het huidige grond- en oppervlaktewaterstelsel beschreven.

Vanuit deze inventarisatie is het doelgat (H3) bepaald voor de natuurparel in de huidige situatie. Dit doelgat is tot stand gekomen door het optimale grond- en oppervlaktewaterregime (OGOR) met de AGOR te vergelijken. Bij het doelgat is er alleen gekeken naar het kwantitatieve deel. Het doelgat is bepalend voor de nodige maatregelen in de volgende fases.

In **fase 2** zijn de mogelijkheden bekeken om het doelgat te kunnen dichten uitgaande van het grondwatermodel. In het eerste gedeelte is de geschiktheid van grondwatermodellen en Watnood (H4) voor deze problematiek onderzocht. Hierbij is er gekeken naar de overeenkomst van het model en de werkelijkheid. Lokale omstandigheden, zoals storende lagen, bodemveranderingen, seizoensvariatie van waterstanden etc. zijn hierbij bekeken. Deze verschillen kunnen doorslaggevend zijn voor het wel of niet slagen van natuurdoeltypen. De lokale omstandigheden zijn in het veld met een hydroloog, adviseur watersysteembeheerder en technisch watersysteembeheerder bekeken en besproken.

Het tweede gedeelte legt zich toe op de mogelijkheden om het doelgat (H5) te kunnen dichten. Het verwachte grond- en oppervlaktewaterregime wordt met het opgestelde grondwatermodel in Modflow berekend. Met het (semi-) lokaal grondwatermodel is in deze studie gerekend. Dit model is een uitsnede van het stroomgebied model opgesteld door een adviesbureau. Dit adviesbureau heeft hun model gebaseerd op het Waterdoelen model van de provincie Noord-Brabant. Het (semi-) lokaal model is beschikbaar bij het Waterschap Brabantse Delta.

In eerste instantie is de maximale vernatting berekend, om te kijken welke vernatting dit met zich meebrengt. De grondwaterstanden komende uit het (semi-) lokaal grondwatermodel zijn getoetst in Watnood aan de standplaatsen van de natuurdoeltypen. Ook hier is het doelgat voor de natuurdoeltypen die geen optimale doelrealisatie hebben bepaald. Als tweede scenario is de historische situatie berekend, hiervoor is de kaart van rond 1900 gebruikt. Bij de historische situatie is het (semi-) lokaal model aangepast aan de op dat moment geldende opbouw van watergangen. Tevens is het doelgat voor dit scenario bepaald.

Deze twee scenario's maken inzichtelijk of de voorgestelde maatregelen door het adviesbureau (H6) voldoende zijn. De effecten van de voorgestelde maatregelen worden apart bekeken in het model. Hierbij is de grondwaterstand verandering die elke maatregel met zich meebrengt voor de GLG en GHG bekeken.

Aan de hand van deze analyse is de gewenste mix van maatregelen (H7) geformuleerd en doorgerekend om het doelgat zo ver mogelijk te kunnen dichten uitgaande van het (semi-) lokaal model. Voor de locaties waarbij het optimale doelgat niet gedicht kan worden zijn alternatieve natuurdoeltypen voorgesteld.

In **fase 3** wordt er gekeken naar de mogelijkheden om het doelgat te kunnen dichten rekening houdend met de lokale omstandigheden in het veld. Lokale omstandigheden zijn niet meegenomen in de modelberekeningen van de vorige fase (2). In hoofdstuk 8 zijn de voorgestelde maatregelen door het adviesbureau en hun effect in het veld bekeken. Hierbij zijn de invloeden van lokale omstandigheden met de uitkomsten van de modelberekeningen vergeleken. Bij de lokale omstandigheden kan gedacht worden aan; storende lagen, landschapsopbouw, etc.

Deze lokale invloeden kunnen tot andere resultaten leiden dan in de modelberekeningen. Vanuit deze inzichten is er een keuze (H9) gemaakt met welke mix van maatregelen de doelrealisatie zo ver mogelijk gehaald kan worden. Hierbij is er onderbouwd waarom sommige maatregelen uit fase 2 wel of niet gewenst zijn. Hiermee is het gewenste grond- en oppervlaktewaterregime beschreven.

De laatste **fase (4)** legt zich toe op het trekken van conclusies (H10) over het onderzoek. Het waterschap heeft drie problemen aangedragen; te lage grondwaterstand, een te lage kwel scoren en geen doelrealisatie voor de landbouw. Aan de hand van deze drie problemen en drie mogelijke oorzaken (zie hfdst 1.2) zijn conclusies geformuleerd. De laatste stap (H11) van het onderzoek legt zich toe op de discussiepunten en op het geven van aanbevelingen.



## 2. Hydrologische beschrijving stroomgebied

Het onderzoeksgebied (bijlage 2.1) maakt deel uit van het stroomgebied Chaamse beken. Dit stroomgebied (Tauw1, 2008) ligt ten zuidoosten van Breda en wordt ten noorden begrensd door Breda, in het oosten door de Chaamse bossen, in het zuiden door de Belgische grens en ten westen door het beekdal van de Bovenmark. Het stroomgebied van de Chaamse beken maakt deel uit van het stroomgebied de Bovenmark. Het stroomgebied beslaat 4600ha en wordt gekenmerkt door een waaier van bovenlopen die alle ontspringen in het stroomgebied. In dit hoofdstuk wordt het ontstaan van en tot de huidige situatie van het onderzoeksgebied beschreven.

### 2.1 Historisch watersysteem

#### Ontstaan geschiedenis

De geologische afzettingen (DLG, 2003) van de bodem die van belang zijn voor het onderzoek komen uit het Pleistoceen. Het gebied is gevormd door rivierafzettingen van Rijn, Maas en Schelde. Er komen afzettingen voor uit het Vroeg- en Laat-Pleistoceen; afzettingen uit het Midden Pleistoceen ontbreken.

In het Vroeg-Pleistoceen is oude klei afgezet van de formatie van Tegelen/Kedichem. Deze kleiafzettingen liggen in het stroomgebied op geringe diepte onder het maaiveld.

In het Midden Weichselien (laatste ijstijd) wordt hier bovenop veelal een 20-80cm dikke leemlaag afgezet. Deze afzetting vormt het bovenste watervoerende pakket. Het oude dekzand ligt alleen in de uitgestoven vlakke lagere delen aan de oppervlakte. Dit dekzand bestaat uit sterk, zeer sterk lemig fijn zand of zelfs leem. In het late deel van het Weichselien werd het jonger dekzand gevormd, dat grotendeels het huidige oppervlakte vormt. De planten (Geologie, 2010) waren in het late deel van het Weichselien beter in staat het zand vast te houden, waardoor het dekzand beter bleef liggen. In het zuidelijk deel van het stroomgebied is het dekzand opnieuw gaan stuiven, waardoor een dekzandplateau met welvingen is ontstaan. Het plateau wordt doorsneden door dalvormige laagten. De hoogteligging varieert in het stroomgebied van ongeveer 22m + NAP in het zuidoosten tot ongeveer 9m + NAP in het noordwesten (bijlage 2.2). In het noordoosten van de Chaamse Bosschen liggen enkele duidelijke dekzandruggen en -koppen. In het voormalige stuifzandgebied (midden bosgebied) worden uitgestoven laagten en opgestoven landduinen aangetroffen met hoogteverschillen van meer dan 5m.

In het bovenstrooms deel van de Chaamse beken (DLG, 2003) waren in het verleden geen watergangen aanwezig. Het regenwater infiltreerde in de bodem, plaatselijk waren er vennen en in natte periode stroomde het water geleidelijk via het maaiveld af. Vanaf de huidige middenloop van het stroomgebied Chaamse beken is het verhang groter (bijlage 2.2), hier ontsprongen de beken. De smalle beekdalen waren door de natte omstandigheden moerassige gebieden. De delen tussen de beekdalen waren droger. De eerste landbouwactiviteiten en bewoning vonden hier plaats. Bij de samenkomst van de Chaamse beken was een groter nat gebied, waar regelmatig overstromingen optraden. Plaatselijke veenontwikkeling in de beekdalen en drogere flanken waren typerend voor de benedenloop van de Chaamse beken. Het onderzoeksgebied waar de natte natuurparel gerealiseerd moet worden ligt tegen de benedenloop van de Chaamse beken.

Het dekzandplateau in de directe omgeving van de dorpen werd in de loop der eeuwen omgevormd tot oud cultuurgronden (akkers). De vrij ondiep gelegen rivierdalbodems en laagten waren vochtig en overstromden 's winters vaak. Oorspronkelijk bestonden ze uit veen of waren met broekbos begroeid. In de latere Middeleeuwen zijn de beekdalbodems ontgonnen tot grasland. Tussen de akkers en graslanden kwamen percelen ruige weide voor (bijlage 2.3). De ontgonnen percelen werden als weide gebruikt en werden af en toe bemest of bezaaid. Een gedeelte van de thans beboste dekzandgronden is vroeger als landbouwgrond gebruikt. De grote heide gebieden werden extensief gebruikt. Hier werd het vee (koeien en schapen) geweid en werd er zand, leem, plaggen en turf gewonnen. In het midden van de 19<sup>e</sup> eeuw is een groot deel van het stroomgebied ten noordoosten van Chaam (voormalige heide) door de Domeinen bebost (Prinsebosch en Nieuwbosch). De laagste plekken in de boswachterij werden als landbouwgrond gebruikt. In de benedenstroom ontstonden vele landgoederen, wat resulteerde in een landgoederenlandschap. In de streek zijn vrijwel alle stadia en stijlen van landgoederen redelijk bewaard gebleven, zoals Valkenberg, Anneville, Luchtenburg en Hondsdonk. Landgoed Hondsdonk ligt deels in het onderzoeksgebied van de natte natuurparel.



### Historisch oppervlaktewater

Het oppervlaktewater in het onderzoeksgebied bestaat uit beken en vennen. De historische kaart van rond 1900 in bijlage 2.3 toont dat ten oosten en zuiden van Chaam de gronden deels zijn ontgonnen. De watergangen opbouw van rond 1900 is bij het waterschap Brabantse Delta niet meer te achterhalen. Aan de hand van de historische kaart met daarover het huidige beekverloop, is de situatie van rond 1900 geïnterpreteerd. Hierbij zijn belangrijke ingrepen aan het watersysteem uit de vorige eeuw meegenomen, deze worden verder toegelicht in hoofdstuk 2.2.

Het stroomgebied Chaamse beken wordt gekenmerkt door een waaier van bovenlopen die in de landgoederen Hondsdonk en Valkenburg bij elkaar komen in een gezamenlijke benedenloop. Bij de samenkomst (Tauw1, 2008) traden regelmatig overstromingen op. De waaier bestaat uit 6 bovenlopen die alle rond 1900 ontsprongen halverwege het huidige stroomgebied. De Chaamse beek ontspringt net buiten het onderzoeksgebied (natte natuurparel) en stroomt er dwars doorheen. De Roode beek stroomt langs het dorp Chaam en mondt samen met de Molenloop in het onderzoeksgebied uit in de Chaamse beek. De hoger gelegen gronden (bijlage 2.2 & 2.3) waren nog niet ontgonnen wegens de voedingsarme en drogere bodem. Sommige stukken waren bebost en andere bestonden uit ruigte. Op de ruigte waren geen watergangen aanwezig. Op deze ruigte waren wel enkele vennen aanwezig door dat plaatselijk leem voorkomt. De greppels in het bos (langs Het Groot Vergoor) werden gebruikt voor infiltratie van het regenwater. Door de 'surface runoff' van regenwater op te vangen en vast te houden in de greppels, werd de droogschade van het bos geminimaliseerd.

Het natuurlijke verloop van de beken is in het huidige bekenpatroon nog steeds terug te zien. Op de landgoederen zijn de meest benedenstroomse delen qua meandering nog geheel in takt. Bovenstrooms zijn de beken gegraven in het verlengde van de oorspronkelijke beken tijdens de normalisatie in 1970. Met deze aanpassing is er naar gestreefd om rechthoekige landbouwpercelen te krijgen. Het oorspronkelijke beekverloop slingerde dus meer. De beken waren ongeveer 60 cm ondieper dan in de huidige situatie. In de oorspronkelijke situatie hadden de waterlopen kleine dwarsprofielen en waren ze zeer ondiep. De verdiepingsslag is gedaan tijdens de normalisatie. Door deze ingrepen werden de landbouwpercelen beter ontwaterd, waardoor ze beter bewerkbaar zijn geworden door zwaardere machines.

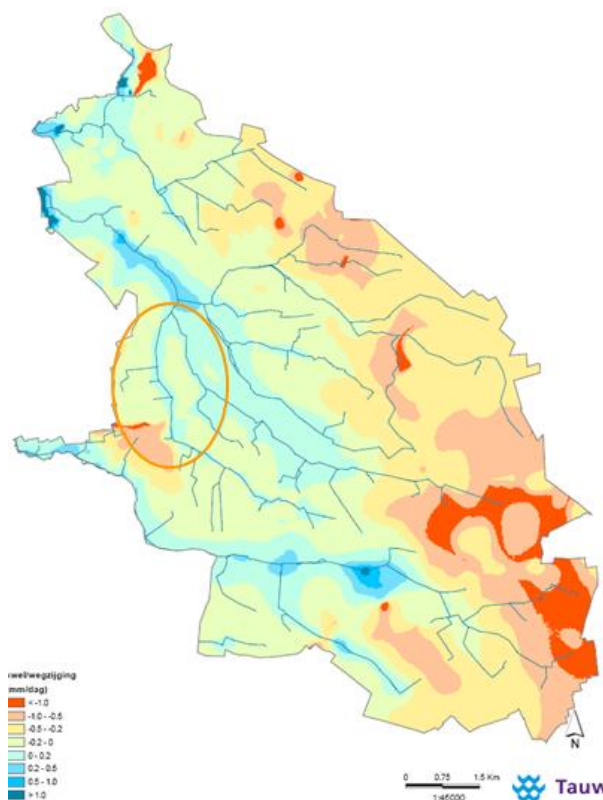
Het grote hoogteverschil in de boswachterij (Landinrichtingsdienst, 1991) heeft invloed op de snelle afvoer van water. Om wateroverlast in laagten en op de lemige gronden tegen te gaan is een groot deel van de beboste gronden (ongeveer de helft) in het verleden op rabatten gelegd. Deze gronden bestaan voornamelijk uit dekzandgronden en hadden hoofdzakelijk een grondwatertrap van 5 en 6. Op de historische kaart zijn deze rechthoekige patronen van greppels in de Chaamse Bossen (oosten stroomgebied) en het niet meer bestaande bos langs de watergang Het Groot Vergoor terug te zien.

Door middel van deze greppels konden de bospercelen bevoeid of afgewaterd worden. De Valkenburgse Loop, een van de bovenlopen, verzorgt hoofdzakelijk de afwatering van de twee oostelijke bosgebieden. De Chaamse Bossen hebben een oppervlakte van 880ha en de het Princebosch 350ha. Binnen beide gebieden komt ca. 87ha landbouwgrond voor, hoofdzakelijk gelegen in voormalige vennen en laagtes. Deze landbouwgronden werden voor een groot deel verpacht aan landbouwers.

### Historisch grondwater

Grondwater staat in directe relatie met de opbouw en waterstanden van de watergangen. In het stroomgebied vindt in de huidige situatie zowel kwel als wegzijging plaats (fig. 2.1). De kweldruk van rond 1900 zal groter zijn geweest dan de huidige kweldruk. Maar de locaties waar kwel en wegzijging optreden zijn hetzelfde. Bij het modelleren van de historische situatie (hfdst 5.2) zal meer over de kweldruk gezegd (kunnen) worden. De smalle beekdalen waren door de natte omstandigheden moerassige gebieden. De delen tussen de beekdalen waren droger.

Figuur 2.1 Kwel & wegzijging



De hooggelegen dekzandgronden (Staatsbosbeheer, 1991) staan niet onder invloed van het grondwater (rood in fig. 2.1). Het betreffen haarpodzolgronden met een hangwaterprofiel. In de situatie rond 1900 waren hier de bossen en ruige gronden gelegen. Op deze gronden kan het water infiltreren en in natte periode stroomde het water geleidelijk via het maaiveld af. De veldpodzolgronden komen voor waar wel grondwaterinvloed merkbaar is. Afhankelijk van de diepte van de grondwaterstand vindt gedurende een deel of het gehele jaar op deze gronden capillaire nalevering vanuit het grondwater plaats (blauw in fig. 2.1). De natte natuurparel van dit onderzoek is gelegen in het oranje ovaal.

## 2.2 Ingrepen aan het watersysteem

### Ingrepen oppervlaktewater

Aan het watersysteem zijn vanaf 1900 tot heden vele ingrepen verricht. De meest belangrijke ingrepen zijn in chronologische volgorde vanaf de in het vorige hoofdstuk 2.1 beschreven situatie van rond 1900 hieronder weergegeven. Hierbij is veel gebruik gemaakt van topografische kaarten uit de desbetreffende perioden (bijlage 2.4), literatuur en kennis vanuit het veldbezoek.

**1919:** Op het deel van de historische kaart van 1919 dat nog beschikbaar was, is weinig verandering te zien ten opzichte van 1900. Tussen de ontgonnen gronden liggen nog percelen ruigte en diverse vennen. In de Chaamse Bossen komen nog landbouwgrond voor.

**1948:** Bij een vergelijking van de kaarten 1919 en 1948 blijkt dat de gronden in het zuiden zijn ontgonnen. Bij de wederopbouw van Nederland was er een schaarste aan landbouwgrond. Hierdoor werd het interessant om nu ook de gronden in het zuiden te ontginnen. Dit is gedaan door de waaier van 6 beeklopen verder door te trekken naar het zuiden. De Chaamse beek ontspringt nu 3 km ten zuiden van het onderzoeksgebied (natte natuurparel) en stroomt er dwars doorheen. De Roode beek ontspringt nu 6 km ten zuiden van het onderzoeksgebied en stroomt langs het dorp Chaam. In deze periode zijn er geen ontgonnen percelen samengevoegd.

**1967:** Vanaf 1948 tot 1967 is er op de topografische kaart veel verandering te zien. Rond 1970 heeft de normalisatie ten behoeve van de landbouw plaatsgevonden. Het uitgangspunt bij deze normalisatie was het snel afvoer van water en vergroten van de percelen. Zodat machinale bewerking efficiënter werd en het seizoen voor landbewerking kon worden verlengd.

Alle bovenlopen van de Chaamse beken zijn genormaliseerd, m.u.v. de meest benedenstroomse delen in de landgoederen. Bij de normalisatie zijn de middenlopen van de beken (rondom Chaam) rechtgetrokken, verdiept en verbreed. Bij het verdiepen zijn de beken ongeveer 60 cm verdiept. In de midden- en bovenlopen zijn veel percelen samengevoegd om deze efficiënter machinaal te kunnen bewerken. In de bovenlopen zijn de beken verder uitgediept in het verlengde van de oorspronkelijke beken waardoor deze sneller afvoeren.

Het grote hoogteverschil (Landinrichtingsdienst, 1991) in de boswachterij heeft invloed op de snelle afvoer van water via greppel- en slotenstelsel. Naast het steile verhang zorgt ook het ondiep voorkomen van leem in de ondergrond voor piekafvoeren in het waterlopenstelsel van het bos en gedeeltelijk ook in de benedenloop. Om wateroverlast van de piekafvoeren te beperken, zijn ook de beken verdiept die het water van het bos afvoeren.

**1989:** De normalisatie van rond 1970 leidde rond 1990 (Landinrichtingsdienst, 1991) tot de verdrogingproblematiek. Het versneld afvoeren van de bovenlopen en uit het bosgebied leiden in de benedenlopen tot waterproblemen door grote piekafvoeren. Om de wateroverlast in het benedenstroomse gedeelte te beperken diende de afvoergolven uit het bovenstroomse bosgebied gedempt te worden.

Er ontstonden extreme afvoercharacteristieke deze bestonden enerzijds uit te hoge afvoerpieken in de benedenlopen na extreme neerslagperioden en anderzijds uit te lage stroomsnelheden en het droogvallen in de bovenlopen in droge perioden. Het te lang droogvallen van de bovenlopen had negatieve gevolgen op zowel de landbouw als de landnatuur. Door deze ontwikkeling werden natuurontwikkelingsprojecten benedenstrooms van de landgoederenzone voorbereid en uitgevoerd. Deze natuurontwikkelingsplannen waren voor de korte en lange termijn ontwikkeld. Ten behoeve van de bescherming van de beekmorfologie is geprobeerd om stroken van ca 10m langs de beken te verwerven. De verworven stroken zijn weer zo 'natuurlijk' mogelijk ingericht. Het samenvoegen van landbouwpercelen heeft ook na de normalisatie nog plaats gevonden, maar in mindere maten.



Het is vanuit bosbouwkundig oogpunt niet gewenst dat de intensiteit van de waterlopen in de Chaamse Bosschen wordt verkleind. Daarom zijn er in 1991 locaties gezocht om retentiebekken te maken. Dit om de afvoergolf te verkleinen en de waterproblemen benedenstrooms te minimaliseren. Ossengoor in de Chaamse Bosschen is de locatie waar in de eerste fase een retentiebekken van 25.000m<sup>3</sup> is gerealiseerd. In het bos lagen de landbouwgronden hoofdzakelijk in voormalige vennen en laagtes. Na verwerving van de gebruikersrechten van de landbouwgronden in Ossengoor, is het retentiebekken uitgebreid naar 50.000m<sup>3</sup>. Het bovenstroomse gelegen stroomgebied van de Chaamse Bosschen (465ha) is vergroot tot 760ha door kortsluiting met een naastgelegen deelstroomgebied.

**1998:** Aan het eind van de 20<sup>ste</sup> eeuw waren er al ingrepen gedaan naar aanleiding van de verdrogingproblematiek. Bij deze ingrepen werden de natuurplannen steeds belangrijker en werd er niet alleen meer gekeken naar de landbouwfunctie.

Het aantal stuwen in het stroomgebied (Landinrichtingsdienst, 1991) is terug gebracht van elf naar vijf. Dit is gedaan om het stroomgebied beter vispasseerbaar te maken en de opstuwing per stuw vindt plaats over geringe afstand door de grote helling in het stroomgebied. Er zijn watergangen afgedamd of gedempt waardoor het water langer wordt vastgehouden hetgeen wat verdroging tegen gaat. Daarnaast vindt de afvoer in eerste instantie meer geleidelijk plaats en de opbolling van het grondwater neemt toe. Deze maatregel is sterk afhankelijk van de vrijwillige medewerking van de grondeigenaren. Ten behoeve van de waterkwaliteit is het aantal overstorten van het rioolstelsel in het gebied terug gebracht van drie naar een. Tevens zijn er randvoorzieningen getroffen met als doel het bereiken van een overstortfrequentie van ten hoogste eenmaal per twee jaar.

Het goed laten functioneren van het retentiebekken in de Chaamse Bosschen heeft veel energie gevergd. Dit had voornamelijk te maken met de duur van vasthouden om zo min mogelijk wateroverlast voor de bosbouw en landbouw te krijgen. Het bos was aangeplant op rabatten om wateroverlast in laagten en op de lemige gronden tegen te gaan. Door het volwassen worden van het bos wordt er door de bomen meer water verbruikt, waardoor het huidige greppelstelsel nog slechts in beperkte mate functioneert.

### Gevolgen voor het grondwater

De grondwaterstanden zijn logischerwijs vanaf 1900 mee veranderd met alle ingrepen aan het watersysteem. In het begin van de eeuw waren alle maatregelen gericht op het verlagen van de grondwaterstanden, maar in het laatste decennia van de eeuw sloeg deze gedachten om. Men werd zich er van bewust dat verlaging voor al het landgebruik nadelige gevolgen heeft.

**1919:** Het grondwater verloop is nog identiek aan de situatie van rond 1900. De bossen bestonden voornamelijk uit gemengd bos.

**1948:** De bovenstroomse gronden zijn ontgonnen, watergangen zijn gegraven in het verlengde van de oorspronkelijke beken. Het doortrekken van de beken had een water ontrekkende werking. Hierdoor daalde de grondwaterstand rondom de beken ten opzichte van 1919. Vanuit de mijnbouw nam de vraag naar naalddhout toe. Hierdoor werd rond 1930 veel naalddhout geplant tijdens de werkverschaffing.

**1967:** Bij de normalisatie van het stroomgebied zijn de waterlopen verder uitgediept met 60 cm. Tevens zijn er landbouwpercelen gedraineerd. Door de snelle afvoer kon het water niet meer infiltreren in de bodem. Dit alles heeft een fors grondwaterdaling tot gevolg gehad.

**1989:** De normalisatie heeft een te grote grondwaterdaling tot gevolg gehad voor zowel de landnatuur als de landbouw. De aangeplante naaldbomen zijn volwassen geworden en zijn meer gaan verdampen. Naalddhout verdampt het gehele jaar door meer dan loofhout (tab. 2.1) en onttrekt daarom ook meer grondwater. De grondwatertrap van 1969 zal daarom ook enigszins zijn veranderd.

Tabel 2.1 Verdamping houtsoorten

### Verdamping per houtsoort

|            |             |
|------------|-------------|
| Naalddhout | 696 mm/jaar |
| Loofhout   | 519 mm/jaar |
| Heide      | 400 mm/jaar |



**1998:** Door het langer vasthouden van water kan er meer water infiltreren. Dit heeft weer een gunstig effect op de droogteschade van natuur en landbouw. Bij een te hoge grondwaterstand (Staatsbosbeheer, 1991) sterven de boomwortels af wegens zuurstofgebrek. Als randvoorwaarden in het natuurontwikkelingsplan is daarom gesteld, dat niet meer dan ca. 5% van het bos mag “verdrinken”.

### Typerende ontwikkelingen

In het begin van de vorige eeuw werden alleen de voedselrijke gronden ontwaterd ten behoeve van de landbouw voor de voedselproductie. Hierbij was het natuurlijke bekenpatroon nog zeer leidend. Na de tweede wereldoorlog werd het ook interessanter om de minder voedselrijke bodems te ontginnen, door voedsel te kort.

Door de gebruiktoenamen van machinerie in de landbouw werden er andere eisen gesteld aan de opbouw en eigenschappen van de percelen. De percelen moesten zo recht, groot en lang mogelijk bewerkbaar zijn. Door deze eisen werd het watersysteem ingericht op het afvoeren.

Aan het eind van de 20<sup>ste</sup> eeuw leidden het afvoeren tot verdrogingsproblemen en kreeg de natuur een steeds belangrijkere rol. De eerste natuurplannen voor het gebied werden ontwikkeld.

De waaier van beeklopen is in de loop van de vorige eeuw niet veranderd. De beken zijn stroomopwaarts wel doorgetrokken naar de hogere gronden. Het hydrologische stelsel van de Chaamse bossen is nagenoeg niet veranderd in de vorige eeuw. Na alle ingrepen stroomt er nog steeds geen oppervlaktewater van andere stroomgebieden door het stroomgebied. Het patroon van kwel en wegzijging is nog steeds terug te zien, maar de hoeveelheid is wel veranderd (vergelijk hfdst 3.2 & 5.2).

## 2.3 Actuele Grond- en Oppervlaktewaterregime

### Waterbeleid

Aan het oppervlaktewater worden vanuit de verschillende gebruikersfuncties andere eisen gesteld. Om deze eisen samen met elkaar te laten functioneren zijn er randvoorwaarden voor de verschillende gebruikersfuncties (Tauw1, 2008) vastgelegd. In het reconstructieplan is aangegeven dat de landbouw een belangrijke functie blijft vervullen in het stroomgebied. Het streefbeeld voor de natuur is om in 2018 de EHS (Ecologische hoofdstructuur) gerealiseerd te hebben. Op de EHS is een beschermingswet van toepassing waarbij er geen negatieve waterhuishoudkundige ingrepen gedaan mogen worden. Voor de landbouw en bebouwing dient de wateroverlast binnen de NBW-normen te blijven (tab. 2.2). In dit onderzoek wordt er voornamelijk gekeken naar de mogelijkheden om de doelrealisatie voor de natuur kwantitatief te laten stijgen. Hierbij wordt er in mindere mate rekening gehouden met de NBW-normen.

| Landgebruik           | NBW werknormen<br>wateroverlast | Frequentie |
|-----------------------|---------------------------------|------------|
| Grasland              | 5%                              | 1:10 jaar  |
| Akkerbouw             | 1%                              | 1:25 jaar  |
| Hoogwaardige landbouw | 1%                              | 1:50 jaar  |
| Bebouwd gebied        | 0%                              | 1:100 jaar |

*Tabel 2.2 wateroverlast per landgebruik NBW-norm*

### Huidige oppervlaktewater

Het gebied helt van circa 20 m + NAP in het zuidoosten naar circa 5 m + NAP nabij de uitmonding in de Bovenmark in het noordwesten (bijlage 2.1 & 2.2). De beekdalen liggen duidelijk diep ingesneden in het landschap. Door de diepe ligging (Tauw1, 2008) werken de beken sterk drainerend. Regenwater infiltreert op de hoge gronden (met name Chaamse Bossen) en komt weer als kwel in de lager gelegen beekdalen (bijlage 2.8) aan het maaiveld. Naast (directe) voeding met neerslag worden de beken daarmee deels gevoed door ondiep grondwater.

De beken zijn gedeeltelijk gestuwd om water in droge periode vast te houden. De bovenlopen van de meeste beken vallen echter wel droog in de zomerperiode terwijl de overige beektrajecten in deze periode geen of geringe stroomsnelheid kennen. De Chaamse beek ontspringt 3 km bovenstrooms van het onderzoeksgebied en de Roode beek die langs het dorp Chaam stroomt, ontspringt 6 km ten zuiden ervan. In het deelstroomgebied van de Roode beek (fig. 2.2) komen enkele natuurlijke laagtes voor die inzetbaar zijn voor waterberging, twee plekken rondom Chaam worden hiervoor al ingericht. Naast de hoofdwaterloop Bleeker Heide is een trekvogelreservaat aangelegd in een natuurlijke laagte. Het is een gebied dat afhankelijk is van het gevoerde oppervlaktewater peilbeheer. Toekomstgericht zullen er nog meer van deze natuurlijke laagtes worden ingericht. De snelheid waarmee dit gebeurt is afhankelijk van



de grondeigenaren, die op vrijwillige basis mee moeten werken bij de realisatie. De ingerichte laagtes dragen bij aan de realisatie van de ecologische verbindingzones.

In het ideale geval voor waternatuur is er sprake van vrije afstroming, vrije meandering, veel variatie aan leefmilieus, waterkwaliteit van voedselarm bovenstrooms tot meer voedselrijk benedenstrooms, en zijn kunstmatige obstakels passeerbaar voor aquatische organismen. In deze situatie zijn er geen migratiebarrières omdat er geen stuwen aanwezig zijn. Hierbij zullen de bovenlopen van de beken in de zomerperiode droog vallen. Vanuit natuuroogpunt wordt deze situatie zoveel mogelijk nagestreefd.

In de laatste decennia van de vorige eeuw was het niet gewenst dat de intensiteit van de waterlopen in de Chaamse Bosschen werd verkleind. In verband met de luchtbehoefte van de boomwortels.

Afgelopen winter zijn dammen geplaatst, in zowat elke greppel van de Chaamse Bossen om het water langer vast te houden. Met het gevolg dat op veel plaatsen het water boven de greppels uitkomt. Het naaldbos wordt nu omgevormd naar loofbos en heide, wat minder waterverbruik (tab. 2.1) tot gevolg heeft.

### Grondwatermodel

Om het actuele grondwaterregime te beschrijven is er gebruikt gemaakt van het stroomgebiedmodel Chaamse beken wat gebouwd is in Modflow door het adviesbureau. Dit model is vertaling van het Waterdoelen model van de provincie Noord-Brabant (hfdst 4.1). De lagenschematisatie en de bodemparameters (Tauw2, 2008) binnen het model zijn in eerste instantie overgenomen uit de database die is opgezet voor het Waterdoelenmodel. Dit betreft de dikte en doorlatendheid van de onderscheiden watervoerende pakketten en weestand van scheidende lagen.

De eerste modellaag heeft betrekking op zandige afzettingen van de Formatie van Tegelen. Het waterdoelen model houdt voor het doorlaatvermogen een waarde van enkele tientallen dagen. De ruimtelijke variatie van het doorlaatvermogen is gering.

Aan de onderzijde van de eerste modellaag is de weerstand toegekend van de weerstandbiedende lagen (klei/fijne zanden) van dezelfde Formatie. De weestand varieert in het Waterdoelen model van circa 500 dagen in enkele beekdalen tot ruimt tienduizend dagen in het zuidoostelijk deel van het modelgebied. Door de relatief hoge weerstand is de interactie tussen het freatisch grondwater en het grondwater in de diepere watervoerende lagen beperkt. De grondwaterstand en de fluctuatie daarvan wordt daarom in belangrijke mate worden bepaald door het topsysteem (grondwateraanvulling, waterlopen en drainage) en de karakteristieken van de eerste modellaag (freatisch pakket).

Bij de vertaling van het Waterdoelenmodel naar het stroomgebiedmodel is er extra aandacht besteed aan de bodemopbouw van het freatisch pakket. Via het Dinoloket heeft het adviesbureau alle diepere boringen opgevraagd in het modelgebied. Op basis van de boorbeschrijvingen, de lokale dikte van modellaag 1 en gemiddelde doorlaatfactoren voor zandige bodemlagen is per boring een gesommeerd doorlaatvermogen bepaald voor het freatisch pakket.

Door het groot aantal boringen in het gebied is het mogelijk om via interpolatie een gebiedsdekkend beeld samen te stellen van het doorlaatvermogen van het freatisch pakket. De  $kD$  varieert daarbij van enkele tientallen dagen tot maximaal 300 m<sup>2</sup>/dag.

De gevolgde werkwijze levert in vergelijking tot het Waterdoelen model meer ruimtelijke detail van de bodemparameter. Desondanks bevat het model niet meer informatie dan uit boringen beschikbaar is; op plaatsen waar geen informatie beschikbaar is, kan de modelschematisatie afwijken van de feitelijke situatie.

De tijdsafhankelijke grondwateraanvulling is gesimuleerd door middel van een afzonderlijke neerslagmodule en een verdampingsmodule. Bij de verdampingsmodule is rekening gehouden met het landgebruik (gewasfactor, worteldiepte), en met het bodemtype (niveau van maximale verdamping, extinctiediepte). Voor de neerslagcijfers is uitgegaan van weestation Chaam. Voor de potentiële verdampingscijfers is uitgegaan van KNMI-station Gilze-Rijen.

De kalibratie resultaten van het stroomgebiedmodel staan beschreven in hoofdstuk 4.1 onder het kopje kalibratieresultaten. Hierbij wordt voornamelijk ingezoomd op de natte natuurparel.



### Huidige grondwater

De grondwater gerelateerde kaarten zijn terug te vinden in bijlage 2.5 t/m 2.8. Deze kaarten tonen respectievelijk de Gemiddelde Hoogste Grondwaterstanden (GHG), de Gemiddelde Laagste Grondwaterstanden (GLG) en de Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand (GVG), zoals berekend met het grondwatermodel (zie hfdst 4.1). Op de GHG en GVG kaart zijn de natte gebieden duidelijk te zien. Grotendeels zijn deze natte gebieden smal en bevinden zich langs de beken, maar er zijn ook andere gebieden aan te wijzen waar het grondwater tot aan het maaiveld komt. De drogere gebieden liggen met name op de hogere gronden die te vinden zijn tussen de beekdalen. Ook in de Chaamse Bosschen zijn de GHG-standen diep.

Het water in het bos wordt langer vastgehouden zodat dit kan infiltreren (bijlage 2.8), waardoor er meer kweldruk zal gaan optreden in de natte natuurparel Chaamse beken. Op de hogere gronden in het stroomgebied van de Chaamse beken treedt wegzijging op. In de lagere gebieden treedt langs de beken lichte kwel op (0,2mm/dag) die richting het westen (natte natuurparel) toeneemt als de verschillende beken samen komen.

### Waterkwaliteit

Naar waterkwaliteit wordt in dit onderzoek in mindere mate gekeken, de nadruk zal vooral liggen op de kwantitatieve kant voor de natuurdoeltypen. Bij het onderzoek worden wel kanttekeningen gezet bij mogelijk verrijkt grond- en oppervlaktewater of gebiedsvreemd water. De beken die door de natte natuurparel stromen ontspringen in landbouwgebied. Bemesting en gebruik van bestrijdingsmiddelen in de landbouw zijn een knelpunt voor de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit. Hierdoor zal het water in het onderzoeksgebied lichtelijk verrijkt zijn met nutriënten.



*Figuur 2.2 Roode beek*

### 3. Doelgat natte natuurparel in huidige situatie

De standplaatseisen van provincie Noord-Brabant worden in dit hoofdstuk vergeleken met de huidige situatie waardoor het doelgat bepaald kan worden.

#### 3.1 Optimale Grond- en Oppervlaktewaterregime natte natuurparel

*De provincie heeft standplaatseisen voor natuurdoeltypen die voorkomen in de natte natuurparels vastgelegd. Tot op perceel niveau zijn de natuurdoeltypen gedefinieerd waarbij per natuurdoeltype een beschrijving is gegeven. Deze beschrijvingen geven inzicht in de verwachte flora, fauna, standplaatseisen, bodemeisen en gewenst beheer. In dit onderzoek wordt er met gemiddelde standplaatseisen voor de GVG, GLG en kwel gerekend. Het onderzoeksgebied bevat negen natuurdoeltypen die voor de GVG zowel te nat als te droog kunnen staan. Bij de GLG kan het grondwater voor de natuurdoeltypen Elzenbroekbos en Ven te laag worden, volgens de Waternoodsystematiek.*

##### Provinciale standplaatseisen

De provincie Noord-Brabant heeft standplaatseisen voor natuurdoeltypen vastgelegd. Natuur en landschap (Provincie, 2005) in de provincie Noord-Brabant moeten de beschikbare ruimten delen met andere functies zoals landbouw of bebouwd gebied. Ingrepen in het watersysteem in het verleden leidden vaak tot verslechtering van de natuur- en landschapswaarden. Om inzichtelijk te maken wat het inhoud om natuurdoeltypen te realiseren of te behouden heeft de provincie standplaatseisen voor die natuurdoeltypen vastgelegd.

Tot op perceel niveau zijn natuurdoeltypen gedefinieerd die worden nagestreefd. Eén natuurdoeltype kan uit meerdere vegetatietypen bestaan, die variërende eisen stellen aan de hydrologische omstandigheden. Bij de bepaling van de OGOR zijn gewichten toegekend aan de vegetatietypen, zodat de abiotische randvoorwaarden worden bepaald door de belangrijkste vegetatietypen en minder door de onbelangrijke vegetatietypen die ook in dat natuurdoeltype voorkomen.

In deze studie wordt voor de OGOR naar drie stuurvariabelen volgens de Waternoodsystematiek gekeken. Hieronder vallen de Gemiddelde VoorjaarsGrondwaterstand (GVG), Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (GLG) en kwel. De GVG is gedefinieerd als de gemiddelde grondwaterstand in de periode maart-april. De GVG is zeer bepalend voor de zuurstofbeschikbaarheid in de bodem aan het begin van het groeiseizoen. Voor sommige grasvegetaties is het een voorwaarde dat de standplaatsen ten minste in de zomer droogvallen en de GLG dus onder maaiveld ligt. De aanvoer van gebufferd bicarbonaatrijk grondwater (kwel) tot in maaiveld is voor de ontwikkeling van bepaalde vegetaties onontbeerlijk vanwege de zuurbuffering in de bovengrond. De toetsing volgens de Waternoodsystematiek met de toetsingtool Waternood 2007 wordt in bijlage 4 toegelicht. Naast de genoemde standplaatsfactoren kunnen waterkwaliteit, overstroming en beheer ook een rol spelen bij de realisatie.

##### Twee OGOR standplaatseisen

Voor de natuurdoeltypen zijn bij de OGOR twee standplaatseisen door de provincie geformuleerd, namelijk de buitengrenzen en de gemiddelden. Dus voor de stuurvariabelen (GVG, GLG) zijn er twee trapeziums zoals in figuur 3.2 beschreven. Voor beide standplaatseisen geldt dat voor de minimale waarden (A1 & A2) waaronder en waarboven het natuurdoeltype niet meer kan voorkomen, de laagste en respectievelijk hoogste waarden zijn gekozen waarbij één van de vegetatietypen nog wel kan voorkomen.

De standplaatseisen verschillen dus in de optimale waarden (B1 & B2). Als uitgangspunt voor de optimale standplaatseisen bij 'de buitengrenzen' is dat het natuurdoeltype optimaal is ontwikkeld als ten minste één van de vegetatietypen optimaal is ontwikkeld. Bij 'de gemiddelde' standplaatseisen is het natuurdoeltype optimaal ontwikkeld als ten minste een redelijk deel van de vegetaties ontwikkeld kan worden.

Tijdens de voorliggende studie 'Integrale gebiedsanalyse' die door het adviesbureau is uitgevoerd zijn de gemiddelden standplaatseisen voor de natuurdoeltypen van de provincie gebruikt. Deze studie borduurt verder op conclusies die getrokken zijn uit de gebiedsanalyse. Om deze reden wordt er bij de bepaling van de doelrealisatie in deze studie ook voor de gemiddelden standplaatseisen van de provincie gekozen.



Een andere reden is dat het leidt tot een strengere toetsing, doordat de B1- en B2-waarden van het optimum dicht bij elkaar liggen. Er zijn dus plantensoorten behorende bij de gedefinieerde natuurdoeltype die buiten deze B1- en B2-waarden kunnen voorkomen. Er kunnen afwijkingen in de grondwaterstand ontstaan tussen het model en de werkelijkheid, die leiden tot een waterstand die buiten de B1- en B2-waarden ligt. Ondanks deze afwijking kan de grondwaterstand nog wel binnen de B1- en B2-waarden vallen van een plantensoort die behoort bij de gedefinieerde natuurdoeltype. Hierdoor heb je in de werkelijkheid nog een doelrealisatie van 100%. Doet zich hetzelfde voorval voor bij toetsing met buitengrenzen, dan leidt dit meteen tot een slechtere doelrealisatie.

### Negen natuurdoeltypen voor onderzoeksgebied

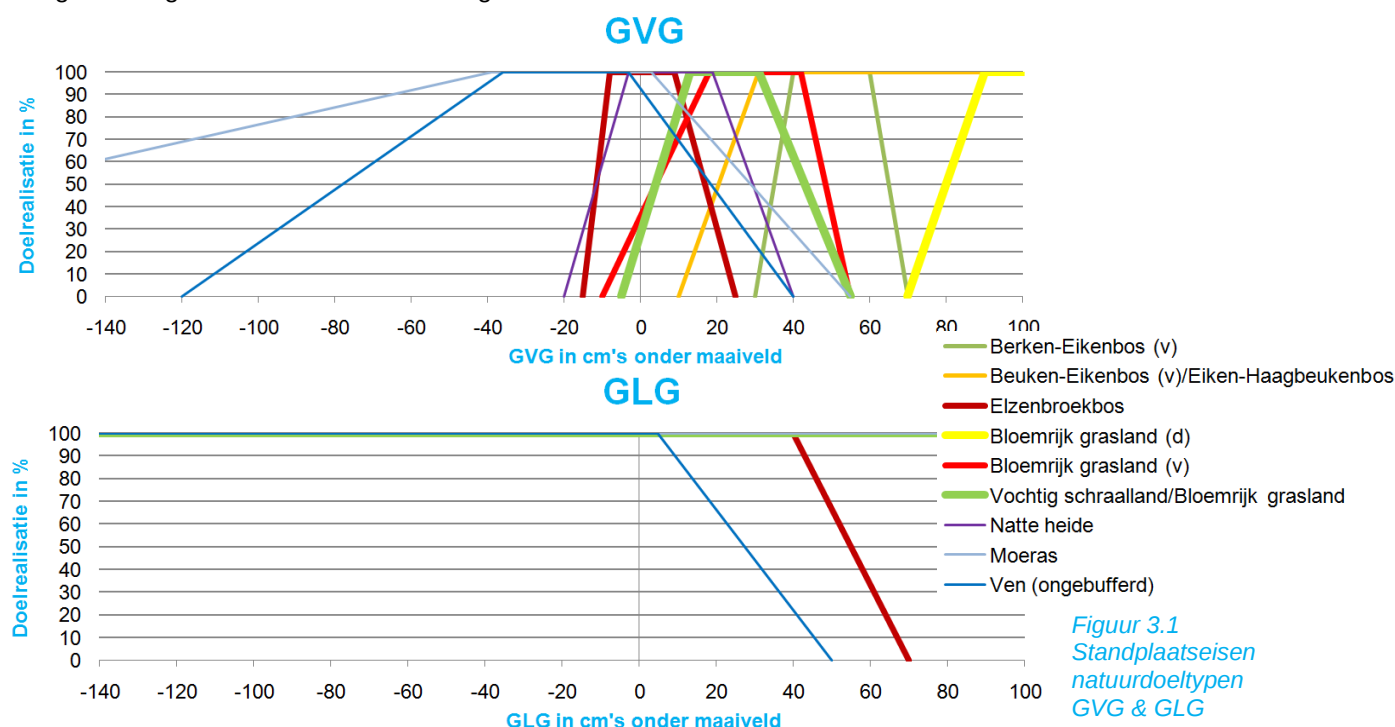
De natte natuurplek in het onderzoeksgebied bevat negen natuurdoeltypen die door provincie Noord-Brabant zijn gedefinieerd. In bijlage 3.1 is de beschrijving van de natuurdoeltypen van de provincie weergegeven. In deze beschrijving wordt de verwachte flora en fauna, standplaatseisen, bodemeisen en gewenst beheer beschreven. In bijlage 3.2 zit een kaart van het onderzoeksgebied met daarop de locaties van de beschreven natuurdoeltypen.

Niet elk natuurdoeltype beslaat een even groot oppervlakte van het onderzoeksgebied. De natuurdoeltypen staan ook in figuur 3.1 in de legenda genoemd. Het natuurdoeltype beslaat een groter oppervlakte naar mate de lijn dikker is weergegeven in de grafiek. Voor alle natuurdoeltypen zijn in de twee grafieken (GVG & GLG) de gemiddelde standplaatseisen vermeld. Onderaan de grafieken staan de grondwaterstanden in cm's onder het maaiveld, links staat de doelrealisatie.

In de grafiek van de GVG is te zien dat de natuurdoeltypen Bloemrijk grasland (d) en Beuken-Eikenbos (v) links wel zijn begrensd maar rechts niet. Dit wil zeggen dat het voor de twee natuurdoeltypen niet uit maakt hoever het grondwater in het voorjaar (GVG) onder het maaiveld staat. Alle andere natuurdoeltypen zijn voor de GVG tweezijdig begrensd. Voor Moeras mag het grondwater tot 3m boven het maaiveld uitkomen (bovengrens).

De GLG-grafiek laat zien dat alleen Elzenbroekbos en Ven (ongebufferd) rechts zijn begrensd. Voor Elzenbroekbos mag het grondwater niet verder wegzakken dan 70cm onder het maaiveld en bij een Ven (ongebufferd) niet verder dan 50cm. De andere natuurdoeltypen zijn zowel links als rechts niet begrensd. Deze natuurdoeltypen accepteren elke laagste grondwaterstand.

De aanwezigheid van kwel wordt alleen voor het natuurdoeltype Vochtig schraalland/ Bloemrijk grasland getoetst in het onderzoeksgebied.



### 3.2 Bepaling doelgat natte natuurparel

*Bij de totale toetsing van de natuurdoeltypen aan de huidige situatie hebben alleen Bloemrijk grasland (d) en Beuken-Eikenbos (v) op sommige percelen een doelrealisatie van 100%. De meeste natuurdoeltypen hebben bij de GVG geen (0%) doelrealisatie maar bij de GLG en kwel 100%. Het grondwater voor de GVG is op één locatie voor Bloemrijk grasland (d) 50 tot 60 cm te hoog. Voor de natuurdoeltypen die een hogere GVG eisen moet het grondwater 50 tot 100 cm stijgen. Om te voldoen aan de ondergrens van GLG voor Elzenbroekbos moet het grondwater 50 tot 100 cm stijgen.*

#### Natuurdoeltypen zijn getoetst

De natuurdoeltypen zijn getoetst volgens de Waternoodsystematiek met de gedefinieerde waarden van de provincie. Het gehele stroomgebied Chaamse beken is getoetst aan de huidige situatie. Hiermee wordt duidelijk dat er niet alleen in het onderzoeksgebied problemen zijn ten aanzien van slechte doelrealisaties. De uitkomsten van de toetsing laat voor de totale doelrealisatie voor de natuur (bijlage 3.3) over het algemeen geen (0%) doelrealisatie zien. In het onderzoeksgebied hebben de natuurdoeltypen Bloemrijk grasland (d) en Beuken-Eikenbos (v) op sommige locaties 100% doelrealisatie. Dit houdt in dat deze natuurdoeltypen op die locaties zowel op GVG, GLG en kwel een doelrealisatie van 100% hebben. De overige natuurdoeltypen falen bij de toetsing ten minste op één van de drie parameters.

Op de kaart van doelrealisatie GVG (bijlage 3.4) voor de huidige situatie zijn in het onderzoeksgebied ongeveer dezelfde locaties rood gearceerd als bij de totale doelrealisatie. Bijna alle gedefinieerde natuurdoeltypen hebben voor de GVG een boven- en ondergrens (A1 & A2). De GVG-grondwaterstand dient bij de toetsing dus binnen deze marges te vallen.

De doelrealisatie GLG voor de huidige situatie (bijlage 3.5) in het onderzoeksgebied laat een doelrealisatie zien van 100%, op één natuurdoeltype na. Dit natuurdoeltype is het Elzenbroekbos dat bij een grondwaterstand van lager dan 70cm onder het maaiveld niet meer kan voorkomen. Voor het natuurdoeltype Ven (ongebufferd) is ook een ondergrens van 50cm gesteld, alle andere natuurdoeltypen hebben voor de GLG geen boven- of ondergrens.

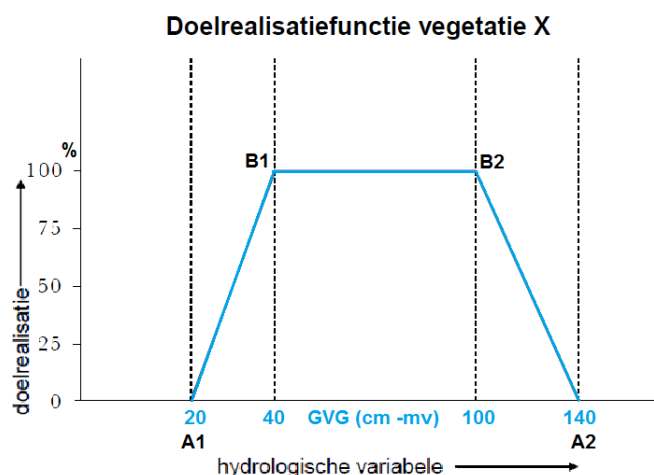
Kwel (bijlage 3.6) heeft in het gehele stroomgebied een doelrealisatie van 100%. Bij de toetsing van kwel wordt er alleen gekeken naar de aanwezigheid van kwel. De hoeveelheid kwel is bij de toetsing niet relevant, in de werkelijkheid is dat wel voor de realisatie van de natuurdoeltypen. De aanwezigheid van kwel wordt bij vier natuurdoeltypen in het stroomgebied als randvoorwaarden gesteld.

#### Het doelgat

Om het doelgat beter inzichtelijk te maken zijn er voor de GVG en GLG kaarten (bijlage 3.7 & 3.8) met waarde verschillen in cm's voor het onderzoeksgebied gemaakt. Deze kaarten maken inzichtelijk hoeveel de huidige situatie in cm's afwijkt van de vier provinciale vastgelegde trapeziumwaarden. Hierbij is van de vastgelegde waarde de huidige situatie afgetrokken. Een positieve waarde wil zeggen dat in de huidige situatie de grondwaterstand hoger ligt dan de gedefinieerde waarde. Bij een negatieve waarde dient de grondwaterstand te stijgen om aan de gedefinieerde waarde te voldoen.

Om het doelgat voor de GVG (bijlage 3.7) inzichtelijk te maken zijn kaarten van de provinciale 'trapezium' waarden A1, B1, B2 en A2 gemaakt (figuur 3.2).

De bovengrens waarbij een natuurdoeltype nog kan voorkomen is op de kaart 'GVG A1' aangegeven. Op deze kaart is te zien dat één perceel linksboven de grondwaterstand 50-60 cm te hoog is. Op dit perceel is natuurdoeltype Bloemrijk grasland (d) gedefinieerd. Om dit natuurdoeltype op dat perceel te kunnen realiseren dient het grondwater 50 tot 60cm te dalen. Het Waterschap Brabantse Delta accepteert eerder te natte omstandigheden dan te droge omstandigheden voor het natuurdoeltype. De afwijking met de bovengrens van het optimum (100% doelrealisatie) waarbij een natuurdoeltype nog kan voorkomen is weergegeven op de kaart 'GVG B1'. Voor 8 ha zijn de omstandigheden te nat, deze zijn gedefinieerd als Bloemrijk grasland (d). Voor 45 ha is de grondwaterstand nog 0-50 cm te laag.



Figuur 3.2 Standplaatsseisen natuurdoeltype



De kaart met ondergrens van het optimum 'GVG B2' laat geconcentreerde locaties (32ha) met een te lage grondwaterstand van 60 tot 100 cm zien. Om de optimum waarden voor de locaties te halen dient het grondwater met 60 tot 100cm te stijgen. Op deze concentraties zijn de natuurdoeltypen Berken-Eikenbos (v), Elzenbroekbos, Bloemrijk grasland (v), Vochtig schraalland en Moeras gedefinieerd. De ondergrens waarbij een natuurdoeltype nog kan voorkomen is weergegeven met de kaart 'GVG A2'. De geconcentreerde locaties met een te lage grondwaterstand is 8 hectaren kleiner geworden. Op deze 8 ha zijn de natuurdoeltype Elzenbroekbos en Moeras gedefinieerd. Voor nog 13 hectare moet het grondwater stijgen met 50 tot 100 cm.

Voor het doelgat van de gemiddelde laagste grondwaterstand is alleen de ondergrens (B2 & A2) van de provinciale 'trapezium' waarden weergegeven. Dit is gedaan omdat alleen Elzenbroekbos en Ven aan de ondergrens zijn begrensd. Kaart 'GLG B2' laat zien dat voor Elzenbroekbos het grondwater met 100 tot 150cm moet stijgen voor de ondergrens van het optimum. Voor de ondergrens (GLG A2) waarbij het natuurdoeltype nog kan voorkomen moet het grondwater stijgen met 50 tot 100cm. Ven (ongebufferd) voldoet net aan de ondergrens (A2).

Bij het huidige verloop van de grondwaterstand kan 120 ha van de gedefinieerde natuurdoeltypen niet voorkomen. Gemiddeld dient in het voorjaar het grondwater tussen de 10 cm boven en 40 cm onder het maaiveld te staan voor een optimale doelrealisatie.

De natte natuurplel in het onderzoeksgebied heeft een oppervlakte van 160 hectare. Hiervan haalt 40 ha een maximale (100%) doelrealisatie bij toetsing van de drie parameters. Op deze 40 ha zijn Bloemrijk grasland (d) en Beuken- Eikenbos (v) /Eiken-Haagbeukenbos gedefinieerd op een paar kleine locaties na. Deze natuurdoeltypen kunnen voor komen bij drogere omstandigheden volgens de standplaatseisen. Door deze eigenschap wordt sneller voldaan aan de standplaatseisen.

Voor 45 ha dient het grondwater in het voorjaar nog met 40 tot 80 cm te stijgen voor een optimale doelrealisatie. Op deze locaties heeft het maaiveld een opbolling van 3 meter tussen de watergangen. Voor een oppervlakte van 13 ha zijn de omstandigheden te droog om te kunnen voorkomen. Deze 13 hectare liggen op de koppen tussen de watergangen in.

Elzenbroekbos heeft een oppervlakte van 10 ha en is de laagste grondwater (GLG) 50 tot 80 cm te laag. Het maaiveld op de locatie van Elzenbroekbos ligt 1 tot 1.5 meter hoger dan de naastgelegen waterlopen. De relatief diepen en grote hoogteverschillen tussen de watergangen in leidt snel tot een slechte doelrealisatie.



## 4. Geschiktheid grondwatermodel & Waternood

In dit hoofdstuk wordt het gebruikte grondwatermodel en Waternood vergeleken met de werkelijkheid waarbij vanuit de werking van beide modellen naar de beperkingen ervan wordt gekeken.

### 4.1 Grondwatermodel en de werkelijkheid

*De ontwikkeling van het grondwatermodel wat gebruikt wordt voor dit onderzoek is ontwikkeld in drie fases van grof naar fijnschalig. Modflow-modellen zijn altijd een versimpeling van de werkelijke complexe bodemopbouw en grondwaterstromingen. De werkelijkheid wordt nauwkeuriger benaderd naar mate er meer informatie in het model wordt gestopt. Het rekenhart van Modflow werkt met eindige differenties die worden omgezet naar ASCII-bestanden. Vanuit de kalibratie blijkt de uitsnede van het grondwatermodel af te wijken van de werkelijkheid, maar is nog wel geschikt voor het onderzoek.*

#### Ontwikkeling grondwatermodel

In een eerder stadium is er een grondwatermodel ontwikkeld door TNO voor de gehele provincie Noord-Brabant, het zogenaamde Waterdoelen model. De resolutie van dit model is 250meter. Dit houdt in dat alle gegevens met betrekking tot ondergrond en hydrologie zijn vertaald naar grids met celafmetingen van 250x250 m.

Het adviesbureau heeft het Waterdoelen model vertaald naar een stroomgebiedmodel voor het stroomgebied Chaamse beken met een afmeting van 13x18 km. Binnen het lokale model (Tauw2, 2008) is een fijner rekengrid van 25x25 m gehanteerd. Het oorspronkelijke grid van 250x250 m is te grof om uitspraak te kunnen doen over lokale omstandigheden. De beschikbare informatie ten aanzien van lagenschematisatie met bijbehorende hydrologische parameters, startstijghoogten, grondwateronttrekkingen, ontwateringssysteem, en grondwateraanvulling zijn 1-op-1 overgenomen naar het lokale model. Het aantal lagen is daarna teruggebracht tot 4 door de diepere modellagen waar vrijwel geen weerstand tussen ligt, samen te voegen.

Om de gewenste detaillering aan te brengen in het grondwatermodel is daarnaast gebruik gemaakt van gegevens met betrekking tot het oppervlaktewatersysteem. Het oppervlaktewatersysteem is gemodelleerd in Sobek voor dezelfde periode als het grondwatermodel. Deze periode loopt van 1-1-1993 tot 31-12-2000. Voorafgaand aan deze periode is een inspeelperiode gemodelleerd (1-4-1992 tot 1-1-1993), zodat het grondwatermodel de startstijghoogten op 1-1-1993 correct simuleert.

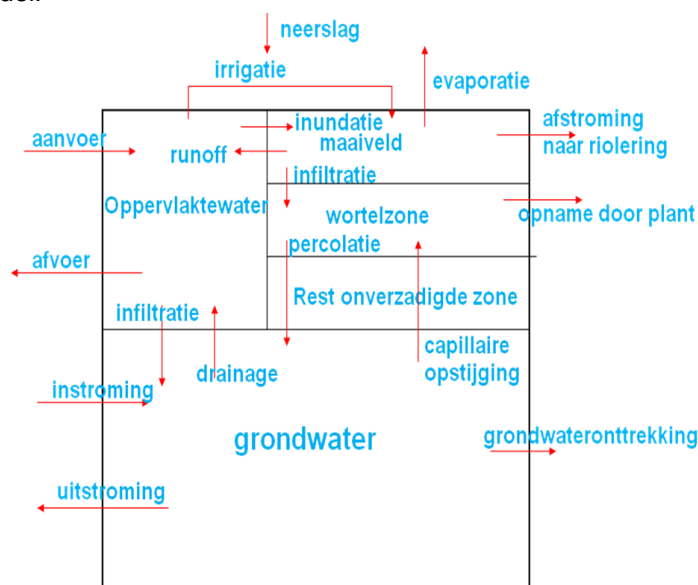
Van het stroomgebiedmodel is voor dit onderzoek door het adviesbureau één uitsnede gemaakt. Deze uitsnede heeft een marge of buffer die overeenkomt met de spreidingslengte van 1,5 km rondom het onderzoeksgebied. De spreidingslengte wordt berekend met de formule

$\lambda = \sqrt{kDc} = \sqrt{30 * 12 * 1369} = 702m$  (Nhv, 2010). Om geen invloed van de modelrand te hebben dient er een minimale buffer van 702 meter te zijn. Het (semi-)lokaal model heeft een afmeting van 6x6 km. De modelranden in het (semi-)lokaal model zijn vastgelegd voor elke rekenperiode (Stress period) met de berekende waarde vanuit het stroomgebiedmodel.

#### Werkning van Modflow

De werking van Modflow berust op de schematisatie van de werkelijkheid, dus een versimpeling van de werkelijke complexe bodemopbouw en grondwaterstromingen. Figuur 4.1 geeft een indruk welke interacties er tussen de deelsystemen in de werkelijkheid plaats vinden. Het grondwatermodel wordt betrouwbaarder naar mate er meer interacties in detail worden meegenomen mits voldoende informatie beschikbaar is.

Figuur 4.2 laat schematisch zien welke vertaling (versimpeling) vanuit de werkelijkheid wordt gemaakt naar een Modflow-model. De rechter kubus is de werkelijke situatie met de vegetatie variatie (verschillende verdampinghoeveelheden), maaiveldhoogteverschillen,



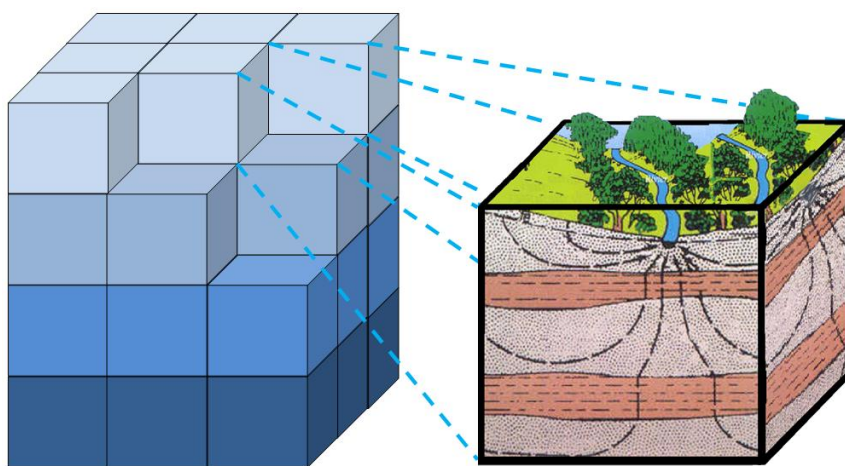
Figuur 4.1 Interactie tussen de deelsystemen



waterlopen, storende lagen in de bodem, neerslagvariatie et cetera. De linker kubus is de visualisatie van de schematisatie zoals een Modflow-model wordt opgebouwd. Iedere modelcel (kubus) is bij de schematisatie homogeen opgebouwd, maar de kubussen ten opzichte van elkaar kunnen wel verschillen.

De eerste stap die genomen dient te worden bij de vertaling van de werkelijkheid naar het model is het kiezen van het gewenste rekengrid. Het rekengrid bestaat uit de afmetingen van de rechthoekige cellen in elke modellaag en het aantal modellagen. De grootte van de rekengrid is afhankelijk van de reden waarom er een grondwatermodel wordt gebouwd. Bij uitspraken op perceelsniveau dient er een fijner rekengrid gebruikt te worden dan bij uitspraken op regionaal niveau. Er kan gekozen worden om bij het interessegebied het rekengrid plaatselijk te verfijnen. Bij het verfijnen wordt er over het gehele model verticaal of horizontaal een rij cellen gehalveerd. Een tweede belangrijke keuze is de modelduur en de omvang van het model in verband met de invloed (spreidingslengte) van de modelrand op het interessegebied.

Voor elke geschematiseerde modelcel wordt de ruimtelijke en temporele informatie vastgelegd over bodemopbouw, neerslag, verdamping, waterlopen, drainage, putten, intreeweerstand et cetera. Deze informatie is weer een gemiddelde die geldt voor de desbetreffende modelcel. Verdamping bijvoorbeeld is een gemiddelde van evaporatie, transpiratie en oppervlaktewerding. Indien van toepassing dienen parameters ten opzichte van NAP te worden ingevoerd, zoals grondwaterstanden.



*Figuur 4.2 Schematisatie werkelijkheid en Modflow*

Bij het vastleggen van de ruimtelijke en temporele informatie moet er consequent gebruik worden gemaakt van eenheden. Alle ingevoerde informatie dient qua eenheden aan elkaar gelijkwaardig te zijn. PMWIN is het input programma voor Modflow wat gebruikt is bij deze studie. PMWIN vraagt bij het invoeren alleen om L (lengte) en/of T (tijd). De

gebruiker dient bij het invoeren de informatie om te rekenen, zodat alle eenheden gelijk aan elkaar zijn. Hierbij kan de gebruiker kiezen om voor de lengte; centimeters, meters etc. te gebruiken. De meest gebruikelijke eenheid voor grondwatermodellering is voor de lengte meters en voor de tijd dagen.

Voordat er gerekend wordt dienen er rand- en beginvoorwaarden te worden toegekend. Op de randvoorwaarden (modelrand) dienen vaste stijghoogtes te worden vastgelegd. Deze zijn in het (semi-) lokaal model voor dit onderzoek, gehaald uit het stroomgebied model van het adviesbureau.

Het rekenhart van Modflow werkt met eindige differenties. Hierbij worden er integratieslagen gemaakt waarbij er een evenwicht per modelcel wordt gezocht. Modflow stelt dus een waterbalans op voor elke cel die geschematiseerd is. Bij de integratieslagen worden vergelijkingen opgesteld waarbij de grondwaterstromingen in de bodem worden beschreven.

De stijghoogte wordt bij deze integratieslagen ook bepaald. De opbolling van het grondwater is een verhouding van de KD-waarden, neerslag en de lengte en diepte van de ontwatering. In Modflow wordt er geen maaiveldhoogte opgegeven. Modflow kan dus een grondwaterstand berekenen die boven het maaiveld uitkomt (figuur 4.3 rode lijn). In de werkelijkheid treedt er in een dergelijke situatie surface runoff op, waarbij het grondwater over het maaiveld afstroomt. Om dit te schematiseren kan er een modellaag met een zeer lage weerstand bovenop de bovenste modellaag worden aangebracht of een drainage laag ten hoogte van het maaiveld.

De output bestanden van het rekenhart Modflow zijn in ASCII formaat, een numerieke weergave van een karakter. Door deze output 'ASCII' bestanden zijn alle resultaten zichtbaar te maken. Om deze resultaten op de juiste locatie (onderzoeksgebied) weer te geven dienen nog de juiste x-y coördinaten te worden toegekend.

### Kalibratieresultaten

De kalibratieresultaten van het stroomgebied model (Tauw2, 2008) op de gemeten grondwaterstanden in de periode 1992-2000 vertonen een grote spreiding met relatief grote afwijkingen naar boven en naar beneden. De belangrijkste oorzaken zijn de zeer heterogene ondiepe bodemopbouw in combinatie met relatief grote ruimtelijke verschillen in het ontwateringsniveau (als gevolg van de variatie in maaiveldhoogte). Een verbetering van de modelresultaten is niet goed mogelijk zonder aanvullende informatie op perceel niveau.

Met het gekalibreerde grondwatermodel kunnen gemiddelde niveau en de seizoensdynamiek in de grondwaterstanden binnen het stroomgebied van de Chaamse beken "overall" gezien in voldoende mate worden gesimuleerd. Het grondwatermodel is daarmee geschikt om de vragen van de IGA-studie te beantwoorden. Bij vraagstukken op perceelschaal dient echter zo nodig rekening te worden gehouden met deze lokale afwijkingen tussen de berekende en gemeten grondwaterstanden. In de natte natuurplek liggen maar 5 peilbuizen waarop gekalibreerd is.

### Aandachtspunten grondwatermodel

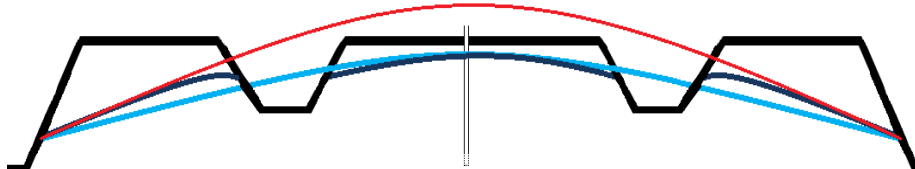
Voor zeer lokale toepassingen dient er nog een verbeterslag gedaan te worden. Hiervoor is echter veel extra inputinformatie uit het veld nodig. Het rekengrid zou hierbij verfijnd dienen te worden, zodat de watergangen meer overeenkomen met de werkelijkheid. Modflow kan wel twee watergangen in een modelcel modeleren, het input programma PMWIN kan dit niet. Hierdoor worden niet alle watergangen meegenomen, waardoor het model zeer sterk is vereenvoudigd. Dit kan leiden tot de situatie zoals in figuur 4.3. Bij de kalibratie van het model komt de berekende en gemeten waterstand bij de peilbuis overeen. Maar doordat de twee watergangen in het model niet zijn meegenomen, is de grondwaterstand berekend zoals de lichtblauwe lijn aangeeft. In werkelijkheid verloopt de grondwaterstand zoals de donkerblauwe lijn. Door dit verschil kan de grondwaterstand en daarmee de doelrealisatie vanuit het model met de werkelijkheid verschillen. Het gekalibreerde (semi-)lokaal model van het adviesbureau heeft een afwijking van 5-8 cm te laag en aan de rand op één locatie 70 cm te hoog ten opzichten van de gemeten gegevens. Uit de modelberekeningen (hfdst 6.4) blijkt dat bij het dempen van sloten de grondwaterstand met een vertraging van +/- 80% mee stijgt. Het niet modelleren van een watergang van 40 cm kan lokaal een afwijking van 35 cm tot gevolg hebben. Dezelfde situatie kan zich ook voortdoen bij kleine storende lagen in de ondergrond. In Modflow wordt de deklaag bijvoorbeeld gemodelleerd als één laag van 12 meter dik met een gemiddelde homogene verticale weerstand. In werkelijkheid is de deklaag gelaagd met wisselende weerstandlagen, zowel in de dikte als in het horizontale vlak. Deze kleine weerstandlagen kunnen in werkelijkheid plaatselijk leiden tot verhoging of stromingverandering van het grondwater.

Om deze twee afwijkingen te minimaliseren dient elke watergang zo nauwkeurig mogelijk te worden gemodelleerd. Om de ondergrond goed in kaart te brengen dient er een groot aantal boringen verricht te worden. Bij deze boringen moet onder andere de kD- en c-waarden bepaald worden. Ook bij het verrichten van een groot aantal diepte boringen is de kans groot dat kleine storende lagen gemist worden. Voor het kalibreren is het dan ook wenselijk dat er langjarige meetreeksen van meerdere peilbuizen in het onderzoeksgebied beschikbaar zijn.

Het grondwatermodel heeft in de landbouwgebieden een fictieve drainerende laag om de maaiveldafvoer voor te stellen. In de natuurgebieden is dit niet gedaan, waardoor er een waterstand berekend kan worden zoals de rode lijn in figuur 4.3. Om betere resultaten te krijgen kan deze fictieve drainerende laag ook in de natuurgebieden gemodelleerd worden als verbeterslag.

Door het ontbreken van veel betrouwbare inputgegevens en de beschikbare tijd, is het niet haalbaar om het model in de afstudeerperiode verder te verfijnen.

Figuur 4.3 Berekende en werkelijke waterstanden



## 4.2 Aandachtspunten bij Waternood

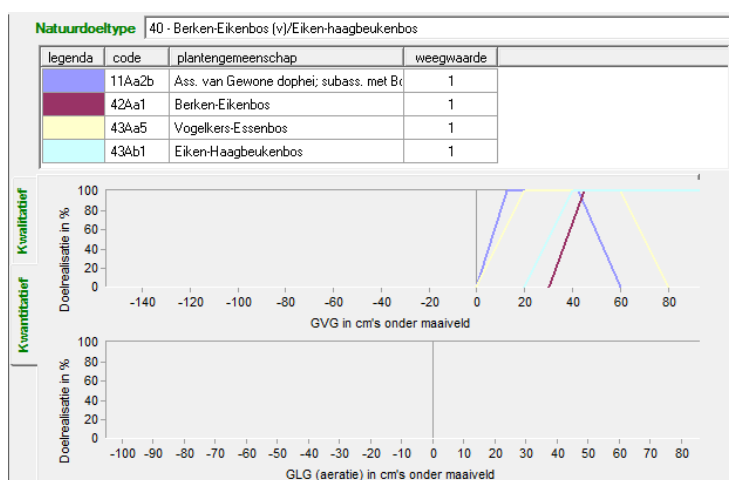
De Waternood applicatie maakt een analyse die inzicht geeft in de doelrealisatie voor landbouw, natuur en/of stedelijk gebied. In dit onderzoek wordt er gekeken naar de natuur waarbij er gebruik gemaakt wordt van de bodem-, natuurdoeltypen-, GVG-, GLG- en kwelkaarten. Een belangrijke ontwikkeling in applicatie is het verdwijnen van de kwalitatieve toetsing, die door het huidige gebruik weggelaten is. Waternood is ondanks zijn beperkingen geschikt voor dit onderzoek.

### Waternoodtoetsing natuur

In bijlage 4 is de werking en ontwikkeling van waternoodapplicatie toegelicht. Waternood is geschikt voor dit onderzoek dat zich richt op de kwantitatieve kant van de natuurdoeltypen. De kwalitatieve kant en beheersmaatregelen spelen in de praktijk ook mee voor de doelrealisatie. Waternood heeft voor de toetsing op de kwantitatieve kant ook nadelen. Het alleen toetsen van wel of niet voorkomen van kwel is een grote beperking. De doelrealisatie in de werkelijkheid van natuurdoeltypen kunnen zeer afhankelijk zijn van de kweldruk. In het onderzoek wordt bij de gewenste mix van maatregelen steekproefsgewijs gekeken naar de hoeveelheid kwel. Voor een goede kweldruk realisatie wordt er een criterium van 100 mm/jaar gehanteerd.

Een ander nadeel is dat bij de bepaling van de doelrealisatie van natuurdoeltypen de provinciale natuurdoeltypen vaak vrij ruim omgrensde eenheden vormen. Binnen deze eenheden kunnen nog een aanzienlijke variatie aan levensgemeenschappen en abiotische condities voorkomen. Als gevolg daarvan zijn de ranges aan grondwaterstanden waarbij een type kan voorkomen soms ook zeer ruim. Een dergelijk voorbeeld vormt het natuurdoeltypen Beuken-Eikenbos (v)/ Eiken-Haagbeukenbos dat loopt van Gewone dopheide tot EikenHaagbeukenbos (figuur 4.4). Een EikenHaagbeukenbos kan bij een grondwaterstand van 15 cm onder het maaiveld niet meer voorkomen. Gewone dophei heeft in deze situatie nog een doelrealisatie van 100%. Hierdoor kan bij een toetsing met 100% doelrealisatie de vegetatiesamenstelling in de werkelijkheid er anders uitzien.

Figuur 4.4 Voorbeeld habitattype met een brede range aan vegetatie en hydrologische condities.



De afwijkingen van het grondwatermodel in het onderzoeksgebied bedragen 5 tot 8 cm met aan de rand van het (semi-) lokaal model een grote afwijking van 70 cm. Het grondwaterverschil tussen optimale doelrealisatie en geen doelrealisatie van de natuurdoeltypen is gemiddeld maar 15 cm. Hierdoor zal een natuurdoeltype snel 0% of 100% doelrealisatie hebben. Een afwijking van 8 cm tussen het grondwatermodel en de werkelijkheid kan een grote invloed hebben op de werkelijke doelrealisatie. Bij het niet halen van de optimale doelrealisatie dient er gekeken te worden hoe groot het doelgat is en naar de locatie ervan. Als de grondwaterstand nog 20 cm moet stijgen voor het doelgat en de afwijking van het grondwatermodel is 8 cm hoger dan de werkelijkheid, is er nog een doelgat van 12 cm. In de werkelijkheid kan dit er toe leiden dat er wel een doelrealisatie plaats vindt. Maatregelen tot op de centimeter nauwkeurig zijn door de afwijkingen in het grondwatermodel en de werkelijkheid en de standplaatsseisen van de natuurdoeltypen niet reëel. Een maatregel tot 10 cm nauwkeurig is reëler gezien de afwijkingen.

## 5. Haalbaarheid doelgat met grondwatermodel

In dit hoofdstuk wordt de maximale vernatting en de historische situatie doorgerekend en vergeleken met de huidige situatie, waarna deze aan doelrealisatie van de natuurdoeltypen getoetst worden.

### 5.1 Maximale vernatting met bijbehorende doelrealisatie

*De maximale vernatting is gemodelleerd door de watergangen in het gehele modelgebied te dempen. Het grondwater bij de GHG is voornamelijk rondom de huidige beeklopen tot aan het maaiveld gekomen. De GLG is gemiddeld met één meter omhoog gekomen tot een diepte van 1 meter onder het maaiveld. Voor de GVG is het aantal locaties en de grootte met een grondwaterstand tot aan het maaiveld toegenomen. De kweldruk is toegenomen behalve op de Strijbeekse heide, door het wegvallen van de tegendruk van de Strijbeekse beek.*

*Bij de toetsing van de doelrealisatie voor de gedefinieerde natuurdoeltypen is bij GVG het doelgat kleiner geworden. In het zuiden is de grondwaterstand te laag en in het noordwesten te hoog voor de natuurdoeltypen. Alle natuurdoeltypen op Elzenbroekbos en Ven (ongebufferd) na hebben een doelrealisatie van 100% voor de GLG en kwel.*

#### Modellering

Het scenario 'maximale vernatting' lijkt het meest op de situatie van begin de Middeleeuwen, zoals beschreven in hoofdstuk 2.1. De vrij ondiep gelegen rivierdalbodems en laagten waren vochtig en overstroomden 's winters vaak. Oorspronkelijk bestonden ze uit veen of waren met broekbos begroeid. De maximale vernatting is gemodelleerd in Modflow door de watergangen in het gehele modelgebied te dempen. Hiermee wordt inzichtelijk of het grondwater dermate kan stijgen dat er wordt voldaan aan de hydrologische randvoorwaarden per natuurdoeltypen voor de GVG, GLG en kwel. In werkelijkheid is dit niet gewenst omdat het bekenlandschap hiermee verdwijnt. Technisch is het ook niet mogelijk omdat de Strijbeekse beek in dit scenario ook wordt gedempt. Hiermee heeft het bovenstrooms gelegen stroomgebied Strijbeekse beken geen afvoermogelijkheid meer. In dit stroomgebied en het stroomgebied Chaamse beken zal hierdoor niet meer voldaan kunnen worden aan de NBW-normen. Bij deze norm moet het watersysteem zo zijn ingericht dat de wateroverlast per gebiedsfunctie binnen de gestelde normen vallen. Bij het modeleren is dezelfde tijdreeks met gebeurtenissen gebruikt als in de huidige situatie. Hierdoor kan er een goede vergelijking met de huidige situatie worden gemaakt.

#### Resultaat

Het resultaat van de gemodelleerde maximale vernatting is een grondwaterstijging op de meeste percelen voor de GHG, GLG & GVG. Op de GHG-kaart (bijlage 5.1) is het grondwater voornamelijk rondom de huidige beeklopen tot aan het maaiveld gekomen. Dit is vooral te zien in de laat ontgonnen ruigte, stroomopwaarts van de Roode beek en Chaamse beek.

In het modelgebied gaan de grondwaterstanden langzaam over van net onder het maaiveld tot 1 meter er onder. Dit op een paar diepere grondwaterstanden na. Op de Strijbeekse heide is de grondwaterstand dieper komen te liggen dan in de huidige situatie. Bij het scenario maximale vernatting is ook de Strijbeekse beek gedempt. Deze beek zorgt in de huidige situatie voor tegendruk door infiltratie in het grondwater, dit is nu weggefallen. Hierdoor kan er meer infiltratie plaats vinden vanaf de Strijbeekse Heide naar de gedempte Strijbeekse beek toe.

De GLG in de huidige situatie (bijlage 2.6) laat met name grondwaterstanden zien van dieper dan 2 meter onder het maaiveld. Bij de maximale vernatting (bijlage 5.2) komt de laagste grondwaterstand in de natte natuurparel op sommige locaties tot aan het maaiveld. Het grootste deel van de oppervlakte heeft een grondwaterstand gekregen van om en nabij 1 meter onder het maaiveld. Alleen op de hogere koppen tussen de beekdalen zijn grondwaterstanden van dieper dan 2 meter. Op de Strijbeekse heide is de oppervlakte met een grondwaterstand van dieper dan 2 meter met 25 hectare toegenomen.

In de GVG (bijlage 5.3) is de grootte en het aantal locaties met een grondwaterstand tot aan het maaiveld toegenomen. Voornamelijk in de laat ontgonnen ruigte stroomopwaarts van de natte natuurparel is het aantal locaties toegenomen. De hogere koppen tussen de beekdalen hebben een grondwaterstand van 1 meter onder het maaiveld. Op de Strijbeekse heide heeft een grondwaterstand daling plaats gevonden.

De kweldruk (bijlage 5.4) is bij de maximale vernatting toegenomen, met uitzondering van de Strijbeekse heide en ten oosten van het onderzoeksgebied. De kweldruk is over het gehele gebied gemiddeld toegenomen met 0.4 mm/dag. Door deze verandering verandert het infiltratiegebied rondom de beken in een kwelgebied met geringe kweldruk.



Het infiltratiegebied op de Strijbeekse heide is qua grootte en infiltratie intentie toegenomen. Dit komt door het wegvallen van de tegendruk in het grondwater van de Strijbeekse beek. Ten oosten van het onderzoeksgebied is de berekende kwel afgenomen. Dit komt doordat voor deze berekeningen het (semi-) lokale model is gebruikt en voor de huidige situatie het stroomgebiedmodel. Voor het (semi-) lokaal model zijn vaste stijghoogtes aan de rand van het model opgelegd. In het stroomgebiedmodel vindt wegzijging plaats in de Chaamse bossen. Deze wegzijging komt weer tot kwel in de natte natuurplel. Door de vaste stijghoogtes aan de rand van het (semi-) lokale model wordt deze grondwaterstroming niet goed gemodelleerd. De spreidingslengte van 702 meter is om de kwel en wegzijging goed in kaart te brengen, te klein.

### Effecten op doelrealisatie

Bij de totale doelrealisatie voor natuurdoeltypen (bijlage 5.5) hebben in dit scenario meer natuurdoeltypen een maximale doelrealisatie dan in de huidige situatie. In het zuiden heeft bijna het gehele areaal Bloemrijk grasland (d) een doelrealisatie van 100%. Sommige stukken van het gedefinieerde Bloemrijk grasland (v), Moeras, Vochtig schraalland/Bloemrijk grasland en Berken-Eikenbos (v) hebben nu een doelrealisatie van 100%. Hierbij heeft Moeras ook doelrealisaties van 60-90%.

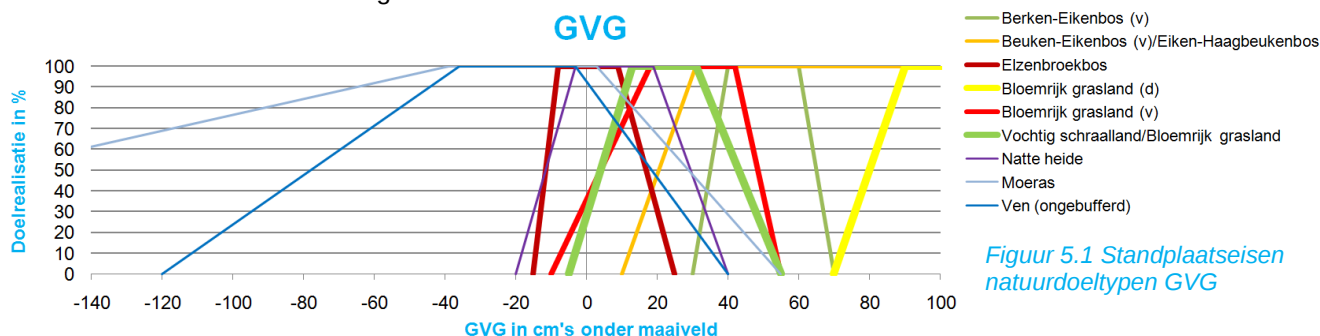
Hetzelfde patroon als bij de totale doelrealisatie komt terug bij de doelrealisatie GVG (bijlage 5.6). Alleen in het Elzenbroekbos (bijlage 3.2) heeft één hectare nu ook een realisatie van 60-80%. Bijna alle natuurdoeltypen zijn tweezijdig begrensd in de provinciale standplaatseisen voor de GVG (fig. 5.1). Elzenbroekbos, Natte heide, Ven (ongebufferd) en Moeras hebben een optimale doelrealisatie bij een grondwaterstand die boven het maaiveld uitkomt.

In bijlage 5.9 is het doelgat bepaald voor de GVG standplaatseisen (trapeziumwaarden) A1 (maximaal), B1, B2 (optimaal) en A2 (minimaal) voor de gedefinieerde natuurdoeltypen. Op de kaart met GVG A1 is te zien dat voor moeras het grondwater minimaal 3 m te laag staat. Dit komt doordat moeras een maximale grondwaterstand (A1) van 3 meter boven het maaiveld kan verdragen. Het grondwater komt op deze locaties tot net aan het maaiveld. De berekende grondwaterstand mag meer dan 3 meter hoger komen om de maximale waterstand te halen.

Voor de maximale grondwaterstand (A1) is er een minimaal doelgat voor de natuurdoeltypen Beuken-Eikenbos (v), Vochtig schraalland en de natuurdoeltypen links boven in het onderzoeksgebied. Deze natuurdoeltypen bestaan hier uit Berken-Eikenbos (v), Natte heide en de randen van het Elzenbroekbos. Om te natte omstandigheden voor deze natuurdoeltypen te krijgen mag het grondwater nog met 10-50 cm stijgen. Voor de natuurdoeltypen Bloemrijk grasland (d & v) zijn de omstandigheden 35-55 cm te nat. De kaart GVG B1 (bijlage 5.9) geeft het doelgat weer ten aanzien van de maximale grondwaterstanden voor een optimale doelrealisatie. De grondwaterstand is alleen voor de natuurdoeltypen Bloemrijk grasland (d & v) links boven in de natte natuurplel 70-90 cm te hoog.

Op de kaart GVG B2 (bijlage 5.9) is de grondwaterstand in het zuiden voor Vochtig schraalland 75 - 150 cm te laag. In het midden van het onderzoeksgebied is dit het geval voor 5.5 ha Berken-Eikenbos. De GVG A2 kaart laat de afwijking met de minimale GVG-waarde zien. Het grondwater moet voor dezelfde percelen als bij de kaart 'GVG B2' nu nog 50- 125 cm stijgen.

De maximale vernatting heeft ertoe geleid dat alle natuurdoeltypen voor de GLG (bijlage 5.7) een doelrealisatie van 100% hebben, met uitzondering van het Elzenbroekbos en Ven (ongebufferd). Voor het Elzenbroekbos moet het grondwater nog met 40-70 cm stijgen voor een optimale doelrealisatie. Kwel scoort in de huidige situatie en de scenario 'maximale vernatting' (bijlage 5.8) voor alle natuurdoeltypen een doelrealisatie van 100%. Voor deze twee parameters leidt de maximale vernatting niet tot te natte omstandigheden.



Figuur 5.1 Standplaatseisen natuurdoeltypen GVG



## 5.2 Doelrealisatie met historische situatie

*Met het scenario 'historische situatie' is de situatie van rond 1900 gemodelleerd. Hierbij is peil- en bodemophoging in de huidige watergangen gemodelleerd. De GHG laat hetzelfde patroon zien als bij de maximale vernatting, alleen op de Strijbeekse heide met hogere grondwaterstanden. De GLG is met 0.5 tot 1 meter omhoog gekomen ten opzichte van de huidige situatie. Voor de GVG is bij samenkomst van de Chaamse beek en de Roode beek de oppervlakte met een grondwaterstand tot net onder het maaiveld toegenomen met 40 ha. De kweldruk is met 0.04 tot 0.015 mm/dag afgenomen ten opzichte van de huidige situatie.*

*Bij toetsing van de doelrealisatie voor de natuurdoeltypen is de GVG net als bij het scenario 'maximale vernatting' niet te nat geworden. In het noordwesten is het te nat geworden. De meeste natuurdoeltypen kunnen voorkomen, met enkele uitzonderingen op de hogere koppen en de veel nateisende vegetatietypen. Alle natuurdoeltypen hebben 100% doelrealisatie voor kwel en de GLG met uitzondering van Elzenbroekbos.*

### Modellering

Met het scenario 'historische situatie' is de situatie van rond 1900 gemodelleerd, zoals beschreven in hoofdstuk 2.1. Het bovenstrooms deel van de Chaamse beken waren nog niet ontgonnen, de waaier van 6 watergangen ontsprongen halverwege het huidige stroomgebied. In de niet ontgonnen delen infiltreert het water en komt in de benedenlopen weer aan de oppervlakte.

De historische situatie is gemodelleerd in Modflow door de watergangen halverwege het stroomgebied stroomopwaarts te dempen. Dit is ook gedaan voor de Strijbeekse heide en de ruige gronden tegen het Chaamse bos aan. De overige watergangen zijn intact gebleven met dezelfde oppervlakte en ligging. Deze watergangen zijn gemodelleerd met een peil- en bodemverhoging. Benedenstrooms van het (semi-) lokaal model is er een peil- en bodemverhoging van 35 cm toegepast ten opzichten van de huidige situatie. Halverwege het modelgebied is er een verhoging van 45 cm toegepast en bovenstrooms van 60 cm. De huidige drainage die aanwezig is in het landbouwgebied is eruit gehaald. De Chaamse bossen zitten niet meer in het (semi-) lokaal model en kunnen niet worden meegenomen bij de berekeningen.

Door deze situatie te modeleren wordt inzichtelijk of het grondwater zo kan stijgen dat er wordt voldaan aan de hydrologische randvoorwaarden per natuurdoeltypen voor de GVG, GLG en kwel. Bij het modeleren is dezelfde tijdreeks met gebeurtenissen gebruikt als in de huidige situatie. Hierdoor kan er een goede vergelijking met de huidige situatie worden gemaakt.

### Resultaat

Het resultaat van de gemodelleerde historische situatie is een grondwaterstijging op nagenoeg alle percelen voor de GHG, GLG & GVG. Op de GHG-kaart (bijlage 5.10) is het grondwater rondom de watergangen tot aan het maaiveld gekomen. Het patroon met grondwater tot aan het maaiveld komt overeen met dat van de maximale vernatting (bijlage 5.1).

In het modelgebied gaat de grondwaterstand langzaam over van net onder het maaiveld tot 1 meter eronder; dit op een paar diepere grondwaterstanden na. Het grondwater op de Strijbeekse heide staat 1 meter onder het maaiveld, dit is minder diep dan bij de maximale vernatting. De grondwaterstand op de heide ten opzichte van de huidige situatie is nagenoeg hetzelfde gebleven. In de rest van het modelgebied is het grondwater duidelijk omhoog gekomen.

De GLG in de historische situatie (bijlage 5.11) laat in de natte natuurparel grondwaterstanden zien van rond de 1-1.5 meter onder het maaiveld. In de huidige situatie liggen deze grondwaterstanden rond de 2 meter onder het maaiveld. Tot 150 meter vanuit de beeklopen komt het grondwater in de historische situatie tot net aan het maaiveld. Op de Strijbeekse beek komt het grondwater minder diep dan in de huidige situatie.

Bij de GVG (bijlage 5.12) staat het grondwater langs de beken tot aan het maaiveld. Dit is ook het geval bij het stuk Chaamse beek dat langs de Strijbeekse heide stroomt. In de huidige situatie staat het grondwater op deze locatie 40-60 cm onder het maaiveld. Bij samenkomst van de Roode Beek en Chaamse Beek op het landgoed Hondsdonk is de vernatting tot net aan het maaiveld toegenomen met 40 ha. In de bovenstroom van de Chaamse Beek staat het grondwater (80ha) tot 20 cm onder het maaiveld. Bij het scenario 'maximale vernatting' komt het grondwater hier tot aan het maaiveld.

De wegzijging (bijlage 5.13) is bij de historische situatie op de Strijbeekse heide en tegen de Chaamse bossen aan verminderd met 0.5 mm/dag. In de rest van het modelgebied is de kweldruk afgenomen met 0.04 tot 0.15 mm/dag ten opzicht van de huidige situatie. Voor deze berekening is het (semi-) lokale model gebruikt en voor de huidige situatie het stroomgebiedmodel. Deze twee grondwatermodellen



verschillen ten opzichte van elkaar, doordat het (semi-) lokale model vaste stijghoogtes aan de rand van het model opgelegd heeft gekregen. In het stroomgebiedmodel vindt de wegzijging plaats in de Chaamse bossen. Deze wegzijging komt weer tot kwel in de natte natuurparel. Door de vaste stijghoogtes aan de rand van het (semi-) lokale model wordt deze grondwaterstroming niet goed gemodelleerd.

In de historische situatie vindt er minder kwel plaats dan bij het scenario 'maximale vernatting', op de Strijbeekse heide na. De aanwezige watergangen vangen de kwel op in de historische situatie, deze watergangen zijn afwezig bij de maximale vernatting. Hierdoor kan bij de maximale vernatting de kwel op meer plaatsen tot aan het maaiveld komen.

Het infiltratiegebied op het Strijbeekse heide is qua grootte en infiltratie intentie afgenomen. Dit komt onder andere doordat de Strijbeekse beek niet gedempt is zoals bij het scenario 'maximale vernatting'. Voor de rest staat het grondwater in het gehele modelgebied tot ver onder het maaiveld. De bodem is ver verzadigd waardoor de infiltratiecapaciteit afneemt.

### Effecten op doelrealisatie

Dit scenario leidt bij de totale doelrealisatie voor natuurdoeltypen (bijlage 5.14) tot een groter oppervlakte 100% doelrealisatie, dan bij het scenario 'maximale vernatting'. Voornamelijk op de Strijbeekse heide is dit het geval. In de huidige situatie heeft veertien hectaren Beuken-Eikenbos een maximale doelrealisatie, dit is in de historische situatie afgenomen naar 6.5ha.

Hetzelfde patroon als bij de totale doelrealisatie komt terug bij de doelrealisatie GVG (bijlage 5.15). Ven (ongebufferd) op de Strijbeekse heide heeft een doelrealisatie van 100% gekregen. Nagenoeg alle percelen met Bloemrijk grasland (d) en veel locaties met Moeras hebben een optimale doelrealisatie. Vochtig schraalland laat doelrealisaties zien van 0 tot 100%. Deze percentages duiden erop dat de waarden tussen de A1 en B1 of B2 en A2 van de trapeziumwaarden liggen. De percentages van 0% tot 60% worden rood weergegeven. Volgens de Waternoodsystematiek is dan de doelrealisatie onvoldoende. Voor de GVG zijn bijna alle natuurdoeltypen tweezijdig begrensd in de provinciale standplaatseisen (fig. 5.1).

In bijlage 5.18 is het doelgat bepaald voor de GVG standplaatseisen (trapeziumwaarden) A1 (maximaal), B1, B2 (optimaal) en A2 (minimaal) voor de gedefinieerde natuurdoeltypen. Het doelgat voor de maximale vernatting is te zien op de kaart A1. Om voor moeras te natte omstandigheden te krijgen dient het grondwater nog 3 meter hoger te komen staan. Moeras kan nog voorkomen bij een waterstand van 3 meter boven het maaiveld. Het grondwater mag voor Bloemrijk grasland (v) nog 80-90 cm stijgen. Voor Bloemrijk grasland (d) in het noorden van de natte natuurparel moet de grondwaterstand nog minimaal 100 cm dalen.

De kaart GVG B1 (bijlage 5.18) geeft het doelgat weer ten aanzien van de maximale grondwaterstand voor een optimale doelrealisatie. In de historische situatie mag het grondwater voor alle natuurdoeltypen 10-50 cm stijgen om boven het maximum uit te komen. Dit met uitzonderingen op perceelniveau van voornamelijk Bloemrijk grasland (d) en Berken-Eikenbos (v).

Op de kaart GVG B2 is de grondwaterstand voor Vochtig schraalland, Bloemrijk grasland (v), Moeras, en Elzenbroekbos te laag. Voor 5 hectare op de hoge kop tussen de Chaamse beek en de Roode beek mag het grondwater nog 10-50 cm stijgen voor Berken-Eikenbos. Voor het natuurdoeltypen Elzenbroekbos is in de historische situatie de grondwaterstand 50-60 cm te laag om voor te kunnen komen.

De historische vernatting heeft net als bij de maximale vernatting ertoe geleid dat alle natuurdoeltypen voor de GLG (bijlage 5.16) een doelrealisatie van 100% hebben, met uitzondering van het Elzenbroekbos en Ven (ongebufferd). Voor het Elzenbroekbos moet het grondwater nog met 10-40 cm stijgen voor een optimale doelrealisatie. Kwel (bijlage 5.17) scoort net als bij het vorige scenario en in de huidige situatie een doelrealisatie van 100%. De historische situatie leidt bij deze twee parameters niet tot te natte omstandigheden.



## 6. Effect voorgestelde maatregelen adviesbureau vanuit het model

Door het adviesbureau zijn er maatregelen voorgesteld om het doelgat voor de natuurdoeltypen te verkleinen. Deze voorgestelde maatregelen worden in dit hoofdstuk modelmatig bekeken.

### 6.1 Modeleffect maatregel steilrand

*Een steilrand is een bijna verticale helling tussen twee vlakke terreingedeelten. Uit de berekeningen blijkt dat bij alle verlagingen bovenstrooms van de steilrand de grondwaterstand hetzelfde patroon vertoont als in de huidige situatie met een kleine grondwaterstand stijging. Benedenstrooms van de steilrand heeft de steilrand van 1 meter na 425 meter nog een verschil van 30 cm met de huidige situatie voor zowel de GLG als de GHG. Een steilrand van 2 meter heeft op dit punt nog een verschil van 60 cm. Een steilrand draagt niet bij aan de vernatting in het onderzoeksgebied.*

#### Modellering steilrand

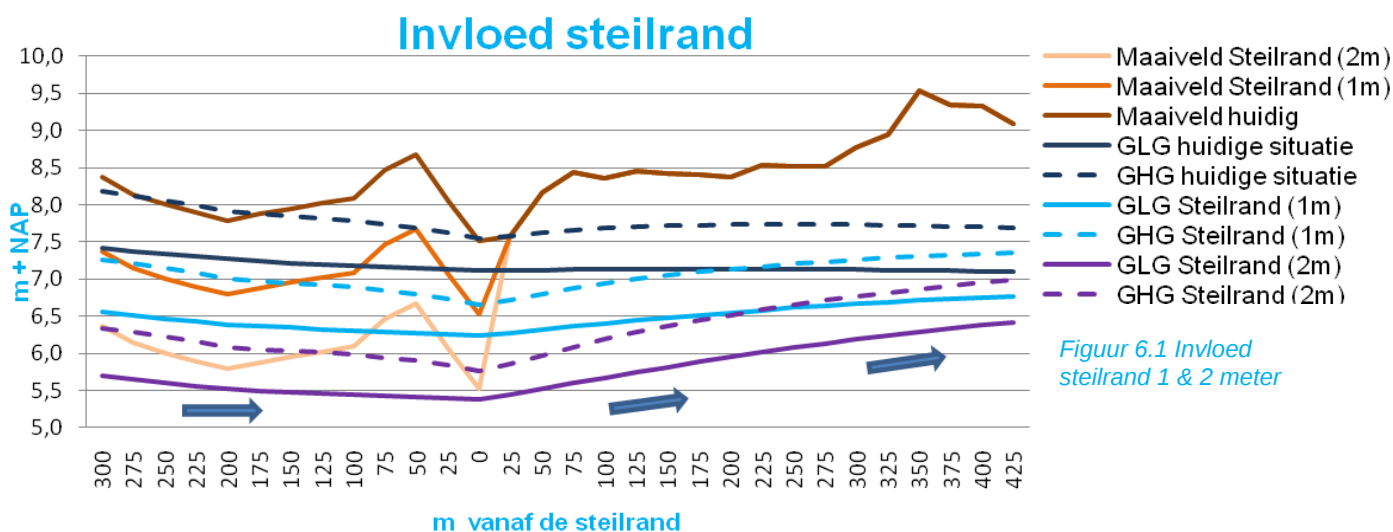
Een steilrand is een bijna verticale helling tussen twee vlakke terreingedeelten. In het onderzoeksgebied zijn 4 steilranden als vernattingmaatregel voorgesteld door het adviesbureau. Bij de vier voorgestelde steilranden ligt telkens het laagste terreingedeelte bovenstrooms. De hoogte verschillen tussen de voorgestelde vlakke terreingedeelten verschillen ongeveer één meter. De steilranden zijn gemodelleerd met twee de hoogteverschillen van 1 en 2 meter, dit om het hydrologisch effect goed inzichtelijk te maken. In bijlage 6 is de locatie weergegeven van de gemodelleerde steilrand. Het verlaagde bovenstrooms terreingedeelte heeft een lengte van 1.5 km en een breedte van 3 km. Bovenstrooms hiervan is het terrein voor de modellering niet aangepast. De gemodelleerde grondwaterstanden zijn de GHG en GLG voor de betreffende raai.

#### Resultaat

Het effect van de gemodelleerde steilrand op de grondwaterstand is uitgezet in een raai grafiek (fig. 6.1). Op de x-as is de afstand tot de steilrand weergegeven en op de y-as is de maaiveldhoogte en grondwaterstand in m + NAP neergezet. De blauwe pijlen geven de grondwaterstroming weer. Het huidige maaiveld (donker bruine lijn) loopt op van 8,5 m naar 9,5 m + NAP. In de raai loopt een watergang die rond de 80 cm diep is. Beide keren is de steilrand bij de watergang gemodelleerd. Het maaiveld verspringt hier stroomopwaarts met 1 en 2 meter naar beneden vanaf het huidige maaiveld.

De bijbehorende grondwaterstanden zijn weergegeven met drie kleuren lijnen (fig. 6.1). De donker blauw lijn (GLG) is de grondwaterstand in de huidige situatie en de stippellijn de GHG. Bij de andere twee situaties komt na de steilrand het grondwater na 425 meter weer bijna op het huidige niveau. Het infiltratiegebied ligt 2 à 3 km stroomopwaarts van de raai, waardoor er een lichte kweldruk is. Door deze kweldruk wordt het grondwater na de steilrand weer omhoog gestuwd.

Een steilrand van 1 meter heeft in deze situatie een grondwaterstand verlaging behorende bij de licht blauwe lijnen (fig. 6.1). Zowel de GLG als de GHG liggen stroomopwaarts van de steilrand 90 cm lager dan de huidige grondwaterstanden. De GLG komt bovenstrooms van de steilrand steeds minder diep onder het maaiveld te liggen naar mate de steilrand wordt verhoogd. Dit heeft te maken met de kweldruk van bovengelige infiltratie gebieden. Deze zijn bij het modelleren op hetzelfde niveau blijven liggen als in de huidige situatie.



Een steilrand van 2 meter (paarse lijnen) vertoont een verder uitgevlakte grondwaterstand 1.5 meter onder het huidige niveau. De watergang heeft in beide situaties een duidelijke drainerende werking. De GHG komt tot net onder de watergang. Vierhonderd meter na de steilrand is de afwijking met de huidige grondwaterstand nog een halve meter.

### Effect

De aanwezigheid van een steilrand heeft in het onderzoeksgebied een drainerende werking stroomafwaarts. Deze drainerende werking met een steilrand van 1 meter heeft na een lengte van 425 meter nog een afwijking van 20 cm. Bij het verdubbelen van de steilrandhoogte loopt de afwijking op hetzelfde punt op tot 50 cm. De steilrand draagt niet bij aan de vernatting van de natte natuurparel.

## 6.2 Modeleffect maatregel accoladeprofiel

Een accoladeprofiel is een natuurlijk watergangprofiel of een tweefaseprofiel. Het profiel heeft in het onderzoeksgebied geen invloed op de grondwaterstand. In een accoladeprofiel zelf kan op de horizontale vlakken wel vernatting verkregen worden.

### Modellering accoladeprofiel

Een accoladeprofiel is een natuurlijk watergangprofiel of een tweefasenprofiel waarbij er een variatie in de afvoer capaciteit van de watergang per waterhoogte is (fig. 6.2). In het onderzoeksgebied heeft het adviesbureau voor de Molenloop, Roode Beek en de Chaamse beek een accoladeprofiel voorgesteld (bijlage 6)



Figuur 6.2 Opbouw accoladeprofiel

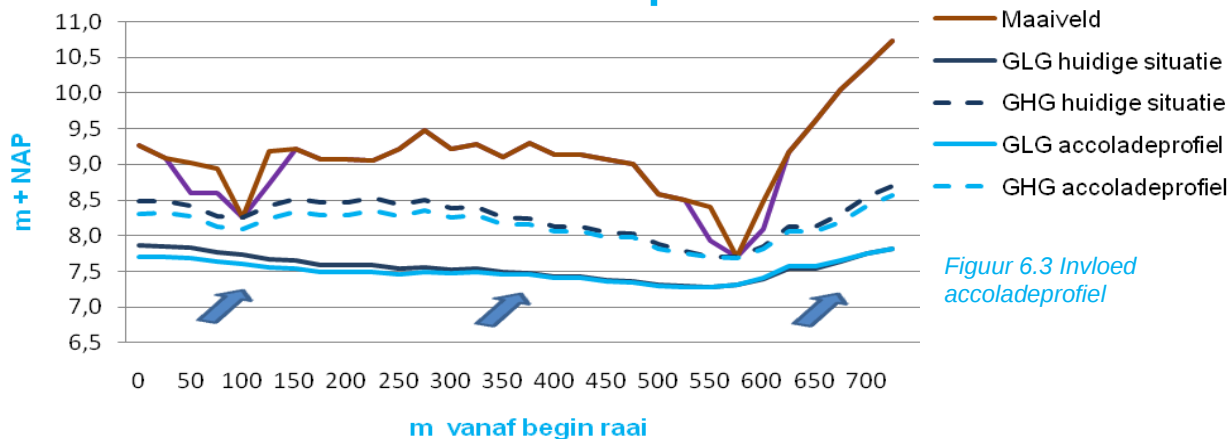
Op de plaatsen waar een accoladeprofiel is voorgesteld is in het model de watergang verbreed. Deze verbreding is uitgevoerd door zowel links als rechts van de watergang een modelcel (25 m) toe te voegen. Aan deze nieuwe watergangcellen zijn de waardes; conductance, rivierbodem en het peil van de rivier toegekend. De parameter conductance is de snelheid (meters per dag) waarmee het water draineert of infiltreert in de rivierbodem. Deze parameter is een op een overgenomen van de al gemodelleerde waterloop. Voor de rivierbodem is de waarde van de al gemodelleerde watergang en de maaiveldhoogte van de 'nieuwe' watergangcel gemiddeld. Ditzelfde is ook gedaan voor het peil van de rivier. Door deze schematisatie is er een tweefasenprofiel (fig. 6.2) geschematiseerd. De gemodelleerde grondwaterstanden zijn de GHG en GLG voor de betreffende raai.

### Resultaat

De berekende grondwaterstand bij een accoladeprofiel is uitgezet in een raagrafiek (fig. 6.3). De raai is dwars op de grondwaterstroming gelegd (bijlage 6). De blauwe pijlen geven de grondwaterstroming weer. Op de x-as is de lengte van de raai weergegeven en op y-as de maaiveldhoogte en grondwaterstanden in meters + NAP. In het maaiveld lopen twee watergangen waarvan de rechtse de Roode beek en de linker de Molenloop. De paarse lijn geeft de accoladeprofielen voor beide watergangen weer.

De donker blauwe lijn (GLG) en stippellijn (GHG) zijn de huidige grondwaterstanden op de raai. De lichtblauwe lijn en stippellijn zijn de grondwaterstanden met het accoladeprofiel. Tussen beide grondwaterstanden zit nagenoeg geen verschil. Beide situaties hebben hetzelfde diepste punt in de watergang, dus dezelfde ontwateringdiepte.

## Invloed accoladeprofiel



Figuur 6.3 Invloed accoladeprofiel



De minimale grondwaterdaling bij de linker watergang (Molenloop) wordt veroorzaakt doordat er minder water kan infiltreren. Door het aanleggen van een accoladeprofiel wordt de ontwateringsbreedte verbreed. Over deze oppervlakte kan in de modelschematisatie geen water infiltreren. Dit heeft tot gevolg dat er in deze situatie 2\*25meter minder kan infiltreren. Dit heeft een minimale grondwaterstanddaling van 10cm voor de GHG tot gevolg vanuit het model. Het verschil voor de GLG is te verwaarlozen.

### Effect

De aanwezigheid van een accoladeprofiel heeft in het onderzoeksgebied geen invloed op GLG, maar wel op de GHG. Bij de GHG is de invloed lokaal tot een afstand van 200 meter merkbaar. Deze invloed is niet meer dan 10 cm. In een accoladeprofiel zelf kan op de horizontale vlakken wel vernatting verkregen worden. Deze vernatting is van toepassing over kleine oppervlakten en komt feitelijk neer op het afgraven om vernatting te verkrijgen.

## 6.3 Modeleffect maatregel bodemverhoging

*Bodemverhoging in de watergangen heeft een vernattend effect in het onderzoeksgebied. De grondwaterstand volgt niet 1 op 1 de bodemverhoging maar volgt met een verlies van 20%. De gemodelleerde watergang heeft in de zomerperiode een infiltrerende werking en in de winter een drainerende werking. De maatregel is een goed instrument om het grondwater gestuurd omhoog te brengen.*

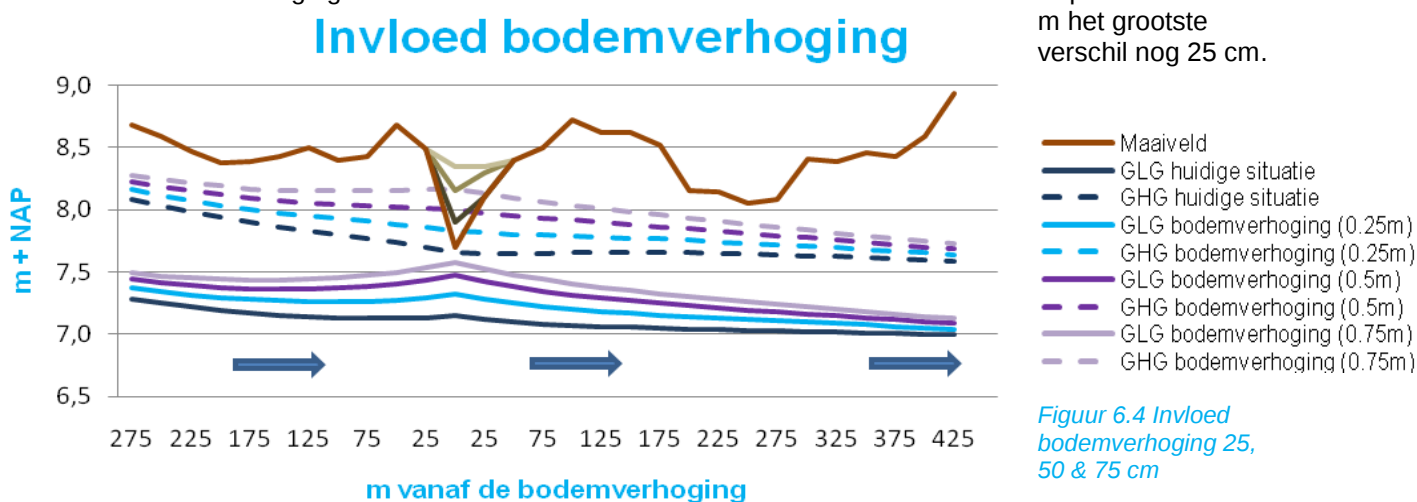
### Modellering bodemverhoging

Bodemverhoging is het verhogen van de huidige watergangbodem ten behoeve van een minder diepe ontwateringsdiepte. In het onderzoeksgebied zijn bodemverhogingen door het adviesbureau voorgesteld met verschillende ophogingen, variërend van 25 tot 75 cm. Om de effecten van de verschillende bodemverhogingen (25, 50 en 75 cm) goed inzichtelijk te kunnen maken is telkens de Retteloop gemodelleerd. Deze watergang (bijlage 6) loopt in het midden van de natte natuurspeelplaats. Bij de vernattingmaatregelen van het adviesbureau heeft deze waterloop een bodemverhoging van 75 cm gekregen.

### Resultaat

De invloed van de bodemverhoging is weergegeven in een raai-grafiek (fig. 6.4). De x-as geeft de afstand tot de bodemverhoging en de y-as de m + Nap. De blauwe pijlen geven de stroomrichting van het grondwater aan. Het maaiveld (bruine lijn) heeft rechts een zink maar blijft nagenoeg op gelijke hoogte. De huidige watergang komt tot een diepte van 0.80 meter onder het maaiveld.

In de grafiek zijn vier gemiddelde grondwaterstanden weergegeven. In de zomerperiode (GLG) heeft de huidige watergang een infiltrerende werking en in de winter (GHG) een drainerende werking. De onderste donker blauwe lijn geeft de huidige GLG weer. De GLG komt tot 50 cm onder de slootbodem en de GHG tot aan de slootbodem. Een bodemverhoging van 25 cm heeft een grondwaterstijging tot gevolg van 15 cm voor zowel de GLG als de GHG. Vijftig centimeter verhoging leidt tot een stijging van 35-40 cm. De drainerende werking van de watergang valt weg vanaf een slootbodem verhoging van 50 cm. De watergang wordt nagenoeg gedempt met een bodemverhoging van 75 cm. Dit heeft een grondwaterstandverhoging tot gevolg van 55 cm ten opzichte van het huidige grondwaterstanden. Het effect van alle verhogingen is 425 meter stroomafwaarts niet meer merkbaar. Stroomopwaarts is na 300



## Effect

Bodemverhoging heeft een vernattend effect in het onderzoeksgebied. Bij bodemverhoging volgt de grondwaterstandstijging niet 1 op 1, maar met een verlies van 20%. Met deze maatregel kan de grondwaterstand goed en gestuurd omhoog gebracht worden. Voor de natuurdoeltypen kan met deze maatregel op veel plaatsen het grondwater op het gewenste peil gebracht worden.

## 6.4 Modeffect maatregel dempen sloten

*Met het dempen van sloten wordt de drainerende of infiltrerende werking ervan uit het watersysteem gehaald. Bij het modelleren van de maatregel op de Strijbeekse heide heeft het bijna geen vernattend effect. De GLG en GHG stijgen stroomafwaarts met 20 cm.*

### Modellering dempen sloten

Bij het dempen van sloten worden volledige watergangen gedempt tot aan het maaiveld. Hierdoor verdwijnt de drainerende en eventuele infiltrerende werking van de watergang. Door het adviesbureau is voornamelijk op de Strijbeekse heide het dempen van sloten voorgesteld als vernattingmaatregel (bijlage 6). De gedempte watergang die is gemodelleerd ligt op de Strijbeekse heide parallel aan de Chaamse Beek. Bij het dempen van de watergang is de slootbodem gelijk aan maaiveld gelegd. Het waterniveau is gelijk gesteld aan de slootbodem, waardoor de watergang alleen een drainerende werking heeft en geen infiltrerende werking. Deze manier van modelleren heeft te maken met het rekenhart van het programma Modflow. De gemodelleerde grondwaterstanden zijn de GHG en GLG voor de betreffende raai over een periode van 8 jaar.

### Resultaat

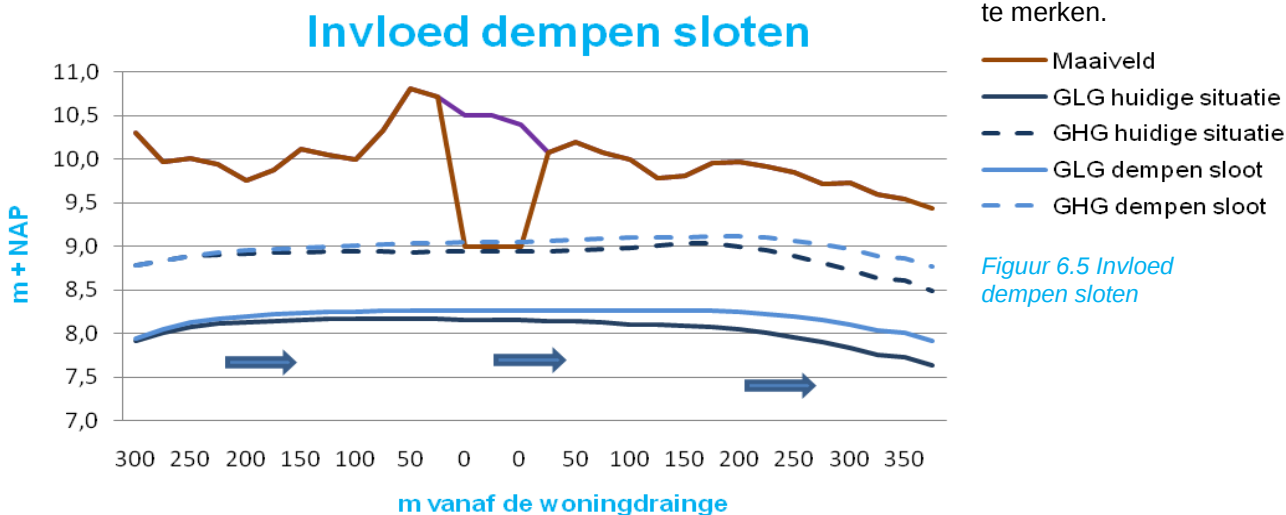
De grondwaterstanden van de maatregel 'dempen sloten' is in een raai grafiek (fig. 6.5) weergegeven. Op de x-as staan de meters weergegeven vanaf de gedempte sloot en op de y-as de meters + NAP. De watergang die in het maaiveld is weergegeven heeft een slootbodembreedte van 75 m. Dit komt doordat de raai schuin over de watergang ligt met de grondwaterstroomrichting mee. De paarse lijn geeft de bodem weer na het dempen van de watergang.

De donker blauwe lijn geeft de GLG weer in de huidige situatie en de donker blauwe stippellijn de GHG. De watergang heeft geen duidelijke drainerende werking op het grondwater. Met de watergang in het onderzoeksgebied komt de GLG tot 0.85 m onder de watergang en 2.4 m onder het maaiveld te staan. De GHG komt tot net onder de slootbodem te staan. Bovenstrooms en benedenstrooms van de watergang is geen duidelijke verlaging van de GHG te zien.

In de situatie waarbij de sloot gedempt is komen beide grondwaterstanden 5 cm omhoog.

Stroomafwaarts wordt het verschil met de huidige situatie steeds groter. Dit komt doordat naast de raai bij het modelleren ook nog watergangen gedempt zijn. Deze gedempte watergangen liggen aan het einde van de raai op een afstand van 50 meter. Doordat het maaiveld hier sterk afloopt hebben de watergangen in de huidige situatie op deze locatie een drainerende werking. Deze drainerende werking vervalt hier met de voorgestelde maatregel door het adviesbureau.

Bij de bodemverhoging van 75 cm in het vorige hoofdstuk (6.3) is de watergang nagenoeg gedempt. Dit heeft een grondwaterstandverhoging tot gevolg van 55 cm ten opzichte van de huidige grondwaterstand (fig. 6.4). Deze slootbodembodemverhoging is ook stroomopwaarts en stroomafwaarts over een grote afstand te merken.



## Effect

Het dempen van sloten heeft een vernattend effect bij drainerende watergangen in het onderzoeksgebied. Bij slootbodempverhoging volgt de grondwaterstand niet 1 op 1 maar met een kleine vertraging. Dit is ook het geval bij het dempen van watergangen als de watergang een duidelijke drainerende werking heeft. De watergangen op de Strijbeekse heide hebben nagenoeg geen drainerende werking waardoor het vernattingseffect minimaal is. Bij drainerende watergangen kan met deze maatregel het grondwater bij aanleg gestuurd omhoog gebracht worden. Deze ingreep kan afhankelijk van de locatie bijdragen om de gewenste GVG, GLG en kwel te bereiken.

## 6.5 Modeleffect maatregel verwijderen drainage

*Het verwijderen van drainage heeft in het onderzoeksgebied geen vernattend effect. Voor de natte natuurplel is de maatregel 'verwijderen drainage' voorgesteld, deze drainage is niet in de huidige situatie gemodelleerd. De maatregel is effectief voor vernatting bij drainage die vaak in werking treedt.*

### Modellering verwijderen drainage

Bij het verwijderen van drainage wordt het drainagemateriaal wat ten behoeve van de landbouw is ingebracht uit de percelen verwijderd. Hierdoor verdwijnt de drainerende laag net onder het maaiveld, waardoor het grondwater de mogelijkheid heeft om tot het maaiveld te komen. In het grondwatermodel is op de huidige landbouwpercelen drainage gemodelleerd. In het onderzoeksgebied is de maatregel 'drainage verwijderen' voorgesteld. Deze drainage is echter niet gemodelleerd in het grondwatermodel. Om het effect van drainage in het onderzoeksgebied zichtbaar te maken is op een andere locatie een raai gemaakt (bijlage 6). Deze raai loopt over landbouwpercelen in het oosten van het onderzoeksgebied. De drainage is over de gehele lengte van de raai verwijderd.

### Resultaat

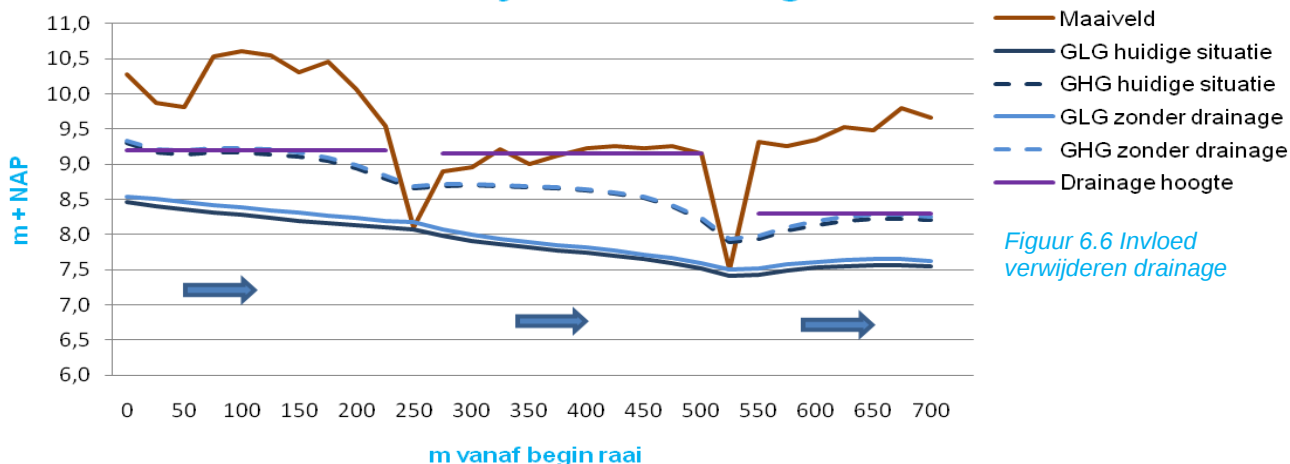
In figuur 6.6 zijn de grondwaterstanden weergegeven van de huidige situatie en met de situatie waarbij de drainage verwijderd is. Op de x-as is de afstand van de raai weergegeven en op de y-as is de maaiveldhoogte, grondwaterstand en drainageniveau in m + NAP weergegeven. De drie gemodelleerde drainageniveaus zijn weergegeven met paarse horizontale lijnen. In het middengedeelte ligt de drainage op het maaiveld. Deze drainage heeft te maken met de schematisatie in Modflow van het maaiveld. In de andere twee drainagevlakken ligt de drainage op 1.2 m onder het maaiveld. De twee watergangen in raai zijn beide keren de Molenloop, die maakt namelijk een bocht door de raai.

De donker blauwe lijn (GLG) en de stippellijn (GHG) geven de huidige grondwaterstanden weer. De licht blauwe lijnen zijn de waterstand zonder de aanwezigheid van drainage. Beide waterstanden worden beïnvloed door de drainerende werking van de watergangen. Bij de hoogste grondwaterstanden staat er 'grondwater' in de watergang. De opbollingen zijn licht zichtbaar voor, tussen en na de watergangen.

## Effect

Het verwijderen van de drainage heeft in deze raai geen invloed op de gemiddelde grondwaterstand. De grondwaterstand zou afgevlakt worden als de drainage in werking zou treden. Dit kan leiden tot verandering van de gemiddelde hoogste grondwaterstand. De maatregel is effectief voor vernatting bij drainage die vaak in werking treedt.

### Invloed verwijderen drainage



Figuur 6.6 Invloed verwijderen drainage



## 6.6 Modeleffect maatregel woningdrainage

Om geen wateroverlast in een woning op de Strijbeekse heide te krijgen met de voorgestelde vernattingmaatregelen is ook een woningdrainage voorgesteld. De invloed van een woningdrainage op de grondwaterstand is minimaal. De drainage vormt pas een probleem voor het natuurdoeltypen als deze lager wordt gelegd dan de standplaatseisen en in de directe omgeving.

### Modellering woningdrainage

Door de vernattingmaatregelen die zijn voorgesteld is ook het aanbrengen van woningdrainage op de Strijbeekse heide als maatregel voorgesteld (bijlage 6). Dit is gedaan om de eventuele wateroverlast door vernattingmaatregelen in de woning te voorkomen. De drooglegging richtlijn voor woningen is een grondwaterstand van 0.7 meter onder het maaiveld. Om het effect inzichtelijk te maken zijn er twee drainage diepte gemodelleerd, namelijk 0.8 en 1.6 m onder het maaiveld. Voor de drooglegging rondom de woning is een oppervlakte van 75 bij 75 meter gemodelleerd. De gemodelleerde grondwaterstanden zijn de GHG en GLG voor de betreffende raai over een periode van 8 jaar.

### Resultaat

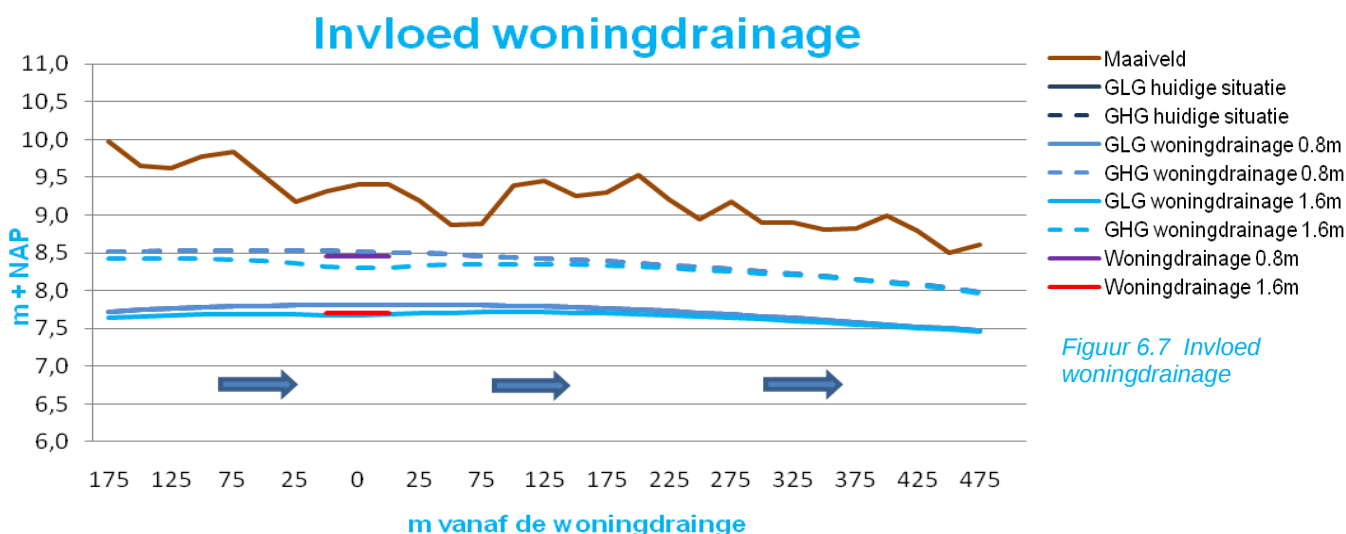
Het effect van de woningdrainage in het onderzoeksgebied is uitgezet in een raagrafiek in figuur 6.7. Op de x-as is de afstand tot de drainage weergegeven en op de y-as is de maaiveldhoogte en grondwaterstand in m + NAP neergezet. De drie nullen op de x-as duiden de plaats van de woningdrainage 75 bij 75 meter aan. De blauwe pijlen geven de grondwaterstroming weer. Het maaiveld (bruine lijn) loopt op van 8.5 m naar 10 m + NAP.

De woningdrainage van 0.8 m diepte voor de GHG en GLG geen invloed. Dit komt doordat beide grondwaterstanden onder de 0.8 meter blijven. Bij extreem hoge grondwaterstanden zal de invloed van de woningdrainage lokaal merkbaar zijn.

Om het effect inzichtelijk te maken is er lokaal een woningdrainage op een diepte van 1.6 meter onder het maaiveld gemodelleerd. De licht blauwe lijn in figuur 6.7 geeft GLG en de licht blauwe stippellijn de GHG weer die hier bij hoort. De grondwaterstanddaling is merkbaar tot 125 meter bovenstrooms van de woning en benedenstrooms nog na 100 meter. De grondwaterstanddaling is rond de 10 cm voor de GLG. De drainage heeft een beperkte drainerende werking bij hogere grondwaterstanden, zoals blijkt uit de GHG-stand. De drainage van 1.6 meter onder het maaiveld is in staat om de grondwaterstand 20 cm te doen dalen.

### Effect

De aanwezigheid van een woningdrainage heeft in het onderzoeksgebied geen invloed op de grondwaterstand. De invloed blijft ook beperkt bij een drainage diepte van 1.6 meter. Rondom het gebied waar de woningdrainage wordt voorgesteld is geen natuurdoeltypen gedefinieerd. Een woningdrainage vormt pas een probleem wanneer de drainage diepte, dieper gelegd wordt dan de standplaatseisen van de natuurdoeltypen en deze natuurdoeltypen in de directe omgeving van de woningdrainage zijn gedefinieerd.



Figuur 6.7 Invloed woningdrainage



## 7. Benodigde maatregelen voor doelgat

De benodigde maatregelen die nodig zijn om het doelgat met de huidige situatie te dichten worden vanuit de vorige twee hoofdstukken bepaald en getoetst in dit hoofdstuk.

### 7.1 Gewenste mix van berekende maatregelen

*Bij het vergelijken van de drie situaties voor het optimum voor de natuurdoeltypen blijkt dat voor drie percelen elke situatie te nat is. Voor sommige natuurdoeltypen kan het grondwater niet voldoende stijgen. Op basis van afwegingen met betrekking tot effectiviteit en haalbaarheid zijn de maatregelen van het adviesbureau als gewenste situatie gekozen.*

*De voorgestelde maatregelen hebben een grondwaterstijging tot gevolg voor de GHG, GLG en GVG. De kweldruk is afgenomen met 0.02 tot 0.12mm/dag ten opzichte van de huidige situatie.*

#### Keuzen maatregelen pakket

In bijlage 7.1 t/m 7.3 is het gemiddelde doelgat per natuurdoeltypen per locatie voor de optimale situatie per scenario (hfdst 3 & 5) weergegeven. Door deze gemiddelden met elkaar te vergelijken, blijkt dat twee percelen Bloemrijk grasland (v) en één perceel Bloemrijk grasland (d) in het noorden van de natte natuurparel in alle scenario's te nat zijn (bijlage 7.1). Voor bijna alle percelen Berken-Eikenbos (v), Vochtig schraalland en Bloemrijk grasland (v) is het grondwater in alle scenario's te laag. Voor alle percelen Moeras is elk scenario te droog.

De voorgestelde maatregelen van door het adviesbureau zijn erop gericht om kleine grondwaterstand verhogingen te creëren. De effecten vanuit de modelberekeningen (hfdst 6) blijken soms minimaal te zijn. De maatregelen bodemverhoging en dempen sloten mits uitgevoerd in een 'drainerende' watergang hebben de grootste invloed op de grondwaterstand stijging. Maar bij het scenario 'maximale vernatting' zijn alle watergangen gedempt. In dit scenario komt het grondwater op veel locaties niet hoog genoeg voor de gedefinieerde natuurdoeltypen (bijlage 7.2). Alleen met het afgraven van het huidige maaiveld kan wel de gewenste situatie behaald worden. Bij deze ingreep zijn de kostenbaten niet in verhouding.

De maatregelen van het adviesbureau zijn op basis (Tauw1, 2008) van een afweging met betrekking tot effectiviteit en haalbaarheid geselecteerd voor de natte natuurparel om de gedefinieerde natuurdoeltypen rekening houdend met andere landgebruikfuncties zo maximaal mogelijk te realiseren. De voorgestelde maatregelen zijn voornamelijk afgestemd op de oplossing van de volgende knelpunten:

- ✓ Een te lage grondwaterstand voor de landbouw (GLG) en de landnatuur (GVG);
- ✓ Een niet natuurlijke inrichting, afvoerdynamiek en waterkwaliteit voor de waternatuur;
- ✓ Mogelijk een te geringe kwelflux die kan worden weggedrukt wanneer de ontwateringsbasis als vernattingmaatregel wordt verhoogd.

De voorgestelde maatregelen van door het adviesbureau zijn in de werkelijkheid meer realiseerbaar dan de twee andere gemodelleerde scenario's. Dit omdat er naast de natuurfunctie in het stroomgebied ook nog de functies landbouw en wonen zijn. Het waterschap is verantwoordelijk om het watersysteem zo in te richten dat deze voldoet aan de NBW-normen. Om deze reden is in overleg met het waterschap Brabantse Delta gekozen om de voorgestelde maatregelen van het adviesbureau als gewenste mix van maatregelen te nemen voor het doelgat vanuit de modelberekeningen. Dit scenario is genaamd de 'gewenste situatie'. De voorgestelde maatregelen zijn op de locaties gemodelleerd zoals deze staan aangegeven in bijlage 6.

#### Resultaat

Het resultaat van de gemodelleerde voorgestelde maatregelen pakket is een grondwaterstijging voor de GHG, GLG & GVG. Op de GHG-kaart (bijlage 7.4) is het grondwater rondom de watergangen tot aan het maaiveld gekomen. Het patroon met grondwater tot aan het maaiveld komt overeen met de historische situatie. Bij de samenkomst van de Roode Beek en de Chaamse Beek staat het water over een minder groot oppervlakte tot aan het maaiveld.

Op de GLG-kaart (bijlage 7.5) staat het grondwater tot aan het maaiveld bij samenkomst van de Retteloop en de Chaamse Beek en er langs. In de huidige situatie staat het grondwater tussen de beeklopen tot 2 meter onder het maaiveld. Op de Strijbeekse heide staat het grondwater ook in de gewenste situatie tot 2 meter onder het maaiveld. Tussen de beeklopen is het grondwater gestegen tot 1 meter onder het maaiveld.



De GVG (bijlage 7.8) komt overeen met de historische situatie net als bij de GHG en GLG. In de huidige situatie staat het grondwater in het voorjaar rond 1 meter onder het maaiveld. Bij de gewenste situatie komt het grondwater op een groot oppervlakte tot aan het maaiveld.

De kwel (bijlage 7.7) wijkt wel af van de historische situatie. Het infiltratie gebied op de Strijbeekse Heide is 9 ha groter dan in de historische situatie. In vergelijking met de huidige situatie is het gebied afgenomen met 45 ha, dat net buiten de natte natuurschap valt. De kweldruk in het beekdal in vergelijking met de huidige situatie is met 0.02 tot 0.12 mm/dag afgenomen. Dit komt door het gebruik van de twee verschillende modellen, namelijk het stroomgebied model en het (semi-) lokaal model. In de historische situatie is het verschil tussen de twee modellen verder toegelicht (hfdst 5.2).

## 7.2 Effect maatregelen voor doelrealisatie

*Niet alle natuurdoeltypen hebben een optimale doelrealisatie in de gewenste situatie. Voor Bloemrijkgasland (d) rondom de Retteloop is de GVG nu te nat. Noordwest in de natte natuurschap zijn de omstandigheden te nat en noordoost te droog voor de gedefinieerde natuurdoeltypen. Met de Kansrijksmodule wordt op basis van bodemtype, hydrologie en beheer alternatieve natuurdoeltypen bepaald, deze module is nog in ontwikkeling. In deze studie zijn de alternatieve natuurdoeltypen voor de locaties die geen optimale doelrealisatie halen, bepaald met gemiddelde GVG en GLG-standen. Voor elke locatie waarbij in de gewenste situatie geen optimale doelrealisatie kan worden behaald, kan een al gedefinieerd natuurdoeltype uit het stroomgebied Chaamse Beken worden gekozen.*

### Effect op doelrealisatie

Bij de totale doelrealisatie voor de gedefinieerde natuurdoeltypen (bijlage 7.8) hebben in de gewenste situatie niet alle natuurdoeltypen 100% doelrealisatie, net als in de andere scenario's. Het areaal Bloemrijk grasland (d) met de optimale doelrealisatie is afgenomen ten opzichte van alle andere scenario's. Net als bij de historische vernatting hebben sommige stukken Bloemrijk grasland (v), Moeras, Vochtig schraalland/Bloemrijk grasland en Berken-Eikenbos (v) nu een doelrealisatie van 100%. Hierbij zijn ook diverse kleine stukken met een doelrealisatie van 60-90%.

Hetzelfde patroon als bij de totale doelrealisatie komt terug bij de doelrealisatie GVG (bijlage 7.9). De gedefinieerde natuurdoeltypen in het noorden van de natte natuurschap hebben een slechte doelrealisatie. Het Elzenbroekbos heeft 3 hectare meer optimale doelrealisatie dan in de huidige situatie. De gehele oppervlakte van het Ven (ongebufferd) op de Strijbeekse heide heeft ook een optimale doelrealisatie.

De GVG is in de gewenste situatie te nat voor het natuurdoeltype Bloemrijkgasland (d) tegen de Retteloop aan. Bij de scenario's 'Maximale vernatting' en 'Historische situatie' zijn de omstandigheden hier optimaal. In de gewenste situatie is de slootbodem verhoogt met 75 cm en in de andere twee scenario's is de watergang in zijn geheel gedempt. Bij het verhogen van de watergang wordt tijdens het modelleren zowel de slootbodem als het waterpeil omhoog gebracht. Bij het dempen van de watergang wordt het waterpeil gelijk aan de slootbodem op maaiveld gesteld. Als het peil in de watergang hoger staat dan de slootbodem werkt de watergang als een infiltrerende watergang in Modflow. Als het waterpeil en de bodemhoogte gelijk aan elkaar zijn, werkt de watergang als een drainerende watergang. In de gewenste situatie infiltreert de Retteloop, wat een grondwaterverhogend effect heeft. In de andere twee scenario's is dit fenomeen verdwenen. Hierdoor staat het grondwater in de gewenste situatie hoger dan bij de andere twee scenario's. In werkelijkheid zullen de twee andere scenario's natter zijn, omdat bij de schematisatie van deze twee scenario's water uit het modelsysteem is verdwenen.

De gewenste situatie heeft net als de andere scenario's ertoe geleid dat alle natuurdoeltypen voor de GLG (bijlage 7.10) een doelrealisatie van 100% hebben, met uitzondering van het Elzenbroekbos en Ven (ongebufferd). Voor Elzenbroekbos moet het grondwater nog 64 cm stijgen voor een optimale doelrealisatie en voor Ven (ongebufferd) nog 32 cm. Kwel (bijlage 7.11) scoort net als in de andere scenario's een doelrealisatie van 100%. De gewenste situatie leidt bij deze twee parameters niet tot te natte omstandigheden.

### Alternatieve natuurdoeltypen

Zoals blijkt uit de totale doelrealisatie kan niet voor elk perceel de optimale situatie worden gecreëerd. Voor deze percelen waar dit het geval is dienen andere natuurdoeltypen geformuleerd te worden. Met het huidige Waternood instrumentarium kunnen geen alternatieve natuurdoeltypen bepaald worden.



Door veel natuurdoeltypen te proberen kan er gekomen worden tot een meer geschikte natuurdoeltype voor de locatie. Hierbij moeten er voortdurend inschattingen gemaakt worden welke natuurdoeltypen er beter zullen passen. Voor dit soort problemen is een Kansrijkdommodule (KWR, 2010) ontwikkeld en uitgetest in een pilotstudy in Nederland.

De Kansrijkdommodule bepaalt welke standplaatscondities te verwachten zijn bij een bepaalde combinatie van bodemtype, hydrologie en beheer. Dit levert vlakdekkende kaarten met voedselrijkdom, zuurgraad en vochttoestand. Op basis van de berekende standplaatscondities, hydrologie en beheer wordt de kansrijkdom van de vegetatietypen bepaald.

Het instrumentarium is uitermate geschikt bij beleidsmatige afwegingen en natuurbeheer. Momenteel worden natuurplannen voornamelijk bepaald aan de hand van historische kaarten. De waterhuishouding en samenstelling van de bodem kan drastisch veranderd zijn ten opzichte van de historische situatie van rond 1850-1900.

Een andere belangrijke toepassing van de module is de toepassing in de kalibratie van grondwatermodellen. Vanuit de pilotstudy blijkt dat kalibratie op basis van verschillen tussen voorspelde en waargenomen vegetatiepatronen een zeer effectief middel vormt om zwakke punten in een grondwatermodel op te sporen en te verbeteren.

De Kansrijkdommodule is nog in verdere ontwikkeling en nog niet beschikbaar gedurende dit onderzoek. Handmatig zijn er voor de percelen met geen doelrealisatie alternatieve natuurdoeltypen geformuleerd. Bijna alle natuurdoeltypen zijn tweezijdig begrensd in de provinciale standplaatseisen voor de GVG. Voor de GLG zijn alleen de natuurdoeltypen Elzenbroekbos en Ven (ongebufferd) aan de minimale standplaatseisen begrensd.

In bijlage 7.12 is het gemiddelde doelgat voor de GVG per natuurdoeltypen voor een optimale doelrealisatie weergegeven. De percelen noordwest in de natte natuurplel zijn te nat voor de gedefinieerde natuurdoeltypen, op Elzenbroekbos na. Noordoost in de natte natuurplel zijn de omstandigheden te droog voor de gewenste natuurdoeltypen.

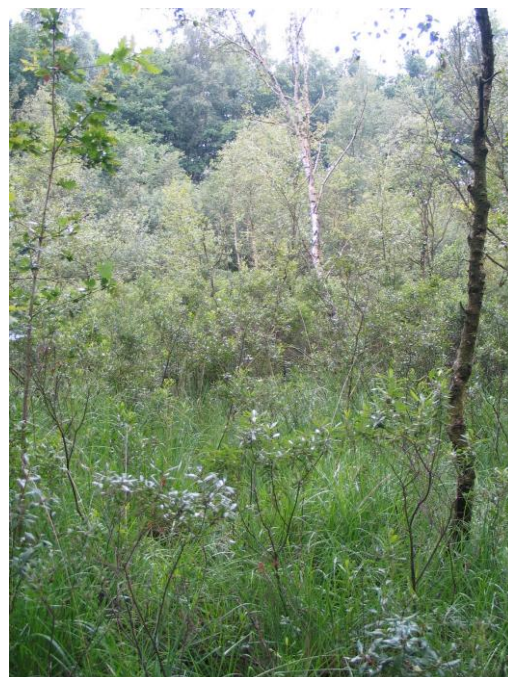
Elke locatie waarbij geen optimale doelrealisatie wordt gehaald heeft een eigen letter in bijlage 7.12, namelijk A t/m O. Per locatie(letter) is er bepaald in bijlage 7.13 welke gedefinieerde natuurdoeltypen voldoet aan zowel de GVG als de GLG. De voorkeur van het waterschap Brabantse Delta voor een alternatief natuurdoeltype, gaat uit naar een natuurdoeltype wat al in het stroomgebied Chaamse Beken gedefinieerd is. Deze natuurdoeltypen staan boven aan in de tabel. Voor elke locatie waarbij in de gewenste situatie geen optimale doelrealisatie kan worden behaald, kan een alternatief natuurdoeltype uit het stroomgebied gekozen worden.

In bijlage 7.14 is een voorbeeld gegeven van een natuurdoeltypenkaart met alternatieve natuurdoeltypen. De alternatieve natuurdoeltypen zijn gekozen naar zo gelijkwaardig mogelijke vervangers, dus voor een gedefinieerd stuk bos is een alternatief bos gedefinieerd. Dit is gedaan om de gedefinieerde zoom-mantel- kern opbouw van de natte natuurplel intact te laten.

Voor bijna elk perceel Berken-Eikenbos (v) is een ander natuurdoeltype gedefinieerd. Het deel rondom het Elzenbroekbos en het Elzenbroekbos zelf is vervangen door Beuken-Eikenbos (v)/Eiken-Haagbeukenbos. Op de locatie waar Beuken-Eikenbos is gedefinieerd is nu een Gagelstruweel (fig. 7.1) voorgesteld. Hiermee verdwijnt een stuk voorgestelde kern- opbouw, maar wordt een zoom-mantel opbouw gecreëerd. Hiervoor is gekozen omdat het Gagelstruweel zeer zeldzaam is in Noord-Brabant (Provincie, 2005) en de hydrologische omstandigheden geschikt zijn.

Twee locaties tegen de Retteloop aan zijn nu als Moeras gedefinieerd. Het te natte perceel Bloemrijk grasland (d) in het noorden heeft het natuurdoeltypen Natte heide gekregen omdat deze in het Elzenbroekbos verdwenen is. Op de locatie in het Elzenbroekbos is Ven (ongebufferd) voorgesteld omdat hiervoor de hydrologische omstandig het meest geschikt zijn. De te natte percelen Bloemrijk grasland (v) in westen van het onderzoeksgebied zijn veranderd in Bloemrijk grasland (d/v). De percelen Vochtig schraalland/Bloemrijk grasland in het oosten zijn vervangen door Vochtig heischraal grasland en heide.

*Figuur 7.1 Gagelstruweel*



## 8. Effect voorgestelde maatregelen adviesbureau in de werkelijkheid

In dit hoofdstuk wordt er gekeken naar de voorgestelde maatregelen van door het adviesbureau in de werkelijkheid aan de hand van een veldbezoek op 25 februari 2010. Bij dit veldbezoek waren ook Hans van Kapel (Adviseur watersysteembeheer), Kees Peerdeman (Hydroloog) en Christ Christianen (Technisch watersysteembeheer) van het waterschap Brabantse Delta aanwezig. De locatie van de voorgestelde maatregelen staan weergegeven in bijlage 6. Bij sommige maatregelen wordt er ook kritisch naar de modelberekeningen gekeken.

### 8.1 Effect maatregel steilrand in werkelijkheid

*De al aanwezige steilrand is in de werkelijkheid niet te verlagen of te verhogen, maar heeft wel zijn invloed op het grondwater.*

Uit het veldbezoek kwam naar voren dat hydrologisch de steilranden geen effect hebben op de grondwaterstanden. Je krijgt alleen maar lokaal een uitzakking van het grondwater. Dit omdat de werking ervan hetzelfde werkt als een slootkant. Op de rand van het laagste vlakke gedeelte van de steilrand is in de werkelijkheid geen watergang aanwezig (fig 8.1).

In het (semi-) lokaal model is op deze rand wel een watergang gemodelleerd. De modelberekeningen laten zien dat een steilrand wel degelijk een effect op de grondwaterstand heeft (hfdst 6.1). Bovenstrooms van de steilrand (laagste gedeelte) vertoont het grondwater hetzelfde patroon als in de huidige situatie bij alle gemodelleerde verlagingen. Benedenstrooms van de steilrand heeft de steilrand van 1 meter na 425 meter nog een verschil van 30 cm met de huidige situatie voor zowel de GLG als de GHG. Een steilrand van 2 meter heeft op dit punt nog een verschil van 60 cm.

De steilrand is al aanwezig in de natte natuurparel. Het verhogen of verlagen ervan is in werkelijkheid nagenoeg niet haalbaar. De steilrand accentueert het hoogte verschil in het landschap goed. Voor de belevingswaarde kan de rand steiler gemaakt worden. Hydrologisch gezien draagt het niet bij aan de vernatting van de natte natuurparel.



Figuur 8.1 Steilrand in de Chaamse Beek

### 8.2 Effect maatregel accoladeprofiel in werkelijkheid

*Een accoladeprofiel draineert in etappes en kan op de etappes zelf zorgen voor de geschikte hydrologische randvoorwaarden, maar is niet gewenst in het onderzoeksgebied.*

Een accolade profiel heeft een drainerende werking in etappes. Het diepste punt draineert als eerste (1<sup>ste</sup> etappe fig. 8.2). Het hoger gelegen gedeelte (2<sup>de</sup> etappe) treedt pas in werking als het grondwater hoger komt te staan dan de etappe zelf. Hierdoor wordt op dat moment de ontwateringsbreedte van de watergang breder en onttrekt de watergang op dat moment het grondwater eerder dan in etappe 1. Het effect van de grotere onttrekkingbreedte zal gemiddeld genomen niet merkbaar zijn. Het effect bij grondwaterstanden in etappe 2 zullen tot enkele meters vanaf de oeverkant beperkt merkbaar zijn. Dit blijkt ook uit de modelberekening (hfdst 6.2) met een grid van 25 meter waar bijna geen effect zichtbaar is.



Figuur 8.2 Opbouw accoladeprofiel

Het accolade profiel is niet gewenst in de Chaamse Beek wegens de cultuurhistorie. In het historisch landschap hoort op de voorgestelde locatie geen accoladeprofiel thuis. De huidige landschapslijnen zijn mooier dan een accoladeprofiel (fig. 8.3) volgens Natuurmonumenten en het waterschap. Door de aanleg van een accolade profiel kan er wel voldaan worden aan de randvoorwaarden van het natuurdoeltype Moeras.



Figuur 8.3 Huidige waterloop Chaamse Beek

### 8.3 Effect maatregel bodemverhoging in werkelijkheid

*Bodemverhoging is niet overal gewenst in het stroomgebied Chaamse beken. Het is niet gewenst in de Chaamse beek door het voorkomen van stenensubstraat. Natuurlijke bodemverhoging met een gemiddelde aangroei van 2-4 cm/jaar heeft de voorkeur op bodemverhoging doormiddel van zand. De locatie voor Elzenbroekbos kan vernat worden door in de Retteloop een stuw te plaatsen en de zandruggen langs de watergang aan weerszijden te verwijderen. Bij elke beekbodempophoging dient er in de praktijk goed gekeken te worden naar de gevolgen ervan.*

#### Bodemverhoging in de werkelijkheid

De voorgestelde bodemverhoging is niet overal gewenst in het stroomgebied. In de Chaamse beek is bodemverhoging van 25-50 cm niet op elke locatie gewenst omdat hier het enige stenensubstraat in het stroomgebied op de slootbodem aanwezig is. Het stroomafwaartse deel is cultuurhistorisch waardevol doordat het profiel weinig is veranderd. Natuurlijke bodemverhoging door weinig onderhoud is wel wenselijk. Hierdoor komen er takken etc. in het water. Dit geeft planten bacteriën de mogelijkheid om zicht te vestigen. Dit fenomeen trekt weer vissen aan. Er kan vanuit worden gegaan dat met een natuurlijke aangroei van 2-4 cm/jaar op veel plaatsen de gewenste situatie van 25 cm al aanwezig is. Drie jaar geleden zijn slechts enkele delen van het stelsel gebaggerd. Door bodemverhoging met zand verandert de situatie te snel voor de vissen die zich op deze manier niet kunnen aanpassen aan de nieuwe situatie.

In de Roode beek is een bodemverhoging van 25-50 cm voorgesteld. Ook hier is bodemverhoging door extensief beheer de meest gewilde maatregel. Vanaf de landgoederenzone vindt er geen bodemverhoging plaats. Bodemverhoging met zand wordt in de winterperiode toegepast wegens de flora en faunawet. Bij deze ophoging is er een risico van wegspoelen bij hoogwatergolven omdat het zand nog niet vast ligt. Ophoging zorgt voor een bredere slootbodem. Om genoeg stroming en een hoog genoeg peil in de watergang te krijgen dient de slootbodem versmalt te worden. Deze versmalling kan gerealiseerd worden door een tijdelijke oeverbeschoeiing van wilgentenen. De wilgentenen rotten in de loop der jaren weg. De Molenloop is een zijtak van de Roode beek met een voorgestelde bodemverhoging van 0-25 cm. Ook voor deze beek geldt een natuurlijke bodemverhoging als de meest gewilde maatregel.

Ten noorden van de Retteloop is het natuurdoeltype Elzenbroekbos gedefinieerd. Aan weerszijde van de Retteloop (fig. 8.4) liggen zandruggen. Deze ruggen zijn ontstaan doordat bij het uitbaggeren jarenlang de bagger op de oever gegooid is. In de Retteloop is een bodemverhoging van 50-75 cm voorgesteld. De diepte van de Retteloop ten opzichte van het maaiveld varieert van 20-100 cm. De watergang valt alleen droog in heel droge perioden. Bovenstrooms van de Retteloop is het natuurdoeltype Bloemrijk grasland (v) gedefinieerd. Natuurmonumenten heeft dit perceel afgegraven en regelt momenteel de waterstand doormiddel van een stuw die afwatert in de bovenstroom van de Retteloop.

Om de omstandigheden natter te krijgen voor het Elzenbroekbos kan aan het einde van de Retteloop op de kruising van het bos en landbouw een stuw geplaatst worden. Met deze stuw kan het water stroomopwaarts opgestuwd worden. Door het afgraven van de zandruggen aan weerszijde van de Retteloop kan dit opgestuwde water het bos instromen. Hiermee worden de hydrologische omstandigheden voor het Elzenbroekbos gunstig. Door het plaatsen van de stuw kan bij te natte omstandigheden in het perceel van Natuurmonumenten het water nog worden afgevoerd. Uit het veldbezoek kwam ook de optie naar voren om de Retteloop te dempen. De keuzen voor een van deze twee opties word in volgende hoofdstuk 8.4 toegelicht.



Figuur 8.4 Huidige situatie Retteloop met zandruggen

### Vergelijk met grondwatermodel

Vanuit de modelberekeningen zijn de omstandigheden voor Berken-Eikenbos langs de Retteloop met een strook van 100 meter breed te nat. Dit komt deels doordat schematisch de watergang met een opgelegd waterpeil dwars door het natuurdoeltype loopt. De watergang wordt geschematiseerd in een gridcel met een grote van 25\*25 meter. In de schematisatie krijgt de watergang een bepaalde infiltratie weerstand opgelegd (conductance). Maar het oppervlakte van de watergang is zo groot als de gridcel zelf. In de werkelijkheid is de Retteloop niet breder dan 1 meter. De berekende grondwaterstanden voor de gridcellen met een watergang met een slootpeil zijn altijd tot aan het maaiveld. Oftewel in de gridcellen waarin een watergang is gemodelleerd dient er kritisch gekeken te worden naar de uitkomsten.

Het fenomeen surface-runoff waarbij slootwater over het maaiveld loopt wordt niet meegenomen in het (semi-) lokaal model. Door het peil te verhogen en de zandruggen langs de Retteloop weg te halen vindt dit fenomeen in werkelijkheid wel plaats. Hierdoor wijken de berekende grondwaterstanden rondom de Retteloop af van de werkelijkheid.

Bodemverhoging is ook in de werkelijkheid een goed maatregel om vernatting te krijgen. Voor elke voorgestelde verhoging dient in de werkelijkheid goed gekeken te worden naar de effecten ervan. Voor het werkelijk uitvoeren ervan in het veld dient er goed gekeken te worden naar:

- ✓ Verdwijnen uitmondingen van drainages onder het zand;
- ✓ Welke natuurwaarden verdwijnen onder het zand;
- ✓ Ophogen betekent ook verbreding van het profiel. Dus het profiel moet ook versmald worden met los zand. Welke manier is hier het meest voor geschikt;
- ✓ Hoe wordt voorkomen dat de beekbodemophoging niet wegspoelt;
- ✓ Wordt de natuurlijke ophoging of actieve ophoging met zand toegepast.

## 8.4 Effect maatregel dempen sloten in werkelijkheid

*Het dempen van de watergangen op de Strijbeekse heide geeft plaatselijk veel vernatting en geen wateroverlast was de conclusie uit het veldbezoek. De modelberekeningen spreken dit tegen doordat in de huidige en gedempte situatie het peil 1.2 m onder het maaiveld blijft. Door grondwatermetingen kan het verschil bepaald worden met de modeluitkomsten, maar de maatregel zorgt nooit voor verdroging. Voor de Retteloop is het plaatsen van een stuw en afgraven van de zandruggen een beter optie voor vernatting dan het dempen ervan.*

In het voorgestelde maatregelen pakket van het adviesbureau is het dempen van de watergangen op de Strijbeekse heide voorgesteld. De percelen op de Strijbeekse heide zijn van Staatsbosbeheer en de percelen naar het beekdal toe van Natuurmonumenten. Het dempen van de watergangen geeft plaatselijk veel vernatting en geen wateroverlast voor de omgeving was de conclusie vanuit het veldbezoek.

De drainerende werking van de watergangen wordt met deze maatregel weggehaald. Een watergang heeft geen invloed bij een constant slootpeil, die gelijk is aan de opbolling van het grondwater zonder sloot (fig. 8.5 donker blauwe lijn). De opbolling van het grondwater loopt alleen niet door in de watergang maar wordt daar 'afgevlakt'. In de meeste gevallen is het peil in een watergang niet constant, waardoor de watergang het grondwater beïnvloed. Bij een lager slootpeil heeft de watergang een drainerende werking (fig. 8.5 licht blauwe lijn). Een hoger slootpeil zorgt voor een infiltrerende werking.



Figuur 8.5 Grondwaterverloop met watergang



De opbolling van het grondwater loopt pas weer door na het dempen en inklinken van de watergang. Als de gedempte watergang nog niet is ingeklonken beïnvloed de watergang het grondwater nog steeds. Dit heeft te maken met de wet van Pascal omdat de intreeweerstand (KD-waarde) van de gedempte watergang nog steeds lager is dan onder het niet vergraven maaiveld. Door de lage intreeweerstand stroomt het grondwater eerder naar de nog niet ingeklonken grond in de gedempte watergang.

Uit de modelberekeningen (hfdst 6.4) blijkt dat de maatregel op de Strijbeekse heide bijna geen vernattend effect heeft. De grondwaterstand blijft bij de maatregel op 1.2 meter onder het maaiveld. Dit komt doordat de watergang volgens het model bijna geen drainerend effect heeft. Het vernattend effect is groter naar mate de watergang een meer drainerend effect heeft.

De maatregel het dempen van sloten is al uitgevoerd op de Strijbeekse heide (fig. 8.6) door de terreinbeheerders. Het effect vanuit de modelberekeningen en de conclusie uit het veldbezoek spreken elkaar tegen. De drainerende werking vanuit het veldbezoek lijkt groter dan vanuit de modelberekeningen. Door grondwatermetingen kan het effect van de maatregel vergeleken worden met de modelberekeningen. Hiermee kan bepaald worden of de modelberekeningen en de werkelijkheid daadwerkelijk zoveel verschillen. De maatregel heeft nooit een verdrogend effect, waardoor deze altijd bijdraagt aan de vernatting van de natte natuurparel.

In het infiltratie gebied voor de natte natuurparel de Chaamse Bossen zijn de watergangen gedempt. Hierdoor krijgt het regenwater de tijd om te infiltreren in de bodem. Deze maatregel zorgt voor meer kweldruk in de natte natuurparel. In de Chaamse Bossen zijn grote waterproblemen door het overstromen van paden en schouwsloten. De verwachting is dat door de vernatting het huidige bos dood gaat door zuurstof te kort in de wortelzone. Bij het dempen van watergangen dient er goed gekeken te worden naar de gevolgen. Het dempen van de watergangen in de Chaamse bossen heeft een groter effect op de vernatting dan het dempen van de watergangen op de Strijbeekse heide.

#### Dempen of bodemverhoging Retteloop

In de Retteloop die langs het gedefinieerde Elzenbroekbos loopt is bodemverhoging als maatregel (hfdst 8.3) voorgesteld. Aan beide kanten van de Retteloop is natuur gedefinieerd. In de Retteloop staat nagenoeg het gehele jaar door water. Vanuit het veldbezoek kwam het dempen van de Retteloop naar voren als mogelijkheid om vernatting te creëren. Door het dempen van de watergang kan na het inklinken van de bodem de opbolling zich weer herstellen. Deze opbolling zal geen wateroverlast veroorzaken voor de omgeving. Een nadeel van het dempen van de watergang is dat het grondwaterpeil niet goed meer geregeld kan worden. Bij het plaatsen van stuwen kan dit nog wel.

Bovenstrooms van de Retteloop is het natuurdoeltypen Bloemrijk grasland (v) gedefinieerd. Natuurmonumenten heeft dit perceel afgegraven en regelt momenteel de waterstand doormiddel van een stuw die afwatert in de bovenstroom van de Retteloop. Bij het afdammen van de watergang kan dit perceel niet meer afwateren op de Retteloop. Een optie zou zijn om dit perceel dan te laten afwateren in de Strijbeekse beek.

Door deze afwatering komt er minder water in het gebied rondom de Retteloop. De Retteloop is een infiltrerende watergang zoals blijkt uit de modelberekeningen (hfdst 6.3). Doordat de infiltrerende watergang verdwijnt, wordt het gebied droger. Om deze reden is het plaatsen van een stuw in de Retteloop en het afgraven van de zandruigen de optie die het meest vernat.



*Figuur 8.6 Gedempte watergang langs de Strijbeekse heide*

## 8.5 Effect maatregel verwijderen drainage in werkelijkheid

*De maatregel verwijderen drainage is al uitgevoerd in het veld. Vanuit de modellering heeft het geen effect, maar is uitgevoerd op basis van veldkennis.*

Het verwijderen van drainage heeft lokaal invloed op de grondwaterstijging. Wordt het grondwater op een groot niveau gezien dan heeft het weinig tot geen invloed. Drainage heeft in een infiltratiegebied wel veel invloed door het afvoeren van het te infiltreren regenwater. De maatregel is voorgesteld in een kwelgebied. De drainage vangt de kwel op die anders tot aan het maaiveld zou komen.

Uit de modelberekeningen blijkt dat het verwijderen van de drainage in het onderzoeksgebied geen vernattend effect heeft. Op de locatie waar de maatregel is voorgesteld is geen drainage in de schematisatie aanwezig. De grondwaterstijging die het verwijderen van de drainage tot gevolg heeft is niet gemodelleerd met het grondwatermodel.

In de natte natuurparel is de maatregel verwijderen drainage al uitgevoerd (fig. 8.7). De gehele drainage wordt er met de kraan uitgetrokken. Zou alleen de kop van de drainage worden afgesloten dan heeft de drainage nog steeds zijn drainerende werking. Deze maatregel is uitgevoerd op basis van veldkennis.



*Figuur 8.7 Weiland met verwijderde drainage*

## 8.6 Effect maatregel woningdrainage in werkelijkheid

*De woningdrainage op de Strijbeekse heide treedt niet in werking bij de modelberekeningen, de omgeving geeft deze indruk ook.*

Uit het veldbezoek kwam naar voren dat het niet duidelijk was hoe de woningdrainage voor het huis (fig. 8.8) op de Strijbeekse heide moest gaan functioneren. De woningdrainage kan nergens op afwateren. De afvoerwatergang over de Strijbeekse heide wordt gedempt. Een andere afvoer mogelijkheid is in het veld niet gevonden. De omgeving rondom het huis liet ook niet zien dat een woningdrainage strikt noodzakelijk is.

Uit de modelberekening blijkt dat bij de natste situaties in alle scenario's de woningdrainage niet in werking treedt. De drainage is pas zinvol als het grondwater rond de 1 meter onder het maaiveld komt te staan en geen 2 meter zoals in het huidige geval. Bij twijfel aan de noodzaak van een woningdrainage kan een peilbuis geplaatst worden voor metingen. Uit deze metingen blijkt dan de noodzaak van een woningdrainage.



*Figuur 8.8 Woning op de Strijbeekse heide*

## 9. Haalbaarheid doelgat in de werkelijkheid

De gewenste mix van maatregelen uit de modelberekeningen zijn bekeken in de werkelijkheid. Aan de hand hiervan wordt in dit hoofdstuk de gewenste mix van maatregelen geformuleerd.

### 9.1 Gewenste mix van maatregelen in de werkelijkheid

*De zes voorgestelde maatregelen van het adviesbureau zijn gewenst op het accoladeprofiel na. Natuurlijke bodemverhoging heeft de voorkeur op bodemverhoging met zand. Door het dempen van de Retteloop wordt het gebied eromheen droger. Het verwijderen van drainage en het dempen van sloten zijn al uitgevoerd in het veld. Ze hebben net als woningdrainage weinig tot geen invloed op de grondwaterstand.*

De voorgestelde maatregelen van het adviesbureau (bijlage 6) kwamen op basis van afwegingen met betrekking tot effectiviteit en haalbaarheid als gewenste mix van maatregelen uit de modelberekeningen. De effecten van de zes voorgestelde maatregelen zijn bekeken in de werkelijkheid in het vorige hoofdstuk (8).

De al aanwezige steilranden zijn in de werkelijkheid niet te verlagen of te verhogen, maar ze hebben wel hun invloed op het grondwater. De maatregel is er alleen op gericht om de steilrand te accentueren. Om deze reden is deze ingreep gewenst als maatregel.

Een accoladeprofiel draineert in etappes en kan op de etappes zelf zorgen voor de geschikte hydrologische randvoorwaarden. Voor de rest heeft het profiel voor het grondwaterverloop geen invloed. De huidige landschapslijnen behoren bij een cultuurhistorisch landschap, een accoladeprofiel zou hieraan afbreuk doen. Daarom is deze ingreep niet gewenst in het onderzoeksgebied.

Bodemverhoging is niet overal gewenst in het stroomgebied Chaamse beken. Het is niet gewenst in de Chaamse beek door het voorkomen van stenensubstraat (fig. 9). Natuurlijke bodemverhoging met een gemiddelde aangroei van 2-4 cm/jaar heeft de voorkeur op bodemverhoging doormiddel van zand. De maatregel is ook gewenst in de Roode Beek en Molenloop.

Voor de Retteloop werd bij het veldbezoek het dempen ervan overwogen. Bij het nader bekijken in hfdst 8.4 komt naar voren dat het plaatsen van een stuw en afgraven van de zandruggen een beter optie voor vernatting is dan het dempen ervan. Dit komt doordat bij het dempen minder water in het gebied komt. De natuurlijke bodemverhoging heeft ook in deze watergang zijn voorkeur.

Het dempen van de watergangen op de Strijbeekse heide geeft plaatselijk veel vernatting en geen wateroverlast was de conclusie uit het veldbezoek. De modelberekeningen spreken de vernatting tegen doordat in de huidige en gedempte situatie het peil 1.2 m onder het maaiveld blijft. De maatregel is door de terreinbeheerders al uitgevoerd en zal nooit een verdrogend effect hebben. Om het grondwatereffect inzichtelijk te maken dient er gemeten te worden. Deze maatregel is ook gewenst op de Strijbeekse heide.



*Figuur 9 Stenensubstraat Chaamse beek*

De maatregel verwijderen drainage is al uitgevoerd in het veld. Vanuit de modellering heeft het geen effect, maar het is uitgevoerd op basis van veldkennis. De maatregel draagt net als bij het dempen van watergangen nooit bij aan de verdroging in het onderzoeksgebied en is daarom gewenst.

De woningdrainage op de Strijbeekse heide treedt niet in werking bij de modelberekeningen, de omgeving geeft deze indruk ook. Deze maatregel dient als optie gehouden te worden. Door metingen na alle vernattingmaatregelen kan inzichtelijk gemaakt worden of deze maatregel zinvol is.

## 9.2 Gewenste Grond- en Oppervlaktewaterregime

*Alleen het accoladeprofiel gaat niet door, waardoor het gewenste grond- en oppervlaktewaterregime overeen komt met de gewenste mix van maatregelen. Bij de Retteloop wijkt de GGOR af van de berekende situatie. Het hangt hier af van de werkelijke vernatting of voor deze locatie een ander alternatief natuurdoeltypen geformuleerd dient te worden.*

Van de doorgerkende gewenste maatregelen gaat alleen het accoladeprofiel niet door. Het profiel heeft in de natte natuurparel geen invloed op de grondwaterstand was de conclusie uit de modelberekening. De Gewenste Grond- en Oppervlaktewaterregime komt dus overeen met de situatie zoals berekend is met de gewenste mix van berekende maatregelen in hoofdstuk 7.1. De maatregelen hebben een grondwaterstijging tot gevolg voor de GHG, GLG en GVG. De kweldruk is afgenomen met 0.02 tot 0.12 mm/dag ten opzichte van de huidige situatie. Het zal wel enkele jaren duren voordat de gewenste bodemverhoging is bereikt doordat de voorkeur uitgaat naar een natuurlijke bodemaangroei.

Door het plaatsen van een stuw in de Retteloop en het afgraven van de zandruggen wijkt de situatie rondom de loop af van het (semi-) lokaal model. Om de inundatiegebieden goed in kaart te brengen dient er een oppervlaktewatermodel voor de Retteloop en het naastgelegen bosgebied ontwikkeld te worden. Deze inundatiegebieden zullen natter zijn dan blijkt uit de grondwatermodel berekeningen, waardoor er een andere doelrealisatie voor de natuurdoeltypen behaald wordt.

De gedefinieerde natuurdoeltypen kunnen niet allemaal gerealiseerd worden in de gewenste situatie werd geconcludeerd in hfdst 7.2. In bijlage 7.14 is een voorbeeld gegeven van een natuurdoeltypenkaart met alternatieve natuurdoeltypen. De GGOR wijkt in de werkelijkheid rondom de Retteloop af van de situatie uit de modelberekeningen met de gewenste maatregelen. De vernatting die optreedt, kan met een oppervlaktewatermodel inzichtelijk worden gemaakt. Voor deze locatie hangt het van de vernatting af of het Beuken-Eikenbos (v)/Eiken-Haagbeukenbos/Vogelkers-Essenbos hier gerealiseerd kan worden. Mogelijk moet er voor deze locatie een ander natuurdoeltype geformuleerd worden.



## 10. Conclusie

In dit hoofdstuk wordt aan de hand van de drie problemen (grondwaterstanden te laag, kwel scoort zeer laag en doelrealisatie landbouw is niet overal berekend) en drie mogelijke oorzaken die het Waterschap Brabantse Delta voor het onderzoek heeft aangedragen conclusies geformuleerd.

### 10.1 De doelrealisatie op grondwaterstanden is te laag

*In de huidige situatie faalt de GVG met 80% van de natte natuurparel en de GLG met 40%. In alle berekende scenario's faalt de GLG elke keer met 40%, doordat het grondwater niet voldoende kan stijgen voor de natuurdoeltypen met een GLG-voorwaarde. De natte natuurparel faalt voor de GVG tussen de 65-75% in alle scenario's. Er kan niet voldaan worden aan de optimale situatie voor de GVG voor de gedefinieerde natuurdoeltypen.*

#### Probleem

Een probleem van het waterschap is dat bij toetsing van de huidige situatie de GVG in ongeveer 80% van het onderzoeksgebied faalt en de GLG met ongeveer 40%. Het streven van het waterschap is om het percentage falen van de doelrealisatie op grondwaterstanden zo laag mogelijk te krijgen.

Om inzicht te krijgen of dit percentage lager kan worden zijn er twee scenario's opgesteld, namelijk de 'maximale vernatting' en de 'historische situatie'. Bij toetsing van de maximale vernatting faalt de doelrealisatie voor de GVG (bijlage 5.6) nog met 75% en voor de GLG met hetzelfde percentage van 40%. In de historische situatie faalt de GVG (bijlage 5.15) met 65% en de GLG nog steeds met 40%. Voor beide scenario's is de grondwaterstand in het zuiden en noordoosten te laag en in het noordwesten te hoog voor de gedefinieerde natuurdoeltypen.

#### Conclusie

Met de gewenste mix van maatregelen is het percentage falen voor de GVG (bijlage 7.9) rond de 70% van het onderzoeksgebied en de GLG net als bij alle andere situaties 40%. Ook hier geldt dat in het zuiden en noordoosten de grondwaterstand te laag is en in het noordwesten te hoog. De 40% falen bij de GLG in alle situaties komt door de aanwezigheid van het Elzenbroekbos en Ven (ongebufferd). Voor de realisatie van deze natuurdoeltypen moet voldaan worden aan een minimale grondwaterstand bij de GLG. Het grondwater kan niet genoeg stijgen om te voldoen aan de GLG-eisen van deze twee natuurdoeltypen.

In de gewenste situatie en in de andere scenario's hebben niet alle natuurdoeltypen een optimale doelrealisatie voor de GVG. In het zuiden en noordoosten van de natte natuurparel zijn de omstandigheden te droog en in het noordwesten te nat voor de gedefinieerde natuurdoeltypen. Alleen met het afgraven in het zuiden en noordoosten en ophogen in het noordwesten van het huidige maaiveld kan de gewenste situatie behaald worden. Voor deze ingreep zijn de kostenbaten niet in verhouding. De optimale situatie voor de GVG kan niet gehaald worden voor de gedefinieerde natuurdoeltypen.

### 10.2 De doelrealisatie op kwel scoort zeer laag

*Vanuit de waternoodsystematiek behaalt elk natuurdoeltypen een optimale doelrealisatie voor kwel. Bij de toetsing wordt er alleen getoetst op de aanwezigheid van kwel en niet op de hoeveelheid ervan. De kweldruk is voor sommige natuurdoeltypen in het veld van essentieel belang. Het (semi-) lokaal model is niet geschikt om de kwel/wegzijing goed te berekenen door vaste stijghoogte op de mode rand. De huidige situatie is berekend met het stroomgebiedmodel en geeft de meest betrouwbare kwel/wegzijing. De 100 mm/jaar kwel voor het gedefinieerde natuurdoeltype Vochtig schraalland/Bloemrijk grasland in het onderzoeksgebied wordt niet gehaald.*

#### Probleem

Het waterschap heeft de lage doelrealisatie rondom kwel als probleem aangedragen. Rondom de beken in het onderzoeksgebied vindt er wegzijing plaats van 0.5 mm/dag. Naast de beken is er momenteel een kweldruk van 0.2 mm/dag (bijlage 2.8). De natte natuurparel die hersteld dient te worden heeft een gemiddelde standplaatseis met een kweldruk van 100 mm/jaar.

Bij alle doorgerekende scenario's is de doelrealisatie voor kwel optimaal volgens de Waternoodsystematiek. Alleen het natuurdoeltype Vochtig schraalland/Bloemrijk grasland in het onderzoeksgebied wordt getoetst op de aanwezigheid van kwel.

De Waternoodapplicatie toetst alleen of er wel of geen kwel voorkomt. Er hangen bij de Waternood toetsing geen waardes aan de hoeveelheid kwel, dit is een grote beperking. De doelrealisatie in de



werkelijkheid van natuurdoeltypen kunnen zeer afhankelijk zijn van de kweldruk. De kweldruk is voor sommige natuurdoeltypen in het veld van essentieel belang. De natte natuurparel die hersteld dient te worden heeft voor de kweldruk afhankelijke natuurdoeltypen een gemiddelde standplaatseis voor de kweldruk van 100 mm/jaar (Provincie, 2005).

In de huidige situatie vindt er rondom de beken bij de natte natuurparel een wegzijging plaats van 0.5 mm/dag (bijlage 2.8). Naast de beken is er momenteel een kweldruk van 0.2 mm/dag. In hoofdstuk 5 komt naar voren dat het (semi-) lokaal model niet geschikt is om de grondwaterstroming goed te modelleren. In het stroomgebiedmodel van het adviesbureau vindt de wegzijging plaats in de Chaamse bossen. Deze wegzijging komt weer tot kwel in de natte natuurparel. Het (semi-) lokaal model is een uitsnede van het stroomgebiedmodel waarbij de Chaamse bossen waar wegzijging plaats vindt is weggevalen. Het (semi-) lokaal model heeft vaste stijghoogtes aan de rand gekregen. Door de vast stijghoogtes aan de rand van het (semi-) lokaal model wordt de grondwaterstroming niet goed gemodelleerd. De spreidingslengte van 702 meter is voor het goed in kaart brengen van de kwel en wegzijging te klein.

De berekende kwel met het (semi-) lokaal model wijkt dus af van de berekeningen van het stroomgebiedmodel. De berekeningen voor de kwel en wegzijging van het stroomgebiedmodel zijn betrouwbaarder dan het (semi-) lokaal model. Om deze reden is er in bijlage 10.1 voor de huidige situatie (berekend met het stroomgebiedmodel) gekeken of de 100 mm kwel per jaar gehaald wordt voor de kwelafhankelijke natuurdoeltypen in het onderzoeksgebied.

Op deze kaart is te zien dat alleen in de noordelijkste punt van het onderzoeksgebied een kweldruk van 90-100 mm/jaar wordt behaald. Rondom de Chaamse beek en de Roode beek wordt een kweldruk van 10-30 mm/jaar gehaald in de huidige situatie. Langs deze twee beken is het kwelafhankelijke natuurdoeltypen Vochtig schraalland/Bloemrijk grasland gedefinieerd. De 100 mm kwel per jaar wordt voor dit natuurdoeltypen niet gehaald.

## Conclusie

Om het effect op de kwel van het dempen van de watergangen in het Chaamse bossen en het toepassen van de gewenste mix van maatregelen goed te modelleren dient er gerekend te worden met het stroomgebiedmodel. De 70 mm kwel per jaar die er nog bij dient te komen wordt waarschijnlijk ook niet gehaald met deze maatregelen. Bij de toetsing naar de hoeveelheid kwel wordt er momenteel niet voldaan aan standplaatseis van het natuurdoeltype Vochtig schraalland/Bloemrijk grasland.

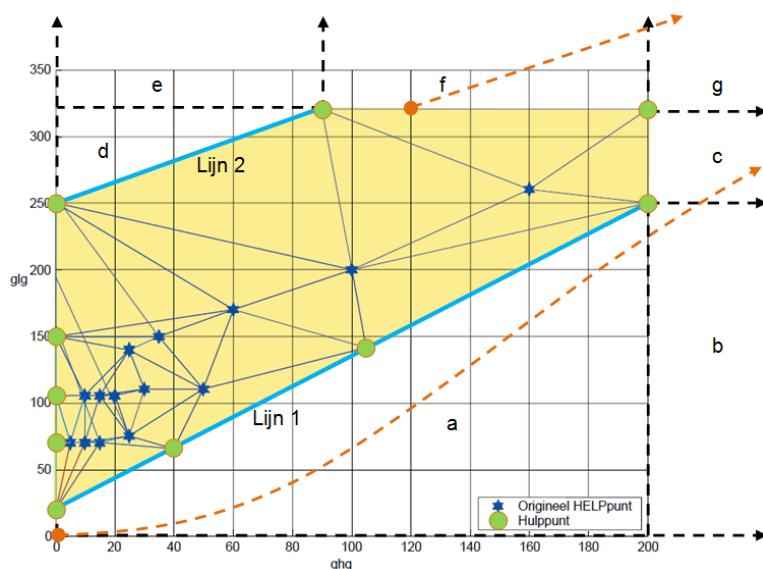
## 10.3 De doelrealisatie voor landbouw is niet overal berekend

De doelrealisatie voor de landbouw wordt niet overal berekend door Waternood 2007. Dit komt door nieuwe inzichten waarbij de interpolatieregels zijn aangepast waardoor sommige combinaties van GHG-GLG als nodata worden weergegeven. Om toch uitspraken te kunnen doen voor deze gebieden dient er eerst gekeken te worden naar de doelstelling van de beheerder. Daarna dient handmatig gekeken te worden hoever de GHG-GLG combinatie buiten de interpoleergrens ligt, dit door afwijkingen bij de kalibratie van het grondwatermodel. Ligt de waarde buiten de 10 cm dan dient in het veld gekeken te worden hoeveel schade er is.

## Probleem

Een probleem waar het waterschap tegenaan loopt is dat bij het berekenen van de doelrealisatie voor de landbouw niet overal een doelrealisatie wordt berekend. De resultaten komende uit Waternood laten voor de landbouw niet overal een doelrealisatie zien. In bijlage 10.2 is te zien dat vooral rondom de gebieden bij de watergangen geen resultaten worden weergegeven. Het waterschap wil voor deze gebieden wel een uitspraak kunnen doen.

Waternood 2007 wijkt af van zijn voorgangers vooral op de interpolatieregels (Waternood, 2007). Bij Alterra zijn de interpolatieregels voor de GHG en GLG waarden aangescherpt. Bij de vorige versies van Waternood was bijna iedere combinatie van GHG en GLG te interpoleren



Figuur 10.1 Grafiek interpolatieregels HELP tabellen



naar een combinatie waarvoor de HELP tabellen valide werden verondersteld. De belangrijkste toepassing van de HELP tabellen (HELP, 2005) is het bepalen van de landbouwkundige baten van waterhuishoudkundige maatregelen in landinrichtingsprojecten. Men is tot inzicht gekomen dat niet al deze regels van de interpolatie van toepassing zijn. Om ervoor te zorgen dat doelrealisatie uitkomsten een reële afspiegeling van de werkelijkheid zijn, is het aantal combinaties van GHG en GLG beperkt. Een en ander is te zien in figuur 10.1.

Het geel gearceerde gebied geeft de combinaties van GHG en GLG aan waarvoor de HELP tabellen van toepassing zijn. Voorheen was het zo dat iedere combinatie van GHG-GLG die in een van de domeinen a t/m g viel geïnterpoleerd mocht worden naar het geel gearceerde gebied. Momenteel mogen alleen GHG-GLG combinaties die in de domeinen c, g en f vallen geïnterpoleerd worden.

Het resultaat van deze verandering is dat er veel meer nodata waarden in de doelrealisatie berekeningen voor landbouw zullen verschijnen in de uitkomsten. Dit verschijnsel is ook te zien in bijlage 10.2 waar de verandering van de doelrealisatie voor de landbouw met de gewenste maatregelen is weergegeven. Rondom de beken is geen berekening gemaakt voor de doelrealisatie van de landbouw. De GVG-GLG combinatie ligt hier tot net onder het maaiveld, dus in het domein a van figuur 10.1. Hierdoor mag door de nieuwe inzichten geen interpolatie meer plaats vinden naar het geel gearceerde gebied.

### Conclusie

Om toch uitspraak te kunnen doen over de doelrealisatie voor de landbouw op de gebieden zonder berekening, dient er eerst gekeken te worden naar de doelstelling van de beheerders. In de natte natuurparel heeft Natuurmonumenten een stuk 'landbouw gebied' ten westen van de Chaamse beek. Op dit stuk landbouwgebied kan door de doelstelling van Natuurmonumenten niet echt natschade optreden omdat er niet wordt gestreefd naar productie.

Op de percelen waar wel naar productie wordt gestreefd dient er eerst met de hand gekeken te worden naar de GVG-GLG combinatie. Hierbij moet gekeken worden hoever de combinatie buiten het geel gearceerde gebied ligt. Het gekalibreerde grondwatermodel van het adviesbureau heeft een afwijking van 5-8 cm (Tauw2, 2008) ten opzichte van de gemeten punten. Ligt de GVG-GLG combinatie tot 10 cm buiten het geel gearceerde gebied dan kan handmatig de waarde geïnterpoleerd worden. Ligt de waarde toch nog buiten deze 10 cm dan dient in het veld gekeken te worden hoeveel de nat of droogschade werkelijk is.



## 10.4 De natuurdoeltypen van de provincie past niet op de beoogde plaats

De standplaatseisen van de natuurdoeltypen kunnen voor sommige percelen bij geen van de vernattingmaatregelen behaald worden. Niet alle natuurdoeltypen van de provincie Noord-Brabant passen op elke beoogde plaats. Voor deze plaatsen zijn andere natuurdoeltypen gedefinieerd op basis van gemiddelde hydrologische omstandigheden.

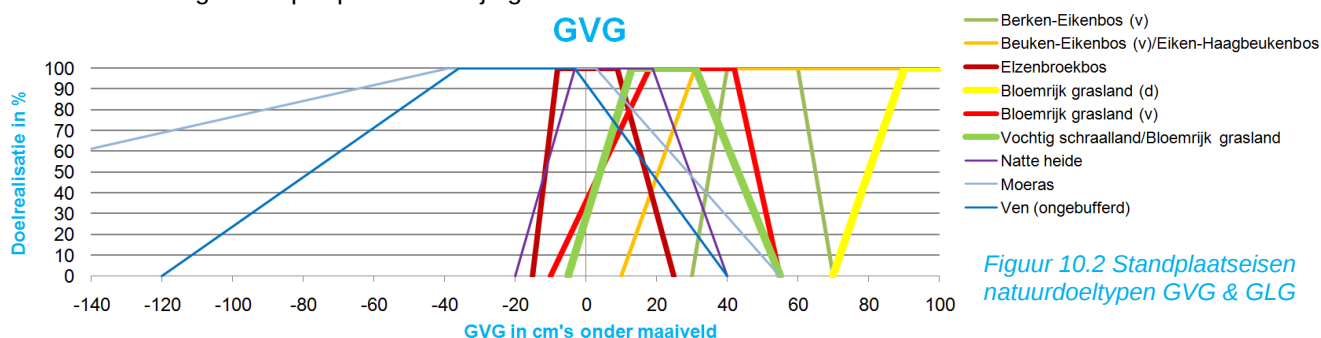
### Oorzaak

Een mogelijke oorzaak volgens het waterschap voor de te lage doelrealisatie voor de natuurdoeltypen is dat de natuurdoeltypen niet op de beoogde plaats passen. Deze mogelijkheid wordt overwogen omdat er met de voorgestelde vernattingmaatregelen een grondwaterstijging van 0.10 t/m 0.75 m voor de GVG wordt gerealiseerd. Maar de doelrealisatie na de vernattingmaatregelen is weinig verbeterd ten opzichte van de huidige situatie.

Voor dit onderzoek zijn de gemiddelde hydrologische randvoorwaarden van de provincie Noord-Brabant gebruikt. De hydrologische randvoorwaarden die zijn gedefinieerd staan weergegeven in figuur 10.2. De twee verschillen tussen de grondwaterstand behorende bij de maximale waarde (A1) en optimum waarde (B1) en tussen de minimale waarde (A2) en optimum waarde (B2) is minimaal. Dit houdt in dat een grondwaterstijging van enkele cm kan leiden van géén doelrealisatie tot een optimale doelrealisatie. Elzenbroekbos kan bijvoorbeeld bij een grondwaterstand van 30 cm onder het maaiveld niet voorkomen. Stijgt het grondwater tot 10 cm onder het maaiveld dan heeft dit natuurdoeltypen een optimale doelrealisatie. Het interval tussen wel of geen doelrealisatie is hier maar 20 cm. Bij de andere natuurdoeltypen is het interval ook klein, op Ven (ongebufferd) en Moeras na. Om deze reden komt uit de toetsing van de doelrealisatie als resultaat bijna alleen maar een optimale of geen doelrealisatie.

### Conclusie

In de huidige situatie (hfdst 3.2), scenario maximale vernatting (hfdst 5.1), scenario historische situatie (hfdst 5.2) en de gewenste mix van maatregelen (hfdst 7.2) kan niet voor elk perceel de optimale situatie worden gecreëerd. De natuurdoeltypen van de provincie passen niet op elke beoogde plaats. Voor deze percelen zijn andere natuurdoeltypen gedefinieerd op basis van gemiddelde hydrologische omstandigheden per perceel in bijlage 7.12 & 7.13.



Figuur 10.2 Standplaatseisen natuurdoeltypen GVG & GLG

## 10.5 De vernattingmaatregelen zijn onvoldoende voor de beoogde natuurparel

De vernattingmaatregelen zijn onvoldoende voor de beoogde natuurparel concludeert het waterschap. Voor sommige percelen is elke situatie te nat voor de gedefinieerde natuurdoeltypen en voor andere percelen komt het grondwater bij elke vernattingmaatregel niet hoog genoeg.

### Oorzaak

Een mogelijke oorzaak volgens het waterschap voor de te lage doelrealisatie op kwel is dat de vernattingmaatregelen onvoldoende zijn. In bijlage 6 zijn de vernattingmaatregelen weergegeven die gebruikt zijn bij de berekeningen voor de gewenste situatie. Een voorwaarde voor de maatregelen is dat ze geen wateroverlast mogen veroorzaken voor het andere landgebruik.

Bij het vergelijken van de huidige situatie (hfdst 3.2), maximale vernatting (hfdst 5.1), historische situatie (hfdst 5.2) en de gewenste maatregelen (hfdst 7.2) blijkt dat voor drie percelen elke situatie te nat is. Voor sommige natuurdoeltypen kan het grondwater niet voldoende stijgen. De kwel kan zoals geconcludeerd in hfdst 10.2 niet goed worden berekend met het (semi-) lokaal grondwatermodel.



## Conclusie

In de gewenste situatie hebben niet alle natuurdoeltypen een optimale doelrealisatie. Voor Bloemrijkgasland (d) rondom de Retteloop is de GVG te nat. Noordwest in de natte natuurparel zijn de omstandigheden te nat en noordoost te droog voor de gedefinieerde natuurdoeltypen. De voorgestelde maatregelen zijn onvoldoende voor de beoogde natuurparel. Maar zelfs met de maximale vernatting en de historische situatie komt het grondwater niet voor elke natuurdoeltypen hoog genoeg. Voor sommige gedefinieerde natuurdoeltypen is elke situatie te nat. Met geen enkele combinatie van vernattingmaatregelen kan voldaan worden aan alle standplaatseisen. Om de invloed van de maatregelen op de kwel te kunnen berekenen dient het stroomgebiedmodel van het adviesbureau gebruikt te worden.

## 10.6 De toegepaste onderzoeksmethodiek werkt niet goed

*De toegepaste onderzoeksmethodiek geeft een goede indicatie van de effecten van de verschillende maatregelen. Het grondwatermodel en de werkelijkheid wijken enkele centimeters af. Ondanks deze afwijkingen kunnen berekende doelgaten in de werkelijkheid niet opeens gedicht zijn. Door de berekende maatregelen in de werkelijkheid te bekijken wordt er een extra kwaliteitsslag geleverd.*

### Oorzaak

Een mogelijke oorzaak voor de lage doelrealisatie is dat de toegepaste onderzoeksmethode niet goed werkt volgens het waterschap. Door het waterschap wordt er getwijfeld aan de overeenkomst van het grondwatermodel en de werkelijkheid. Lokale omstandigheden, zoals storende lagen, bodemverandering, seizoenvariatie van waterstanden etc. worden niet altijd goed meegenomen in het grondwatermodel. Deze verschillen kunnen wel doorslaggevend zijn voor het wel of niet slagen van natuurdoeltypen.

### Conclusie

De gebruikte onderzoeksmethodiek door het adviesbureau en de methodiek bij dit onderzoek geeft een goede indicatie van de huidige situatie en de effecten van de verschillende maatregelen. Het gekalibreerde grondwatermodel van het adviesbureau heeft een afwijking van 5-8 cm (Tauw2, 2008) ten opzichte van de gemeten punten. Lokale omstandigheden, zoals storende lagen, bodemverandering, seizoenvariatie van waterstanden etc. kunnen bij de kalibratie leiden tot deze afwijking.

Bij de bepalingen van de verschillende doelgaten in de verschillende situaties (bijlage 7.1, 7.2, 7.3 & 7.12) blijkt dat voor sommige natuurdoeltypen het grondwater nog 60 cm moet stijgen. Ook met de afwijkingen tussen het grondwatermodel en de werkelijkheid stijgt het grondwater in werkelijkheid niet opeens met 60 cm ten opzichte van de berekende grondwaterstand, door het toepassen van een maatregel. In werkelijkheid kan er voor sommige natuurdoeltypen niet voldaan worden aan de standplaatseisen.

Wel dient altijd goed gekeken te worden of in de werkelijkheid plaatselijk toch niet op een andere manier vernatting verkregen kan worden. In het onderzoeksgebied is dit het geval voor het gebied rondom de Retteloop (hfdst 9.2). Door de modelberekeningen ook in de werkelijkheid te bekijken wordt er een extra kwaliteitsslag gemaakt.



## 11. Discussie & aanbevelingen

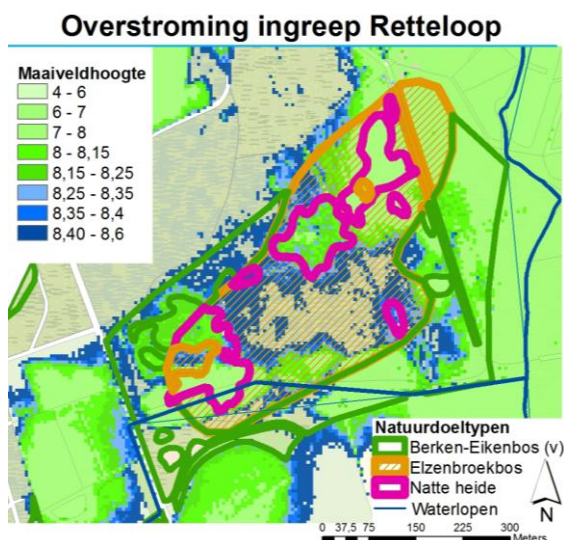
Vanuit de conclusies in het vorige hoofdstuk blijken er nog discussiepunten te zijn over de schematisatie en worden er in dit hoofdstuk aanbevelingen aan het waterschap gedaan over de resultaten.

### 11.1 Discussiepunten

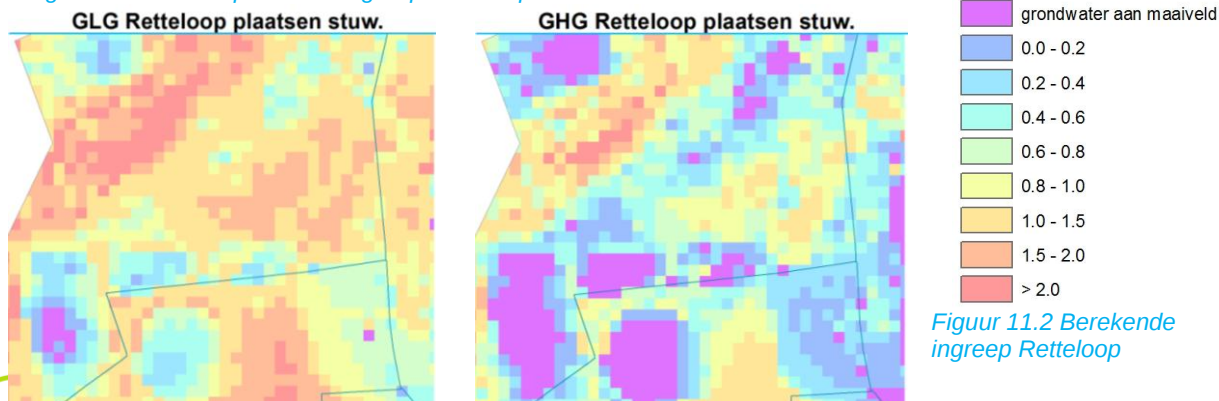
*Het onderzoek geeft een indruk van de effecten van de vernattingmaatregelen. Desondanks zijn de volgende punten nog aangedragen als discussiepunten: De vernatting die wordt verkregen door het plaatsen van een stuw en afgraven van de zandruggen rondom de Retteloo. Het tweede punt is de Strijbeekse beek die een infiltrerende werking heeft in het onderzoeksgebied. Als laatste punt is de doelrealisatie landbouw die niet overal wordt berekend aangedragen.*

Het onderzoek geeft een indruk van de effecten van de vernattingmaatregelen. De vernatting kan in werkelijkheid op sommige plaatsen afwijken van berekende vernatting door afwijkingen in het grondwatermodel. De doelrealisatie van natuurdoeltypen is in werkelijkheid van meer factoren afhankelijk dan alleen de kwantitatieve kant. Ondanks dit kunnen nog de volgende punten als discussie worden aangedragen:

- ✓ De vernatting die wordt verkregen door het plaatsen van een stuw en afgraven van de zandruggen rondom de Retteloo:  
Deze vernatting kan momenteel modelmatig niet goed berekend worden omdat het een interactie is tussen een oppervlaktewatermodel en een grondwatermodel. De maaiveldhoogte varieert rondom de Retteloo sterk door hoge en lage gedeelten. Hierdoor loopt in werkelijkheid niet het gehele oppervlakte gelijkmatig onder water. Het laagste waterstand in de Retteloo is in de huidige situatie op 8.08 m + NAP gemodelleerd en het hoogste waterstand rond de 8.28 m + NAP. Door het weggraven van de zandruggen en plaatsen van een stuw komt het waterpeil voor beide situaties bijvoorbeeld 10 cm hoger te staan. De laagste waterstand (GLG) komt dan op 8.18 m + NAP, waarbij het groene gebied van afbeelding 11.1 onderwater loopt. De horizontale waterloop in de afbeelding is de Retteloo. Bij het hoogste peil (GHG) 8.38m loopt het blauwe gebied ook nog onderwater.



*Figuur 11.1 Geïnterpreteerde ingreep Retteloo*



✓ De Strijbeekse beek heeft een infiltrerende werking in het onderzoeksgebied:

Vanuit de modelberekeningen blijkt dat bij het dempen van de Strijbeekse beek het gebied op de Strijbeekse heide verdroogt. Het is niet duidelijk of dit effect bij het dempen van de Strijbeekse beek daadwerkelijk zou optreden. Door te kijken naar de rood-blauwe kaarten van von Freitag Drabbe en de grondwatertrappenkaart kan hier meer over gezegd worden.

Bij het vervaardigen van de eerste landsdekkende grondwaterdieptekaart van Nederland in het begin van de jaren vijftig is gebruik gemaakt van de zogenaamde natte plekkenkaart van von Freitag Drabbe (Freitag, 2010). De kaarten zijn geïnterpreteerd vanuit luchtfoto's van rond de 2<sup>de</sup> wereldoorlog en geven een kwalitatief beeld van droge en natte gebieden. Von Freitag Drabbe heeft rood-blauwe kaarten gemaakt voor onder andere heel Nederland. Er is geen handleiding of beschrijving meer bij de kaarten. De enige summiere weergave van de gevolgde werkwijze luidt:

*“Met rood geven we nu die gebieden aan, die klaarblijkelijk geen reactie op vocht vertonen en dus klaarblijkelijk het vocht weinig opnemen en snel kwijtraken; met blauw die gebieden die krachtig reageren en daardoor meestal relatief donkerder gekleurd zijn. Dit zijn doorgaans de van nature vochtige gebieden. Daarbij krijgt men allerlei schakeringen en overgangstoestanden. Die geven wij aan met rood met ietsje blauwe nuance of met rood blauw even sterk dooreen of met blauw met een ietsje rood erover.”*

In bijlage 11 is de rood-blauwe kaart van het onderzoeksgebied te zien. Hierop is te zien dat de Strijbeekse heide een rood gekleurd gebied is. Klaarblijkelijk neemt het gebied weinig vocht op en raakt dit snel kwijt. Vanuit de modelberekeningen blijkt hier ook wegzijging plaats te vinden. De Strijbeekse beek is als donkerblauw gebied gekleurd en is klaarblijkelijk van nature een vochtig gebied. Vanuit de Strijbeekse beek is een overloop gebied naar de Strijbeekse heide toe. Dit overloopgebied vanuit de modelberekeningen voor de historische situatie van rond 1900 (bijlage 5.10 t/m 5.12) is minder nadrukkelijk aanwezig.

Bij het bekijken van de grondwatertrappenkaart hebben beekdalen in onderzoeksgebied een grondwatertrap van III. De strook net naast de Strijbeekse beek heeft ook een grondwatertrap van III. De Strijbeekse heide heeft de grondwatertrappen van V en VI.

Infiltratie is zeer onwaarschijnlijk bij de grondwatertrappen I, II en III, bij grondwatertrappen VI en VII is dit wel waarschijnlijk. De Strijbeekse beek is vanuit de grondwatertrappenkaart hierdoor geen infiltrerende beek.

Wordt er gekeken naar het maaiveldverloop en de waterstand in de Strijbeekse beek, dan duidt dit ook op geen infiltrerende beek. De beek heeft een waterstand van 8,1 m + NAP. Het maaiveld van de beek naar de Strijbeekse heide loopt over een afstand van 900 meter op van 9.31 m + NAP tot 11 m. De beek ligt in een dal waardoor het onwaarschijnlijk is dat deze een infiltrerende werking heeft.

✓ Werkelijke doelrealisatie bij het dichten van het doelgat:

Met dit onderzoek is alleen naar de hydrologische kant gekeken voor de doelrealisatie van de natuurdoeltypen. Voor het daadwerkelijk realiseren van de natuurdoeltypen dient het beheer en de kwalitatieve kant nog worden bekeken. Het is onbekend of bij het uitvoeren van de vernattingsmaatregelen het natuurdoeltype ook daadwerkelijk kan worden gerealiseerd door de andere factoren. Een net zo belangrijke factor als de kwantitatieve kant is de kwalitatieve kant. Voor veel natuurdoeltypen mogen er in de bodem niet te veel voedingsstoffen zitten. Door het verhogen van de grondwaterstand kunnen deze gebonden nutriënten weer beschikbaar worden voor de planten. Hierdoor wordt de leefomgeving te rijk voor het gewenste vegetatietype. Het gewenste natuurdoeltype kan dan worden weggeconcentreerd door andere groeiachtige vegetatietypen. Het gevoerde beheer wordt pas van belang om het natuurdoeltype te behouden op de langere termijn.

✓ Doelrealisatie landbouw:

De doelrealisatie voor de landbouw wordt niet overal berekend door Waternood 2007. Dit komt door nieuwe inzichten waarbij de interpolatieregels zijn aangepast waardoor sommige combinaties van GHG-GLG als nodata worden weergegeven. Een mogelijkheid om toch uitspraak te kunnen doen voor deze gebieden is door eerst te kijken naar de doelstelling van de terreinbeheerder. Daarna dient handmatig gerekend te worden hoeveel de GHG-GLG combinatie buiten de interpolatiegrens ligt, dit door afwijkingen bij de kalibratie van het grondwatermodel. Ligt de waarde buiten de 10 cm dan dient in het veld gekeken te worden hoeveel schade er is. In hoofdstuk 10.3 staat deze manier om de doelrealisatie te bepalen verder uitgewerkt. Dit is één manier om toch een uitspraak te kunnen doen over de nodata locaties. Op de afdeling Kennis en Advies is er door de hydrologen van het waterschap draagkracht voor deze bepalingwijze.



## 11.2 Aanbevelingen aan het waterschap

*De hydrologische randvoorwaarden voor de gedefinieerde natuurdoeltypen kunnen niet overal behaald worden. De geformuleerde alternatieve natuurdoeltypen dienen eerst besproken te worden met de terreinbeheerders. Hierdoor wordt er meer draagkracht verkregen en passen de natuurdoeltypen beter bij de verschillende streefbeelden. Hierna dient er pas richting de provincie gecommuniceerd te worden. Hierbij dient de draagkracht en voor sommige percelen het niet te dichten doelgat naar voren gebracht te worden. Ook kan door het aandragen van voorbeelden uit het onderzoek duidelijk worden gemaakt dat modelberekeningen en de werkelijkheid weleens kunnen verschillen.*

De hydrologische randvoorwaarden voor de gedefinieerde natuurdoeltypen kunnen niet voor elk perceel worden behaald. Voor deze percelen zijn alternatieve natuurdoeltypen geformuleerd in bijlage 7.12 en 7.13. Bij het kiezen van alternatieve natuurdoeltypen is het verstandig om de mogelijkheden hiervan te bespreken met de terreinbeheerders in verband met beheersvormen en gewenste streefbeelden. Staatsbosbeheer (Strijbeekse heide), Natuurmonumenten (beekdal) en de baron van Prisse (landgoed Hondsdonk) zijn de landeigenaren in het onderzoeksgebied.

Het realiseren van een natuurdoeltype in de werkelijkheid is van veel meer factoren afhankelijk dan alleen de hydrologische omstandigheden. De terreinbeheerders moeten ook het gewenste beheer willen uitvoeren. De kwalitatieve kant is ook een belangrijke factor voor de doelrealisatie. Deze factor dienen, een ecooloog van het waterschap Brabantse Delta en de terreinbeheerders nader te bekijken. Door hun kennis samen te bundelen wordt er sneller gekomen tot reële natuurdoeltypen. Wel dienen ze een keuze te maken binnen de al geformuleerde alternatieve natuurdoeltypen. Door het bespreken van de alternatieve natuurdoeltypen wordt er meer draagkracht gerealiseerd. Hierdoor is de realisatie in de praktijk gemakkelijker.

Na de bespreking van de alternatieve natuurdoeltypen met de terreinbeheerders dient er pas richting de provincie gecommuniceerd te worden. Door de provincie Noord-Brabant wordt er soepeler met het aanpassen van de natuurdoeltypen omgegaan. Het ambitieniveau van de provincie blijft zo hoog mogelijk liggen. Hierdoor is het verstandig om vooral de toegevoegde waarde van de alternatieve natuurdoeltypen ten opzichte van de al gedefinieerde natuurdoeltypen te belichten. Dit kan door de aanwezige draagkracht te benadrukken, die is ontstaan door het overleg met de terreinbeheerders.

Ook dient goed naar voren gebracht te worden dat het doelgat voor de nu gedefinieerde natuurdoeltypen op sommige percelen op geen enkele manier gedicht kan worden. In bijlage 7.1 t/m 7.3 is het gemiddelde doelgat per natuurdoeltype per locatie voor de optimale situatie per scenario (hfdst 3 & 5) weergegeven. De drie doorgerekende scenario's zijn; de huidige situatie, maximale vernatting en de historische situatie. Uit de vergelijking van de drie situaties voor het optimum voor de natuurdoeltypen blijkt dat voor drie percelen elke situatie te nat is. Voor sommige natuurdoeltypen kan het grondwater niet voldoende stijgen.

Op basis van afwegingen met betrekking tot effectiviteit en haalbaarheid zijn de maatregelen van het adviesbureau als gewenste situatie gekozen. Niet alle natuurdoeltypen hebben een optimale doelrealisatie in de gewenste situatie (bijlage 7.12). Voor Bloemrijkgrasland (d) rondom de Retteloop is de GVG nu te nat. Noordwest in de natte natuurplek zijn de omstandigheden te nat en noordoost te droog voor de gedefinieerde natuurdoeltypen. Hier kan het doelgat niet gedicht worden om de gewenste situatie te krijgen.

Door het aandragen van de vernattingsmogelijkheid rondom de Retteloop kan duidelijk gemaakt worden dat modelberekeningen en de werkelijkheid weleens kunnen verschillen. Ook de geschetste situatie rondom de Strijbeekse beek in hoofdstuk 11.1 duidt hierop. De beekdalen hebben een grondwatertrap van III op de grondwatertrappenkaart. Bij een grondwatertrap III hoort een GHG <40 cm onder maaiveld en een GLG van 80-120 cm. In het noorden van het onderzoeksgebied komt de berekende GHG en GLG overeen. Naar het zuiden toe wordt de afwijking tussen de berekende en verwachte grondwaterstand op basis van de grondwatertrappenkaart steeds groter. De berekende grondwaterstanden zijn dieper dan verwachte grondwaterstanden. Het aandragen van deze verschillen is belangrijk om de provincie duidelijk te maken dat modelcijfers niet altijd zo hard genomen dienen te worden. Modeluitkomsten geven een indruk van de werkelijkheid maar wijken af van de werkelijkheid.



## Literatuurlijst/ referentielijst

### Literatuur:

- ✓ (*Tauw1, 2008*) Jacob Luijendijk, Eigenhuijsen, E., 10 juni 2008. Integrale Gebiedsanalyse Chaamse Beken, Strijbeekse Beek, Bavelse Leij, Deventer: Tauw.
- ✓ (*Tauw2, 2008*) Jacob Luijendijk, Eigenhuijsen, E., 10 juni 2008. Integrale Gebiedsanalyse Chaamse Beken Achtergrondrapport, Strijbeekse Beek, Bavelse Leij, Deventer: Tauw.
- ✓ (*DLG, 2003*) Wim van de Meer, de Beijer, R., december 2003. Inrichtingsplan Chaamse Beken en Strijbeekse Beek, Tilburg: Dienst Landelijk Gebied.
- ✓ (*Landinrichtingsdienst, 1991*) Landinrichtingsdienst., augustus 1991. Uitwerking Beleidsplan Integraal Waterbeleid Chaamse Beken + Intentieprogramma Chaamse Beken, Tilburg: Landinrichtingsdienst Noord-Brabant.
- ✓ (*Staatsbosbeheer, 1991*) Staatsbosbeheer., Juli 1991. Uitwerking Beleidsplan Integraal Waterbeleid Chaamse Beken + Intentieprogramma Chaamse Beken, Tilburg: Landinrichtingsdienst Noord-Brabant en Staatsbosbeheer.
- ✓ (*Watnood, 2007*) van Driel, D.J., Boss, M., december 2007. Gebruikershandleiding en programmatuur Watnood 2007, Utrecht: Arcadis.
- ✓ (*Provincie, 2005*) Doesjka Ertsen, de Louw, P., Buma, J., 15 september 2005. OGOR Natuur in Noord-Brabant, Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuuroeltypen, 's-Hertogenbosch: Provincie Noord-Brabant, directie Ecologie.
- ✓ (*KWR, 2010*) Martin de Haan, H. Runhaar, G. Cirkel., 2010. Kansrijkdommodule Watnood: Pilotstudie Noord-Nederland, Nieuwegein: Watercycle Research Institute.
- ✓ (*HELP, 2005*) van Bakel, dr.ir.J., Huinink, J., juni 2005. HELP-2005, uitbreiding en actualisering van de HELP-tabellen ten behoeve van het watnood-instrumentarium, Utrecht: STOWA.

### Internet:

- ✓ (*Geologie, 2010*): Beschikbaar op:  
<http://www.geologievannederland.nl/ondergrond/afzettingen-en-delftstoffen/dekzand> [geraadpleegd op 17 maart 2010]
- ✓ (*Watwaswaar, 2010*): Beschikbaar op:  
<http://ngz.watwaswaar.nl/#Po-HY-4-1-1v-1-2te4-1EYK---kB1> [geraadpleegd op 18 maart 2010]
- ✓ (*Nhv, 2010*): Beschikbaar op:  
[http://www.nhv.nl/files/stromingen/2008-2\\_Drainage-%20en%20voedingsweerstand%20van%20een%20freatische%20aquiifer.pdf](http://www.nhv.nl/files/stromingen/2008-2_Drainage-%20en%20voedingsweerstand%20van%20een%20freatische%20aquiifer.pdf) [geraadpleegd op 3 mei 2010]
- ✓ (*Natte natuurparels, 2009*): beschikbaar op:  
[http://www.oosterwegelcommunicatie.nl/documenten/folder\\_nnp.pdf](http://www.oosterwegelcommunicatie.nl/documenten/folder_nnp.pdf) [geraadpleegd op 31 december 2009]
- ✓ (*Frijtag, 2010*): beschikbaar op: <http://www.kaartopmaat.wur.nl/hydro/index.html> [geraadpleegd op 27 mei 2010]

### Veldbezoek met Waterschap Brabantse Delta:

- ✓ Peerdeman, K. (Kees), Specialist Waterbeheer Brabantse Delta, [k.peerdeman@brabantsedelta.nl](mailto:k.peerdeman@brabantsedelta.nl)
- ✓ Kapel, H. van (Hans), Bioloog Waterschap Brabantse Delta, [j.van.kapel@brabantsedelta.nl](mailto:j.van.kapel@brabantsedelta.nl)
- ✓ Christianen, C. (Christ), Bediening & Beheer Waterschap Brabantse Delta, [c.christianen@brabantsedelta.nl](mailto:c.christianen@brabantsedelta.nl)



## Bijlage:

Externe bijlagen:

*Haalbaarheidsstudie natte natuurparel Chaamse beken 2010*

*Hydrologisch kwantitatief onderzoek naar doelrealisatie van de natte natuurparel Chaamse beken*

