# De hydrologische effecten van de maatregelen in het Boetelerveld en omgeving

Definitief

Verslaglegging van de uitvoering en beantwoording van vragen die aan het Deskundigenteam Hydrologie Boetelerveld (DTHB) zijn gesteld door de projectgroep Natura2000 Boetelerveld

Deskundigenteam Hydrologie Boetelerveld

27 november 2017

# De hydrologische effecten van de maatregelen in het Boetelerveld en omgeving

Definitief

*Inhoudsopgave*

Voorwoord ..... 5
1. Inleiding ..... 6
2. Samenstelling deskundigenteam Hydrologie Boetelerveld ..... 7
3. Opdracht aan het deskundigenteam ..... 9
4. Werkwijze deskundigenteam ..... 11
5. Resultaten voorbereidende analyses ..... 13
   a. Visie op werking watersysteem ..... 13
   b. De hydrologische opgave voor habitatverbetering in het Boetelerveld ..... 17
   c. Analyse van de voorgestelde maatregelen ..... 17
   d. Synthese ..... 25
6. Veldbezoeken ..... 26
   a. Voorbereiding ..... 26
   b. Vastlegging ..... 26
   c. Ervaringen uit het veld ..... 26
7. Effecten van het maatregelpakket voor de grondeigenaren / -gebruikers in de omgeving ..... 27
   a. Werkwijze ..... 27
   b. Resultaten ..... 28
8. Effecten van het maatregelpakket voor de habitats ..... 29
   a. Werkwijze ..... 29
   b. Resultaten ..... 29

9. Voorstel nadere uitwerking & mitigerende maatregelen ....30
10. Advies uitbreiding habitats ....35
11. Beantwoorden specifieke vragen ....36
12. Conclusies en aanbevelingen ....45
Bijlagen ....50
Bijlage A1: Grondwaterstroming Grote Rietgat en omgeving ....51
Bijlage A2: Bepalen intrekgebied met stroombaanberekeningen ....57
Bijlage B1: Toelichting toepassing grondwatermodel MIPWA voor Boetelerveld ....63
Bijlage B2: Analyse discrepanties tussen waarnemingspunten met meerdere filters, gt-kartering en modelresultaten ....82
Bijlage C: De hydrologische rol van ondiep voorkomende, weerstand biedende lagen in het Boetelerveld en omgeving ....88
Bijlage D: Toelichting Doelgat GVG Boetelerveld ....107
Bijlage E: De formule van Hooghoudt ....113
Bijlage F: Veldbezoeken ....114
Bijlage G: Effecten dempen randsloottrajecten in de omgeving van het Grote Rietgat ....126

Naast voorliggend rapport heeft het deskundigenteam hydrologie Boetelerveld voor iedere grondeigenaar / grondgebruiker een individueel rapport opgesteld. Deze rapporten maken onderdeel uit van eindoplevering van het deskundigenteam, maar maken geen onderdeel uit van deze rapportage.

• • •

# Voorwoord

In de periode november 2016 tot en met juni 2017 hebben wij met veel energie en plezier gewerkt aan het in beeld brengen van de hydrologische effecten van mogelijke maatregelen die getroffen gaan worden voor versterking van de natuur in het Boetelerveld in het kader van Natura2000.

Puur op basis van hydrologische feiten en kennis hebben wij de effecten van de mogelijke maatregelen in beeld gebracht voor onze opdrachtgever, de projectgroep Natura2000 Boetelerveld. Daarnaast hebben wij de opdrachtgever geadviseerd over de werking van het hydrologisch systeem van het Boetelerveld en mogelijke nadere uitwerkingen van de maatregelen die tot op heden zijn voorgesteld. De aanbevelingen en adviezen die her en der in het rapport zijn verwerkt hebben op dit moment geen status, behalve dat wij als deskundigen overtuigd zijn van deze aanbevelingen en adviezen. Het is aan het bevoegd gezag (provincie) om in samenspraak met het bestuurlijk overleg en de projectgroep te besluiten over daadwerkelijke maatregelen en de uitvoering hiervan.

Wij wensen hen in deze afweging veel wijsheid toe. In de diverse veldbezoeken die we hebben afgelegd hebben we de belangen en bijbehorende emoties gezien en gevoeld. We zien de lastige opgave om een balans te vinden tussen individuele grondeigenaren en bedrijven en het breed maatschappelijk belang van natuur.

*Deskundigenteam Hydrologie Boetelerveld*



# 1. Inleiding

Het Boetelerveld is een Natura2000-gebied waarvoor een PAS-gebiedsanalyse (KRW et al, 2015)[1] en een beheerplan (Provincie Overijssel, 2016)[2] zijn opgesteld, met herstelmaatregelen om de beoogde instandhoudingsdoelen (natuurdoelen) te behalen. De maatregelen kunnen grofweg worden verdeeld in twee categorieën: interne maatregelen (binnen het bestaande natuurgebied) en externe maatregelen (buiten het natuurgebied). De maatregelen worden door middel van een gebiedsproces voorbereid en uitgevoerd. De gemeente Raalte is bestuurlijk trekker voor de planfase (dit is de fase die moet leiden tot het definitieve inrichtingsplan).

Rond het Boetelerveld is een bufferzone vastgesteld waar binnen PAS-maatregelen moeten worden uitgevoerd. Aan de PAS-maatregelen liggen knelpunten ten grondslag die betrekking hebben op de hydrologie van het Boetelerveld (met name te lage grondwaterstanden in het voorjaar). De hydrologische maatregelen in de bufferzone zijn gericht op het verminderen van de ontwatering: het verondiepen of dempen van sloten. De begrensde gronden in de bufferzone zijn nu in agrarisch gebruik. Vermindering van de ontwatering kan gevolgen hebben voor de landbouwkundige gebruiksmogelijkheden van de percelen. Tijdens de verkenning is gesproken met alle 29 grondeigenaren die te maken kunnen krijgen met de gevolgen van de hydrologische maatregelen op één of meer van de percelen die ze in eigendom en/of gebruik hebben. Voor grondeigenaren en -gebruikers is het noodzakelijk om goed inzicht te hebben in de gevolgen van de maatregelen. Pas dan kan men een goede keuze maken voor de toekomst (bijv. eigenaar blijven en schadevergoeding, vervangende grond, etc.).

Om de hydrologische effecten van de maatregelen voor de agrarische percelen in de bufferzone in te schatten is een deskundigenteam ingesteld: het Deskundigenteam Hydrologie Boetelerveld (DTHB). In dit rapport worden de resultaten van de werkzaamheden van het DTHB gepresenteerd.

[1] KWR Watercycle Research Institute, Witteveen + Bos, Royal HaskoningDHV, 2015. Natura 2000 Gebiedsanalyse voor de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) Boetelerveld. Provincie Overijssel, Zwolle, Nederland.

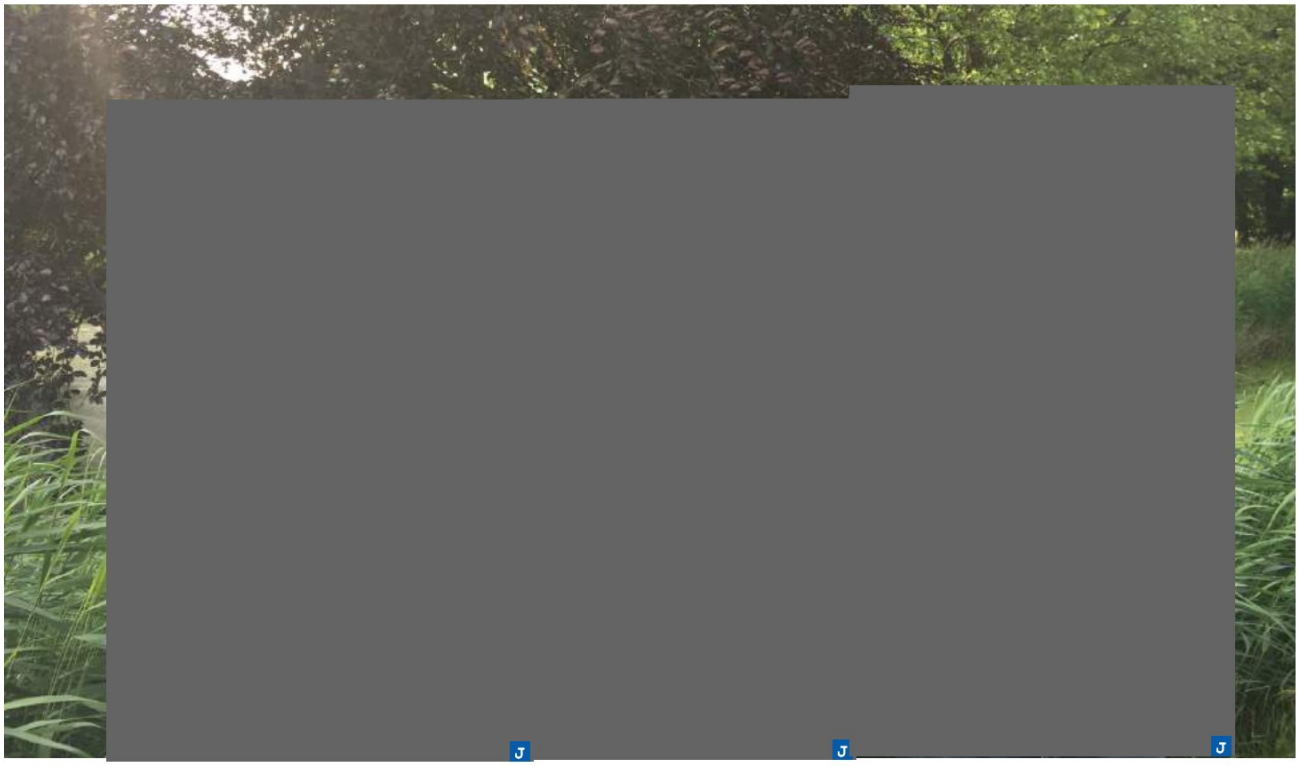
[2] Provincie Overijssel, 2016. Natura 2000 beheerplan Boetelerveld (definitief). Provincie Overijssel, Zwolle, Nederland.

# 2. Samenstelling deskundigenteam Hydrologie Boetelerveld

[redacted] is sinds 1995 werkzaam als grondwater hydroloog en werkt bij het onderzoeksinstituut Deltares. Zijn specialisme betreft de analyse van (veelal ondiepe) grondwatersystemen door gebruik te maken van de combinatie van metingen en modellen.

[redacted] is in 1976 als hydroloog afgestudeerd aan de Landbouwuniversiteit Wageningen. Hij heeft, met een onderbreking van 4,5 jaar, als onderzoeker en teamleider gewerkt bij onderzoeksinstituten in Wageningen. In 1986 is hij gepromoveerd op het onderwerp: *Planning, design and operation of a surface water system*. Vanaf 2009 is hij onder de naam [redacted] als zzp'er werkzaam.

[redacted] is fysisch geograaf van opleiding en heeft van 2001 tot en met 2008 als geohydroloog gewerkt voor TNO. Daar heeft ze met name gewerkt aan het vertalen van de werkelijkheid naar regionale grondwatermodellen. [redacted] werkt sinds 2008 voor Landschap Overijssel.



Het DTHB wordt ondersteund door [redacted] heeft aan de Hogeschool Van Hall Larenstein en de Radboud Universiteit Nijmegen gestudeerd in de richting inrichting en waterbeheer. Sinds 2016 is [redacted] werkzaam bij Pratensis, adviseurs landelijk gebied.

Tijdens de veldbezoeken werd het DTHB aangevuld met [redacted] (LTO Salland), om ook vragen over het geheel van het proces rondom Natura2000 Boetelerveld te kunnen beantwoorden. Het DTHB werkt in opdracht van de projectgroep Boetelerveld. De projectgroep Boetelerveld heeft een begeleidingsgroep ingesteld om het werk van het DTHB te volgen. Deze begeleidingsgroep bestaat uit:

- [redacted] (hydroloog) – Waterschap Drents-Overijsselse Delta
- [redacted] (hydroloog) – Waterschap Drents-Overijsselse Delta
- [redacted] (hydroloog) – Provincie Overijssel
- [redacted] (ecoloog) – Provincie Overijssel
- [redacted] – LTO Salland
- [redacted] – LTO Salland
- [redacted] (ecoloog) – Landschap Overijssel
- [redacted] (procescoördinator) – Pratensis

• • •

# 3. Opdracht aan het deskundigenteam

Het DTHB heeft van de projectgroep als hoofdopdracht meegekregen om voor de voorgestelde herstelmaatregelen de verwachte hydrologische effecten op perceelsniveau in het veld te kwantificeren. Op basis van de uitwerking van het DTHB:

- kunnen de agrarische grondgebruiksmogelijkheden ingeschat worden in de volgende stap (opbrengstderving, draagkracht bodem, etc.);
- kan er een (schade)taxatie worden opgesteld (door de taxateurs van de provincie) waarmee de eigenaar / gebruiker een weloverwogen besluit kan nemen hoe hij in de nieuwe situatie verder wil met de gronden;
- kunnen effecten voor natuur in beeld gebracht worden. (Het DTHB brengt ook de hydrologische veranderingen binnen het natuurgebied in beeld als gevolg van de maatregelen.);
- kan er een inrichtingsplan voor de bufferzone worden opgesteld.

Het is van groot belang dat de resultaten herkenbaar zijn voor de grondeigenaar en -gebruiker en dat zijn kennis over de grond (bewerking van de laatste decennia, ervaring met nat/droog verdeling, etc.) betrokken wordt in de uitwerking. Gezamenlijke schouw van de gronden met het DTHB en de grondeigenaar / -gebruiker maakt onderdeel uit van de werkzaamheden.

Naast deze hoofdopdracht zijn de volgende aanvullende opdrachten neergelegd bij het DTHB:

- Nadere uitwerking op detailniveau van de maatregelen, inclusief mogelijke
  - alternatieve invulling van een maatregel (bijv. wens grondeigenaar / -gebruiker of ander verwacht effect, binnen de bandbreedte van de vastgestelde maatregelen: dus bijv. wel een andere vorm van vermindering ontwatering, maar niet leidend tot een omwisselbesluit);
  - mitigatiemogelijkheden van effecten (bijv. ophogen of peilgestuurde drainage).

  Alternatieven en mitigatie worden alleen zinvol geacht als deze leiden tot:
  - gelijkblijvend of minder negatief effect op de grondgebruiksmogelijkheden
    **EN**
  - gelijkblijvend of meer bijdragen aan Natura2000-doelen.
- In beeld brengen van potenties voor uitbreidingsdoelstellingen binnen het Natura2000-gebied (incl. check of er relatie met de omgeving is). Dit geeft op lange termijn meer zekerheid voor zowel grondeigenaren rond het Boetelerveld als de overheid.
- Input leveren voor onderzoek naar evenwichtsbemesting: op percelen aan de oostzijde van het Boetelerveld wordt een proef met evenwichtsbemesting uitgevoerd. Deze proef staat op zichzelf, maar wordt beïnvloed door de vernattingsmaatregelen (nutriënten gedragen zich anders als de PAS-maatregelen zijn uitgevoerd en het grondwater omhoog gaat). Het DTHB levert informatie over de mate van vernatting die optreedt na uitvoering van de maatregelen en de hydrologische relatie (kwel/infiltratie) tussen de percelen van evenwichtsbemesting en het Boetelerveld. Dit is input voor het onderzoek naar evenwichtsbemesting.

- Beantwoorden van vragen voortkomend uit concept inrichtingsplan: tijdens het opstellen van een inrichtingsschets voor de PAS-maatregelen in de bufferzones zijn diverse vragen naar voren gekomen waar het DTHB antwoord op moet geven (nummering conform lijst projectgroep).

  1. Grenssloten tussen percelen - Maatregelen zijn gekoppeld aan percelen, maar hebben ook betrekking op grenssloten. Welke maatregel moet worden uitgevoerd in grenssloten als deze voor aanliggende percelen verschillen, bijv. verondiepen en dempen sloten?

  2. Sloten langs openbare wegen - Hoe moet worden omgegaan met sloten langs openbare wegen die moeten worden gedempt/verondiept i.r.t. drooglegging weg? Uitgangspunt van de projectgroep is: bermsloot behoort tot de weg. - Wanneer weg niet is begrensd hoort sloot er ook niet bij.

  3. Sloot rondom het Boetelerveld - Welke maatregel is nodig? Wat is nodig voor het Boeterveld? Met name aan oostzijde een discussiepunt omdat Waterschap Groot Salland daar in het verleden ook advies over heeft gegeven dat tegenstrijdig is met het mogelijk dempen van de sloot.

  5. Impact dempen en/of verondiepen sloten buiten uitwerkingsgebied - Rechtszekerheid geven voor de omgeving: hoe gaan we om met effecten buiten bufferzone en welke mitigerende maatregelen treffen we waar nodig? Dit speelt ook mee in het kader van vergunningverlening. Effect op woningen ook hierin meenemen!

  7. Evt. ophogen percelen en gevolg voor mate van verondiepen - Eén van de maatregelen is het verondiepen van sloten tot 40 cm –mv. Wanneer gronden worden opgehoogd met bijv. 20 cm, dan is het logisch dat deze ophoging leidt tot een verondiepen tot 60 cm i.p.v. 40 cm –mv (= uitgangspunt projectgroep).

  10. M19 maatregel uit de gebiedsanalyse: wat te doen met aanwezige kikkerpoel - M19 is onderdeel van een NSW landgoed, waar de nodige voorwaarden aan verbonden zijn. Waterschap Groot Salland is betrokken geweest bij de aanleg van de kikkerpoel in de tijd dat deze nog eigendom was van [redacted]. Heeft de kikkerpoel een negatief effect op gewenste hydrologische situatie?

  11. Zijn er negatieve effecten te verwachten op wegtaluds, woningen buiten de bufferzone en mastvoeten van hoogspanningsleiding? Zo ja, welke. Denk hierbij aan verzakking, opdrijving, lekkende kelders / natte kruipruimten.

• • •

# 4. Werkwijze deskundigenteam

De werkwijze van het DTHB is in vier hoofdfases op te delen met de volgende onderdelen per fase:

1. Voorbereidende analyse
    a. Veldbezoek Boetelerveld en omgeving
    b. Onderzoeksrapporten en meetgegevens opvragen en analyseren
    c. Verkennende modelberekeningen uitvoeren
2. Veldbezoeken
    a. Alle grondeigenaren in de bufferzone bezoeken (29)
    b. Informatie verzamelen over hydrologische ervaringen van de grondeigenaren en grondgebruikers met hun eigen grond
    c. Hydrologische observaties verzamelen over oppervlaktewatersysteem, natte en droge plekken, etc.
3. Analyse en uitwerking
    a. Hydrologisch systeem Boetelerveld beschrijven in de huidige situatie
    b. Effecten van het maatregelenpakket bepalen
    c. Het maatregelenpakket nader uitwerken
    d. Overige vragen uit de opdracht beantwoorden
4. Rapportage
    a. Rapport per grondeigenaar en gebruiker opstellen met daarin het verslag van het veldbezoek en de verwachte effecten op de percelen van de grondeigenaar en gebruiker
    b. Hoofdrapport met beschrijving van proces en resultaten
    c. Eindpresentatie aan klankbordgroep en de grondeigenaren en -gebruikers

*Gebruik model*

In eerste instantie werd gedacht om met eenvoudige hydrologische formules te rekenen aan de effecten voor het Boetelerveld, met name omdat de ondiep voorkomende, slecht doorlatende laag in regionale grondwatermodellen niet goed is te modelleren. Met eenvoudige formules is de tijdsafhankelijke component echter slecht mee te nemen. Deze is voor het Boetelerveld zeer groot, omdat in de zomer de grondwaterstanden zeer diep wegzakken. Uit de modelresultaten blijkt dat de effecten berekend voor een stationaire situatie aanmerkelijk groter zijn dan de werkelijk te verwachten effecten met een niet-stationaire berekening waarin de seizoensdynamiek van de grondwaterstroming en -standen wordt meegenomen. In het hoofdstuk over de te verwachten effecten is dit verder uitgewerkt.

Voor het Boetelerveld is het MIPWA-model 2.0 beschikbaar. Het MIPWA-model is een grondwatermodel dat de provincies Overijssel, Drenthe, Friesland en Groningen beslaat en dat door Deltares en Alterra is ontwikkeld. Het model berekent de grondwaterstroming en grondwaterstanden op dagbasis voor minimaal een periode van 8 jaar voor modelcellen van 25x25 m. In het model zijn alle belangrijke (geo)hydrologische eigenschappen en randvoorwaarden opgenomen die invloed hebben op het grondwatersysteem zoals o.a. doorlatendheid en dikte van

watervoerende en scheidende grondlagen, alle ontwateringsmiddelen en de grondwater-onttrekkingen. Als meteorologische input wordt neerslag en verdamping ingevoerd op dagbasis.

Het MIPWA-model is in dit onderzoek aangepast voor het Boetelerveld en omgeving en gevalideerd met de nieuwe observaties uit de Gt-kartering van Alterra[3]. In bijlage B is een beschrijving van de modelaanpassingen toegevoegd.

[3] [redacted] G.H., [redacted] en [redacted], 2017. Bodemkundig hydrologisch onderzoek in het "Natuurgebied Boetelerveld" en het aangrenzende agrarische gebied (Briefadvies 5200041901). Wageningen Environmental Research (Alterra).

• • •

# 5. Resultaten voorbereidende analyses

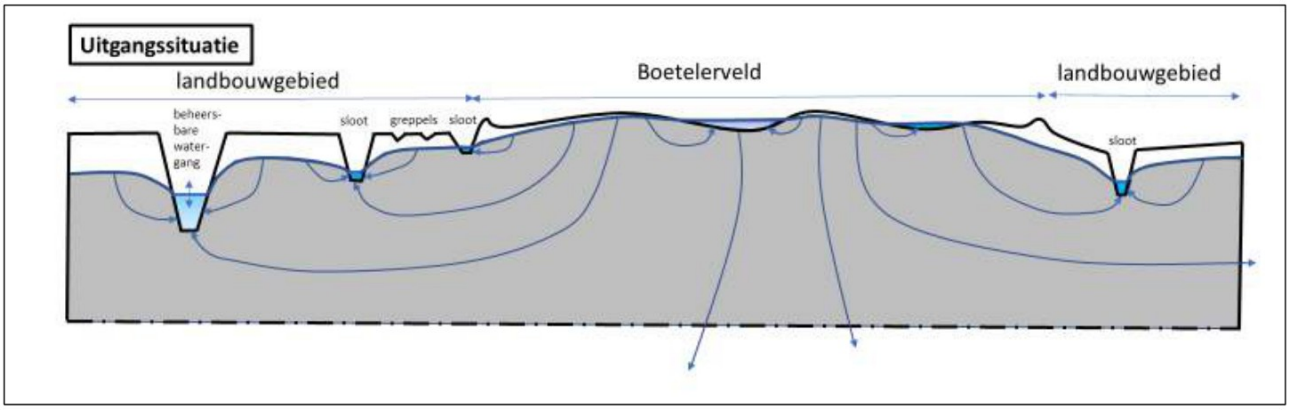
## a. Visie op werking watersysteem

Voor inzicht in de hydrologische werking van het systeem in en rond het Boetelerveld zijn allereerst het rapport van Jansen[4] uit 2010: 'Systeemanalyse Boetelerveld' en de recente resultaten van de Gt-kartering van Alterra[3] gebruikt en aanvullende informatie uit diverse bronnen (grondwaterstandsmetingen, infiltratie-onderzoek, geohydrologisch onderzoek van Salland, etc.; zie bronvermeldingen elders in dit rapport). Daarnaast zijn verkennende berekeningen van de werking van Boetelerveld uitgevoerd, zowel handmatig als met het grondwatermodel MIPWA 2.0.

Het DTHB komt op basis hiervan tot het volgende beeld van de hydrologie van het Boetelerveld en omgeving.

Het Boetelerveld is een infiltratiegebied omdat de afvoer van het neerslagoverschot (het verschil tussen neerslag en verdamping) niet via sloten plaatsvindt, omdat deze zijn afgedamd of gedempt. In Afbeelding 1 is dit schematisch weergegeven. Het neerslagoverschot van het Boetelerveld wordt dus via het grondwatersysteem afgevoerd naar ontwaterings- en afwateringsmiddelen in het omringende landbouwgebied en voor een deel naar verder weg gelegen ontwaterings- en afwateringsmiddelen. Het Boetelerveld kan dus worden gezien als een regionaal infiltratiesysteem. Alleen in de omgeving aan de oostoever van het Grote Rietgat komt kwel voor. Ook deze wordt niet afgevoerd, maar infiltreert aan de westkant van het Grote Rietgat. De overheersende stromingsrichting van het grondwater is van zuidoost naar noordwest. Het oppervlaktewatersysteem in het omringende landbouwgebied bestaat uit perceelsloten die de percelen ontwateren en waarvan de meeste in de zomer droogvallen. De sloten wateren af op een grote waterleidingen van het waterschap in het noorden, oosten en westen. Via deze waterloop vindt sinds het jaar 2000 wateraanvoer plaats gedurende het zomerhalfjaar. Het aangevoerde water bereikt slechts een klein deel van de perceelslootjes. De waterleidingen van het waterschap liggen relatief diep ten opzichte van het Boetelerveld en voeren zowel in zomer als winter, water af. Ze zijn bepalend voor het afwateringssysteem rond het Boetelerveld.

[4] Jansen, A.J.M, 2010. Systeemanalyse Boetelerveld. Coöperatie Unie van Bosgroepen.



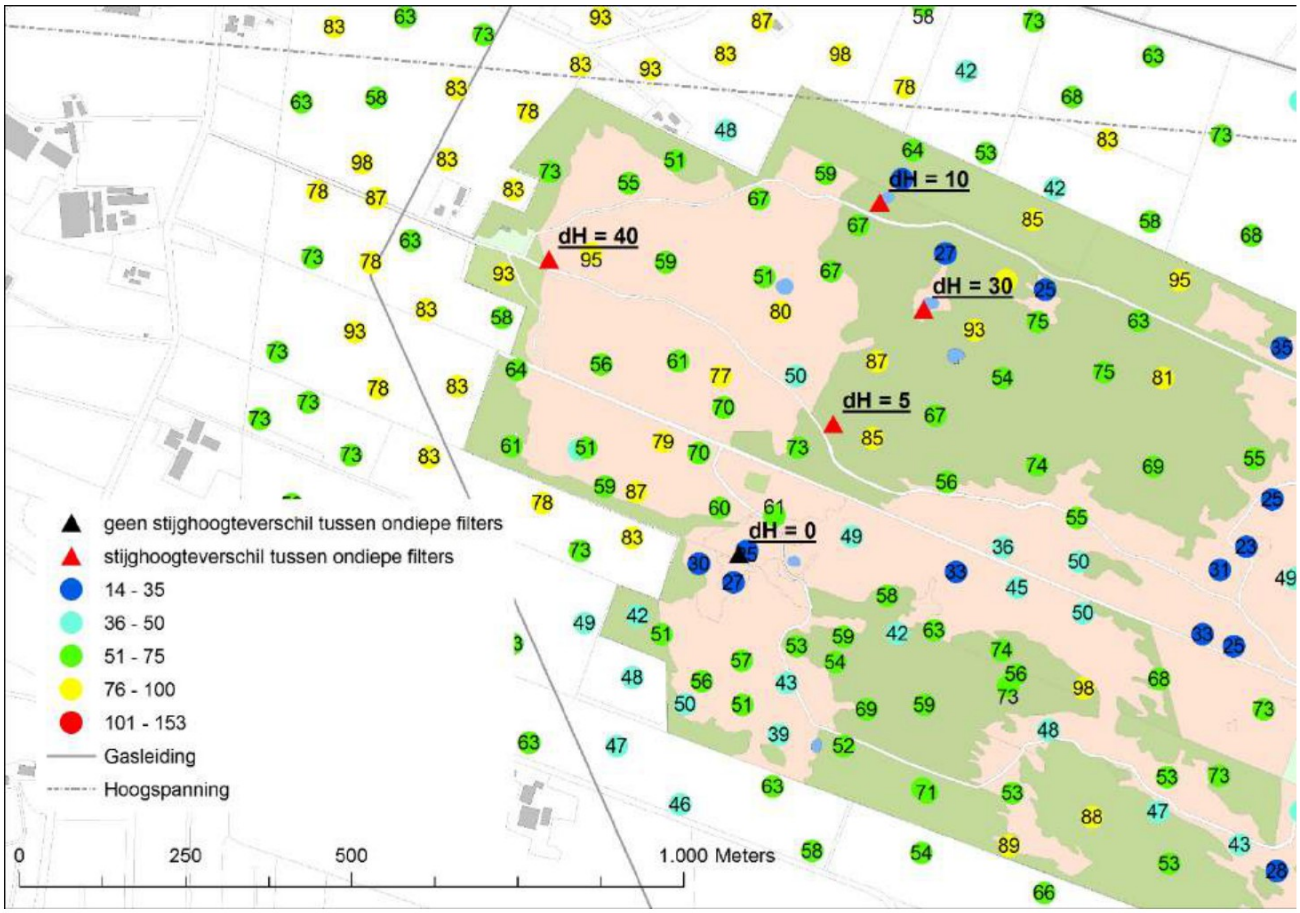

**Afbeelding 1 -** ***Schematische voorstelling van de grondwaterstroming in het Boetelerveld en omgeving (niet op schaal).***

In de afbeelding is in het Boetelerveld de interne grondwaterstroming getekend. Er zijn aanwijzingen voor heel lokale systemen. In een beperkte periode van het jaar, bij hoge grondwaterstanden komt lokale, ondiepe kwel voor in de laagten in het Boetelerveld vanuit aangrenzende lokale hogere ruggen. De opbolling van grondwaterstanden in deze ruggen zorgt voor lokale stroming richting de laagtes en deze stroming neemt af bij steeds lagere grondwaterstand. Het regionale grondwatersysteem heeft dus invloed op deze lokale systemen. Wanneer de grondwaterstand langer hoog blijft in deze ruggen, blijven de lokale kwelsystemen ook langer in tact in loop van het voorjaar. Het DTHB verwacht dat dit water een ondiepe, lokale oorsprong heeft (ondiep is 2-5 m diep; lokaal is enkele tientallen meters verder geïnfiltreerd vanaf waar het als kwel naar boven komt). Afwijkend hiervan is het subsysteem bij het Grote Rietgat. Op de flanken hiervan ontstaat kwel van iets groter diepte en grotere afstand (wij schatten in: het water infiltreert maximaal 200 m oostelijk van het Rietgat en stroomt maximaal 30 m diep; zie bijlage A voor de onderbouwing hiervan). Omdat de ondergrond van het Boetelerveld bestaat uit oude dekzanden, die van nature leem bevatten, wordt zelfs lokaal ondiep kwelwater voldoende aangereikt om de bijzondere vegetatie te voeden (zie bijv. Jansen, 2010)[4].

Er zijn geen indicaties dat er regionale, diepe kwelstromen voorkomen.

Het hydrologisch systeem van het Boetelerveld is op regionale schaal niet erg complex en de effecten van maatregelen zijn goed met een regionaal model te berekenen. De doorvertaling van deze effecten naar standplaatsniveau en habitatvoorkomens kan wel complex zijn en verdient de nodige aandacht. Op basis van de recente Gt-karteringen en de peilbuizen met ondiepe filters die geplaatst zijn naar aanleiding van de systeemanalyse van Janssen, zoomen we in op het standplaatsniveau.

De recente Gt-kartering van Alterra (Stoffelsen et al, 2017)[3] heeft een puntenbestand opgeleverd waarvan de GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand) en GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand) zijn bepaald. Op basis van GHG en GLG kan een indicatie van de GVG (Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand) worden bepaald (volgens de formule: GVG = 0,84 x GHG + 0,19 x GLG + 5,4). De GVG, op deze manier berekend, representeert redelijk goed de voorjaarsgrondwaterstand in april. Door de gegevens van het GXG-puntenbestand te presenteren in combinatie met de peilbuisgegevens, valt direct op dat de variatie groot is (Afbeelding 2). Bovendien is zichtbaar, bijv. bij peilput 27HG001, dat relatief diepe GVG's (94 cm) gelegen zijn naast een put waar een zeer ondiepe grondwaterstand wordt gemeten in het bovenste filter en een duidelijke sprong (40 cm) met het onderste filter.




**Afbeelding 2 -** ***Berekende GVG punten op basis van Alterra[3] metingen in combinatie met stijghoogteverschillen van peilputten in het westelijk deel van het Boetelerveld.***

De grote variatie leidde tot een uitgebreide analyse van de werking van de ondiepe weerstand in en rond het Boetelerveld. In de veldbezoeken gaven ook de boeren aan veel last te hebben van zeer ondiep grondwater in de winter en het voorjaar. Zij hebben op verschillende plekken ook innovatieve ondiepe drainage geïnstalleerd (bijv. met straatputjes) om dit ondiepe water af te voeren. Jansen (2010)[4] beschikte niet over de detailwaarnemingen over de GHG en GLG van Alterra[3], maar wel over op 27 november 2009 gemeten grondwaterstanden in raaien van boorgaten. Hij komt met ongeveer hetzelfde observatie van een ondiep voorkomende, slecht doorlatende laag. Bij de door hem gebruikte zogenoemde boorgatenmethode (Van Delft et al, 2004)[5] wordt niet dieper geboord dan noodzakelijk is om water in het boorgat te krijgen. De metingen geven dus de best mogelijke schatting van de freatische grondwaterstand. Tegelijkertijd werden door Jansen de grondwaterstanden gemeten in de peilbuizen van Waterschap Groot Salland in en rond het Boetelerveld, met filters 0,5 - 2 m beneden maaiveld. Bij aanwezigheid van ondiep voorkomende slecht doorlatende lagen (ondieper dan 2,0 m) kan er een verschil optreden in de grondwaterstand

5 Van Delft, B., J. Holtland, J. Runhaar & J. Streefkerk, 2004. Verdroging natuurgebieden in kaart gebracht. $H_2O$ 13: 17-19.

in het boorgat en de grondwaterstand in de peilbuis op dezelfde locatie. Uit het door Jansen (2010) beschreven resultaten van 86 grondboringen blijkt: "In heel veel boringen met zeer fijn zand werd op ca. 60 cm - mv werd een zeer compacte laag van dit zand gevonden met een harde pakking. De ontstaanswijze kon niet worden achterhaald. Het moge duidelijk zijn dat deze laag weerstand biedt aan neer- en opwaartse grondwaterstroming en aanleiding geeft tot de ontwikkeling van schijngrondwaterspiegels".
In bijlage B2 is de analyse opgenomen van de gemeten grondwaterstandsreeksen in de nieuwe buizen op verschillende diepten. De conclusies van deze analyse zijn de volgende:

- De plassen op het maaiveld in winter en voorjaar zijn te beschouwen als 'zichtbaar' grondwater maar het zijn vrijwel overal schijnspiegels en vormen dus een aanwijzing dat op veel plaatsen ondiep een weerstandbiedende laag voorkomt.
- Het wel of niet aanwezig zijn van ondiep voorkomende weerstandbiedende lagen en kennis over de invloed op de hydrologie is om 2 redenen van belang:
    - als de GVG wordt afgeleid van metingen van grondwaterstanden beneden de slecht doorlatende laag is de kans groot dat er een discrepantie ontstaat tussen de 'gemeten' GVG en de GVG-standplaats (wat het landbouwgewas of de vegetatie in het Boetelerveld 'voelt') . Er wordt dan een te droge GVG gemeten.
    - als de weerstand niet wordt meegenomen in de bepaling van de effecten van hydrologische maatregelen op de GVG van de standplaats is de kans groot dat de effecten onjuist worden bepaald;
- In ongeveer de helft van de punten heeft een overdruk van 0,2 m of meer voor de bovenste 60-120 cm. Uitgaande van winterneerslagoverschot van ongeveer 2 mm/dag betekent dit dus een verticale weerstand in de orde van 100 d;
- In ongeveer de helft van de punten is er geen noemenswaardige overdruk en is er dus geen weerstandslaagje (leemlaag of anderszins) aanwezig tussen de filters;
- Het ruimtelijk patroon van voorkomen van een significante overdruk is niet goed te relateren aan verschillen in gekarteerde bodemopbouw; met ander woorden we herkennen het wel of niet voorkomen van overdruk niet in de patronen van bijv. het leemgehalte. Mogelijk is er een nog kleinschaliger ruimtelijke variatie in leemvoorkomen dan met de huidige boordichtheid (die overigens zeer hoog is) kan worden gemeten.

Gezien de belangrijke rol van ondiep voorkomende weerstandbiedende lagen in het Boetelerveld maar ook in de landbouwpercelen in de omgeving, is een uitgebreide analyse uitgevoerd naar de hydrologische rol hiervan. In Bijlage C worden de resultaten beschreven. De voornaamste bevindingen zijn:

- een ondiep voorkomende slecht doorlatende laag zorgt voor een nattere standplaats van habitattypen en landbouwgewassen dan volgt uit de grondwaterstand gemeten of berekend onder de slecht doorlatende laag;
- de relatie tussen deze grondwaterstand en natheid van de standplaats is daardoor ook minder eenduidig;
- ook bij optreden van schijngrondwaterstanden gaat de relatie tussen de grondwaterstand onder de slecht doorlatende laag en de natheid van de standplaats niet verloren;
- vernattingsmaatregelen hebben dus ook bij voorkomen van schijngrondwaterstanden zin.

## b. De hydrologische opgave voor habitatverbetering in het Boetelerveld

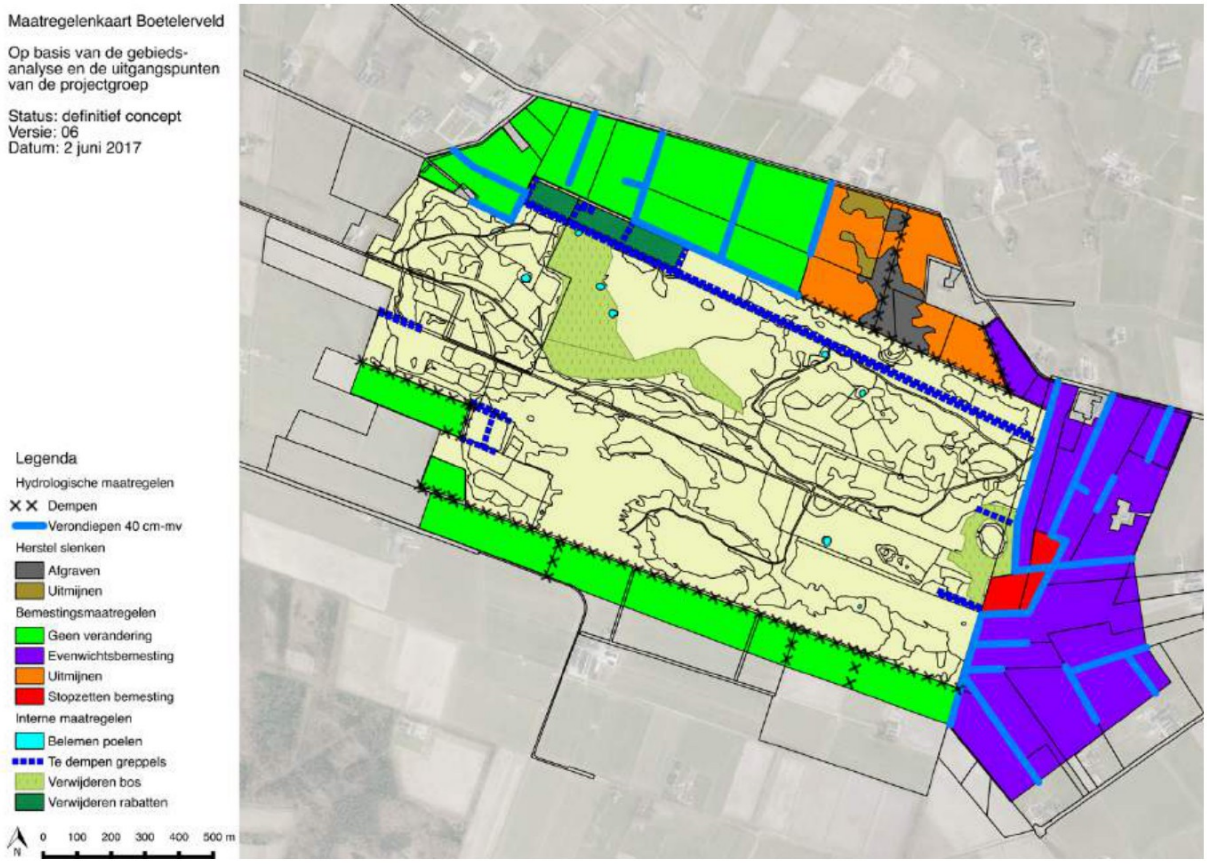
De GVG bepaald op de puntlocaties van Alterra[3] waar GHG en GLG zijn gemeten, zijn gebruikt om een inschatting te maken van de hydrologische opgave voor de verbetering van de vochtige habitats vochtige heide en blauwgraslanden in het Boetelerveld. Dit zogenaamde doelgat (verschil tussen huidig en gewenste GVG) vormt de basis voor de nadere uitwerking van het maatregelenpakket (welke maatregelen, op welke plek en in welke mate). Het doelgat was door Jansen (2010)[4] reeds ingeschat, op basis waarvan de maatregelen zijn bepaald in de gebiedsanalyse (KWR et al, 2015)[1]. Door de metingen van Alterra kan het doelgat nu ruimtelijk gedetailleerder in beeld worden gebracht. Dit bracht echter onverwachte resultaten.
Een beschrijving van de analyse van het doelgat is opgenomen in Bijlage D. Hieronder zijn de voornaamste bevindingen weergegeven:

- Volgens deze statistieken is duidelijk dat in de huidige situatie voor 7,4 ha habitats aan de GVG-eis (14%) voor vochtige heide voldoet en voor het gehele natuurgebied 28,5 ha (16%).
- In het oostelijk deel van het Boetelerveld is er sprake van een doelgat tussen 0-10 cm en in het westelijk deel is een doelgat groter dan 25 cm.
- Gezien het feit dat in de huidige situatie in het westelijk deel significante arealen vochtige heide voorkomen, heeft het DTHB haar twijfels of de gestelde GVG-eis wel realistisch is.
- Het Boetelerveld kenmerkt zich door ondiepe leemvoorkomens (< 50 cm - mv) waardoor lokaal hogere grondwaterstanden worden aangetroffen of in ieder geval een natte bovenlaag wordt aangetroffen. Mogelijk is een natte bovengrond voor Vochtige Heide voldoende en hoeft de GVG niet ondieper te staan dan 35 cm - mv.
- Daarnaast blijkt het lastig om de correcte GVG te meten in het veld.

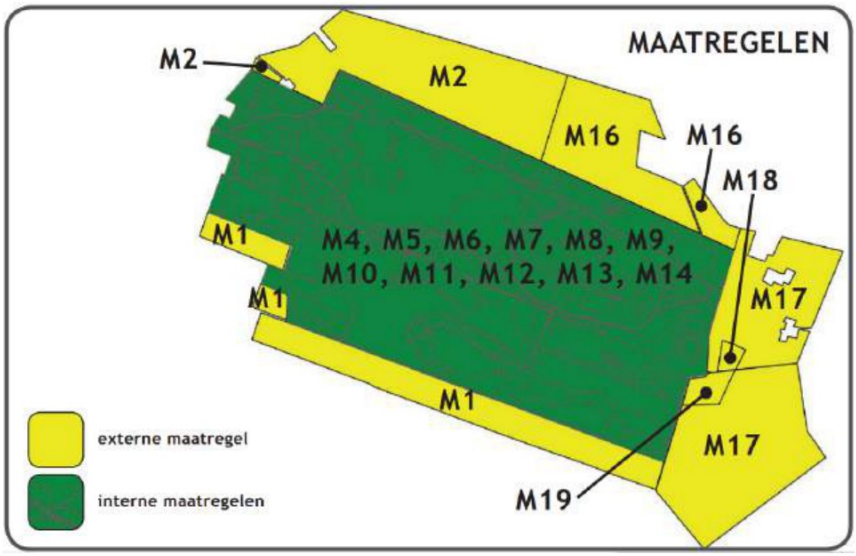
Bij het vaststellen van het doelgat spelen nadrukkelijk ook ecologische aspecten (“kan vochtige heide wel of niet optimaal functioneren in systemen met ondiepe (schijn) spiegels, waar de GVG dieper ligt dan 35 cm”). Deze vraag kan het DTHB niet beantwoorden, omdat haar expertise daar niet ligt. Het DTHB adviseert de projectgroep om de ontwikkeling van de vochtige heide te volgen bijvoorbeeld door monitoring in het veld op diverse plaatsen, zodat in de toekomst het doelgat voor het Boetelerveld beter kan worden bepaald.

## c. Analyse van de voorgestelde maatregelen

De projectgroep heeft op basis van de gebiedsanalyse en uitgangspunten van de projectgroep de voorlopige maatregelkaart opgesteld (Afbeelding 3). Met de omschrijving van maatregelen uit de gebiedsanalyse (Afbeelding 4 en Afbeelding 5) vormt dit het uitgangspunt voor het DTHB.




**Afbeelding 3 -** ***Maatregelenkaart Boetelerveld op basis van gebiedsanalyse en uitgangspunten van de projectgroep.***




**Afbeelding 4 - Codering maatregelpakketten uit de gebiedsanalyse.**

• • •

**Tabel 4.1 Herstelmaatregelen op gebiedsniveau. Aangegeven wordt op welke knelpunten deze maatregelen betrekking hebben.**

| Maatregel | | | Knelpunt |
|---|---|---|---|
| M1 | herstel hydrologie | Verwijderen ontwatering in percelen grenzend aan de zuidgrens van Natura 2000 gebied | K1 |
| M2 | herstel hydrologie | Verondiepen kavelsloten tot 40 cm onder maaiveld, tevens eerder instellen zomerpeil volgens meteorologisch gestuurde aanpak waterschap en voortzetting agrarisch gebruik in percelen ten noordwesten van Natura 2000 gebied | K1 |
| M16 | herstel hydrologie | Verwerven percelen, verwijderen ontwatering, herinrichten met herstel van oude slenkenstructuur in percelen ten noordoosten van Natura 2000 gebied | K1 |
| M17 | herstel hydrologie | Verwerven percelen, verondiepen kavelsloten tot 40 cm – mv; tevens eerder instellen zomerpeil volgens meteorologisch gestuurde aanpak waterschap en starten evenwichtsbemesting in percelen ten oosten van Natura 2000 gebied | K1 |
| M18 | herstel hydrologie | Verwerven nieuwe natuur EHS, verondiepen kavelsloten tot 40 cm – mv; tevens eerder instellen zomerpeil volgens meteorologisch gestuurde aanpak waterschap en stoppen bemesting in perceel ten oosten van Natura 2000 gebied | K1 |
| M19 | herstel hydrologie | Verondiepen kavelsloten tot 40 cm – mv; tevens eerder instellen zomerpeil volgens meteorologisch gestuurde aanpak waterschap en stoppen bemesting in verworven perceel in EHS ten oosten van Natura 2000 gebied | K1 |
| M4 | herstel hydrologie | Dempen van alle greppels en sloten met nutriëntenarme leem in het Natura 2000 gebied | K2 |
| M5 | herstel hydrologie | Vereffenen van rabatstelsels in het gebied | K2 |
| M6 | herstel hydrologie | Dempen van recentelijk gegraven poelen met nutriëntenarme leem in het gebied waarbij slecht doorlatende bodem wordt hersteld (binnen Natura 2000 gebied) | K3 |
| M7 | herstel hydrologie | Verwijderen van bosareaal binnen het Natura 2000 gebied (ten behoeve van vermindering verdamping) | K4 |

**Tabel 4.2 Herstelmaatregelen op habitattypeniveau. Aangegeven wordt op welke knelpunten deze maatregelen betrekking hebben.**

| Maatregel | | | Knelpunt |
|---|---|---|---|
| M8 | beheer en inrichting | Verwijderen boomopslag (gevolgd door plaggen) (opslag verwijderen, dunnen, plaggen en/of strooiselverwijderen) | K5, K7 |
| M9 | beheer en inrichting | Schonen van het ven (Grote rietgat), indien de vegetatie integraal is gedegradeerd. Deze maatregel is niet nodig indien door de andere beheer- en inrichtingsmaatregelen een open vegetatiestructuur en beperkte stapeling van organische stof in stand kan worden gehouden | K5, K9 |
| M10 | beheer en inrichting | Periodiek kleinschalig plaggen (strooisel verwijderen) | K6, K9, K10 |
| M11 | beheer en inrichting | Periodiek maaien en afvoeren van biomassa, waarbij het maaien gefaseerd wordt uitgevoerd i.v.m. de fauna | K9, K10 |
| M12 | beheer en inrichting | Optimaliseren intensiteit begrazingsdruk in ruimte en tijd t.b.v. kieming jeneverbes. | K6, K9, K10 |
| M13 | beheer en inrichting | Uitrasteren kiemlocaties om vraat door grazers tegen te gaan | K8 |
| M14 | beheer en inrichting | Bekalken na plaggen c.q. inzijggebied, alleen op niet-moerige gronden | K9, K10 |
| M15 | onderzoek | Bepalen van mate van grondwaterafhankelijkheid van jeneverbesstruwelen en hieraan gerelateerde randvoorwaarden | K3 |

**Afbeelding 5 - Tabel 4.1 en 4.2 uit gebiedsanalyse met korte uitleg van maatregelen per pakket zoals aangegeven in Afbeelding 4.**

Er wordt onderscheid gemaakt tussen interne (binnen het Boetelerveld genomen) en externe maatregelen (buiten het Boetelerveld).

**Interne maatregelen**

De interne maatregelen die Jansen (2010)[4] voorgesteld worden en die zijn overgenomen in de maatregelkaart worden door het DTHB onderschreven. Met name de boskap zorgt voor grote effecten op de grondwateraanvulling in het Boetelerveld. Het omvormen van licht naaldbos (oude situatie) naar heide zorgt voor 80% (!) meer grondwateraanvulling op de locaties waar deze maatregel wordt uitgevoerd (Afbeelding 6). Aangezien deze toename wordt afgevoerd via het grondwatersysteem betekent dit dat de opbolling van de grondwaterstand (verschil tussen grondwaterstand in het Boetelerveld en omgeving) evenredig groter wordt.

| vegetatie | neerslagoverschot (mm/jaar) | verandering tov licht naaldbos |
|---|---|---|
| kale grond | 600 | 200% |
| mostapijt | 475 | 138% |
| heide | 365 | 83% |
| hoge grassen | 325 | 63% |
| akkerbouw | 325 | 63% |
| landbouwgrasland | 300 | 50% |
| hoogveen | 250 | 25% |
| loofbos | 250 | 25% |
| bebouwd gebied | 225 | 13% |
| licht naaldbos | 200 | 0% |
| open water | 150 | -25% |
| zwaar naaldbos | 100 | -50% |

**Afbeelding 6 - Verandering in neerslagoverschot bij verschillend grondgebruik (waarden gebaseerd op diverse onderzoek; bron: www.grondwaterformules.nl).**

Het dempen van alle watergangen en greppels in het Boetelerveld heeft lokaal effect. De effecten zijn beperkt omdat de huidige watergangen geen afvoerfunctie meer hebben. Deze zijn reeds in de jaren '70 afgedamd waardoor de grootste slag is geslagen: meer water vasthouden in het Boetelerveld en daardoor hogere grondwaterstanden. Het neerslagoverschot moet daardoor volledig via het grondwatersysteem worden afgevoerd. Daardoor wordt de opbolling groter, met hogere grondwaterstanden in het Boetelerveld tot gevolg. De huidige maatregel van dempen zorgt ervoor dat lokaal de berging verkleind wordt, verdamping verminderd en lokale opbollingen (schijnspiegels) minder ontwaterd worden, waardoor lokaal grondwaterstanden hoger worden.

• • •

**Externe maatregelen**

Op de maatregelenkaart (Afbeelding 3) zijn de watergangen aangegeven die verondiept of gedempt worden. Het Boetelerveld ligt in een regionaal grondwatersysteem met een relatief dik watervoerende pakket. Als gevolg daarvan zal het neerslagoverschot van het Boetelerveld door sloten worden gedraineerd, in een wijdere omgeving dan de bufferzone. Zonder berekeningen toe te passen kan daarom al worden gesteld dan de effecten op het Boetelerveld van het dempen en verondiepen van sloten in alleen de bufferzone beperkt zullen zijn. Het ontbreken van ontwateringsmiddelen in het Boetelerveld zorgt er wel voor dat de effecten op de rand van het natuurgebied van deze maatregelen vrijwel volledig doorwerken tot het centrale deel van het Boetelerveld. Hieronder wordt het effect van dempen en verondiepen van de sloten nog verder in detail besproken.

Door het **dempen** van sloten in het omringende landbouwgebied wordt de afstand vergroot tussen de waterlopen die voor een deel het grondwater draineren. Het afvoeren van het grondwater kan alleen plaatsvinden als de grondwaterstand hoger is dan de waterstanden in de drainerende sloten. In wiskundige zin kan dit worden beschreven met de formule van Hooghoudt. Zie voor meer achtergronden Bijlage E.

Toegepast op de situatie van het Boetelerveld: De drainafstand is de afstand tussen drainerende sloten aan weerszijden van het Boetelerveld (in noord-zuidrichting ongeveer 800 m; in oost-west richting ongeveer 1500 m). In het geval het gehele neerslagoverschot wordt afgevoerd naar de dichtstbijzijnde sloten en de radiale en intreeweerstand kan worden verwaarloosd is de opbolling evenredig met $L^2/8kD$. Als door dempen van sloten de slootafstand bijvoorbeeld toeneemt van 1000 m naar 1200 m neemt de opbolling toe met een factor 1,44.

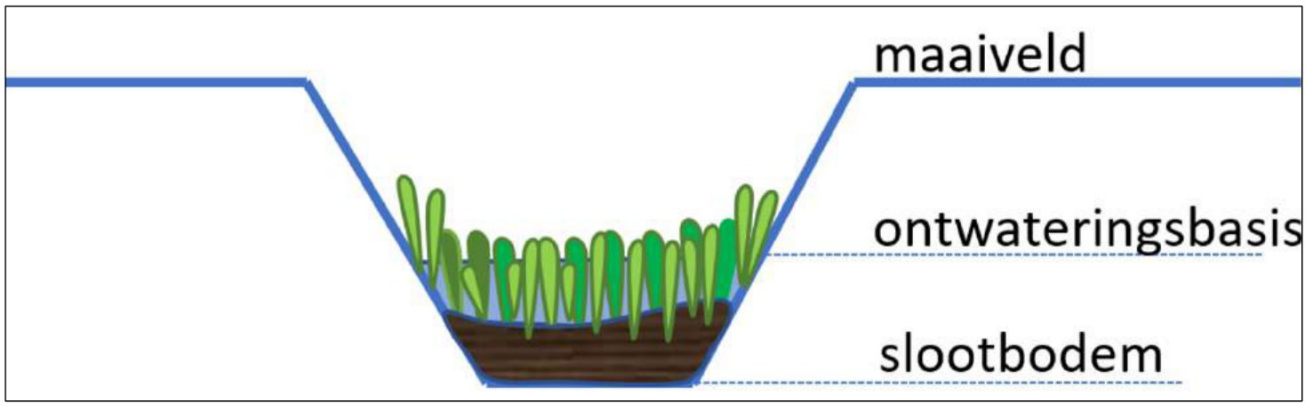
De werkelijkheid is echter minder eenvoudig:

- de grondwaterstroming is niet 2-dimensionaal verticaal (zoals is verondersteld in de formule van Hooghoudt) maar 3-dimensionaal;
- de grondwaterstroming is niet tijdsinvariabel (zoals verondersteld in de formule van Hooghoudt) maar variabel in de tijd;
- sloten hebben intree- en radiale weerstanden (Ernst, 1965). Met name de intreeweerstand zorgt er voor dat de opbolling minder dan evenredig toeneemt met het kwadraat van de slootafstand;
- een deel van het neerslagoverschot wordt afgevoerd naar sloten die niet worden gedempt.

Daardoor is het effect van dempen van sloten geringer en zal er op een andere manier aan gerekend moeten worden om rekening te houden met de complexe interactie van bovengenoemde punten.

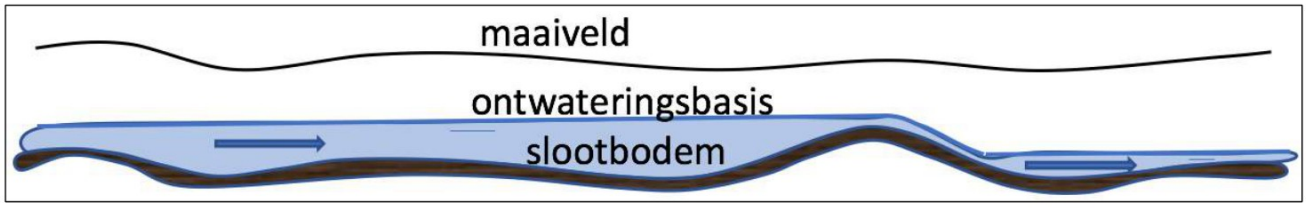
Het effect van dempen hangt ook af van de hoogte van de **ontwateringsbasis** in de uitgangssituatie. De hoogte van de ontwateringsbasis is niet gelijk aan de hoogte van de slootbodem, omdat door aanwezigheid van slib en begroeiing de slootbodem als het ware wordt verhoogd (Afbeelding 7). De

mate waarin de slootvegetatie de waterstroming in de sloot stremt hangt af van de groei ervan en van het slootonderhoud.




**Afbeelding 7 -** ***Illustratie van verschil tussen slootbodemhoogte en hoogte ontwateringsbasis.***

Ook in de lengterichting van de sloot kunnen plaatselijke verhogingen van de slootbodem of hoog liggende duikers er voor zorgen dat de ontwateringsbasis bovenstrooms van die verhoging wordt verhoogd. Afbeelding 8 maakt dit duidelijk. Het hoogste punt in een sloottraject bepaalt de ontwateringsbasis.



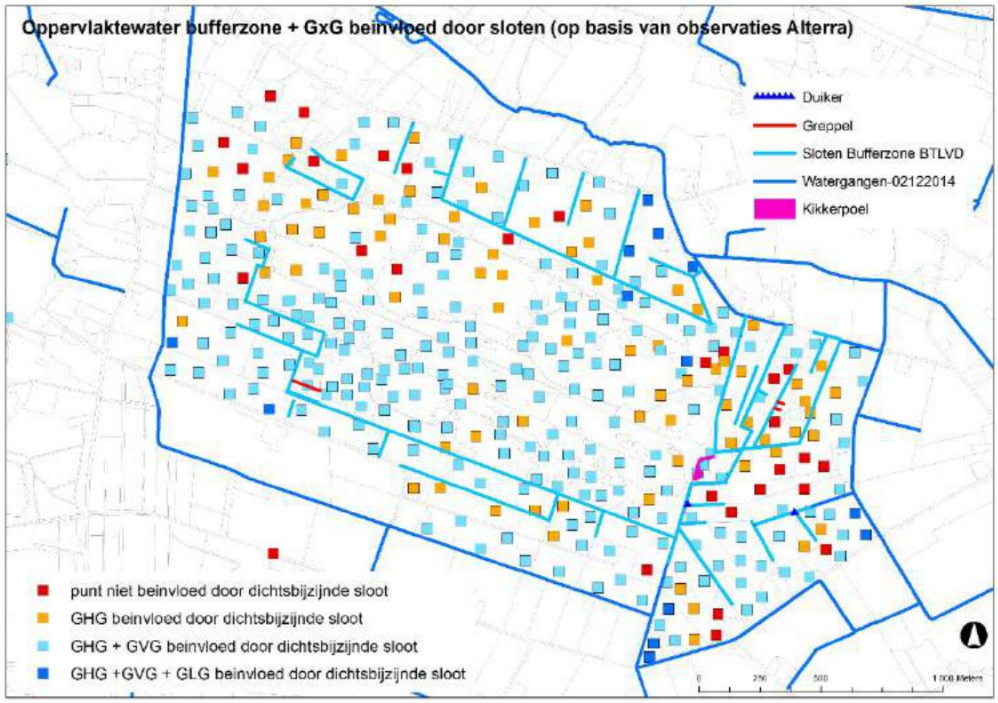

**Afbeelding 8 -** ***Illustratie van effect van een 'golvende' slootbodemhoogte op de hoogte van de ontwateringsbasis.***

Zowel de stremmende werking door de aanwezige slootvegetatie als de verhoging van de ontwateringsbasis door verhoging van de slootbodem door slibafzetting als obstakels waren bij aanvang van het onderzoek door het DTHB niet goed in beeld. Tijdens de veldbezoeken werd dit al snel duidelijk en is er meer aandacht aanbesteed om dit in beeld te brengen. In de afzonderlijke verslagen van de veldbezoeken is per sloot aangegeven wanneer dit het geval is.

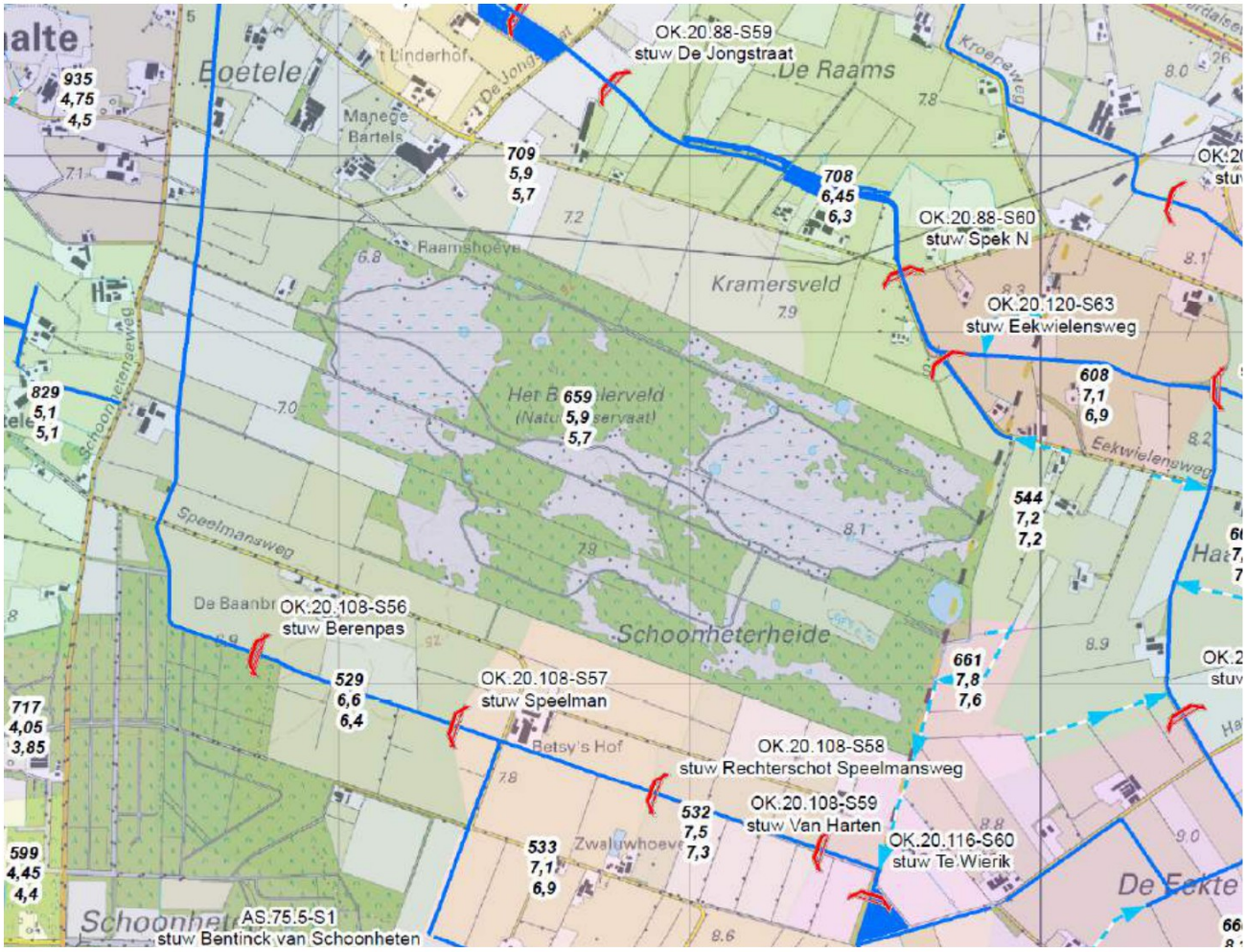
Bij **verondiepen** van sloten wordt de ontwateringsbasis verhoogd. De grondwaterstandsverhoging in het Boetelerveld is niet gelijk en altijd minder dan de verhoging van de ontwateringsbasis. Een deel van het neerslagoverschot wordt namelijk afgevoerd naar niet-verondiepte sloten verder weg van het Boetelerveld. Daarnaast vallen sloten droog in de zomer waardoor de verondieping geen direct effect meer heeft maar een na-ijleffect. Het effect van de verondieping wordt dus gedurende het seizoen dat de sloten droog staan steeds minder en kan zelfs tot nul reduceren. Om dit bij de bepaling van de effecten goed te kunnen meenemen moet er op een andere manier aan gerekend worden.

De bepaling van de effecten van dempen of verondiepen van sloten dient bij voorkeur te gebeuren met een gedetailleerd niet-stationair hydrologisch model, waarin alle sloten apart zijn opgenomen en waarbij per sloot de hoogte van de ontwateringsbasis wordt ingevoerd. Zonder model kunnen we slechts kwalitatief inschatten of dempen of verondiepen van een sloot effect heeft, namelijk als de sloot in de huidige situatie een drainerende werking heeft in de winterperiode. Dit is bijvoorbeeld te doen door GHG/GVG/GLG in de naastliggende percelen om te rekenen naar NAP-hoogtes en die te vergelijken met de hoogte van de ontwateringsbasis in NAP op basis van de, in opdracht van de projectgroep NATURA2000, ingemeten slootbodemhoogten ten opzichte van maaiveld. Deze actie is uitgevoerd met als resultaat het onderstaande beeld (Afbeelding 9).

Doordat er nu een groot aantal puntgegevens zijn over de GHG en de GLG kunnen we veel beter dan in 2009 zien, welke punten er wel of niet direct door sloten beïnvloed worden en welke niet. Voor vrijwel alle punten geldt dat de GHG en de GVG worden beïnvloed door de dichtstbijzijnde sloot en de GLG niet wordt beïnvloed door de sloten. Dit betekent dat vrijwel het gehele Boetelerveld invloed ondervindt van sloten in de omgeving, maar in de droogste perioden van het jaar (zomers) zakken de grondwaterstanden weg en speelt het ontwateringssysteem nauwelijks een rol. Via de grotere waterschapsleidingen wordt in de zomer wel water aangevoerd, maar dit bereikt niet alle kleinere sloten. Aan de oostkant van het Boetelerveld vindt wateraanvoer plaats binnen de bufferzone (Afbeelding 10).




**Afbeelding 9** - *Gt-locaties met indicatie of de GHG, GVG en GLG direct beïnvloed kunnen worden door de dichtstbijzijnde sloot.*




**Afbeelding 10 -** ***Uitsnede uit legger van Waterschap Drents Overijsselse Delta informatie over peilen en stuwen van de leggerwatergangen (blauw) en met aanduiding van sloten (aqua-stippellijnen) waar wateraanvoer mogelijk is.***

• • •

## d. Synthese

- ✓ Het hydrologische systeem van het Boetelerveld en omgeving is relatief eenvoudig te beschrijven: door het hoge doorlaatvermogen van de ondergrond en de afdamming van alle ont- en afwateringsmiddelen in het Boetelerveld stroomt het gehele neerslagoverschot via het grondwatersysteem naar alle zijden weg maar vooral naar de (noord)westkant (de overheersende richting van grondwaterstroming is zuidoost-noordwest). Met uitzondering van een smalle strook ten oosten van het Grote Rietgat (oostoever) stroomt er door de ondergrond geen water vanuit de omgeving naar het Boetelerveld (geen kwel).

- ✓ Het relatief dikke watervoerende pakket zorgt er voor dat watergangen in een veel wijdere omgeving dan de bufferzone het neerslagoverschot van het Boetelerveld draineren en dat op voorhand is te stellen dat door zowel de beperkte breedte van de bufferzone als het ontbreken van een bufferzone aan de westzijde de effecten van dempen en verondiepen van sloten in de bufferzone op de grondwaterstanden in het Boetelerveld beperkt zullen zijn. Het feit dat er geen ontwateringsmiddelen actief zijn in het Boetelerveld zorgt er wel voor dat een verhoging van de stijghoogtes op de rand van het Boetelerveld als gevolg van dempen of verondiepen van sloten in de bufferzone vrijwel volledig doorwerkt in de stijghoogtes en grondwaterstanden in het Boetelerveld.

- ✓ De aanwezigheid van ondiep voorkomende, weerstandbiedende lagen in en rondom het Boetelerveld zorgt er voor effecten van maatregelen op de grondwaterstand beneden deze laag anders zijn dan op de grondwaterstand boven deze laag. Zowel de natte habitattypen als de landbouwgewassen ‘voelen’ alleen de grondwaterstand boven deze laag. Het is dus noodzakelijk zowel de ruimtelijke verbreiding als de grootte van deze weerstand zo goed als mogelijk in beeld te brengen.

# 6. Veldbezoeken

## a. Voorbereiding

Een belangrijk onderdeel van het onderzoek is de informatie-inwinning bij 29 agrariërs en bewoners die in de bufferzone (landbouw)percelen in gebruik hebben en/of er een huis bewonen. Daartoe is een leidraad opgesteld voor de informatie-inwinning. Vervolgens is een uitnodiging opgesteld. De uitnodiging was vergezeld van het nodige kaartmateriaal (zie Bijlage F).

Uiteindelijk zijn 21 veldbezoeken afgelegd. [redacted] heeft de veldbezoeken ingepland en heeft ook met de overige 8 grondeigenaren / -gebruikers contact gehad. Zij hebben aangegeven geen interesse te hebben in een bezoek van het DTHB, de betreffende gronden zijn wel bezocht dan wel bekeken in de veldbezoeken.

## b. Vastlegging

Speciaal voor vastlegging van de resultaten is een applicatie (ODK) ingericht om met een tablet informatie vast te leggen en foto's te nemen die werden gekoppeld aan locaties waarvoor de GPS-coördinaten werden vastgelegd. De resultaten zijn per bezocht grondeigenaar en gebruiker vastgelegd in een rapport. In bijlage F is een voorbeeld opgenomen van een verslag van veldwaarnemingen met ODK.

Een verslag van de keukentafelgesprekken en veldbezoeken, incl. veldwaarnemingen, is een onderdeel van de rapporten per grondeigenaar en gebruiker. Deze worden separaat opgesteld en maken geen onderdeel uit van het hoofdrapport.

## c. Ervaringen uit het veld

- ✓ De ervaring van het DTHB is dat op deze manier essentiële informatie boven water is gehaald over de hydrologie van de landbouwpercelen (m.n. de ernst en omvang van natte plekken) en de hydrologische en hydraulische werking van de te dempen of te verondiepen waterlopen. Essentieel omdat bijvoorbeeld de ontwateringsbasis van sommige te dempen sloten in werkelijkheid duidelijk anders was dan de 'papieren' werkelijkheid (de ligging van de waterlopen en de bodemdiepte zoals in een eerder onderzoek vastgesteld).

- ✓ Ook werden ideeën geboren en verder uitgedacht over de werking van het hydrologisch systeem en de mogelijke mitigerende maatregelen.

- ✓ En er werd kennis genomen van innovatieve oplossingen die sommige agrariërs hadden ontwikkeld om de ondiepe wateroverlast op natte plekken te bestrijden met bijzondere 'straatput'-drainage. Dit zijn ondiep (30-40 cm-mv) ingegraven straatkolken met een afvoerbuis naar de dichtstbijzijnde sloot.

• • •

# 7. Effecten van het maatregelpakket voor de grondeigenaren / -gebruikers in de omgeving

## a. Werkwijze

Uiteindelijk zijn de effecten van het huidige maatregelpakket uitgerekend met het niet-stationaire model. Er is zowel een minimaal verwacht effect berekend als een maximaal verwacht effect. Dit omdat in dit soort studies nooit complete informatie beschikbaar is over bepalende parameters, zoals bijvoorbeeld ondiep voorkomende weerstandbiedende lagen, de kD (doorlaatfactor) van het watervoerend pakket, en de weerstand van de watergangen. Door de verwachte variatie in de onzekere parameters mee te nemen kan een inschatting gemaakt worden van de bandbreedte waarin we de effecten mogen verwachten (zie bijlage B voor uitleg hierover).

De modelberekeningen zijn vervolgens gebruikt om de effecten op perceelsniveau in te schatten. Deze inschatting, het eindoordeel van de verwachte effecten, is een expertoordeel, op basis van de modelberekeningen en de lokale situatie op basis van het veldbezoek en aanvullend informatie uit bijv. peilbuizen. Denk hierbij aan lokaal voorkomende natte plekken in percelen, afgesloten duikers of aanwezigheid van leemlagen. In de individuele rapporten per grondeigenaar en gebruiker is bij de beschrijving van effecten regelmatig verwezen naar dergelijke informatie, bijvoorbeeld in de vorm van een ODK locatie. Er is voor het eindoordeel gewerkt met overlappende legendaklassen, om de bandbreedte te kunnen tonen. Dit maakt dat er niet één effect op een bepaalde plek is, maar een verwachting dat het effect minimaal waarde 'X' en maximaal waarde 'Y' is.

De effecten op de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) zijn bepaald. Met de GHG-effecten zullen de veranderingen in landbouwkundig gebruik kunnen worden ingeschat met Waternood. Ook voor de huiseigenaren, die veelal zorg hadden over natte kelders, is het GHG-effect een passende parameter om vast te stellen of er nadelige situaties te verwachten zijn.

Tijdens het maken van het eindoordeel is gekeken naar mogelijkheden voor:

- nadere uitwerking van maatregelen (aanpassingen op de voorgestelde maatregelen, die het positieve effect op natuur vergroten, zonder de effecten op de agrarische percelen verder toenemen) en
- mitigerende maatregelen (aanvullende maatregelen die het effect op de gronden verkleinen, maar het positieve effect op de natuur niet verminderen).

In het eindoordeel zijn de effecten van het geheel van deze maatregelen meegenomen. Het eindoordeel is daarmee het totale effect dat wij verwachten van de nader uitgewerkte maatregelkaart met mitigerende maatregelen.

Er worden geen noemenswaardige effecten op de Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (GLG) verwacht (< 1 cm).

## b. Resultaten

In Afbeelding 11 is het eindoordeel van de verwachte effecten op de GHG weergegeven.
Wij stellen vast dat buiten de grijze zone effecten zijn uit te sluiten. In de grijze zone zijn de effecten nauwelijks merkbaar zullen zijn. Binnen de gele zone kunnen effecten voorkomen, maar dit hoeft niet (klasse 0 – 5 cm). De groene en oranje zones geven grotere effecten weer. Meer dan 25 cm effect verwachten wij niet.




**Afbeelding 11 - Eindoordeel verwachte effecten op de GHG voor de (agrarische) percelen in de omgeving van het Boetelerveld.**

De verwachte effecten op de GHG zullen op basis van een gedetailleerd maaiveld en de Gt-kartering van Alterra in de analyse van de landbouwkundige effecten worden verwerkt naar een verwacht beeld van de GHG en de bijbehorende gebruiksmogelijkheden.

De verwachte effecten op woningen en andere gebouwen zijn overal kleiner dan 5 cm. Voor de woningen en andere gebouwen zijn geen significante negatieve vernattingseffecten te verwachten die kunnen zorgen voor instabiliteit, onderlopen kelder, vernatting kruipruimten, opdrijven kelders of anderszins.

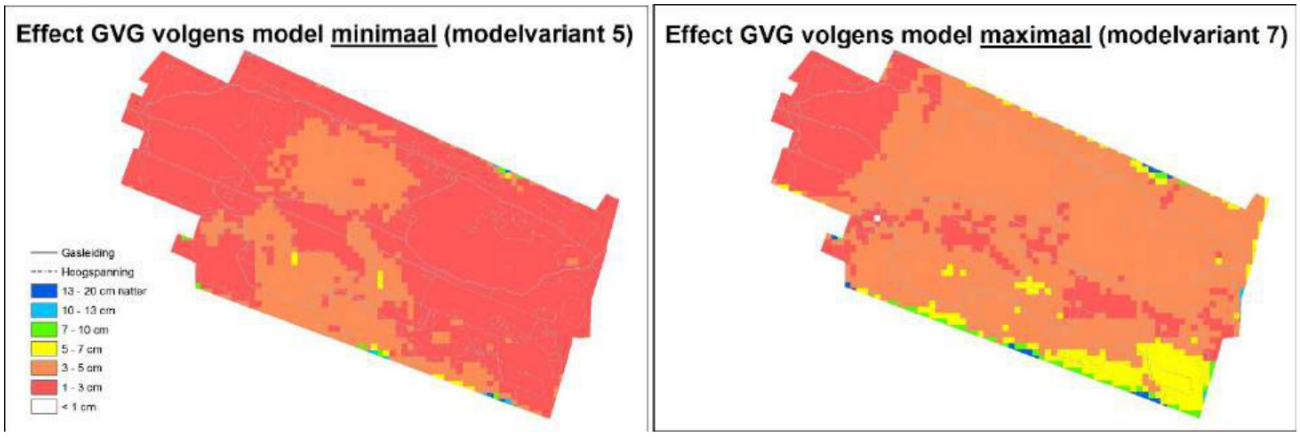
# 8. Effecten van het maatregelpakket voor de habitats

## a. Werkwijze

Voor het Boetelerveld hebben we de modelberekeningen (minimaal en maximaal effect) genomen als beste schatting voor de effecten op de natuur. Ook voor het Boetelerveld is een minimaal verwacht effect en een maximaal verwacht effect bepaald. Er is geen aanvullend expert judgement toegevoegd. De effecten op de Gemiddelde VoorjaarsGrondwaterstand (GVG) worden gepresenteerd, omdat de GVG de meest relevante parameter is voor de effecten op de natuur.

## b. Resultaten

De effecten op de GVG zijn in de ordegrootte van 1 tot 7 cm (Afbeelding 12). De maximale effecten zijn te verwachten in het zuidoosten van het Boetelerveld. In de centrale delen zijn de maximaal te verwachten effecten juist in de natte lagen, relatief klein. Dit komt hier de hoogste grondwaterstanden in de huidige situatie voorkomen en stijging van grondwater boven maaiveld niet mogelijk is. Water stroomt dan via het maaiveld af naar lager gelegen gedeelten.




**Afbeelding 12 – De bandbreedte van de verwachte effecten (minimale en maximale) op de GVG van het Boetelerveld.**

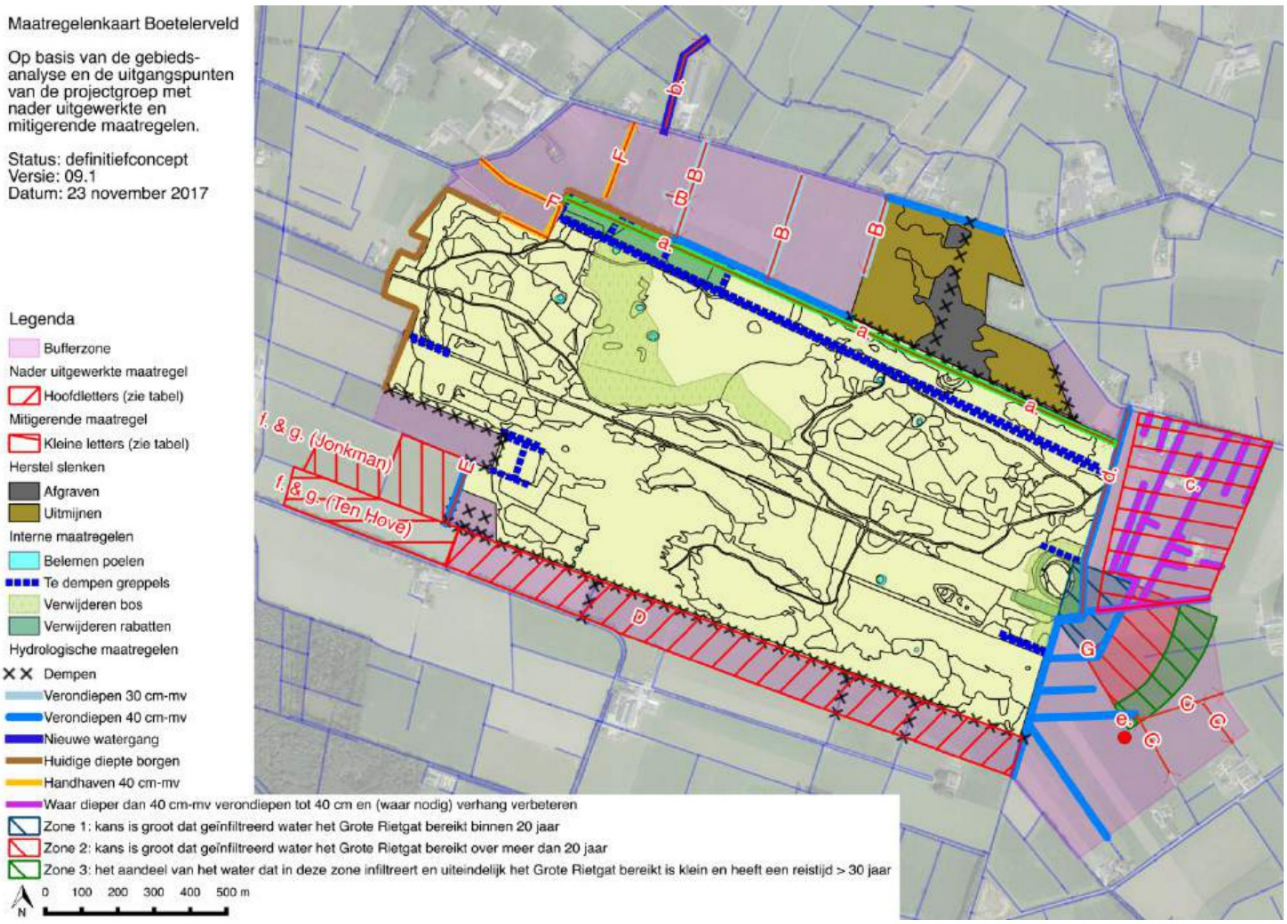
De meer regionale effecten zoals hier gepresenteerd zullen zich door vertalen naar de effecten op standplaatsniveau (vocht- en zuurstofhuishouding in de wortelzone). Ook als het schijnspiegels betreft is er een zekere doorwerking van het regionale grondwatersysteem naar de wortelzone, zoals beschreven is in bijlage C. Het doelgat, dat voor de locaties met schijnspiegels niet goed bekend is (zie bijlage D), wordt verkleind. Door het ontbreken van deze inschatting van het doelgat, kan alleen door het monitoren van de vegetatie-ontwikkeling het uiteindelijke effect op de Natura2000 habitats in beeld worden gebracht en helder worden gemaakt.

# 9. Voorstel nadere uitwerking & mitigerende maatregelen

Per herstelmaatregel uit de gebiedsanalyse wordt in onderstaande maatregeltabel aangegeven wat ons voorstel voor nadere uitwerkingen en mitigerende maatregelen zijn en aanvullende aanbevelingen voor de toekomst.

- *Nadere uitwerking maatregelen = kleine aanpassingen aan maatregelen zodat vernatting toeneemt, zonder extra negatief effect op de percelen.*
- *Mitigerende maatregelen = maatregelen die de negatieve effecten op de percelen verminderen, zonder dat dit nadelige effecten heeft op de vernatting van de natuur.*
- *Aanbevelingen = adviezen van het deskundigenteam aan de projectgroep Natura2000 Boetelerveld.*

In de kaart (Afbeelding 13) zijn de nader uitgewerkte maatregelen en mitigerende maatregelen opgenomen. De maatregelen zijn aangeduid met hoofdletters (nader uitgewerkte maatregelen) of kleine letters (mitigerende maatregelen) en gelden voor de specifieke locatie waaraan de letter gekoppeld is (bijv. een sloottraject).




**Afbeelding 13 - Nader uitgewerkte maatregelkaart Boetelerveld op basis van het werk van het DTHB (hoofdletters: corresponderen met nader uitgewerkte maatregelen in Tabel 1; kleine letters: corresponderen met mitigerende maatregelen in Tabel 1). De sloottrajecten op de grens van het Boetelerveld (toegelicht in H11 Beantwoorden specifieke vragen) zijn ook opgenomen op de kaart.**

| Code | Omschrijving maatregel* | Voorstel nadere uitwerking** | Mitigerende maatregelen*** | Aanbevelingen DTHB |
|---|---|---|---|---|
| M1 | Verwijderen ontwatering | D. Op deze locatie (BINNEN de huidige bufferzone) stellen wij voor ook de perceelsgreppels, 'straatputjes'-ontwatering / overige kleine ontwatering te verwijderen. Deze doen nu dienst met name om het bodemwater af te voeren, als in de toekomst de grondwaterstanden vrijwel aan maaiveld gaan komen, zullen deze ook grondwater gaan afvoeren en daarmee effect op het grondwater van het Boetelerveld hebben. De effecten op de percelen zullen niet groter worden dan de op dit moment verwachte effecten.<br><br>E. Westelijk gelegen grenssloot met het Boetelerveld is noodzakelijk voor het kunnen afwateren van de percelen buiten de bufferzone. Deze sloot is gedeeltelijk de grenssloot met het Boetelerveld. Verondiepen tot 40 cm, met goed verhang en jaarlijks onderhoud (mits diepte van 40 cm geborgd wordt), zal de natuur ten goede komen, zonder extra nadelige gevolgen op de percelen. | f. Greppels en 'straatputjes'-ontwatering op de perceelsdelen BUITEN de huidige bufferzone kan worden toegevoegd / aangepast / vervangen door nieuwe zeer ondiepe afwatering (max. 30 cm-mv). Door greppels of met behulp van 'straatputjes', al naargelang het agrarisch gebruik (wel of geen beweiding). Dit helpt met name om het bodemwater / maaiveldafvoer mogelijk te maken en zal geen effect hebben op de natuur.<br><br>g. Het perceel van [redacted] aan de westkant van het Boetelerveld is eerder met succes opgehoogd. Wij verwachten dat de omliggende percelen van [redacted] en Ten Hove ook baat kunnen hebben met ophoging. Een aantal natte, lage plekken kunnen sowieso op deze manier aangepakt worden, ook buiten de huidige zone met effecten. | AB 1: Breidt de zone M1 uit aan de zuidwestkant van het Boetelerveld. In dit gebied, tot de waterschapsleiding iets westelijker, wordt veel water uit het westelijk deel van het Boetelerveld afgevoerd. Wij bevelen aan om nauwgezet de habitatontwikkeling en standplaatscondities te volgen in de eerste beheerperiode, om zo nodig in de tweede beheerperiode ook aan de westkant sloten te dempen als nodig. Daarbij dient het verminderen van de drainerende werking van de westelijk gelegen waterschaps-leiding te worden overwogen. Deze watergang heeft namelijk een sterk drainerend effect dat ook het Boetelerveld treft. |
| M2 | Verondiepen kavelsloten | B. De zuid-noord sloten aan de noordkant van het Boetelerveld adviseren wij om te verondiepen naar 30 cm-mv, omdat dit min of meer de bestaande afvoersituatie is. Deze sloten dienen in de toekomst dan wel goed te worden onderhouden (jaarlijks schonen) om afvoer daadwerkelijk te laten plaatsvinden (mits de diepte van 30 cm-mv niet wordt overschreden, ook niet na jaren van uitkorven). Met een verbeterde en kortere afvoerroute (mitigerende maatregel b.) is het zelfs denkbaar dat de vernatting afneemt in de toekomst.<br><br>F. De sloten en greppels die verondiept worden (specifieke locaties gemarkeerd met F op de kaart binnen M2), hebben door diepteligging en onderhoudstoestand al min of meer het afvoergedrag van een ondiepe greppel van 40 cm. -mv. Daarmee zijn technische ingrepen niet | b. Afvoer van de sloot langs de weg en vervolgens de route richting waterschapsleiding in het noorden, kent zo veel barrières dat dit onvoldoende afvoer oplevert. Deze route moet in zijn geheel verbeterd worden: slootverhang waar nodig corrigeren en lokale laagten in de sloten voorkomen; jaarlijks goed onderhoud; en wij achten het zinvol om een kortere afvoerroute (zie schetskaart) te verkennen. | AB 3: De grenssloot met het Boetelerveld aan de noordzijde is het eerste drainerende middel vanuit het Boetelerveld gezien en is daarmee cruciaal voor de opbolling. Het dempen van deze sloot zal alle eventuele negatieve effecten van deze sloot op het Boetelerveld uitsluiten. De sloot voert nauwelijks af. Echter, afvoer van oppervlakkige afstroming van het naastgelegen landbouwperceel door de grenssloot is in een zomersituatie niet uit te sluiten. De effecten op de oppervlakkige afstroming bij zomerse buien zullen naar inschatting (op basis van veldbezoek) 30 tot maximaal |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | noodzakelijk, maar moet goed worden geborgd dat de greppels en sloten ook in de toekomst, door onderhoud of anderszins, nooit dieper worden dan 40 cm -mv. | | 50 m vanaf de grenssloot aanwezig zijn. Dat wil dus zeggen, dat oppervlakkige afstroming in een strook van 30 tot maximaal 50 m nog naar de grenssloot zal stromen. |
| M16 | Herinrichting slenkenstructuur | | - | AB 4: Sloot ten zuiden van bebouwing naast slenkenstructuur betreft een laagte. Aanbeveling is om de laagte niet te vergraven, maar de duiker van de waterschapsleiding af te sluiten. Dit zal geen significant vernattend effect hebben op het noordelijk liggende perceel dat onderdeel is van het bouwblok. Het zuidelijke perceel is onderdeel van de slenkenstructuur, daar is vernatting juist gewenst. |
| M17 | Verondiepen kavelsloten en greppels | C. We stellen voor om de verondieping van het cluster watergangen het meest oostelijk gelegen (zie kaart) niet uit te voeren, omdat het effect het Boetelerveld niet bereikt.<br><br>G. Stel een gebied in om te voorkomen dat nutriënten uitspoelen naar het Grote Rietgat. Met een stroombaanberekening is het gebied nauwkeuriger bepaald (Bijlage A2). Het betreft ook de bestaande particuliere natuur (Afbeelding 15). | c. Een aantal kleine greppels en slootjes ten noordoosten van het Boetelerveld: verondieping is hier technisch niet nodig, omdat afwateringsniveau al maximaal op 40 cm-maaiveld ligt. Deze waterlopen wateren echter nu niet goed af door slecht verhang en beperkt onderhoud. Door de greppels van een goed verhang te voorzien en jaarlijks te onderhouden, zullen ze beter afwateren dan nu het geval is, zonder noemenswaardig extra negatief effect op de natuur. Dit kan, mits geborgd wordt dat, door onderhoud of anderszins, de diepte van de greppels en sloten NIET dieper wordt dan 40 cm-maaiveld.<br>d. Na de verondieping moet het beheer goed zijn, jaarlijks zorgvuldig schonen zodat de remming van water door vegetatie beperkt wordt en de verhanglijn in tact | AB 2: Om de kweldruk te verhogen in het Grote Rietgat bevelen wij aan:<br>a. Dempen watergang op grens Boetelerveld, ten noorden en zuiden van Grote Rietgat (sloottrajecten 7 en 8). Zie conclusies en aanbevelingen in Bijlage G.<br>b. Voorkomen afvoer vanuit natte graslanden [redacted] / [redacted] door afdammen aan de zuidkant en mogelijk afdammen aan de noordkant. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | blijft. Hierbij dient geborgd te worden dat, door onderhoud of anderszins, de diepte van de greppels en sloten NIET dieper wordt dan 40 cm-maaiveld.<br>e. Bestaande 'straatput' ontwatering van het maisperceel (ODK 23; maisperceel Heuven) kan in tact blijven, deze heeft naar verwachting geen significant effect op het grondwater onder het Boetelerveld. | |
| M18 | Verondiepen kavelsloten en greppels + stoppen bemesting | G. Stel een gebied in om te voorkomen dat nutriënten uitspoelen naar het Grote Rietgat. Met een stroombaanberekening is het gebied nauwkeuriger bepaald (Bijlage A2). Het betreft ook de bestaande particuliere natuur (Afbeelding 15). | - | -AB 2: Om de kweldruk te verhogen in het Grote Rietgat bevelen wij aan:<br>a. Dempen watergang op grens Boetelerveld, ten noorden en zuiden van Grote Rietgat (sloottrajecten 7 en 8). Zie conclusies en aanbevelingen in Bijlage G.<br>b. Voorkomen afvoer vanuit natte graslanden [redacted] / [redacted] door afdammen aan de zuidkant en mogelijk afdammen aan de noordkant. |
| M19 | Verondiepen kavelsloten en greppels + stoppen bemesting | G. Stel een gebied in om te voorkomen dat nutriënten uitspoelen naar het Grote Rietgat. Met een stroombaanberekening is het gebied nauwkeuriger bepaald (Bijlage A2). Het betreft ook de bestaande particuliere natuur (Afbeelding 15).<br><br>NB! In dit maatregelvak staat een kikkerpoel aangegeven. Deze is niet aanwezig. Het betreft verlaagde natte graslanden. Deze zijn ondiep. De grenssloot is nog aanwezig. Deze staat niet op de huidige maatregelkaart, dit zou wel het geval moeten zijn met minimaal de opdracht om te dempen. | - | -AB 2: Om de kweldruk te verhogen in het Grote Rietgat bevelen wij aan:<br>a. Dempen watergang op grens Boetelerveld, ten noorden en zuiden van Grote Rietgat (sloottrajecten 7 en 8). Zie conclusies en aanbevelingen in Bijlage G.<br>b. Voorkomen afvoer vanuit natte graslanden [redacted] / [redacted] door afdammen aan de zuidkant en mogelijk afdammen aan de noordkant. |
| M4 | Dempen sloten en greppels | - | - | - |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| M5 | Vereffenen rabattensysteem | - | - | - |
| M6 | Dempen poelen | - | - | - |
| M7 | Verwijderen bos | | a. Maatregel boskap tot en met de rand van het Boetelerveld uitvoeren, zodat schaduw minder wordt en de zuidelijke perceelsrand sneller opdroogt in het voorjaar. | |
| M8 | Verwijderen bosopslag | - | - | - |
| M9 | Schonen Grote Rietgat | - | - | - |
| M10 | Kleinschalig plaggen | - | - | - |
| M11 | Periodiek afvoeren biomassa | - | - | - |
| M12 | Optimaliseren begrazingsdruk | - | - | - |
| M13 | Uitrasteren kiemlocaties | - | - | - |
| M14 | Bekalken na plaggen | - | - | - |
| M15 | Onderzoek jenevesbesstruweel | - | - | - |

* volledige omschrijving is te vinden in de gebiedsanalyse; ** hoofdletters verwijzen naar nader uitgewerkte maatregelen op de nieuwe maatregelenkaart; *** kleine letters verwijzen naar mitigerende maatregelen op de nieuwe maatregelkaart

**Tabel 1 - Voorstel van het DTHB voor nadere uitwerking van maatregelen en mitigerende maatregelen.**

Toelichting / nadere onderbouwing voor specifieke maatregelen:

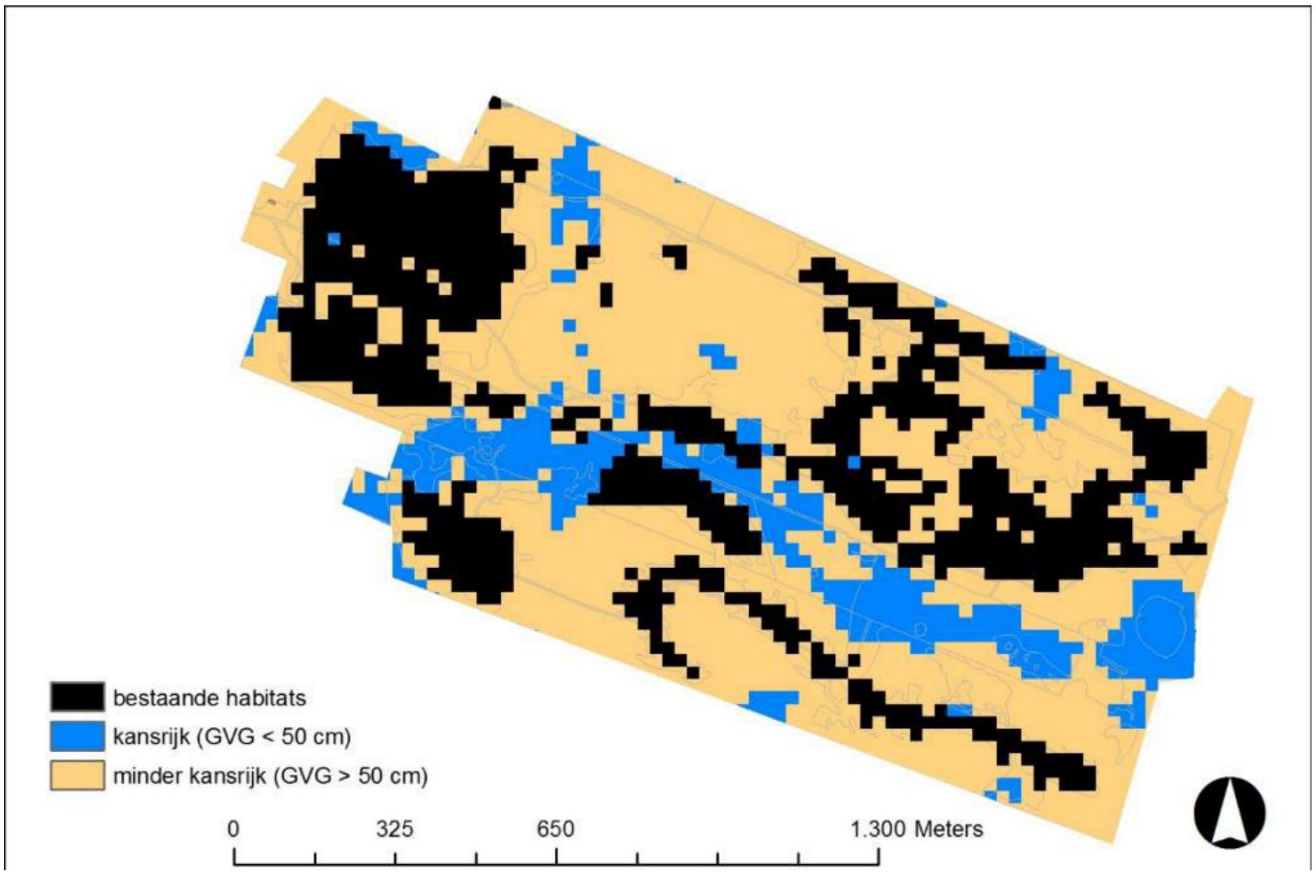
Ad C. Op basis van modelberekeningen is aangetoond dat het cluster greppels/sloten onder C. de grondwaterstand onder het Boetelerveld niet aantoonbaar beïnvloeden.

Ad f. Doordat de sloten op de grens van de bufferzone blijven bestaan en geen maatregelen kennen, zullen de effecten van zeer ondiepe (30 cm-mv) greppels of 'straatput' drainage BUITEN de bufferzone op de natuur IN het Boetelerveld beperkt zijn.

Ad e. Omdat de omliggende sloten verondiept worden naar 40 cm-mv en de 'straatput' ontwatering niet dieper is dan 40 cm-mv kan deze gehandhaafd blijven.

# 10. Advies uitbreiding habitats

De vochtige habitats van het Boetelerveld zullen zich het beste ontwikkelen daar waar minder goed doorlatende lagen voorkomen en in de directe omgeving waar een lokale opbolling zich kan opbouwen gedurende het winterseizoen. In de beekdalen liggen de meeste kansen. Deze kennen ook op dit moment al de hoogste GVG. Het is zinvol om bij het nemen van de maatregel boskap juist die locaties te kiezen met hoge GVG's (Afbeelding 14).
Door in de winter plassen aan maaiveld te karteren, kunnen ook inschattingen gedaan worden van potentierijke gebieden waar de GVG niet ondiep is, maar waar wel, door ondiep voorkomende, weerstandbiedende lagen zich hydrologisch geschikte situaties (schijnspiegels) zich voordoen. DTHB heeft op dit moment niet de beschikking over een dergelijke inventarisatie.




**Afbeelding 14 - Locaties die hydrologisch gezien potentie hebben voor ontwikkeling van vochtige habitats, op basis van de Gemiddelde VoorjaarsGrondwaterstand.**

# 11. Beantwoorden specifieke vragen

Vraag punt 1: *Input leveren voor onderzoek naar evenwichtsbemesting: op percelen aan de oostzijde van het Boetelerveld wordt een proef met evenwichtsbemesting uitgevoerd. Deze proef staat op zichzelf, maar wordt beïnvloed door de vernattingsmaatregelen (nutriënten gedragen zich anders als de PAS- maatregelen zijn uitgevoerd en het grondwater omhoog gaat). Het deskundigenteam levert informatie over de mate van vernatting die optreedt in de percelen evenwichtsbemesting na uitvoering van de maatregelen en geeft aan of het risico bestaat dat nutriënten in de nieuwe situatie uitspoelen naar het natuurgebied. Dit is input voor het onderzoek naar evenwichtsbemesting.*

De herkomst van het kwelwater van het Grote Rietgat is geanalyseerd met behulp van het model. In bijlage A1 is dit beschreven.

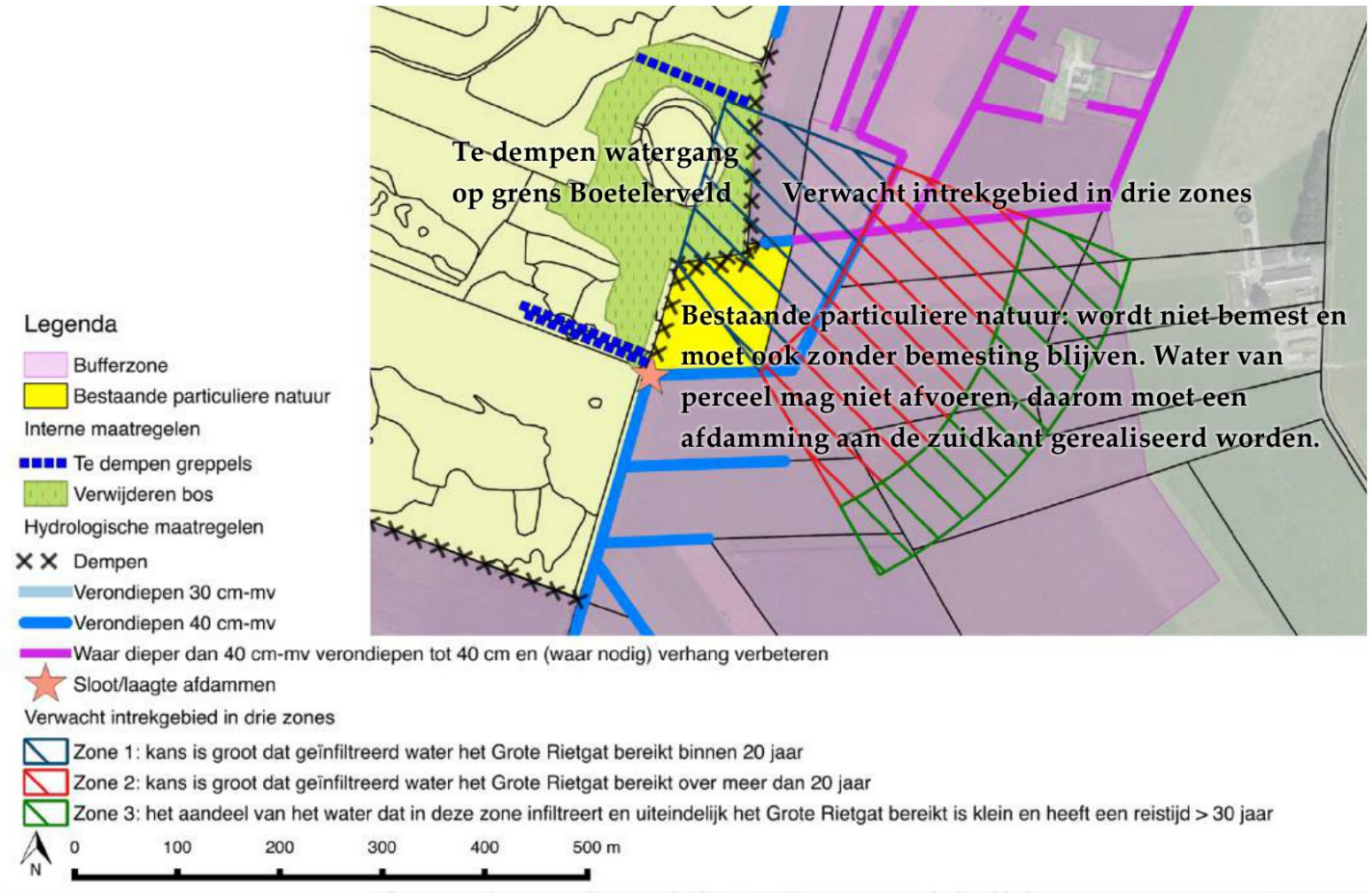
Adviezen op basis van bijlage A1:

1. Om de kweldruk te verhogen in het Grote Rietgat adviseren wij:
    a. Dempen watergang op grens Boetelerveld, minimaal tot 200 m ten noorden en zuiden van Grote Rietgat.
    b. Voorkomen afvoer vanuit natte graslanden [redacted] / [redacted] door afdammen aan de zuidkant en mogelijk afdammen aan de noordkant.
2. Om de kwaliteit van het kwelwater te verbeteren:
    a. Voorkomen dat nutriënten uitspoelen naar het Grote Rietgat. (Afbeelding 15).

Op basis van de aanbeveling in bijlage A1 is een stroombaanberekening uitgevoerd om het intrekgebied van het Grote Rietgat nauwkeuriger te bepalen. Op basis van de resultaten kan ook definitief vastgesteld worden of de maatregel evenwichtsbemesting in de ruimere omgeving gehandhaafd moet blijven. In Bijlage A2 is het intrekgebied bepaald met stroombaanberekeningen.

Conclusies van het deskundigenteam uit bijlage A2:

1. Met hoge zekerheid stellen wij op basis van de berekeningen vast dat het werkelijke intrekgebied binnen het verwachte intrekgebied zoals hierboven beschreven (afbeelding 6) ligt. Wij sluiten uit dat significante hoeveelheden grondwater geïnfiltreerd buiten het intrekgebied het Grote Rietgat zal bereiken.
2. De kans is zeer groot dat zones 1 en 2 verreweg het grootste aandeel water leveren dat uiteindelijk het Grote Rietgat bereikt (> 95%). Zone 3 draagt hier minimaal aan bij en dit water is meer dan 30 jaar onderweg.




**Afbeelding 15 –Verwacht intrekgebied waar voorkomen moet worden dat nutriënten uitspoelen naar het Grote Rietgat op basis van stroombaanberekningen en expert judgement. Het dempen van de grenswatergang en het afdammen is een aanbeveling (Tabel 1 AB 2) en is uitgewerkt in Bijlage G.**

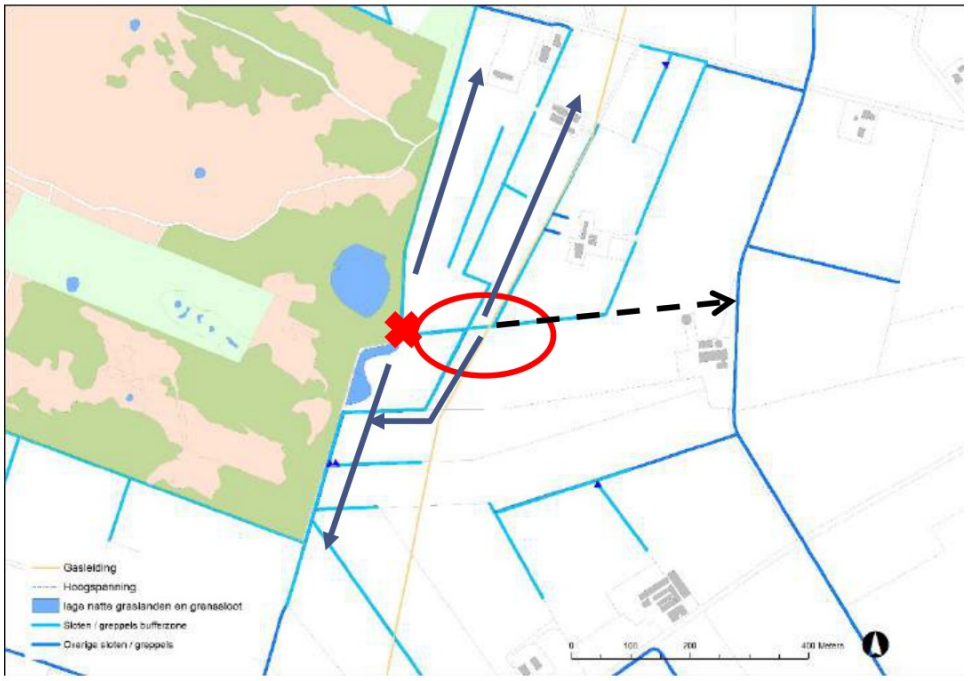
De effecten van de vernattingsmaatregelen in het gebied van de evenwichtsbemesting zijn niet groot. In een deel van het gebied komen niet of nauwelijks effecten voor (grijze of gele zone, zie Afbeelding 11). Hier zijn geen effecten te verwachten, omdat deze niet samenvallen met het gebied waar kwel verwacht wordt dat naar het Grote Rietgat gaat.

In een deel van het gebied zijn de effecten groter (lichtgroen: 3-10 cm natter of donkergroen: 5–25 cm, zie Afbeelding 11). Dit gebied overlapt deels met het gebied waar kwel vandaan komt naar het Grote Rietgat. Vernatting zal extra nutriëntenuitspoeling geven, maar wij denken dat het langjarig systeemherstel hier leidend moet zijn, zodat de kwelsituatie zich kan herstellen. De vernattingseffecten en de effecten in de nutriënten in de kwelstroom naar het Grote Rietgat dienen te worden gemonitord. Op basis daarvan kan zo nodig worden bijgestuurd, door tijdelijk de afdamming van het perceel [redacted] / [redacted] ongedaan te maken en daar met name bij piekafvoeren afvoer van de hoge nutriëntenstroom te realiseren. Dit betekent wel dat met eventuele

demping van het zuidelijke deel van de grenssloot (traject 6; Afbeelding 17) moet worden gewacht tot zeker is dat de versnelde nutriëntenafvoer meevalt.

Vraag punt 3: *Beantwoorden vragen naar aanleiding van keukentafelgesprekken: tijdens de gespreksronde met de grondeigenaren en -gebruikers in de bufferzone zijn vragen gesteld met betrekking tot hydrologie: • Wat is de stroomrichting van het water in de sloten? (m.n. buffer oostzijde) • Wat is de invloed van de interne maatregelen rond het Grote Rietgat op de aangrenzende percelen buiten het gebied?*

De stromingsrichting van de sloten aan de oostkant van de bufferzone is deels richting noorden en deel richting zuiden (Afbeelding 16). Door de afdamming van de grenssloot (rode kruis), om kortsluiting van de wateraanvoer aan de zuidkant richting noorden te voorkomen, ontstaat in de rode elips een stilstandsituatie. Waterstanden moeten hier hoog zijn, vrijwel de gehele sloot moet vol staan, voor water kan afvoeren. De richting hangt af van de waterstand in de sloten op de kruising op dat moment. Als de sloten richting noorden een lagere stand hebben, zal het water hiernaar afvoeren en vice versa. Afvoer naar het noorden is wel lastiger, door relatief smalle duikers, beperkt onderhoud (veel vegetatie die de afvoer remt) en grote slootbodemverschillen, waardoor water ook halverwege het traject naar het noorden weer zal stagneren.




**Afbeelding 16 – Stromingsrichting watergangen oostkant Boetelerveld. Rode kruis: afdamming grenssloot Boetelerveld, zodat wateraanvoer hier niet verder kan. Dit is de splitsing in de grenssloot van water dat noordelijk en zuidelijk stroomt. In de rode elips staat water grotendeels stil. Door de afdamming, moet dit water deels 'bergop', tot het zowel noordelijk als zuidelijk kan stromen afhankelijk van de waterstanden in de watergangen op de kruising in de rode elips. [*Zwarte stippellijn: mogelijke ontwatering oostelijke perceelsdelen als grenssloot gedempt wordt (stromingsrichting = oostelijk)*]. *Zie uitwerking in Bijlage G.***

De verondieping van de sloten in de bufferzone zal het stromingspatroon niet beïnvloeden. In bijlage A1 adviseren wij ten behoeve van het Grote Rietgat om het middentraject van de grenssloot te dempen. Dit zal wel effect hebben op het slootsysteem. De zuidelijk stromende watergang aan de oostkant zal aangesloten moeten blijven op het meest zuidelijke traject van de grenssloot. Van de noordelijk stromende watergangen zal het verhang verbeterd moeten worden, om afvoer mogelijk te maken.

Wanneer in een verdere toekomst de gehele grenssloot zou worden gedempt, zal afvoer van de oostelijkste delen van de percelen van [redacted] niet meer mogelijk zijn. Mogelijk kan het graven van een ondiepe watergang oostwaarts, langs het bouwblok, direct afwaterend op de waterschapsleiding dan een oplossing kunnen bieden (Afbeelding 16, stippellijn). In Bijlage G. zijn de effecten van het dempen van de randsloottrajecten in de omgeving van het Grote Rietgat uitgewerkt. De projectgroep zal een afweging moeten maken over het toevoegen van deze maatregel.

1. Grenssloten tussen percelen - Maatregelen zijn gekoppeld aan percelen, maar hebben ook betrekking op grenssloten. Welke maatregel moet worden uitgevoerd in grenssloten als deze voor aanliggende percelen verschillen, bijv. verondiepen en dempen sloten?

> Aangegeven bij de nadere uitwerking / mitigerende maatregelen (zie Hoofdstuk. 9).

2. Sloten langs openbare wegen - Hoe moet worden omgegaan met sloten langs openbare wegen die moeten worden gedempt / verondiept i.r.t. drooglegging weg? Uitgangspunt van de projectgroep is: bermsloot behoort tot de weg. - Wanneer weg niet is begrensd hoort sloot er ook niet bij.

> Het huidige maatregelpakket zal niet significant meer effect hebben als de sloten langs openbare wegen in de huidige bufferzone worden meegenomen, daarvoor is meer nodig. Deze liggen met name aan de noordkant en een klein deel aan de zuidwestkant.
> Op andere plekken (met name aan de westkant) liggen sloten die eerder in aanmerking zouden kunnen komen als een maatregelpakket wordt verkend met meer vernattingseffect.

3. Sloot rondom het Boetelerveld - Welke maatregel is nodig? Wat is nodig voor het Boeterveld? Met name aan oostzijde een discussiepunt omdat het waterschap daar in het verleden ook advies over heeft gegeven dat tegenstrijdig is met het mogelijk dempen van de sloot.

> Omdat het Boetelerveld zelf geen afvoer kent, is de eerste afvoerende sloot buiten het Boetelerveld van belang voor de opbolling die in het Boetelerveld ontstaat. Een groot deel van de grenssloten worden nu gedempt. Een klein deel niet.

• • •

Wij verwachten dat aan de westkant van het Boetelerveld het dempen of verondiepen van grenssloten effect zal hebben. Per traject (zie Afbeelding 17 voor locatie van de trajecten):

Traject 1. Dit sloottraject van de grenssloot is uitgewerkt als aanbeveling AB 3 in Tabel 1: De grenssloot met het Boetelerveld aan de noordzijde is het eerste drainerende middel vanuit het Boetelerveld gezien en is daarmee cruciaal voor de opbolling. Het dempen van deze sloot zal alle eventuele negatieve effecten van deze sloot op het Boetelerveld uitsluiten. De sloot voert nauwelijks af (ODK 4 en 5, zie Afbeelding 18). Echter, afvoer van oppervlakkige afstroming van het naastgelegen landbouwperceel door de grenssloot is in een zomersituatie niet uit te sluiten. De effecten op de oppervlakkige afstroming bij zomerse buien zullen naar inschatting (op basis van veldbezoek) 30 tot maximaal 50 m vanaf de grenssloot aanwezig zijn. Dat wil dus zeggen, dat oppervlakkige afstroming in een strook van 30 tot maximaal 50 m nog naar de grenssloot zal stromen.

Traject 2. Dit sloottraject is niet of nauwelijks aanwezig, slechts hier en daar een laagte in de overgang van het hogere Boetelerveld naar de lager liggende omgeving. De afvoerende werking is minimaal. Geborgd moet worden dat de laagte niet dieper wordt gemaakt.

Traject 3. Dit sloottraject is nauwelijks aanwezig en heeft minimale afvoerende werking (diepte enkele decimeters, nauwelijks tekenen dat er ooit water stroomt of staat). Geen maatregel treffen. Wel moet geborgd worden dat deze niet dieper wordt. Uit de metingen van de diepte van dit traject lijkt de sloot dieper. Dit komt doordat de diepte is bepaald t.o.v. het maaiveld van het Boetelerveld dat veel hoger ligt. Ten opzichte van het maaiveld van de omliggende percelen is de diepte zeer beperkt (zie foto ODK 52 in Afbeelding 18).

Traject 4. Deze sloot is nauwelijks aanwezig en heeft minimale afvoerende werking (diepte enkele decimeters, nauwelijks tekenen dat er ooit water stroomt of staat). Geen maatregel treffen. Wel moet geborgd worden dat deze niet dieper wordt. (Ook hier geldt de opmerking over ingemeten diepten, zie vorige traject.)

Traject 5. Deze sloot is gedeeltelijk de grenssloot met het Boetelerveld. Deze sloot is noodzakelijk voor het kunnen afwateren van de percelen buiten de bufferzone. Verondiepen tot 40 cm, met goed verhang en jaarlijks onderhoud (mits diepte van 40 cm geborgd wordt), zal de natuur ten goede komen, zonder extra nadelige gevolgen op de percelen.

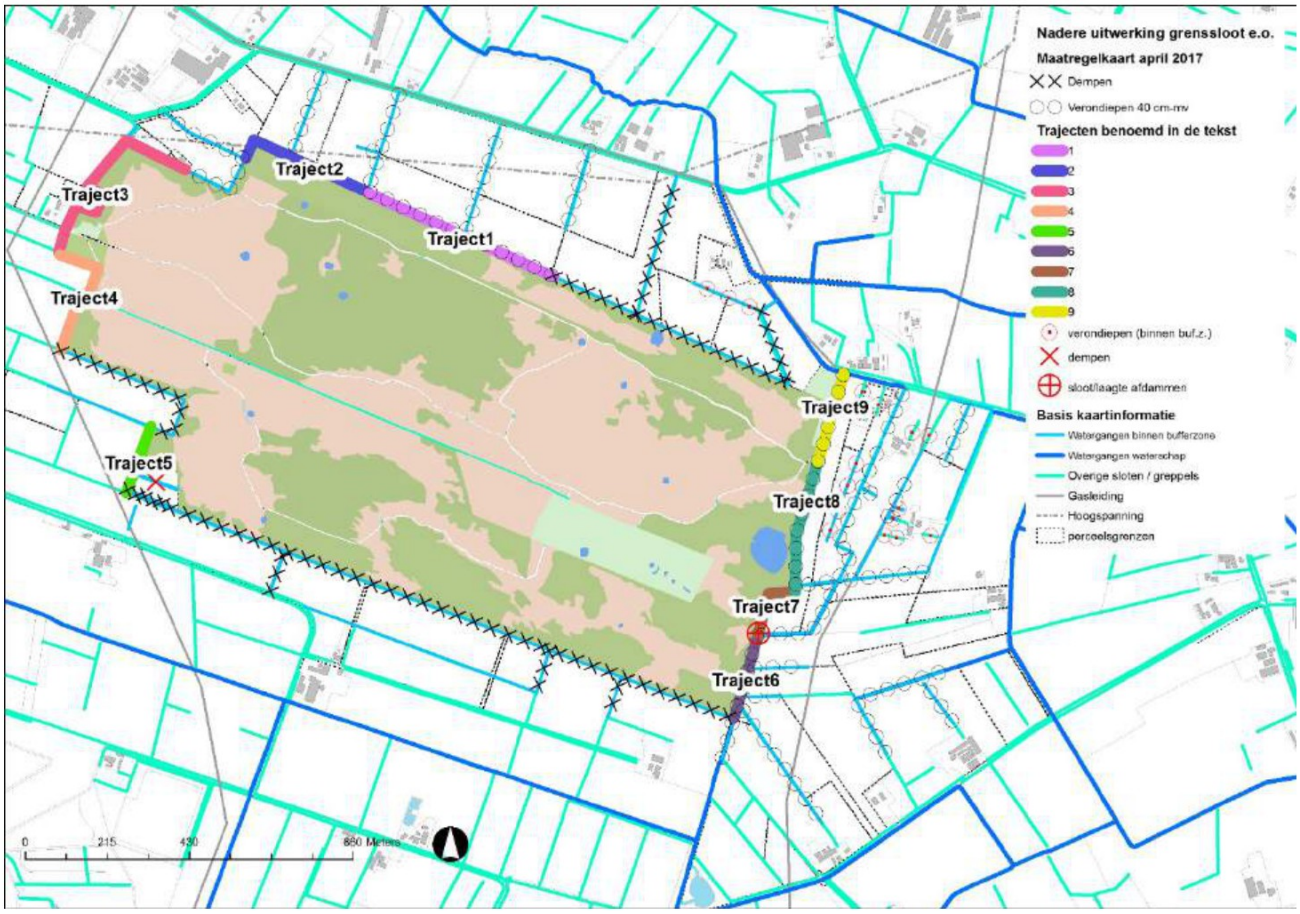
Traject 6. Dit sloottraject voert nadrukkelijk water af vanuit het Boetelerveld en staat nu als te verondiepen op de kaart. Het dempen van deze watergang zal effect hebben op de zuidoost kant van het Boetelerveld. Dempen zal echter aanzienlijke effecten hebben op de aanliggende percelen. Onze aanbeveling is om dit traject nu te verondiepen. Mochten de hydrologische effecten onvoldoende blijken de komende jaren, dan kan dempen van dit traject een zinvolle vervolgstap zijn.

Traject 7. Dit traject staat niet helder op de huidige maatregelkaart. Door de misvatting dat de laagte in dit perceel een kikkerpoel is, is het traject niet beschreven. Het betreft hier echter een watergang met daarnaast een laagte waar het natuurdoel vochtige, kruidenrijk grasland wordt nagestreefd (door particuliere eigenaren [redacted] / [redacted] Wij adviseren om dit traject te dempen tot het niveau

van de laagte en een afdamming (gemarkeerd in Afbeelding 17) te realiseren, zodat water vanuit de laagte nooit kan afvoeren, maar altijd zal worden toegevoegd aan het grondwatersysteem). Dit zal de aanvulling naar het Grote Rietgat ten goede komen, zie bijlage G.

Traject 8. Dit sloottraject voert nadrukkelijk water af vanuit het Boetelerveld, in het bijzonder water dat onderweg is als kwel naar het Grote Rietgat. Wij adviseren om deze watergang te dempen, zie verder Bijlage G.

Traject 9. Dit sloottraject voert nadrukkelijk water af vanuit het Boetelerveld en staat nu als te verondiepen op de kaart. Het dempen van deze watergang zal effect hebben op de noordoost kant van het Boetelerveld. Dempen zal echter aanzienlijke effecten hebben op de aanliggende percelen. Onze aanbeveling is om dit traject nu te verondiepen. Mochten de hydrologische effecten onvoldoende blijken de komende jaren, dan kan dempen van dit traject een zinvolle vervolgstap zijn.



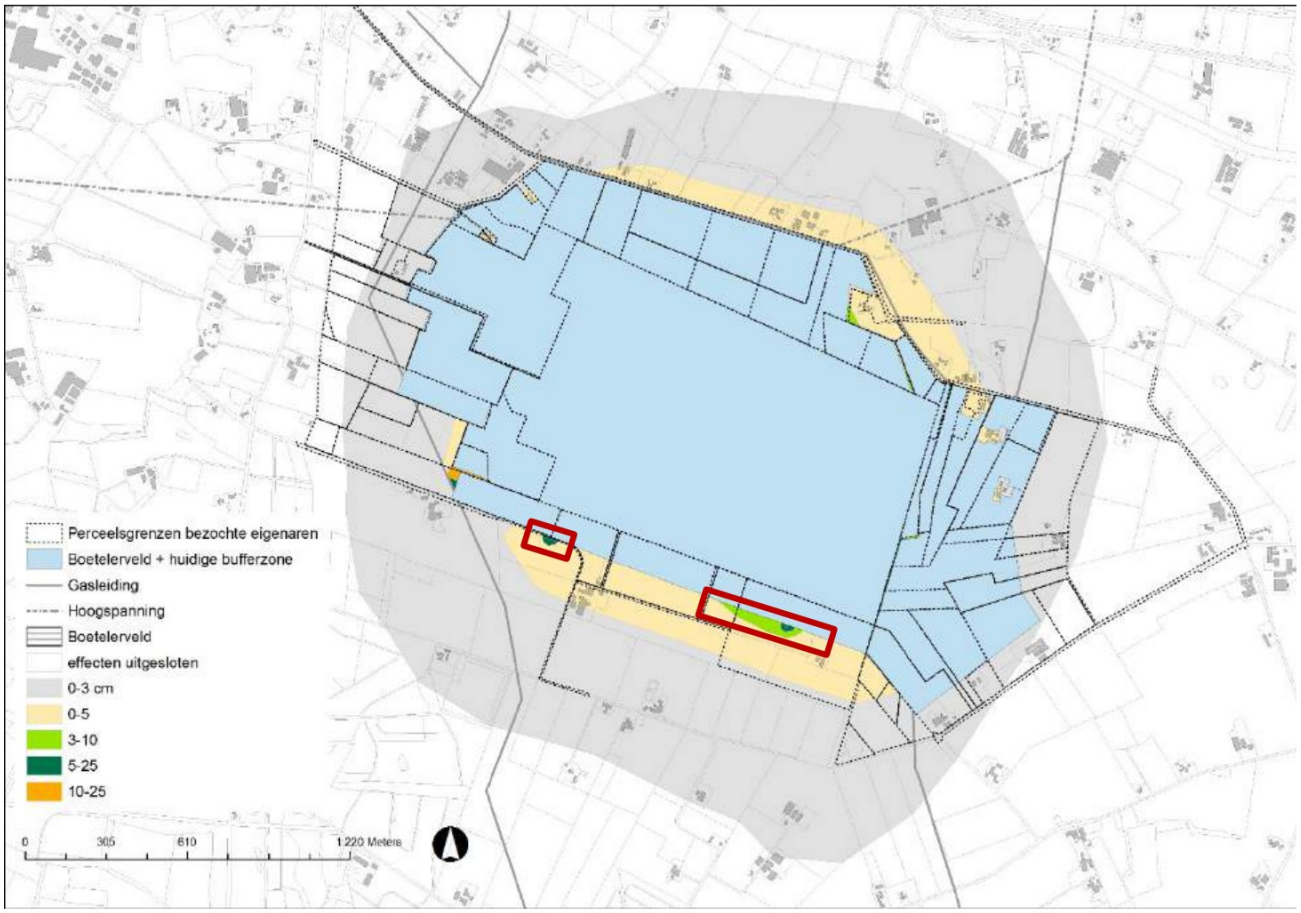

**Afbeelding 17 - Grenssloot Boetelerveld met de omgeving verdeeld in trajecten, waarvoor verschillende maatregelen voorgesteld worden.**



**Afbeelding 18 - ODK foto's van de grenssloot tussen Boetelerveld en omgeving op locatie 4 (boven) en 52 (onder).**

5. Impact dempen en/of verondiepen sloten buiten uitwerkingsgebied - Rechtszekerheid geven voor de omgeving: hoe gaan we om met effecten buiten bufferzone en welke mitigerende maatregelen treffen we waar nodig? Dit speelt ook mee in het kader van vergunningverlening. Effect op woningen ook hierin meenemen!

Buiten het uitwerkingsgebied zijn op verschillende plaatsen, noordoost kant en de zuidkant, effecten van de maatregelen merkbaar. Grotendeels zijn dit kleine effecten van 0 tot 5 cm. Aan de zuidkant zijn grotere effecten te verwachten, tot 25 cm (rood gemarkeerd in Afbeelding 19).




**Afbeelding 19 - Eindoordeel verwachte effecten op de GHG met locaties buiten de bufferzone (rood gemarkeerd) waar meer dan 5 cm effect zal optreden.**

7. Evt. ophogen percelen en gevolg voor mate van verondiepen - Eén van de maatregelen is het verondiepen van sloten tot 40 cm diep. Wanneer gronden worden opgehoogd met bijv. 20 cm, dan is het logisch dat deze ophoging leidt tot een verondiepen tot 60 cm i.p.v. 40cm diep (= uitgangspunt van de projectgroep).

• • •

Het perceel van [redacted] aan de westkant van het Boetelerveld is eerder met succes opgehoogd. Wij verwachten dat de omliggende percelen van [redacted] en [redacted] ook baat kunnen hebben met ophoging. Een aantal natte, lage plekken kunnen sowieso op deze manier aangepakt worden, ook buiten de huidige zone met effecten (zie mitigerende maatregel g.).

10. M19: wat te doen met aanwezige kikkerpoel - M19 is onderdeel van een NSW landgoed, waar de nodige voorwaarden aan verbonden zijn. Het waterschap is betrokken geweest bij de aanleg van de kikkerpoel in de tijd dat deze nog eigendom was van [redacted] Heeft de kikkerpoel een negatief effect op gewenste hydrologische situatie?

Dit is geen kikkerpoel, maar een verlaagd perceel waar gewerkt wordt aan kruidenrijk vochtig grasland. Dit heeft geen nadelige effecten op het Boetelerveld.

11. Zijn er negatieve effecten te verwachten op wegtaluds, woningen buiten de bufferzone en mastvoeten van hoogspanningsleiding? Zo ja, welke. Denk hierbij aan verzakking, opdrijving, lekkende kelders / natte kruipruimten.

<u>Hoogspanningsleiding</u>

Effecten onder voeten hoogspanningsleiding zullen maximaal 10 cm betreffen. Wij verwachten geen schade van opdrijving of anderszins.

<u>Wegtaluds</u>

Vrijwel onder alle wegen en wegtaluds zijn de te verwachten effecten 0 – 5 cm. Op twee plaatsen zijn de effecten mogelijk groter (maximaal 25 cm), maar omdat dit effect voortkomt uit het dempen van een sloot haaks op de weg en de sloten parallel aan de weg in tact blijven, verwachten wij hier in de praktijk geen problemen met stabiliteit of anderszins.

<u>Woningen / gebouwen buiten de bufferzone</u>

Onder alle woningen en erven buiten de bufferzone zijn de maximaal te verwachten effecten 0 – 5 cm. Voor de woningen en andere gebouwen zijn geen significante negatieve vernattingseffecten te verwachten die kunnen zorgen voor instabiliteit, onderlopen kelder, vernatting kruipruimten, opdrijven kelders of anderszins.

• • •

# 12. Conclusies en aanbevelingen

Het DTHB Hydrologie Boetelerveld (DTHB) had als opdracht het nader uitwerken van de interne en externe hydrologische maatregelen uit de PAS-gebiedsanalyse tot op perceelsniveau en het beantwoorden van de vragen voortkomend uit het concept inrichtingsplan.

Door analyse van diverse bronnen en verkennende berekeningen kan het hydrologisch systeem van het Boetelerveld en omgeving in grote lijnen als volgt worden gekenschetst:

- het grote doorlaatvermogen van de ondergrond zorgt er voor dat:
    - de hydrologie van het Boetelerveld nauw samenhangt met de hydrologie van het omringende landbouwgebied;
    - de effecten van maatregelen ruimtelijk sterk worden gedempt;
- het Boetelerveld is overwegend een infiltratiegebied zodat het risico van aanvoer van nutriënten vanuit het omringende landbouwgebied beperkt is; alleen een smalle strook grenzend aan het Grote Rietgat ontvangt grondwater uit het landbouwgebied;
- het wel of niet aanwezig zijn van een ondiep voorkomende, slecht doorlatende laag bepaalt in sterke mate de natheid van de standplaats van habitattypen en landbouwgewassen. Er is een relatie tussen deze standplaats en de grondwaterstanden beneden de slecht doorlatende laag.

Op basis van een nadere analyse en discussies is de conclusie getrokken dat kwantificering van effecten van hydrologische maatregelen op de natheid van de standplaats van vochtige heiden en op de Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG) van landbouwpercelen alleen goed mogelijk is met een grondwatermodel.

Het Boetelerveld en wijde omgeving is in het model gebracht door uit te gaan van het MIPWA-model 2.0 en dit model nader te detailleren voor de watergangen die als te verondiepen of te dempen op de maatregelenkaart staan aangegeven. Daarbij leverde de tijdens de veldbezoeken opgedane kennis essentiële informatie over de eigenschappen van de watergangen.

Door de simulatieresultaten te vergelijken met de resultaten van de GXG-kartering van Alterra en overige peilbuisinformatie is de conclusie getrokken dat het model geschikt is om daarmee effecten van de voorgestelde hydrologische maatregelen te bepalen.

Echter, zoals met alle hydrologische berekeningen zit er een bepaalde onzekerheid in de berekende effecten omdat eigenschappen van watergangen en de ondergrond niet exact bekend zijn (zeker niet op lokaal niveau). Deze onzekerheid is meegenomen in de bepaling van de effecten door 8 verschillende varianten van combinaties van hydrologische eigenschappen door te rekenen. De minimale en maximale berekende effecten van deze modelvarianten geven de bandbreedte aan waarbinnen we verwachten dat de werkelijke effecten zullen optreden.

• • •

Voor de omgeving van het Boetelerveld zijn de effecten van de interne en externe maatregelen op de GHG niet-stationair berekend voor een periode van 13 jaar (1989-2001) en vervolgens op basis van veldkennis en expert judgement vertaald naar een eindoordeel van de effecten met bandbreedten die de onzekerheid zo goed mogelijk weergeven. Voor het Boetelerveld zelf zijn de effecten op de Gemiddelde VoorjaarsGrondwaterstand (GVG) bepaald, hiervoor zijn alleen modelberekeningen gebruikt.

Het beeld van de effecten is in grote lijnen als volgt:

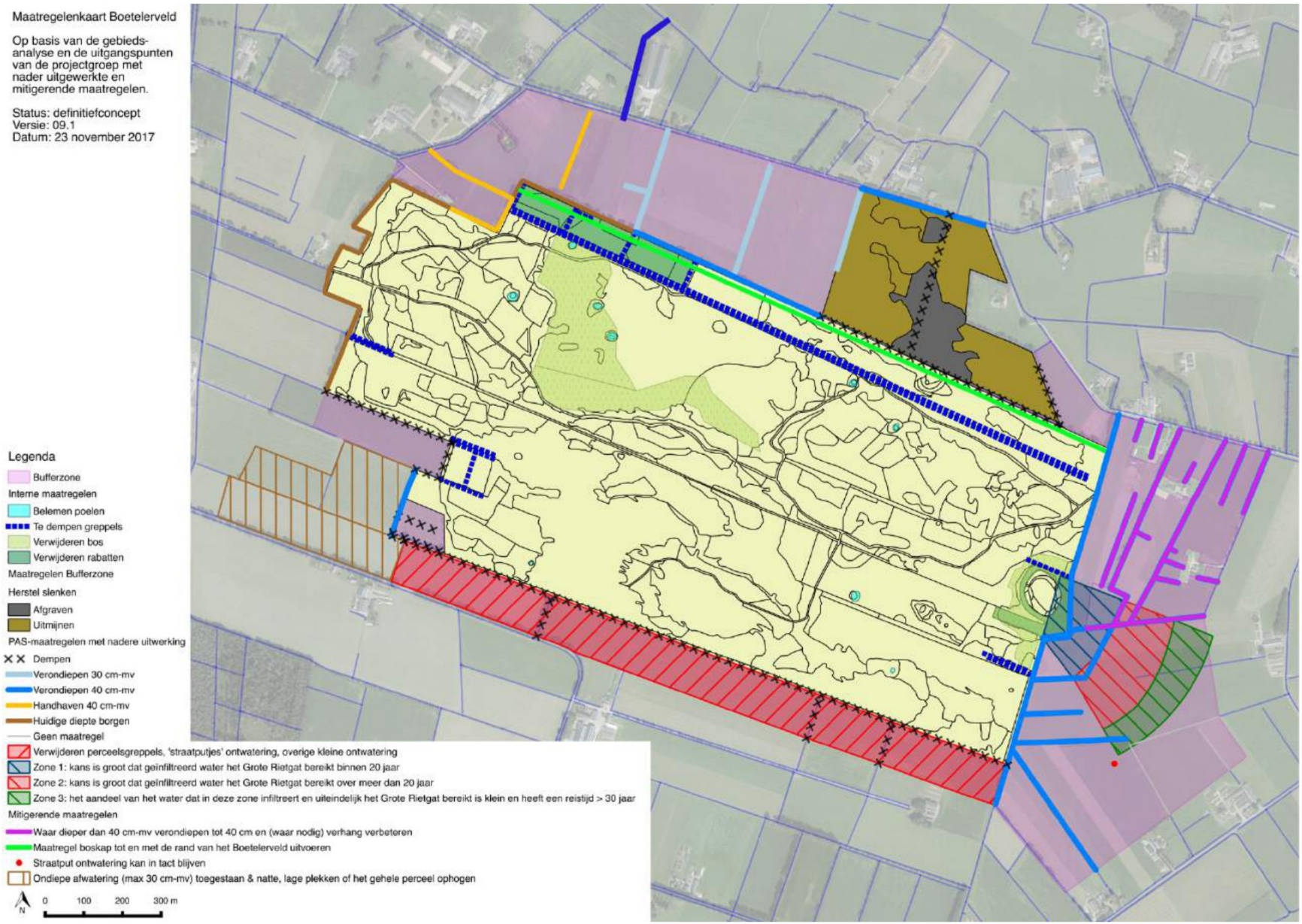
- de interne maatregel boskap laat een effect van enkele cm's zien in het Boetelerveld;
- de externe maatregel: dempen of verondiepen van watergangen in de huidig voorgestelde bufferzone heeft een klein, maar positief, effect op de grondwaterstanden (en ook op de ondiepe schijnspiegels) in het Boetelerveld;
- in de huidige situatie voldoet 28.5 ha binnen het Boetelerveld aan de gestelde GVG-eis voor vochtige heide (GVG ondieper dan 35 cm-mv). Door de voorgestelde maatregelen neemt dit gebied toe tot 33.9 ha. Dit is een geringe toename van 5,4 ha waar het GVG-doelgat door het maatregelenpakket wordt gedicht; vooral in het westen van het Boetelerveld is het doelgat groot (>25 cm);
- echter, er is op diverse locaties een discrepantie tussen de huidige aanwezigheid van het habitattype vochtige heide en de gemeten of gesimuleerde GVG. Deze discrepantie is naar alle waarschijnlijkheid voor een deel een gevolg van het op diverse locaties voorkomen van een ondiepe slecht doorlatende laag met als gevolg ondiepere schijnspiegel grondwaterstanden;
- de effecten van de maatregelen op de GHG van de landbouwpercelen in de omgeving (dus ook buiten de bufferzone) zijn vertaald naar een bandbreedte voor verandering van de GHG. Dit is de basis waarop voor afzonderlijke percelen de effecten zijn bepaald. De effecten op de GHG op de landbouwpercelen kunnen met enkele kleine uitzonderingen ook als zeer beperkt worden bestempeld;
- voor woningen en gebouwen binnen en buiten de bufferzone zijn geen significante negatieve vernattingseffecten te verwachten die kunnen zorgen voor instabiliteit, onderlopen kelder, vernatting kruipruimten, opdrijven kelders of anderszins;
- het DTHB is van mening dat voor een aanmerkelijke vernatting van het Boetelerveld, een uitgebreider maatregelenpakket nodig is dan het huidige. De volgende ingrepen zijn denkbaar: het dempen van de randsloot aan de oostzijde van het Boetelerveld; het verminderen van de ontwatering (dempen en verondiepen sloten) aan de westzijde van het Boetelerveld tot aan de waterschapsleiding; het verminderen van de drainerende werking van de waterschapsleiding ten westen van het Boetelerveld. Daarnaast is gebleken dat het dempen van alle sloten in de bufferzone (i.p.v. verondiepen) tot een veel grotere vernatting voor het Boetelerveld leidt dan het huidige maatregelenpakket.

• • •

Met de opgedane veld- en modelkennis zijn de maatregelen nader uitgewerkt en zijn er voorstellen gedaan voor mitigerende maatregelen. De kaart (Afbeelding 13) en bijbehorende tabel (Tabel 1) met nader uitgewerkte en mitigerende maatregelen en aanbevelingen geven een samenvatting hiervan. Afbeelding 20 geeft de maatregelenkaart op basis van de gebiedsanalyse en de uitgangspunten van de projectgroep weer met het werk van het DTHB: de nader uitgewerkte en mitigerende maatregelen.

Het DTHB komt tot de volgende aanbevelingen:

- nader onderzoek te verrichten om vast te stellen wat de relatie is tussen de habitatkwaliteit van de vochtige heiden en de lokale GVG / schijnspiegel GVG om het hydrologische doelgat beter in beeld te krijgen.
- de ontwikkeling van de habitats te monitoren en bij achterblijven van de gewenste ontwikkeling het maatregelenpakket uit te breiden. Mocht blijken dat de maatregelen niet voldoende zijn dan adviseert het DTHB de volgende maatregelen voor verdere vernatting:
    - als aan de westkant van het Boetelerveld nattere situaties gewenst zijn: het dempen van sloten tussen het Boetelerveld en de waterschapsleiding, inclusief het beperken van de drainerende werking van de waterschapsleiding aan de westkant;
    - als aan de oostkant van het Boetelerveld nattere situaties gewenst zijn: de randsloot aan de oostkant dempen;
    - mochten deze twee punten niet de gewenste vernatting veroorzaken dan is verdere vernatting mogelijk door het dempen van sloten in de bufferzone.




**Afbeelding 20 - Nader uitgewerkte maatregelkaart Boetelerveld op basis van het werk van het DTHB, de gebiedsanalyse en de uitgangspunten van de projectgroep.**

# Bijlagen

Bijlage A1: Grondwaterstroming Grote Rietgat en omgeving

Bijlage A2: Bepalen intrekgebied met stroombaanberekeningen

Bijlage B1: Toelichting toepassing grondwatermodel MIPWA voor Boetelerveld

Bijlage B2: Analyse discrepanties tussen waarnemingspunten met meerdere filters, gt-kartering en modelresultaten

Bijlage C: De hydrologische rol van ondiep voorkomende, weerstand biedende lagen in het Boetelerveld en omgeving

Bijlage D: Toelichting Doelgat GVG Boetelerveld

Bijlage E: De formule van Hooghoudt

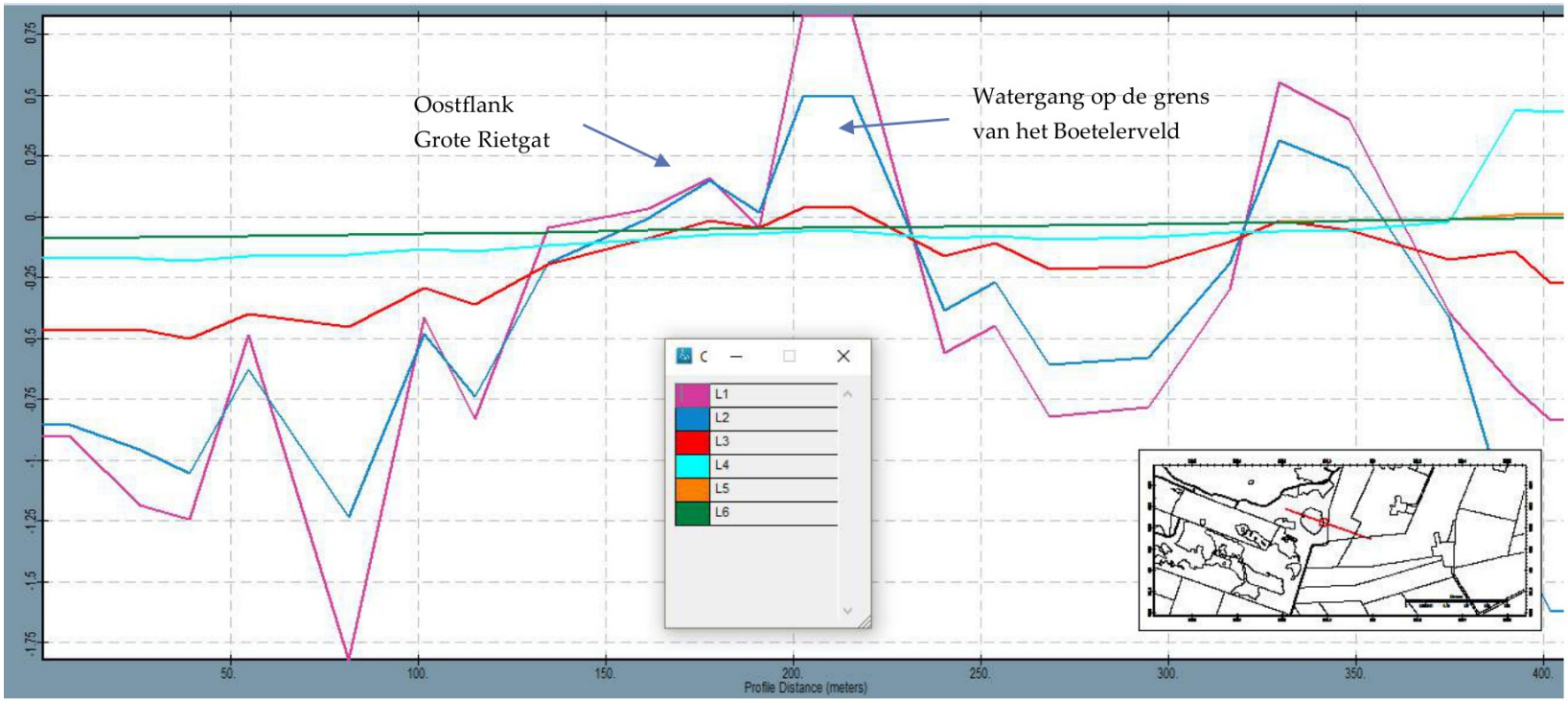
Bijlage F: Veldbezoeken

Bijlage G: Effecten dempen randsloottrajecten in de omgeving van het Grote Rietgat

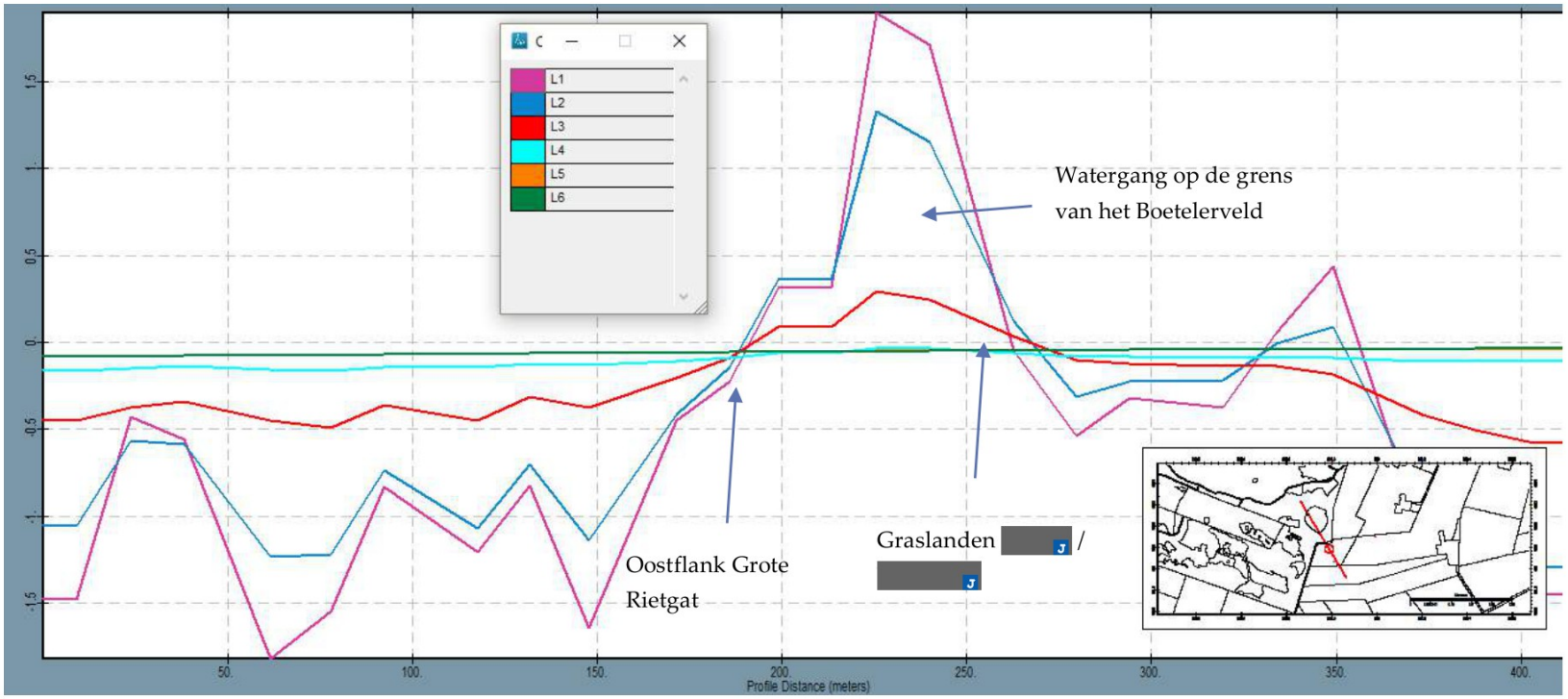
# *Bijlage A1: Grondwaterstroming Grote Rietgat en omgeving*

Op basis van het grondwatermodel en observaties in het veld hebben wij de diepte en laterale afstand ingeschat waarover kwel richting de flanken van het Grote Rietgat en de natte graslanden van [redacted] / [redacted]

Het grondwatermodel laat zien dat er op de oostelijke flank van het Grote Rietgat en in de natte graslanden kwel voorkomt. In profielen 1 en 2 zijn de fluxen gepresenteerd van de modellagen 1 tot en met 6. Fluxen > 0 mm/dag (positief) zijn fluxen naar boven (= kwel); fluxen < 0 mm/dag (negatief) zijn fluxen naar beneden (= infiltratie). We zien dat er positieve fluxen (dus opwaartse kwel) te zien zijn bij het Grote Rietgat, maar dat de meeste kwel wort afgevangen in de watergang op de grens van het Boetelerveld. Ook de natte graslanden van [redacted] / [redacted] ontvangen kwel.

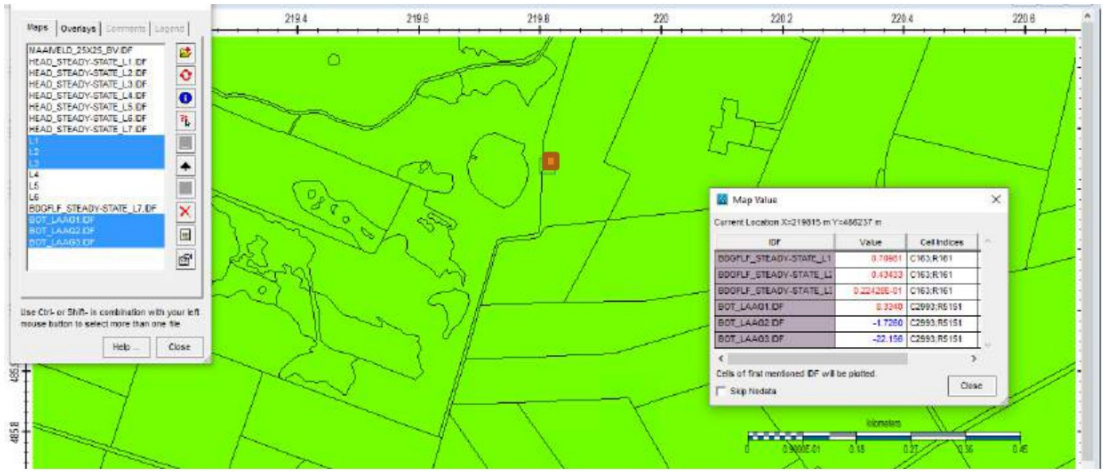



Profiel 1 – Verticale fluxen nabij het Grote Rietgat. Positieve fluxen = opwaartse stroming = kwel; Negatieve fluxen = neerwaartse fluxen = infiltratie.



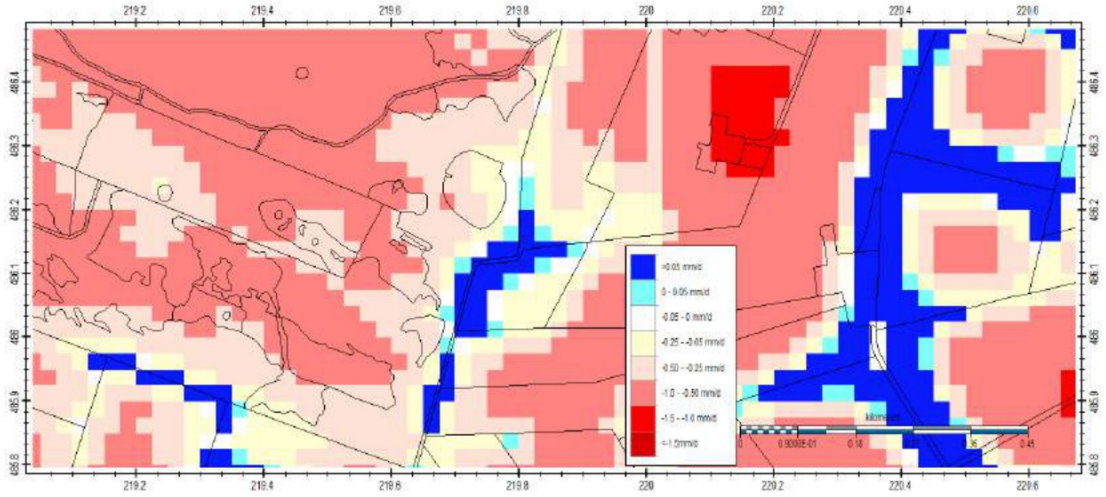

Profiel 2 – Verticale fluxen nabij het Grote Rietgat en natte graslanden [redacted] / [redacted] Positieve fluxen = opwaartse stroming = kwel; Negatieve fluxen = neerwaartse fluxen = infiltratie.

De diepste kwelfluxen komen uit laag 3, dit is de maximale diepte waar de kwel vandaan komt. Op basis van de geohydrologische opbouw van het grondwatermodel kunnen we een inschatting maken van de diepte van deze kwelfluxen (zie Kaart 1). De onderkant van modellaag 3 zit op -22 m NAP en de onderkant van modellaag 2 op 2 m NAP. Het maaiveld zit ongeveer op 8,5 m. We schatten daarom in dat bij het Grote Rietgat en omgeving de kwel van maximaal 30 m diepte komt.




Kaart 1: Diepte van de modellagen ten opzichte van NAP (m +NAP).

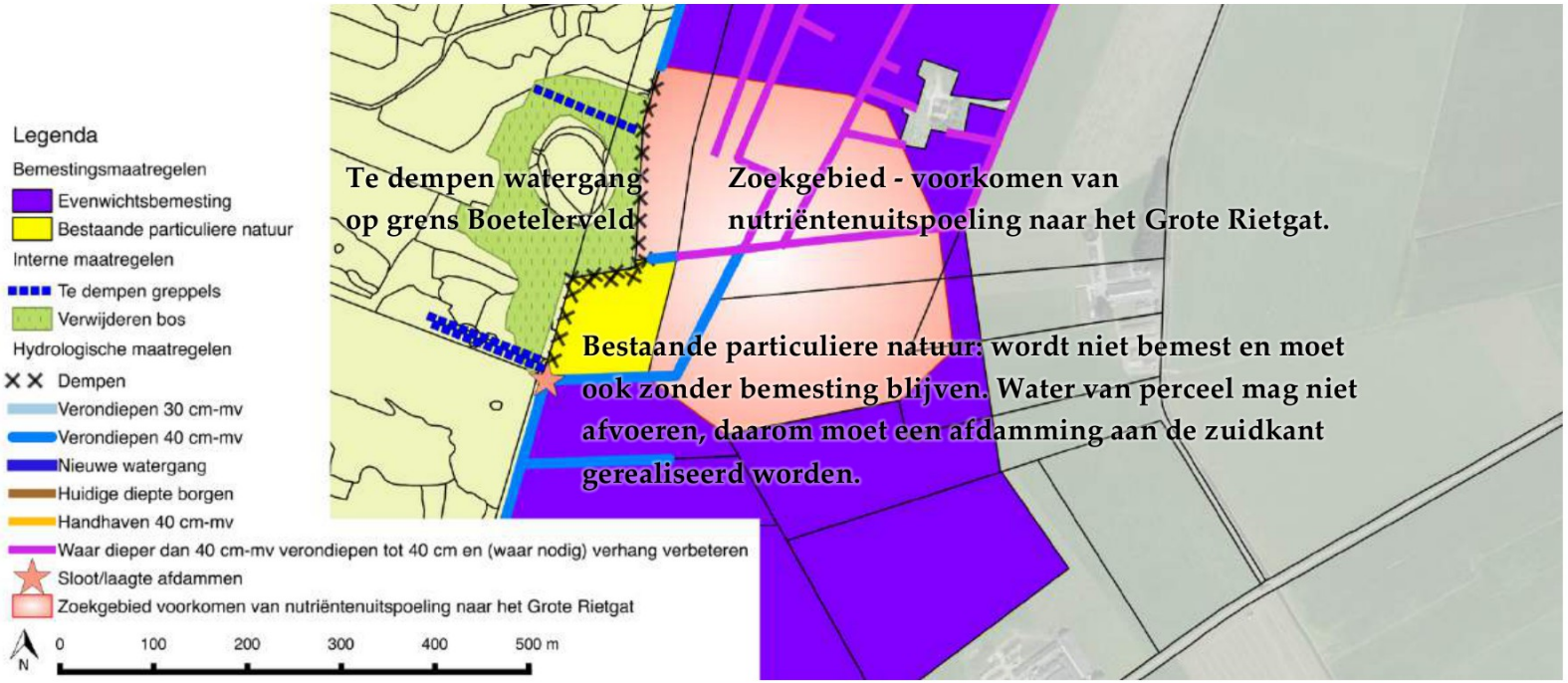
Wanneer we de kwelflux van laag 3 bekijken in Kaart 2, op basis van een stationaire run, dan zien we dat de diepe kwel van laag 3 opgevangen wordt in de grenssloot langs het Boetelerveld en beperkt in het Grote Rietgat terecht komt. De stationaire situatie geeft het beeld van een wintersituatie.



Kaart 2: Flux van laag 3. Positief = blauw = opwaartse stroming = kwel; Negatief = geel/rood = neerwaartse stroming = infiltratie (stationaire model).

Op basis van veldobservaties, maaiveldhoogteverloop en onze expert judgement verwachten wij dat het kwelwater 50 tot maximaal 200 m ten oosten van het Boetelerveld kan zijn geïnfiltreerd. Er zijn stroombaanberekeningen nodig om dit nauwkeuriger vast te kunnen stellen. Op dit moment adviseren wij de projectgroep om in het roodgekleurde gebied in Kaart 3 maatregelen te nemen om zeker te zijn dat nutriëntenhoudend water het Grote Rietgat niet bereikt. Het geelgekleurde gebied is particuliere natuur. Zo lang er een beheerafspraak voor deze grond is, is bemesting verboden. Geborgd moet worden dat ook zonder beheerafspraak hier geen bemesting plaatsvindt.

Daarnaast adviseren wij om de watergang op de grens met het Boetelerveld te dempen tot 200 m ten noorden en zuiden van het Grote Rietgat, zodat kwel op weg naar het Grote Rietgat niet meer wordt afgevangen. Voor de natte graslanden van [redacted] / [redacted] adviseren wij om deze niet volledig te verhogen / 'dempen', omdat de kwelfluxen hier beperkt zijn. Het is immers geen kikkerpoel, maar een afgegraven laagte. Wel dient ervoor gezorgd te worden dat het water dat blijft staan op deze graslanden NIET kan afvoeren. Wij denken dat hiervoor een afdamming nodig is aan de zuidkant, ter hoogte van de dwarswatergang. Mogelijk moet ook in het noorden afvoer voorkomen worden uit het perceel. In het veld moet dit nader bekeken worden.




Kaart 3 Indicatie van te dempen watergang, locatie dam en zoekgebied waar voorkomen moet worden dat nutriënten uitspoelen naar het Grote Rietgat.

### *Conclusies advies Grote Rietgat*

1. Om de kweldruk te verhogen adviseren wij:
    a. Dempen watergang op grens Boetelerveld, minimaal tot 200 m ten noorden en zuiden van Grote Rietgat.
    b. Voorkomen afvoer vanuit natte graslanden [redacted] / [redacted] door afdammen aan de zuidkant en mogelijk afdammen aan de noordkant.
2. Om de kwaliteit van het kwelwater te verbeteren:
    a. Voorkomen dat nutriënten uitspoelen naar het Grote Rietgat (Kaart 3).

### *Aanbevelingen Grote Rietgat*

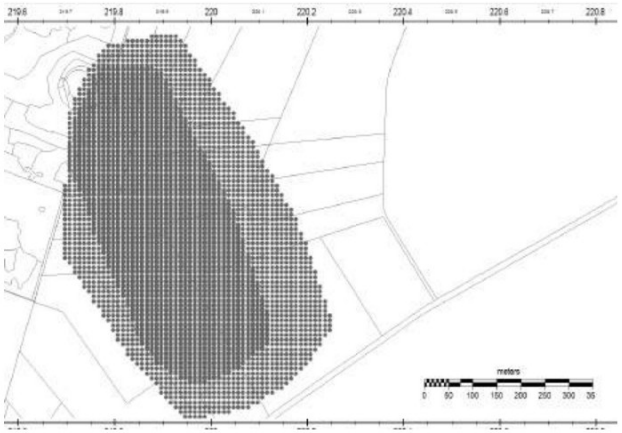
3. Door een stroombaanberekening uit te voeren kan het intrekgebied van het Grote Rietgat nauwkeuriger bepaald worden. Op basis van de resultaten kan ook definitief vastgesteld worden of de maatregel evenwichtsbemesting in de ruimere omgeving gehandhaafd moet blijven. In Bijlage A2 is het intrekgebied bepaald met stroombaanberekeningen.

# Bijlage A2: Bepalen intrekgebied met stroombaanberekeningen

## Methode

Met het niet-stationaire grondwatermodel (het BVmodel-REF model, modelvariant 5 beschreven in Bijlage B) zijn stroombaanberekeningen uitgevoerd voor het bepalen van het intrekgebied van het Grote Rietgat. Met een intrekgebied wordt bedoeld het gebied waar neerslag de bodem infiltreert en uiteindelijk in of in de directe omgeving van het Grote Rietgat opkwelt. De stroombaanberekeningen dienen niet-stationair te worden uitgevoerd, omdat metingen aangeven dat er maar tijdelijk sprake is van kwel. Door geen rekening te houden met deze afwisseling van kwel en infiltratie (zoals in het geval van een stationaire berekening) zouden verkeerde stroombanen worden berekend.

De 1e stap voor het berekenen van stroombanen is het laten starten van waterdeeltjes op het maaiveld. Er is een ruim gebied gekozen waar binnen voor elke 10x10 m een waterdeeltje wordt gestart. Dit is weergegeven in onderstaande afbeelding. De stroombanen worden dus 'forward' berekend omdat dit de meest nauwkeurige afbakening van het intrekgebied oplevert.



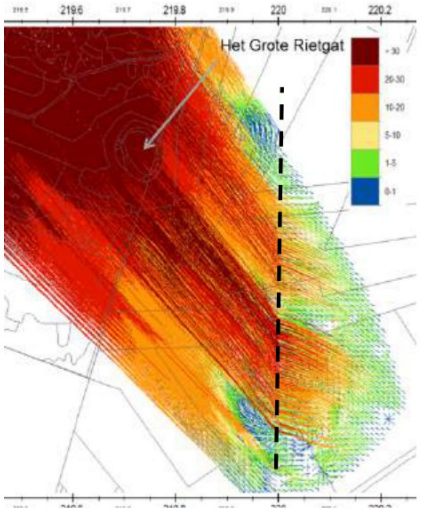

Afbeelding 21 - De zwarte puntjes geven de locaties aan waar waterdeeltjes worden gestart voor de stroombaanberekeningen.

De stroombaanberekeningen worden uitgevoerd met de berekende grondwaterfluxen (tweewekelijks) voor de periode 1989-2001. Deze periode wordt steeds herhaald totdat er geen stroombanen meer in het Grote Rietgat uittreden. Dit blijkt na 36 jaar te zijn en dit is dus volgens het model de maximale leeftijd van water dat in het Grote Rietgat uittreedt.

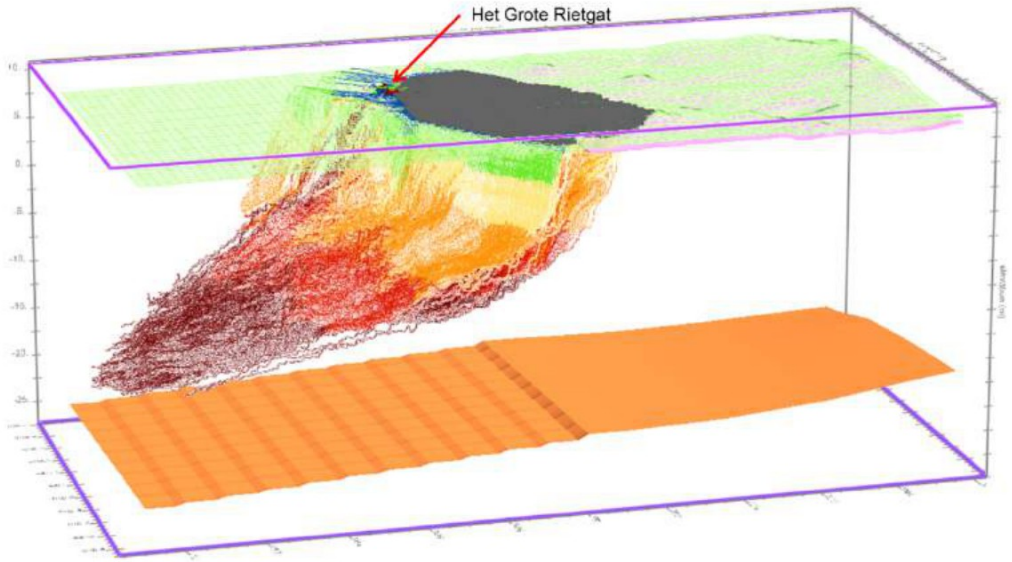
## Resultaten

In Afbeeldingen 2, 3 en 4 staan de berekende stroombanen weergegeven. De kleur geeft het aantal jaren weer dat het waterdeeltje onderweg is. Hoe meer naar het westen, hoe ouder het waterdeeltje. Verreweg de meeste waterdeeltjes vinden hun weg naar de diepte en bereiken na 60 jaar een diepte van ongeveer 30 m. Dit is het beste te zien in Afbeelding 3. In Afbeelding 4 is te zien dat de stroombanen ter hoogte van het Grote Rietgat weer iets omhoog worden getrokken, echter de meeste stroombanen gaan onder het Grote Rietgat door richting het noordwesten.

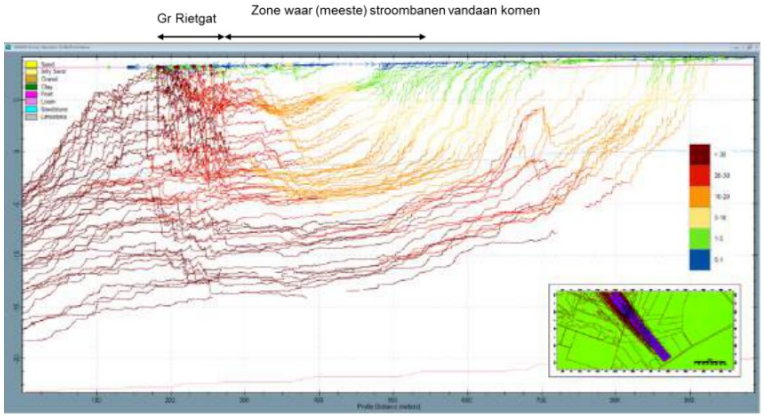
In Afbeelding 2 is te zien dat de stromingsrichting ter hoogte van x-coördinaat 220 plotseling veranderd van bijna westelijke richting naar ruim noordwestelijke richting. Dit is het gevolg van een andere geohydrologische modelschematisatie ten westen en oosten van deze lijn (verschillende kD en C-waarden). Hoe deze grens is ontstaan is niet duidelijk maar wel duidelijk is dat hij artificieel is, een modelartefact van het gebruikte MIPWA versie 2.2 model. De verandering van stromingsrichting representeert dus niet de werkelijkheid. Daarmee is het onduidelijk welke stromingsrichting nu daadwerkelijk in werkelijkheid optreedt, maar de verwachting is wel dat we de extremen kennen. Dit wordt ondersteund door het feit dat de isohypsen bepaald door Janssen (2009) een stromingsrichting laten zien die tussen deze twee extremen stromingsrichtingen inligt. Bij het afbakenen van het te verwachte intrekgebied is rekening gehouden met deze twee verschillende stromingsrichtingen. We gaan ervan uit dat de werkelijkheid ergens tussen de twee stromingsrichtingen in zal liggen.




Afbeelding 2 – De berekende stroombanen gestart vanaf de locaties uit Afbeelding 1, bovenaanzicht. Duidelijk komen hier de twee stromingsrichtingen naar voren (richting noordwesten aan de westkant van de stippellijn; richting westen aan de oostkant van de stippellijn).

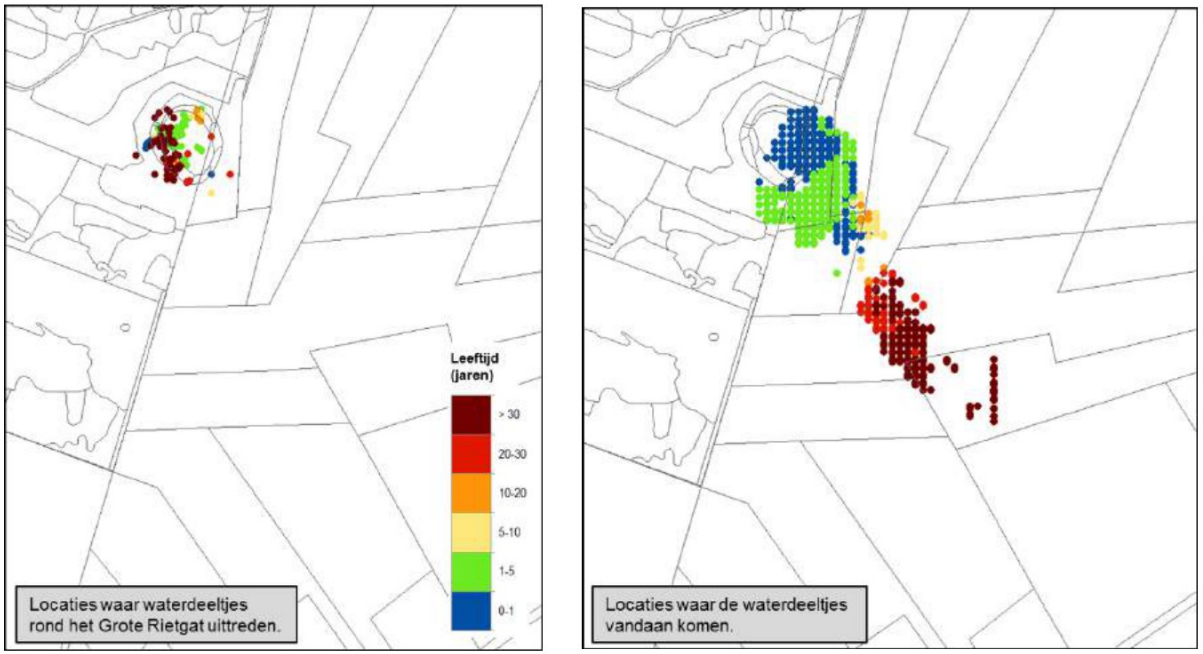



Afbeelding 3 – De berekende stroombanen gestart vanaf de locaties uit Afbeelding 1, een 3D-visualisatie voor de bovenste 30 m van de ondergrond. Het groene vlak geeft het maaiveld weer waarop de zwarte puntjes zichtbaar zijn vanwaar de stroombanen zijn gestart. Het oranje vlak geeft de onderkant van modellaag 3 weer.




Afbeelding 4 – De berekende stroombanen gestart vanaf de locaties uit Afbeelding 1, een 2D-visualisatie voor de bovenste 30 m van de ondergrond. In de afbeelding is de zone weergegeven van waar de waterdeeltjes vandaan komen die uiteindelijk in het Grote Rietgat opkwellen.

In Afbeelding 5 is weergegeven waar waterdeeltjes in de omgeving van het Grote Rietgat opkwellen (links) en waar deze waterdeeltjes precies vandaan komen (rechts). De kleur geeft de bijbehorende leeftijd weer van het waterdeeltje tussen infiltratie en opkwellen. De maximale leeftijd van een waterdeeltje dat in het Grote Rietgat opkwelt is volgens het model 36 jaar.




Afbeelding 5 – De locaties waar de waterdeeltjes in en rond het Grote Rietgat opkwellen (links) en waar ze vandaan komen (rechts).

### *Afbakening intrekgebied*

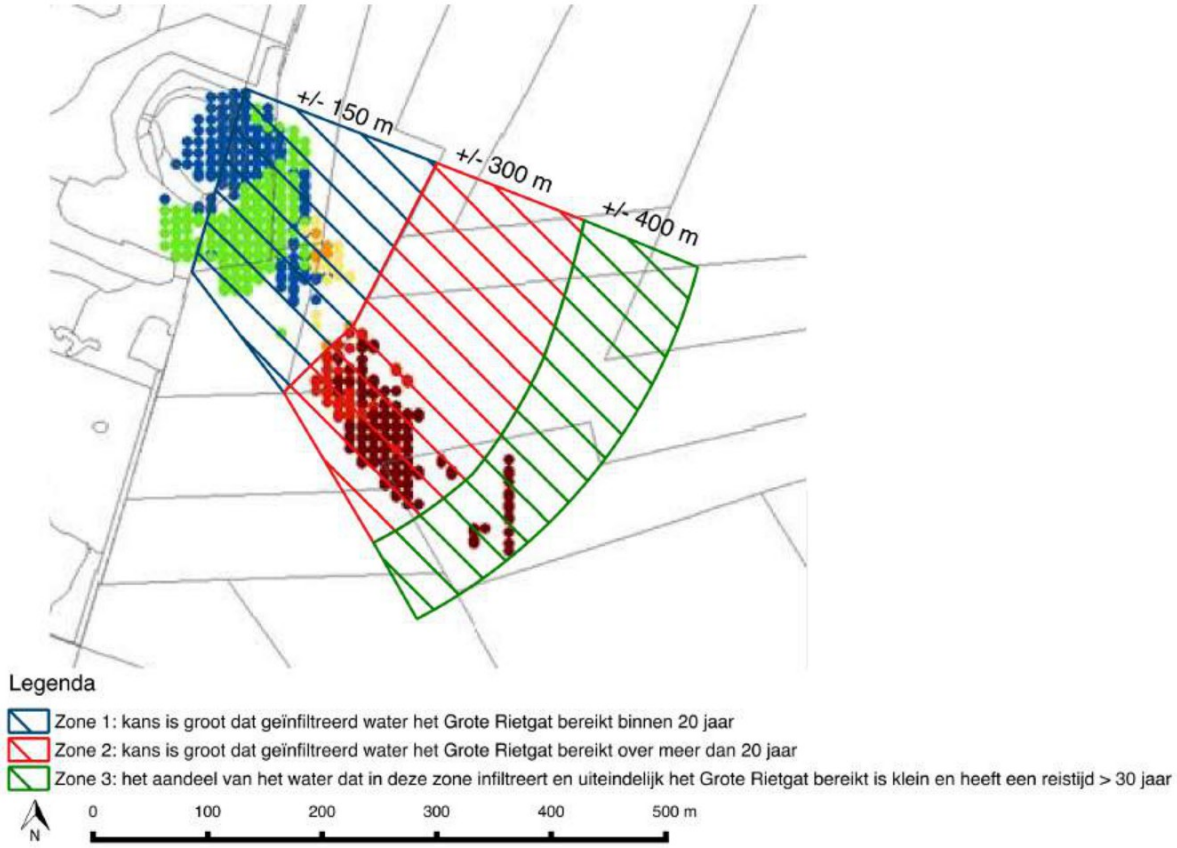
Afbeelding 5 laat zeer exact de locaties zien waar het water vandaan komt (intrekgebied). Echter, zoals hierboven uitgelegd, berekent het model 2 verschillende stromingsrichtingen (oost en west van de stippellijn in Afbeelding 2) en het is niet bekend wat de werkelijke stromingsrichting is. Daarom is bij het afbakenen van de zones rekening gehouden met beide stromingsrichtingen, zodat met grote zekerheid kan worden gesteld dat het werkelijke intrekgebied binnen deze zones ligt. De locaties waar het water volgens het model is geïnfiltreerd zoals aangegeven op Afbeelding 5, zijn gebaseerd op de stromingsrichting ten westen van de stippellijn (Afbeelding 2). Als we zouden uitgaan van een stromingsrichting ten oosten van de stippellijn, dan wordt de noordgrens van het verwachte intrekgebied gevonden.

Op basis van de berekeningen en rekening houdend met de verschillende stromingsrichtingen kunnen de volgende zones worden onderscheiden (zie Afbeelding 6):

Zone 1 (blauwe arcering) = kans is groot dat geïnfiltreerd water het Grote Rietgat bereikt binnen 20 jaar.

Zone 2 (rode arcering) = kans is groot dat geïnfiltreerd water het Grote Rietgat bereikt over meer dan 20 jaar.

Zone 3 (groene arcering) = het aandeel van het water dat in deze zone infiltreert en uiteindelijk het Grote Rietgat bereikt is klein en heeft een reistijd > 30 jaar.




Afbeelding 6 Verwacht intrekgebied van het Grote Rietgat met drie zones.

• • •

### *Conclusies van het deskundigenteam*

Met hoge zekerheid stellen wij op basis van de berekeningen vast dat het werkelijke intrekgebied binnen het verwachte intrekgebied zoals hierboven beschreven (Afbeelding 6) ligt. Wij sluiten uit dat significante hoeveelheden grondwater geïnfiltreerd buiten het intrekgebied het Grote Rietgat zal bereiken.

De kans is zeer groot dat zones 1 en 2 verreweg het grootste aandeel water leveren dat uiteindelijk het Grote Rietgat bereikt (> 95%). Zone 3 draagt hier minimaal aan bij en dit water is meer dan 30 jaar onderweg.

### *Aanbevelingen van het deskundigenteam*

De zone 1 van het intrekgebied is cruciaal voor de ontwikkeling van het Grote Rietgat. Maatregelen die genomen worden zullen al binnen een jaar effect hebben op het Grote Rietgat. Wij adviseren alle mogelijke maatregelen te nemen om de nutriëntenuitspoeling naar het grondwater te minimaliseren.

Voor wat betreft zone 2 willen we de projectgroep meegeven dat minimaliseren van nutriëntenuitspoeling hier ook het doel moet zijn, maar gezien de langere reistijd zullen de effecten zich pas op langere termijn manifesteren.

Het aandeel water dat in zone 3 infiltreert en uiteindelijk het Grote Rietgat bereikt wordt klein geacht en dit water is langer dan 30 jaar onderweg. Hoewel de uitspoeling ook hier geminimaliseerd moet worden, kan er meer creativiteit in de oplossingsrichtingen worden gevonden.

Toekomstige hydrologische maatregelen hebben mogelijk een effect op de grondwaterstroming naar het Grote Rietgat. Het gaat hierbij met name om maatregelen waarbij sloten worden gedempt omdat hiermee de slootafstand (en opbolling) wordt vergroot. Mocht in de toekomst dit soort maatregelen ten oosten van het Grote Rietgat worden uitgevoerd, dan wordt aanbevolen om voor deze nieuwe situatie, nieuwe stroombaanberekeningen uit te voeren om opnieuw het intrekgebied te bepalen.

# Bijlage B1: Toelichting toepassing grondwatermodel MIPWA voor Boetelerveld

## Inleiding

Het meest recent beschikbare grondwatermodel MIPWA versie 2.2 is gebruikt voor verkennende berekeningen om daarmee effecten te bepalen van voorgestelde maatregelen op het Boetelerveld, voor de landbouwgebieden in de bufferzone en verdere uitstralingseffecten. Het MIPWA-model is een regionaal grondwatermodel met modelcellen van 25x25 m en omvat de provincies Friesland, Groningen, Drenthe en Overijssel. Er wordt gebruik gemaakt van iMOD waarmee het eenvoudig is een deelmodel te draaien voor een aan te geven interessegebied waarbij de randvoorwaarden op de modelranden uit het regionale MIPWA-model worden gehaald. Het MIPWA-model is in opdracht van diverse overheden en drinkwaterbedrijven ontwikkeld, waaronder provincie Overijssel en Waterschap Drents Overijsselse Delta (meer informatie: referentie I.).
Hieronder worden kort en puntsgewijs de belangrijkste kenmerken, aanpassingen en gebruik van het grondwatermodel beschreven. Aan het einde van de bijlage zijn de figuren en tabellen opgenomen. De parametrisering en kenmerken van het MIPWA model worden niet uitputtend beschreven, deze zijn in referentie I terug te vinden. Dit rapport en de modeldata zijn bij de opdrachtgevers op te vragen.

## Belangrijkste kenmerken MIPWA-model, uitsnede Boetelerveld+bufferzone (verder aangeduid als BVmodel)

- MIPWA-versie 2.2 is gebruikt, bij uitvoering van dit project werd nog gewerkt aan een verbeterde nieuwe versie (MIPWA 3.0), maar was voor deze modelexercitie nog niet beschikbaar.
- Uitsnede interessegebied betreffen de coördinaten: Xmin =215750, Xmax = 222250, Ymin=483750, Ymax=490250. De modelranden liggen minimaal op 2 km afstand van de bufferzone, voldoende ver om randeffecten te voorkomen. De randvoorwaarden op de modelranden zijn 'fixed heads' die automatisch worden onttrokken uit de resultaten van een niet-stationaire basismodelrun van MIPWA op elke 14e en 28e van de maand. Bewust is aan de oostkant het modelgebied verder weg van het Boetelerveld, vanwege de ligging van de Sallandse Heuvelrug.
- Het model kent 7 watervoerende modellagen. Tussen twee modellagen kan een scheidende laag voorkomen. In de omgeving van het Boetelerveld zijn slechts 2 scheidende lagen goed ontwikkeld en dan alleen aan de westkant van het gebied: tussen modellaag 4 en 5 en tussen 6 en 7. Zie Afbeelding 2.
- Het model is niet stationair en rekent op dagbasis voor de periode 1989-2001. Een periode die binnen het MIPWA model is gekozen als representatieve weerperiode om veranderingen in GXG mee te kunnen berekenen.
- Waterlopen: sloten en greppels zijn alleen drainerend. In wateraanvoergebieden kunnen grotere leggerwaterlopen ook infiltreren en sloten / greppels die met zekerheid onder invloed van de wateraanvoer staan ook (zie Afbeelding 3b). Er wordt onderscheid gemaakt in een zomer- en een winterpeil.

• • •

- De weerstand van de waterlopen bestaat uit een intreeweerstand (grondsoortafhankelijk, zie MIPWA referentie) vermenigvuldigd met het natte oppervlak van de betreffende waterloop. Bij infiltratie is de weerstand verhoogd met een factor 3.
- Het maaiveld fungeert als drainagemiddel, dwz dat grondwater dat boven maaiveld komt wordt afgevoerd en het model verlaat (her-infiltreert dus niet).

### *Aanpassingen BVmodel (verder aangeduid als BVmodel-REF)*

- Alle drainerende oppervlaktewateren (sloten en poelen) in het Boetelerveld zijn uit het model verwijderd. In de jaren 70 (referentie II.) zijn namelijk de sloten in het Boetelerveld afgedamd en er wordt dus geen water uit het Boetelerveld oppervlakkig afgevoerd. (zie Afbeelding 3a). Een aantal watergangen kan infiltreren in het MIPWA model. Deze zijn overgenomen in het Boetelerveldmodel. Alleen aan de zuidkant wijkt het beeld af van het infiltratieplan van het waterschap (zuidelijk van het BV ligt een watergang die in het wateraanvoerplan ligt, maar in het model geen infiltratie mogelijk is). Na een gevoeligheidsanalyse blijkt het ontbreken hiervan geen effect te hebben op de berekende maatregelen met het BVmodel. Gekozen is om het oorspronkelijke MIPWA model hier te behouden.
- In MIPWA bleek een losse cel in het Boetelerveld een extreem lage maaiveldhoogte te hebben. Deze fout is verwijderd door de betreffende cel de gemiddelde maaiveldhoogte van de omliggende 8 cellen toe te kennen.
- Omdat plasvorming veel voorkomt in het Boetelerveld door relatief grote lokale maaiveldhoogteverschillen is het niveau van overlandflow verhoogd tot maaiveld + 15 cm (hiervoor het is het gecorrigeerde maaiveld gebruikt).
- Gemeten diepte van de sloten in de bufferzone (op basis van metingen uitgevoerd in opdracht van de projectgroep) zijn in het model ingevoerd. Per meetlocatie is de gemeten slootdiepte (maaiveld tot slootbodem) omgerekend naar NAP met behulp van het maaiveldbestand uit het model. Deze NAP-waarden zijn per sloot geïnterpoleerd waardoor per modelcel een NAP-hoogte van de slootbodemhoogte is ingevoerd. (zie Afbeelding 3)

### *Modelvalidatie BVmodel-REF*

- De 380 puntgegevens van de GHG, GLG en GVG (berekend uit GHG en GLG volgens GVG = GHG + 0,2 * GLG + 5 cm (zie III.) uit de gt-kartering 2016 (IV.) zijn gebruikt om het grondwatermodel te valideren. Uit de eerste niet-stationaire modelrun van het BVmodel-REF (MIPWA 2.2 met bovengenoemde aanpassingen) zijn de GHG, GLG en GVG bepaald en vergeleken met de metingen. Het BVmodel-REF is voor de GHG gemiddeld 14 cm te droog, voor de GVG 36 cm te droog en voor de GLG 31 cm te droog.
- Er is duidelijk niet gekozen om het model te kalibreren, omdat daar de tijd en ruimte niet voor beschikbaar was. Bovendien is gebleken dat de lokale variatie van weerstandsbiedende lagen in de bovenste meter zeer groot is en lokaal grote invloed kunnen hebben op de grondwaterstand. Deze variatie is niet goed bekend.
- Op basis van de validatieresultaten is daarom besloten om een aantal **modelvarianten** te formuleren die leiden tot een gemiddeld hogere grondwaterstand. Immers, het grondwatermodel is iets te droog en maatregelen in ontwatering kunnen

daardoor onderschat worden. Namelijk, op het moment dat een sloot droog valt, heeft de maatregel geen direct effect meer. Door verschillende modelvarianten tasten we een bandbreedte af waarbinnen met redelijke zekerheid de werkelijke effecten van maatregelen zullen optreden. De modelvarianten zijn stationair doorgerekend voor verschillende **modelscenario's** (zie onder).

### *Matrix van modelvarianten en modelscenario's (stationair)*

- Het BVmodel-REF vormt de basis voor de modelvarianten en modelscenario's.
- Modelvarianten onderscheiden zich door aanpassingen in de modelparameters (zie Tabel #). De modelscenario's representeren mogelijk maatregelen in het oppervlaktewatersysteem en houtkap (Tabel #).
- De resultaten van de combinaties van modelvarianten en modelscenario's geven inzicht in effecten van maatregelen waarbij de bandbreedte van deze effecten in beeld wordt gebracht door de verschillende modelvarianten.
- De modelvarianten worden stationair doorgerekend met een gemiddeld neerslagoverschot van 2.2 mm/dag. Dit neerslagoverschot representeert min of meer de GHG-situatie (Van der Gaast et al., 2006). Een vergelijking tussen de GHG uit de niet-stationaire modelrun met de stationaire grondwaterstand laat zien dat dit ongeveer klopt.
- Er is gekozen voor stationaire berekeningen vanwege de veel kortere rekentijd (enkele minuten) vergeleken met de niet-stationaire run (> 6 uur). Een korte rekentijd is nodig voor een snel resultaat van de 56 geformuleerde modelruns (zie matrix).
- Hieronder worden de modelvarianten en modelscenario's en de keuzes daartoe kort besproken.

### *Modelvarianten stationair*

- M1: dit is het BVmodel-REF model.
    - Deze variant leidt tot de laagste grondwaterstanden van alle modelvarianten.
- M2: M1 + c1 voor beekeerd –en vaaggronden 100 dagen
    - de c-waarde voor modellaag 1 is voor beekeerd- en beekvaaggronden (in bufferzone en Boetelerveld o.b.v. bodemkaart Alterra; referentie V.) verhoogt tot 100 dagen (zie Afbeelding 6). Uit de grondwaterstandmetingen (meetnet 2015) is naar voren gekomen dat lokaal een weerstand van ongeveer 100 dagen in de bovenste meter kan voorkomen en zorgt voor een 20-50 cm hogere GHG (onderbouwing: 2.2 mm/dag infiltratie in de winter leidt bij een stijghoogteverschil van 20 cm tot een weerstand van 90 dagen; afgerond naar boven = 100 dagen). De ruimtelijke variatie van het voorkomen van deze weerstandbiedende lagen is niet bekend maar met deze modelvariant wordt wel het effect in beeld gebracht van het lokaal voorkomen van zo'n laag. De verbreiding is wel realistisch, gebaseerd op de meest weerstandbiedende bodemsoorten in dit gebied (de beekeerd- en beekvaaggronden).
- M3: M1 + peil sloten 20 cm omhoog.
    - Tijdens de veldbezoeken is geconstateerd dat in de meeste sloten lokale drempels (verhoging van de slootbodems) aanwezig zijn die er voor zorgen dat de sloten pas water gaan afvoeren als er ongeveer 20 cm water in staat.

- M4: M1 + RIVCOND * 0.75
    - In het MIPWA-model is geen rekening gehouden met de radiale weerstand. De ondergrond bestaat uit een relatief dik freatisch pakket waardoor enige weerstand door radiale stroming naar de ontwateringsmiddelen mag worden verwacht.
- M5: M1 + M2 + M3 + M4
    - Combinatie van de verschillende modelvarianten. Deze variant leidt tot de hoogste grondwaterstanden van alle modelvarianten.
- M6: M1 + c1 overal in en rond het Boetelerveld 100 dagen
    - Om de gevoeligheid van de aaneengeslotenheid van de c-waarde te analyseren is deze variant ingesteld. Op basis van de resultaten en vergelijking met de werkelijkheid is besloten dat dit GEEN realistische modelvariant is en zijn de resultaten niet verder gebruikt in de rest van de analyse. Op basis van de Gt-kartering en peilbuizen weten we dat de c1-waarde geen aaneengesloten hoge weerstand kent. Er zijn diverse locaties verspreid over het Boetelerveld waar de grondwaterstand gelijk is aan de diepere stijghoogte, deze liggen regelmatig naast locaties waar wel een stijghoogteverschil aanwezig is.
- M7: kD x 80% voor alle modellagen
    - In de nieuwste MIPWA model (3.0) gaat de kD in dit gebied iets omlaag. Een lagere kD zorgt voor een hogere grondwaterstand. Er is gekozen voor 80% omdat de verwachting is dat de kD dit past bij de bestaande onzekerheid, o.a. hebben we dit afgeleid uit diverse historische bronnen (waaronder pompproeven; referentie VI). De kD van het eerste watervoerend pakket in het basismodel MIPWA 2.2 en daarmee in het modelBV-REF neemt toe van oost naar west: oostkant kD = ca. 700 m2/dag, westkant kD = ca. 1400 m2/dag.

### *Modelscenario's stationair*

- 0: huidige situatie
- A: houtkap
    - Binnen het Boetelerveld  waar in het model (volgens MIPWA/LGN4 naaldbomen staan, worden de naaldbomen vervangen door 'overig open begroeid natuurgebied'). De stationaire grondwateraanvulling gaat hierdoor voor het Boetelerveld omhoog gaat van 2,15 mm/dag naar 2,60 mm/dag (op basis van niet-stationaire run met MIPWA vastgesteld). Het gebied van de modelhoutkap verschilt iets van de werkelijke geplande houtkap weergegeven op de Maatregelkaart maar het areaal is min of meer gelijk.
- B: Maatregelkaart ontwatering
    - Dit zijn de voorgestelde hydrologische maatregelen in de bufferzone bestaande uit het dempen van sloten en verondiepen van sloten tot 40 cm-maaiveld.

- C / D / F / G: gevoeligheidsverkenning van dempen en/of verondiepen grote leggerwatergangen en sloten buiten de bufferzone (resultaten geven geen verwachting van de te nemen maatregelen, maar waren nodig voor gevoeligheidsanalyse)
- E: Scenario A + B
    - Dit scenario brengt de hydrologische effecten in beeld van de maatregelen op Maatregelkaart.
- H: Houtkap + randsloot op grens Boetelerveld naar agrarisch gebied (rondom het gehele Boetelerveld) volledig gedempt (gevoeligheidsverkenning; zie C/D)
- K: Alle sloten in en op de grens van de bufferzone (zie maatregelkaart; groene, oranje en paarse vlakken) worden gedempt, dus niet alleen de sloten waar een specifieke maatregel opstaat.
- L: A + B + K: houtkap + maatregelkaart + dempen overige watergangen binnen bufferzone (t.b.v. beantwoorden vragen projectgroep over detaillering in relatie tot overige sloten in bufferzone)

De effecten van de een selectie van 9 scenario's zijn terug te vinden in Afbeelding 7. Opvallend is het kleine effect van scenario B. Op basis van het veldwerk hadden wij dit ook verwacht: de watergangen die verondiept worden zijn in het veld reeds nauwelijks 40 cm diep en hebben dus geen effect. Het aantal sloten dat gedempt wordt is ook maar beperkt. En juist in de omgeving waar het grondwater zich naar toe verplaatst (westelijk) worden nauwelijks maatregelen voorgesteld. Varianten waar westelijk (buiten de huidige bufferzone) maatregelen worden genomen laten meer effecten zien dan varianten die aan de westkant geen aanvullende maatregelen tonen.

### *Bandbreedte bepalen*

Na overleg met de klankbordgroep en projectgroep is het maatregelpakket uit de gebiedsanalyse (scenario E) vervolgens met alle modelvarianten stationair doorgerekend. Op basis van deze effecten zijn bandbreedten bepaald (Afbeelding 8): bij de inschatting van de effecten op de percelen van de grondeigenaren en -gebruikers in de bufferzone zal de bandbreedtekaart (rechtsonder in de afbeelding) gebruikt worden en op basis van de lokale gebiedskennis (onderhoudstoestand watergangen, voorkomen van natte plekken en lokale laagten, etc.) zal door het DTHB een te verwachten effect worden ingeschat. Zo garanderen we dat we de onzekerheid in de uitgangssituatie vertalen naar minimale en maximale effecten en niet een te rooskleurig gemiddeld effect bepalen.

### *Stationair versus niet-stationaire effecten*

- Effecten berekend met een niet-stationaire model zijn meestal kleiner dan berekend met een stationair model, het is daarom nodig ook niet-stationair te rekenen.

*Niet- stationaire validatie*

- Op basis van de stationaire modelvariant berekeningen en expert-judgement is modelvariant 5 gekozen als meest realistische modelvariant. Deze modelvariant wordt gebruikt voor het doorrekenen van de niet-stationair effecten. Dit model wordt verder aangeduid als BVmodel5.
- De berekende GXG's zijn vergelijken met de GXG-metingen uit de gt-kartering en laten het volgende beeld zien. De berekende GHG en GVG wijken slechts gemiddeld respectievelijk 0,0 cm en 5,1 cm af, maar de GLG is gemiddeld 35 cm te droog. Zie Afbeelding 9.
- Tevens zijn de berekende grondwaterstanden vergeleken met 6 gemeten stijghoogtereeksen in en rond het Boetelerveld (Afbeelding 10). Deze vergelijking laat zien dat zowel de gemiddelde als de wintergrondwaterstanden goed met het model worden voorspeld maar dat de zomergrondwaterstanden te diep wegzakken. Opvallend is dat het model de periode 1989-2001 goed beschrijft. De opvallende sprong in de gemeten waarden kunnen we niet alleen verklaren uit het wateraanvoerplan, want dit zit nu redelijk goed in het model (voor de gehele modelperiode). Mogelijk zijn andere zaken in de verdere omgeving gewijzigd en zijn deze niet doorvertaald in het model. Gezien de aan deze opdracht te besteden tijd en de beperkte implicatie van de te lage GLG op de te berekenen effecten op GHG en GLG, accepteren we de te droge GLG's. De effecten op de GVG zijn ordegrootte 90% (berekend in deze studie) van de effecten op de GHG. Ook het ruimtelijk patroon lijkt het patroon van de effecten op de GHG te volgen. Gemeten en gemodelleerde tijdreeksen laten een vergelijkbaar moment in het jaar zien dat sloten droogvallen (in het voorjaar) en weer grondwater gaan afvoeren (in het najaar). Het zijn deze momenten die van belang zijn voor effecten van maatregelen in het oppervlaktewatersysteem. Immers, vanaf het moment dat sloten droogvallen is er sprake van een na-ijleffect dat overigens voor de zomerperiode tot nul is gereduceerd (effect op GLG is nul). Vanaf het moment dat sloten weer grondwater gaan draineren (in najaar), zal zich het effect van maatregelen in het oppervlaktewatersysteem zich weer op bouwen. Omdat deze momenten nauwelijks door de te lage GLG worden beïnvloed, zullen ook de berekende effecten nauwelijks worden beïnvloed. .
- Modelvariant 5 lijkt het meest realistisch, maar betreft ook de modelvariant met de minimum effecten. Om de bandbreedten ook niet-stationair goed in beeld te krijgen is modelvariant 7 gebruikt voor de bovengrens van te verwachten effecten (maximale effecten). Zie Afbeelding 11. Een lagere inschatting van de kD-waarde zorgt voor nadrukkelijk grotere effecten van de voorgestelde maatregelen.

• • •

*Effecten stationair en niet-stationair vergeleken*

- De verhouding tussen niet-stationaire en stationaire effecten in het Boetelerveld is gemiddeld genomen **40%**. Dat wil zeggen dat slechts 40% van het stationaire effect daadwerkelijk in een niet-stationaire wordt opgebouwd. Dit is relatief veel ten opzichte van andere type systemen, dit heeft vooral te maken met de diepe zomerstanden in samenhang met het dikke aaneengesloten watervoerend pakket.
- Voor maatregelen in het oppervlaktewatersysteem komt dit door:
    - Sloten vallen droog waardoor maatregelen in ontwatering geen direct effect meer hebben, alleen maar **na-ijling van effecten**.
    - Dit blijkt duidelijk uit de niet-stationaire berekeningen waarbij het effect van de uitgevoerde maatregelen voor de GLG-situatie al zijn verdwenen
    - Effecten moeten zich daardoor **ieder jaar** weer opnieuw opbouwen, en dat begint pas vanaf moment dat de grondwaterstand weer boven de ontwatering uitkomt.
    - **De periode is te kort** om gedurende winterhalfjaar het maximaal (stationair) effect te behalen.

## Referenties


I. Snepvangers, J.J.J.C. en W.L. Berendrecht (2007), MIPWA – Methodiekontwikkeling voor Interactieve Planvorming ten behoeve van Waterbeheer. TNO rapport 2007-U-R0972/A. TNO, Utrecht, 87 pagina's + bijlagen.

II. Jansen, A.J.M., 2010. Systeemanalyse Boetelerveld, Coöperatie Unie van Bosgroepen.

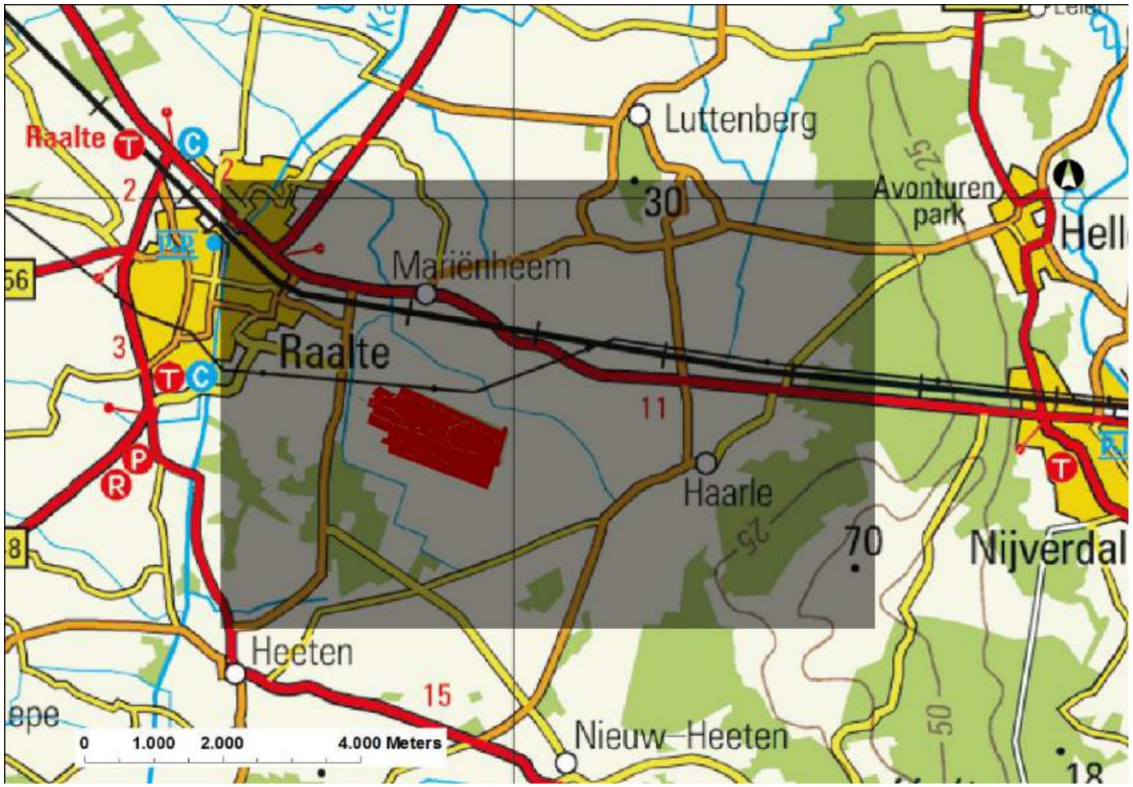
III. Cultuurtechnische Vereniging, 1989. Cultuurtechnisch Vademecum. Handboek voor inrichting en beheer van land, water en milieu. Elsevier bedrijfsinformatie bv, Doetinchem.

IV. Van der Gaast J.W.J., H.Th L. Massop, H.R.J. Vroon en I,G. Staritsky, 2006. Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken, Alterra-rapport 1339.

V. G.H. Stoffelsen, W.J.M. de Groot en F. Brouwer, 2017. Bodemkundig-hydrologisch onderzoek in het "Natuurgebied Boetelerveld" en het aangrenzende agrarische gebied, briefadvies 5200041901, WUR.

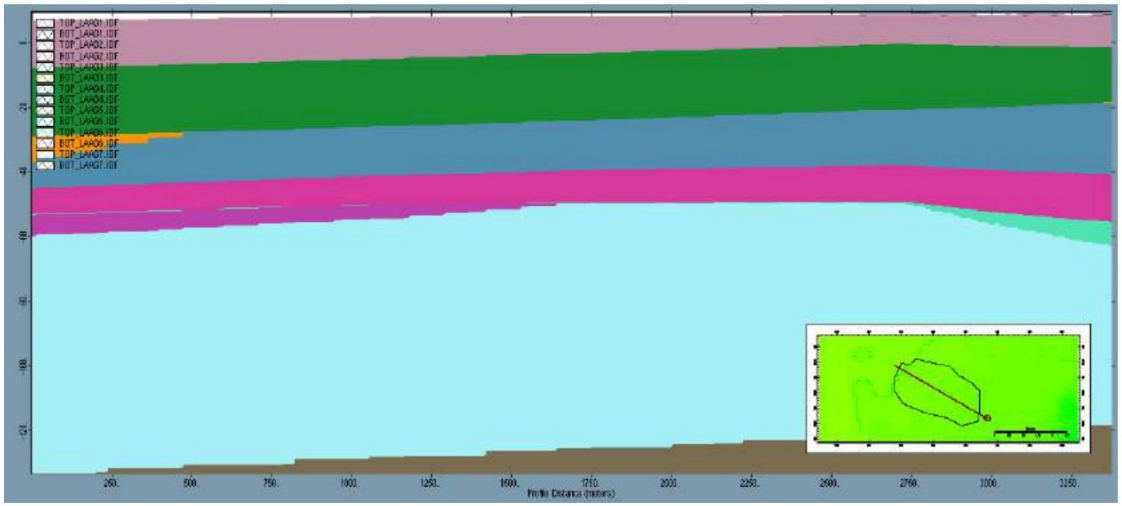
VI. Hoogenhoorn, J.H., 1990. Grondwatersysteemonderzoek Salland I en II. Dienst Grondwaterverkenning TNO.

**Afbeelding 1 Uitsnede modelgebied BVmodel-REF**

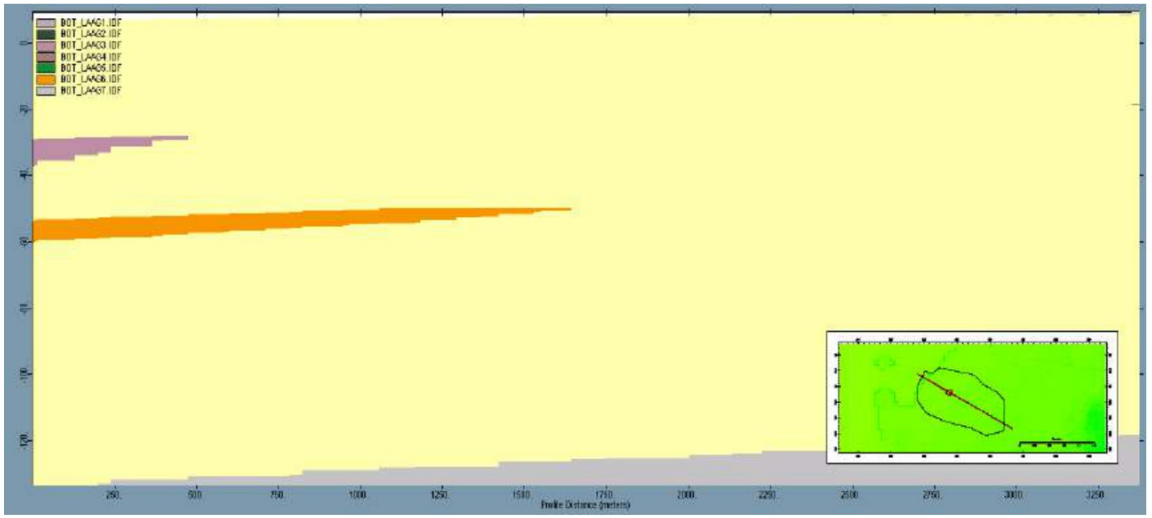


• • •

## Afbeelding 2 Geohydrologische schematisatie van BVmodel-REF



**watervoerende pakketten**

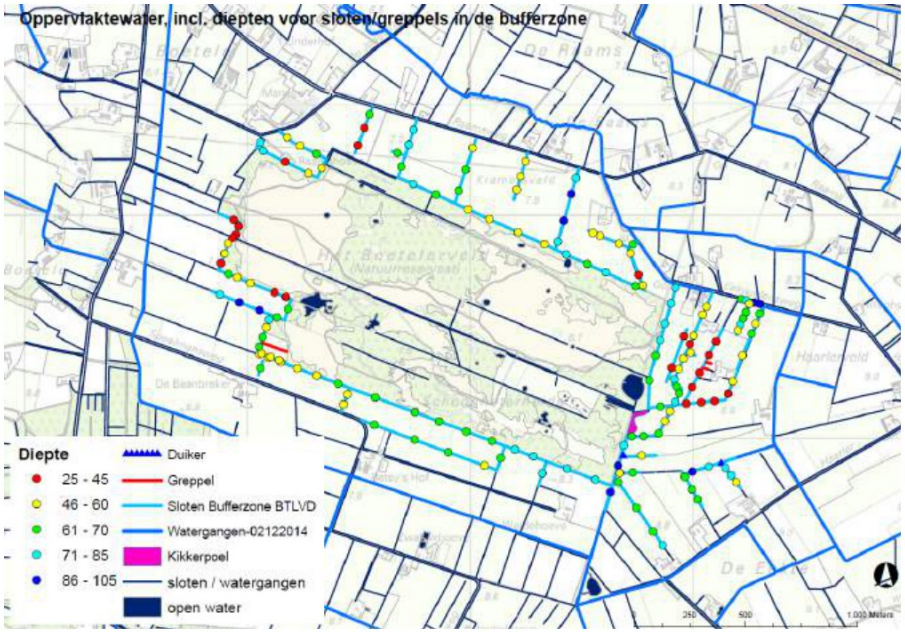


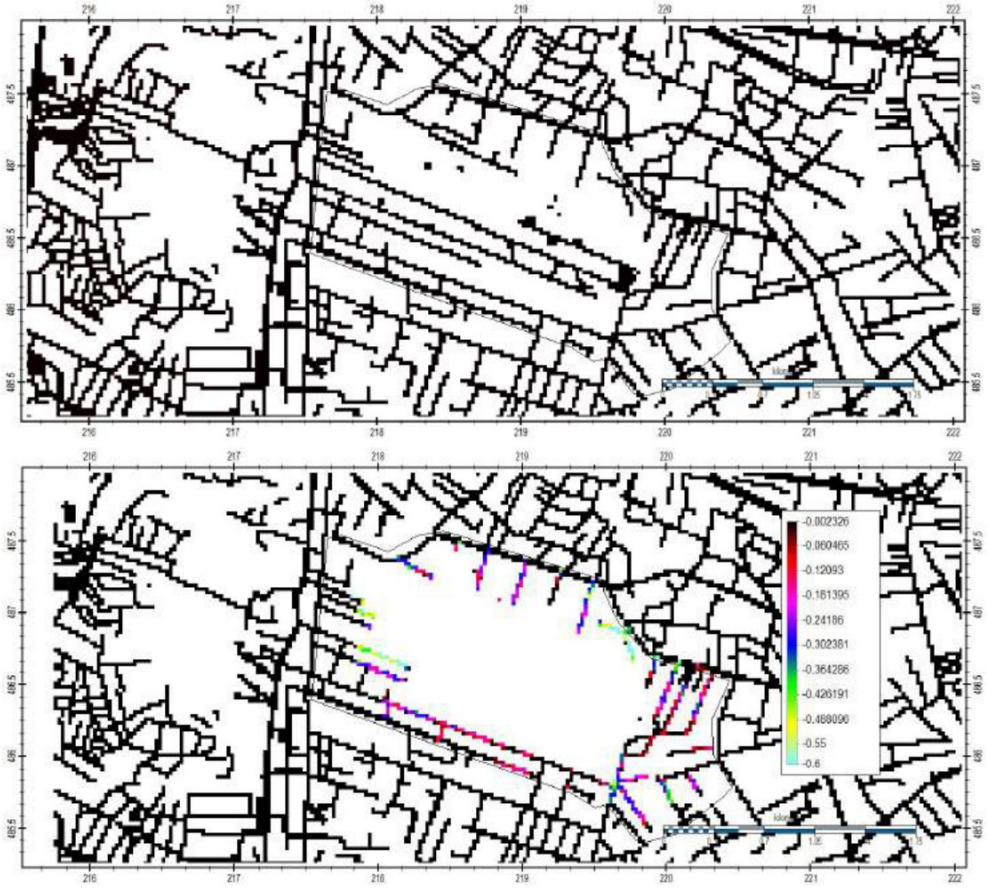
**scheidende lagen**

• • •

**Afbeelding 3a Aanpassing watergangen tov MIPWA: locatie watergangen gewijzigd EN ontwateringsdiepte aangepast voor sloten in bufferzone op basis van metingen uitgevoerd in opdracht van projectgroep Boetelerveld (2016)**

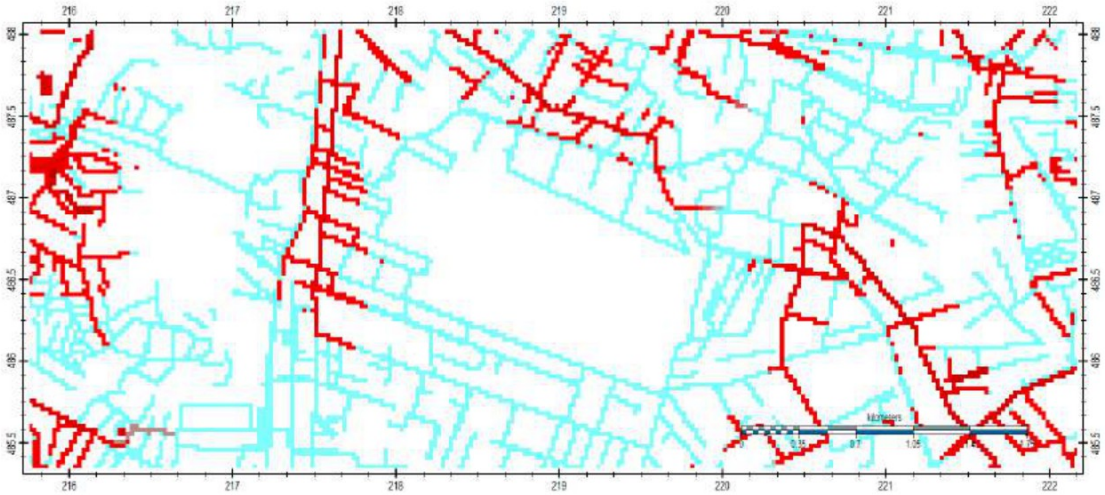
**(links: gebruikte metingen; rechtsboven: locatie oorspronkelijke MIPWA waterlopen; rechtsonder: BVmodel waterlopen (zwart) + verandering peil en bodemhoogte (kleur) op basis van metingen ontwateringsdiepte).**



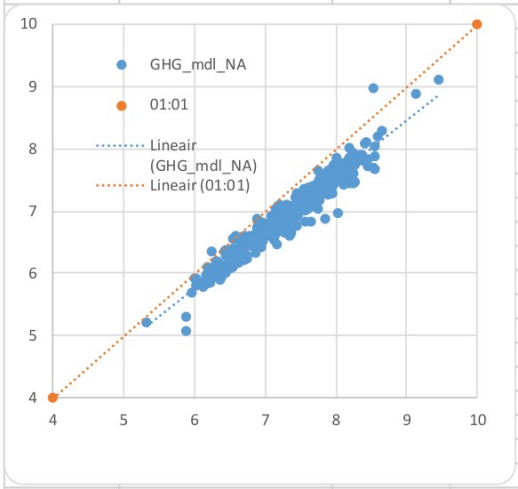
• • •

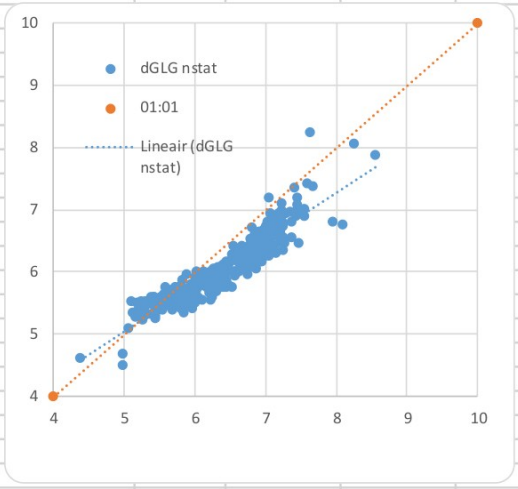
**Afbeelding 3b Watergangen waar infiltratie mogelijk is in het BVmodel. (rood: infiltratie mogelijk; blauw: geen infiltratie mogelijk)**

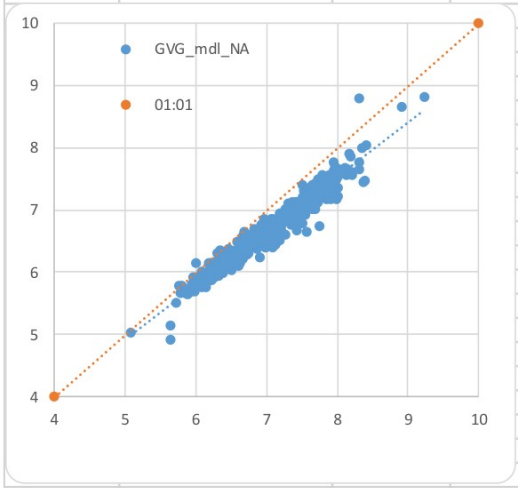


**Afbeelding 4 Verschil tussen gemeten en berekende GHG, GVG en GLG voor BVmodel-modelvariant 5 (na validatie)**

| maat | gemiddelde afwijking in m | uitleg afwijking |
|---|---|---|
| GHG | 0,004 | |
| GVG | -0,362 | negatief, dus te droog |
| GLG | -0,318 | negatief, dus te droog |




**x-as = meting Alterra**
**y-as = model waarden**

**onder de as = model droger dan meting**
**boven de as = model natter dan meting**

## Afbeelding 5 Modelvarianten en verkenning scenario's

| | | | SCENARIO's | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0 | A | B | C | D | E | F | G |
| | | | x | Houtkap | Maatregel kaart | extreem bufferzone | extreem +beton ws west | Houtkap + maatregel kaart | Houtkap + extreem buffer | Houtkap + extreem buffer + beton ws west |
| MODELVARIANTEN | 1 | REF = originele MIPWA model + sloten aangepast aan metingen | 1 | 1A | 1B | 1C | 1D | 1E | 1F | 1G |
| | 2 | REF + c1-beekeerd 100 | 2 | 2A | 2B | 2C | 2D | 2E | 2F | 2G |
| | 3 | REF + peil+20 | 3 | 3A | 3B | 3C | 3D | 3E | 3F | 3G |
| | 4 | REF + cond*0,75 | 4 | 4A | 4B | 4C | 4D | 4E | 4F | 4G |
| | 5 | REF + c1 beekeerd + peil+20 + cond*0,75 | 5 | 5A | 5B | 5C | 5D | 5E | 5F | 5G |
| | 6 | REF + c1 100 dg geheel + peil+20 + cond*0,75 | 6 | 6A | 6B | 6C | 6D | 6E | 6F | 6G |
| | 7 | REF + kD * 0,80 | 7 | 7A | 7B | 7C | 7D | 7E | 7F | 7G |
| | | | | | | | | | | |
| | | | niet-stationaire validatie | | | | | | | |

• • •

**Afbeelding 6 C-waarde aanpassing beek- en eerdgronden uit Alterra bodemkartering.**

(links: codes gronden; rechts: kaartje locaties met hogere c-waarde (geel))

Bodemkaartcodes die 100 dg c1-waarde hebben gekregen:

Zg33

Zg35

Zg37

Zg53

Zg55

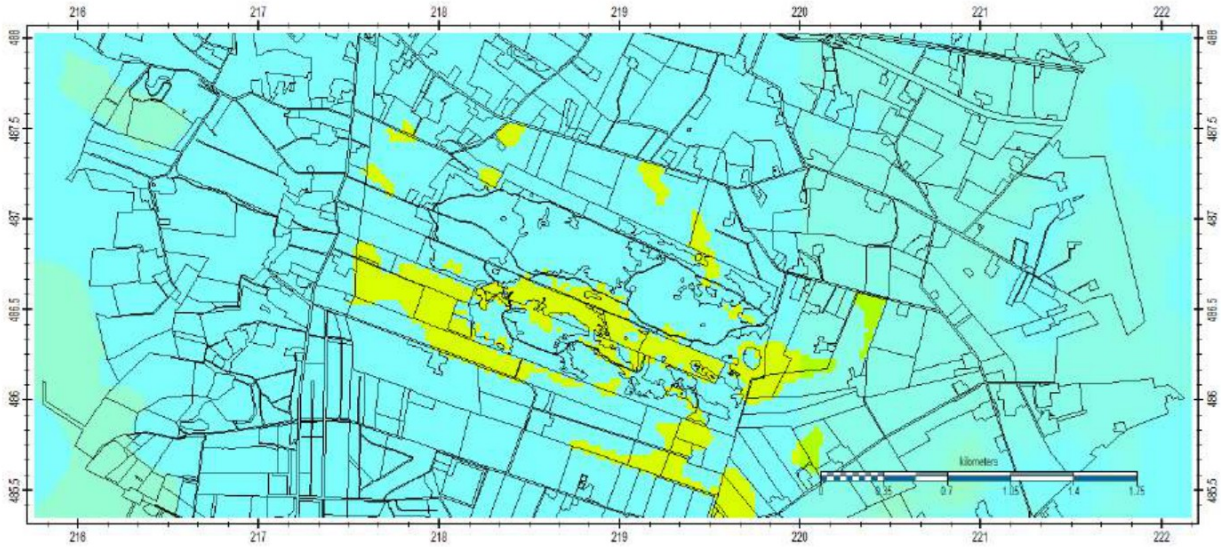
tZg33

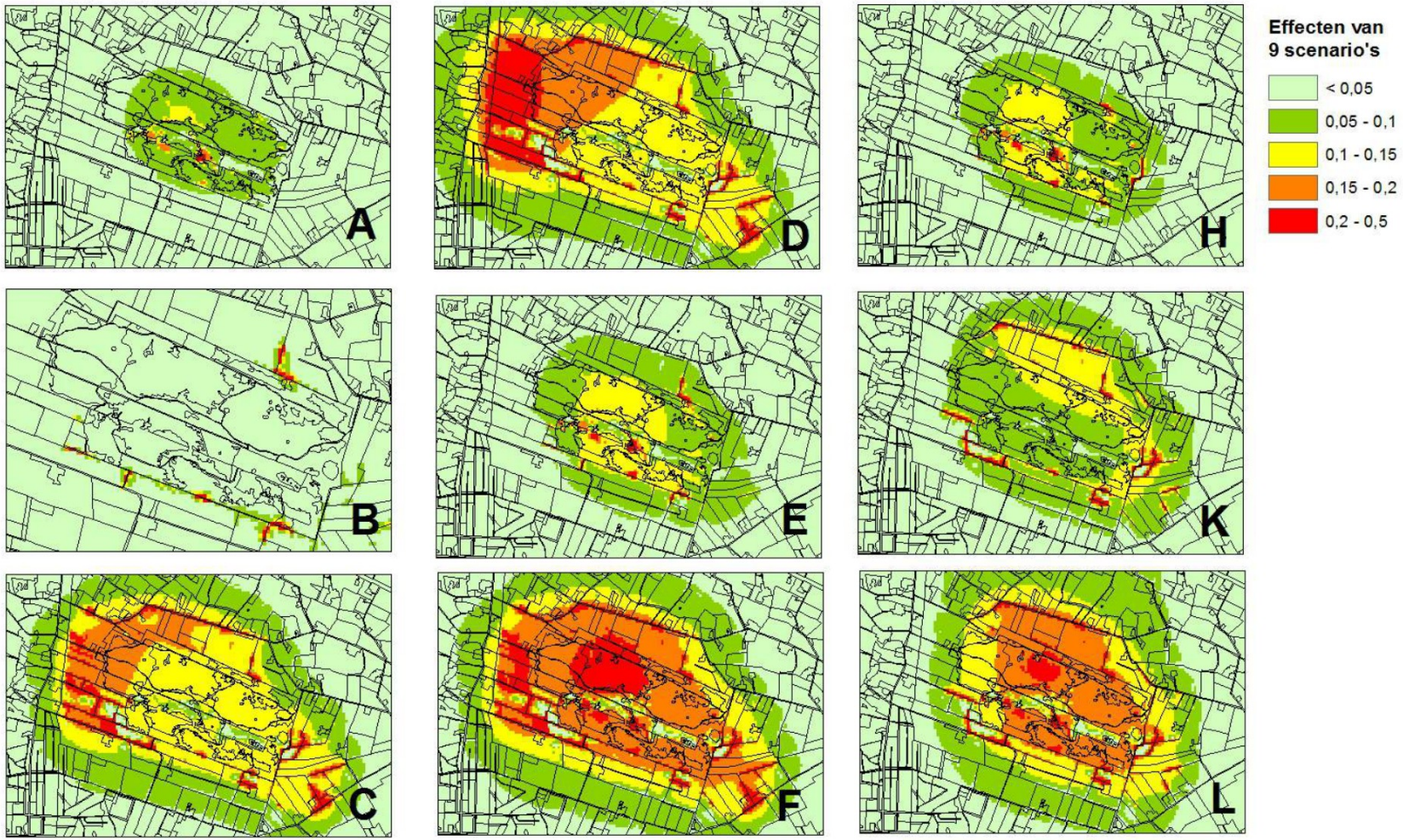
tZg35

tZg53

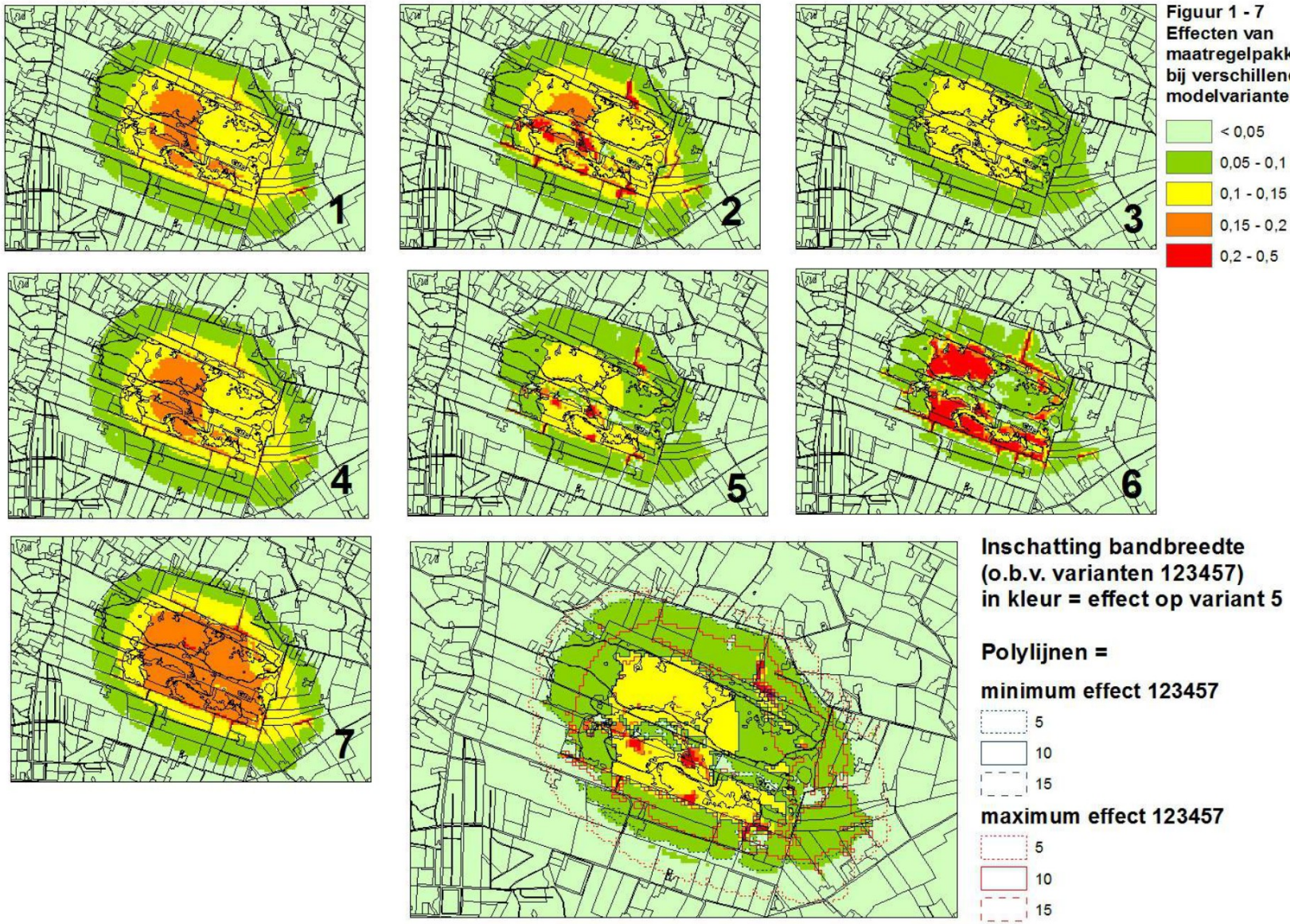
tZg55

cZg55





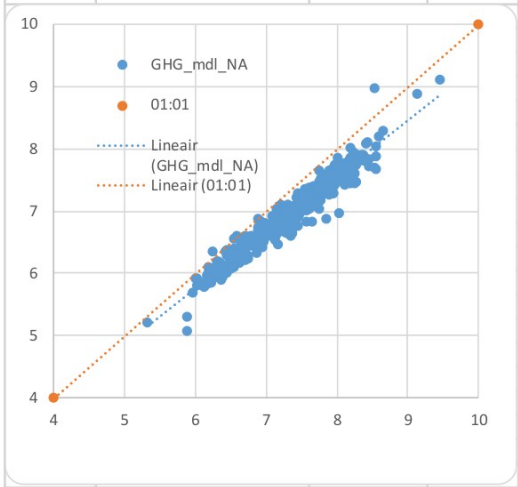

**Afbeelding 7 Effecten van de verschillende scenario's**

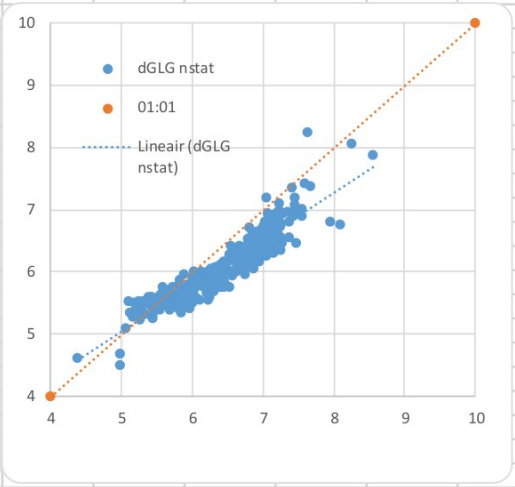


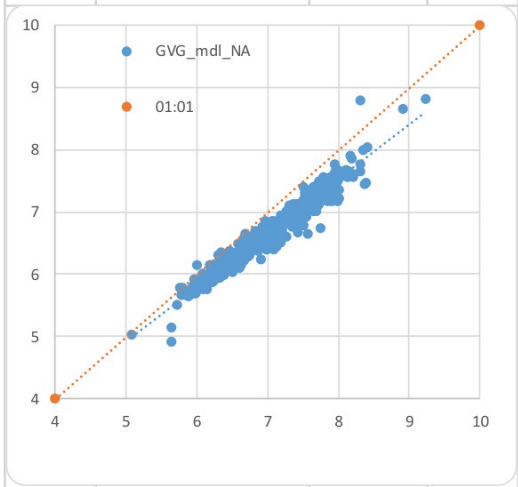

**Afbeelding 8 Effecten van scenario E op de verschillende modelvarianten + verwachte bandbreedte**

**Afbeelding 9 Verschil tussen gemeten en berekende GHG, GVG en GLG voor BVmodel-EIND (na validatie)**

| maat | gemiddelde afwijking in m | uitleg afwijking |
|---|---|---|
| GHG | 0,000 | |
| GVG | 0,051 | positief, dus gemiddeld iets te nat |
| GLG | -0,353 | negatief, dus te droog |



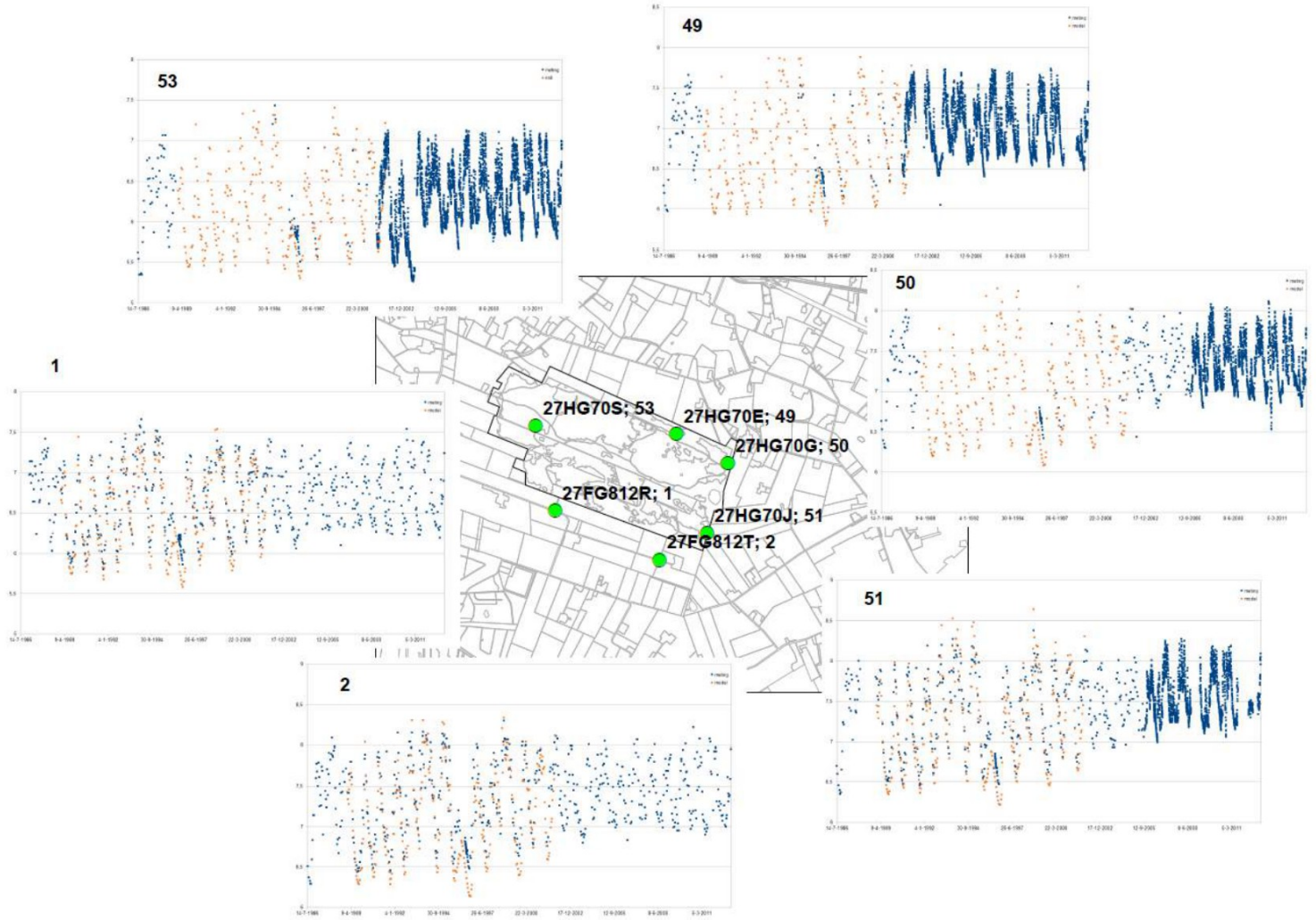




**x-as = meting Alterra**
**y-as = model waarden**

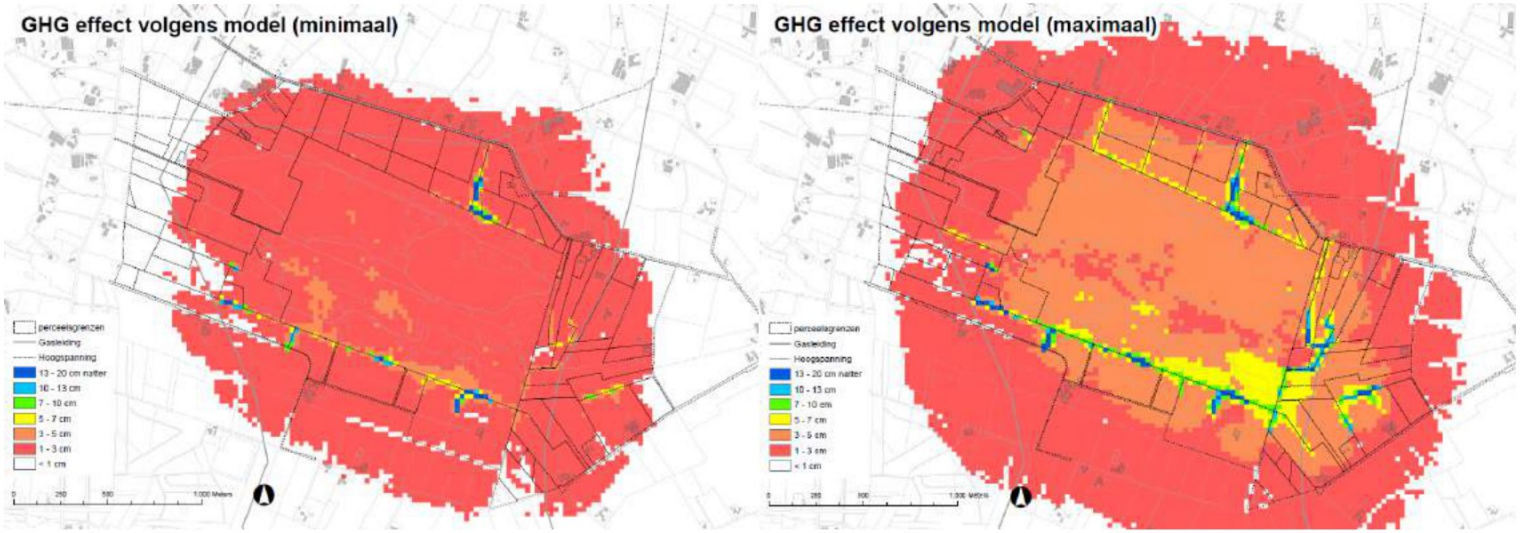
**onder de as = model droger dan meting**
**boven de as = model natter dan meting**

**Afbeelding 10 Berekende en gemeten stijghoogtereeksen voor zes meetpunten in het rond het Boetelerveld**



• • •

Afbeelding 11 **Niet-stationaire bandbreedten: links minimaal (modelvariant 5) en rechts maximaal (modelvariant 7)**



# Bijlage B2: Analyse discrepanties tussen waarnemingspunten met meerdere filters, gt-kartering en modelresultaten

## Inleiding

Zoals in Bijlage B1 is beschreven, wijkt de model MIPWA-v2-GHG (startmodel) systematisch af van de tijdens de GXG-kartering vastgestelde waarden (Alterra). De model-GHG is systematisch te droog. In Bijlage B1 stelden we al vast dat de waarden van bepaalde modelparameters onnauwkeurig of niet goed bekend zijn en dat dit de mogelijke oorzaak van de systematische afwijking betreft. Om deze modelonzekerheid mee te nemen, zijn er verschillende modelvarianten bepaald en doorgerekend om een bandbreedte in de effecten te krijgen die de modelonzekerheid representeert (zie Bijlage B1). In deze Bijlage B2 wordt nog iets dieper op de discrepantie tussen model-GHG en gekarteerde GHG ingegaan. Daarbij worden ook de ondiepe grondwaterstanden van de meetpunten met filters op verschillende dieptes geanalyseerd om het effect van slecht doorlatende lagen in de ondiepe ondergrond aan te tonen met als mogelijk gevolg schijnspiegels.

Als verklaring voor de systematische afwijkingen van de GHG's van het MIPWA-v2-model voor Boetelerveld (regionaal beeld) en de gekarteerde GHG-waarden zijn er minimaal 6 mogelijke kandidaten. Deze zijn onderzocht:

a) Te hoge of te lage kD-waarde(n) waardoor de opbolling als gevolg van de afvoer van het neerslagoverschot van het Boetelerveld te gering resp te groot wordt berekend.
b) De sloten in de omgeving draineren in het model meer of minder dan in werkelijkheid.
c) De randvoorwaarden van het model zijn onjuist.
d) Het berekend neerslagoverschot is groter of kleiner dan in werkelijkheid
e) Het model ziet ondiep voorkomende weerstand over het hoofd.
f) De vastgestelde GHG en GLG zijn systematisch onjuist.

Ad a) Het doorlaatvermogen (kD) van watervoerende pakketten is veelal de best bekende parameter, dus veranderen met meer dan factor 1,5 is niet aan te raden  In de literatuur (o. a. Bon, 1972; Infiltratieproef Boetelerveld, 1996) is er ook geen aanleiding te vinden voor een dergelijke drastische reductie. Hooguit kan de verbreiding van de weerstandbiedende laag worden aangepast.

Ad b) De drainerende werking van sloten wordt in MIPWA bepaald door de afmetingen, diepte (c.q. waterstand) en de weerstand van de sliblaag. Vooral deze laatste parameter is slecht bekend. Een punt voor nadere analyse is ook dat MIPWA last kan hebben van numerieke verdroging. Zie De Lange (2011: 'Valse voorspelling van verdroging in een numeriek model', in Stromingen

17(2011), nr 1. De kans bestaat dus dat we aan de kD-knop gaan draaien terwijl we aan de waterloopweerstandsknop c.q. -concept moeten draaien. En de uitwerking op het effect van dempen sloten is afhankelijk van de knop waaraan we draaien. Verlaging van de kD betekent langer watervoerend en dus meer effect van dempen. Verhoging van de drainageweerstanden leidt tot minder stroming naar de sloten dichtbij en meer stroming naar wijdere omgeving en dempen heeft dan minder effect. Dus verbetering modelperformance door de kD te verlagen is wellicht dan toch een geval van: *right for the wrong reasons.* Een mogelijkheid om hier wat inzicht in te krijgen is dat de verlaging van de KD een min of meer kwadratische effect heeft en een verhoging van de drainageweerstand alleen maar een radiaal effect heeft tot afstand ongeveer ¼ D en daarna constant.

Een ander punt van discussie is dat de waterstand in de sloten oploopt bij toenemende afvoer. Dat geldt zeker voor slecht onderhouden sloten. Daar houdt het model MIPWA geen rekening mee.

Ad c) Een bekend aandachtspunt. Door met profielen de randen te analyseren hebben we vastgesteld dat er geen zorg hoeft te zijn over of de randvoorwaarden goed gekozen zijn

Ad d) Er is geen reden om hieraan te twijfelen. Standaard, veel getoetste, kentallen zijn gebruikt om neerslag en verdamping modelmatig om te rekenen naar grondwateraanvulling.

Ad e) Dit is een bekend verwijt aan vrijwel alle regionale modellen en verwijt is vaak terecht, zeker gezien de door Janssen gevonden weerstandsbiedende lagen rond 60 cm-mv en de beschrijvingen in de boorgegevens van Alterra van zeer fijn materiaal in ondiepe trajecten van de Gt-boringen

Ad f) Er zijn grondwaterstandswaarnemingspunten in het Boetelerveld waarbij er een discrepantie is tussen de GHG afgeschat aan verloop in winter 2016 en de kaart-GHG (stand hoogste filter veelal natter dan gekarteerde GHG). Dat kan dus betekenen dat de buis niet representatief is voor het vlak waarin hij staat. Dat kan als maaiveldshoogte niet representatief is voor zijn directe omgeving. Of dat de veld-GHG ook (een deel van) de ondiepe weerstand niet meeneemt. Dat ligt er dus aan hoe diep er is geboord voor de gerichte opnamen, in principe niet dieper dan wat noodzakelijk geacht wordt op basis van de bodemkenmerken

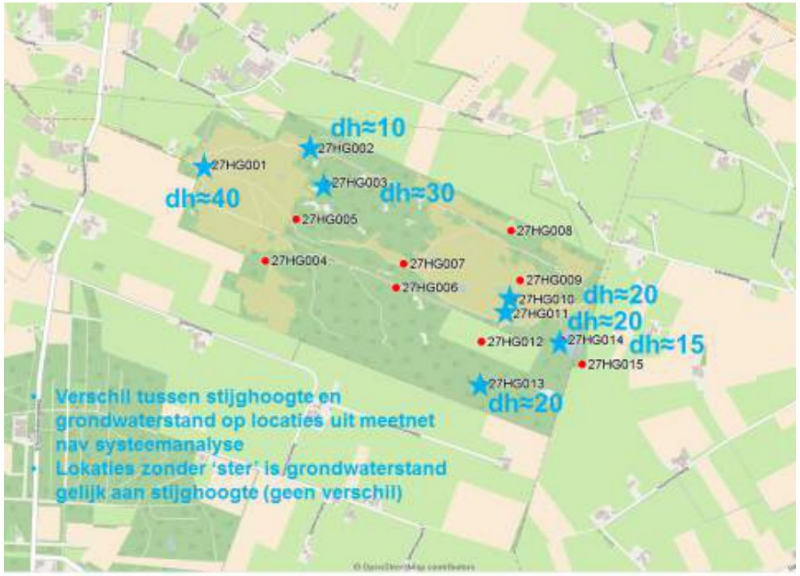
Het analyseren van het hydrologische gedrag van de grondwaterstanden in de filters van de waarnemingspunten in Boetelerveld geeft mogelijkheden tot het begrijpen van het hydrologisch functioneren van het gebied. In het bijzonder is de vraag aan de orde: biedt analyse een verklaring voor de discrepantie tussen de waarnemingen en de resultaten van de modelberekeningen. In het hierna volgende zal deze vraag worden beantwoord.

## Het materiaal

Op basis van de systeemanalyse van [redacted] is in 2015 een meetnet geplaatst om de ontwikkeling van de grondwaterstanden en de habitatomstandigheden rondom deze peilbuizen te monitoren. Er zijn op vijftien locaties peilbuizen met een drietal filters geplaatst, met de onderzijde van de filters op verschillende diepten: 40 cm (wortelzone), boven de grens van deklaag en freatisch pakket (wisselende diepte, afhankelijk van de locatie) en locaties in het freatisch pakket (2 meter en dieper).

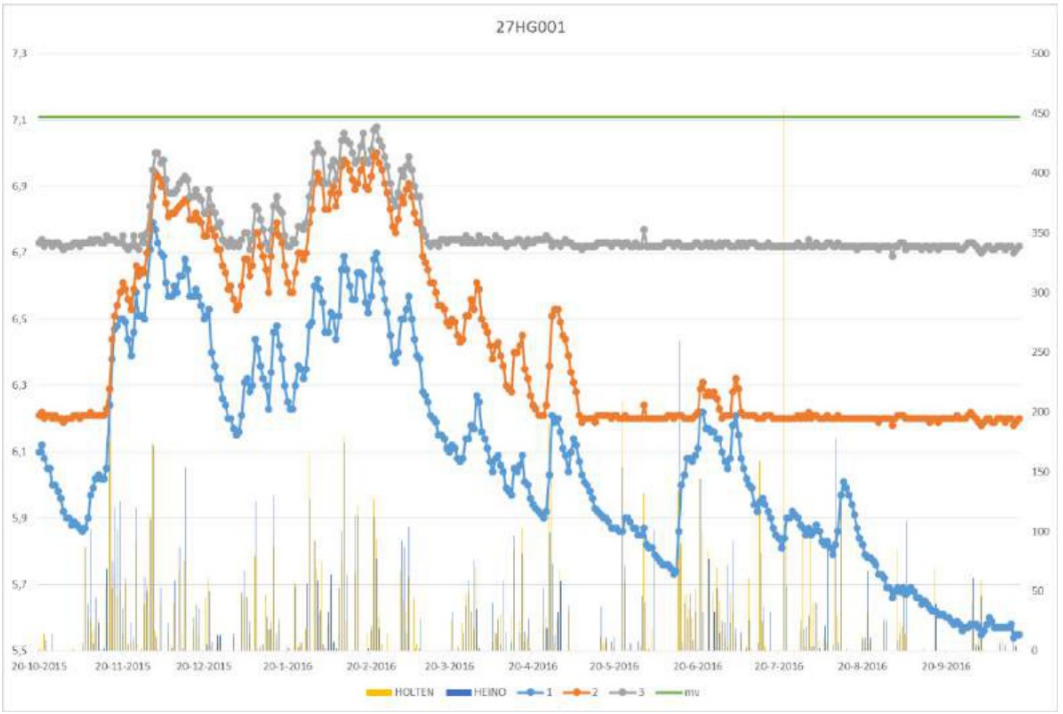
De locaties van de peilbuizen zijn door [redacted] geselecteerd. Ze zijn gebaseerd op hoog-laaggradiënten in waterstanden, waterkwaliteit en vegetatie die ontstaan door de interactie van het grotere grondwatersysteem en lokale dekzandrugsystemen. Speciale aandacht is er voor die plaatsen waar nu nog meer of minder gebufferde plantengemeenschappen voorkomen.

De locatie van de punten is weergegeven op onderstaande afbeelding.




*Afbeelding B.2: Gemeten standen op locatie 27HG001, filters 1 (meest diep), 2 en 3 (meest ondiep)*

*Afbeelding B.1: Locaties van de waarnemingsfilters die naar aanleiding van de systeemanalyse van Janssen zijn geplaatst ('met ster' hebben een significant verschil tussen de grondwaterstand en de stijghoogte).*



• • •

Van de volgende buizen zijn de waarnemingen geanalyseerd van 001, 002, 003, 010, 011, 013 en 014 met voorvoegsel 27H. Deze locaties vertonen een deel van het jaar een duidelijke overdruk (grondwaterstand ondiepste filter hoger dan diepste filter; let op – filter 3 is het ondiepste filter en filter 1 het diepst). Voor de overige buizen zijn er geen aanwijzingen voor verticale weerstand.

## *Resultaten en visuele beoordelingen*

**Algemene principes**

De periode november 2015 tot en met april 2016 (182 d) was relatief nat. De afgetapte hoeveelheid neerslag in Holten en Heino was 493 resp. 557 mm. Per dag gemiddeld 2,7 resp. 3,1 mm. De verdamping in die periode kan geschat worden op 120 mm zodat de grondwateraanvulling in die periode gemiddeld ca. 2,2 mm/d bedroeg. De standen aan het begin en het eind van genoemde periode zijn ongeveer gelijk zodat de afvoer ook gemiddeld ca. 2,2 mm/d bedroeg.

Omdat het Boetelerveld geen afvoer heeft, moet er gemiddeld 2,2 mm/dag naar de ondergrond verdwijnen. De verticale flux is dus gemiddeld 2,2 mm/d. Indien een weerstandbiedende laag zit tussen 2 filters op dezelfde locatie maar met verschillend in verticale filterstelling geeft de hoogst geplaatste filter een hogere stand. Echter, er vindt ook stroming van water plaats van de wat hoger gelegen terreingedeelten naar de nabij gelegen lager gelegen terreingedeeltes, hetzij over het maaiveld hetzij boven de slecht doorlatende laag. Een indicatie is of in natte perioden de stand van filter 3 (meest ondiepe filter) boven maaiveld komt. Als dat niet het geval is stroomt het water hetzij naar de ondergrond hetzij lateraal over ondiep voorkomende weerstandbiedende laag naar een laagte. De verhouding is op voorhand niet bekend. Stel alles stroomt naar de ondergrond. Dan volgt uit het stijghoogteverschil de weerstand van de slecht doorlatende laag. Dat is dus een maximale schatting. Bij een verschil van 0,2 m en een flux van 2,2 mm/d is de weerstand 90 dagen.

(Met de analyse van de reeksen kunnen we ook toetsen of de kD 'ordegrootte' goed is. We veronderstellen dat de stand van filter 1 (meest diepe filter) de stijghoogte van het eerste watervoerend pakket weergeeft. Dit pakket voert het neerslagoverschot af naar de omgeving. De stand in filter 1 hangt dus af van de hoogte van de ontwateringsbasis of -bases in de omgeving en de omgeving en een weerstand. De hoogte van de ontwateringsbasis in de winter kan worden afgeleid van het uitputtingsverloop. Daaruit kan de opbolling worden afgeleid en gegeven de flux volgt daaruit een weerstand. De opbolling is in de winter in de orde van 0,5 m

dus is de weerstand in de orde van 200 d. Gegeven de formule voor de horizontale weerstand, $L^2/8kD$, is de daarbij behorende kD bij L is 1200 m: 900 $m^2/d$.

In onderstaande tabel zijn per meetpunt zaken genoteerd die visueel zijn waar te nemen van alle geanalyseerde reeksen.

*Tabel B.1: Belangrijkste bevindingen per grondwaterstandswaarnemingslocatie van locaties met een overdruk*

| Waarnemings-locatie | Opmerkingen | Bevindingen |
|---|---|---|
| **001** | 3 filters | • verschil 1 en 2 ca. 0,38 m (wegzijging)<br>• filter 3 komt niet boven mv maar wordt toch afgetopt |
| **002** | 3 filters | • verschil 2 en 3 normaal ca. 0, 20 m<br>• bij stand 3 boven mv verschil kleiner |
| **003** | 3 filters | • Lijkt sterk op 002 |
| **010** | 2 filters, filter 3 ontbreekt | • verschil normaal ca. 0, 2 m<br>• hoe hoger stand in filter 2 hoe geringer verschil |
| **011** | 2 filters, filter 3 ontbreekt | • filter 2 valt in de zomer droog (> 0, 80 m -mv)<br>• in de winter ca 0,20 m overdruk |
| **013** | 2 filters Filter 1 ontbreekt, | • in de winter standen boven mv<br>• filter 1 zakt langzamer uit |
| **014** | 3 filters, punt ligt in grote rietplas | • weinig verschil in standen maar bij daling open waterstand blijft stand filter 1 achter |

## Conclusies

De volgende conclusies zijn te trekken:

1. In ongeveer de helft van de punten is een overdruk van 0,2 m of meer, dus een verticale weerstand in de orde van 100 d tussen filter 1 en filter 2 of tussen filter 2 en filter 3.
2. Bij stijgen stand in filter 3 (meest ondiepe filter) boven maaiveld wordt verschil geringer maar de hydrologie wordt dan verstoord door maaiveldafvoer of -aanvoer en berging van water op het maaiveld.
3. In ongeveer de helft van de punten is er geen noemenswaardige overdruk.

## Discussie

De hoofdvraag van het onderzoek gaat over de effecten van verondiepen en dempen van sloten in de omgeving op de grondwaterstanden in Boetelerveld. Daarom zal per geanalyseerde oorzaak worden nagegaan wat het effect is dempen sloten op de **verandering** van grondwaterstanden in het Boetelerveld. Op voorhand is in kwalitatieve zin wel aan te geven de gevoeligheid is voor de relatie tussen ingreep en effect:

- te hoge KD geeft meer weglekking naar buiten en dus minder effect van dempen waterlopen;
- te lage drainageweerstanden geven meer effect van dempen waterlopen;
- te laag neerslagoverschot geeft weinig invloed zolang alles door ondergrond moet worden afgevoerd;
- vaste stijghoogten op de rand remmen het effect.
- het over het hoofd zien van ondiepe weerstanden heeft geen effect zolang er geen maaiveldafvoer is, voor en na dempen van sloten. Bij punten waar maaiveldafvoer of maaiveldtoevoer optreedt worden effecten in die periode geremd (met na-ijling). En aangezien optreden van maaiveldafvoer wordt gepromoot door ondiepe weerstand wordt het effect gedempt.

Omdat bovenstaande oorzaken niet uit te sluiten zijn, hebben we gewerkt met modelvarianten en zullen we niet HET effect gaan bepalen, maar een bandbreedte waarvan we zeker zijn dat de effecten hier tussenin zullen liggen. Zie verder in de Bijlage over het Modelgebruik.

# Bijlage C: De hydrologische rol van ondiep voorkomende, weerstand biedende lagen in het Boetelerveld en omgeving

## Inleiding

De standplaats van terrestrische vegetaties en van landbouwgewassen is de wortelzone. De condities in de wortelzone zijn te koppelen aan de mate van natheid of zo men wil de mate van verzadiging.

Voor landbouwgewassen geldt dat tijdens het groeiseizoen er voldoende lucht in de wortelzone aanwezig moet zijn, omdat anders zuurstofstress kan optreden. En de bewerkbaarheid en berijdbaarheid van de grond is ook te koppelen aan de natheid van de wortelzone. De kennis hierover ligt vast in zogenaamde HELP-tabellen waarin per bodem-gewascombinatie een relatie wordt gelegd tussen de grondwaterstandskarakteristieken GHG en GLG (zie kader 1) en de nat- en droogteschade.

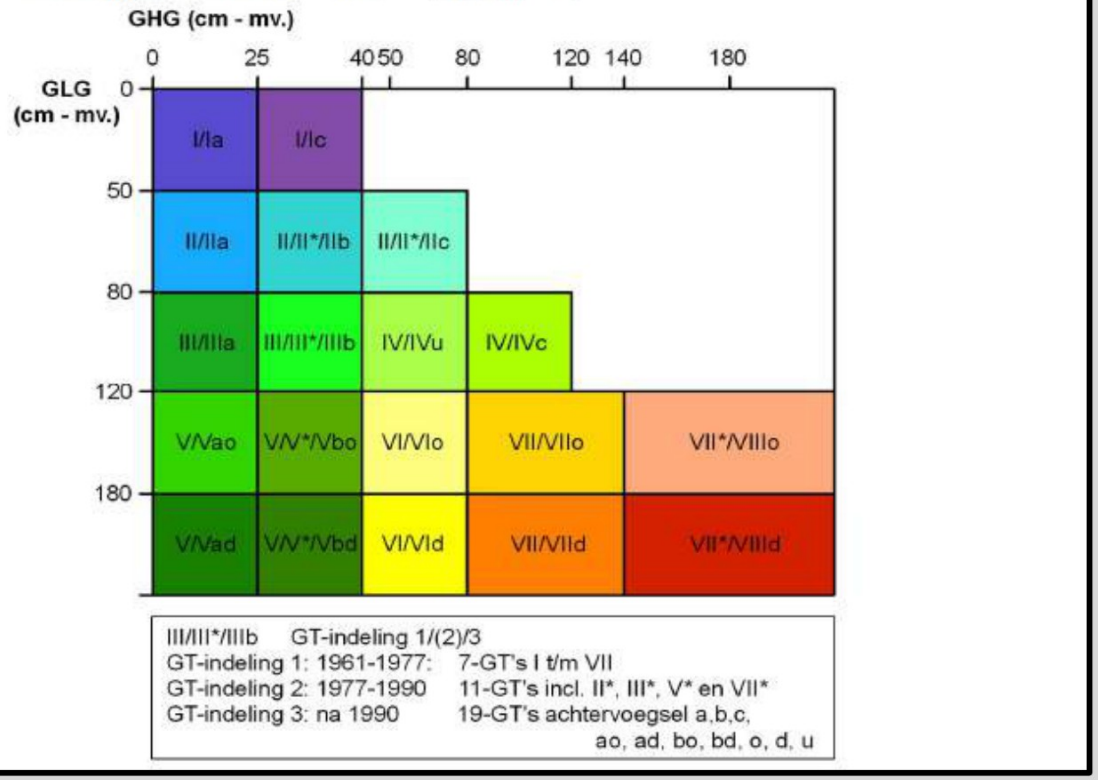
**Kader 1**

| | |
|---|---|
| **HG3** | gemiddelde van de drie hoogste grondwaterstanden in een hydrologisch jaar (1 april t/m 31 maart) bij een meetfrequentie van tweemaal per maand (rond de 14e en 28e) |
| **LG3** | gemiddelde van de drie laagste grondwaterstanden in een hydrologisch jaar (1 april t/m 31 maart) bij een meetfrequentie van tweemaal per maand (rond de 14e en 28e). |
| **Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG)** | Gemiddelde van de HG3 over een periode van 30 jaar onder gegeven klimatologische en waterhuishoudkundige omstandigheden. |
| **Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG)** | Gemiddelde van de LG3 over een periode van 30 jaar onder gegeven klimatologische en waterhuishoudkundige omstandigheden |
| **Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (GVG)** | Gemiddelde van de VG3 over een periode van 30 jaar onder gegeven klimatologische en waterhuishoudkundige omstandigheden |

De combinaties van GHG en GLG bepaalt de grondwatertrap. Zie kader 2.

**Kader 2**

*Gt* (Grondwatertrap) is een typische combinatie van GHG- en GLG-klassen welke op onderstaande wijze is onderverdeeld (figuur 1.2).




De schades kunnen worden omgezet in mate van doelrealisatie. De HELP-tabellen zijn vertaald en uitgebreid en opgenomen in het Waternoodinstrumentarium (Van Bakel et al., 2006).

In het kader van Waterwijzer Landbouw is de relevante kennis opnieuw geïnventariseerd en geoperationaliseerd (Bartholomeus et al., 2013, Hack et al., 2015).

Voor terrestrische vegetaties is de situatie vergelijkbaar. Voor Boetelerveld gaat het specifiek om natte heiden die geen bijzondere eisen stelt aan de chemische samenstelling van het grondwater, maar wel aan de natheid in het voorjaar (niet extreem nat maar wel nat).

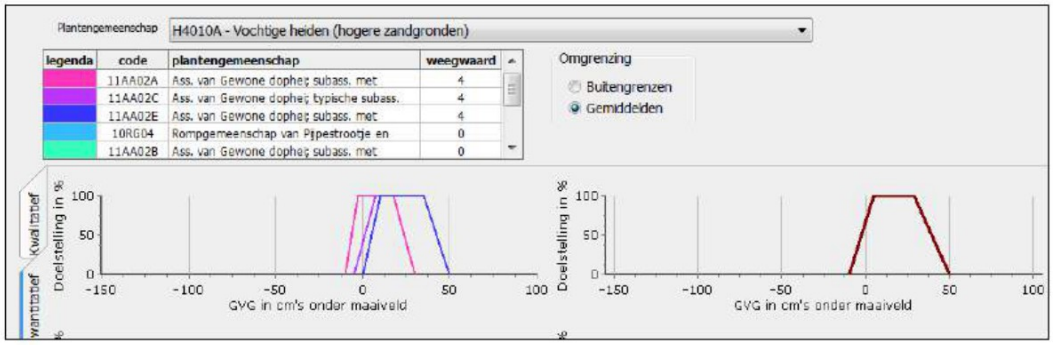
Het meten van de natheid van de wortelzone (standplaats) is om 3 redenen niet eenvoudig:

- de ruimtelijke variabiliteit is in horizontale en verticale richting zeer groot;
- meting van de natheid van de wortelzone is, zeker als die niet verzadigd is, niet eenvoudig uit te voeren;
- er is geen 'cultuur' van meten van natheid.

Daarom wordt hierbij ook veelal een relatie gelegd met een grondwaterstandskarakteristiek (zoals de GVG; zie kader) en de mate van doelrealisatie.

Deze relaties zijn geïnventariseerd en ten behoeve van het Waternood-instrumentarium (Runhaar et al., 2002) geoperationaliseerd.

In het Waternoodinstrumentarium is voor Habitattype H4010A de relatie van toepassing is in onderstaande afbeelding is weergegeven.




*Afbeelding C.1: Mate van doelrealisatie van natte heiden als functie van de GVG*

De doelrealisatie is 100% in een bepaald traject van de GVG en daarbuiten neemt de doelrealisatie in een bepaald traject af tot 0% bij ondieper wordende resp. dieper wordende GVG.

De subassociaties stellen enigszins verschillende eisen aan de GVG. De rechterdiagram is de omhullende.

**Bevinding 1: voor zowel landbouwgewassen als natuurlijke vegetaties wordt een relatie gelegd tussen een of andere grondwaterstandskarakteristiek zoals de GHG, GVG of GLG (algemeen GXG) en de mate van doelrealisatie.**

• • •

Om deze karakteristieken te kunnen bepalen moet men beschikken over gemeten of met een model berekend verloop van de grondwaterstand. Een ingreep in de waterhuishouding (zoals het dempen van waterlopen in de bufferzone) leidt tot een verandering van het grondwaterstandsverloop en daarmee tot een verandering in GXG en daarmee tot een verandering in mate van doelrealisatie. Aldus kan worden bepaald of ingrepen in de waterhuishouding positieve gevolgen hebben (hogere doelrealisatie) voor bijvoorbeeld de natte heiden in het Boetelerveld maar ook wat de effecten zijn voor de landbouw in de bufferzone.

Echter, de grondwaterstandsdynamiek is een redelijke maar zeker niet perfecte maat om de dynamiek van de natheid van de wortelzone in beeld te krijgen. De natheid van de wortelzone is beter te karakteriseren met de drukhoogte (zie volgende hoofdstuk) in de wortelzone. Het meten van de drukhoogte is niet eenvoudig uit te voeren omdat het de drukhoogte veelal lager is dan de atmosferische druk. Daarom is koppeling van de natheid aan een grondwaterstandskarakteristiek eenvoudiger en dus gebruikelijk. Het meten van de juiste grondwaterstand is al niet eenvoudig, maar op locaties waar ondiep (ondieper dan het niveau van de GLG) een slecht doorlatende laag voorkomt nog lastiger.

De vragen die in dit hoofdstuk aan de orde wordt gesteld zijn:

1. Wat is de relatie tussen de grondwaterstand en hydrologie van de standplaats?
2. Hoe wordt de grondwaterstand in het veld gemeten?
3. Hoe wordt de grondwaterstand met modellen gesimuleerd?

## *Potentiaaltheorie*

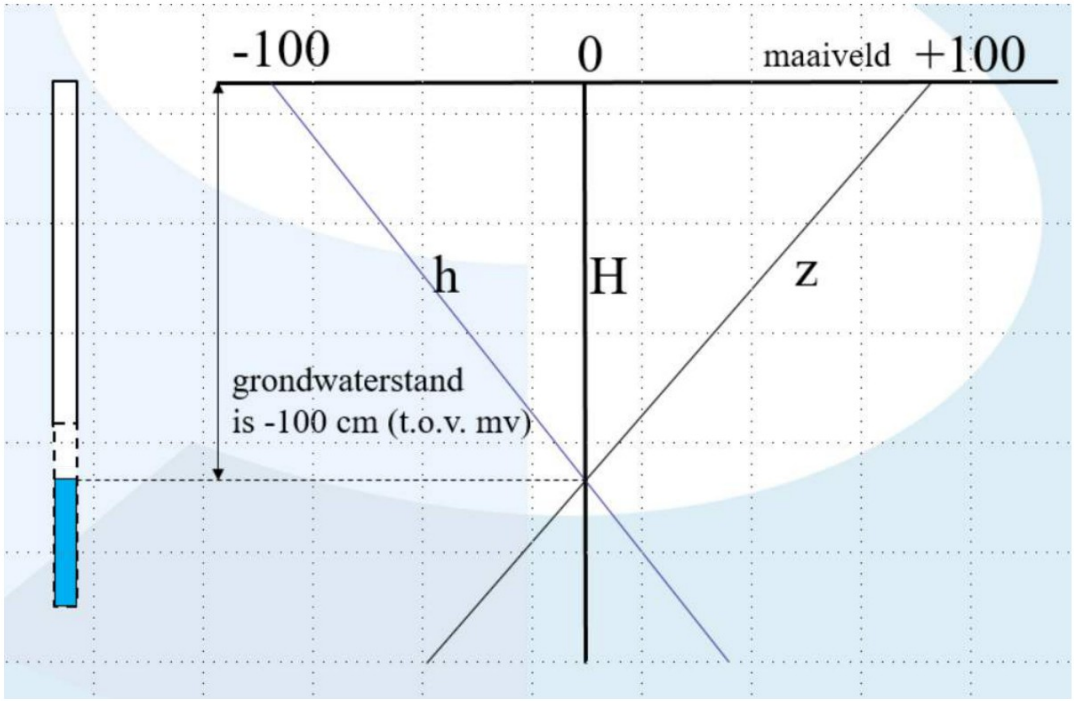
Alvorens nader in te gaan op het meten en interpreteren van de grondwaterstand is het nodig de theorie van potentiaalstroming in de verzadigde en onverzadigde zone kort te behandelen.

De grondwaterpotentiaal, H, kan geschreven worden als:

$$H = h + z \quad \text{(m)} \qquad [1]$$

waarbij $h$ is drukhoogte (cm) en $z$ is plaatshoogte (cm).

Als er geen verticale stroming is, is er geen verticale gradiënt in H en kan de volgende afbeelding worden getekend:




*Afbeelding C.2: Schematische voorstelling van het verloop van potentiaal, drukhoogte en plaatshoogte bij grondwaterstand als referentieniveau*

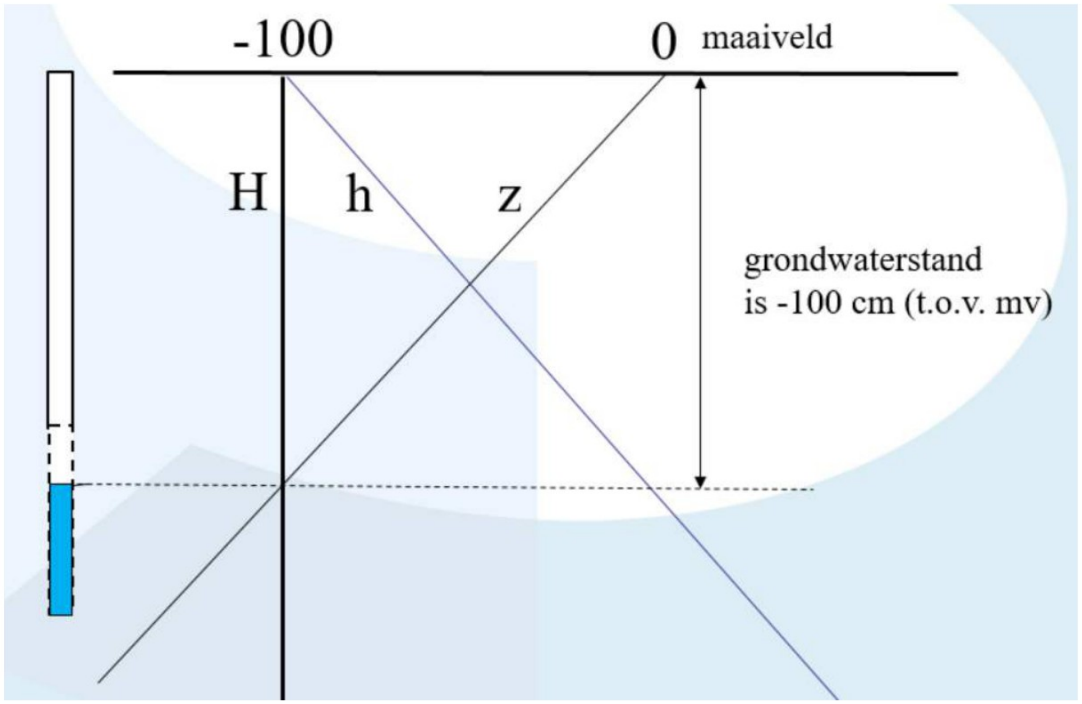
De grondwaterstand is gedefinieerd als de plaats (in verticale zin) waar de drukhoogte gelijk is aan de atmosferische druk. Dat is niet de plaats waar de grond verzadigd is. Door de aanwezigheid van een volcapillaire zone van x cm (waarbij x afhankelijk is van de bodemeigenschappen zoals granulaire samenstelling en dichtheid) is de grond tot x cm boven de grondwaterstand verzadigd. De dikte van de volcapillaire zone hangt af van de luchtintreewaarde (cm): pas bij een zekere onderdruk stromen de grotere poriën leeg. De dikte van de volcapillaire zonde is dus afhankelijk van de bodemeigenschappen zoals granulaire samenstelling, dichtheid en structuur.

**Bevinding 2: de grondwaterstand is niet de grens tussen verzadigde en onverzadigde zone.**

Boven de grondwaterstand heerst er onderdruk, onder de grondwaterstand heerst overdruk (t.o.v. de atmosferische druk). De onder- of overdruk is gelijk aan de afstand tot het grondwaterstandsniveau. Indien we een drukopnemer in de grond plaatsen beneden de grondwaterstand kan hieruit de grondwaterstand worden afgeleid mits we a) de diepte weten waar de druk wordt

gemeten en b) er geen verticale gradiënt is in de potentiaal. Dit laatste is het geval als er geen verticale stroming en geen verticale weerstand. Maar we kunnen ook een tensiometer plaatsen voor de grondwaterstand en uit de positie en gemeten onderdruk de grondwaterstand bepalen (uiteraard bij de aanname van geen verticale flux gedurende langere tijd).

In Afbeelding C.1 is het referentieniveau voor z de grondwaterstand. Maar die varieert in de tijd en dus is het beter als referentieniveau voor z het maaiveld te kiezen. Indien we afspreken dat het referentieniveau van de plaatshoogte gelijk is aan het maaiveld is bij dezelfde gemeten grondwaterstand van 100 cm -mv in een grondwaterstandsbuis de situatie als volgt.




*Afbeelding C.3: Schematische voorstelling van het verloop van potentiaal, drukhoogte en plaatshoogte bij maaiveld als referentieniveau*

Uiteraard kunnen deze waarden omgezet worden in NAP-hoogtes als we de NAP-hoogte van het maaiveld kennen.

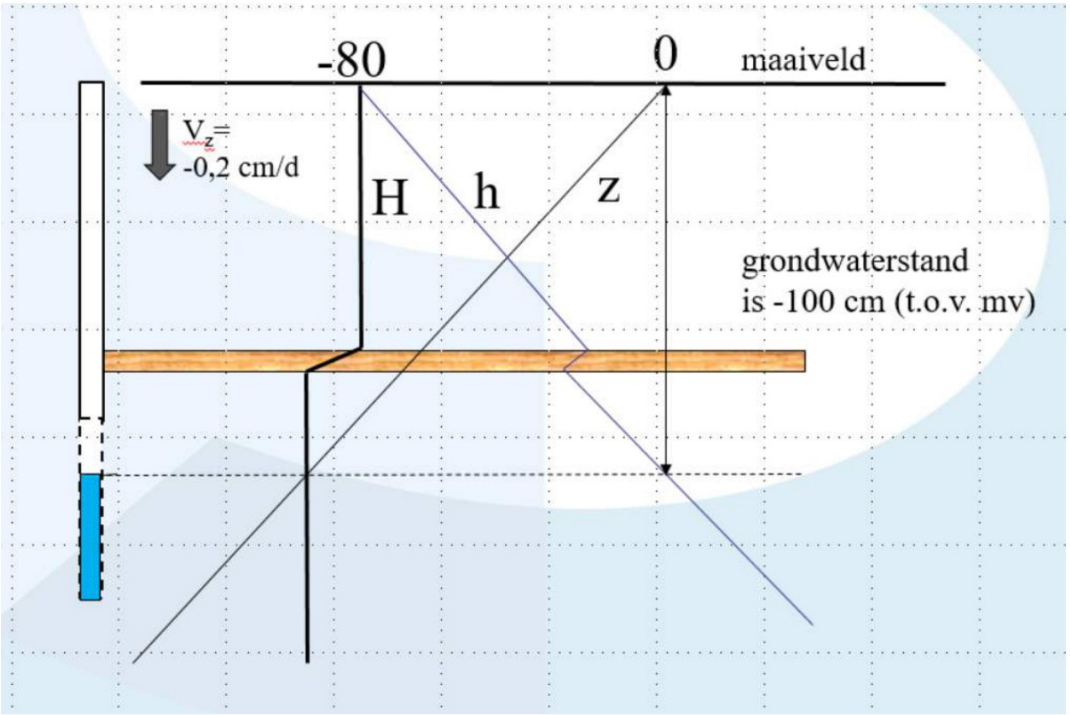
Bij verticale stroming kan de wet van Darcy worden toegepast:

$$v_z = -k_z * \delta H/\delta z = -k_z * (\delta h/\delta z + 1) \quad [2]$$

waarin $v_z$ is verticale flux (cm/d) en $k_z$ is verticale doorlatendheid (cm/d).

Stel op een diepte tussen 60 en 70 cm -mv bevindt zich een slecht doorlatende laag met een verticale weerstand van 100 d. Stel verder dat de neerwaartse stroming tot een diepte van 2 m gelijk is aan 2 mm/d is (ongeveer het neerslagoverschot in de winter) en de verticale weerstand boven en onder de slecht doorlatende laag is verwaarloosbaar. De potentiaalsprong over de slecht doorlatende laag is volgens vgl. [2] 20 cm. Boven de slecht doorlatende laag is de potentiaal dus 20 cm hoger. De z-waarde neemt 10 cm toe zodat de drukhoogte boven de slecht doorlatende laag 10 cm hoger is.

Aldus ontstaat een verticaal verloop in *H*, *h* en *z* zoals in onderstaande afbeelding.



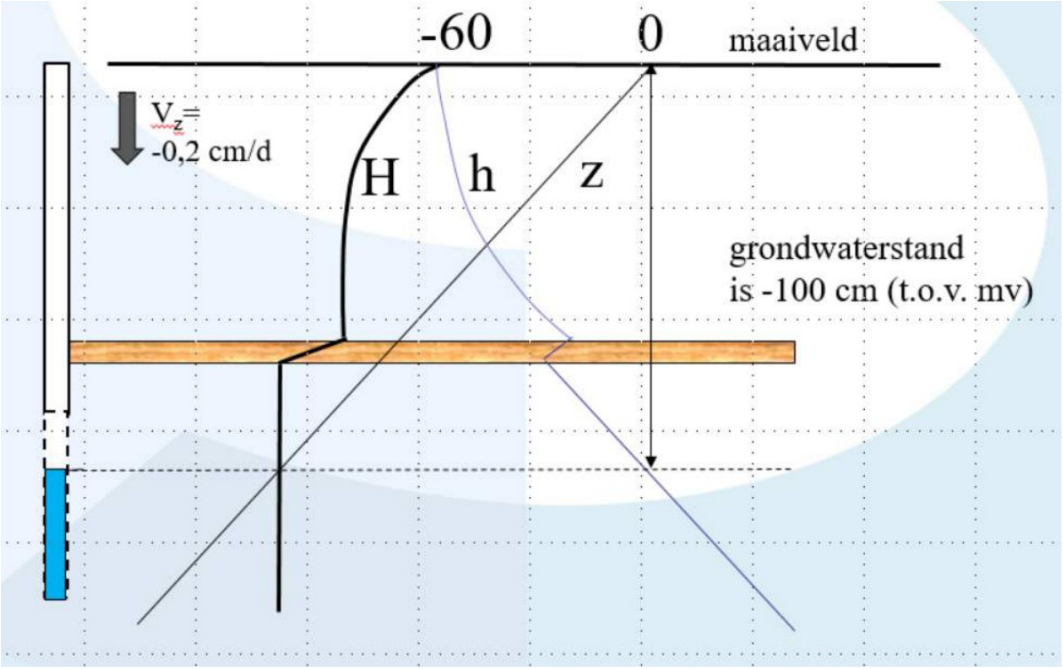

*Afbeelding C.4: Schematische voorstelling van het verloop van potentiaal H, drukhoogte h en plaatshoogte z bij optreden van verticale neerwaartse flux, bij aanwezigheid van ondiep voorkomende weerstandbiedende laag*

Merk op dat bij dezelfde grondwaterstand de potentiaal en de drukhoogte dus anders zijn dan bij afwezigheid van een ondiepe weerstand. Ofwel, de grondwaterstand beïnvloedt de drukhoogte boven de ondiepe weerstandslaag en daarmee het vochtgehalte in de wortelzone.

**Bevinding 3: de relatie tussen grondwaterstand en drukhoogte boven de grondwaterstand is bij aanwezigheid van een verticale flux en een weerstandbiedende laag afhankelijk van de groottes van de verticale flux en de weerstand.**

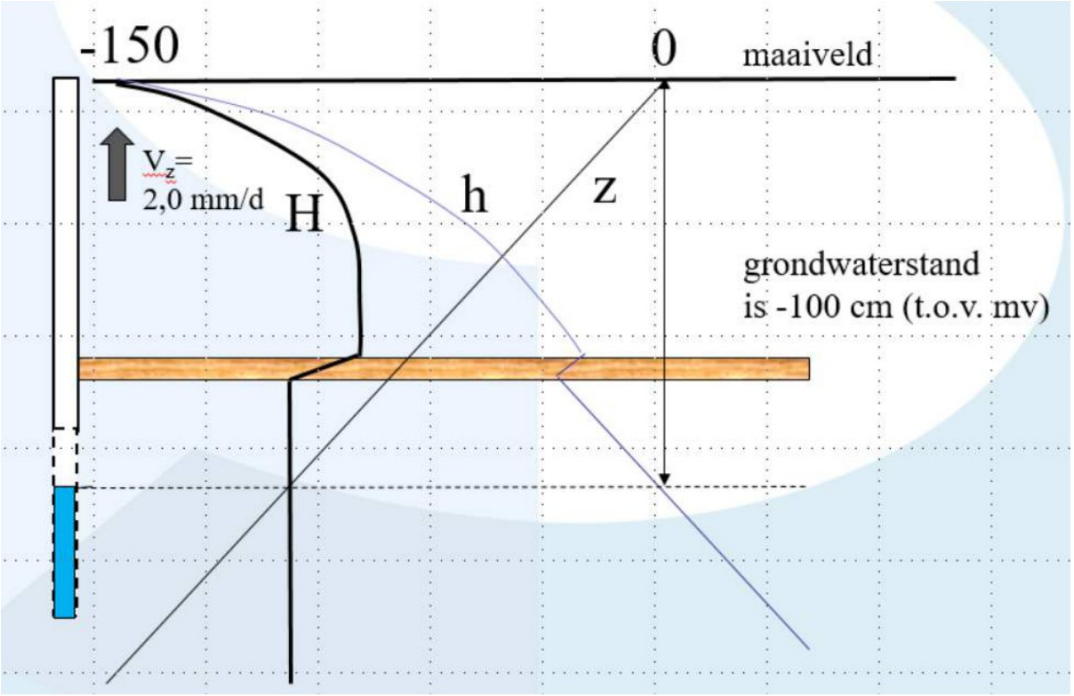
De hoeveelheid water in de grond boven de volcapillaire zone (de onverzadigde zone) hangt af van de drukhoogte. Hoe negatiever hoe minder water, gekarakteriseerd met de zogenoemde pF-curve.

Echter, als de onderdruk groter wordt dan het luchtintreewaarde wordt de grond onverzadigd en wordt de $k_z$ kleiner. Deze onverzadigde doorlatendheid is een functie van de drukhoogte. Hoe meer negatief de drukhoogte hoe geringer de doorlatendheid. Bij een gegeven relatie tussen drukhoogte en onverzadigde doorlatendheid (de zogenaamde k(h)-relatie), kan bij een gegeven verticale flux het verloop van $h$ en daarmee van $H$ worden berekend. Aldus kan een verloop als gegeven in onderstaande afbeelding worden berekend. Hierbij is er van uitgegaan dat de grond beneden de slecht doorlatende laag verzadigd blijft (geen gradiënt in $H$ want verticale weerstand verwaarloosbaar).




*Afbeelding C.5: Schematische voorstelling van het verloop van potentiaal, drukhoogte en plaatshoogte bij optreden van verticale neerwaartse flux, bij aanwezigheid van ondiep voorkomende weerstandbiedende laag, als grond boven weerstandbiedende laag onverzadigd wordt*

Bij een opwaartse flux (capillaire opstijging) is de potentiaalgradiënt omgekeerd. En omdat daardoor de drukhoogte meer negatief wordt neemt de onverzadigde doorlatendheid sterker af met toenemende afstand tot het grondwater c.q. tot de bovenkant van de slecht doorlatende laag. Aldus is het verloop van *H*, *h* en *z* als weergegeven in onderstaande afbeelding, waarbij nog steeds wordt aangenomen dat de grond onder de slecht doorlatende laag verzadigd blijft.




*Afbeelding C.6: Schematische voorstelling van het verloop van potentiaal, drukhoogte en plaatshoogte bij optreden van opwaartse verticale flux, bij aanwezigheid van ondiep voorkomende weerstandbiedende laag, als grond boven weerstandbiedende laag onverzadigd wordt.*

Als de drukhoogte vlak onder het maaiveld (waar de wortels zich bevinden) wordt genomen als maat voor de waterhuishoudkundige toestand van de standplaats van terrestrische vegetaties en landbouwgewassen is de relatie met de tegelijkertijd optredende grondwaterstand in hoge mate niet-eenduidig.

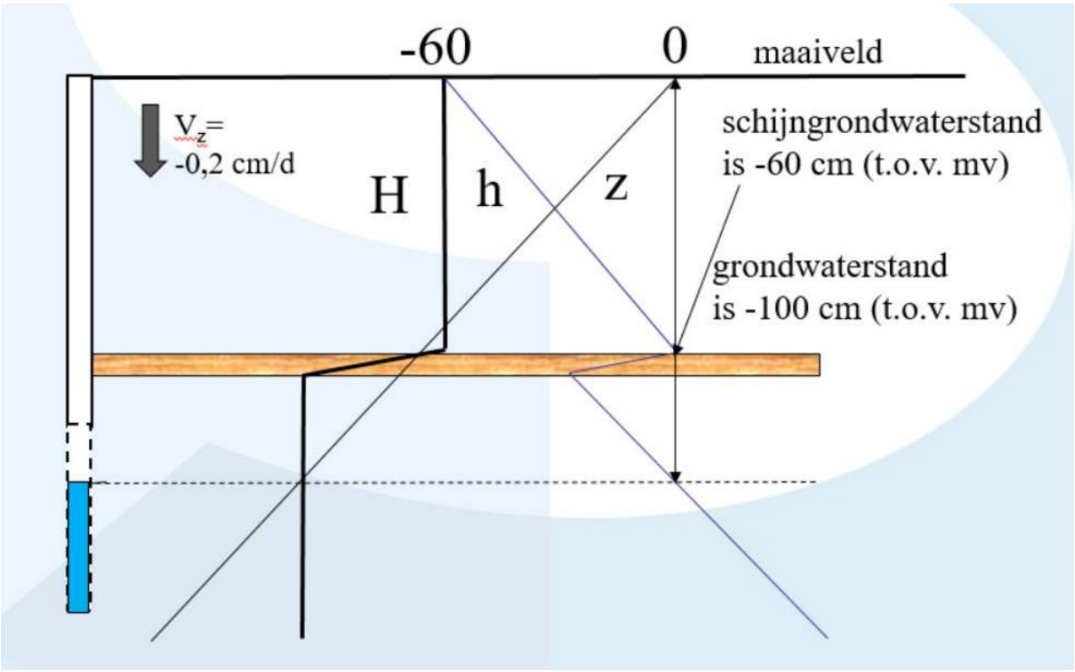
**Bevinding 4: de relatie tussen grondwaterstand en waterhuishoudkundige toestand van de grond in de wortelzone is op elk moment in hoge mate niet-eenduidig.**

Met niet-eenduidig wordt bedoeld dat veranderingen in de grondwaterstand zich niet 1 op 1 door vertalen naar de waterhuishoudkundige toestand in de wortelzone. Maar dat wil niet zeggen dat die toestand onafhankelijk daarvan is. Zolang de grond overal verzadigd blijft is en de verticale flux niet verandert, leidt een verlaging van de grondwaterstand met x cm tot eenzelfde verlaging van de drukhoogte in de wortelzone.

Zowel bij terrestrische vegetaties als landbouwgewassen gaat het om de gemiddelde waterhuishoudkundige toestand in een bepaalde periode gedurende een periode van meerdere jaren. En dan is er een correlatief verband op te stellen tussen een grondwaterstandskarakteristiek en de waterhuishoudkundige toestand van de wortelzone, waarbij impliciet rekening wordt gehouden de aanwezigheid van slecht doorlatende lagen.

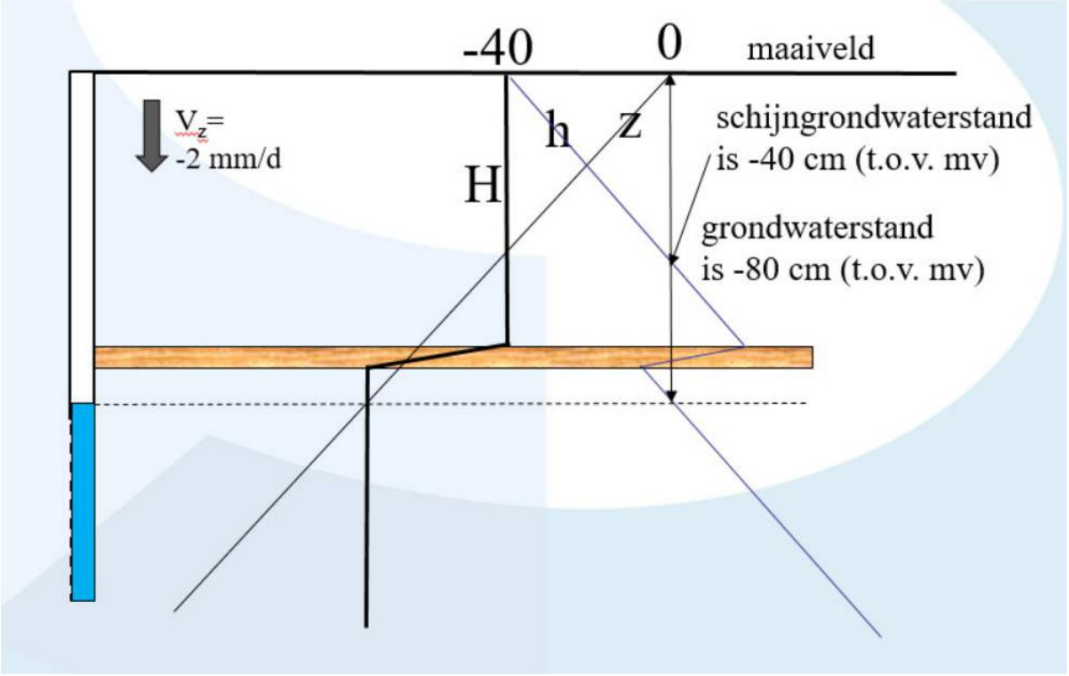
**Bevinding 5: er is een correlatief verband tussen een grondwaterstandskarakteristiek en de waterhuishoudkundige toestand van de grond in de wortelzone.**

Deze conclusie geldt ook als er schijngrondwaterstanden optreden. In Afbeelding 5 is te zien dat een slecht doorlatende laag boven de grondwaterstand niet perse leidt tot een schijngrondwaterstand. In de gegeven situatie treedt een schijngrondwaterstand op als de drukhoogte op 60 cm -mv (boven de slecht doorlatende laag groter of gelijk is dan 0 cm. De daarbij behorende potentiaal is groter of gelijk aan -60 cm. Een potentiaalverschil van 40 cm over de slecht doorlatende laag treedt bij een neerwaartse flux van 2 mm/d op als de weerstand groter gelijk is aan 200 d. Zie onderstaande afbeelding.




*Afbeelding C.7: Schematische voorstelling van het verloop van potentiaal, drukhoogte en plaatshoogte bij optreden van neerwaartse verticale flux bij aanwezigheid van ondiep voorkomende weerstandbiedende laag met een weerstand van 200 d, als grond boven weerstandbiedende laag verzadigd blijft.*

Als de grondwaterstand 20 cm wordt verhoogd wordt de schijngrondwaterstand ook 20 cm hoger en verandert de situatie zoals in onderstaande afbeelding wordt weergegeven.




*Afbeelding C.8: Schematische voorstelling van het verloop van potentiaal, drukhoogte en plaatshoogte bij optreden van neerwaartse verticale flux bij aanwezigheid van ondiep voorkomende weerstandbiedende laag met een weerstand van 200 d, met grondwaterstand 20 cm hoger t.o.v. situatie in Afbeelding 7, als grond boven weerstandbiedende laag verzadigd blijft*

**Bevinding 6: Het optreden van schijngrondwaterstanden betekent niet dat de relatie tussen grondwaterstand en waterhuishoudkundige toestand in de wortelzone wordt verbroken.**

Deze situatie wordt alleen minder eenduidig c.q. verbroken als de grond onder de slecht doorlatende laag onverzadigd wordt. Stel dat onder de slecht doorlatende laag tussen 60 en 70 cm -mv grond aanwezig is die kan worden gekarakteriseerd als matig fijn zand resp. matig grof zand. De onverzadigde doorlatendheid van deze 2 bodemtypen is duidelijk verschillend en kan worden beschreven met analytische functies (Rijtema, 1969):

De k(h)-relatie is als volgt te schrijven:

$$k(h) = k_{verzadigd} * e^{-(\alpha * abs(h))} \qquad [3]$$

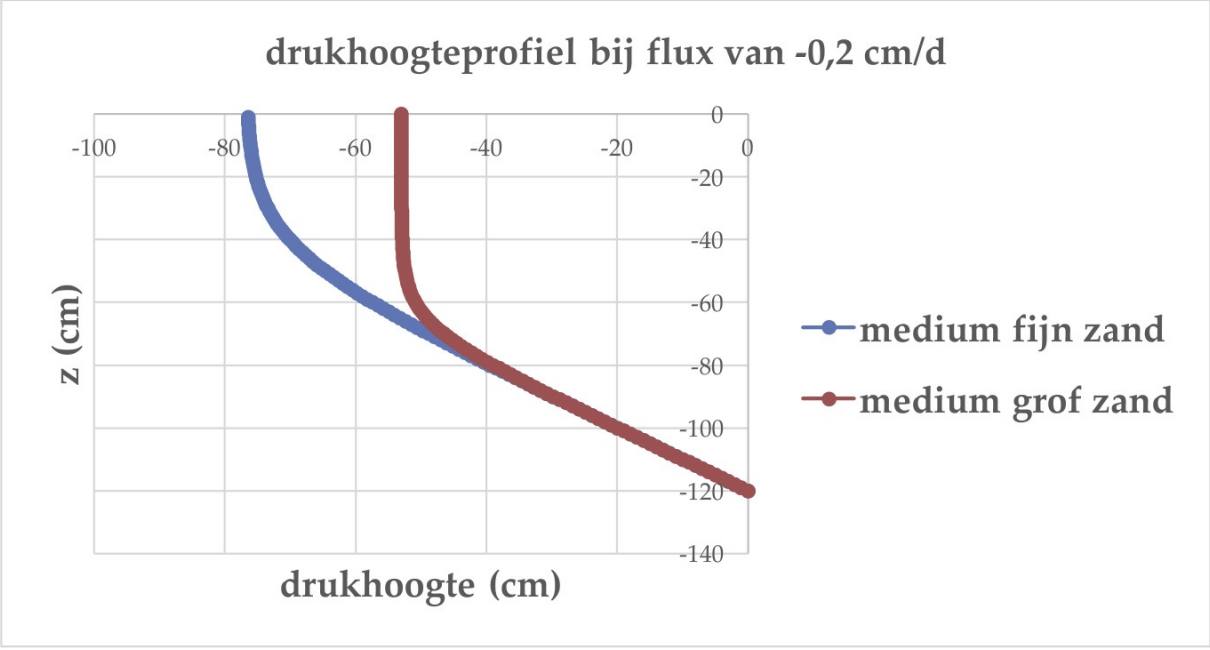
waarin $k$ is (on)verzadigde doorlatendheid (cm/d), $h$ is drukhoogte (cm) en $\alpha$ is factor (1/cm).

Het drukhoogteverloop boven de grondwaterstand is numeriek te berekenen met de volgende differentievergelijking, afgeleid van vergelijking [3]:

$$h_2 = h_1 - \Delta z(v_z/k_z(h)+1) \qquad [4]$$

waarin $h$ is drukhoogte (cm), $\Delta z$ is dikte van compartiment, $v_z$ is verticale fluxdichtheid (cm/d) en $k_z(h)$ is verticale, onverzadigde doorlatendheid (cm/d).

Het drukhoogteverloop boven de grondwaterstand kan worden berekend bij verschillende verticale flux-waarden. Bij een flux van -2 mm/d (neerwaarts gericht) wordt het drukhoogteprofiel voor matig fijn zand resp. matig grof zand zoals in onderstaande afbeelding weergegeven.




*Afbeelding C.9: Drukhoogteprofiel van 2 bodemtypen bij een grondwaterstand van 120 cm -mv en een neerwaartse flux van 2 mm/d.*

Daarin is te zien dat matig fijn zand bij grondwaterstanden dieper dan 70 cm de 1-op-1 relatie tussen hoogte boven de grondwaterstand en onderdruk begint af te zwakken en bij grondwaterstanden dieper dan 120 cm beneden een bepaald referentieniveau (bijvoorbeeld onderkant slecht doorlatende laag) de drukhoogte niet noemenswaardig meer terugloopt. Oftewel, verlaging van de grondwaterstand heeft dan geen invloed meer op de drukhoogte op dat referentieniveau. Bij matig grof zand begint de afzwakking reeds bij een grondwaterstand van 40 cm beneden een bepaald referentieniveau en bij een grondwaterstand van 80 cm beneden dat niveau de drukhoogte op dat niveau vrijwel onafhankelijk is van verdere grondwaterstandsverlaging.

**Bevinding 7: de relatie tussen grondwaterstand beneden een ondiep voorkomende slecht doorlatende laag en waterhuishoudkundige toestand boven de slecht doorlatende laag wordt afgezwakt c.q. verbroken als gevolg van het onverzadigd raken van de grond onder de slecht doorlatende laag.**

Echter, de grond onder de slecht doorlatende laag wordt alleen onverzadigd als er lucht van bovenaf kan toetreden. Dus door de slecht doorlatende laag met waarschijnlijk een hogere luchtintreewaarde en waarin bovendien de drukhoogte bij neerwaartse stroming oploopt. Als we de drukhoogte aan de bovenkant van de slecht doorlatende laag en de luchtintreewaarde van die slecht doorlatende laag als bepalend nemen voor het toetreden van lucht in de grond beneden de slecht doorlatende laag is de kans daarop (veel) geringer vergeleken met de aanname dat er 'luchtpijpjes' lopen naar elke diepte beneden het maaiveld.

**Bevinding 8: het is fundamenteel onjuist bij bepaling van de drukhoogteprofielen in de onverzadigde zone bij aanwezigheid van neerwaartse stroming de onverzadigde doorlatendheid op elke diepte te koppelen aan de drukhoogte op die diepte.**

Dat betekent dat bij (veel) diepere grondwaterstanden dan algemeen wordt aangenomen er een relatie is tussen die grondwaterstand en de waterhuishoudkundige toestand in de wortelzone, ook bij het optreden van schijngrondwaterstanden.

In het extreme geval dat geen lucht kan toetreden wordt de relatie pas verbroken als het water door onderdruk 'gaat koken', ongeveer bij een onderdruk van -700 cm.

*Seizoensvariatie in verticale flux*

De situatie zoals hier geschetst geldt bij neerwaartse flux. In de loop van het groeiseizoen droogt de grond boven de slecht doorlatende laag uit en dus ook de slecht doorlatende laag. Er kan dan alsnog lucht toetreden via de slecht doorlatende laag.

In het najaar wordt de grond boven de slecht doorlatende laag natter c.q. raakt verzadigd. De kans bestaat dat de lucht onder de slecht doorlatende laag raakt ingesloten waardoor een overdruk ontstaat waardoor de grondwaterstand stijgt zonder dat er water

stroomt. Dit is het zogenaamde Lisse-effect (Dekker et al., 2016)[1]. In de loop van de winterperiode zal echter de lucht kunnen ontsnappen omdat de doorlatendheid voor lucht groter is dan voor water. Veel zal afhangen van de ruimtelijke variabiliteit in dikte en doorlatendheid van de slecht doorlatende laag

**Bevinding 9: De aanwezigheid van een ondiep voorkomende slecht doorlatende laag boven de grondwaterstand leidt dus tot een in de tijd variabele relatie tussen verandering in de grondwaterstand en verandering in waterhuishoudkundige toestand boven de slecht doorlatende laag.**

*Optreden van interflow en maaiveldafvoer*

In de voorgaande beschouwing is aangenomen dat de neerwaartse flux als fluxrandvoorwaarde kan worden opgelegd. Echter bij het optreden van schijngrondwaterstanden kan er laterale drainage in werking treden naar greppels, ook wel aangeduid als interflow. En als de grondwaterstand stijgt tot aan het maaiveld kan maaiveldafvoer optreden. Beide vormen van drainage veranderen de relatie tussen grondwaterstand en waterhuishoudkundige toestand, in die zin dat hij wordt afgezwakt in het geval er interflow optreedt en vrijwel verloren gaat in het geval er maaiveldafvoer optreedt. Stel bijvoorbeeld dat de interflowweerstand 50 d is, dat wil zeggen dat de interflowflux kan worden berekend uit de hoogte van de schijngrondwaterstand boven het niveau van de bovenkant van de slecht doorlatende laag, gedeeld door 50. Voor de situatie van Afbeelding 7 wordt daardoor de schijngrondwaterstand verlaagd met 16 cm . Bij  10 cm hogere grondwaterstand wordt de schijngrondwaterstand met 2 cm verhoogd (in plaats van met 10 cm in het geval er geen interflow optreedt). De mate van doorwerking hangt af van de verhouding tussen de interflowweerstand (c.q. maaiveldafvoerweerstand) en de som van de interflowweerstand en de weerstand van de slecht doorlatende laag.

**Bevinding 10: het optreden van interflow en maaiveldafvoer verzwakt de relatie tussen grondwaterstand en waterhuishoudkundige toestand in de wortelzone en de mate van doorwerking is berekenbaar.**

• • •

## *Meten van grondwaterstanden*

Door Alterra is naar aanleiding van de discussie over Numerieke verdroging een rapport opgesteld[2]. De inhoud wordt hier bekend verondersteld.

Meting van de grondwaterstand in meetpunten met een filter met een beperkte lengte geeft de grondwaterstand zoals die ter hoogte van dat filter is. Bij enige verticale weerstand en bij een verticale flux is de gemeten grondwaterstand op elke diepte verschillend en de enig juiste grondwaterstand is de grondwaterstand die wordt gemeten in een waarnemingspunt met een kort filter juist op het niveau van de werkelijke grondwaterstand. Praktisch gezien is dat lastig maar meting van de grondwaterstand boven of beneden een slecht doorlatende laag met een weerstand van meer dan 20 d is wel haalbaar en nuttig. Een weerstand van 20 dagen leidt bij een flux van 2,5 mm/d (ongeveer de verticale flux die optreedt als de grondwaterstand gelijk is aan GHG) tot een stijghoogteverschil van 0,05 m. Dat de filter boven de weerstandbiedende laag droog kan vallen is veelal de reden daar geen filter te plaatsen.

## *Praktische implicaties voor het Boetelerveld*

De praktische implicaties van de hiervoor geschetste zaken kunnen groot zijn als in het Boetelerveld en de bufferzone ondiep weerstandbiedende lagen voorkomen.

In het Boetelerveld zij op 15 locaties vlak bij elkaar 3 grondwaterstandmeetpunten geplaatst met filters tussen 40 en 60, tussen 80 en 100 en tussen 200 en 220 cm -mv. In Bijlage 1 zijn de resultaten van metingen weergegeven. In natte perioden is in 7 van de 15 buizen een (aanzienlijk) verschil in gemeten grondwaterstand: 10 cm of meer.

**Bevinding 11: op diverse locaties in het Boetelerveld is een aanzienlijk verschil is tussen de gemeten grondwaterstanden op verschillende dieptes hetgeen indiceert dat er een ondiep voorkomende weerstandbiedende laag aanwezig is tussen 60 en 80 cm resp. tussen 100 en 200 cm -mv met een verticale weerstand is in de orde van 100 d.**

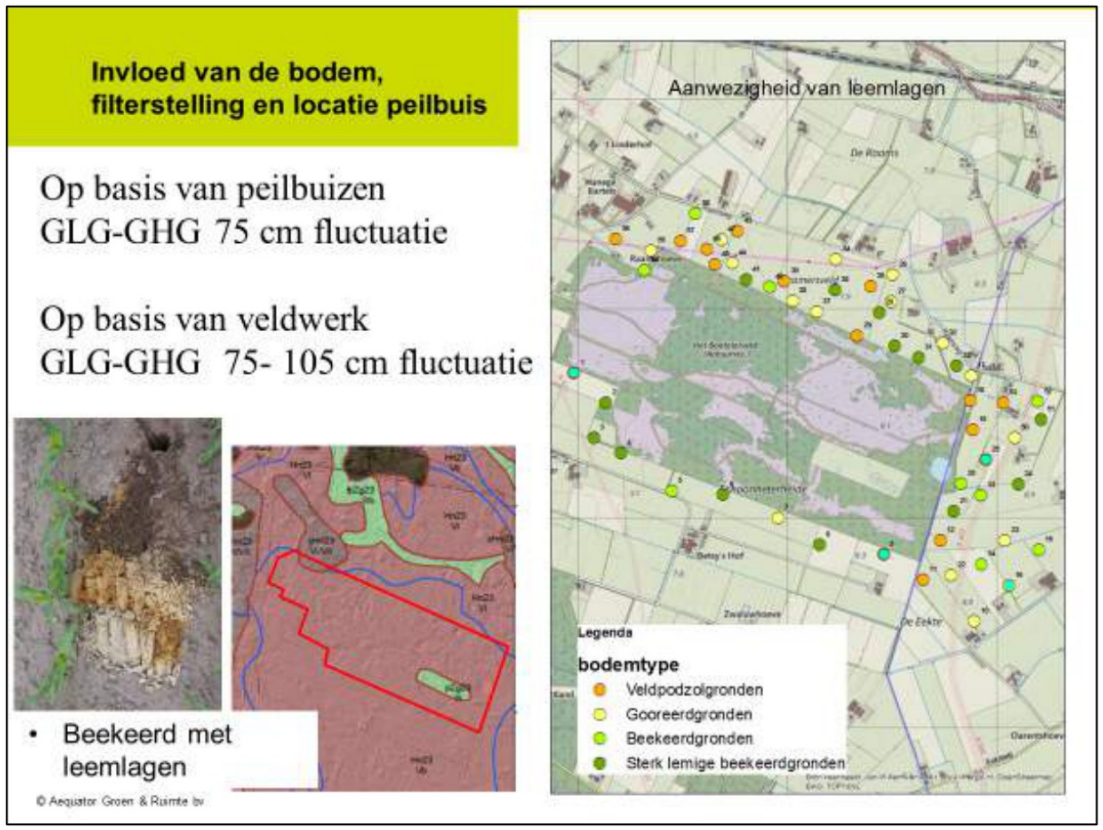
Dit heeft belangrijke implicaties voor de modellering van het Boetelerveld en omgeving. Indien de ondiep voorkomende weerstandbieden laag niet in het model is opgenomen wordt in een GVG-situatie in delen van het Boetelerveld een te diepe grondwaterstand berekend.

**Bevinding 12: het niet in het model opnemen van een ondiep voorkomende weerstandbiedende laag biedt een verklaring voor de discrepantie tussen gemodelleerde GVG en de aanwezigheid van Natte heide.**

Omdat er geen afvoer van regenwater kan plaats vinden uit het Boetelerveld leidt een verandering van de grondwaterstand onder de ondiep slecht doorlatende laag als gevolg van vernattingsmaatregelen tot min of meer eenzelfde verandering van de grondwaterstand boven de slecht doorlatend laag. Min of meer want niet-stationaire effecten en herverdeling van het neerslagoverschot als gevolg van maaiveldafvoer en interflow kunnen dit beeld verstoren.

**Bevinding 13: bij de modellering van de effecten van vernattingsmaatregelen is het niet in model opnemen van een ondiep voorkomende weerstandbiedende laag minder bezwaarlijk.**

In het omringende landbouwgebied komt op diverse plaatsen ondiep in het profiel een slecht doorlatende laag voor. Vergelijking van metingen in filters en de door Aequator uitgevoerde bodemkartering laat zien dat de gekarteerde GHG gemiddeld 0-40 cm hoger is dan in de grondwaterstandsmeetpunten. De op basis van profielkenmerken bepaalde verschil tussen GHG en GLG is groter dan de gemeten fluctuatie in de peilbuizen. Als wordt aangenomen dat er geen verschil is tussen gekarteerde en gemeten GLG wordt de grotere gekarteerde fluctuatie veroorzaakt door een hogere GHG. Zie onderstaande afbeelding uit presentatie [redacted] voor cursus Agrohydrologie.




*Afbeelding C.10: invloed van de bodem op verschil tussen gemeten en gekarteerde GHG (Bron: E. van Essen)*

Ook uit de boorbeschrijvingen van de door Alterra uitgevoerde bodemkartering kan worden opgemaakt dat in diverse profielen ondiep (tussen 0 en 120 cm -mv) lemige of sterk lemige lagen voorkomen. Het voorkomen van ploegzolen vlak onder bouwvoor of dichtslibbing van de bovenkant van de bouwvoor door toevoer van slib als gevolg van maaiveldafvoer wordt sowieso niet gekarteerd.

**Bevinding 14: in het landbouwgebied rond het Boetelerveld komen op diverse locaties ondiepe weerstandbiedende lagen voor.**

Handhaven of aanleg van greppels (met de bodem boven de bovenkant van de slecht doorlatende laag) en soortgelijke voorzieningen op landbouwpercelen kan de effecten van de vernattingsmaatregelen (effecten **onder** de slecht doorlatende laag) voor een deel te niet doen. De mate waarin is sterk afhankelijk van de mate waarin de grondwaterstand boven de slecht doorlatende

laag wordt beïnvloed door de greppels en de weerstand van de slecht doorlatende laag. Indien de greppels slechts actief zijn in erg natte perioden (bijvoorbeeld als er plassen op het land staan omdat de infiltratiecapaciteit onvoldoende is) en zeer ondiep zijn is het te-niet-doen-effect beperkt. Indien de afzwakkende werking gering is biedt dit mogelijkheden de drainerende werking van de greppels te handhaven of te verbeteren (door de te zorgen dat de greppels ook kunnen afvoeren.)

**Bevinding 15: de aanwezigheid van een ondiep voorkomende weerstandbiedende laag in (delen van) landbouwpercelen biedt mogelijkheden voor nadere uitwerking van vernattingsmaatregelen.**

### *Literatuur*


Bakel, P.J.T. van, B. van der Waal, M. de Haan, J. Spruyt en A. Evers, 2007. HELP-2006. Uitbreiding en actualisering van de HELP-2005-tabellen ten behoeve van het Waternood-instrumentarium. Stowa-rapport 2007-13.

Bartholomeus, R., J. Kroes, J. van Bakel, M. Hack-ten Broeke, D. Walvoort en F. Witte, 2013. Actualisatie Schadefuncties Landbouw; fase 1. STOWA-rapport 2013-22.

Dekker, L.W., K. Oostindie en J.G. Wesseling, 2016. Lisse effect, Wieringermeer effect en omgekeerd Wieringermeer effect: internationaal erkend. Stromingen 26 (2016), nr. 2.

Hack, M., J. Kroes, R. Bartholomeus, J van Dam en J. van Bakel, 2015. Beter systeem voor bepalen waterschade. Water Matters. Kenniskatern voor waterprofessionals.

Rijtema, P.E. , 1969. Soil moisture forecasting. ICW-nota 513.

Ritzema H. et al., 2015. Meten en interpreteren van grondwaterstanden. Alterra-rapport 2345.

Runhaar, J., J.C. Gehrels, G. van der Lee, S.M. Hennekens, W. Wamelink, W. van der Linden en P.G.B. van der Louw, 2002. Waternood Deelrapport 5. Doelrealisatie Natuur. Rapport 2002-26, STOWA-Utrecht.

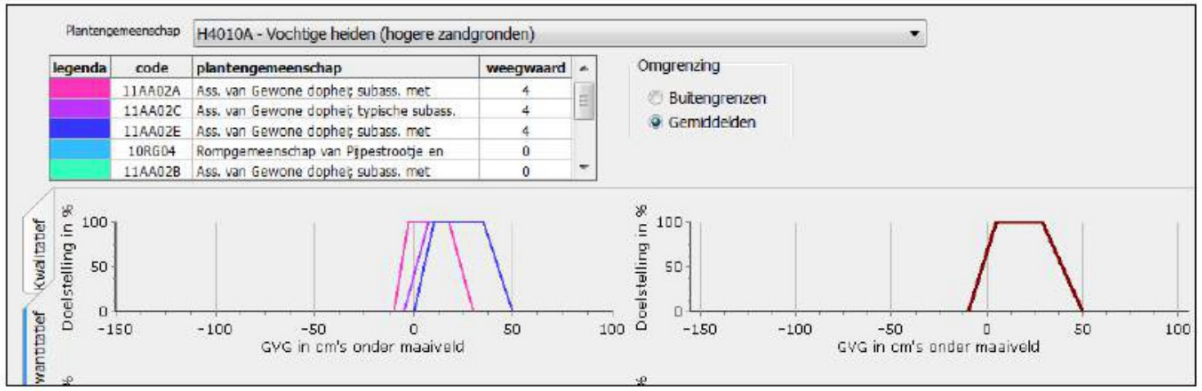
# Bijlage D: Toelichting Doelgat GVG Boetelerveld

De hydrologische opgave voor de vochtige habitats van het Boetelerveld betreft hogere voorjaarsgrondwaterstanden en langer hogere grondwaterstanden. In de hydrologische systeemanalyse van Jansen wordt gesproken over een verhoging van de wintergrondwaterstanden van +0-20 cm aan de oostkant, 20-30 cm in het centrale deel en 30-40 cm aan de westkant.

Op basis van de extra peilbuizen en met name de Gt-kartering van Alterra hebben we de hydrologische opgaven (het zogenaamde doelgat) verder verkend.

## Te hanteren criterium

De hydrologische randvoorwaarden voor het belangrijkste habitattype in het Boetelerveld (Vochtige heide) zijn vooral gerelateerd aan hoge grondwaterstanden die in het voorjaar ook hoog blijven, tot ca. 15 april. In het Waternoodinstrumentarium (Runhaar et al., 2002)[3], een van de meest gebruikte systemen om de relatie tussen habitat en hydrologie te leggen, is dit vertaald in een relatie tussen GVG en doelrealisatie. Voor het habitattype Vochtige heiden (H4010A) is de relatie van toepassing zoals in onderstaande afbeelding weergegeven.




*Afbeelding A-1: Mate van doelrealisatie van natte heiden als functie van de GVG*

3 Runhaar, J., J.C. Gehrels, G. van der Lee, S.M. Hennekens, W. Wamelink, W. van der Linden en P.G.B. van der Louw, 2002. Waternood Deelrapport 5. Doelrealisatie Natuur. Rapport 2002-26, STOWA, Utrecht.

De rechtertrapezium is de omhullende van de relaties voor de 3 betreffende subassociaties en geeft weer dat dat bij een GVG tussen 5 en 35 cm de doelrealisatie 100% is. Links en rechts van dit traject loopt de doelrealisatie over een bepaalde range van de GVG af naar 0%. Als de doelrealisatie geen 100% is er sprake van een doelgat.

Op basis hiervan hebben wij (in overleg met de klankbordgroep) de grens van 35 cm-maaiveld genomen als ondergrens waarbij vochtige heiden niet meer optimaal voorkomen en er dus maatregelen moeten worden genomen voor wat betreft duurzame instandhouding.

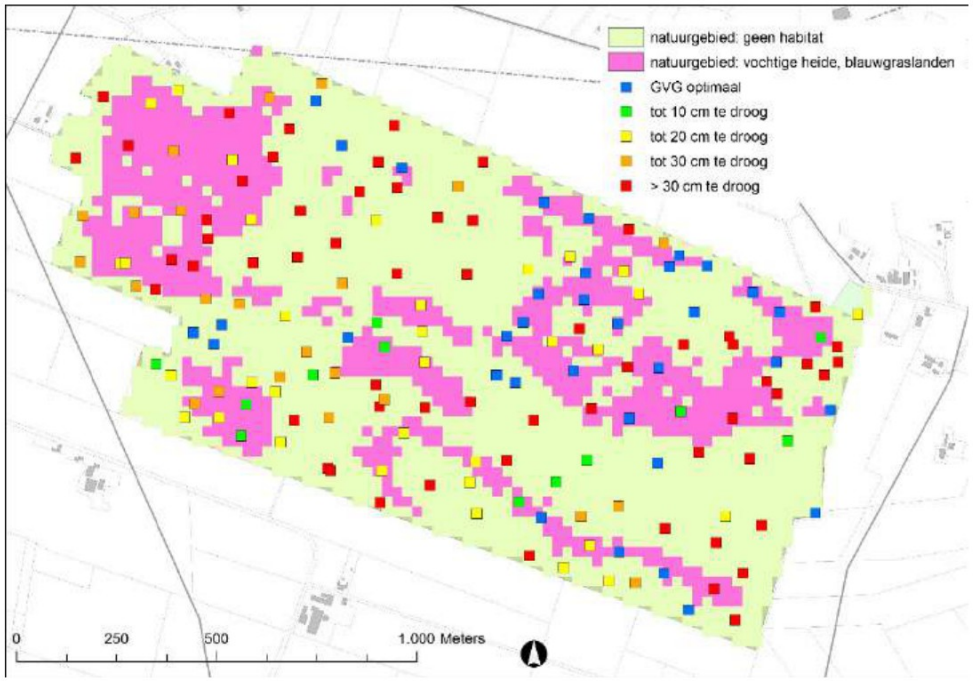
### *Huidige situatie en situatie na maatregelen*

In onderstaande kaarten staat het doelgat voor de GVG in het Boetelerveld voor de huidige situatie (zowel op de meetlocaties van Alterra (Afbeelding A.1), als een vlakdekkende inschatting (Afbeelding A.2)) op basis van Waternood, uitgaande van de grenzen voor Vochtige heide. De huidige GVG is gebaseerd op de gedetailleerde Gt-kartering van Alterra in 2016. De GVG is bepaald uit de GHG en GLG met de standaard omrekening GVG = 0,84xGHG + 0,19xGLG + 5,4) en daarna geïnterpoleerd om te komen tot een vlakdekkend beeld. Er zijn twee interpolatiemethoden gebruikt en de statistieken gemiddeld om te komen tot een goede verwachting van de ha's doelgat.

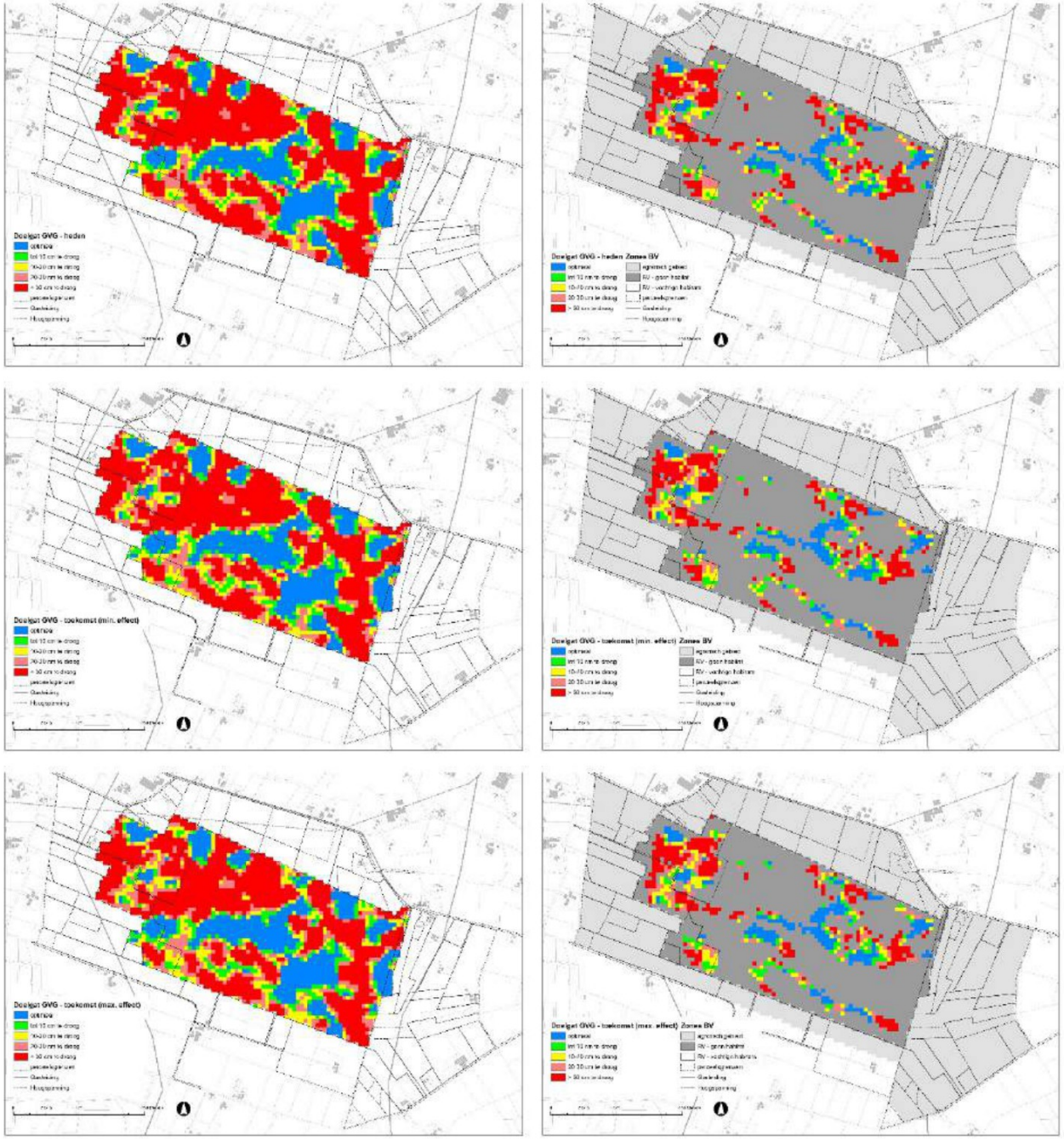
In tabel A.1 staat weergegeven voor hoeveel hectares het GVG-doel (35 cm-mv) wordt bereikt voor (1) de habitatgebieden en (2) voor het gehele Boetelerveld, voor zowel (a) de huidige situatie als (b) met de voorgestelde maatregelen. Volgens deze statistieken is duidelijk dat in de huidige situatie voor slechts 7,4 ha habitats aan de GVG-eis voldoet en voor het gehele natuurgebied slechts 28,5 ha (16%). Na maatregelen (huidig maatregelpakket; maximaal te verwachten effecten) neemt het areaal iets toe (naar 9,2 ha) voor de habitats. Voor het gehele Boetelerveld is dan 33,9 ha optimaal (27% van het oppervlakte). Ter informatie zijn ook de statistieken gepresenteerd voor het suboptimale bereik (<45 cm-mv), omdat de gevoeligheid van de parameter GVG weer te geven. De onzekerheden in maaiveldhoogte bijvoorbeeld (door dichte heidegroei lastig te bepalen in het AHN) zal ordegrootte 10 cm zijn. Dit beïnvloed niet de effecten, maar wel de huidige oppervlakte optimale GVG.

*Tabel A.1: Aantal ha optimale GVG voor gebieden die nu als vochtig habitat zijn aangewezen in het Boetelerveld en voor de overige delen van het Boetelerveld. Verschillende varianten: heden, toekomst met min. effect maatregelpakket en toekomst met max. effect maatregelpakket + suboptimale GVG als ook de ha's die binnen 10 cm van optimaal verwijderd zijn (GVG = maximaal 45 cm.)*

| | *totaal opp.* | optimale GVG heden | optimale GVG + tot 10 cm te droog heden | toekomst na maatregelen (min. effect) | optimale GVG + tot 10 cm te droog toekomst na mtr (min. effect) | toekomst na maatregelen (max. effect) | optimale GVG + tot 10 cm te droog toekomst na mtr (max. effect) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **opp [ha] - habitats** | *51,3* | 7,4 | 12,3 | 8,5 | 13,8 | 9,2 | 14,8 |
| **opp [ha] - niet-habitats** | *122,3* | 21,1 | 29,5 | 23,5 | 32,6 | 24,7 | 34,7 |
| **totaal opp [ha] optimale GVG** | *173,6* | 28,5 | 41,8 | 32,0 | 46,4 | 33,9 | 49,4 |
| **% van totaal areaal Boetelerveld** | *100%* | 16% | 24% | 18% | 27% | 20% | 28% |




*Afbeelding A.1: GVG-doelgat op meetlocaties Alterra binnen het Boetelerveld*



*Afbeelding A.2: GVG-doelgat heden en in de toekomst nadat het maatregelpakket genomen is, waarbij het minimale en maximale verwacht effect is meegenomen.*

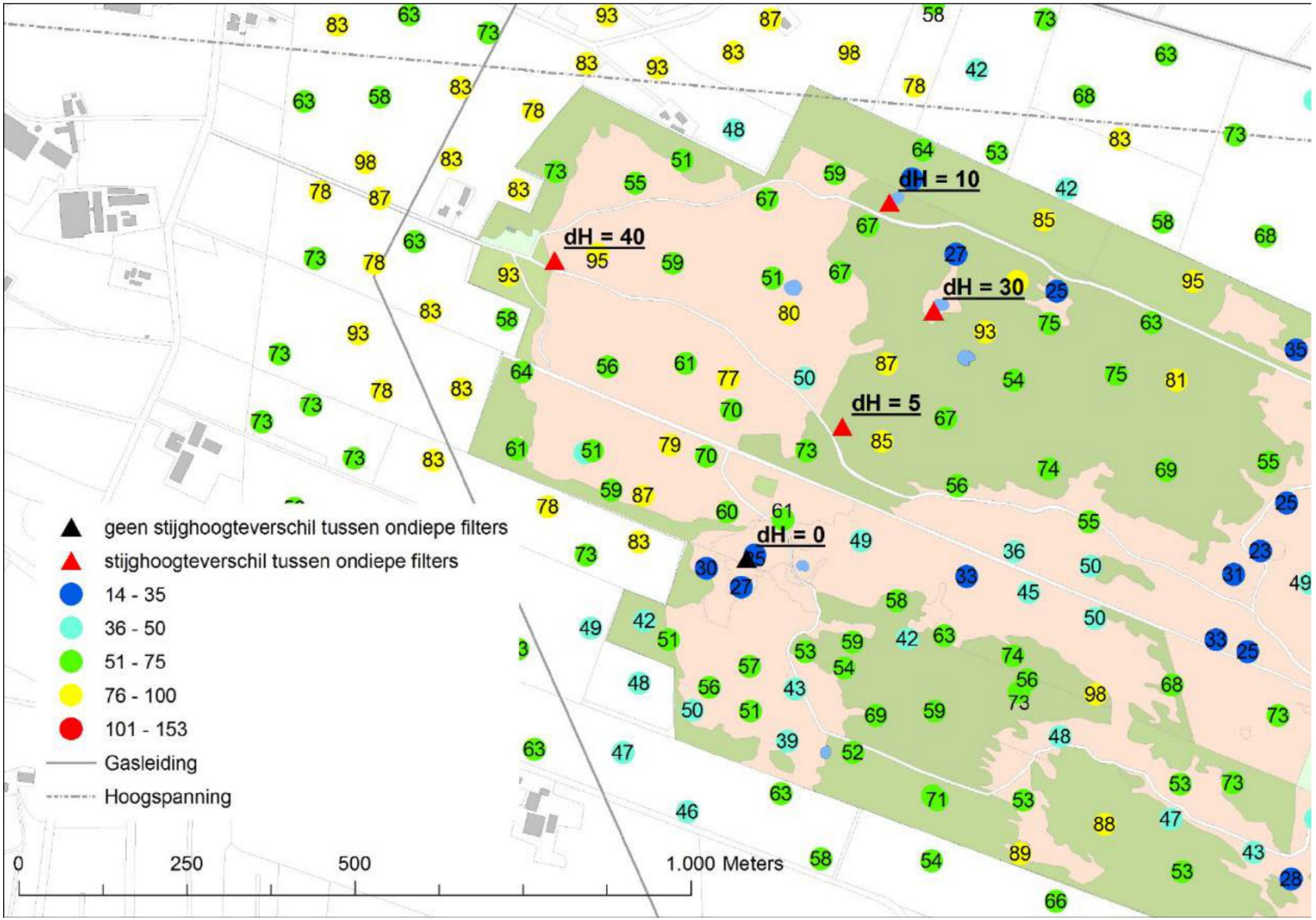
## Bevindingen

In de huidige situatie komt slechts op 7,4 ha van de 51,8 ha aan vochtige habitats een optimale GVG voor. Dat is bijzonder omdat de habitatkarteringen geen extreem slechte toestand laten zien (mondelinge mededeling [redacted] in de klankbordgroep). Ook in het westelijk deel dat grotendeels te droog is, komt vochtige heide voor. Dit heeft geleid tot de vraag of de GVG eis van maximaal 35 cm wel passend is.

Het Boetelerveld kenmerkt zich door ondiepe leemvoorkomens (< 50 cm-mv) waardoor lokaal hogere grondwaterstanden worden aangetroffen of in ieder geval een natte bovenlaag wordt aangetroffen. Mogelijk is een verzadigde bovengrond voor Vochtige Heide voldoende en hoeft de GVG niet ondieper te staan dan 35 cm-mv.

Daarnaast blijkt het lastig om de correcte GVG te meten in het veld. Alterra heeft de GHG en de GLG bepaald, op basis daarvan hebben wij de GVG bepaald. In een van de nieuwe peilbuislocaties, juist in het westelijk deel van Boetelerveld, zien we een sprong in grondwaterstand tussen de eerste 50 cm en 100 cm. Dat betekent dat binnen de 120 cm –mv de lokale leem-/weerstandbiedende voorkomens juist een groot effect hebben. De kans is groot dat de GVG's op basis van gemeten GHG en GLG in de boorgaten hier en daar te droog zijn vastgesteld (zie verder Bijlage B2).

Opvallend in de kaart van de westkant van het Boetelerveld (zie hieronder) is dat de reeksen met een gemeten grondwaterstandsprong (peilsprong; dH) juist in de delen liggen met droge GVG. De enige reeks in het westelijk deel van Boetelerveld zonder zichtbare grondwaterstandsprong (27HG004) ligt in het gebied met natte GVG, daar is dus het regionale grondwater gelijk aan het lokale grondwater. De overige reeksen staat het regionale grondwater lager dan het lokale grondwater. Maar ook de Alterra meetlocaties laten hier drogere situaties zien dat de peilbuizen laten zien. In bijlage C is een uitgebreide analyse te vinden over dit fenomeen, en waarom de standplaatssituatie mogelijk goed is, zonder dat de GVG optimaal is.



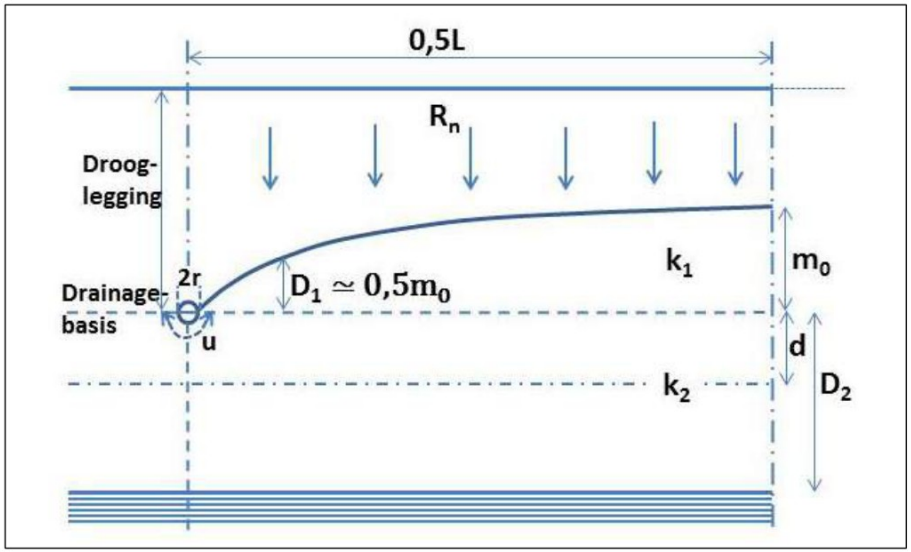

*Afbeelding A.2: Berekende GVG punten op basis van Alterra metingen in combinatie met stijghoogteverschillen van peilputten in het westelijk deel van het Boetelerveld. (herhaling van Afbeelding 2 uit het hoofddocument)*

# Bijlage E: De formule van Hooghoudt

De formule van Hooghoudt is ontwikkeld voor stationaire grondwaterstroming naar evenwijdig liggende drains of sloten met een oneindige lengte. Hij kan als volgt worden geschreven:

$$q_d = \frac{8k_2 d m_0 + 4k_1 m_0^2}{L^2}$$

waarin $q_d$ is afvoer per eenheid van oppervlak (m/d), gelijk aan de grondwateraanvulling, $k_1$ en $k_2$ is de verzadigde, horizontale doorlatendheid van de grond boven resp. onder drainniveau (m/d), $D_1$ is gemiddelde dikte watervoerende laag boven drainniveau, $D_2$ is dikte watervoerende laag beneden drainniveau (m), $L$ is drainafstand (m) en $d$ is de dikte van de equivalentlaag (m). Zie ook onderstaande afbeelding.




*Afbeelding B.1: Schematische voorstelling van stromingssituatie waarvoor de formule van Hooghoudt op van toepassing is*

De dikte van de equivalentlaag, d, is kleiner dan de dikte van de watervoerende laag beneden de drainagebasis. Hiermee wordt de radiale weerstand verdisconteerd.

# Bijlage F: Veldbezoeken

## Raamwerk keukentafelgesprekken

**Naam:**

**Datum gesprek:**

**Type bedrijf:**

**Locatie perce(e)l(en):**

**(uitsnede eigenarenkaart met zwarte omlijnd perceel of percelen)**

**Landbouwkundig gebruik (heden en verleden):**

**Herkenning c.q. aanvulling op bodem- en grondwatertrappenkaart:**

**Inschatting effect van maatregelen in bufferzone:**

**Inschatting effect van maatregelen buiten bufferzone:**

**Overige informatie:**

## *Aankondiging veldbezoeken aan de grondeigenaren en -gebruikers*

Geachte grondeigenaar of grondgebruiker,

Vanaf 26 januari gaat het Deskundigenteam Hydrologie Boetelerveld veldbezoeken afleggen bij grondeigenaren en grondgebruikers in de bufferzone van het Boetelerveld. Dit wordt gedaan in het kader van de voorbereiding van het inrichtingsplan Natura2000.

U bent grondeigenaar of gebruiker van grond in de bufferzone. Met deze aankondiging willen wij u graag informeren over wat u kunt verwachten tijdens het veldbezoek.

Doel van het veldbezoek is om met de grondeigenaar of –gebruiker de percelen in de bufferzone te bezoeken en informatie op te halen over de hydrologische gesteldheid van de grond, zowel nu als in het verleden.

Wij zijn erg geïnteresseerd in uw ervaringen met natheid en droogte van de grond, bewerkingsproblemen, etc. We willen in ieder geval graag de volgende zaken bespreken:
- Hoe gebruikt u de grond (grasland beweid en gemaaid, grasland alleen gemaaid, mais)?
- Wat zijn uw ervaringen met berijdbaarheid en/of beweidbaarheid?
- Zijn bodemverbeteringen uitgevoerd (egaliseren, diepploegen, anders?)
- Welke periode van het jaar zijn de sloten rond uw perceel watervoerend (staat er water in)?

Recent is door Alterra een nieuwe bodemkaart en grondwaterkaart gemaakt van het Boetelerveld en de bufferzone. In de bijlage bij deze aankondiging zijn deze bijgevoegd, zodat u hiervan reeds kennis kunt nemen. Er is voldoende ruimte bij het veldbezoek om de kaarten te bespreken.

Het veldbezoek duurt ca. 2,5 uur. We willen binnen starten, bij voorkeur bij u thuis of op uw bedrijf. Binnen zullen we ons over de kaarten buigen en algemene zaken bespreken. Dit duurt naar verwachting ½ - ¾ uur. Daarna gaan we de percelen bezoeken en onze bespreking in het veld voortzetten.

Bij het gesprek zijn altijd twee leden van het deskundigenteam hydrologie aanwezig en [redacted] vanuit LTO/projectgroep Boetelerveld. Met [redacted] kunt u vooraf ook zaken afstemmen als u vragen heeft over het veldbezoek, de planning, of anderszins.

Uw veldbezoek staat gepland:
Datum:
Tijd:
Locatie:

Met vriendelijke groeten,
Deskundigenteam Hydrologie Boetelerveld: [redacted]
19 januari 2017

*Lijst bezochte grondeigenaren / -gebruiker*

| datum | tijd | grondgebruiker/ eigenaar | DT-leden veldbezoek |
|---|---|---|---|
| 10-2-2017 | 9:30 | [redacted] | [redacted] |
| 26-1-2017 | 14:30 | [redacted] | [redacted] |
| 3-2-2017 | 9:30 | [redacted] | [redacted] |
| 13-2-2017 | 9:30 | [redacted] | [redacted] |
| 14-2-2017 | 9:30 | [redacted] | [redacted] |
| 26-1-2017 | 9:30 | [redacted] | [redacted] |
| 3-2-2017 | 12:00 | [redacted] | [redacted] |
| 3-2-2017 | 14:30 | [redacted] | [redacted] |
| 6-2-2017 | 9:30 | [redacted] | [redacted] |
| 6-2-2017 | 12:00 | [redacted] | [redacted] |
| 7-2-2017 | 9:45 | [redacted] | [redacted] |
| 7-2-2017 | 12:00 | [redacted] | [redacted] |
| 7-2-2017 | 15:00 | [redacted] | [redacted] |
| 13-2-2017 | 12:00 | [redacted] | [redacted] |
| 26-1-2017 | 12:00 | [redacted] | [redacted] |
| 10-2-2017 | 13:30 | [redacted] | [redacted] |
| 10-2-2017 | 14:30 | [redacted] / [redacted] | [redacted] |
| 10-2-2017 | 17:00 | [redacted] | [redacted] |
| 13-2-2017 | 14:30 | [redacted] | [redacted] |
| 14-2-2017 | 9:30 | [redacted] | [redacted] |
| 17-2-2017 | 16:30 | [redacted] | [redacted] |

*Voorbeeld ODK observaties*

Veldwaarnemingen Breen, 7 februari 2017



| | | |
|---|---|---|
| 140 | Sloot |  Tijdens het veldbezoek (7/2/17) staat er water in de sloot. In de zomer staat de sloot droog. De slootdiepte is 160 cm. Sloot heeft eigenlijk altijd een kleine laag water, op het moment min of meer gelijk aan de grondwaterstand. De sloot is goed onderhouden en de duikers werken. |
| 141 | Natte plek |  Iedere winter is hier dit deel van het perceel (0,2 ha) nat. Tijdens deze droge winter is het niet nat. Het perceel is smal, de natte plek is een belemmering voor de |

| | | |
|---|---|---|
| | | bereikbaarheid van de rest van het perceel. Vaak kan het bemesten hierdoor een paar weken later pas plaatsvinden. |
| 142 | Sloot |  <br>Tijdens het veldbezoek (7/2/17) staat geen water in de sloot. Normaal staat er in de winter een waterlaagje in de sloot. Slootdiepte is 50 cm min maaiveld, het talud is verflauwd door de buurman, daarom is het beeld van de sloot nu vreemd. |
| 143 | Natte plek |  <br>Tot een aantal jaar terug was dit een natte plek. De laatste ca. 8 tot 10 jaar niet meer. Het is niet bekend waarom. Mogelijk is het een effect van de nieuwe poel bij de buren. |

| | | |
|---|---|---|
| 144 | Perceel |  <br>Grasperceel wordt gemaaid en beweid. Geen grondverbeteringen. Goede grond, nooit last van droogte. Middendeel van het perceel is zeer goed. |
| 145 | Perceel |  <br>Grasperceel wordt gemaaid en beweid. Vanaf hier verandert de toestand van de grond en is het natter. |

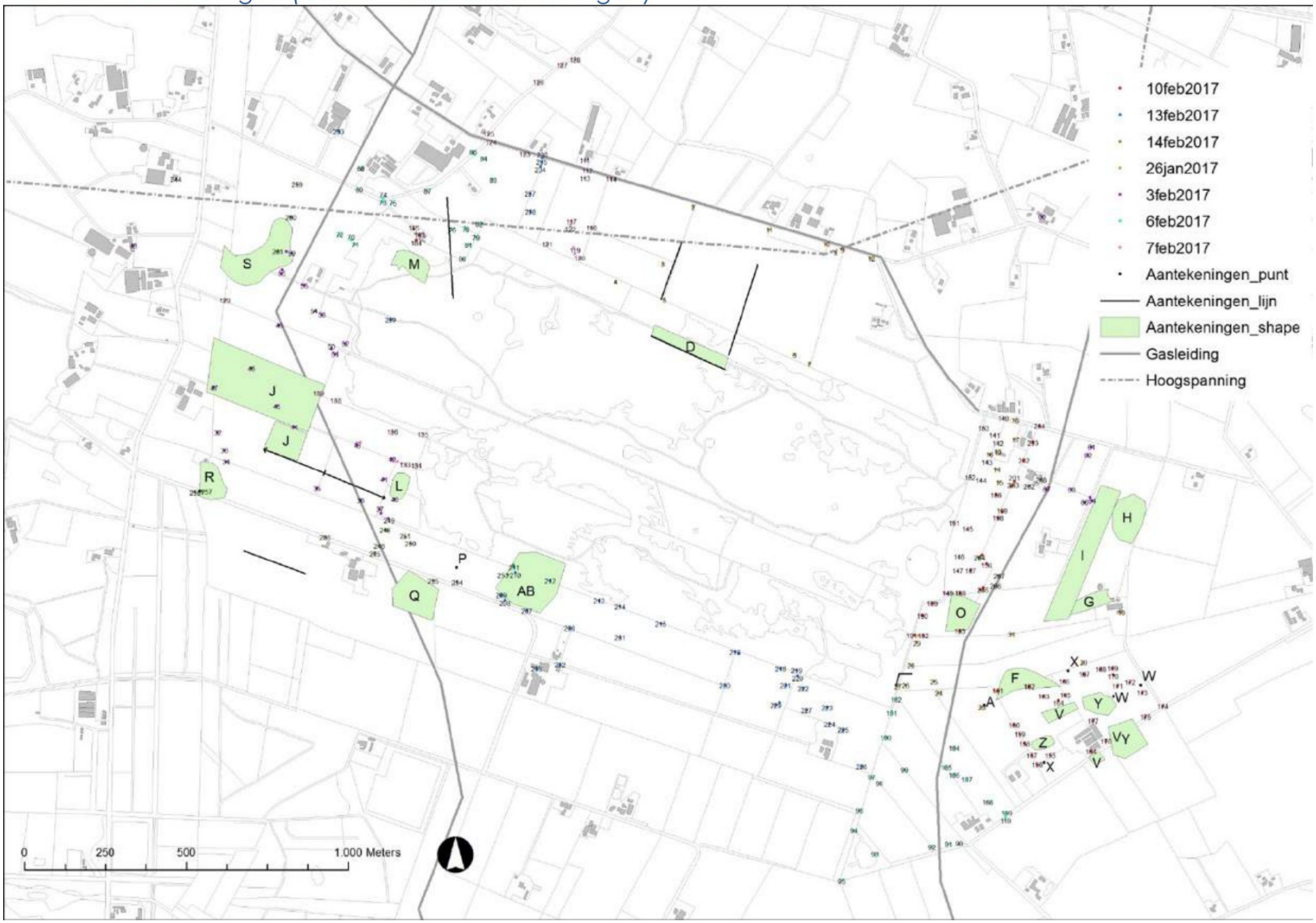
| | | |
|---|---|---|
| 146 | Perceel |  <br>Grasperceel wordt gemaaid en beweid. Dit deel van het perceel is pas sinds 2 jaar grasland, daarvoor maïsland. |
| 147 | Perceel | Grasperceel wordt gemaaid en beweid. Het gevoel is dat hier een oostwest baan van lemiger materiaal voorkomt, richting het rietgat. Vette grond. Ook verder oostelijk van dit perceel loopt dit door. |
| 148 | Sloot |  <br>Tijdens het veldbezoek (7/2/17) staat er flink wat water in de sloot. De slootdiepte is ongeveer 70 cm en de waterdiepte 40 cm. Het westelijk deel is afgegraven, eerder zag dit deel er net zo uit als het oostelijk deel. In het westelijk deel staat nu een klein beetje water en duidelijk verondiept. |

| | | |
|---|---|---|
| 149 | Sloot |  <br>Greppel is verondiept, maar dat is niet merkbaar in het perceel. De grenssloot aan de westkant is dominant. |
| 150 | Sloot |  <br>Tijdens het veldbezoek (7/2/17) staat er water in de sloot. De slootdiepte is 60 cm min maaiveld en de waterdiepte is 25 cm min maaiveld. In de zomer staat de sloot droog. In de winter staat er altijd water, tijdens een natte periode staat de sloot vol en het duurt vrij lang voordat de sloot droog staat. Het water stroomt nu niet, gaat pas stromen als de waterdiepte 20 tot 30 cm hoger is. Voor wateraanvoer is de sloot dichtgemaakt, zie foto. |

| | | |
|---|---|---|
| 151 | Sloot |  Tijdens het veldbezoek (7/2/17) staat er water in de sloot. De slootdiepte is 50 cm min maaiveld en de waterdiepte is 30 cm. |
| 152 | Sloot |  Tijdens het veldbezoek (7/2/17) staat er water in de sloot. De slootdiepte is 80 cm en de waterdiepte is 10 cm. Op deze plek is het hoogste punt van de slootbodem, dus dit punt bepaald of afvoer mogelijk is. Iedere winter wordt de sloot geschoond. Afgelopen winter is de bodem ca. 20 cm verdiept op deze plek bij het schonen. |

| | | |
|---|---|---|
| 153 | Sloot |  <br>Tijdens het veldbezoek (7/2/17) staat er water in de sloot. De slootdiepte is 80 cm en de waterdiepte is 10 cm. |

*Alle veldwaarnemingen (ODK en losse aantekeningen)*



# Bijlage G: Effecten dempen randsloottrajecten in de omgeving van het Grote Rietgat

## Aanleiding

Na bespreken van de conceptversie van het rapport 'De hydrologische effecten van de maatregelen in het Boetelerveld en omgeving' van het Deskundigenteam Hydrologie Boetelerveld (DTHB) in de projectgroep ontstond de behoefte om kennis te hebben van de effecten van Aanbeveling 2 (AB 2 uit Tabel 1) op de omliggende agrarische gronden en de omgeving van het Grote Rietgat.

In deze notitie zijn deze effecten uitgewerkt.

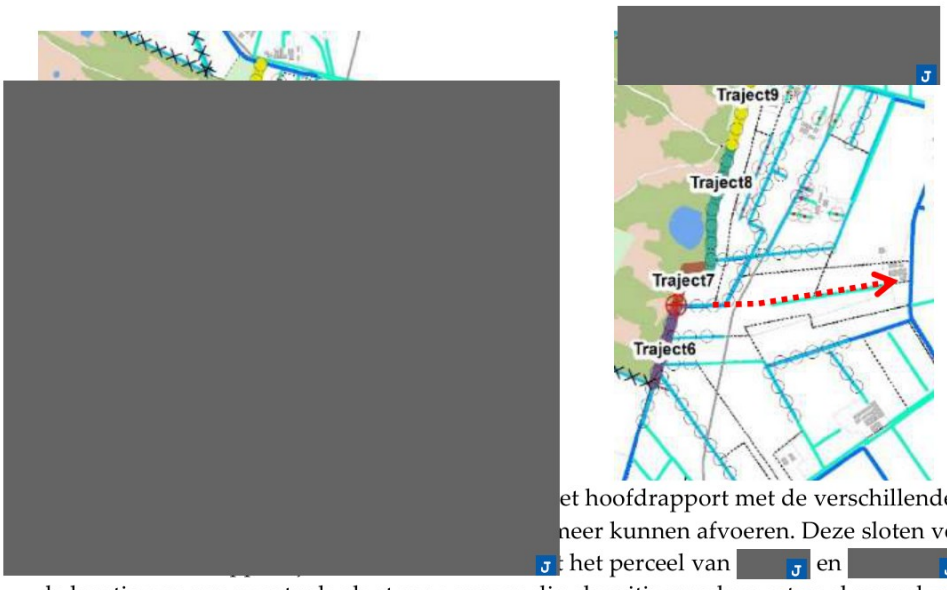
## Aanpak

De aanbeveling AB 2 bevat 2 concrete maatregelen:

- Dempen sloottrajecten 7 en 8
- Voorkomen dat verlaagde deel van het perceel van [redacted] en [redacted] kan afwateren door middel van een dam of anderszins.

De sloten rond het perceel van [redacted] en [redacted] wateren op de randsloot. Wanneer de randsloot wordt gedempt en ook de afvoer van het verlaagde deel richting het niet gedamde Traject 6 wordt voorkomen, zullen de sloten en het perceel zelf niet meer kunnen afwateren.

In Afbeelding 1 zijn deze weergegeven. Dit is een uitsnede van Afbeelding 16 uit het hoofdrapport.




et hoofdrapport met de verschillende randsloot-trajecten. Met rode stippellijnen in het neer kunnen afvoeren. Deze sloten verliezen hun afvoerende werking. Het perceel het perceel van [redacted] en [redacted] Met rode stippellijn is in het rechter kaartje is de locatie van een eventuele sloot aangegeven die als mitigerende maatregel geanalyseerd is.

De maatregelen zijn in het model vertaald door zowel de trajecten 7 en 8 als de sloten rond het perceel van [redacted] en [redacted] (rood gestippeld in linker kaartje van afbeelding 1) uit het model te halen. De modelberekeningen zijn uitgevoerd met verschillende modelvarianten om de verwachte onzekerheid in beeld te krijgen (op gelijke wijze als in het hoofdrapport is beschreven).

Op basis van de modelberekeningen is, met inachtneming van de veldobservaties, een inschatting gemaakt van de te verwachten verandering van de GHG in de omliggende (landbouw)percelen (op gelijke wijze als in het hoofdrapport is beschreven).
Daarnaast is een analyse gemaakt van de effecten van een mitigerende maatregel (aanleg nieuwe sloot; rood gestippeld in rechter kaartje van Afbeelding 1) waar in het hoofdrapport melding van wordt gemaakt. Zowel wordt hierbij gekeken naar hoeveel van het effect op het Boetelerveld te niet wordt gedaan door de mitigerende maatregel en wat het de agrarisch percelen in de omgeving oplevert.

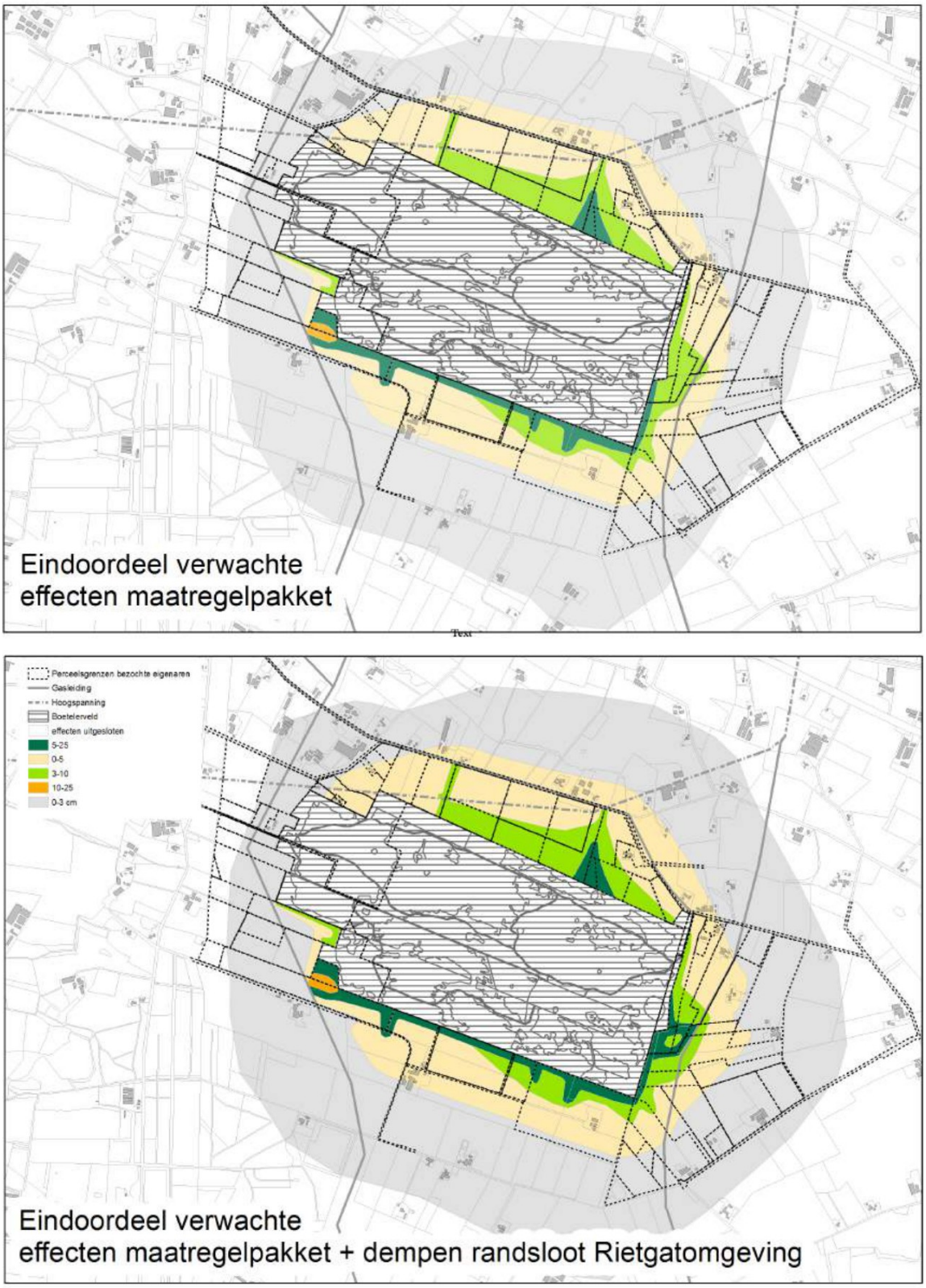
### *Resultaten*

In Afbeelding 2 is het eindoordeel van de effecten op de GHG weergegeven voor het huidige maatregelpakket (zoals beschreven in het hoofdrapport) en het betreffende maatregelpakket + aanbeveling AB 2.

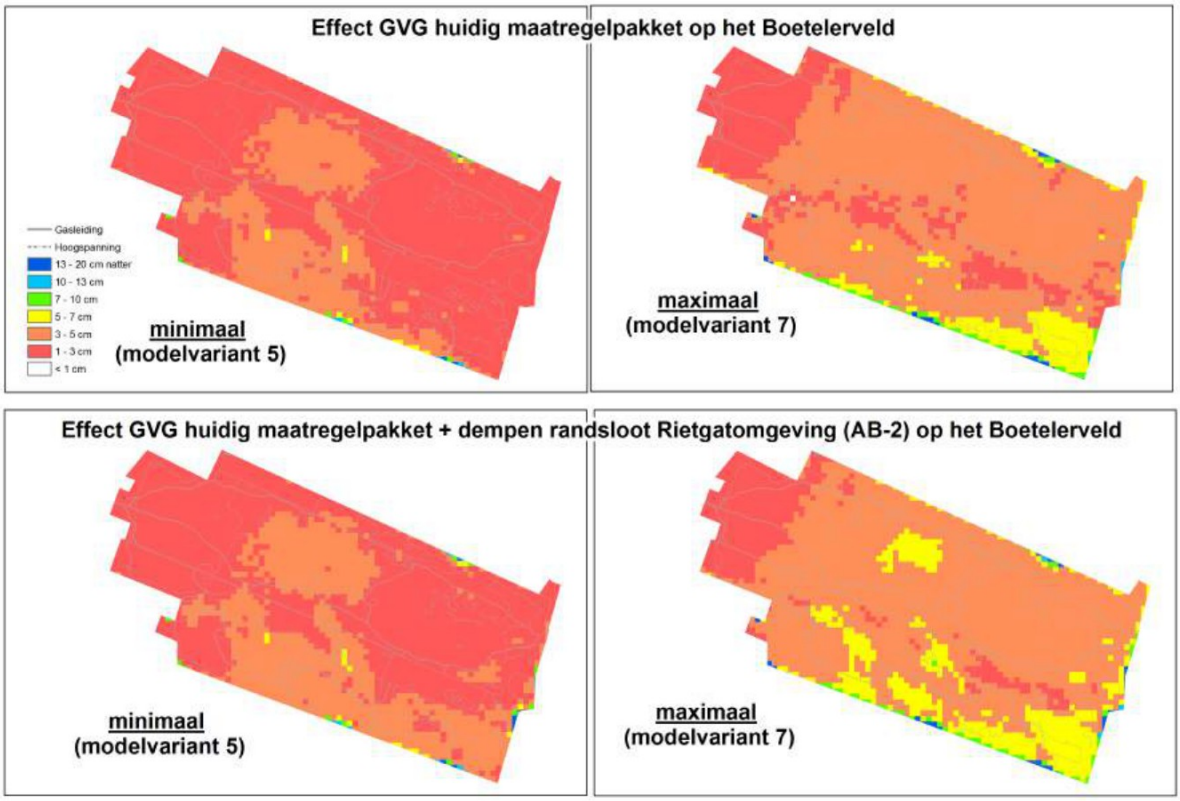
- Er is een duidelijke toename van vernatting aan de oostkant van het Rietgat. Er is een uitbreiding van de klasse 5 – 25 cm vernatting op de percelen van [redacted] – [redacted] en [redacted]
- Het verlaagde deel van het perceel [redacted] en [redacted] zal daarnaast aanzienlijk langer en vaker onder water staan.

In Afbeelding 3 zijn de effecten op de GVG in het Boetelerveld weergegeven voor het huidige maatregelpakket (zoals beschreven in het hoofdrapport) en het betreffende maatregelpakket + aanbeveling AB 2.

- De effecten stralen uit over het Boetelerveld, zoals verwacht wanneer een randsloot (de eerste ontwatering) wordt gedempt.
- De omgeving van het Rietgat wordt 1 tot 3 cm natter dan met het huidige maatregelpakket.




Afbeelding 2 – Eindoordeel van het DTHB van de effecten van het maatregelpakket (boven) en het maatregelpakket aangevuld met de maatregelen uit aanbeveling AB 2 (onder).




Afbeelding 3 – Verwachte minimale en maximale effecten op de GVG van het Boetelerveld. Boven = maatregelpakket en onder = maatregelpakket + aanbeveling AB 2.

## Mogelijke mitigerende maatregelen

In het hoofdrapport wordt gesteld dat de nadelige effecten op de agrarische percelen van het dempen van de randsloottrajecten 7 en 8 mogelijk gemitigeerd kan worden door een sloot / afwatering te realiseren naar het oosten. In Afbeelding 1, rechter kaartje, is de locatie van de mitigerende sloot ingetekend. Dit is een indicatieve locatie, omdat de exacte ligging van een dergelijke sloot/watergang in het veld bepaald zal moeten worden.

De indicatieve sloot loopt nu van een laag gelegen gebied in het westen (maaiveld op ca. 8,20 m+NAP) naar een hoger gebied in het oosten (omgeving erf [redacted] maaiveld op ca. 8,85 m+NAP. Het afwateringsniveau van de sloot (bodemhoogte) zal minimaal op het afwateringsniveau van de sloten rond het perceel [redacted] – [redacted] moeten liggen (dit is 7,6 m+ NAP op basis van de huidige slootbodem informatie). Daarnaast zal de sloot een verhang moeten hebben, dus het meest oostelijke deel moet nog weer lager liggen, om afvoer mogelijk te maken. Dit betekent dat de sloot in het oosten ca. 1,20 m diep ligt.

Met het grondwatermodel is uitgerekend wat de verwachte effecten zijn van de mitigerende maatregel. In Afbeelding 4 zijn deze gepresenteerd in de vorm van de relatieve effecten op de GHG (boven) en de GVG (onder). Relatieve effecten wil zeggen: hoe verandert de mitigerende maatregel van het aanleggen van een nieuwe sloot de effecten van het huidige maatregelpakket + het dempen van de randsloot in de omgeving van het Rietgat. De afbeelding laat zien dat het overal droger wordt, wat logisch is omdat extra afvoer van water mogelijk wordt gemaakt via de nieuwe sloot. Daarnaast laat de afbeelding zien dat de effecten op de GHG iets groter zijn dat de effecten op de GVG (lastig waarneembaar, maar in de exacte cijfers te verifiëren) en een vergelijkbaar ruimtelijk patroon laten zien.

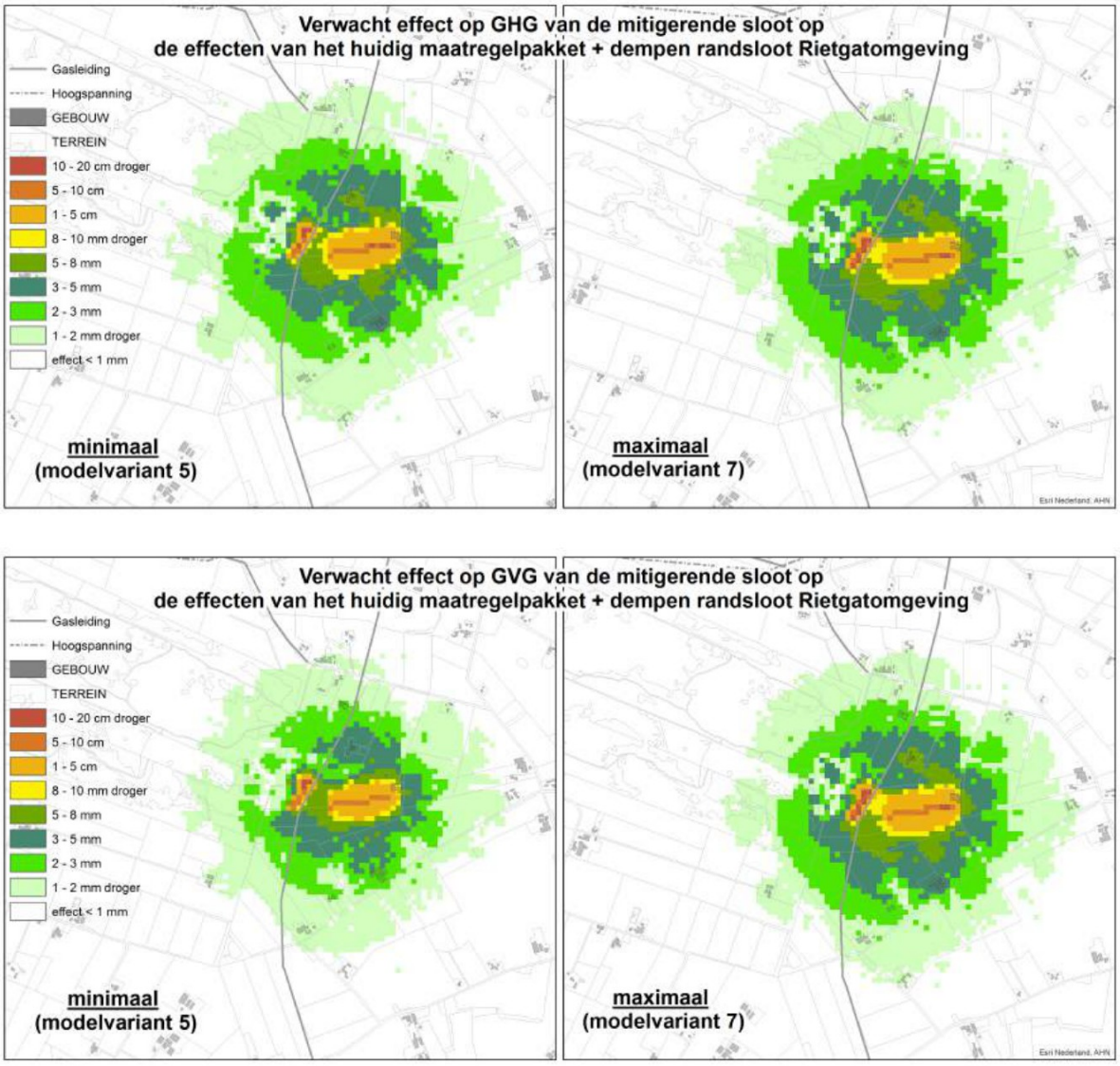
*Vermindering negatief effect op de agrarische percelen*

Een mitigerende sloot heeft een aanzienlijke verandering van het vernattingseffect. De vernatting vermindert op sommige plekken met ruim 15 cm. De uiteindelijk verwachte vernatting wordt beperkt tot de klasse 0 – 5 cm op het verwachte eindoordeel (Afbeelding 5, rood gearceerde zone).

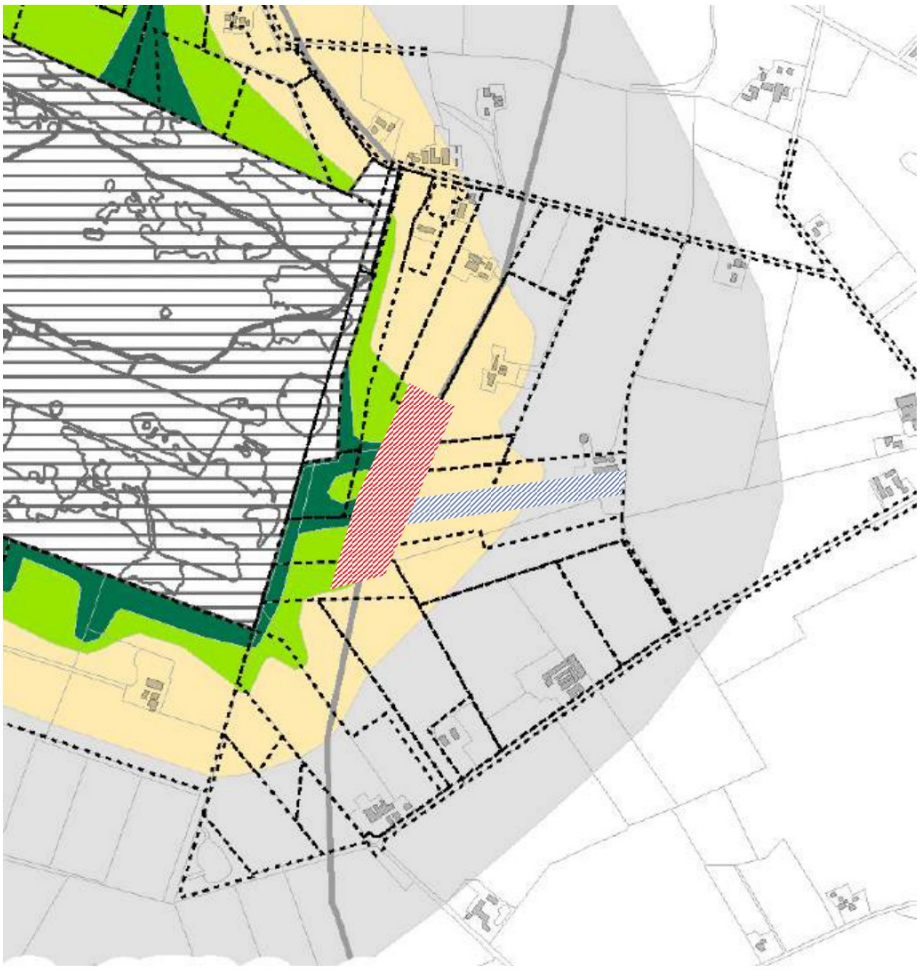
Wel moet rekening gehouden worden met aanzienlijke extra verdroging. Zowel de voorjaars (GVG) als winter (GHG) grondwaterstanden in het oostelijk deel van de percelen van [redacted] (Afbeelding 5, blauw gearceerde zone) worden aanzienlijk lager. De GLG wordt niet of nauwelijks verlaagd, aangezien de grondwaterstanden in het heden al ver uitzakken. Wel moet rekening gehouden worden dat eerder in het voorjaar de grondwaterstanden wegzakken door de diepere sloot.

*Vermindering positief effect op het Boetelerveld*

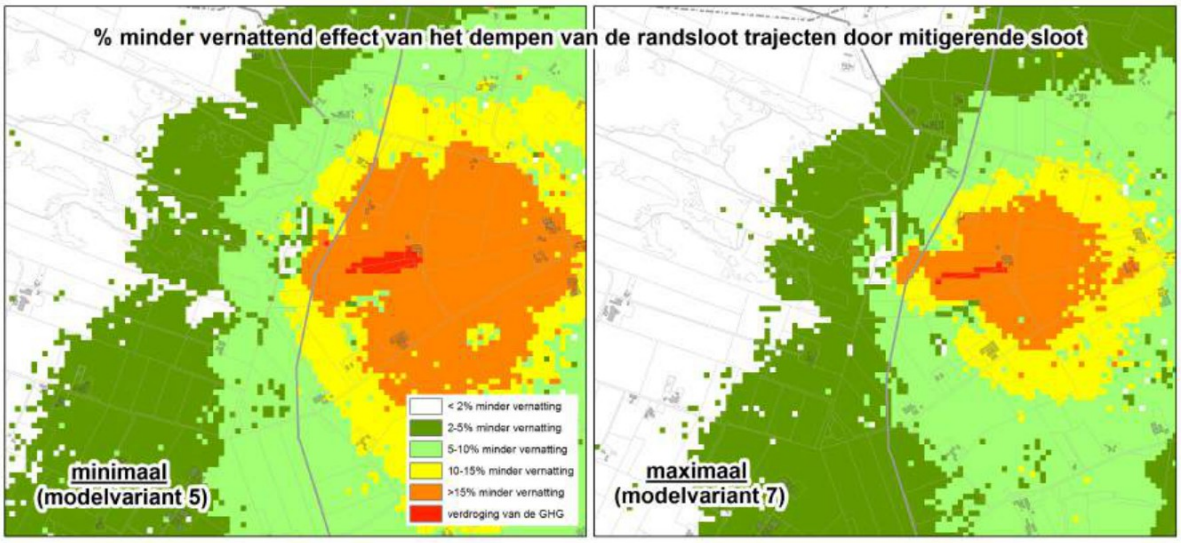
Het effect van de nieuwe watergang straalt uit over een deel van het Boetelerveld (Afbeelding 4, onder). Daar is 1 tot maximaal 5 mm minder vernattend effect merkbaar op de GVG. Dit lijkt weinig, maar procentueel loopt dit op tot maximaal 11% minder effect in het Grote Rietgat wanneer de mitigerende maatregel wordt genomen. In Afbeelding 6 is dit gevisualiseerd. Het grootste mitigerende effect ligt (zoals verwacht en bedoeld) onder de agrarische gronden.




Afbeelding 4 – Relatieve effect van mitigerende maatregel op de effecten op de GHG (boven) en GVG (onder) op het Boetelerveld en de omliggende (agrarische) percelen.



Afbeelding 5 – Verandering verwacht effect van de mitigerende maatregel: rood gearceerd = minder vernatting, verwachting is dat dit gebied in klasse 0-5 cm uitkomt; blauw gearceerd = verdroging in de winter- en voorjaarssituatie.




Afbeelding 6 – Percentage vernattend effect op de GHG dat te niet gedaan wordt door de mitigerende sloot.

## Conclusies

- Dempen van de randsloot in de omgeving van het Grote Rietgat levert extra vernatting op van de omgeving van het Grote Rietgat en straalt uit over het Boetelerveld.
- De percelen aangrenzend aan de te dempen randsloottrajecten krijgen te maken met significante extra vernatting.
- Een eventuele mitigerende watergang oostwaarts kan de extra vernatting compenseren, maar zal een significant deel (ruim 9%) van het effect op het Boetelerveld te niet doen.

## Aanbevelingen

- De afweging om de maatregel 'dempen van de randsloottrajecten 7 en 8' toe te voegen, al dan niet met de mitigerende sloot, is aan de projectgroep, omdat dit een maatschappelijke afweging betreft.
- Wij adviseren de projectgroep om in haar afweging de combinatie te zoeken met de maatregelen die nodig zijn voor het stoppen van de nutriëntentoevoer, welke, op basis van stroombaananalyse, beschreven zijn in Bijlage A2. Het effectgebied van het dempen van de sloot overlapt het maatregelgebied voor het stoppen van de nutriëntentoevoer gedeeltelijk.

# Toelichting grondslagen

In dit document kunt u secties vinden die onleesbaar zijn gemaakt. Deze informatie is achterwege gelaten op basis van de Wet open overheid (Woo). De letter die hierbij is vermeld correspondeert met de bijbehorende grondslag in onderstaand overzicht.

## J Art. 5.1 lid 2 sub e

Het belang van de openbaarmaking van deze informatie weegt niet op tegen het belang van de eerbiediging van de persoonlijke levenssfeer van betrokkenen