

KWR 2016.011 | April 2016 | Rapport

Geo- en ecohydrologie van Regte Heide en Riels laag



Geo- en ecohydrologie van Regte Heide en Riels Laag

██████████ | April 2016

Opdrachtnummer

400905

Projectmanager

██████████

Opdrachtgever

Provincie Noord-Brabant

Kwaliteitsborger

██████████

Auteurs

████████████████████

Verzonden aan

██

Jaar van publicatie
2016

Meer informatie

██████████
██████████
████████████████████

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T ██████████
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl



KWR 2016.011 | April 2016 © KWR

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd,
opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand,
of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze,
hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën,
opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande
schriftelijke toestemming van de uitgever.

Samenvatting

Aanleiding en doel

Vanuit Natura2000 (N2000) heeft Provincie Noord-Brabant een opgave voor het vernatten van Regte Heide en Riels Laag, een natte natuurparel ten zuiden van Tilburg. Tegelijkertijd heeft Brabant Water onder de Waterwet vergunning om in het waterwingebied Gilzerbaan te Tilburg 18 miljoen m³/jaar grondwater te winnen ten behoeve van de drinkwatervoorziening. Dit is zo'n 3,3 miljoen m³/jaar meer dan de huidige onttrekking van 14,7 miljoen m³/jaar. In het Natura 2000 ontwerpbeheerplan (Provincie Noord-Brabant, juni 2015) is een pakket maatregelen opgenomen dat leidt tot voldoende vernatting om de instandhoudingsdoelen te realiseren, ook als de vergunde capaciteit in waterwingebied Gilzerbaan wordt gewonnen. De realisatie van de voorgenomen vernattingsmaatregelen verloopt echter traag. Hierdoor zou uitbreiding van de grondwaterwinning Gilzerbaan tot aan de vergunde capaciteit alleen mogelijk zijn na toetsing aan de Natuurbeschermingswet. Het was namelijk onduidelijk of de reeds genomen vernattingsmaatregelen voldoende zijn om de effecten van uitbreiding van de winning te mitigeren, zodat geen significante effecten op waterafhankelijke habitattypen optreden. De kennis over de waterhuishouding en ecologie van het gebied was namelijk beperkt en vooral gebaseerd op informatie uit regionale studies en hydrologische modelberekeningen. Het beeld bestond dat de subregionale grondwaterstanden op de Regte Heide veel lager zijn dan de vereisten van de aanwezige habitattypen. Hogere lokale grondwaterstanden ter plekke van waterafhankelijke habitattypen zouden verklaard worden door stagnatie van grondwater op leemlagen in de ondiepe ondergrond. Meetgegevens over de grondwaterstanden in het gebied en profielbeschrijvingen, waaruit de aanwezigheid en verspreiding van zulke slecht doorlatende lagen blijkt, waren echter nauwelijks beschikbaar. Door deze kennisleemten was ook onduidelijk in hoeverre het regionale grondwatersysteem bepalend is voor grondwaterstanden en kwelstromen in Regte Heide en Riels Laag.

In dit rapport beschrijven we de bodemopbouw en waterhuishouding in relatie met de vegetatie aan de hand van veldonderzoek uitgevoerd in voorjaar en zomer van 2015, aangevuld met bestaande gegevens. De nieuw verzamelde meetreeksen van grond- en oppervlaktewaterstanden zijn weliswaar kort, maar bieden samen met de boorstaten en vegetatiebeschrijvingen essentiële nieuwe informatie over de werking van het systeem. Het project is uitgevoerd in opdracht van de provincie Noord-Brabant als invulling van onderzoeksmaatregel 15 uit het Ontwerpbeheerplan Natura 2000 Regte Heide en Riels Laag (Provincie Noord-Brabant, juni 2015). Het project is begeleid door een werkgroep bestaande uit vertegenwoordigers van [REDACTED]

Waterhuishouding van de Regte Heide

Het natuurgebied Regte Heide en Riels Laag ligt relatief hoog in het grondwatersysteem van zuid-Nederland, in een regio op de waterscheiding tussen het Demer-bekken in Vlaanderen en het Maas-bekken in Nederland. Deze regio strekt zich langs de landsgrens uit over het zuiden van Noord-Brabant en noorden van België. Bepalend voor de regionale waterhuishouding is de gelaagdheid van slecht doorlatende kleipakketten die in noordelijke richting aflopen, en de daar tussen gelegen zandige watervoerend pakketten. De kleilagen en zandpakketten dagzomen -en verdwijnen- één voor één zuidelijk van het gebied. Waar

de watervoerende pakketten dagzomen, ontbreekt de afdekkende kleilaag en is de stijghoogte gelijk aan de grondwaterstand. De eerste slecht doorlatende laag onder het gebied bestaat uit de kleien van Waalre/Stramproy. Deze liggen zuidelijk van het gebied dicht aan maaiveld en duiken naar het noorden dieper weg tot zo'n 10-15 m beneden maaiveld in het noordelijk deel van de Regte Heide en dieper ten noorden ervan. Door de relatief hoge ligging van de Regte Heide en Riels Laag zijn de stijghoogten onder de kleien van Waalre/Stramproy lager dan de freatische grondwaterstanden en ligt het in een regionaal inzigsgebied. Het stijghoogteverschil wordt vergroot door stijghoogtedalingen als gevolg van onttrekking van grondwater uit het tweede watervoerende pakket, onder de kleien van Waalre/Stramproy. Het stijghoogteverschil wordt verkleind door grondwaterstandsdingen in het topsysteem, bijvoorbeeld door beekpeilverlagingen of toegenomen verdamping.

Het grootste deel van de Regte Heide ligt op het tektonisch omhoog gekomen West-Brabants Plateau, ten westen van de Feldbiss-breuk. Het ligt op een relatief hooggelegen schol aan de rand van dit gebied. Op de kleilagen van Waalre/Stramproy ligt een pakket met grindrijke zanden, die zo'n 800.000 jaar geleden zijn afgezet door vlechtende rivieren. Hierop ligt plaatselijk een (zeer) dunne laag dekzand. Ten noordoosten van de breuk, die over de noordkant van de Regte Heide loopt begint de tektonisch lager gelegen Roerdalslenk, waar deze oude afzettingen zijn afgedekt door vele meters dekzand- en löss- of leemlagen. De Regte Heide ligt als een vijf meter hoge rug boven de flankerende beekdalen van de Oude Lei in het westen en de Poppelsche Leij in het oosten.

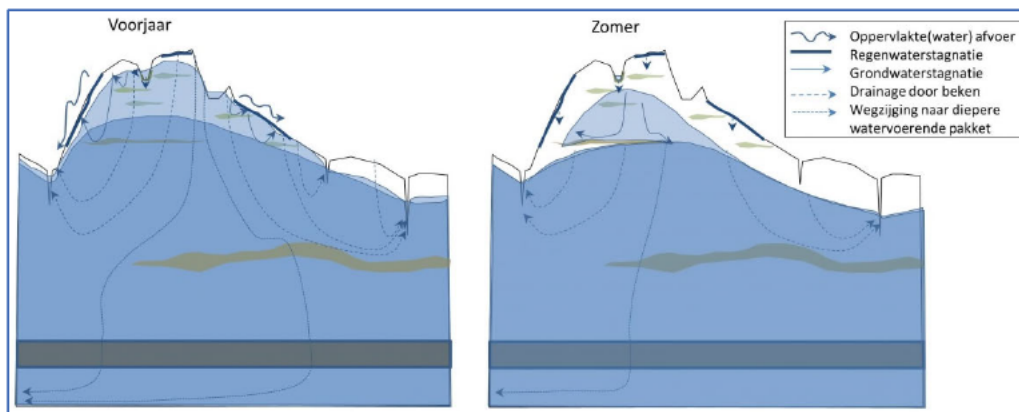
Deze rug is het inzigsgebied van een sub-regionaal grondwatersysteem (Figuur 1-1) dat gevoed wordt door neerslag en dat water verliest door verdamping, infiltratie naar het tweede watervoerende pakket en afstroming naar de flankerende beekdalen. Hierdoor bevindt zich tussen de beekdalen een rugvormige waterbult die permanent afhelt in noordelijke richting. Centraal op de Regte Heide ligt een laagte en vertoont de waterbult een insnoering. Hierdoor zijn er feitelijk twee sub-regionale grondwatersystemen onder de Regte Heide. In het zuiden is het systeem groter en heeft een fluctuatie van ongeveer 1,4 m. In het noorden is de rug kleiner en is de omgeving ontgonnen, hier zijn de fluctuaties groter, tot meer dan 1,8 m.

De waterbulten onder de Regte Heide zijn tijdens het winterseizoen tot 5 meter hoger dan de waterstand in de Poppelsche Leij en na een lange droge zomerperiode (in 2015) nog altijd 4 meter hoger. Dit duidt op een laag doorlaatvermogen van de zeer slecht gesorteerde zanden waaruit het eerste, semi-freatische watervoerende pakket bestaat, volgens analytische berekeningen tussen 10 en 50 m²/d. Bovendien duidt het op de aanwezigheid van diverse klei- en leemlenzen die op verschillende diepten voorkomen en sterk in omvang variëren. De opbolling was in april 2015 zodanig, dat de grondwaterstanden ook hoger op de heide vaak aan of boven maaiveld stonden.

In de zomer zakken de grondwaterstanden weg. Toch komen verspreid over de Regte Heide, en op alle niveaus, nog steeds vennen en natte bodems voor. Deze hangen samen met de aanwezigheid van lokale grondwatersystemen, die het resultaat zijn van stagnatie van grondwater op klei-, leem-, veen- of gliede-lenzen of venbodems, of van stagnatie van regenwater op het maaiveld door een beperkte infiltratiecapaciteit van de bodem (Figuur 1-1). Door de tragere wegzijging of de aanvoer van lokaal grondwater blijven de (grond)waterstanden in deze lokale systemen veel langer hoog. En bij zomerse buien worden ze weer natter. Het gevolg is dat deze locaties onder invloed van neerslag voor langere (gedurende het winterseizoen) of kortere tijd (na zomerse buien) inunderen of dat permanente vennen aanwezig zijn. Tijdens het winterseizoen inunderen grote gebieden voor langere tijd, maar ook tijdens het zomerseizoen vindt op verschillende niveaus inundatie plaats en blijven vennen watervoerend, ondanks dat de grondwaterstand decimeters diep

onder het maaiveld zit. Het betreft hier dus deels tijdelijke 'schijninundaties' die samenhangen met neerslaggebeurtenissen en deels permanente vennen, doordat ze gevoed worden uit een 'schijngrondwatersysteem' of doordat de venbodem zeer slecht doorlatend is en de wegzijging beperkt. Gedeeltelijk (vanaf een grondwaterstand van ongeveer 1,5 m onder de onderkant van de weerstandbiedende laag) kunnen ze onafhankelijk zijn van het subregionale grondwatersysteem. Het vermoeden bestaat dat op sommige locaties ook vochtminnende vegetatie voorkomt door een goed vochtleverend vermogen van de bodem.

Volgens tijdreeksanalyse is sinds begin jaren 2000 een vernattingstrend in het sub-regionale grondwatersysteem (niveau 2 in Figuur 1-1) gaande. Deze stijging bedraagt anno 2015 minimaal enkele decimeters en is getuige de nog altijd stijgende stijghoogten in een aantal peilbuizen nog niet ten einde. Vermoed wordt dat deze vernattingstrend samenhangt met maatregelen om de ontwatering te verminderen, zoals het afdichten van greppels op de heide en het verhogen van het beekpeil van de Oude Lei en met een geïntensiveerd vegetatiebeheer (plaggen, branden, begrazen, dunnen), dat heeft geleid tot een afname van de verdamping.



Figuur 1-1: Conceptueel model van het grondwatersysteem van de Regte Heide, weergegeven als een oost-west doorsnede startend en eindigend in de beekdalen. Vochtige tot natte omstandigheden hangen samen met hydrologische processen op vier ruimtelijke niveaus, namelijk (1) wegzijging naar diepere watervoerende pakketten (regionaal), (2) drainage door beken en diepe sloten (sub-regionaal), (3) stagnatie van grondwater op ondiepe klei-, leem- of gliedelenzen, en (4) regenwaterstagnatie door een lage infiltratiecapaciteit van de bodem. De stijghoogten op niveau 1 en 2 zijn weergegeven met lichtblauwe tint, die op niveau 3 en 4 met donkerblauwe tint.

Natte natuurwaarden op de Regte Heide en in het Riels Laag

Het gebied is aangewezen als Natura 2000 gebied. Op vochtige delen van de Regte Heide komen Dopheide-gemeenschappen voor (H4010A Vochtige heide) en op geplagde hellingen en laagten daarbinnen de Gemeenschap van Moeraswolfsklauw en Bruine snavelbies (H7150 Pioniergemeenschappen met snavelbiezen). In laagten die langdurig of permanent onder water staan komen venvegetaties voor. De noordelijke vennen vertonen grote waterstandsfluctuaties en vallen zomers grotendeels droog. Hier komen vegetaties voor met een dominantie van Waterveenmos en Veelstengelige waterbies (H3160 Zure vennen).

In het zuiden ligt hoog op de rug een ven met vergelijkbare vegetatie, maar veel stabielere waterstand. Dit ven heeft een slecht doorlatende komvormige venbodem. Daardoor is de wegzijging naar de zandondergrond beperkt en reageert het peil sterk vertraagd op stijghoogtevariaties in de directe omgeving. Als het venpeil hoger wordt dan de rand van de venbodem kan venwater lateraal afstromen en vervolgens inzigen in de zandondergrond.

Andersom kan lokaal grondwater over de rand van de venbodem het ven instromen als de grondwaterstanden boven de rand van de venbodem uitkomen. Zolang beide peilen lager liggen, worden peilveranderingen vooral bepaald door neerslag op het ven, verdamping uit het ven en berging in het ven. Daardoor is de waterstandsfluctuatie in dit type vennen betrekkelijk klein (meestal 3-4 dm volgens Jalink et al., 2001).

Een heel ander ventype vormt de 'klei/leemput' in het zuiden van de Regte Heide. Deze is gegraven in een wat uitgestrekter klei/leemvoorkomen en worden gevoed door over de klei/leem toestromend lokaal grondwater. In contact met deze lagen is het water wat mineraalrijker geworden. Daardoor is het waterpeil stabielere dan de grondwaterstanden in de zandondergrond en is het water gebufferd op een hogere pH. Kenmerkende vegetatietypen zijn de Associaties van Doorschijnend glanswier, van Vlottende bies en van Veelstengelige waterbies en een venrand met Snavelzegge en Veldrus-vegetaties (H3130 Zwak gebufferde vennen). Door de gelaagdheid van de ondiepe ondergrond komen op de Regte Heide de vochtminnende vegetaties niet alleen op de lagere randen nabij de beekdalen voor, maar ook bovenop de rug.

Het Riels Laag is het beekdal van de Oude Lei met voormalige landbouwgronden ter hoogte van de Regte Heide. Zuidelijk van Riels Hoefke is het beekdal vernat door opstuwning, maar zijn de voedselrijke gronden niet afgegraven. Hier overheersen voedselrijke moerassen met Riet, Grote lisdodde e.d. die een belangrijk biotoop vormen voor een rijke fauna. Noordelijk van Riels Hoefke zijn de landbouwgronden in 2000 afgegraven tot een vlakke laagte met op de laagste delen een grote en een kleinere plas. De laagte wordt gevoed door kwel vanuit de Regte Heide. Sinds de inrichting als natuurgebied is hier een bijzonder soortenrijke vegetatie tot ontwikkeling gekomen. Op de laagste delen, langs de vlakke oevers van de vennen, komt een uitgestrekte zone voor met de Associatie van Veelstengelige waterbies, plaatselijk de Ass. Van Vlottende bies, van Borstelbies en Moerasmuur en die van Veenpluis en Draadzegge (H3130 Zwak gebufferde vennen). Op wat hoger gelegen vlakke delen komen allerlei pioniervegetaties voor, waaronder de Ass. Van Moeraswolfsklauw en Bruine snavelbies (H7150 Pioniergemeenschappen met snavelbiezen). Aan de hogere randen van de laagte zijn onder invloed van lateraal toestromend grondwater hooilandvegetaties met Veldrus ontstaan, met daarin soorten als Moeraskartelblad, Gevlekte orchis, Rietorchis en Koningsvaren. De soortenrijkdom in het noordelijke deel van het Riels Laag hangt samen met de hoge grondwaterstanden in het Laag onder invloed van de aanwezige vennen en met de kwelstroom, waardoor gradiënten in bodem en watersamenstelling soortenrijke vegetaties mogelijk maken.

Verdrogingsgevoeligheid van de Regte Heide

De verdrogingsgevoeligheid van de Regte Heide wordt sterk bepaald door de aanwezigheid en het karakter van lokale grondwatersystemen die zich op het sub-regionale grondwatersysteem bevinden (zie Figuur 1-1). Deze lokale grondwatersystemen hangen samen met stagnatie van grondwater op ondiepe klei-, leem- of gliedelenzen, of regenwaterstagnatie door een lage infiltratiecapaciteit van de bodem. Onze veldwaarnemingen geven namelijk geen aanwijzingen dat op de heide permanent natte tot vochtige omstandigheden buiten de gebieden met grondwater of regenwater stagnatie voorkomen. Met andere woorden, permanent natte tot vochtige locaties op de heide zijn op zijn hoogst plaatselijk *uitsluitend* het gevolg van het opbollen van de grondwaterstand tussen de beekdalen tot vlak onder het maaiveld. Op dergelijke aangetroffen locaties is altijd een weerstandbiedende laag aangetroffen, of gaven de schijninundaties aanwijzingen voor een beperkte infiltratiecapaciteit van de bodem. Buiten de gebieden met ondiepe waterstagnerende lagen komt vrijwel uitsluitend grondwateronafhankelijke, droge heide of bos voor, dat ongevoelig is voor een daling van de grondwaterstand in het subregionale

systeem. Uit veldwaarnemingen ontstaat het volgende beeld wat betreft de verdrogingsgevoeligheid van de vochtige tot natte delen van de Regte Heide en Riels Laag.

De gebieden waar grondwater stagneert op ondiepe klei-, leem- of gliedelenzen zijn weinig gevoelig voor een toenemende infiltratie door een beperkte stijghoogteverlaging in het sub-regionale systeem. In het voorjaar wordt namelijk een deel van het neerslagoverschot via drainage of door afstroming over de weerstandbiedende laag (een aantal vennen bijvoorbeeld) afgevoerd. Een toename van de infiltratie naar het sub-regionale systeem zal hierdoor eerst ten koste gaan van deze afvoerterm, en daarna pas tot een daling van de voorjaarsgrondwaterstand. Tijdens het zomerseizoen blijven de vennen die aan deze lokale systemen zijn gebonden watervoerend doordat de wegzijging tijdens het zomerseizoen klein is ten opzichte van de verdamping. Ook buiten de vennen komen permanent natte locaties voor, doordat grondwater over de ondiepe weerstandbiedende laag wordt aangevoerd. Deze lokale systemen zijn robuust voor verlagingseffecten in het subregionale systeem doordat wegzijging klein is, of gecompenseerd wordt door de aanvoer van lokaal grondwater.

De gebieden waar regenwater stagneert door een lage infiltratiecapaciteit van de bodem (vooral in het noordelijk deel van de Regte Heide) worden gekenmerkt door een sterk variërende vochtbeschikbaarheid. Tijdens de winter en het voorjaar inunderen deze gebieden voor langere tijd als gevolg van de sterke opbolling van het grondwatervlak tot aan het maaiveld, en soms tot meerdere decimeters diep. Door de hoge bergingscoëfficiënt van open water is de voorjaarswaterstand daar relatief robuust voor een toename van de wegzijging als gevolg van grondwaterstandverlagingen in het subregionale systeem. Zodra het neerslagoverschot omslaat in een neerslagtekort zakken de grondwaterstanden weg en drogen de inundaties langzamer of sneller op, en wordt de vochtbeschikbaarheid voor planten afhankelijk van het hangwater in de onverzadigde zone en de capillaire nalevering van grondwater. Aan het einde van het zomerseizoen van 2015 naderden de grondwaterstanden op sommige locaties de kritische grens voor voldoende capillaire nalevering voor de aanwezige vegetatie. Onbekend is hoe dicht deze kritische grens thans benaderd wordt, doordat de vochteigenschappen van de heterogene bodems niet in algemene kenmerken zijn te typeren en het langjarige patroon in grondwaterstanden onbekend is. Een toenemende wegzijging naar het tweede watervoerende pakket kan daarom tijdens langere aaneengesloten droge zomerperioden leiden tot toenemende droogtestress bij aanwezige vegetaties. De locaties waar de vochtvoorziening van de vegetatie afhankelijk is van het hangwater of capillaire nalevering betreffen alleen een deel van H4010A Vochtige heide. Op de Regte Heide komen H3160 Zure vennen, H3130 Zwak gebufferde vennen, H7140 Pioniergemeenschappen met snavelbiezen én een deel van H4010A Vochtige heiden juist voor op locaties die in de zomer nat blijven door stagnatie van grondwater op ondiepe slecht doorlatende lagen.

In het Riels Laag worden de waterstanden bepaald door het venpeil (gestuwd) en de toestroming van grondwater vanuit de permanente grondwaterbult onder de Regte Heide. De waterkwaliteit is een mix van kwel- en regenwater en bij hoge beekpeilen ingestroomd beekwater. Het permanente karakter van de grondwaterbult, en het grote stijghoogteverschil tussen de Regte Heide en het Riels Laag (minimaal 3 meter), geeft aanwijzingen dat deze aanvoercomponent weinig gevoelig is voor een verandering in de waterbalans van de Regte Heide.

De belangrijkste nabije grondwaterwinning in het tweede watervoerende pakket is de winning Gilzerbaan (Tilburg) met een onttrekkingsvolume van 14,5 miljoen m³ per jaar. Volgens tijdreeksanalyse op twee boven elkaar geplaatste filters op de oostelijke flank van de Regte Heide leidt elke miljoen m³ onttrokken grondwater uit deze winning tot maximaal 10 cm daling van de stijghoogte in het tweede watervoerende pakket (onder de kleien van

Waalre/Stramproy) en maximaal 4 cm daling onder in het eerste watervoerende pakket (boven de kleien van Waalre Stramproy). Deze gevoeligheid is een bovengrens, omdat andere verlagingseffecten, die gelijktijdig met de ontwikkeling van de winning sinds 1977 hebben plaatsgevonden, onterecht tot het effect van de winning zijn gerekend. Deze andere verlagingseffecten zijn (1) verbeterde waterafvoer door ruilverkavelingen en normalisatie van beken, (2) afgenomen grondwateraanvulling door verbeterde landbouwpraktijken, verstedelijking en het dichtgroeien van natuurgebieden, en (3) mogelijk toegenomen grondwateronttrekkingen t.b.v. beregening en industrie in Nederland en België.

De vraag die voorligt is of, in combinatie met de al genomen vernattingsmaatregelen, de uitbreiding van de onttrekking naar de totaal vergunde 18 miljoen m³ een belemmering zal vormen voor het behoud en kwaliteitsverbetering van de aanwezige habitattypen. Daarnaast is het van belang in hoeverre de hydrologische systemen waarvan de habitattypen afhankelijk zijn worden beïnvloed door veranderingen in de stijghoogte van het tweede watervoerend pakket. In het N2000 beheerplan is aangegeven dat de vernattingsmaatregelen die al genomen of gepland zijn een groter effect hebben dan de toename van de winning en er naar verwachting een netto positief resultaat zal optreden.

Effectiviteit van vernattingsmaatregelen

Verdamping vormt een aanzienlijke verliespost in de waterbalans van heidegebieden zoals de Regte Heide. Daarom zou het intensiveren van het vegetatiebeheer door het kappen van naaldhout en het verwijderen van vergraste heide met Pijpenstrootje effectief bij kunnen dragen aan het tegengaan van verlagingseffecten op de sub-regionale schaal (tussen de beekdalen). Het vernattend effect zal vooral het trager wegzakken van de grondwaterstand tijdens het groeiseizoen betreffen en een toename van de grondwateraanvoer naar het beekdal van de Oude Lei en de laterale stroming naar laagten op de heide.

Indicatieve berekeningen geven aan dat verlagingseffecten op de freatische grondwaterstand door een toenemende infiltratie naar het tweede watervoerende pakket sterk gedempt kunnen worden door infiltratie uit oppervlaktewater. Voorwaarde is dat de aanvoer van grond- of oppervlaktewater groter is dan de waterverliezen door wegzijging en verdamping, zodat sprake is van afvoer van oppervlaktewater. Met het realiseren van de waterpartijen in het beekdal van de Oude Lei en het stuwen van de oppervlaktewaterstanden is daarom niet alleen effectief bijgedragen aan vernatting van het gebied, maar is het gebied ook minder gevoelig geworden voor verlagingseffecten. In zijn algemeenheid kan het vergroten van het areaal aan oppervlaktewater en het stuwen van water dus aanzienlijk bijdragen aan het mitigeren van verlagingseffecten. Vooral in het beekdal van de Poppelsche Leij liggen nog kansen voor deze droogtemitigerende maatregelen aangezien deze beek het beekdal diep ontwaterd en er nog ontwaterde gronden liggen. Deze maatregelen kunnen tevens bijdragen aan de toename van kwel naar het dal van de Oude Lei, ten koste van de waterverliezen naar de Poppelsche Leij. Op kleinere schaal spelen ook drainage die hoger op de flank zijn gelegen een rol, zoals in de voormalige vennen ten oosten van de Regte Heide. Het verder beperken van de drainage zou hier lokaal bij kunnen dragen aan vernatting.

Conclusie en advies

Op basis van de bestaande kennis en inzichten kan niet uitgesloten worden dat een opzichzelfstaande uitbreiding van de winning Gilzerbaan het realiseren van de instandhoudingsdoelen belemmert. Kritiek is het tekort aan inzicht in de mate waarin de

beschikbaarheid van hangwater of ondiep stagnerend water in het noorden van de Regte Heide bij aanvang van het groeiseizoen van voldoende omvang is om het vochttekort voor de aanwezige vegetaties tijdens langere aaneengesloten droge zomerperioden binnen de tolerantiegrenzen te houden. Om zulke effecten te voorkomen zijn in het Natura 2000 beheerplan (Provincie Noord-Brabant, juni 2015) droogte-mitigerende maatregelen opgenomen die zijn gericht op het vertragen van de grondwaterstanddaling tijdens het zomerseizoen en die volgens berekeningen voldoende effect zouden hebben om –ook bij het opvullen van de onttrekkingsvergunning– de voor het gebied gewenste vernatting te realiseren. Een deel van deze droogte-mitigerende maatregelen is reeds gerealiseerd (herinrichting beekdal Oude Lei, gedeeltelijke herinrichting beekdal Poppelsche Leij, intensiveren vegetatiebeheer) en heeft geleid tot een stijging van de grondwaterstand van ongeveer 15 cm. Volgens de uitkomsten van de tijdreeksanalyse bieden deze genomen maatregelen een 'ontwikkelruimte' die qua omvang equivalent is aan een maximale stijghoogtedaling in het tweede watervoerende pakket van 30 cm. Of toename van de winning leidt tot grotere grondwaterstands dalingen dan de reeds gerealiseerde vernatting (en daarmee tot effect op instandhoudingsdoelen) moet blijken uit monitoring. Waarschijnlijk zijn bij volledige opvulling van de vergunde capaciteit aanvullende mitigerende maatregelen nodig. In eerste instantie is het gewenst het maatregelpakket uit het Natura 2000 beheerplan volledig te realiseren. Indien nodig zijn aanvullende maatregelen mogelijk, zoals verdampingsreductie door vegetatiebeheer, opstuwen van beekpeilen, dempen van greppels en sloten en creëren van waterpartijen die op peil worden gehouden door aanvoer van oppervlaktewater.

Inhoud

Samenvatting	1
1 Inleiding	10
1.1 Aanleiding	10
1.2 Instandhoudingsdoelen	10
1.3 Probleemschets	10
1.4 Doelstelling en onderzoeksvragen	11
2 De geohydrologische context	12
2.1 Formaties en watervoerende pakketten	12
2.2 Breuken	18
3 Het regionale grondwatersysteem	21
3.1 Het eerste watervoerende pakket	21
3.2 Het tweede watervoerende pakket	21
3.3 Interactie tussen het eerste en tweede watervoerende pakket	24
3.4 Trends in relatie tot grondwaterwinning	26
4 Het grondwatersysteem van de Regte Heide en Riels Laag	29
4.1 Ontwatering en waterbeheer	29
4.2 Geohydrologische kenmerken van de ondergrond	33
4.3 Stijghoogten en inundatiehoogten	40
4.4 Vernattingseffecten van herstelmaatregelen	46
4.5 Gevoeligheid van de opbolling van het freatisch vlak	50
5 Natuurdoelen en ecologie	54
5.1 Instandhoudingsdoelen Natura 2000	54
5.2 Vegetatiegradiënten in relatie tot topografie en hydrologie	62
5.3 Vegetatie, vereisten en metingen rond de peilbuizen	70
5.4 Historische vegetatiegegevens	73
6 Beantwoording van de onderzoeksvragen	76
6.1 Inleiding	76
6.2 Toestand van de habitattypen	76
6.3 Waterhuishouding van de Regte Heide	78
6.4 Verlagingsseffecten als gevolg van drinkwaterwinning	81
6.5 Instandhoudingsdoelen in relatie tot het regionale grondwatersysteem	82
7 Conclusies en advies	84

8	Literatuur	86
	Bijlage I Geohydrologische schematisatie van de Regte Heide en omgeving	89
	Bijlage II Regionale dwarsdoorsnedes van de ondergrond	90
	Bijlage III Trends in relatie tot grondwaterwinning	96
	Bijlage IV Orientatie van de drie transecten	106
	Bijlage V Boorbeschrijvingen	107
	Bijlage VI De meteorologische en geohydrologische context van de meetrondes	108
	Bijlage VII Metadata van geplaatste peilbuizen	112
	Bijlage VIII ydrologische trends en invloeden op en rond de Regte Heide	114
	Bijlage IX Verantwoording analytische berekeningen	122
	Bijlage X Trends in stijghoogte reeksen weergeven in doorsnede van de ondergrond	127
	Bijlage XI Veranderingen in landgebruik en ontwatering	128
	Bijlage XII Inventarisatie explosieven	133

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Vanuit Natura2000 (N2000) heeft Provincie Noord Brabant een opgave voor het vernatten van de Regte Heide, een natte natuurparel ten zuiden van Tilburg. De realisatie van de voorgenomen vernattingsmaatregelen verloopt echter traag. Hierdoor zou uitbreiding van de grondwinning Gilzebaan tot aan de vergunde capaciteit alleen mogelijk zijn na toetsing aan de Natuurbeschermingswet. Onduidelijk is echter in hoeverre uitbreiding van de winning onder de huidige waterhuishoudkundige omstandigheden zou leiden tot achteruitgang van grondwaterafhankelijke habitattypen. Deze onduidelijkheid komt voort uit onvoldoende kennis over de mate waarin het regionale grondwatersysteem bepalend is voor grondwaterstanden en kwelstromen in de Regte Heide. In dit rapport wordt deze kennis aangevuld op basis van een eco- en geohydrologische systeemanalyse, gebruikmakend van beschikbare literatuur- en databronnen en aanvullende waarnemingen van grondwaterstanden, inundatiehoogten, bodemprofielen en vegetaties.

1.2 Instandhoudingsdoelen

Het natuurgebied Regte Heide & Riels Laag ligt in de gemeente Goirle, ten zuidoosten van Riel, richting de Belgische grens. Het beekdal van de Poppelsche Leij is geen Natura 2000 gebied, maar behoort wel tot de Natte Natuur Parel. Het gebied valt onder de Natura 2000 bescherming vanwege de aanwezigheid van bijzondere natuurwaarden. Voor de Regte Heide zijn gebiedsdoelen voor de volgende habitattypen: H4010A (Vochtige heiden), H3160 (Zure vennen), H7150 (Pioniergemeenschappen met snavelbiezen), H2310 (Stuifzandheiden) en H4030 (Droge heiden). In het beekdal van de Oude Lei zijn dat de habitattypen H91EOC (Vochtige alluviale bossen) en H3130 (Zwak gebufferde vennen) (Provincie Noord-Brabant, sept 2013). Behoud van oppervlak en kwaliteit dienen voor alle habitattypen te worden gewaarborgd. Bovendien wordt kwaliteitsverbetering beoogd voor Stuifzandheiden, Droge heiden, Vochtige heiden en Zure vennen (Provincie Noord-Brabant, 2013). Voor de verdrogingsgevoelige habitattypen Vochtige heiden, Zure vennen, Zwak gebufferde vennen, Pioniergemeenschappen met snavelbiezen en Vochtige alluviale bossen betekent dit dat het gebied voldoende nat moet zijn om de N2000-doelen te kunnen realiseren.

1.3 Probleemschets

Een deel van de vernattingsmaatregelen is uitgevoerd en samen met het gevoerde beheer heeft dit geleid tot verbeteringen. De uitvoering van het maatregelpakket verloopt echter traag en de vraag is daarom gerezen of uitbreiding van de winning niet zal leiden tot achteruitgang van grondwaterafhankelijke habitattypen. Tegelijkertijd is er nog onzekerheid over het ecohydrologisch functioneren van het gebied, doordat er tot op heden geen uitgebreide systeemanalyse is uitgevoerd. Het is nog onduidelijk in hoeverre de stijghoogten in het topsysteem worden beïnvloed door de stijghoogten in het diepere pakket onder de kleilagen van Kedichem-Tegelen. Daarnaast zijn er aanwijzingen dat binnen het Natura 2000 gebied lokale of uitgestrektere schijnspiegels op ondiepe leemlagen voorkomen. Verder ligt de Regte Heide in een geohydrologisch complexe regio met diverse breuken in de ondergrond en met verschillen in gelaagdheid tussen de afzonderlijke schollen. Hoe groot deze verschillen zijn en hoe ze doorwerken in de grondwaterstroming is nog onbekend.

1.4 Doelstelling en onderzoeksvragen

Het doel van dit rapport is om op basis van gegevens, kennis en informatie duidelijkheid te scheppen over het ecohydrologisch functioneren van de Regte Heide en Riels Laag, zodat inzicht ontstaat in de verdrogingsgevoeligheid van het gebied en de noodzaak voor droogtemitigerende maatregelen indien de winning te Gilzerbaan wordt uitgebreid. Specifiek is het doel om antwoord te vinden op de volgende twee hoofdvragen

1. Is de hydrologie van het topsysteem voldoende robuust (te maken) voor het realiseren van de instandhoudingsdoelen indien verlagingseffecten in het regionale grondwatersysteem optreden?
2. Werken stijghoogten in het pakket onder de kleien van Waalre/Stramproy (voorheen Kedichem/Tegelen genoemd) zodanig door in het topsysteem, dat de instandhoudingsdoelen bij uitbreiding van de winning daardoor mogelijk worden belemmerd?

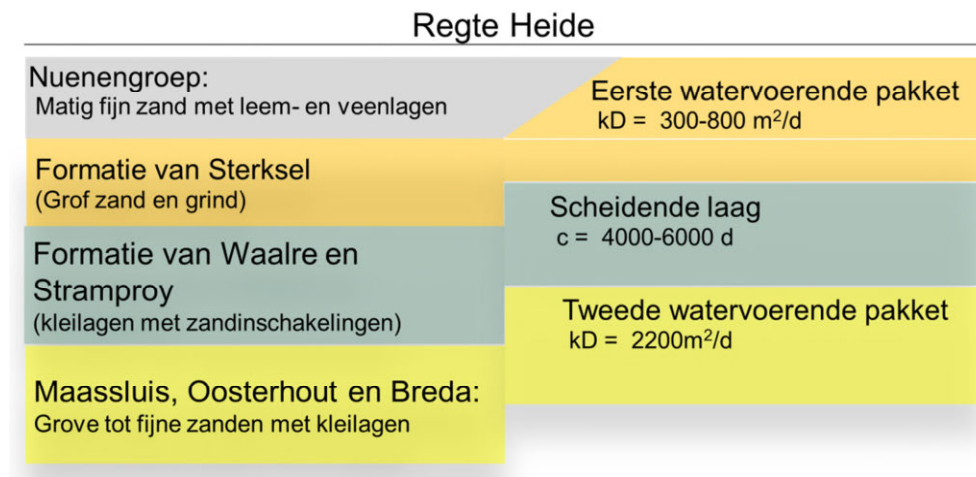
Om deze vragen te kunnen beantwoorden onderscheiden wij de volgende deelvragen:

- Wat is de toestand van het grondwatersysteem van de Regte Heide en Riels Laag ten aanzien van de grondwaterafhankelijke habitattypen? Hoe hoog zijn de actuele grondwaterstanden in deze habitattypen? In hoeverre komen de grondwaterstanden overeen met de ecologische vereisten van de aangetroffen vegetatietypen?
- Is er op de Regte Heide sprake van één freatisch grondwatersysteem of zijn er schijnspiegels en/of grondwatersystemen op ondiep gelegen slecht doorlatende lagen die beperkt/niet door het eronder gelegen pakket beïnvloed worden? Betreft het lokale schijnspiegelsystemen of grotere aaneengesloten systemen? Hoe is het ruimtelijk verloop (opbolling) van de grondwaterstanden in de Regte Heide en de beekdalen?
- Welke geohydrologische eigenschappen in het topsysteem van de Regte heide en het Riels Laag zijn bepalend voor de grondwaterstanddynamica in de natte delen? Deze eigenschappen zijn bijvoorbeeld ondiepe leemlagen, droogvallende waterlopen en drainage door de beken.
- In hoeverre wordt het hydrologisch systeem boven de kleien van Tegelen beïnvloed door veranderingen in de stijghoogten eronder?
- Hoe functioneert het hydrologisch systeem rond de beekdalen (Oude Lei met Riels Laag en Poppelsche Leij)? In hoeverre wordt dit beïnvloed door de stijghoogten onder de kleien van Tegelen?
- Wat is de relevantie van geologische breuken ten aanzien van de laterale stroming van grondwater door het eerste en tweede watervoerende pakket en de voortplanting van verlagingseffecten als gevolg van drinkwaterwinning? Wat is bekend over de verticale gelaagdheid in de geologische schollen rond de Regte Heide en welke implicaties kunnen die schollen hebben voor de grondwaterstroming onder en rond Regte Heide?

2 De geohydrologische context

2.1 Formaties en watervoerende pakketten

De ondergrond van de Regte Heide is opgebouwd uit 7 formaties, namelijk (van ondiep naar diep) (1) de Nuenengroep en de formaties van (2) Sterksel, (3) Waalre (voorheen Kedichem genoemd), (4) Stramproy (voorheen Tegelen genoemd), (5) Maassluis, (6) Oosterhout, en (7) Breda (Figuur 2-1). Deze formaties vormen tezamen twee watervoerende pakketten die onderling gescheiden worden door kleilagen van de Formaties van Waalre en Stramproy, en afdekt worden door matig doorlatende zanden en leem van de Nuenengroep (Figuur 2-1). De hydrologische basis, c.q. de onderkant van het tweede watervoerende pakket, ligt op 300 à 400 m – NAP in de Roerdalslenk en wordt gevormd door de Boomse Klei behorend tot de Formatie van Rupel. De ligging ten opzichte van elkaar en de belangrijkste lithologische kenmerken van de formaties staan in Figuur 2-2 weergegeven.



FIGUUR 2-1: SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE GEOLOGISCHE FORMATIES IN DE OMGEVING VAN DE REGTE HEIDE EN HOE DIE TEN OPZICHTE VAN ELKAAR LIGGEN.

2.1.1 Nuenengroep: semi-afsluitende laag

De Nuenengroep is een associatie van formaties, waartoe de Formatie van Eindhoven, Formatie van Asten en de Formatie van Twente worden gerekend. Het zijn hoofdzakelijk windafzettingen die bestaan uit matig fijn zand (soms grover en grindhoudend), met daarin leemlagen of leemlenzen en plaatselijk veen. In de centrale slenk is de Nuenengroep tot 8 m dik en daar komen grote en dikke leemlagen voor. Op de Regte Heide is de Nuenengroep maximaal enkele meters dik (Figuur 2-2). Hij vormt een semi-afsluitende laag van de Formatie van Sterksel (eerste watervoerende pakket).

2.1.2 Formatie van Sterksel: eerste watervoerende pakket

De Formatie van Sterksel vormt het eerste watervoerende pakket. De formatie is afgezet door een vlechtend rivierensysteem en bestaat hoofdzakelijk uit grove zanden en grinden. Ter hoogte van Tilburg ligt de formatie op ongeveer 10 m – NAP en is hij ongeveer 20 meter dik. Ter hoogte van de Regte Heide ligt hij op ongeveer 20 m + NAP (enkele meters onder

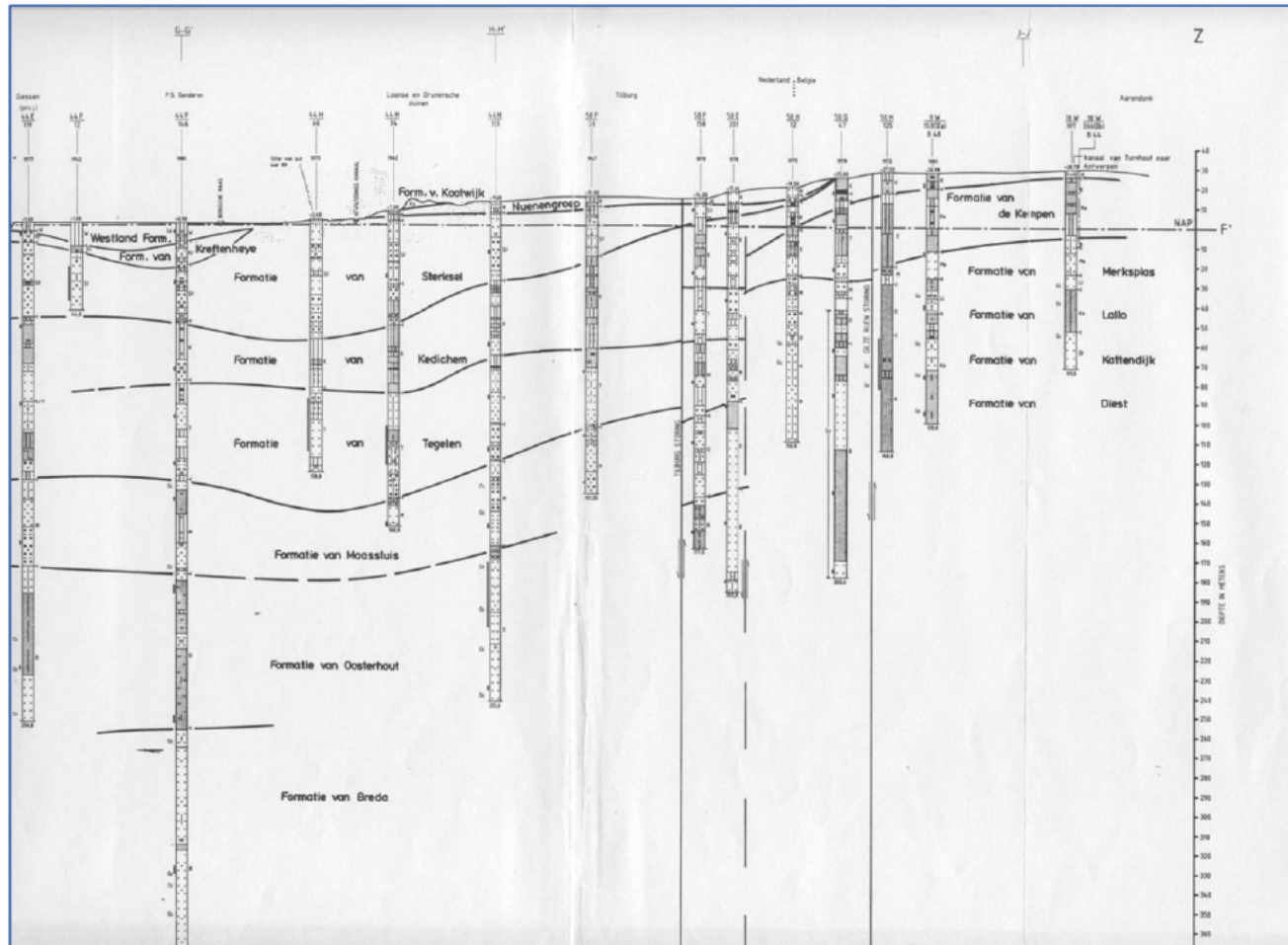
maaiveld) en is hij 5 meter dik. Naar het zuiden toe, nabij de Regte Heide, wigt hij uit op de Formatie van Waalre en lijkt hij kleiiger van aard te zijn (Figuur 2-2).

2.1.3 Formaties van Waalre en Stramproy: scheidende laag

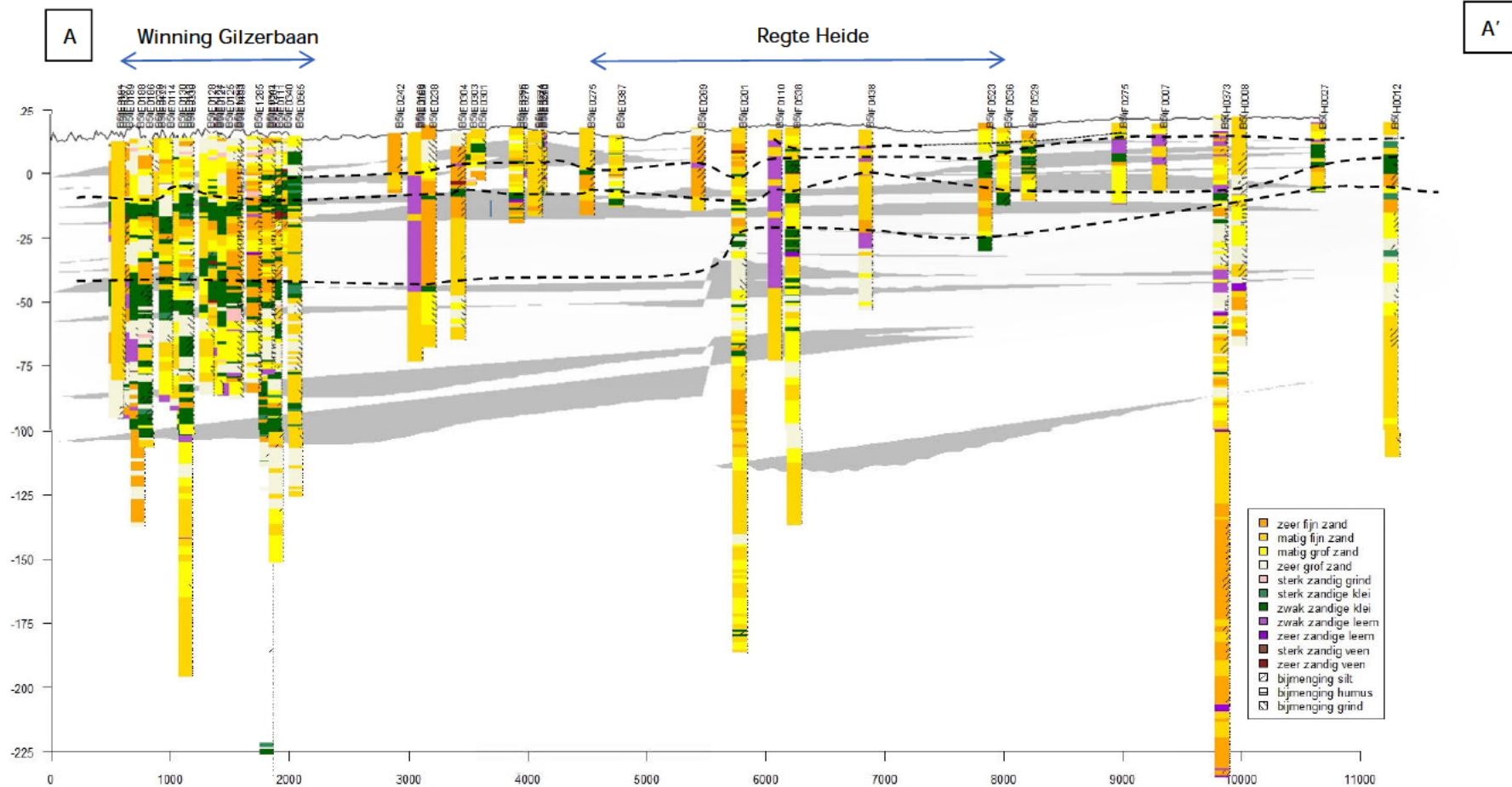
De Formaties van Waalre en Stramproy zijn afgezet door vlechtende rivieren van het Rijn, Maas of Schelde systeem en bestaan hierdoor uit een brede schakering aan kleien, zanden en grinden. Ze staan bekend om hun dikke, zeer slecht waterdoorlatende, en op regionale schaal aaneengesloten kleilagen die het tweede watervoerende pakket aan de bovenkant afsluiten (Figuur 2-2). De bovenste van deze kleilagen bevindt zich op 8 à 10 m diepte en is maximaal 3 m dik. Boorbeschrijvingen geven aan dat deze kleilaag niet overal even goed ontwikkeld is (Figuur 2-3). Daaronder ligt een dikkere kleilaag. Ten noorden van de Gilzerijenbreuk bevindt deze zich op ongeveer 30 meter diepte, en daar ten zuiden van op ongeveer 15 meter diepte. Volgens boorbeschrijvingen is de kleilaag ter plaatse van de winning Gilzerbaan enkele meters tot wel 10 meter dik. Richting het zuiden wordt de kleilaag dunner, namelijk minimaal 1 m dik. Daar ligt hij echter vaak in een laag zeer fijn zand, soms van wel tientallen meters dik en sterk siltig van aard (Figuur 2-3).

2.1.4 Formaties van Breda, Oosterhout en Maassluis: tweede watervoerende pakket

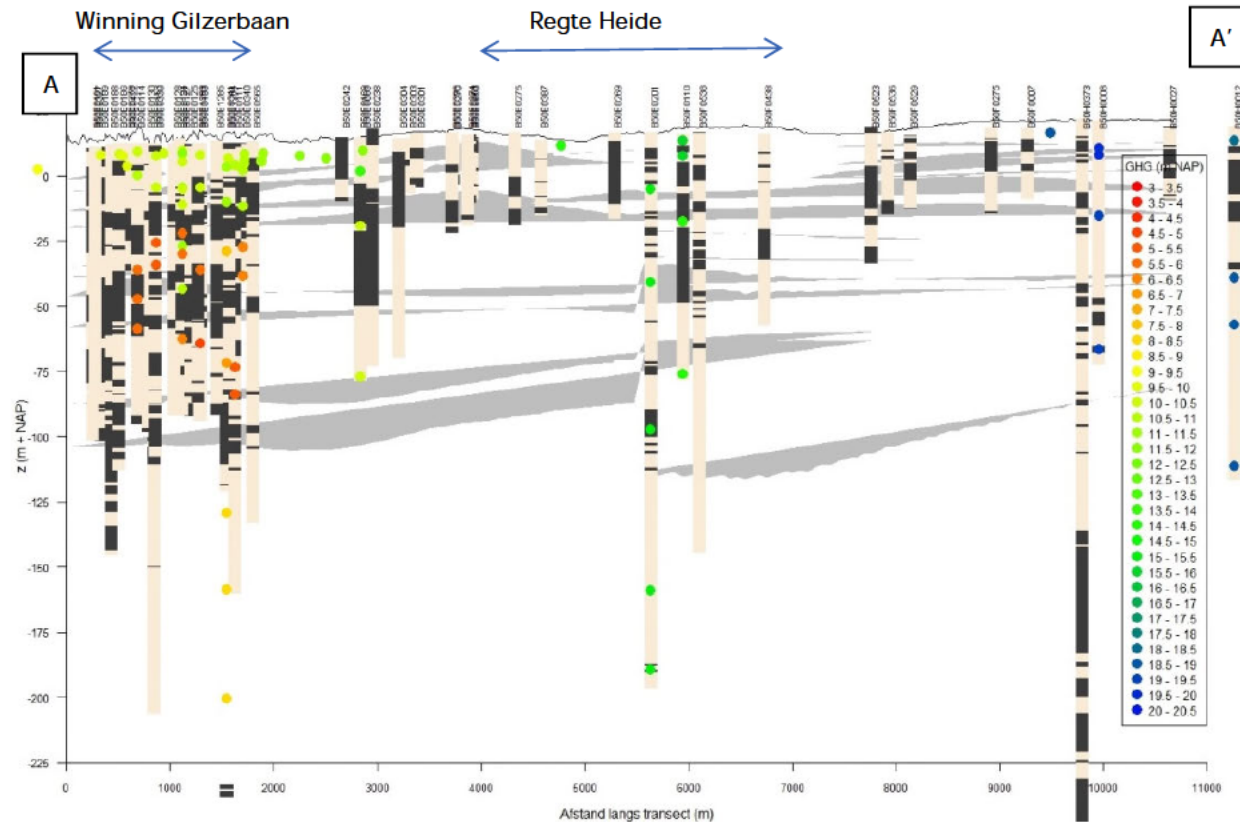
De formaties van Breda, Oosterhout en Maassluis vormen tezamen het tweede watervoerende pakket. Deze formaties van mariene oorsprong bestaan uit dikke pakketten grove tot fijne zanden met ingeschakelde kleilagen (Figuur 2-2). Ter hoogte van Tilburg zijn deze kleilagen matig tot goed ontwikkeld, maar richting het zuiden en ter hoogte van de Regte Heide zijn de kleilagen minder dik (Figuur 2-3). De stijghoogte onder deze kleilagen verschilt niet meer dan enkel decimeters dan de stijghoogte daarboven (Figuur 2-4), duidend op een geringe weerstand voor verticale grondwaterstroming. Daarom kunnen deze formaties tezamen als een watervoerend pakket worden gezien..

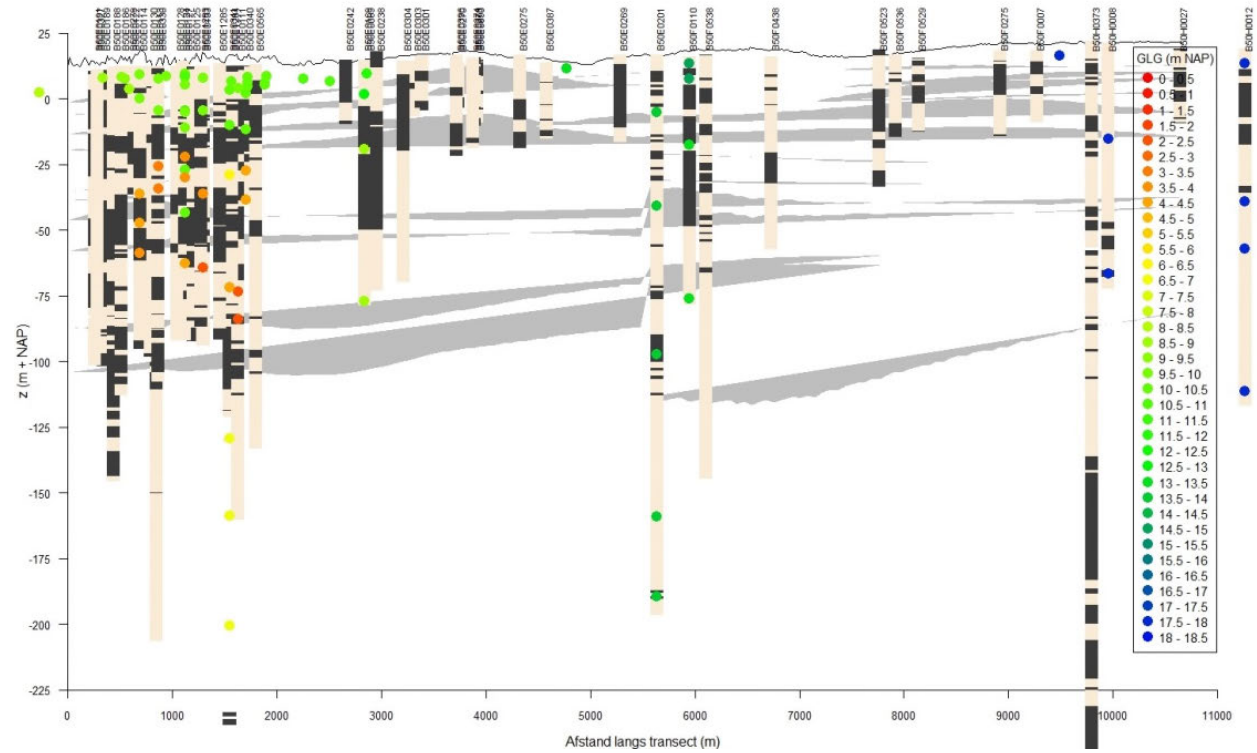


FIGUUR 2-2: GEOLOGISCHE DOORSNEDE VAN DE ONDERGROND VAN DE REGTE HEIDE EN OMGEVING MET DAARIN AANGEGEVEN DE BOORPROFIELEN EN INDELING IN FORMATIES.



FIGUUR 2-3 NOORD-ZUID DOORSNEDE VAN DE ONDERGROND MET DAARIN AANGEGEVEN DE BODEMOPBOUW VOLGENS BOORBESCHRIJVINGEN (DINO-LOKET) EN DE WEERSTAND BIEDENDE LAGEN VOLGENS REGIS. DE GESTIPPELDELIJNEN GEVEN EEN INDICATIE VAN DE BOVENKANT VAN DE BELANGRIJKSTE KLEILAGEN. DE ORIËNTATIE VAN DE DOORSNEDE IS WEERGEGEVEN IN BIJLAGE X. IN DEZE BIJLAGE ZIJN TEVENS 2 ANDERE NOORD-ZUID DOORSNEDEN, EN 3 NOORDOOST-ZUIDWEST GEORIËNTEERDE DOORSNEDEN WEERGEGEVEN.



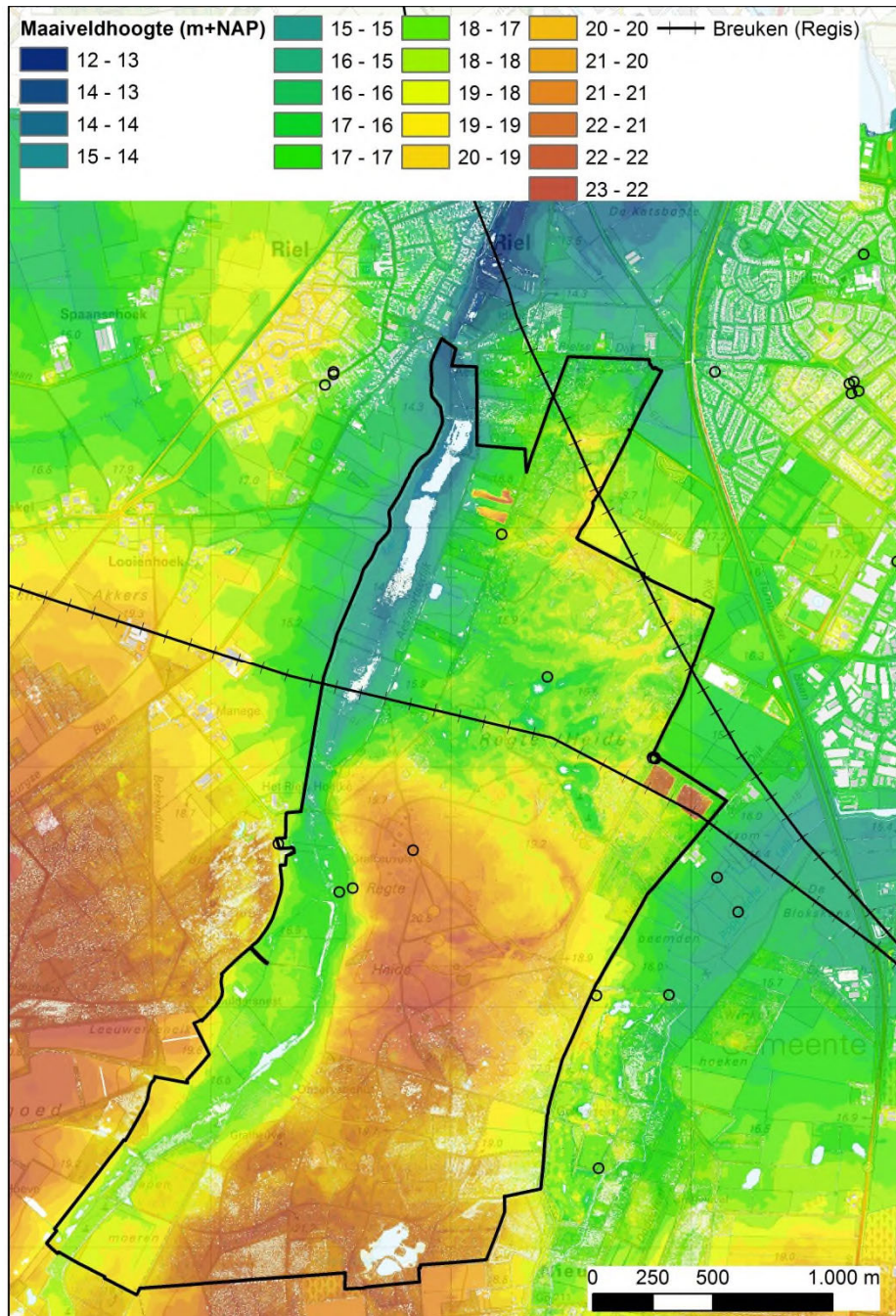


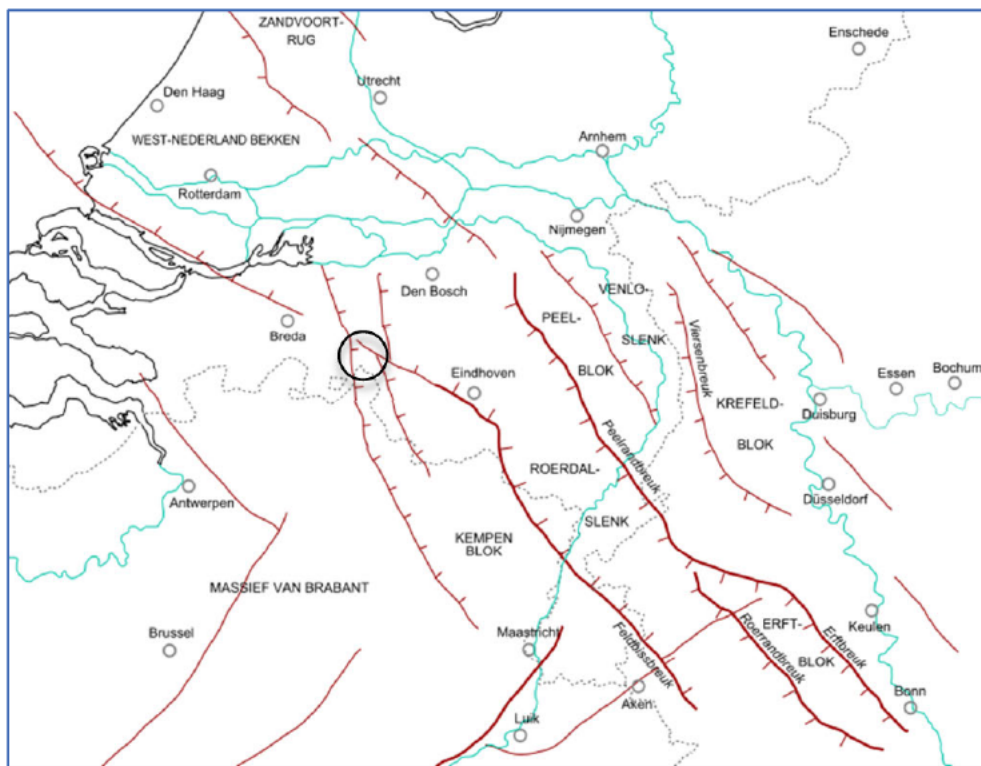
FIGUUR 2-4: NOORD-ZUID DWARSDOORSNEDE VAN DE ONDERGROND MET DAARIN AANGEGEVEN DE GEMIDDELD HOOGSTE STIJGHOOGTE EN DE GEMIDDELD LAAGSTE STIJGHOOGTE (M NAP) BEREKEND VOOR DE PERIODE 1996-2004. DE GEMIDDELD HOOGSTE STIJGHOOGTE EN GEMIDDELD LAAGSTE STIJGHOOGTE ZIJN ANALOOG AAN DEFINITIES VAN DE GHG EN DE GLG GEDEFINIEERD ALS DE JAARLIJKSE 3 HOOGSTE EN LAAGSTE STIJGHOOGTEN GEMIDDELD OVER EEN PERIODE VAN 8 JAAR. ALLEEN MEETREEKSEN DIE HET VOLLEDIGE TIJDVENSTER DEKKEN ZIJN IN DE FIGUUR WEERGEGEVEN.

2.2 Breuken

De watervoerende pakketten in de omgeving van de Regte Heide worden doorsneden door een aantal uitlopers van de Feldbissbreuk, die de overgang tussen het hooggelegen Kempenblok en de lagergelegen Roerdalslenk vormt (Figuur 2-5). De meest nabije uitlopers, die mogelijk invloed hebben op de geohydrologie van het gebied, zijn de Gilzerijenbreuk en de Gilzerbaanbreuk. Beschikbare literatuurbronnen geven geen eenduidig beeld van de ligging en het aantal van deze breuken.

Beschikbare literatuurbronnen geven geen informatie over de hydraulische eigenschappen van de Gilzerbaanbreuk en de Gilzerijenbreuk. Wel blijkt uit boorbeschrijvingen dat de ruimtelijke verschillen in de opheffing van de weerstandbiedende lagen rond de breuken beperkt is (Figuur 2-3). Hierdoor kan het breukvlak slechts beperkt versmeerd zijn, en is de weerstand tegen horizontale grondwaterstroming beperkt. Ook geven de beperkte hoeveelheid beschikbare stijghoogtereeksen in de omgeving van de Regte Heide geen aanwijzingen voor grote stijghoogtesprongen over de breuken; het stijghoogtepatroon in het tweede watervoerende pakket lijkt de vorm van een afpompeegel rond de winning Tilburg te vertonen, zonder duidelijke afwijkingen daarvan (Figuur 2-4). Dit geeft aanwijzingen dat de breuken weinig invloed hebben op het stromingspatroon en de ruimtelijke voorplanting van stijghoogteveranderingen.





FIGUUR 2-5: VERSCHILLENDE VARIANTEN VAN DE LIGGING VAN DE REGTE HEIDE (ZWARTE CIRKEL) TEN OPZICHTE VAN DE BELANGRIJKSTE BREUKEN.

3 Het regionale grondwatersysteem

3.1 Het eerste watervoerende pakket

Van oudsher is de grondwaterstroming in het eerste watervoerende pakket het resultaat van een samenspel tussen grondwateraanvulling uit het neerslagoverschot en drainage door beken. Deze beken liggen ingesneden in het landschap en hellen met het maaiveld in noordelijke richting af (Figuur 3-1). Hierdoor is het regionale stromingspatroon zuid-noord gericht, met zuid-noord georiënteerde beken.

Ondertussen zijn grote gebieden ontgonnen en ontwaterd, zijn beekdalvenen afgegraven en zijn beken genormaliseerd. Hierdoor is de drainagebasis, en daarmee de grondwaterstand in veel gebieden, langzaam maar zeker gedaald. Tegelijkertijd zijn uitgestrekte natuurgebieden omgezet in bebouwd gebied en landbouwgronden, en is de landbouwproductie sinds de jaren 1950 toegenomen. Dit heeft sinds de jaren 1950 een vrijwel vlakdekkende afname van de grondwateraanvulling tot gevolg gehad. Het gevolg was dat de grondwaterstand in het zandlandschap van de provincie Noord-Brabant gemiddeld met minimaal 15 cm is gedaald (Witte et al., 2015). Daartegenover staat dat sinds de jaren vijftig de gemiddelde neerslag is toegenomen met 88 à 110 mm in het winterhalfjaar en 33 à 40 mm in het zomerhalfjaar (KNMI, 2011). Dit kan een stijging van de gemiddelde grondwaterstand met 5 à 10 cm tot gevolg hebben gehad (Schouten, ongepubliceerd).

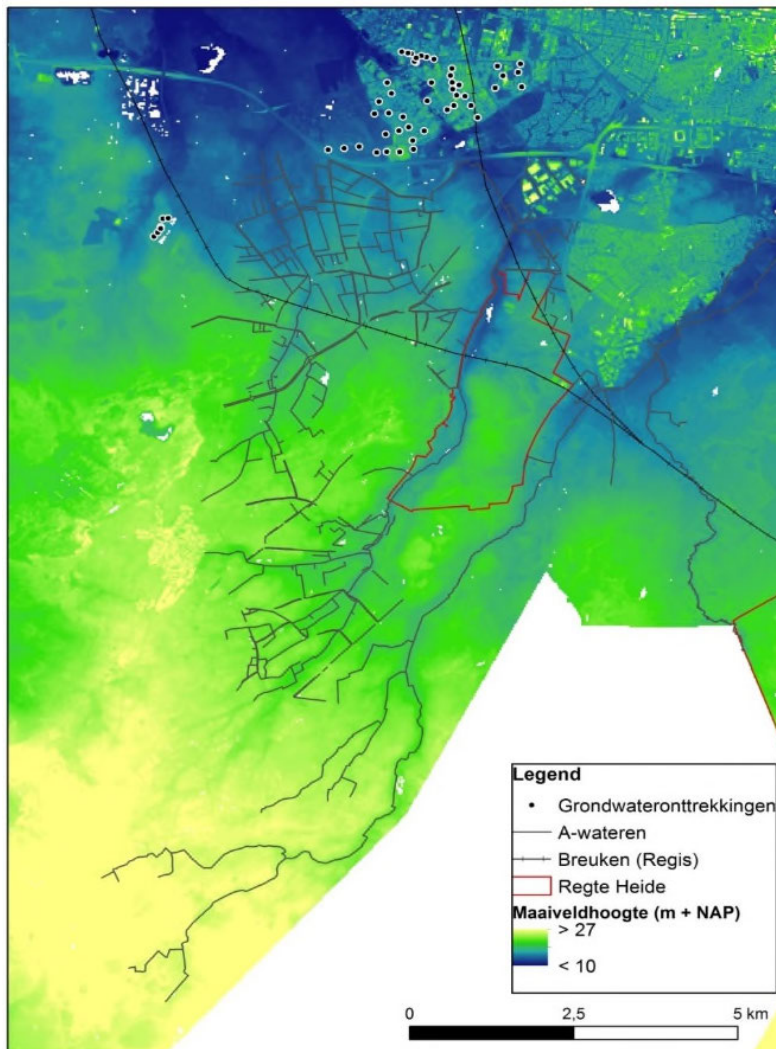
Oorspronkelijk speelde wegzijging van grondwater naar het tweede watervoerende pakket geen rol van betekenis in de hydrologie van het eerste watervoerende pakket. Dit kwam doordat het drainageniveau van het voedingsgebied van het tweede watervoerende pakket op vergelijkbare hoogte als de beekdalen lag (Figuur 3-2 en paragraaf 3.2). Hierdoor waren de stijghoogten in het eerste en tweede watervoerende pakket vrijwel met elkaar in evenwicht. Deze situatie is onder invloed van grondwaterwinning en ontwatering van de Belgische Kempen gewijzigd, maar de gevolgen voor de grondwaterstanden zijn niet goed bekend.

3.2 Het tweede watervoerende pakket

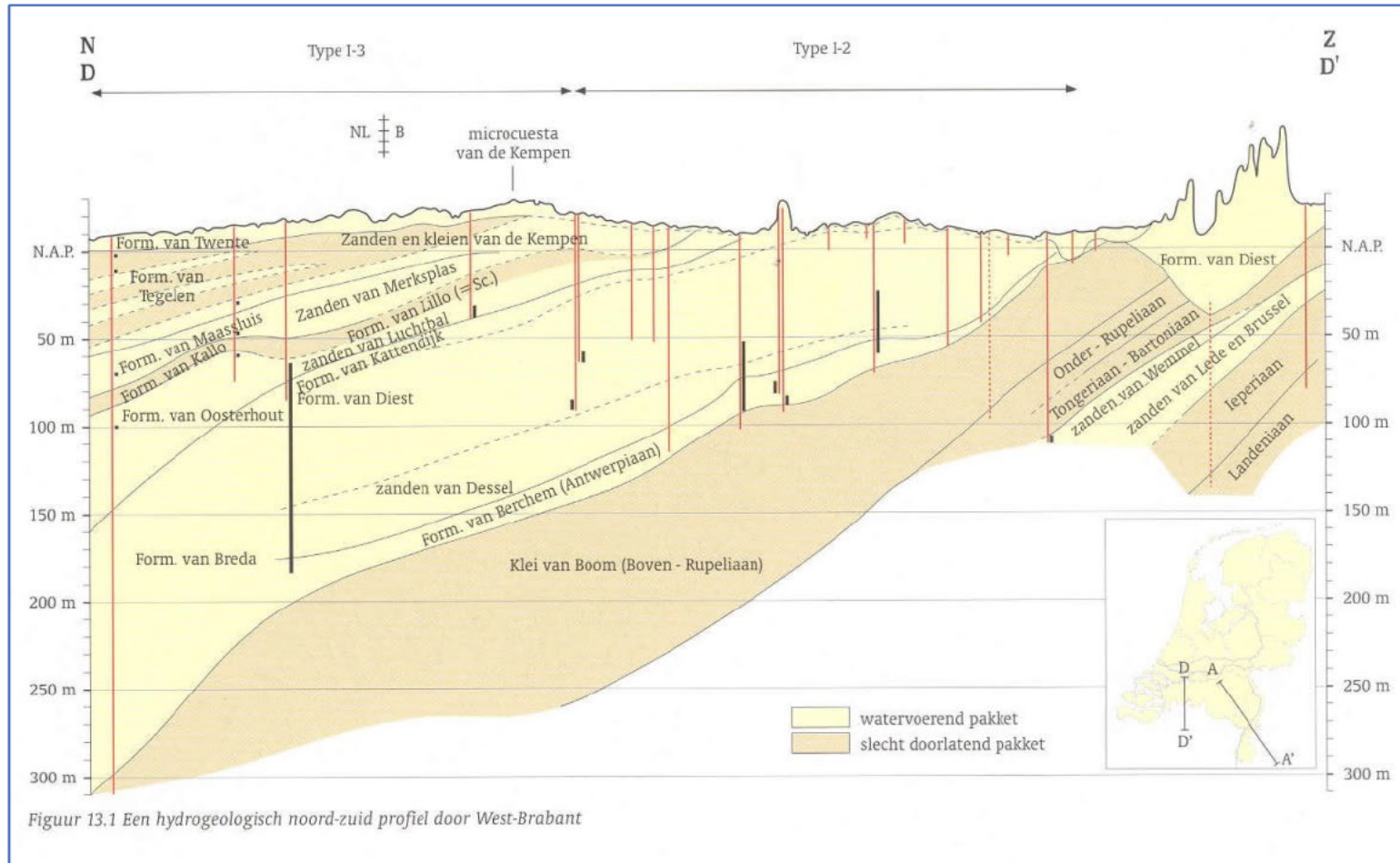
Als gevolg van het kantelen van het Noordzebekken, hellen de afzettingen in Brabant en Vlaanderen in noordelijke richting af. Hierdoor liggen de watervoerende pakketten en scheidende lagen naar het noorden toe steeds dieper, terwijl ze van het zuiden van Nederland tot in de Belgische Kempen één voor één aan het maaiveld dagzomen (Figuur 3-2). Doordat het tweede watervoerende pakket dagzoomt, en niet meer afgedekt worden door een weerstandbiedende laag, verandert het geohydrologische karakter van afgesloten ('spanningswater'), naar freatisch (een vrij fluctuerende grondwaterstand). Deze freatische delen worden op de Belgische Kempen direct door neerslag gevoed, en verliezen direct water als gevolg van verdamping, ontwatering en, indien aanwezig, ondiepe grondwateronttrekkingen. Hierdoor ligt het voedingsgebied van het tweede watervoerende pakket van zuid Nederland grotendeels op de Belgische Kempen, en wordt de grondwateraanvulling bepaald door het neerslagoverschot en het drainageniveau. Het deel van het neerslagoverschot dat niet door het oppervlaktewaterstelsel wordt afgevoerd komt ten goede aan de aanvulling van het tweede watervoerende pakket. Hiermee ligt de drukopbouw in het tweede watervoerende pakket min of meer vast op het drainageniveau van de Belgische Kempen. Als gevolg van ontwatering en normaliseren van de beken is het

drainageniveau al decennia lang verlaagd ten opzichte van de natuurlijke situatie. Dit heeft waarschijnlijk bijgedragen aan de daling van de druk in het tweede watervoerende pakket.

Naast de ontwateringshoogte van de Belgische Kempen wordt de drukverdeling in het tweede watervoerende pakket bepaald door diepe grondwateronttrekkingen. De belangrijkste diepe winningen zijn de winning Gilzerbaan te Tilburg, de winning Gilze, enkele industriële winningen in Goirle en diverse agrarische winningen. De winning Gilzerbaan is met het huidige onttrekkingsvolume van 14.5 miljoen m³/jaar de grootste grondwaterwinning in de regio (Figuur 3-3). Vooral onder invloed van de ontwikkeling van deze onttrekking is de stijghoogte in het tweede watervoerende pakket ter plaatse van het winveld gedaald tot zo'n 5 à 6 m + NAP, terwijl de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket daar 9 à 10 m + NAP bedraagt. Met toenemende afstand van de winning neemt de stijghoogte in het tweede watervoerende pakket in de vorm van een afpompegel toe, terwijl de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket veel geleidelijker, gelijk oplopend met het maaiveld, in zuidelijke richting toeneemt (Figuur 2-4).

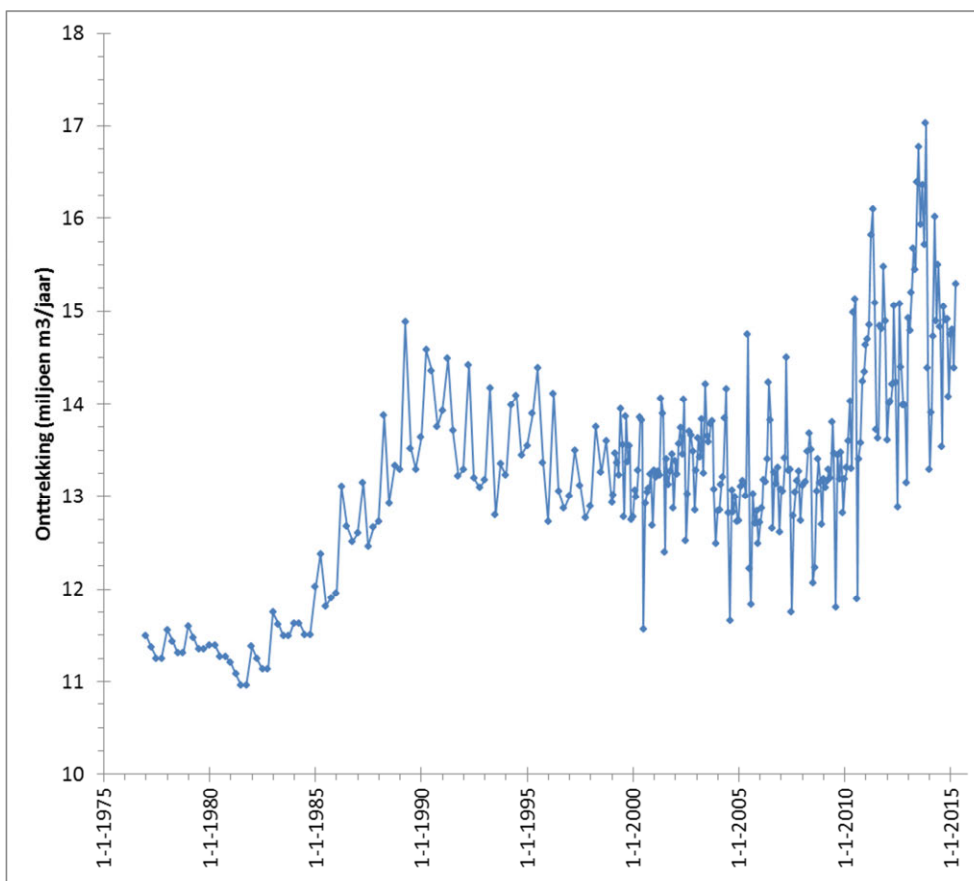


FIGUUR 3-1: MAAIVELDHOOGTEN, ONTWERING EN DRINKWATERWINNINGEN IN DE OMGEVING VAN DE REGTE HEIDE.



Figuur 13.1 Een hydrogeologisch noord-zuid profiel door West-Brabant

FIGUUR 3-2: GEOHYDROLOGISCHE NOORD-ZUID DOORSNEDE VAN NOORD-BRABANT EN DE BELGISCHE KEMPEN. DE REGTE HEIDE LIGT WESTELIJK VAN DEZE DOORSNEDE.



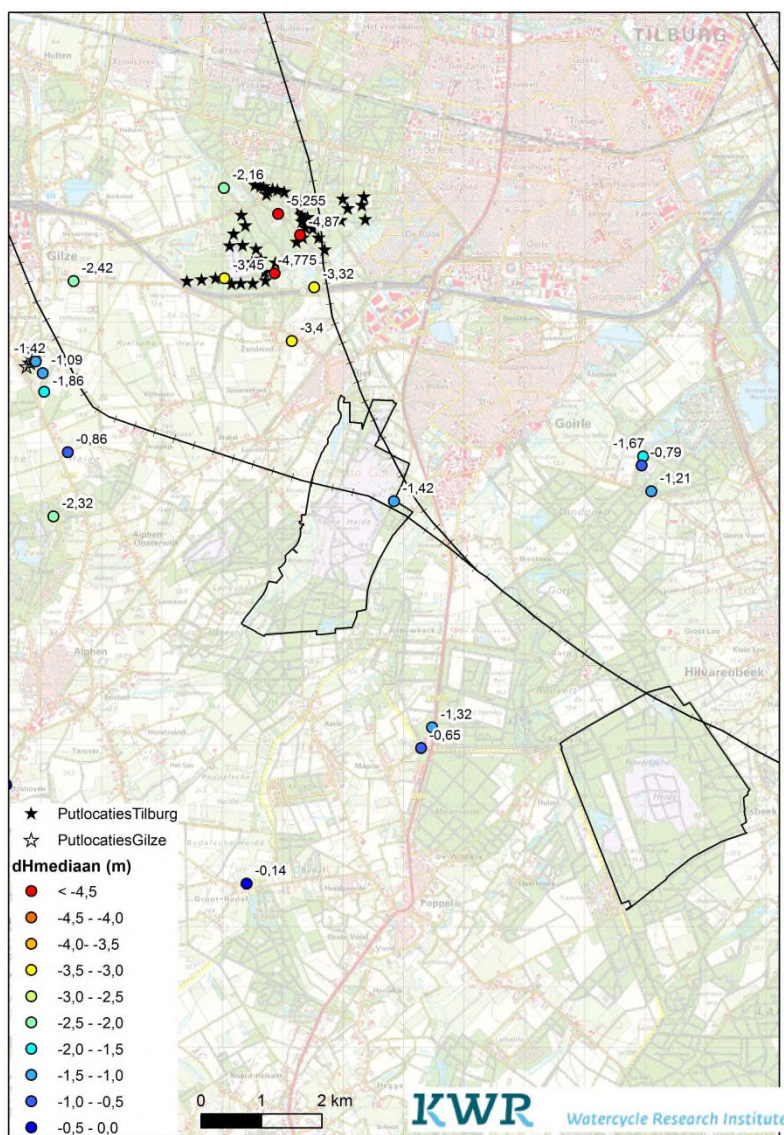
FIGUUR 3-3:GRONDWATERONTTREKKING TEN BEHOEVE VAN DRINKWATERPRODUCTIE VOOR DE PRODUCTIELOCATIE TE TILBURG (GILZERBAAN). DE TIJDREEKS IS SAMENGESTELD OP BASIS VAN MAANDGEGEVENS VAN BRABANT WATER OVER DE PERIODE 2000-2014 EN KWARTAAL GEGEVENS VAN DE PROVINCIE NOORD BRABANT VOOR DE PERIODE 1977-1999. SINDE DE JAREN 1970 IS HET PRODUCTIEVOLUME GESTEGEN VAN 11,5 MILJOEN M³/JAAR NAAR 14,5 MILJOEN M³/JAAR, HET HUIDIGE PRODUCTIEVOLUME. TIJDENS ZOMERMAANDEN IS HET PRODUCTIEVOLUME TIJDELIJK HOGER, EN TIJDENS WINTERMAANDEN LAGER. GEDURENDE DE JAREN 1980 VOND DE SNELSTE UITBREIDING PLAATS.

3.3 Interactie tussen het eerste en tweede watervoerende pakket

Onder de interactie tussen het eerste en tweede watervoerende pakket wordt verstaan de verticale grondwaterstroming over de kleilagen van de Formaties van Waalre/Stramproy. Deze grondwaterstroming wordt bepaald door (1) het drukverschil tussen deze watervoerende pakketten en (2) de weerstand van de kleilagen.

Volgens tijdreeksen die zijn waargenomen in boven elkaar gelegen filters vertoont het drukverschil over de kleilagen van Waalre/Stramproy een duidelijk ruimtelijk patroon. Ter plaatse van de winning Tilburg is het gemiddelde drukverschil met ongeveer 5 meter het grootste. Het drukverschil neemt met toenemende afstand van de winning af, en bedraagt gemiddeld 1,42 m (onderdruk) ter hoogte van de Regte Heide en nog maar enkele decimeters rond de landsgrens (Figuur 3-4). Deze verschillen weerspiegelen het gecombineerd effect van de afpompegel in het tweede watervoerende pakket en de geleidelijke, met het maaiveld oplopende stijghoogte in het eerste watervoerende pakket.

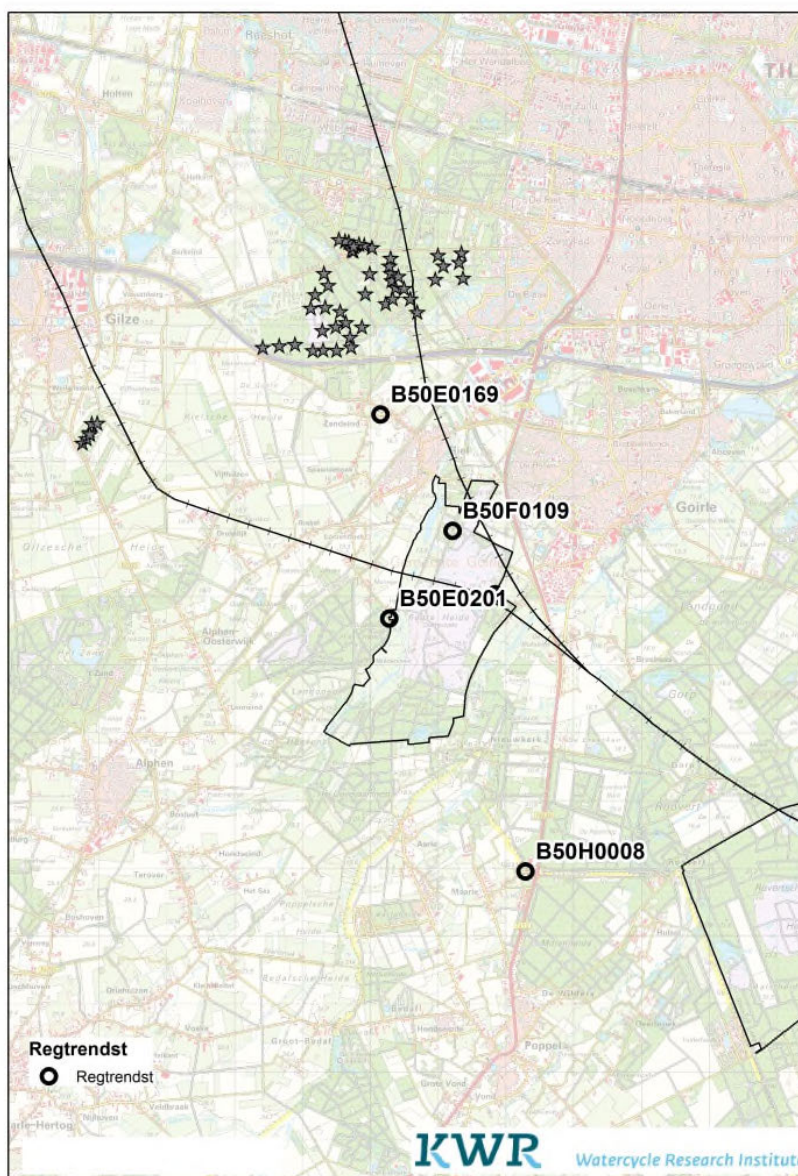
Schattingen van de weerstand van deze kleilagen lopen uiteen van 5000 tot 6000 dag (Broks Adviezen, 1989). De hoge weerstand wordt bevestigd door het grote potentiaalverschil tussen meetfilters die gescheiden worden door de kleien van Waalre/Stramproy. Boorbeschrijvingen geven ook aanwijzingen dat deze kleilagen ten oosten van de winning Gilzerbaan en enkele kilometers ten westen van de Regte heide minder goed ontwikkeld is (Bijlage II). Volgens Van Baar (2010) wordt de minder goed ontwikkelde kleilaag tussen het eerste en tweede watervoerende pakket bij de winning Tilburg bevestigd door het doorslaan van sulfaat in het ruwwater van de grondwaterwinning, duidend op recente invloeden vanaf het maaiveld. Broers en De Weert (2015) laten met isotopenonderzoek zien dat 18% van het ruwwater uit de winning Tilburg jonger is dan 100 jaar en bewijzen daarmee dat in het gewonnen grondwater een jonge component aanwezig is.



FIGUUR 3-4: TOPOGRAFISCHE KAART MET DAARIN AANGEGEVEN DE MEDIAAN VAN HET STIJGHOOGTEVERSCHIL TUSSEN TWEE BOVEN ELKAAR GEPLAATSTE FILTERS DIE VAN ELKAAR GESCHIEDEN WORDEN DOOR DE TEGELENKLEI. DE STIJGHOOGTEVERSCHILLEN ZIJN BEREKEND VOOR DE HELE MEETPERIODE, MITS METINGEN IN BEIDE FILTERS OP DEZELFDE DAG BESCHIKBAAR WAREN.

3.4 Trends in relatie tot grondwaterwinning

Op basis van tijdreeksanalyse is onderzocht in hoeverre de ontwikkeling van de winning Gilzerbaan heeft bijgedragen aan de daling van de stijghoogte in het tweede watervoerende pakket en het eerste watervoerende pakket. Hierbij zijn onderzocht tijdreeksen voor peilbuisfilters die van elkaar gescheiden worden door de kleien van Waalre en Stramproy (Figuur 3-5). Naast neerslag en verdamping is het pompdebiet van de winning Gilzerbaan¹ als verklarende reeks gebruikt (Figuur 3-3). Daarna is een lineaire trend als vierde verklarende variabele aan het tijdreeksmodel toegevoegd. De resultaten worden voor een selectie van meetfilters besproken in Bijlage III. Een samenvatting van de resultaten volgt in het vervolg van deze paragraaf.



FIGUUR 3-5: PEILBUISLOCATIES WAARVOOR DE RESULTATEN VAN TIJDREEKSANALYSE WORDEN GEPRESENTEERD (ZIE TABEL 1).

Volgens Menyanthes bedraagt het uiteindelijke verlagingseffect van de winning op de stijghoogte in het tweede watervoerende pakket op 1,1 km afstand van het winveld (peilbuis B50E0169) 0,3 m per miljoen m³ onttrokken grondwater. Ter hoogte van de Regte Heide, op 3,9 km afstand van het winveld (B50E0201) bedraagt dit verlagingseffect nog 0,16 m en op 4,2 km (B50F0110) nog 0,1 m per miljoen m³ onttrokken grondwater. Verder zuidwaarts, op 8,1 km afstand (B50H0008) is de berekende invloed klein, maar nog altijd significant ($\alpha=0,95$). Dit beeld komt globaal overeen met een afpompkegel en bevestigt de aanzienlijke invloed van de winning op de stijghoogte in het tweede watervoerende pakket onder de Regte Heide.

Het verloop van de berekende verlagingseffecten in het eerste watervoerende pakket met de afstand tot het winveld is als volgt. Op 1,1 km afstand bedraagt het berekende verlagingseffect 0,05 m per miljoen m³ gewonnen grondwater, ofwel 16% van het berekende verlagingseffect in het tweede watervoerende pakket. Ter hoogte van de Regte Heide bedraagt hij 0,09 m (op 3,1 km afstand) en 0,04 m (op 4,2 km afstand). Dit is respectievelijk 56% en 40% van het verlagingseffect in het tweede watervoerende pakket. Het effect in het freatisch pakket wijkt daarmee af van het globale patroon van een afpompkegel met afnemende verlagingseffecten met toenemende afstand tot de winning. Indien dit patroon een causale relatie heeft met de grondwaterwinning, dan moet dat het gevolg zijn van minder goed ontwikkelde (lagere weerstand) kleien van Waalre/Stramproy ter hoogte van de Regte Heide. Boorbeschrijvingen geven echter geen goede bevestiging van deze hypothese. Daarom verwachten wij dat andere invloeden dan neerslag, verdamping en grondwateronttrekking, hebben bijgedragen aan de stijghoogteverlaging in het eerste watervoerende pakket. Voorbeelden van dergelijke invloeden zijn

- (1) het dichtgroeien van het natuurgebied met (vergraste) heide en (naald)bos (toegenomen verdamping);
- (2) afgenomen grondwateraanvulling door toegenomen agrarische productie o.a. door verbeterde teeltmethoden en beregening, en verstedelijking. Volgens Witte et al. (2015) heeft dit gemiddeld over Brabant een grondwaterstandverlaging van minimaal 30 cm over de periode 1950-2010 tot gevolg gehad;
- (3) en toegenomen ontwatering door beeknormalisaties en ruilverkavelingen in de jaren 1970.

Deze invloeden zijn niet in het tijdreeksmodel als verklarende reeksen meegenomen, zodat een (onbekend) deel van de berekende verlagingseffecten onterecht aan de winning zijn toegeschreven. De hier gepresenteerde verlagingseffecten (Tabel 1) beschrijven daarmee de bovengrens van de invloed van de winning. Deze hypothese wordt enigszins bevestigd door de tijdreeksmodellen waarbij naast neerslag, verdamping en grondwateronttrekking, ook een lineaire trend als verklarende variabele is toegevoegd.

Tabel 1: Berekende totale verlaging van de stijghoogte in het eerste en het tweede watervoerende pakket per miljoen m³ gewonnen grondwater (M0), en de doorwerkingsfactor als het coëfficiënt van de verlagingen in WVP1 en WVP2. Het berekende effect van de winning neemt toe indien een trend wordt mee gemodelleerd, doordat de optimale trend positief is, en gecompenseerd wordt met een toenemende invloed van de winning.

	Afstand tot winveld (km)	Filter	Watervoerendpakket	Totaal effect winning per miljoen m ³ /j (m)	Doorwerkingsfactor winning	Totaal effect trend (m)	Doorwerkfactor trend	Verklaarde variantie
Zonder trend								
B50E0169	1,1	1	1	-0,05				81%
B50E0169	1,1	2	2	-0,3	0,16			47%
B50F0109	3,1	1	1	-0,09				72%
B50E0201	3,9	1	2	-0,16	0,56 ^a			84%
B50F0110	4,2	1	1	-0,04	0,4			82%
B50F0110	4,2	2	2	-0,1				73%
B50H0008	8,1	2	2	-0,00				70%
Met trend								
B50E0169	1,1	1	1	-0,07	0,24	-0,60	5,45	70%
B50E0169	1,1	2	2	-0,29		-0,11		50%
B50F0110	4,2	1	1	-0,00	0,00	-0,70	1,84	73%
B50F0110	4,2	2	2	-0,09		-0,38		70%
B50F0109	3,1	1	1	-0,00		-0,5		76%
B50E0201	3,9	1	2	-0,21	0,00	+1,55	0,375	86%
B50H0008	8,1	2	2	-0,00		-0,38		73%

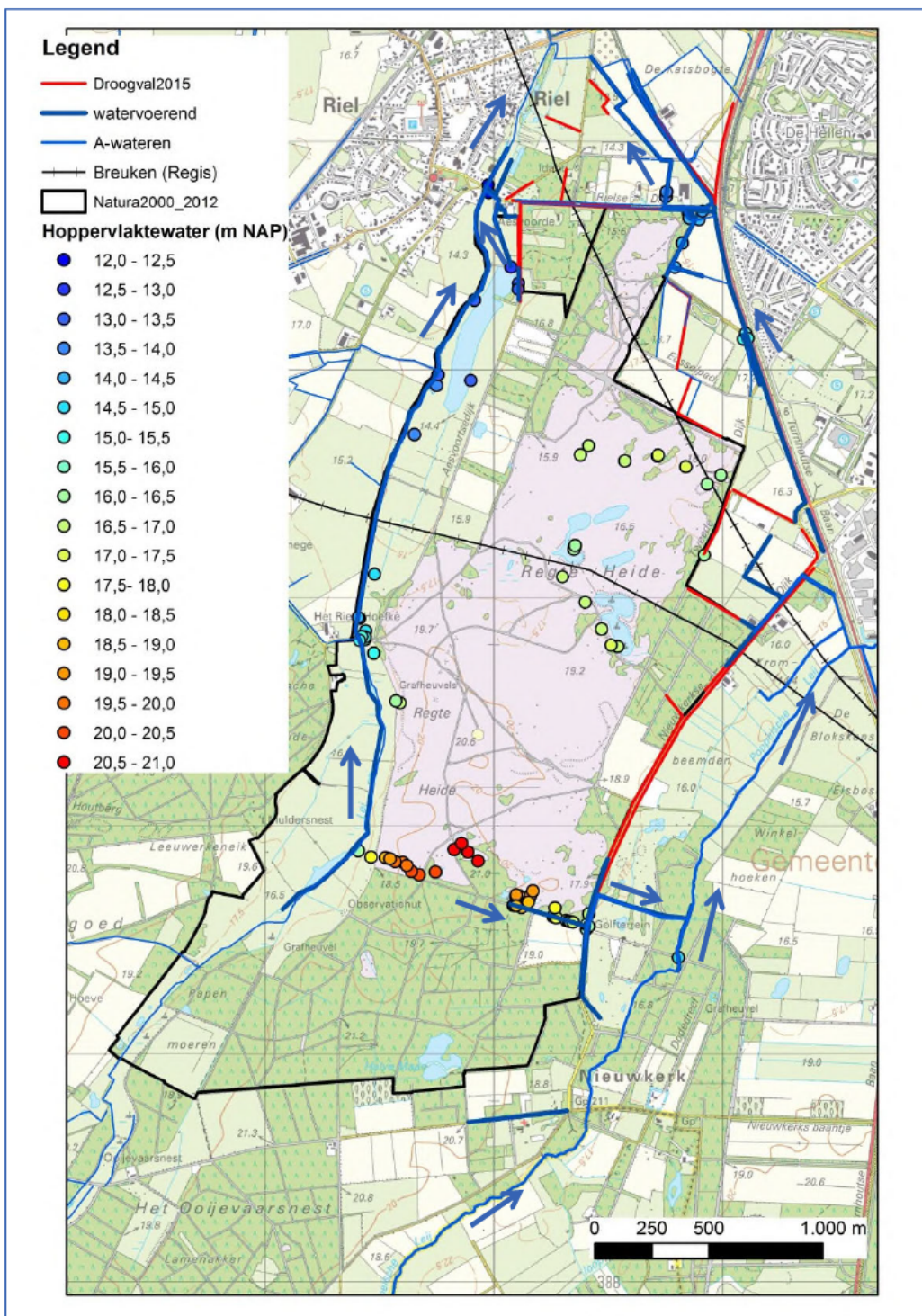
^a Overschatting van de doorwerkingsfactor omdat het bovenste peilfilter ongeveer 1 km dichter bij de winning is dan het diepe peilfilter.

^b Omdat het effect van boven komt, is de doorwerkingsfactor gedefinieerd als de verandering van de stijghoogte in het tweede watervoerende pakket gedeeld door die in het tweede watervoerende pakket.

4 Het grondwatersysteem van de Regte Heide en Riels Laag

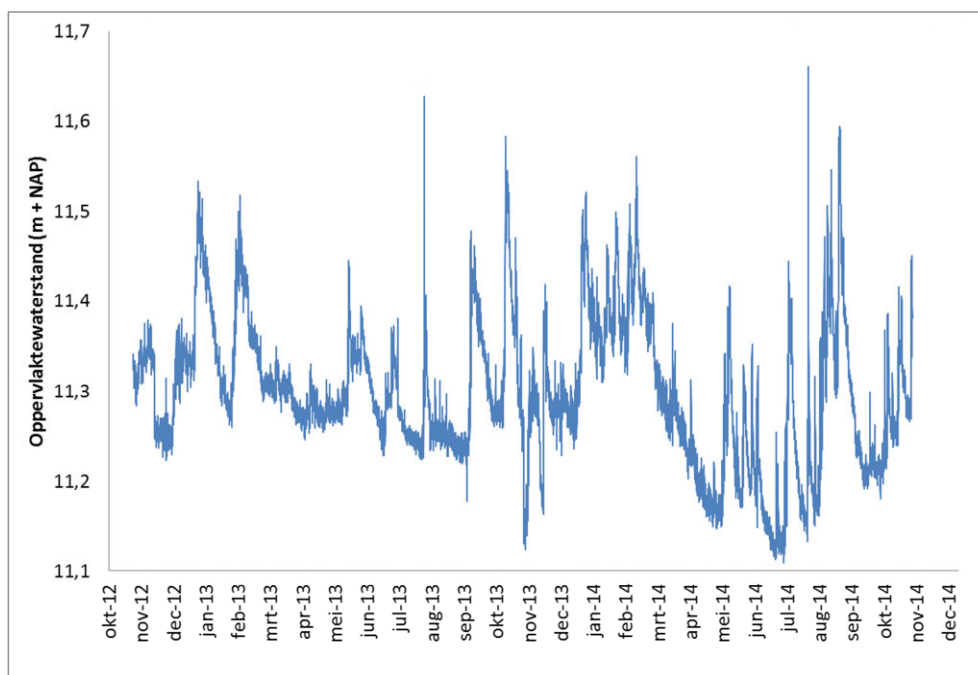
4.1 Ontwatering en waterbeheer

De Regte Heide wordt ontwaterd door (1) de Oude Lei, (2) de Poppelsche Leij, (3) enkele stelsels ontwateringsmiddelen ten noorden en westen van de Regte Heide, en (4) een ondiep netwerk van greppels in het zuidelijk deel van de Regte Heide zelf. Tijdens het voorjaar van 2015, na een meteorologisch gemiddelde winter (Bijlage VI), waren de meeste waterlopen watervoerend (Figuur 4-1). Slechts een beperkt aantal waterlopen stond toen droog. Aan het einde van de droge zomerperiode van 2015 waren alleen de beken en waterpartijen in de beide beekdalen nog watervoerend. Vanwege de aanhoudende droogte voerde de Oude Lei tijdelijk geen water meer af. De overige waterlopen, ook die in de Regte Heide waren toen droog gevallen. De beken stonden aan het einde van de 19^e eeuw nog overvol met water, zodat ze nauwelijks te passeren waren. Door ontginningen en waterhuishoudkundige ingrepen zijn de beken steeds dieper komen te liggen en zijn beekdalvenen geheel afgegraven.



FIGUUR 4-1: WATERVOERENDHEID EN DROOGVAL VAN WATERLOPEN IN APRIL 2015. TEVENS ZIJN IN DE FIGUUR DE INGEMETEN HOOGTEN VAN OPPERVLAKTEWATER IN SLOTEN, PLASSEN EN OP MAAIVELD WEERGEGEVEN.

Het beekdal van de Oude Lei is in 2000 opnieuw ingericht. Hierbij zijn sloten gedempt en zijn omvangrijke waterpartijen gegraven. De zuidelijke waterpartij wordt doorstroomd door de Oude Lei. In het noorden is de Oude Lei opgeleid en losgekoppeld van de waterpartij. De plas wordt hier gevoed door neerslag en toestromend grondwater uit de Regte Heide, en hij watert via een stuw af op de Oude Lei. Waterstanden in de Oude Lei vertonen een piekerig verloop (Figuur 4-2), duidend op een snelle afvoercomponent in het intrekgebied. Snelle afvoercomponenten kunnen samenhangen met ondiepe of dagzomende kleilagen of ondiepe grondwaterstanden. Uit vergelijking van deze tijdreeks met een inmeting van de waterstand in het voorjaar van 2014 (Figuur 4-1) volgt een verhang van de beek van 1 meter per kilometer.



FIGUUR 4-2: TIJDREEKS VAN DE WATERSTAND IN DE OUDE LEI, ONGEVEER 2 KM BENEDENSTROOMS VAN DE REGTE HEIDE.

Thans ligt vooral de Poppelsche Leij diep in het landschap ingesneden, ter hoogte van de Regte heide tot wel 2 meter beneden maaiveld in het beekdal. Op de flank van het beekdal zijn in het kader van beekherstel sloten gedempt en stuwen geplaatst. De waterstand in de beek zelf is ongewijzigd gebleven. Langs het zuidelijk deel van de Regte Heide ligt een golfbaan in het beekdal, die gedeeltelijk met drains ontwaterd wordt, maar waar nog altijd wateroverlast wordt ondervonden.

De ontwateringsmiddelen buiten de beekdalen zijn veelal aangelegd voor de drooglegging van landbouwgronden en infrastructuur, zoals de Turnhoutsebaan en de Nieuwkerksedijk Zuid. De ontwateringsmiddelen langs deze twee wegen waren in het voorjaar van 2015, na een gemiddeld natte winter, watervoerend. Ook aan de noordelijke kopkant van de Regte Heide ligt een diepe watergang die in het voorjaar van 2015 water afvoerde. Veel hoger gelegen waterlopen stonden toen echter al droog.

Het zuidelijk deel van de Regte Heide wordt ontwaterd door een netwerk van ondiepe greppels die zijn ontstaan door het afgraven van leem of die zijn gegraven ten behoeve van bosaanplant. Deze greppels voeren tijdens het winterseizoen en het voorjaar in de richting

van de Poppelsche Leij water af. De waterstanden worden opgestuwd door middel van een reeks provisorisch aangelegde dijkjes van organisch materiaal en zand (Figuur 4-3). In de loop van het groeiseizoen stagneert de afvoer van water via de greppels en nog later vallen de waterlopen droog.



FIGUUR 4-3: FOTO'S VAN (BOVEN) DE AFWATERING VAN HET DRAINAGESTELSEL IN HET ZUIDELIJK DEEL VAN DE REGTE HEIDE OP DE WATERLOOP LANGS DE NIEUWKERKSEDIJKZUID EN (ONDER) DE WATERVOERENDE WATERLOOP LANGS DE NIEUWKERKSEDIJKZUID MET DAARIN EEN DREMPEL VAN ORGANISCH MATERIAAL. DE FOTO'S ZIJN GENOMEN OP 14 APRIL 2015, EEN VOORJAARSDAG NA EEN METEOROLOGISCH GEMIDDELD NATTE WINTER.

4.2 Geohydrologische kenmerken van de ondergrond

De lithologische opbouw van de bovenste meters van de ondergrond van de Regte Heide gedetailleerd onderzocht aan de hand van 24 boorprofielen tot 4 m diep. Deze boorprofielen zijn gestoken langs 3 transecten (bijlage IV), namelijk 1 zuid-noord georiënteerd transect dat min of meer evenwijdig loopt aan de regionale grondwaterstroming, en 2 oost-west georiënteerde transecten die min of meer evenwijdig lopen aan de sub-regionale grondwaterstroming (naar de beken). De resultaten zijn, samen met de reeds beschikbare boorbeschrijvingen, verwerkt in Figuur 4-5, Figuur 4-6 en Figuur 4-7.

Uit de boorprofielen blijkt de ondergrond van de Regte Heide bestaat uit zand met een textuur variërend van zeer fijn tot zeer grof, en met daarin veelal lokale leem-, klei of veeninschakelingen. Zanden van uiteenlopende textuur wisselen elkaar op korte afstand, lateraal en verticaal, af. Gezien de uiteenlopende hoogteliggingen van elke lithologische eenheid vormen ze vaak geen aangesloten geheel, maar zijn het eerder stelsels van lenzen die op en naast elkaar zijn gestapeld. Deze heterogeniteit is het gevolg van het periglaciaire milieu waarin de afzettingen afwisselend door vlechtende stroompjes en de wind zijn afgezet, en die later weer voor een deel zijn geërodeerd.

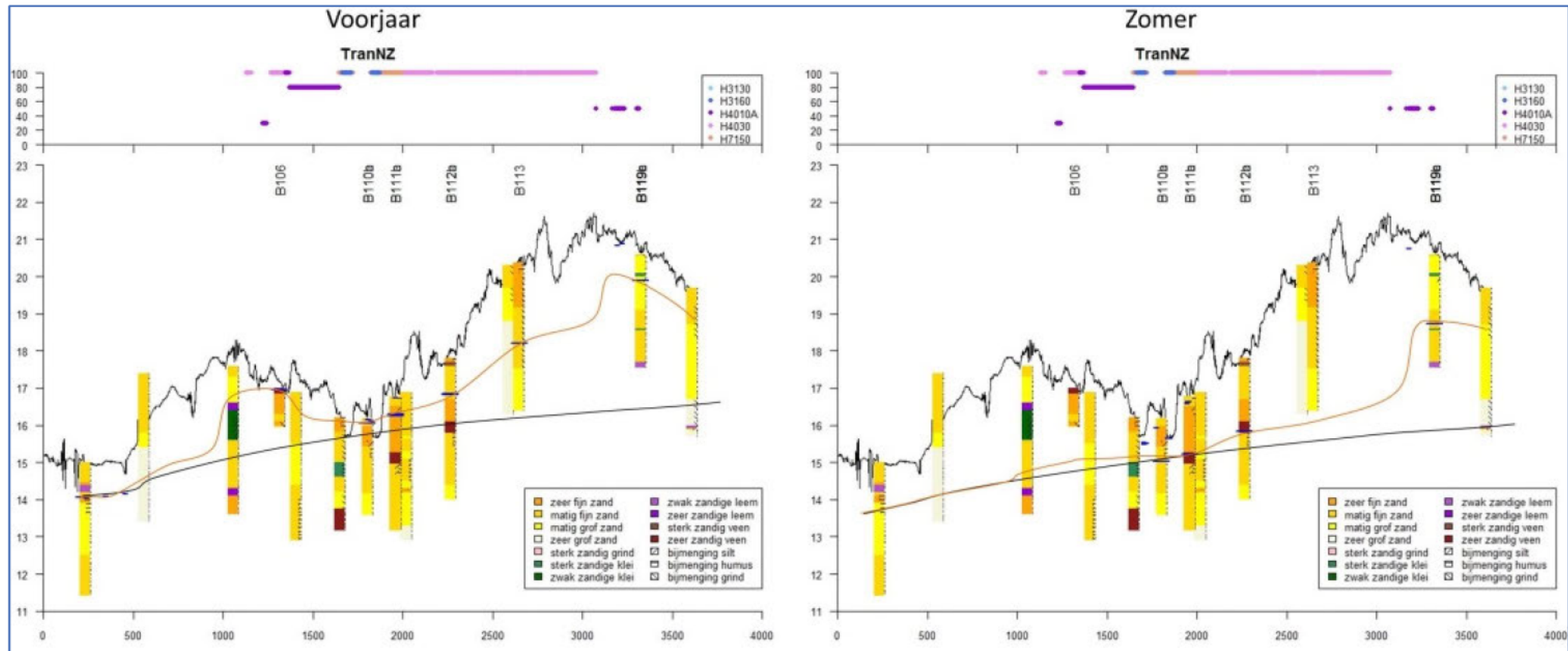
Naast de heterogeniteit als gevolg van ruimtelijke afwisselingen van verschillende zandfracties is de bodem 'intern heterogeen': de sedimenten zijn vaak zeer slecht gesorteerd. Met andere woorden, het zand bestaat uit een mengsel van zanden met uiteenlopende korrelgroottes, resulterend in een zeer brede korrelgrootteverdeling. Daarnaast is vaak sprake van bijmengingen met silt, humus of grind. Bijmenging van grind is op verschillende plaatsen waargenomen, maar vooral ten zuiden van de breuklijn. Centraal op de Regte Heide komen keien van enkele centimeters groot tot aan het maaiveld voor (Figuur 4-4), en in het zuidwesten zijn de keien zelfs tot een decimeter groot.



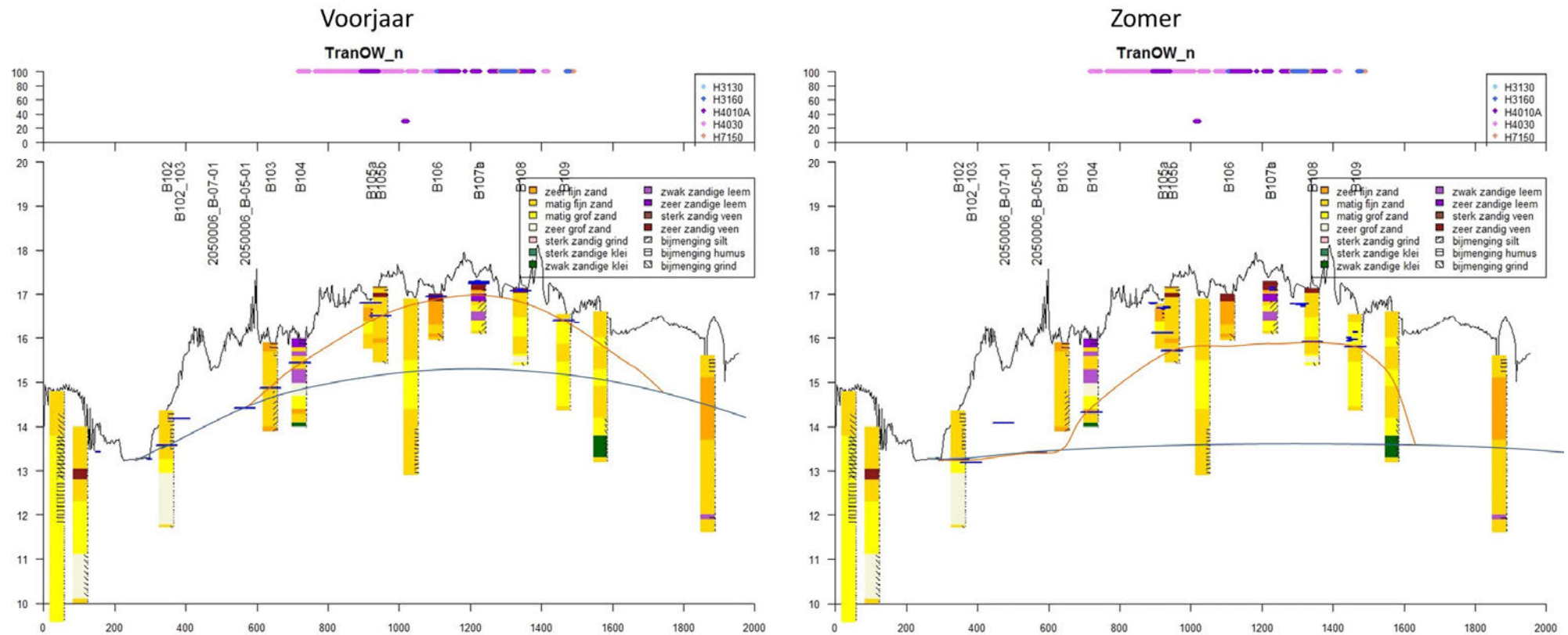
FIGUUR 4-4: KEIEN TOT AAN HET MAAIVELD OP DE REGTE HEIDE.

Langs het noord-zuid transect volgt de bodemopbouw het volgende patroon:

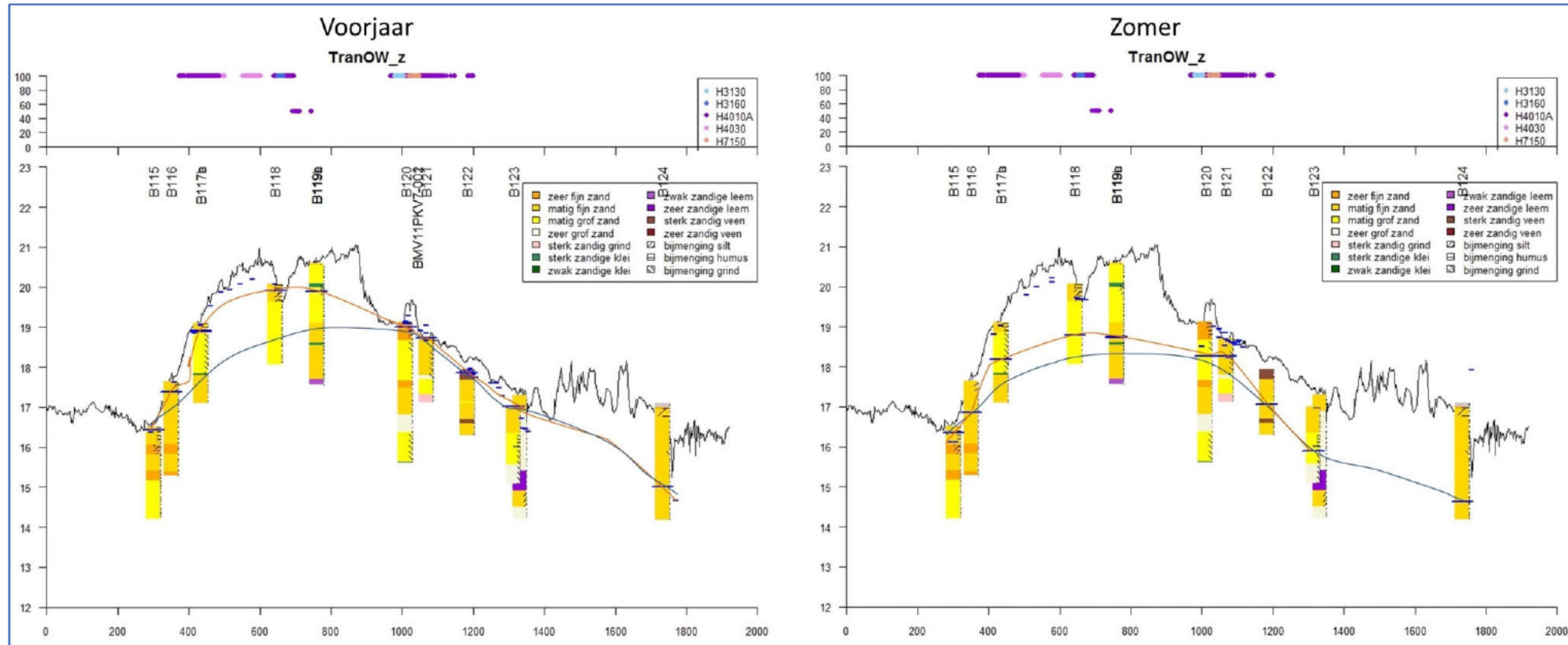
- (1) In het hoger gelegen, zuidelijke deel zijn meerdere dunne klei- of leemlenzen aangetroffen. Deze lenzen liggen in een matig grof tot grof zandpakket. Deze kleilenzen passen bij de duiding van de geologische kaart dat de Formatie van Sterksel ter hoogte van de Regte Heide kleiiger wordt.
- (2) Centraal op de heide is op verschillende dieptes veen aangetroffen. Vooral het ondiepe veen bij punt B112b is opmerkelijk, omdat de grondwaterstand daar thans ruim 1 meter onder zit. Bij B106 is een ondiepe veenlaag (glyde) aangetroffen. Deze veenlaag bevond zich vlak onder het maaiveld van een periodiek inunderende laagte.
- (3) De vennen in het centrum van de Regte Heide, nabij de breuk, liggen in een gebied waar een pakket zeer fijn zand van 0,5 tot 1,5 m dikte aan of vlak onder het maaiveld ligt.
- (4) In het noordelijk deel zijn dikkere kleilagen, van enkele decimeters tot 1 m dikte, op een diepte vanaf 2 meter aangetroffen. Ondieper ontbreken klei- of leemlagen.



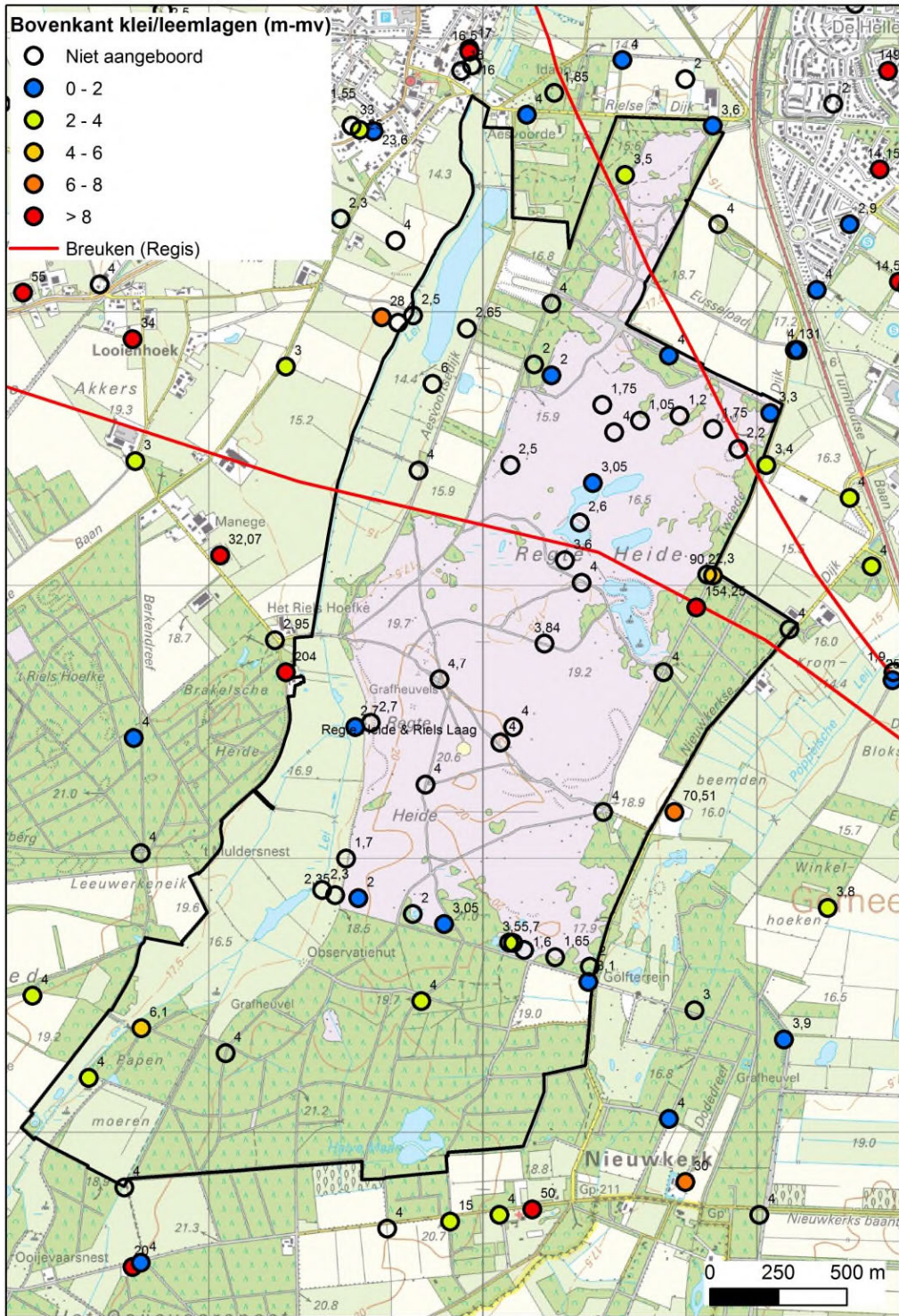
FIGUUR 4-5: NOORD-ZUID DOORSNEDE VAN DE ONDIEPE ONDERGROND VAN DE REGTE HEIDE MET DAARIN AANGEGEVEN DE BODEMOPBOUW, GRONDWATERSTANDEN EN OPPERVLAKTEWATERSTANDEN WAARGENOMEN TIJDENS DE VOORJAARSRONDE. VOOR DE ORIENTATIE VAN DE DOORSNEDE ZIE BIJLAGE IV. DE LICHT-BRUIJNE LIJN GEEFT, OP BASIS VAN INTERPRETATIE VAN DE GEMETEN STIJGHOOGTEN, EEN IMRESSIE VAN HET VERLOOP VAN DE FREATISCHE GRONDWATERSTAND, EN DE ZWARTE LIJN VAN DE OPBOLLING VAN DE STIJGHOOGTE IN HET EERSTE WATERVOERENDEPAKKET TUSSEN DE TWEE BEEKDALEN.

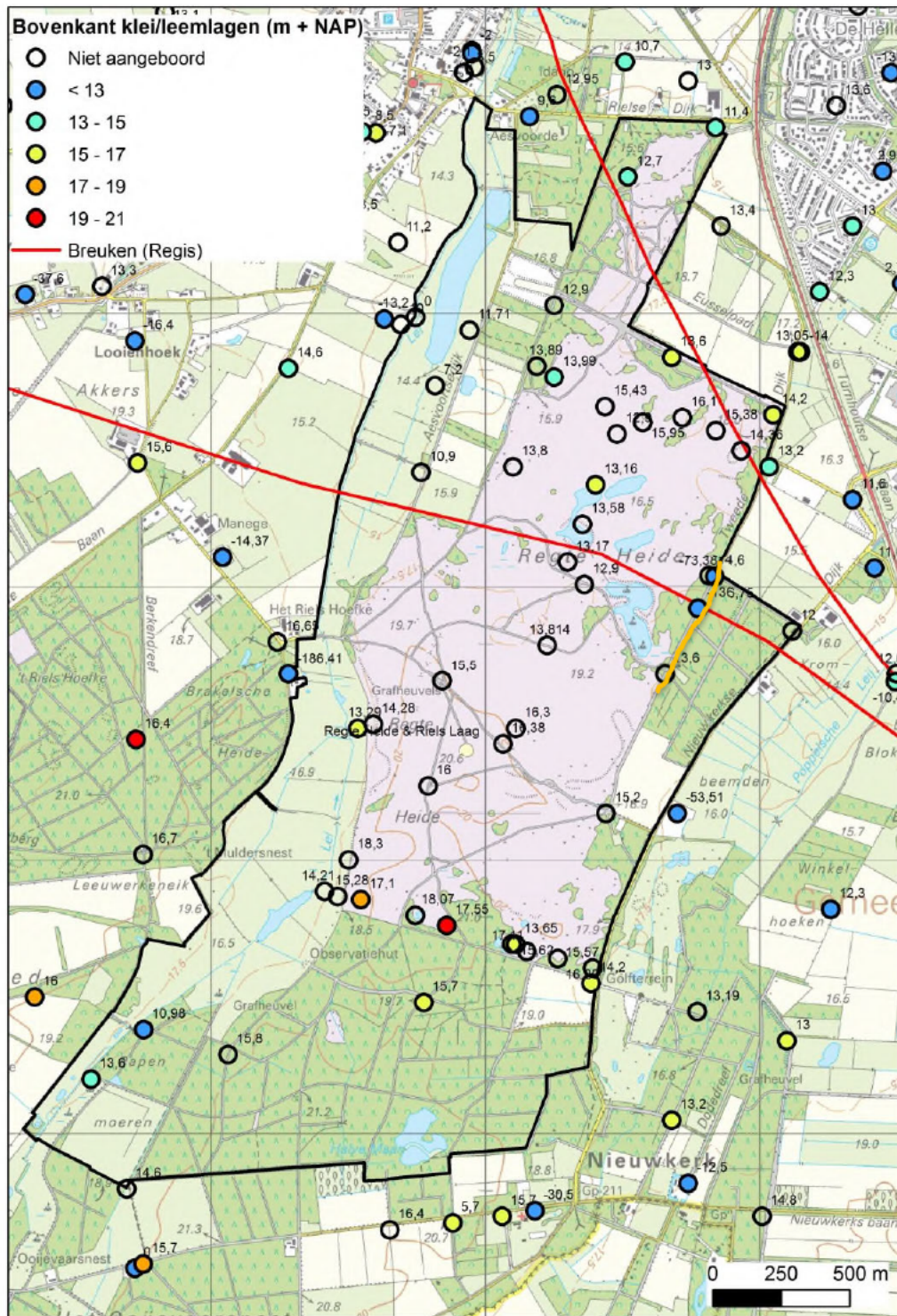


FIGUUR 4-6 WEST-OOST-DOORSNEDE VAN DE ONDIEPE ONDERGROND VAN DE NOORDKANT VAN DE REGTE HEIDE MET DAARIN AANGEGEVEN DE BODEMOPBOUW, GRONDWATERSTANDEN EN OPPERVLAKTEWATERSTANDEN WAARGENOMEN TIJDENS DE VOORJAARSRONDE. VOOR DE ORIENTATIE VAN DE DOORSNEDE ZIE BIJLAGE IV. DE LICHT-BRUIJNE LIJN GEEFT, OP BASIS VAN INTERPRETATIE VAN DE GEMETEN STIJGHOOGTEN, EEN IMRESSIE VAN HET VERLOOP VAN DE FREATISCHE GRONDWATERSTAND, EN DE ZWARTE LIJN VAN DE OPBOLLING VAN DE STIJGHOOGTE TUSSEN DE TWEE BEEKDALEN.



FIGUUR 4-7: WEST-OOST-DOORSNEDE VAN DE ONDIEPE ONDERGROND VAN DE ZUIDKANT VAN DE REGTE HEIDE MET DAARIN AANGEGEVEN DE BODEMOPBOUW, GRONDWATERSTANDEN EN OPPERVLAKTEWATERSTANDEN WAARGENOMEN TIJDENS DE VOORJAARSRONDE. VOOR DE ORIENTATIE VAN DE DOORSNEDE ZIE BIJLAGE IV. DE LICHT-BRUINE LIJN GEEFT, OP BASIS VAN INTERPRETATIE VAN DE GEMETEN STIJGHOOGTEN, EEN IMRESSIE VAN HET VERLOOP VAN DE FREATISCHE GRONDWATERSTAND, EN DE ZWARTE LIJN VAN DE OPBOLLING VAN DE STIJGHOOGTE TUSSEN DE TWEE BEEKDALEN.





FIGUUR 4-8: DIEPTTE VAN DE BOVENSTE WEERSTANDBIEDENDE LAAG (KLEI OF LEEM) IN DE REGTE HEIDE EN RIELS LAAG AFGELEID VAN BOORPROFIELEN UIT DINO EN VELDWERKZAAMHEDEN DIE TIJDENS DIT PROJECT ZIJN UITGEVOERD. DE GETALLEN CORRESPONDEREN MET DE ONDERKANT VAN HET BOORPROFIEEL. VOLGENS DE BOORBESCHRIJVINGEN KOMEN ONDIEPE WEERSTANDBIEDENDE LAGEN ALLEEN IN HET NOORDEN EN ZUIDEN VAN DE REGTE HEIDE EN IN DE BEEKDALEN VOOR.

Langs het oost-west transect aan de noordkant van de Regte Heide volgt de bodemopbouw het volgende patroon:

- In het oostelijk deel van de Regte Heide en aansluitend dal van de Poppelse Leij lijkt een wat groter aaneengesloten pakket van matig grof zand aanwezig te zijn.
- Centraal op de Regte Heide (punt 107) en halverwege de westelijke flank van de Regte Heide (punt 104) zijn twee ondiepe leemlenzen boven elkaar waargenomen. Ook is tot 2 keer toe klei aangeboord, maar de boorbeschrijvingen kunnen, vanwege hun beperkte diepte, niet bevestigen of het hier om afzonderlijke kleilagen gaat of om een meer aaneengesloten kleilaag.
- Op de hoogste delen van de heide, centraal in het transect, komen zandige veenlenzen voor die ontstaan zijn onder invloed van langdurige inundatie. Door afwezigheid van bioturbatie en anoxische afbraak zijn deze lagen sterk versmeerd en bieden ze veel weerstand tegen wegzijgend regenwater.
- Op alle locaties, met uitzondering van locatie 109, bestaat de bovenste 20 cm van het bodemprofiel uit veen of is hij zeer humeus. Locatie 109 lijkt recentelijk geplagd, waardoor de humeuze toplaag is verdwenen.
- In het beekdal van de Oude Lei zijn langs het transect geen weerstand biedende lagen aangetroffen. De klei- en leem die op de Regte Heide is aangeboord, ligt hoger dan het beekdal en strekken zich dus niet tot aan het beekdal van de Oude Lei uit.

Langs het oost-west transect aan de zuidkant van de Regte Heide volgt de bodemopbouw het volgende patroon:

- Op de hogere delen, aan de westkant, is op verschillende plaatsen (117, 119 en 120) en op verschillende diepten enkele centimeters klei aangetroffen. Richting de Poppelsche Leij ontbraken de kleilagen en leek het zand grover te worden. Wel is net ten zuiden van het transect een decimeters dikke leemlaag aangetroffen die onder een pakket grof zand ligt.
- Op de westelijke flank lijkt een wat groter aaneengesloten pakket van matig grof zand, met daaronder een dunne kleilaag, te dagzomen. Mogelijk vindt vanuit dit pakket voeding van natte zones op de flank van de Regte Heide plaats.
- Met uitzondering van de locaties 119 en 121 is de toplaag matig of sterk humeus of bestaat hij uit veen.
- In het beekdal van de Oude Lei is geen klei- of leem aangetroffen, maar wel ruim 0,5 m zeer fijn zand en is in de toplaag sprake van sterke bijmenging van silt en humus.

4.3 Stijghoogten en inundatiehoogten

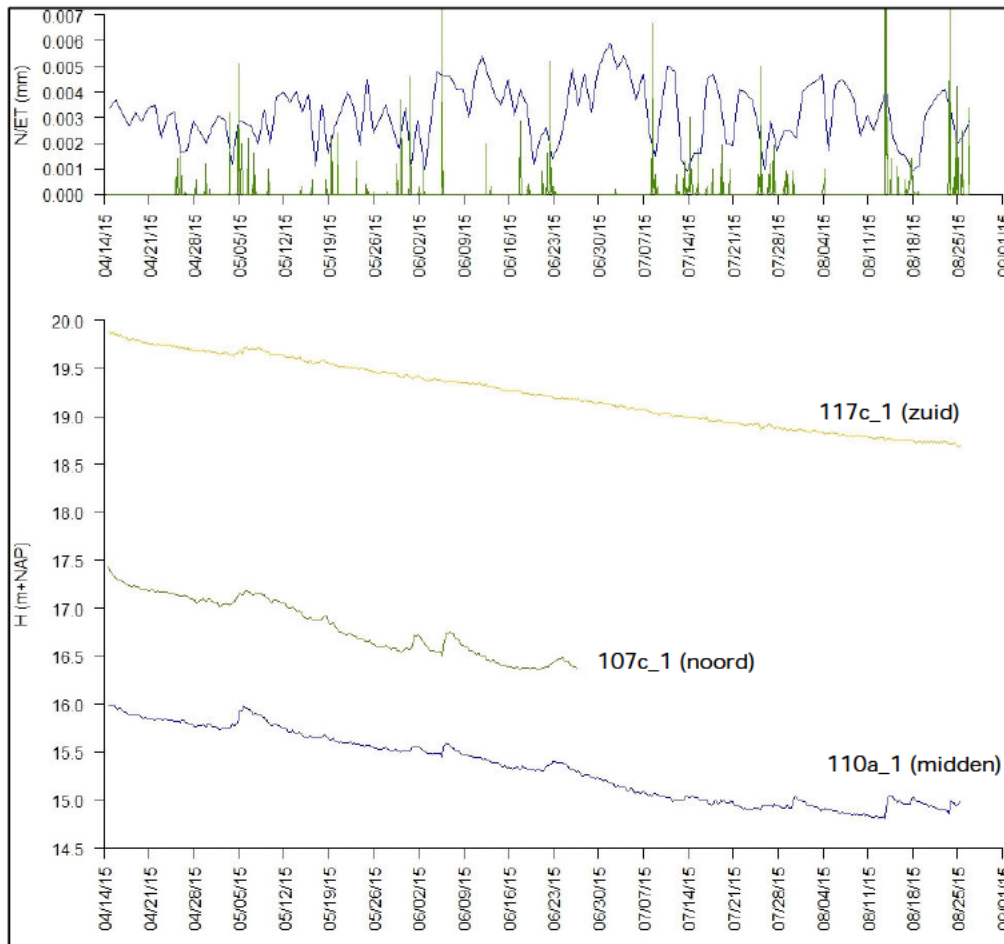
4.3.1 Noord-Zuid raai

In Figuur 4-5 staan de stijghoogten en inundatiehoogten die op april 2015 (voorjaarsronde) en 25 augustus 2015 (zomerronde) zijn waargenomen langs de noord-zuid raai, c.q. langs de lengte as van de Regte Heide, weergegeven. Tijdens de voorjaarsronde is, afwijkend van het regionale patroon, geen eenduidige afname van de freatische stijghoogte in noordelijke richting waargenomen. De laagste stijghoogten zijn waargenomen in de omgeving van de vennen centraal op de Regte Heide (peilbuis 110), zodat het stijghoogteverloop in noord-zuidelijke richting, net als het maaiveld, een insnoering vertoont. Drukopnemerreeksen die in peilfilters langs deze raai waren geplaatst geven aan dat gedurende de hele zomer van 2015 sprake was van dit patroon (Figuur 4-9). Omdat de vennen geen afvoerfunctie hebben,

kan de insnoering van de opbolling niet het gevolg zijn van drainage. Wel kan hij samenhangen met grondwaterstagnatie op een ondiepe (2 m – maaiveld) weerstandbiedende laag die op de noordgrens van de Regte Heide is aangetroffen (Figuur 4-8). Een andere mogelijkheid is dat de insnoering in het zuid-noordelijke stijghoogtepatroon veroorzaakt wordt door versnelde wegzijging langs een met grof materiaal opgevuld breukvlak.

Het regionale verhang van de freatische stijghoogte in zuid-noordelijke richting is globaal gezien ook tijdens de zomerronde waargenomen, duidend op permanente afstroming van grondwater in noordelijke richting. In het noordelijk deel zijn de peilbuizen langs het transect echter drooggefallen. Hierdoor lijkt het erop dat de opbolling boven op het regionale verhang in het noordelijk deel onder invloed van het neerslagtekort en afstroming verdwenen is.

Ten tijde van de zomerronde waren de vennen bij peilbuizen 110 gereduceerd tot kleine ondiepe plassen met een niveau dat 0,5 tot 0,8 meter boven de waargenomen grondwaterstand lag. De watervoerendheid tijdens droge zomerperioden is daarmee afhankelijk van regenwaterstagnatie resulterend in schijnspiegelvorming.



FIGUUR 4-9: WAARGENOMEN TIJDSTIJGHOOGTEREEKSEN OP DRIE LOCATIES LANGS DE LENGTEAS (NOORD-ZUID) VAN DE REGTE HEIDE (117C_1 (ZUID), 110A (MIDDEN) EN 107C1 (NOORD)).

4.3.2 Noordelijke Oost-West raai

In Figuur 4-6 staan weergegeven de stijghoogten en inundatiehoogten die op april 2015 (voorjaarsronde) en 25 augustus 2015 (zomerronde) zijn waargenomen langs de noordelijke oost-west raai. Tijdens de voorjaarsronde bedroeg de hoogst waargenomen stijghoogte in deze raai 17,2 m + NAP, terwijl in de Oude Lei een waterstand van 13,2 m + NAP werd waargenomen. Het potentiaalverschil tussen de meetpunten bedroeg daarmee 4 meter over een afstand van nog geen kilometer.

Tijdens de zomerronde waren veel peilbuizen onder invloed van het neerslagtekort, drainage en wegzijging drooggevallen. De hoogst waargenomen stijghoogte bedroeg toen 16,0 m + NAP, terwijl de waterstand in de Oude Lei 13,2 m + NAP bedroeg. Ook tijdens de zomerronde was dus sprake van een maximaal potentiaalverschil van 2.8 meter over een afstand van 700 meter. De opbolling is dus met 1,2 meter afgenomen, maar is nog altijd aanwezig en bijzonder hoog. Deze resultaten duiden op een trage afvoer van het neerslagoverschot, waarschijnlijk als gevolg van de aanwezigheid van klei- of leemlagen die op het niveau van de beekdalen onder de Regte Heide zijn aangetroffen. NB het waargenomen verticale potentiaalverschil tussen boven elkaar liggende filters bedraagt niet meer dan enkele centimeters of is zelfs afwezig.

Tijdens de voorjaarsronde is op verschillende niveaus water op het maaiveld aangetroffen (Figuur 4-1). Vooral in een aantal afgeplagde stukken stond het water tot wel meerdere decimeters diep op het maaiveld. De inundatiehoogten waren toen nagenoeg gelijk aan de stijghoogten op enkele meters diepte. Tijdens de zomerronde was geen sprake meer van grootschalige en diepe inundatie, maar nog altijd stond op verschillende plaatsen water op het maaiveld (o.a. peilbuizen 105, 107 en 109). Vaak waren dit kleine plassen, maar soms ook grotere aaneengesloten stukken met dieper water. Deze natte plekken zijn aangetroffen in lokale depressies, maar ze waren niet uitsluitend gebonden aan de laagste punten. In een aantal gevallen zijn op korte afstand van inundaties droge depressies aangetroffen, die lager waren gelegen dan de geïnundeerde delen (Figuur 4-11). Ook de samenhang met de stijghoogte was veranderd ten opzichte van de zomerronde: inundaties zijn aangetroffen op plekken waar peilbuizen waren drooggevallen, of waar de stijghoogte op enkele meters diepte meerdere decimeters lager was dan het maaiveld. De gebrekkige ruimtelijke samenhang tussen inundaties en het voorkomen van inundaties op plaatsen met diepe stijghoogten geven aanwijzingen dat natte omstandigheden tijdens het zomerseizoen op kunnen treden als gevolg van schijnspiegelvorming door stagnatie van infiltrerend regenwater op het maaiveld of op ondiepe weerstandbiedende lagen.

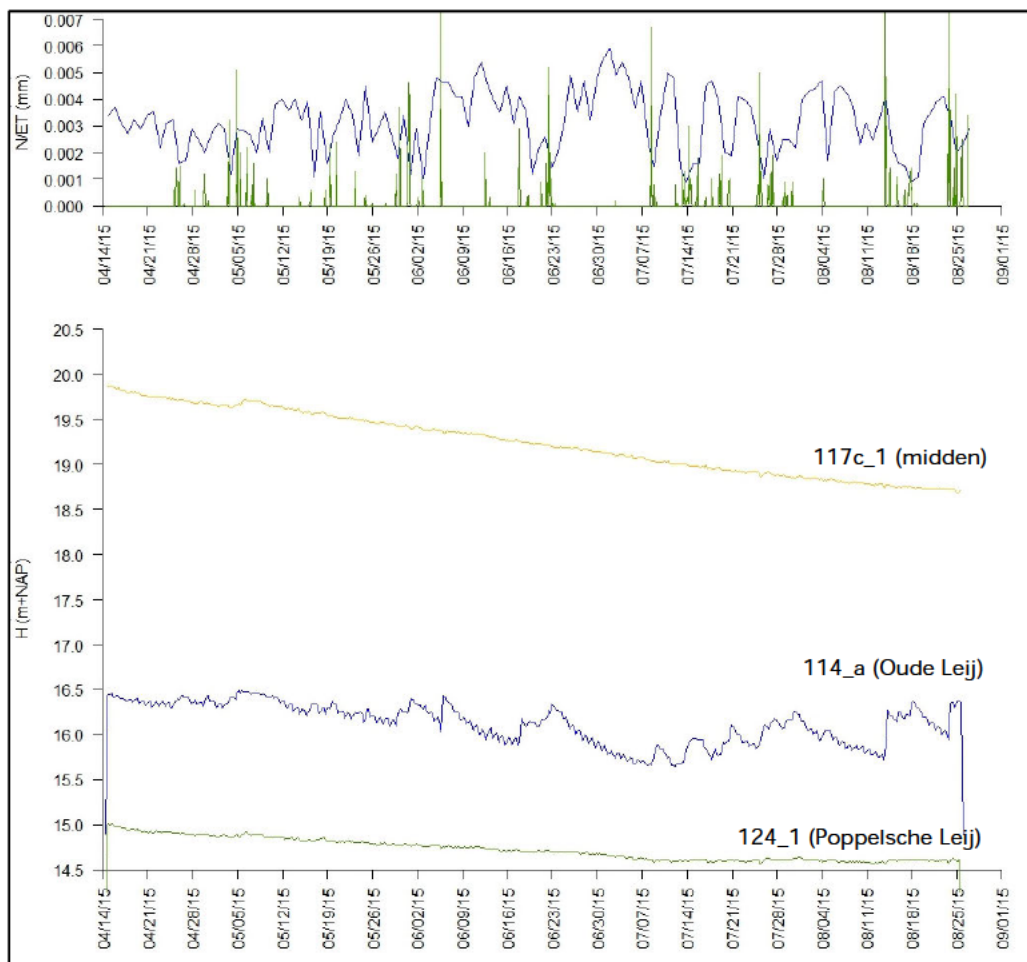
4.3.3 Zuidelijke Oost-West raai

In Figuur 4-7 staan weergegeven de stijghoogten en inundatiehoogten die op april 2015 (voorjaarsronde) en 25 augustus 2015 (zomerronde) zijn waargenomen langs de zuidelijke oost-west raai. Tijdens het voorjaar was de hoogst gemeten stijghoogte langs dit transect 19,9 m + NAP (peilbuis B119b). De waterstand in de Oude Lei stond toen op 16,44 m + NAP en in de Poppelsche Leij op 14,8 m + NAP. De grondwaterbult torent daarmee over een afstand van 500 m bijna 3,5 meter boven de Oude Lei uit en over een afstand van 1000 m bijna 5 meter boven de Poppelsche Leij. Tijdens de zomerronde is de waterbult ruim 1 meter geslonken, maar nog altijd is hij bijna 3 meter hoger dan de waterstand in de Oude Lei en ruim 4 meter hoger dan de waterstand in de Poppelsche Leij (Figuur 4-10). Deze grote potentiaalverschillen over korte afstanden kunnen alleen permanent in stand worden gehouden indien sprake is van een hoge weerstand tegen drainage door de beken. Deze hoge weerstand wordt geleverd door (1) de beperkte dikte van de (semi-)watervoerende laag,

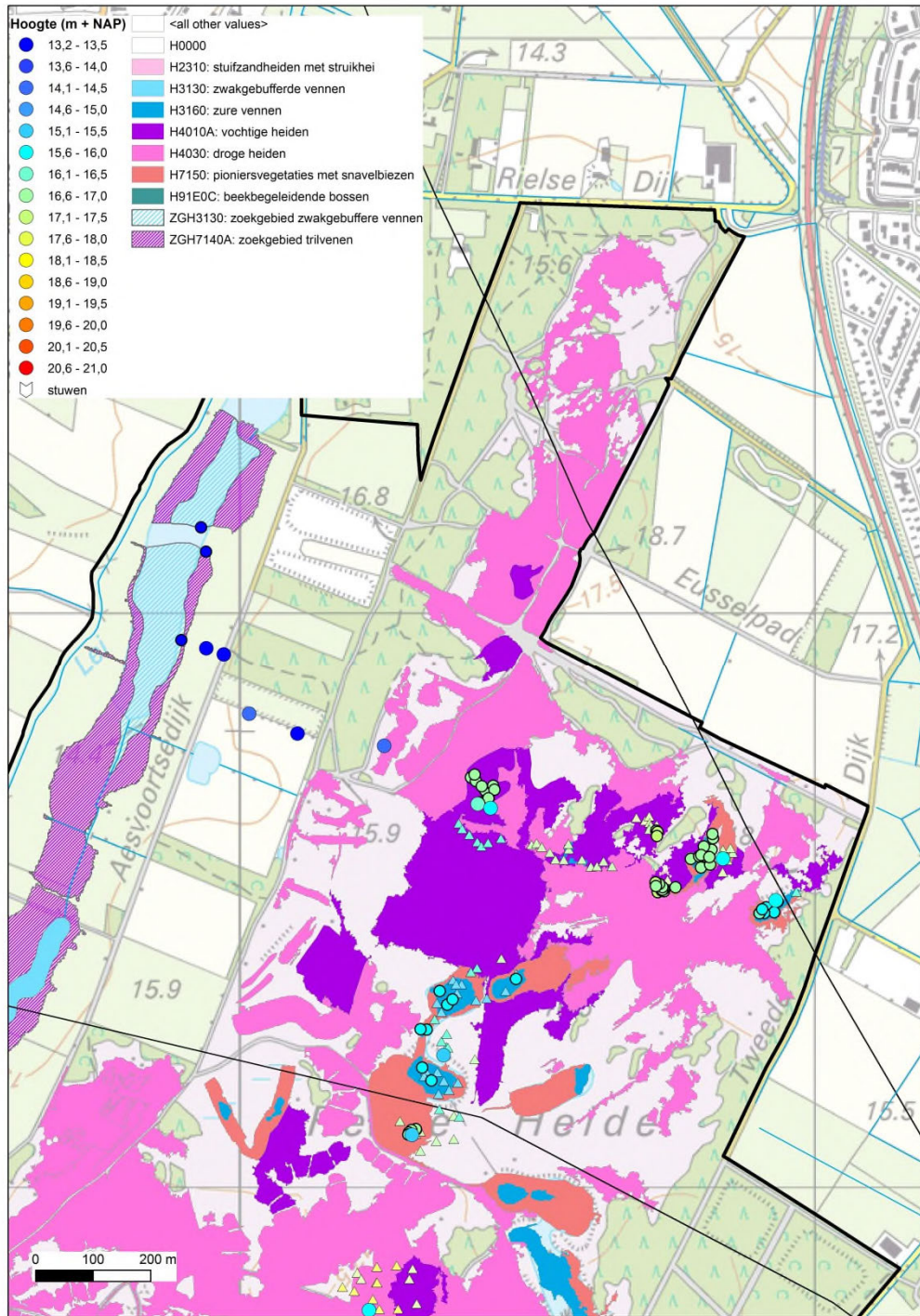
(2) de matige doorlatendheid van de sterk heterogene zandfracties en (3) de aanwezigheid van diverse weerstandbiedende klei-, leem- en veenlagen die op verschillende niveaus zijn aangetroffen. Ook hier verwachten wij dat de stijghoogte sterk afneemt met de diepte, zodat hij een kleinere opbolling tussen de beken vertoond dan de hier gepresenteerde (ondiepe) stijghoogten.

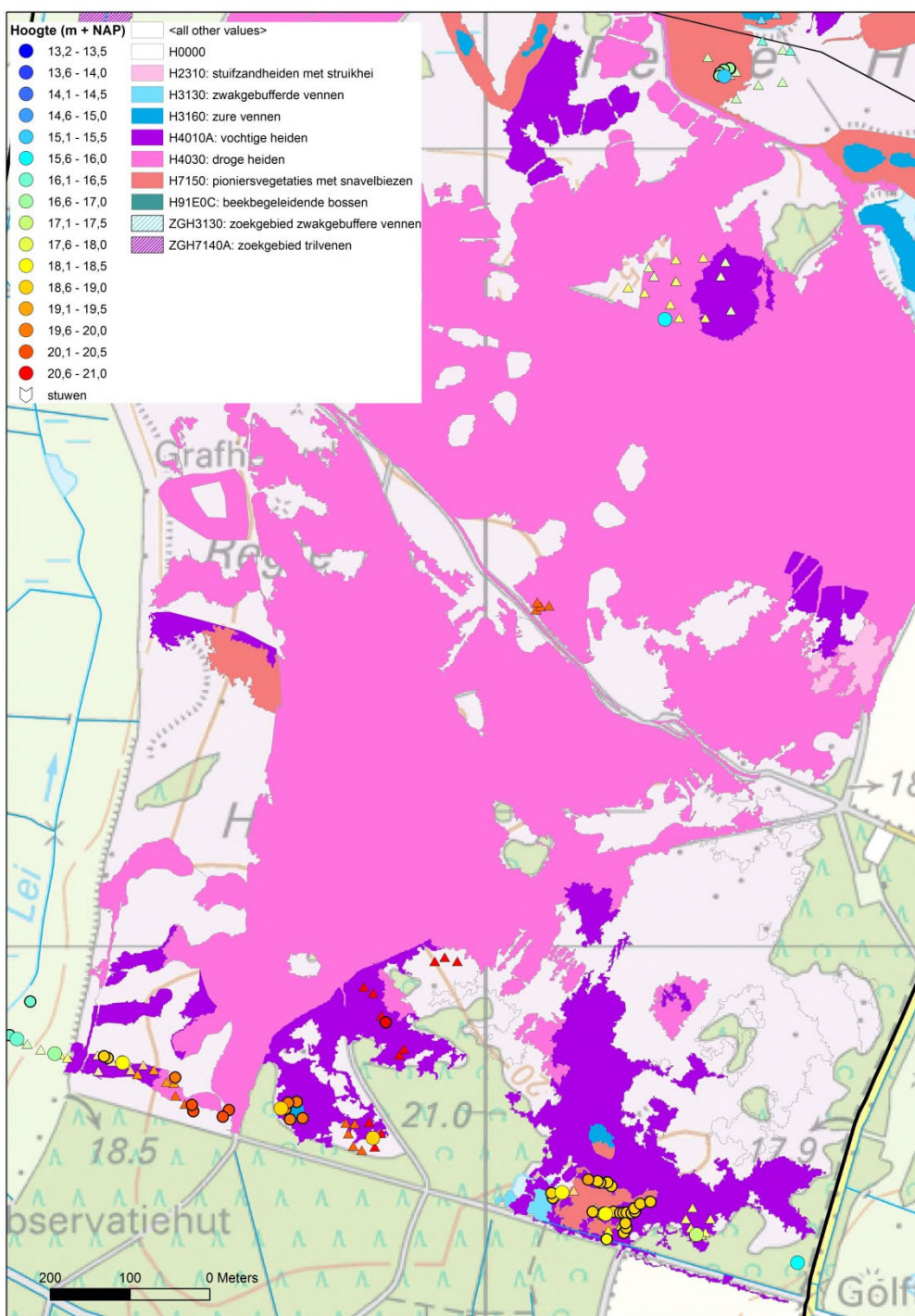
Ook lang deze raai is op alle niveaus, van beekdal tot boven op de hei, en zowel tijdens de voorjaarsronde als de zomerronde, water op het maaiveld aangetroffen (Figuur 4-11).

Tijdens de voorjaarsronde waren aanzienlijke gebieden geïnundeerd en waren de inundatiehoogten maximaal enkele decimeters hoger dan de stijghoogte. Tijdens de zomerronde kwamen inundaties en venrestanten op kleine schaal voor en op locaties waar de stijghoogte meer dan een meter lager was dan het maaiveld. Ook hier ontstaan tijdens het groeiseizoen onder invloed van buien schijnspiegels die het gevolg zijn van een lage infiltratiecapaciteit van de bodem of ondiepe klei-, leem- of gliedlagen. De waterstand in het ven bij peilbuis 118, bijvoorbeeld, stond ten tijde van de zomerronde rond 0,8 m boven de freatische stijghoogte en rust daarmee voor een groot deel van het zomerseizoen op een schijnspiegel.



FIGUUR 4-10 DRUKOPNEMERREEKSEN VAN PEILBUIZEN LANGS HET ZUIDELIJK OOST-WEST TRANSECT OVER DE REGTE HEIDE (124_1 (OEVER POPPELSCH LEIJ), 114A (OEVER OUDE LEI), 117C_1 (MDDEN)).



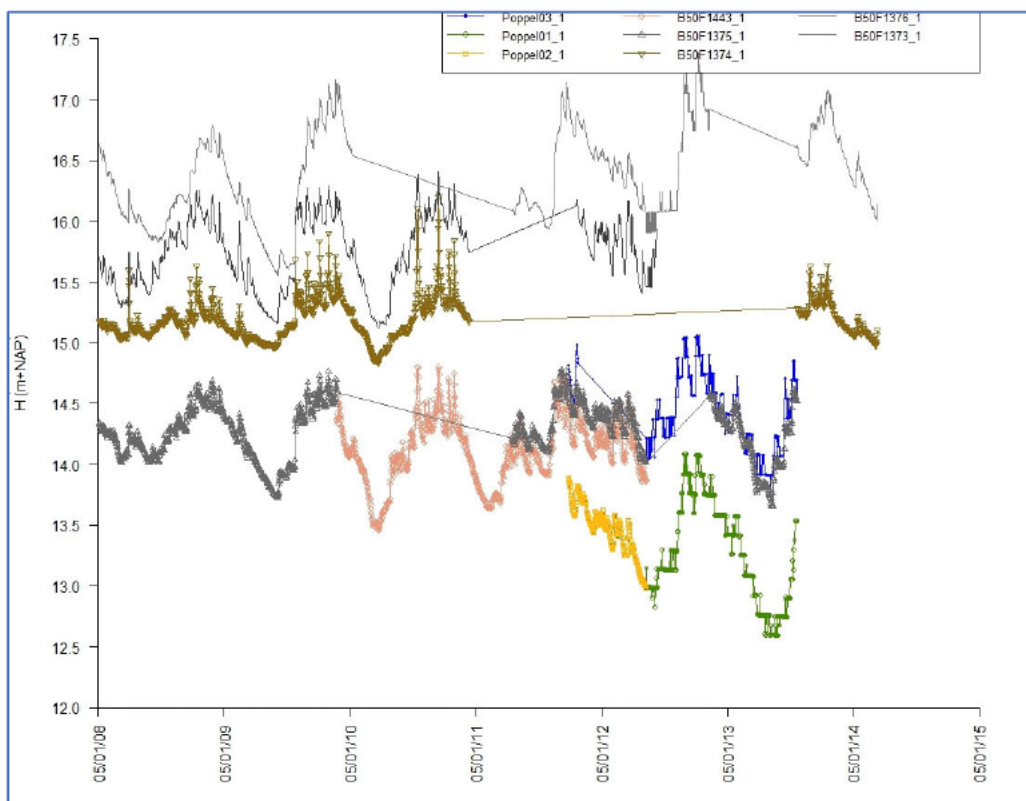


FIGUUR 4-11: FREATISCHE STIJGHOOGTEN (GROOTSTE CIRKELS), INUNDATIEHOOGTEN (KLEINSTE CIRKELS) EN MAAVELDHOOGTEN OP NIET GEÏNUNDEERDE LOCATIES (DRIEHOEKEN), WAARGENOMEN OP 25 AUGUSTUS 2015 IN HET NOORDELIJK (A, VORIGE PAGINA) EN HET ZUIDELIJK (B, DEZE PAGINA) DEEL VAN DE REGTE HEIDE.

4.4 Vernattingseffecten van herstelmaatregelen

4.4.1 Beekherstel Poppelsche Leij

In 2013 is de westelijke flank van het beekdal van de Poppelsche Leij ten noorden van de golfbaan heringericht. Hierbij is een stuw in de beek geplaatst en zijn sloten gedempt. Waterschap De Dommel heeft een meetnet bestaande uit 8 ondiepe peilbuizen ingericht ten behoeve van effectmonitoring van deze ingrepen (. Geen van de meetreeksen die voor deze peilbuizen zijn opgebouwd dekt het tijdsverloop startend vanaf de ingreep en eindigend tot nu toe. De tijdreeksen zijn erg kort (1 tot 3 jaar), bevatten meethiaten van minimaal 1 jaar lang of zijn vroegtijdig beëindigd. Hierdoor is het niet goed mogelijk om op basis van tijdreeksanalyse een trendmatig verloop in de reeksen af te leiden. Op het oog lijkt alleen ter plaatse van peilbuis 50F1373_1 sprake te zijn van een stijgende grondwaterstand. Op de andere locaties lijkt het grondwaterregime ongewijzigd te zijn gebleven.

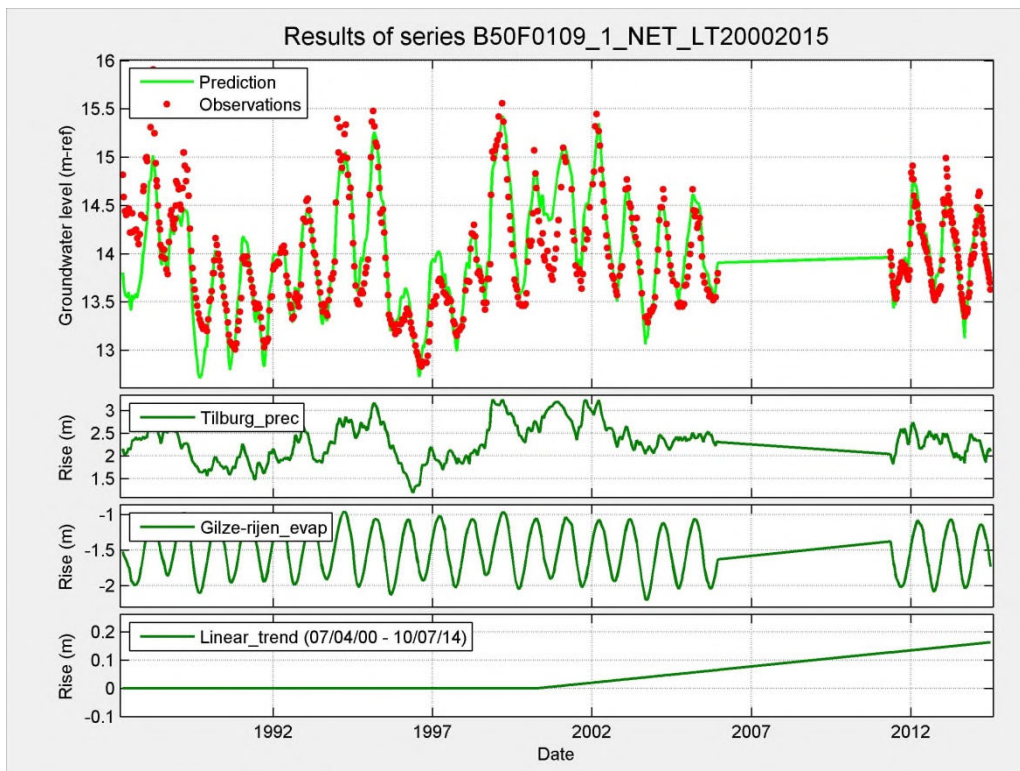


FIGUUR 4-12: WAARGENOMEN GRONDWATERSTANDEN IN DE OEVERS VAN DE POPPELSCH LEIJ. HET BEEKDAL IS IN 2013 HERINGERICHT, WAARBIJ EEN STUW IN DE LOOP IS GEPLAATST EN DRAINAGEMIDDELEN OP DE OEVERS ZIJN GEDEMP. DOOR DE MATIGE KWALITEIT VAN DE MEETREEKSEN IS HET NIET GOED MOGELIJK OM EEN TRENDMATIG VERLOOP IN DE REEKSEN ALS GEVOLG VAN DE INRICHTINGSMATREGELEN TE DETECTEREN. OP BASIS VAN VISUELE INSPECTIE LIJKT ALLEEN IN PEILBUIS B50F1373_1 SPRAKE TE ZIJN VAN EEN TREND NAAR ONDIEPERE GRONDWATERSTANDEN.

4.4.2 Beekherstel Oude Lei

Begin jaren 2000 is de Oude Lei verlegd zodat hij hoger in het beekdal is komen te liggen. Daarnaast zijn sloten gedempt en zijn omvangrijke waterpartijen ontstaan door afgraving van de toplaag. Later zijn tevens stuwen geplaatst om het beekpeil hoger op te stuwen en is de RWZI van de beek afgekoppeld.

Meetreeksen voor peilbuizen langs het beekdal van de Oude Lei geven aanwijzingen voor een vernattingstrend volgend op de herinrichting van het beekdal. Volgens tijdreeksanalyse steeg de grondwaterstand ter plaatse van peilbuis B50F0109 (noordelijk op Regte Heide), los van de variatie in het neerslagoverschot, over de periode 2001-2014 met zo'n 15 cm (Figuur 4-13). Ook tijdreeksen voor de noordelijker gelegen peilbuizen vertonen een stijgende trend, maar vanwege de late start van de monitoring (vanaf 2004) is de relatie met de herinrichting van het beekdal niet te duiden. Deze trendmatige stijging van de grondwaterstand op de westelijke flank van de Regte Heide en in het Riels Laag is nog niet ten einde, en vond plaats in een tijd dat ook de winning is uitgebreid (Figuur 3-3). Hoewel de verlagingseffecten gerelateerd aan de winning sterk vertraagd en gedempt tot uiting komt in de freatische grondwaterstand, geeft de vernattingstrend aan dat droogtemitigerende maatregelen effectief kunnen zijn. Daarmee is zoals afgesproken in het natuurbeheerplan reeds enige ontwikkelruimte voor de winning ontstaan.



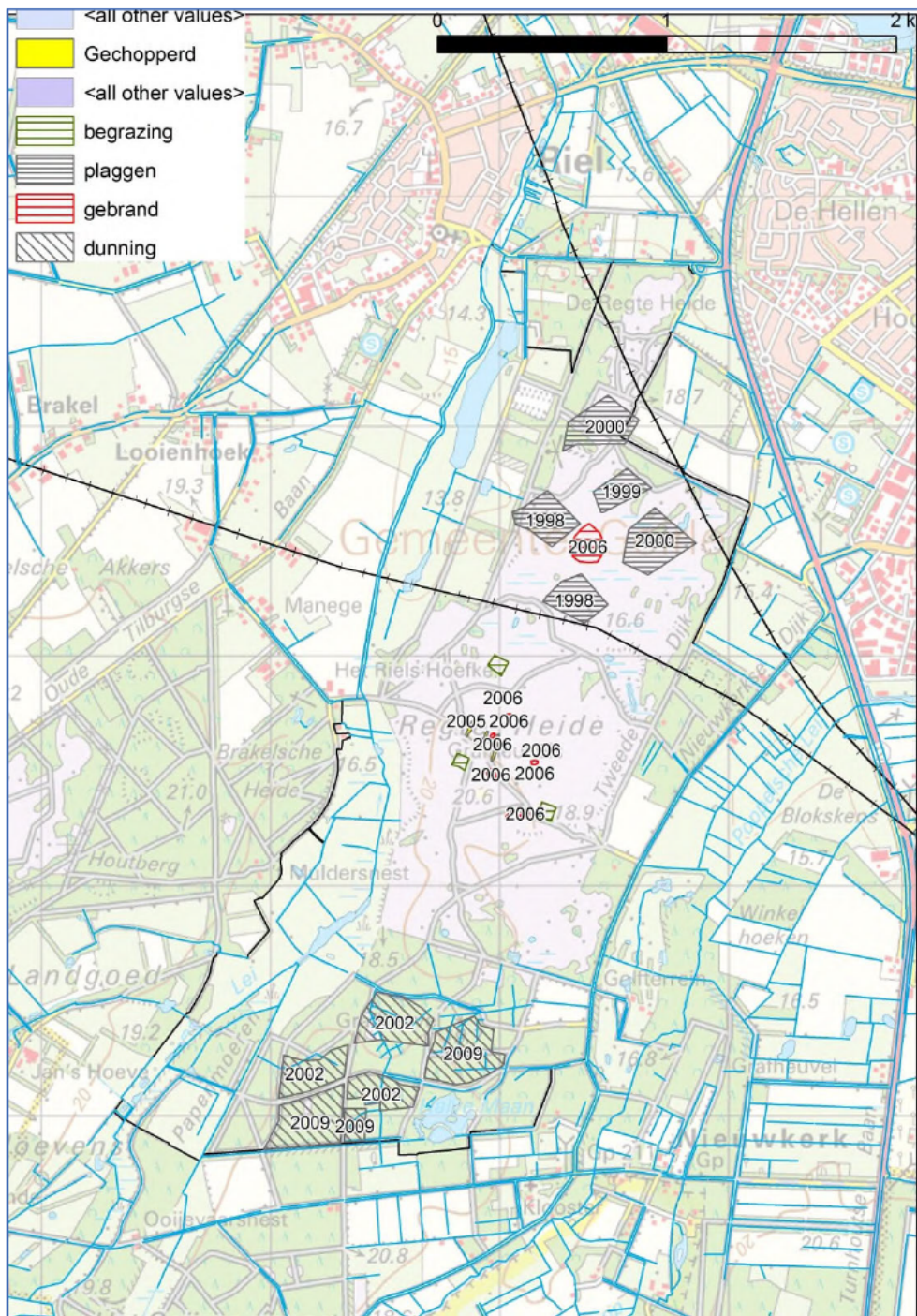
FIGUUR 4-13: WAARGENOMEN EN GESIMULEERD VERLOOP VAN DE GRONDWATERSTAND IN PUT B50F0109_1, OP 300 M AFSTAND VAN DE OUDE LEI, INCLUSIEF DE INVLOEDEN VAN NEERSLAG, VERDAMPING EN EEN LINEAIRE TREND SINDS 2000. HET TIJDREEKSMODEL GEEFT AANWIJZINGEN VOOR EEN STIJGING VAN DE GRONDWATERSTAND MET ONGEVEER 18 CM GEDURENDE DE PERIODE 2000-2015, NA DE HERINRICHTING VAN DE OUDE LEI. EEN STIJGENDE TREND VAN +9 CM OVER DEZELFDE PERIODE IS MET TIJDREEKSANALYSE VASTGESTELD VOOR B50E0567_1, 1600 M BOVENSTROOMS EN OP 100 M AFSTAND VAN DE OUDE LEI. DE MEETPUNTEN B50E0568_1, 2034_1, 2033_1 EN B50E0569 LIGGEN TEVEN IN DE OMGEVING VAN DE OUDE LEI, MAAR DEZE TIJDREEKSEN KONDEN NIET GOED GEREPRODUCEERD WORDEN MET TIJDREEKSMODELLERING.

4.4.3 Intensivering landschapsbeheer

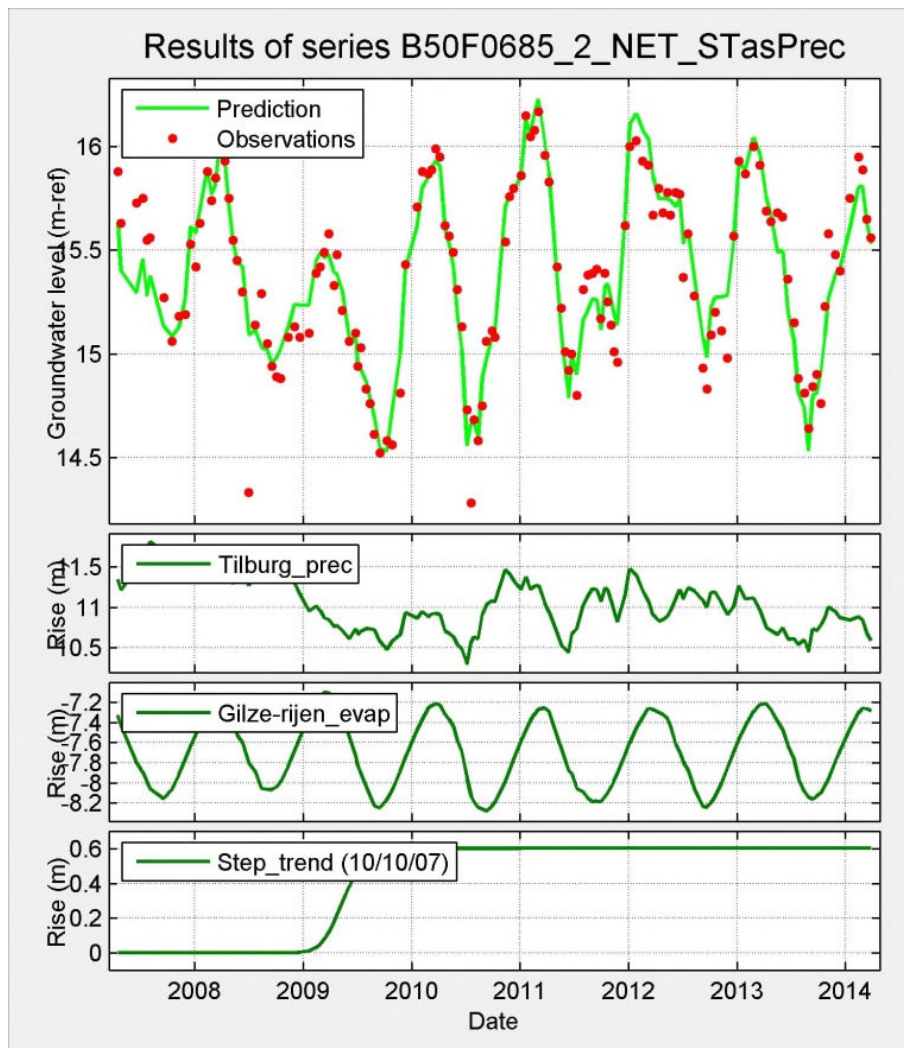
Sinds eind jaren 1990 is het landschapsbeheer van de Regte heide geïntensiveerd. Dit landschapsbeheer bestaat uit plaggen, branden, dunnen en begrazen. Figuur 4-14 geeft een incompleet overzicht van de beheeractiviteiten sinds het einde van de jaren 1990. Tijdens de veldbezoeken in het voorjaar en zomer van 2015 zijn namelijk diverse oude en recentelijk afgeplagde en gebrande gebieden aangetroffen die niet in de kaart zijn verwerkt.

Met het intensiveren van het landschapsbeheer is het dichtgroeien van de heide met naaldhout en grassen, zoals het Pijpenstrootje voor een deel teniet gedaan. Hierdoor is de verdamping door de planten en bomen afgenomen en de grondwateraanvulling toe. Een vuistregel is dat het omvormen van naaldhout naar heide een toename van de grondwateraanvulling met 100 mm per jaar oplevert. Dit heeft een stijging van de stijghoogte onder de Regte Heide tot gevolg. Deze vernattingstrend wordt bevestigd door tijdreeksanalyse op beschikbare tijdreeksen.

In peilbuis B50F0685_2, centraal op de Regte Heide, steeg de stijghoogte sinds 2009 significant met 0,6 meter (Figuur 4-15). Op de westelijke flank geven tijdreeksen eveneens aanwijzingen voor een trendmatige vernatting gedurende de laatste jaren van 15 cm in het zuiden (peilbuis 568_1) en 20 cm in het noorden (peilbuis 109_1). Deze trends zijn nog niet ten einde en kunnen ok gerelateerd zijn aan de herinrichting van het beekdal van de Oude Lei. Op de westelijke flank van de Poppelsche Leij (c.q. de oostelijke flank van de Regte heide), echter, vertoont de beschikbare tijdreeks geen noemenswaardige recentelijke vernattingstrend (1 cm in peilbuis 110_1). Mogelijk ligt de oorzaak van deze uitblijvende vernatting in de demping van stijghoogteveranderingen door de nabijgelegen ontwatering van een voormalig laaggelegen ven of door ontwatering van landbouwgronden tussen de Tweede en Nieuwkerkse Dijk.



FIGUUR 4-14: VEGETATIEBEHEER VAN DE REGTE HEIDE (CHOPPEREN, PLAGGEN, BRANDEN, DUNNEN EN BEGRAZEN)



FIGUUR 4-15: VOOR WEERSINVLOEDEN GECOMPENSEERD TRENDMATIG VERLOOP IN DE STIJGHOOGTE ONDER DE BODEM VAN EEN VEN OP DE REGTE HEIDE (MEETPUNT B50F0685_2). VOLGENS TIJDREEKSANALYSE IS DE STIJGHOOGTE SINDS 2007 MET 60 CM GESTEGEN.

4.5 Gevoeligheid van de opbolling van het freatisch vlak

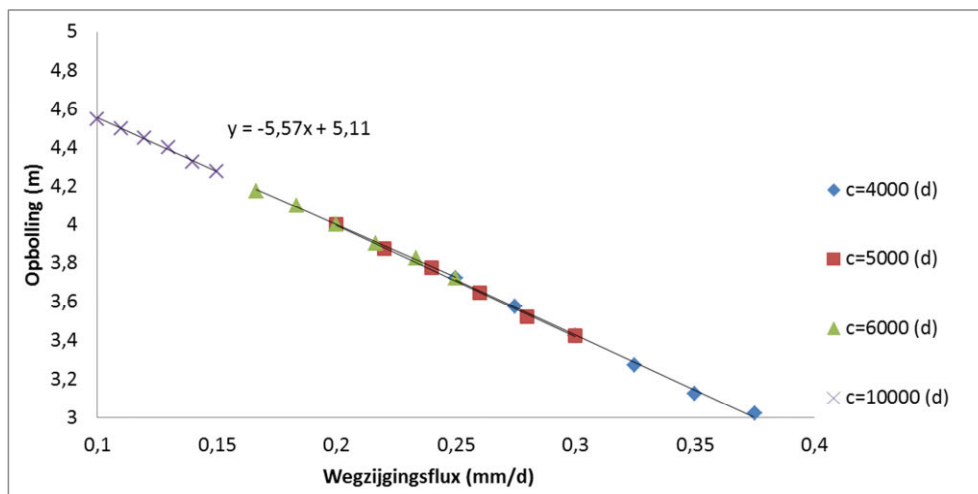
4.5.1 Gevoeligheid voor toename van de wegzijging

Volgens tijdreeksanalyse is de opbolling van het freatisch vlak onder de Regte Heide mogelijk gevoelig voor een toename van de wegzijging van grondwater naar het tweede watervoerende pakket (zie paragraaf 3.4). Deze gevoeligheid is nader verkend op basis van twee analytische modellen voor grondwaterstroming tussen twee evenwijdige oppervlaktewater-elementen. Het eerste model houdt geen rekening met het dempend effect van infiltrerend oppervlaktewater (alleen mogelijk door stuwings) op verlagingseffecten, het tweede model doet dat wel. De modelparameters zijn geschat op basis van de meetgegevens die in voorgaande hoofdstukken zijn gepresenteerd. In Bijlage IX worden beide modellen beschreven.

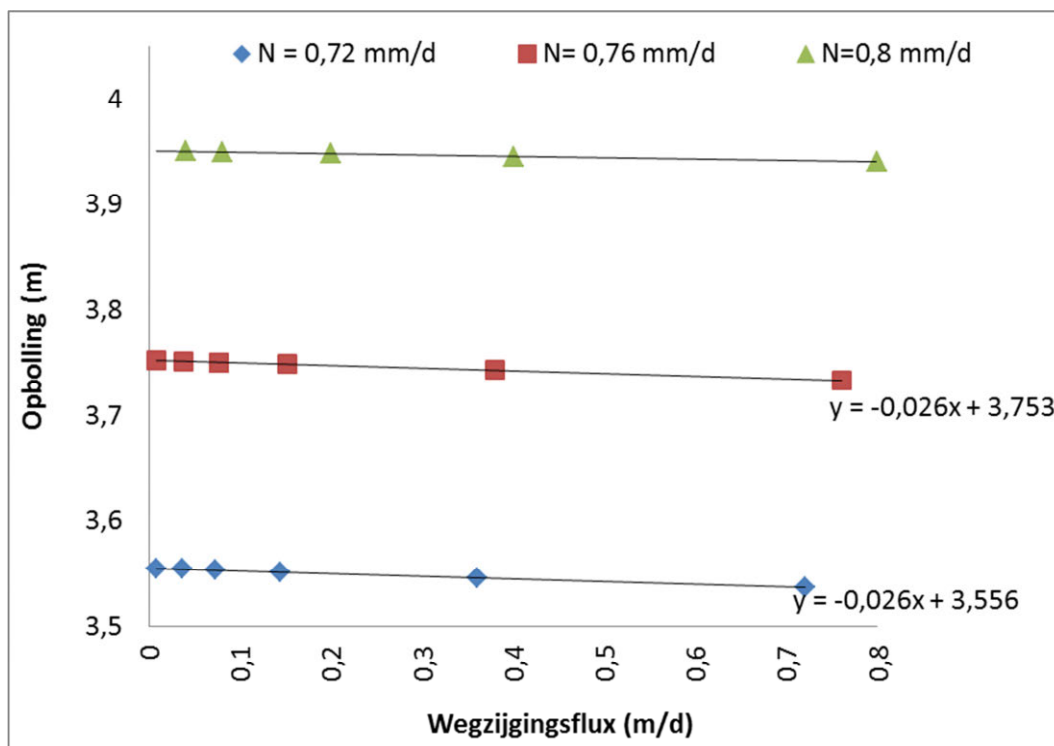
Figuur 4-16 geeft de berekende relatie tussen de wegzijgingsflux naar het tweede watervoerende pakket en de opbolling van het freatisch vlak tussen de flankerende

beekdalen, zonder dempend effect door infiltrerend oppervlaktewater (model 1). Hierbij is de wegzijgingsflux berekend uit het potentiaalverschil over de kleilaag en de weerstand van de kleilaag, zodat de fluxen plausibel zijn voor een gegeven weerstand. Volgens deze figuur neemt de opbolling bij elke 0.01 mm/d toename van de wegzijgingsflux (5%-toename) met 5.6 cm af.

Wordt het dempend effect van infiltrerend oppervlaktewater wel meegenomen in de berekeningen (model 2), dan bedraagt de afname van de opbolling slechts 0.026 cm bij elke 0.01 mm/d toename van de wegzijging (Figuur 4-17). Met andere woorden, een toename van de wegzijging wordt volgens dit model vrijwel geheel gemitigeerd door een toename van de grondwateraanvulling door infiltrerend oppervlaktewater. Merk op dat bij deze berekening is uitgegaan van een volledig peilbeheerst oppervlaktewatersysteem door aanvoer van water. Deze aanname is te optimistisch voor tijden van extreme droogte, omdat de afvoer van de beken dan stagneert. Buiten deze droge perioden om is dit echter een redelijke aanname, omdat (1) de beken normaal gesproken gevoed worden uit bovenstreams gelegen gebieden, en (2) de oppervlaktewaterpartijen in het beekdal van de Oude Lei continue gevoed worden door toestromend grondwater uit de Regte Heide. Verder dient opgemerkt te worden dat het effect van slibvorming op de infiltratieweerstand is genegeerd (onderschatting infiltratieweerstand) en dat gewerkt is met een conservatieve (pessimistische) omvang van de waterpartijen in het beekdal van de Oude Lei. Hoe deze twee factoren zich tot elkaar verhouden is onbekend.



FIGUUR 4-16: RELATIE TUSSEN DE WEGZIJGINGSFLUX NAAR HET TWEDE WATERVOERENDE PAKKET EN DE OPBOLLING VAN HET FREATISCH VLAK BEREKEND MET EEN ANALYTISCH MODEL VOOR GRONDWATERSTROMING TUSSEN TWEE EVENWIJDIGE WATERLOPEN (BIJLAGE IX) EN VOOR 4 VERSCHILLENDE WEERSTANDEN ($K=1$ M/D) VOOR DE KLEILAAG VAN WAALRE-STRAMPROY.

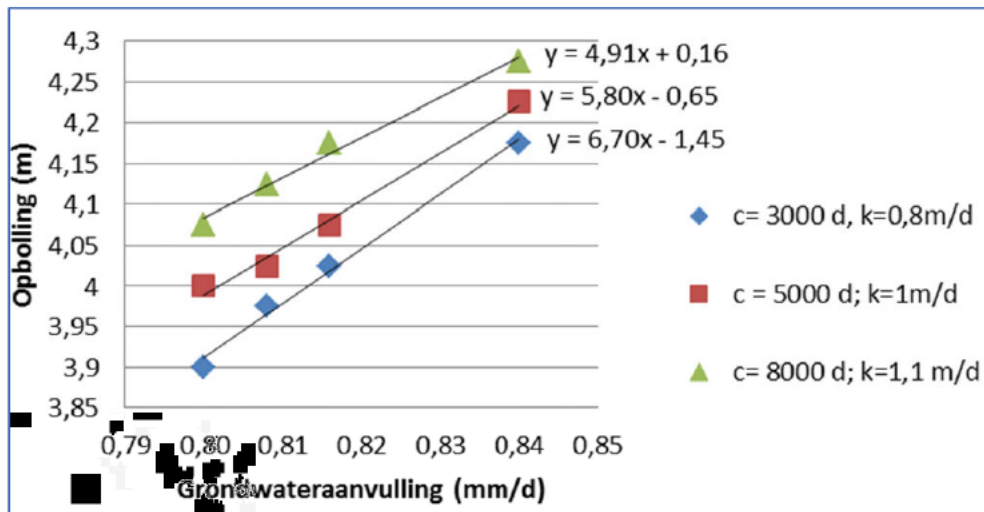


FIGUUR 4-17: RELATIE TUSSEN DE WEGZIJINGSFLUX NAAR HET TWEDE WATERVOERENDE PAKKET EN DE OPBOLLING VAN HET FREATISCH VLAK BEREKEND MET EEN ANALYTISCH MODEL VOOR GRONDWATERSTROMING TUSSEN TWEE EVENWIJDIGE WATERLOPEN ONDER INVLOED VAN GRONDWATERAANVULLING EN INFILTRATIE VAN OPPERVLAKTEWATER (MODEL 2, BIJLAGE IX) EN VOOR 3 VERSCHILLENDE GRONDWATERAANVULLINGEN. VOOR DE WEERSTAND VAN DE KLEI VAN WAALRE/STRAMPROY IS EEN WAARDE VAN 5000 D GENOMEN, DE HORIZONTALE DOORLATENDHEID VAN DE WATERVOERENDE LAAG BEDROEG 1 M/D EN DE VERTICALE DOORLATENDHEID 0.1 M/D.

4.5.2 Gevoeligheid voor toename grondwateraanvulling

Tijdreeksanalyse op grondwaterstandreeksen in de Regte Heide geeft aanwijzingen dat de opbolling van het freatisch vlak onder de Regte Heide mogelijk gevoelig is voor een toename van de grondwateraanvulling door intensivering van het landschapsbeheer. Deze gevoeligheid wordt bevestigd door de analytische berekeningen.

Figuur 4-18 geeft de berekende relatie tussen de grondwateraanvulling en de opbolling van het freatisch vlak voor drie plausibele parametersets voor hydraulische kenmerken van de ondergrond op basis van model 1 (zonder oppervlaktewaterinfiltratie). Volgens deze figuur neemt de opbolling van het freatisch vlak met elke 0.01 mm/d toename van de grondwateraanvulling (1.25 %) toe met 4.9 tot 6.7 cm. In het noorden en zuiden zal het effect lager zijn, doordat in het noorden de randeffecten (meer invloed van de omgeving) zijn genegeerd, en in het zuiden de afvoer van het lokale drainagesysteem. Deze gevoeligheid wordt bevestigd door de resultaten van model 2 (met oppervlaktewaterinfiltratie): de opbolling neemt volgens dit model met 20 cm toe bij elke 0.04 mm/d toename van de grondwateraanvulling (Figuur 4-16).



FIGUUR 4-18: RELATIE TUSSEN DE GRONDWATERAANVULLING EN DE OPBOLLING VAN HET FREATISCH VLAK BEREKEND MET EEN ANALYTISSCH MODEL VOOR GRONDWATERSTROMING TUSSEN TWEE EVENWIDIGE WATERLOPEN (BIJLAGE IX) EN VOOR DRIE PLAUSIBELE PARAMETERSETS VOOR HET BESCHRIJVEN VAN DE HYDRAULISCHE KENMERKEN VAN DE ONDERGROND.

4.5.3 Samenvattend

Tabel 2 geeft een samenvatting van de resultaten van de gevoeligheidsanalyses met beide modellen. Hierbij is gerekend met een weerstand van 5000 d, en een doorlatendheid van 1 m/d. Uit deze tabel blijkt dat beide modellen een vergelijkbare gevoeligheid van de opbolling voor een toename van de grondwateraanvulling geven. Dit is echter niet het geval voor de gevoeligheid voor een toename van de wegzijging. Als gevolg van toenemende oppervlaktewaterinfiltratie reageert de opbolling zo'n 200 keer sterker op een toename van de grondwateraanvulling dan op een toename van de wegzijging. Hoewel deze getallen beperkte praktische waarde hebben, geven ze wel aan dat verlagingseffecten goed gemitigeerd kunnen worden door maatregelen gericht op een toename van de grondwateraanvulling uit oppervlaktewater of neerslag. Om infiltratie uit oppervlakte water mogelijk te maken is opstuwten of opleiden van de beek noodzakelijk. Om meer grondwateraanvulling uit neerslag te halen is, is omvorming of intensivering van het beheer van de begroeiing met het oog op verdampingsreductie nodig.

Tabel 2: Berekende verandering van de opbolling van het freatisch vlak onder invloed van een toename van de wegzijging naar het tweede watervoerende pakket en een toename van de grondwateraanvulling ($c=5000$ d en $k=1$ m/d).

	Model 1 ^a	Model 2 ^b
Toename wegzijging met 0.01 mm/d (+5%)	-4.6 cm	-0.26 cm
Toename grondwateraanvulling met 0.01 mm/d (+1.25 %)	4.8 cm	5.0 cm

a) zonder oppervlaktewaterinfiltratie, (b) met oppervlaktewaterinfiltratie

5 Natuurdoelen en ecologie

5.1 Instandhoudingsdoelen Natura 2000

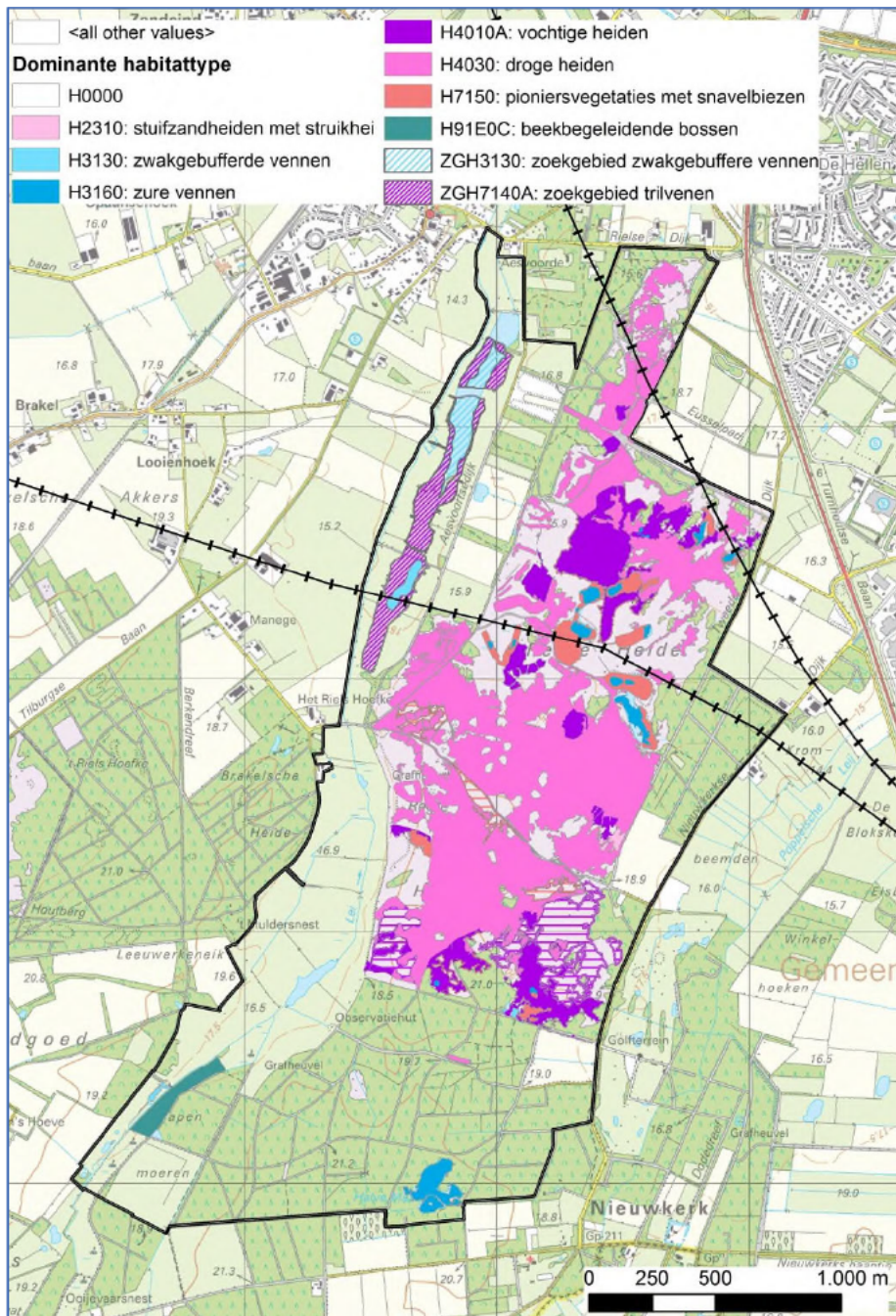
In het Natura 2000 aanwijzingsbesluit Rechte Heide en Riels Laag zijn de instandhoudingsdoelen voor dit Natura 2000 gebied vastgelegd (zie Tabel 3). Voor het oppervlak geldt voor alle habitattypen een behoudsdoel. Voor de kwaliteit geldt voor Zwakgebufferde vennen, Pioniersgemeenschappen met snavelbiezen en Vochtige alluviale bossen een behoudsdoel, voor Zure vennen, Vochtige heiden, Droge heiden en Stuifzandheiden geldt een verbeterdoel.

De verspreiding van de aanwezige habitattypen is door Provincie Noord-Brabant in 2008 in kaart gebracht (Figuur 5-1). Daarbij wordt onderscheid gemaakt in vlakken waar het habitatype aaneensluitend aanwezig is, en vlakken waar het lokaal aanwezig is in mozaïek met andere habitattypen of met vegetatietypen, die niet tot een Natura 2000 habitatype worden gerekend. Op de kaart zijn ook zoekgebieden aangegeven. Dit zijn gebieden, waarvan men aanneemt dat het habitatype er voorkomt, maar waarvan de precieze begrenzing niet bekend is (schrift. Med. J. van der Linden, provincie Noord-Brabant, 2016). Deze zoekgebieden hebben niet de beschermingsstatus van de vlakken waar wel habitattypen zijn gekarteerd (med. P. Fehres, Provincie Noord Brabant 2015). Het onderzoek richt zich op de habitattypen uit de instandhoudingsdoelen (Tabel 3).

Bij de kartering van habitattypen wordt bepaald of en waar het habitatype aanwezig is. Habitattypen zijn geen homogene begroeiingen, maar bestaan binnen een gebied uit een of meerdere plantengemeenschappen. In de Natura 2000 profielendocumenten is beschreven welke plantengemeenschappen tot het habitatype gerekend worden. Elke plantengemeenschap stelt zijn eigen eisen aan de milieucondities terplekke. Deze milieueisen worden in Natura 2000 jargon 'ecologische vereisten' genoemd, deze term gebruiken we daarom in het vervolg.

Tabel 3: instandhoudingsdoelen voor Natura 2000 gebied Regte Heide en Riels Laag

Code	Nederlandse naam	Doelstelling	
		Oppervlak/omvang	Kwaliteit (leefgebied)
H2310	Stuifzandheiden met struikheide	Behoud	Verbetering
H3130	Zwakgebufferde vennen	Behoud	Behoud
H3160	Zure vennen	Behoud	Verbetering
H4010A	Vochtige heiden	Behoud	Verbetering
H4030	Droge heiden	Behoud	Verbetering
H7150	Pioniervegetaties met snavelbiezen	Behoud	Behoud
H91EOC	Vochtige alluviale bossen	Behoud	Behoud



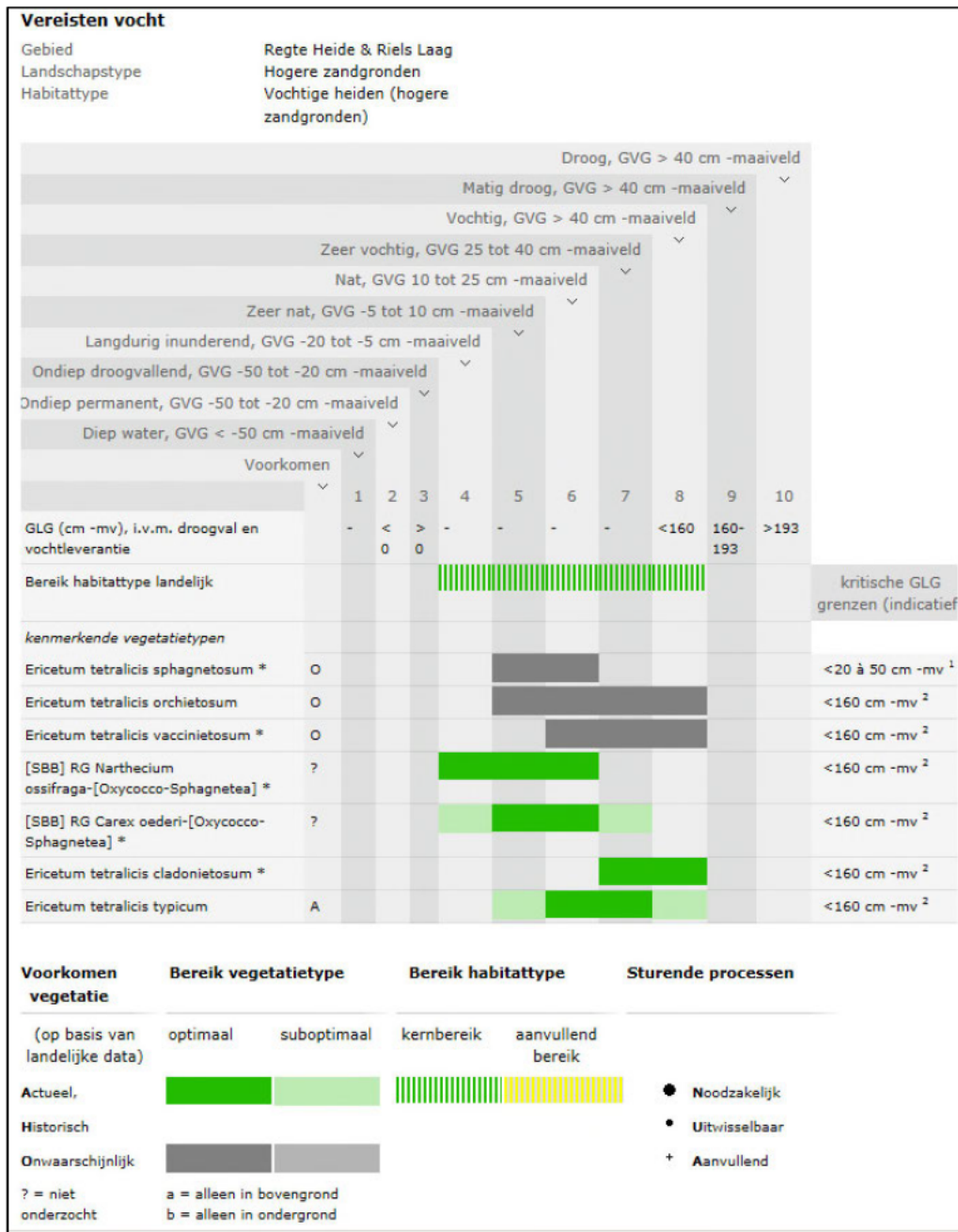
FIGUUR 5-1: HABITATTYPEKAART VAN DE REGTE HEIDE EN RIELS LAAG. DE PAARS GEARCEERDE GEBIEDEN ZIJN VOCHTIGE HEIDE IN MOZAIKFORM, DE ORANJE GEARCEERDE GEBIEDEN ZIJN PIONIERVEGETATIES MET SNAVELBIEZEN IN MOZAIKFORM. VOOR H7140A IS GEEN INSTANDHOUDINGSDOEL OPGENOMEN IN HET AANWIJZINGSBESLUIT.

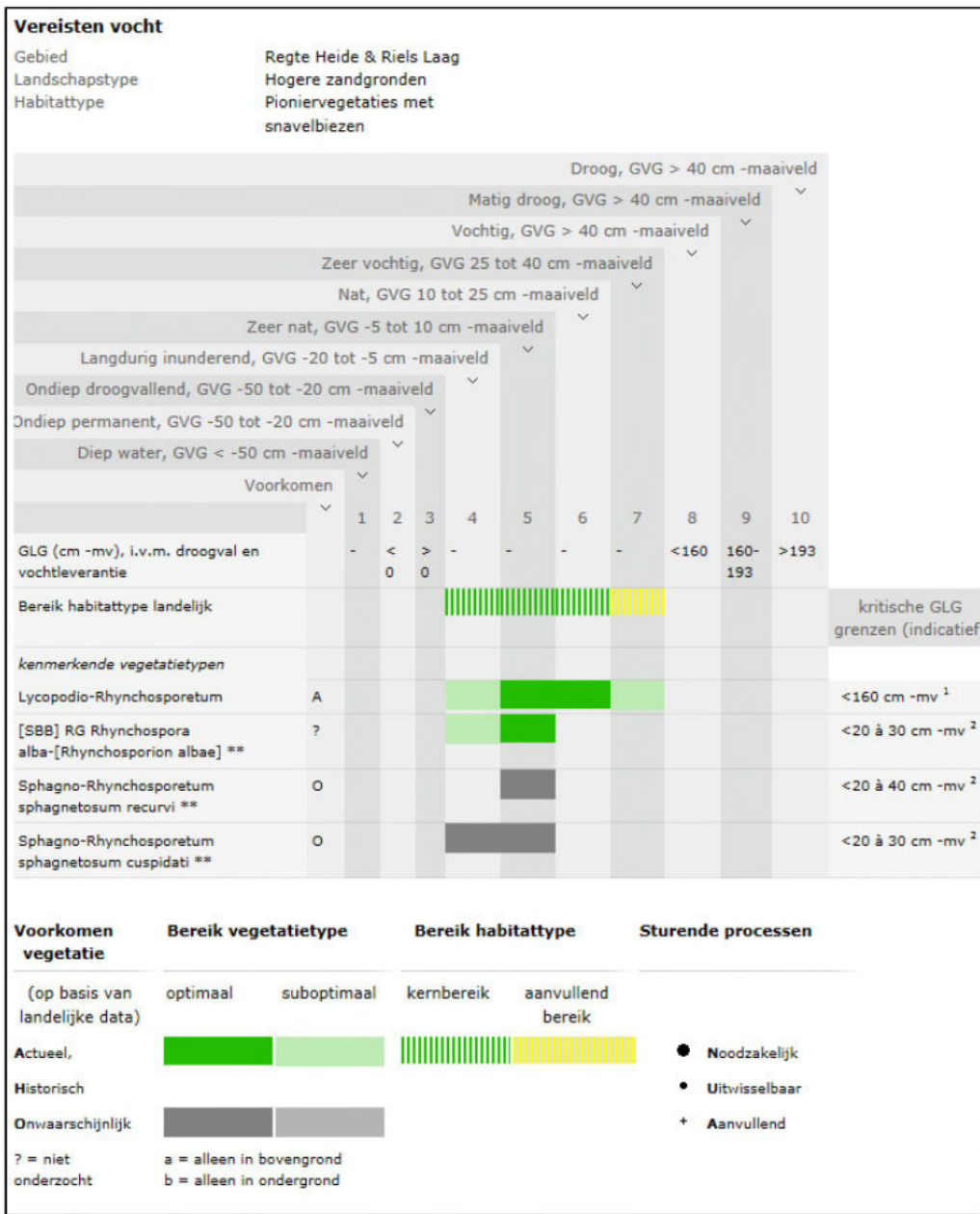
In de systeemanalyse onderzoeken we hoe de waterhuishouding functioneert terplekke van de aangetroffen habitattypen. Als we weten hoe systemen functioneren en in hoeverre de hydrologische condities voldoen aan de ecologische vereisten van de habitattypen, kunnen we ook de effecten inschatten van voorspelde veranderingen op de mogelijkheden voor behoud en verbetering van de habitattypen.

De ecologische vereisten van de habitattypen zijn beschreven in de Natura 2000 profieldocumenten. Hier wordt het bereik voor een milieufactor (vocht, zuurgraad, voedselrijkdom) aangegeven, waarbinnen een habitatype kan voorkomen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in een 'kernbereik', waarbinnen het type optimaal ontwikkeld kan zijn, en een 'aanvullend bereik', dat bij aanwezigheid van het kernbereik kan leiden tot meer variatie binnen het habitatype. Het aanvullend bereik alleen is onvoldoende waarborg voor het behoud van het habitatype.

De plantengemeenschappen die tot eenzelfde habitatype behoren, verschillen vaak in hun ecologische vereisten. Het bereik van het habitatype vormt de sommatie van deze individuele bereiken. Om in een gebied de variatie aan plantengemeenschappen te kunnen behouden is het nodig hun vereisten te kennen en hiermee rekening te kunnen houden bij beheer- en herstelmaatregelen. Daarvoor is op de Natura 2000 website de database ecologische vereisten (Runhaar et al, 2009) beschikbaar met de vereisten van de habitattypen en de ertoe gerekende vegetatietypen. Binnen de gebiedendatabase (www.synbiosis.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase) is een webtool opgenomen om per gebied de ecologische vereisten af te leiden. Figuur 5-2 (a-d) toont de vereisten voor GVG en GLG voor de vochtafhankelijke habitattypen van de Regte Heide. Getoond worden het bereik voor vochtregime en voor zover van toepassing de kritische GLG. Deze kritische GLG is overigens afhankelijk van de textuur van de bodem en dikte van de humeuze bovenlaag van de bodem. De textuur bepaalt via capillaire opstijging de relatie tussen vochtbeschikbaarheid en grondwaterstand. Organisch stofrijke bodems kunnen meer hangwater vasthouden, waardoor kortere droge perioden ook zonder capillaire opstijging overbrugd kunnen worden. In de figuren is uitgegaan van bodemtype zwak lemig, fijn zand met een dun humusdek. Maar binnen de Regte Heide komen ook andere bodemtexturen voor (waarover later meer).

In de figuren is met balkjes het bereik van het habitatype en de samenstellende plantengemeenschappen weergegeven. Daarbij is onderscheid gemaakt actueel aanwezige vegetatietypen (code A en groene balk), in afwezige of onwaarschijnlijke vegetatietypen (code O en grijze balk) en typen waarvan de aanwezigheid bij het opstellen van de gebiedendatabase onzeker was (code ? en groene balk) zijn. De aanwezigheid is overigens gebaseerd op beschikbare gegevens en deskundigeninschattingen uit de periode tot 2008. Daarin kunnen veranderingen zijn opgetreden.

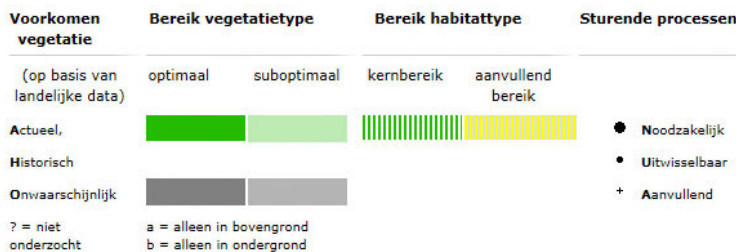
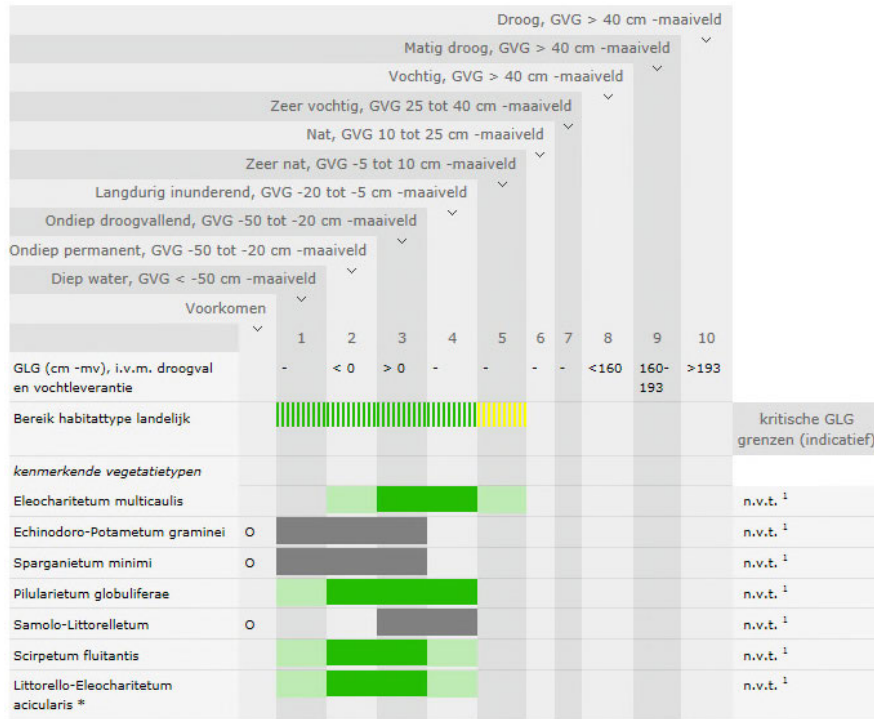




Vereisten vocht										
Gebied	Regte Heide & Riels Laag									
Landschapstype	Hogere zandgronden									
Habitattype	Zure venen									
	Droog, GVG > 40 cm -maaiveld									
	Matig droog, GVG > 40 cm -maaiveld									
	Vochtig, GVG > 40 cm -maaiveld									
	Zeer vochtig, GVG 25 tot 40 cm -maaiveld									
	Nat, GVG 10 tot 25 cm -maaiveld									
	Zeer nat, GVG -5 tot 10 cm -maaiveld									
	Langdurig inonderend, GVG -20 tot -5 cm -maaiveld									
	Ondiep droogvallend, GVG -50 tot -20 cm -maaiveld									
	Ondiep permanent, GVG -50 tot -20 cm -maaiveld									
	Diep water, GVG < -50 cm -maaiveld									
	Voorkomen									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
GLG (cm -mv), i.v.m. droogval en vochtleverantie	-	< 0	> 0	-	-	-	-	<160	160-193	>193
Bereik habitattype landelijk										kritische GLG grenzen (indicatief)
<i>kenmerkende vegetatietypen</i>										
Sphagnetum cuspidato-obesi sparganietosum angustifolii	?	█								<0 cm -mv ¹
Sphagno-Rhynchosporietum sphagnetosum cuspidati **	?			█						<20 à 30 cm -mv ¹
Sparganietum minimi	O	█								n.v.t. ²
Sphagno-Rhynchosporietum sphagnetosum recurvi **	O					█				<20 à 40 cm -mv ¹
[SBB] Eriophoro-Caricetum lasiocarpae typicum *	?	█	█		█					<20 à 30 cm -mv ¹
Eriophoro-Caricetum lasiocarpae	O	█								<20 à 40 cm -mv ¹
Caricetum limosae **	O					█				<20 à 40 cm -mv ¹
Sphagnetum cuspidato-obesi typicum	A	█		█						<20 à 30 cm -mv ¹
[SBB] Sphagno-Calletum *	?		█	█	█					n.v.t. ²
[SBB] RG Rhynchospora alba-[Rhynchosporion albae] **	?			█	█					<20 à 30 cm -mv ¹
Voorkomen vegetatie	Bereik vegetatietype		Bereik habitattype		Sturende processen					
(op basis van	optimaal	suboptimaal	kernbereik	aanvullend						

Vereisten vocht

Gebied: Regte Heide & Riels Laag
 Landschapstype: Hogere zandgronden
 Habitattype: Zwakgebufferde vennen



FIGUUR 5-2: OVERZICHT VAN DE SAMENSTELLEND VEGETATIETYPEN BINNEN DE HABITATYPEN H4010A VOCHTIGE HEIDEN, H7150 PIONIERVEGETATIES MET SNAVELBIEZEN, H3130 ZWAKGEBUFFERDE VENNEN EN H3160 ZURE VENNEN (WWW.SYMBIOSIS.ALTERRA.NL/NATURA2000/GEBIEDENDATABASE). ZOALS TE ZIEN VERSCHILLEN DE SAMENSTELLEND VEGETATIETYPEN IN HUN STANDPLAATSEISEN

Om te bepalen welke plantengemeenschappen binnen de habitattypen aanwezig zijn is in de zomer van 2015 veldonderzoek uitgevoerd langs de raaien met peilbuizen en in het Riels Laag. De veldopnamen en veldbeschrijving zijn vanwege de omvang uitgewerkt in een apart deelrapport (Jalink, 2016). In 5.2 beschrijven we de ecohydrologische gradiënten in vegetatie en soorten in relatie tot bodem en hydrologie. In 5.3 gaan we nader in op de ecologische vereisten van de aangetroffen plantengemeenschappen en vergelijken die met de waarnemingen van waterstanden.

5.2 Vegetatiegradiënten in relatie tot topografie en hydrologie

Bij het beschrijven van de vegetatie in het Riels Laag en langs de transecten zijn in de vochtminnende habitattypen de volgende plantengemeenschappen aangetroffen:

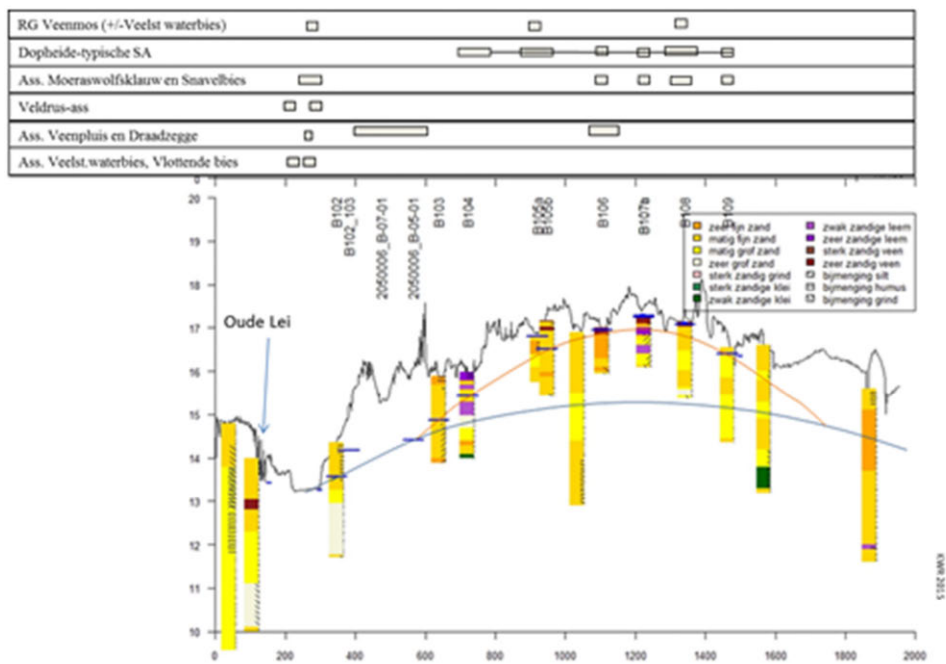
- H3130 Zwak gebufferde vennen: Associatie van Doorschijnend glanswier (4Aa1), Ass. Van Vlottende bies (6Ac2), Ass. Van Veelstengelige waterbies (6Ac3), RG met Duizendknoopfonteinkruid [Oeverkruidklasse] (6-RG2), RG met Veelstengelige waterbies en Veenmos [Oeverkruidklasse/Klasse der Hoogveenslenken], Ass. Van Moerasstruisgras en Zompzegge (typische subass, met facies Veldrus)(9Aa3a), Ass. Van Draadzegge en Veenpluis, typische subass (SBB-09B2a), Ass. Van Borstelbies en Moerasmuur; op basis van de soortverspreidingskaarten van Cools (2012) lijkt ook het voorkomen van de Pilvaren-ass (6Ac1) en de Grondster-ass (28Aa4) mogelijk, maar deze zijn bij de veldbezoeken in 2015 niet waargenomen.
- H3160 Zure vennen: RG met Veelstengelige waterbies en Veenmos [Oeverkruidklasse/Klasse der Hoogveenslenken] (6-RG3), RG met Pijpenstrootje en Veenmos [Klasse der Hoogveenslenken](10-RG4)
- H7150 Pioniergemeenschappen met snavelbiezen: Ass. Van Moeraswolfsklauw en Bruine snavelbies (11Aa1)
- H4010A Vochtige heiden (hogere zandgronden): Associatie van Gewone dophei, typische subassociatie (11Aa2c) en plaatselijk subass met korstmossen (11Aa2d), de RG met Pijpenstrootje en Veenmos [Klasse der Hoogveenslenken](10-RG4), RG met Pijpenstrootje [Klasse der Hoogveenslenken en natte heiden](11-RG2) en op basis soortverspreidingsgegevens van Cools (2012) mogelijk de Grondster-ass. (28Aa4).

De vegetatie van de droge heide is niet nader onderzocht, behalve bij de peilbuizen. In het Riels Laag komen naast hiervoor genoemde vegetatietypen ook verschillende graslandtypen en moerasvegetaties voor. In onderstaande paragrafen beschrijven we de patronen in vegetatie langs de transecten en in het Riels Laag. We integreren deze informatie met de metingen aan de hydrologie en bodemopbouw.

Op een aantal plaatsen is in natte heiden en snavelbiesgemeenschappen waargenomen dat de bodem bedekt was met een rood laagje wier, aannemelijk is dat het om *Zygonium ericetorum* gaat. De aanwezigheid is niet consequent onderzocht en onder droge omstandigheden is het ook niet opvallend. Onder vochtige omstandigheden vormt het een glibberig laagje op de zandbodem. Hierop kan regenwater stagneren.

Voor een gedetailleerde beschrijving van de vegetatie en basisgegevens verwijzen we naar Jalink, 2016 (KWR 2016.027).

5.2.1 De noordelijke raai en het Riels Laag



FIGUUR 5-3: VERSPREIDING VAN VOCHTAFHANKELIJKE VEGETATIETYPEN LANGS DE NOORDELIJKE RAAI

De noordelijke raai (figuur 5.3) bestaat uit twee delen, namelijk de Regte Heide zelf en de gegraven laagte in de voormalige landbouwgronden in het Riels Laag. Daartussen ligt een strook die wel ontgonnen is, maar inmiddels in natuurbeheer. Direct oostelijk van het Riels Laag ligt eerst een witbolgrasland, waarin buis 102 geplaatst is. Aan de oostzijde van de Aesvoortse dijk ligt een strook met enkele aangeplante naaldbossen en reservaatssakkers. Ook ligt in deze zone een afgedekte vuilstort. Langs de oostrand van deze zone loopt een wandelpad. Oostelijk hiervan begint de heide of ligt eerst nog een strook eiken-berkenbos (buis 103).

De Regte Heide

Op de heide wisselen Struikheide-associatie (droge delen) en Dopheide-associatie (vochtige delen) of een dominantie van Pijpenstrootje elkaar af. De overgangen zijn vaak geleidelijk, zowel in hoogteligging als in soortensamenstelling. Maar er zijn ook plekken met steile overgangen en duidelijke vegetatiegrenzen. Verder zijn er duidelijke verschillen in vegetatiestructuur tussen recent, langer geleden of niet geplagde delen. In de vochtige heide komt regelmatig Veenbies voor en verspreid Klokjesgentiaan. Op de laagste delen binnen de Dopheidegemeenschappen bij buis 105, waar ook in de zomerronde water op maaiveld stond zijn de RG Pijpenstrootje-Waterveenmos en RG Veelstengelige waterbies-Waterveenmos aangetroffen. Het plaspeil was overigens zo'n 60 cm hoger dan de grondwaterstand in de peilbuis, regenwater stagneert dus in/op de bodem. Verder was op diverse laaggelegen plagplekken de Ass. Van Moeraswolfsklauw en Bruine snavelbies aanwezig.

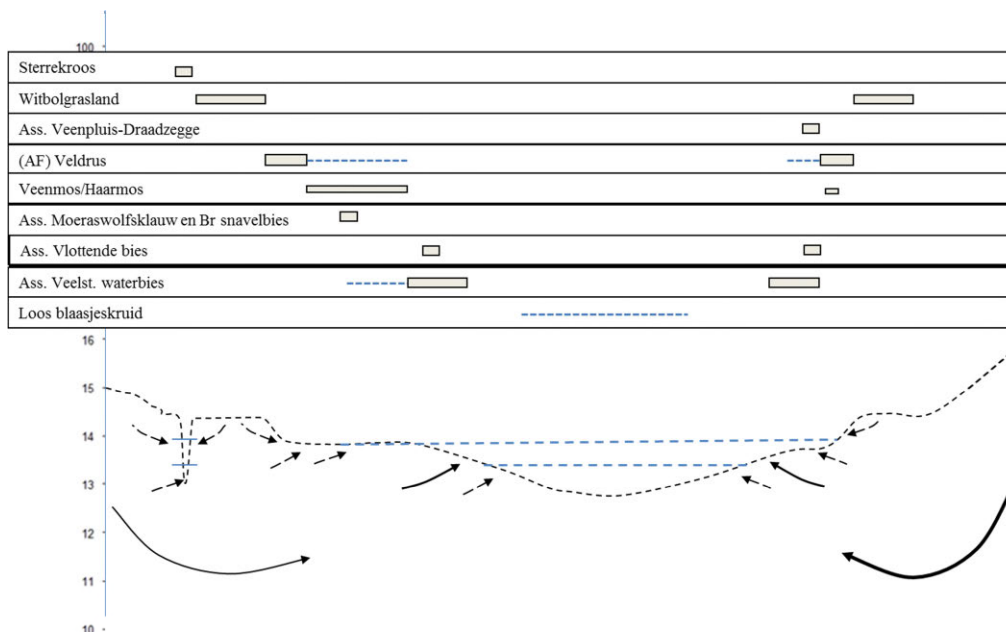
Deze vegetatietypen worden gevoed door het regenwater dat terplekke valt of uit de directe omgeving toestroomt. In april stonden grote delen van de laagten onder water en stond het

grondwater in de peilbuizen aan maaiveld (de peilbuizen zijn in april aan de randen van de plassen geplaatst). In de zomer zijn de plassen grotendeels drooggevallen. De Dopheide-associatie en Associatie van Moeraswolfsklauw en Bruine snavelbies kunnen zowel op vochtige tot natte bodems voorkomen die niet inunderen, als in heideslenken en in de amfibische zone van vennen op plekken die enkele maanden onder water staan (Aggenbach et al., 1998). De RG Pijpenstrootje-Waterveenmos en RG Veelstengelige waterbies-Waterveenmos zijn kenmerkend voor nattere omstandigheden maar wel met sterk fluctuerende waterstanden (Aggenbach et al., 1998).

Aan de oostzijde liggen twee vennen, die als H3160 Zure vennen op de habitattypekaart staan. Het meest oostelijke is recent geplagd en heeft nog een grotendeels kale zandbodem. Hier is als pioniervegetatie de Ass. Van Moeraswolfsklauw en Bruine snavelbies aanwezig. De niet geplagde venrand hoort bij de Dopheide-associatie. Het ven stond in april tot aan de rand –de niet geplagde Dopheidegemeenschap- vol, in augustus was het venpeil 50 cm lager en stond alleen in het laagste deel nog enkele vierkante meters water. De grondwaterstand in de peilbuis in de Dopheidezone was in juli 1,2 meter gedaald.

Het westelijke ven is wat langer geleden (1998) geplagd. Op een lage zandrug die in april 2015 net boven de waterlijn lag, is een Dopheide-gemeenschap aangetroffen (hier is B108 geplaatst), lager komt de Ass. van Moeraswolfsklauw en Bruine snavelbies voor in afwisseling met een laag Waterveenmos die bijna de gehele bodem bedekt (RG Waterveenmos). In een deel van het ven komt Veelstengelige waterbies voor. De grondwaterstand in de peilbuis is in de zomer tot ca. 135 cm-mv gedaald. Het peil in het ven was in augustus aanzienlijk hoger, zo'n 85 cm boven het niveau van het grondwater. Vermoedelijk stagneert regenwater op een venige laag of met ijzer verkitte laag. In boring 108 zijn zulke lagen boven in het profiel aangetroffen.

Riels Laag



FIGUUR 5-4: SCHEMATISCHE DOORSNEDE DOOR HET RIELS LAAG

De onvergraven voormalige landbouwgronden gaan via een korte helling over in de gegraven laagte van Riels Laag (figuur 5.4). Ter hoogte van de noordelijke raai is er een smalle oeverzone tot aan het open water. Op de helling domineert Veldrus en uitlopers van deze soort lopen door tot in de venoevervegetatie. Veldrus komt meestal voor op plekken waar grondwater lateraal toestroomt (Jalink en Jansen, 1995). De venoevervegetatie bestaat vooral uit de Ass. van Veelstengelige waterbies en verschillende verwante rompgemeenschappen, maar plaatselijk is ook de Ass. van Vlottende bies aangetroffen. Wat verder noordelijk is in deze zone ook de Ass. van Veenpluis en Draadzegge (SBB09B2a) in deze gradiënt aanwezig, een type dat eveneens tot H3130 Zwak gebufferde vennen wordt gerekend. Behalve de normale soorten uit deze venvegetaties komen vaak ook wat meer eutrafente soorten voor als Wolfspoot, Kattenstaart, Moeraswederik en Gewone wederik. Op één plek is een vegetatie met dominantie van Teer guichelheil, Beekstaartjesmos e.a. aangetroffen die een mengvorm is van de Ass. Van Borstelbies en Moerasmuur en de Ass. Van Veelstengelige waterbies en eveneens in dit habitattypen past. In het open water was geen vegetatie te zien, wel dreven er afgebroken stukjes Blaasjeskruid, maar met de hark kwamen geen planten uit het water tevoorschijn. Cools (2012) trof hier veel Loos blaasjeskruid aan.

Bij harde wind zijn er veel golfjes op het water, door de overheersende westenwind lopen de golven naar de oostelijke oever en zal er een onderstroom en slibtransport naar de westelijke oever zijn. Het venwater was daardoor ook troebel. Op 17 en 18 -6-2015 was het peil zo laag, dat ook kale slibbodems bloot lagen. Hier kwamen plekken met ijzerbacterievliezen voor, wat wijst op toestroom in de oever van ijzerhoudend (gereduceerd) grondwater. Op 25-8-2015 was het peil veel hoger en stond het water tot in de zone met Veldrus.

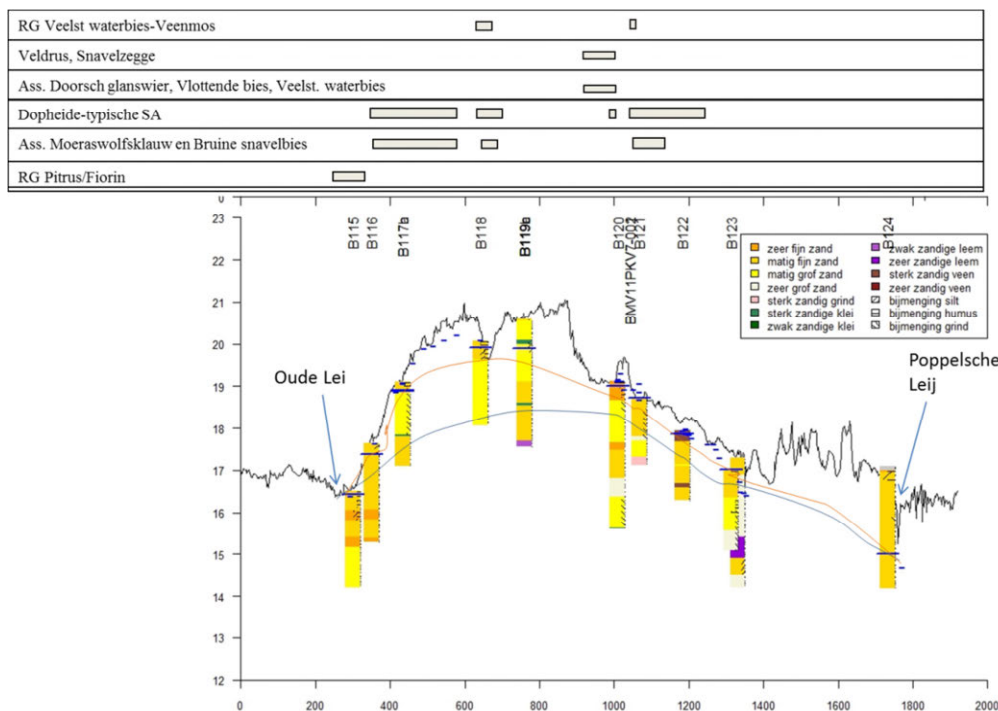
Op 18-6-2015 had het open water een EGV van 262 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en een pH 6,1. Enkele plasjes met bacterievlies op de drooggevallen prutoever hadden een EGV variërend van 240-277 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en pH 5,2. Het grondwater in B102 had een EGV van 92 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dit wijst erop, dat het kwelwater uit de Regte Heide nauwelijks aangerijkt grondwater is. De hogere EGV in het venwater wordt waarschijnlijk verklaard door menging van het kwelwater met beekwater (concentratieverhoging door verdamping is in de zomer ook mogelijk, maar achten wij hier niet van grote invloed, gezien het feit dat in veel andere plassen in het gebied wel lage EGV's gemeten werden).

Zuidelijk van het grote ven ligt de bodem hoger en valt eerder droog. Hier ligt nog een kleiner ven omgeven door een vlakte met hier en daar laagten en poelen. Langs de venoevers komt een zone voor met o.a. de Ass. Van Veelstengelige waterbies en plaatselijk de Ass. Van Vlottende bies. Deze behoren tot H3130 Zwak gebufferde vennen. Op de vlakten wisselen diverse pioniersvegetaties elkaar af. Voor een beschrijving verwijzen we naar KWR 2016.027. Het lijkt erop dat hier een ontwikkeling optreedt naar H3130 Zwak gebufferde vennen op lage delen en in poelen. Op diverse plekken is al de Ass. Van Moeraswolfsklauw en Bruine snavelbies aanwezig, die behoort tot H7150 Pioniergemeenschappen met snavelbiezen. Daarnaast komen mosvlakten met o.a. Haarmos of Veenmos en in de kruidlaag o.a. Moerashertshooi, Dopheide, Veldrus, Reukgras, Grote wederik, Koningsvaren en soms Struikhei. Mogelijk ontwikkelen deze zich deels naar vochtige heiden. Dit zou passen in de gradiënt naar de lager gelegen venvegetaties.

Op de en onderaan de stijl aflopende rand van de venlaagte domineert vaak Veldrus en komen regelmatig Biezenknoppen, Veelbloemige veldbies, Moeraskartelblad, Tormentil, Kale jonker, Gevlekte orchis en Rietorchis voor. Opvallend is ook Koningsvaren in deze zone. Veldrus en Koningsvaren duiden vaak op (lateraal) toestromend grondwater. Hier lijkt zich de Ass. Van Moeraskruiskruid en Veldrus te ontwikkelen, die voorkomt in de zone waar

grondwater lateraal toestroomt. Het is niet zeker of de standplaats op langere termijn voldoende baserijk blijft voor dit vegetatietype of dat dit nog een gevolg is van bekalking in het verleden. In dat geval zullen zich zuurder standplaatsen ontwikkelen met Veldrusrijke vormen van de Dopheide-associatie of van de Ass. Van Zompzegge en Moerasstruisgras.

5.2.2 De zuidelijke raai



FIGUUR 5-5: HET VOORKOMEN VAN VOCHTMINNENDE VEGETATIETYPEN LANGS DE ZUIDELIJKE RAAI, MET DE GRONDWATERSTANDEN EN PLASPEILEN VAN MEDIO APRIL 2015.

De zuidelijke raai loopt van de oever van de Oude Lei naar de oever van de Poppelsche Leij. Figuur 5-5 geeft globaal het voorkomen van vochtminnende vegetatietypen langs dit transect weer. De heide loopt in het westen door tot aan de beekdalgronden van de Oude Lei. De voormalige landbouwgronden in het beekdal zijn hier niet afgegraven en de vegetatie duidt er op voedselrijke standplaats. Op de oever is een ca 7 m brede gordel van Riet met daarin veel Pitrus en Gele lis. Van hier tot aan de rand van de heide loopt het maaiveld ongeveer een meter op. Er ligt een graslandvegetatie, een rompgemeenschap (RG) met o.a. Pitrus en Fiorin. Bij B115 onderin het beekdal komt hierin veel Gele lis voor, wat wijst op een zeer natte standplaats. Op 18 juni 2015 had het water in B116 een EGV van 71 µS/cm, in B115 een EGV van 86 µS/cm en pH van 5,4. Dit wijst erop dat het grondwater slechts licht aangerijkt is (ter vergelijking: enkele regenwaterplasjes op de heide hadden een EGV van rond 50 µS/cm). Direct bij de oever had het oppervlaktewater een EGV van 320 µS/cm en pH van 7,4 en wat verder het water in was de EGV 380 µS/cm. Het oppervlaktewater was dus veel mineraalrijker dan het grondwater en sterk gebufferd.

Op de grens met het beekdal ligt een voormalig pad, dat nu vooral met Haarmos begroeid is.

Vanaf de beekdalrand loopt het maaiveld geleidelijk enkele meters op tot aan een pad boven op de heide. Deze helling (met H4010A Vochtige heide) is geplagd geweest. De vegetatie bestaat er uit een afwisseling van de Dopheide-associatie en in lokale laagten de Associatie van Moeraswolfsklauw en Bruine snavelbies. Dit is ook het geval direct rond B117. In april stond op veel plekken water in de lokale laagten. Opvallend was dat aan het einde van de lange droge voorjaarsperiode op 17 juni 2015 er nog steeds enkele plasjes aanwezig waren, zelfs bovenaan de helling, nabij het pad. Mogelijk hangt dit samen met toestroom vanuit de omgeving over een kleilaag in de ondergrond. Nadat het 's-nachts geregend had, stonden er op 18 juni op meer plekken plassen, ook bij B117, die op dat moment een grondwaterstand van ca 80 cm -mv had. Er treedt dus ook stagnatie op maaiveld op. Op 18 juni was de EGV in B117 laag (in a 31, in b 46 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en de pH 4,5. Enkele plassen hadden een EGV van rond 55 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en pH tussen 4,4 en 4,8. Zowel het water in de bodem als in de plassen heeft een regenwaterachtig karakter.

Oostelijk van het zandpad ligt een zandrug met naaldbos en daarachter een laagte met een rond ven (H3160 Zure vennen, omgeven door H4010A Vochtige heiden). In de rand hiervan is B118 geplaatst. Rondom het ven bestaat de vegetatie van de hoge rand naar het centrum van het ven achtereenvolgens uit de Struikheide-associatie, Dopheide-associatie, Associatie van Moeraswolfsklauw en Bruine snavelbies en de RG van Veelstengelige waterbies en waterveenmos. B118 is in april aan de rand van het water geplaatst, maar eind augustus was de grondwaterstand in de peilbuis tot ca 130 cm -mv gedaald. De waterstand in het ven is in de loop van het zomerhalfjaar wel gedaald, maar slechts zo'n 35 cm. Dit duidt erop, dat het ven een slecht doorlatende bodem heeft, waarop het venwater blijft staan en die voorkomt dat het ven in droge perioden leeg loopt naar de zandondergrond. In boring 18 direct naast het ven is geen leem of kleilaag aangetroffen en het profiel bestaat uit matig fijn op matig grof zand. Alleen bovenin is 15 cm sterk humeus matig fijn zand aangetroffen op 10 cm matig siltig zand. Vermoedelijk loopt deze laag door onder de de venbodem. Het ven ligt dan op een komvormige slecht doorlatende basis. Het grondwater in B118 had op 18 juni een EGV van 42 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en pH van 4,5. Het venwater had bij de oever een EGV van 55 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bij de oever, afnemend naar 41 $\mu\text{S}/\text{cm}$ op 5 meter uit de oever. De pH was 4,3. Zowel het grondwater als het venwater hadden dus een regenwaterachtig karakter. De wat hogere EGV aan de venrand hangt mogelijk samen met enige afspoeling vanaf de venoever.

Oostelijk van deze laagte loopt het maaiveld nog wat op naar een vlak heideterrein dat overwegend met een Struikheide-associatie begroeid is, wat wijst op een droge standplaats. Hierin is b119abc geplaatst. De grondwaterstanden zijn hier tussen april en augustus gedaald van 70 tot 190 cm -mv. De EGV van 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in juni bevestigt het regenwaterachtige karakter van het bovenste grondwater.

Oostelijk van dit heideveld loopt het maaiveld nog op in een naaldbos en loopt dan naar het oosten ca 2 m af. Hier ligt het ven dat als de Leemputten (met H3130 Zwak gebufferde vennen, omgeven door H4010A Vochtige heide en H7150 Pioniergemeenschappen met snavelbiezen) bekend staat. In het open water is de Ass. Van Doorschijnend glanswier aanwezig, met veel Duizendknoopfonteinkruid en in de ondiepere delen verspreid ook o.a. Vlottende bies en Veelstengelige waterbies. In de randen van het open water komen dominanties van Grote lisdodde of Snavelzegge voor. In de amfibische zone komen o.a. de Ass van Vlottende bies en de Ass. Van Veelstengelige waterbies voor. Op de venoever gaat deze vegetatie over in een door Veldrus gedomineerde zone met in de ondergroei soorten als Waternavel, Moerasstruisgras of in de Dopheide-ass, plaatselijk met Beenbreek erin. De vegetatie in het ven indiceert beter gebufferd water en de soorten in de venrand duiden op

toestroming van ondiep grondwater dat enigszins is aangerijkt aan de mineraalrijke ondergrond. Dit wordt bevestigd door de hogere EGV (89 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in het ven en 153 in de greppel die bij hoge venpeilen water afvoert) en pH (pH 5,7 in het ven en 5,5 in de greppel). In de greppel komt veel Duizendknoopfonteinkruid voor, in de zuidelijke venoever dagzoomt plaatselijk vette klei en in de westelijker B119 zijn klei- en leemlagen aangeboord die qua hoogteligging hierop kunnen aansluiten. In de omgeving zijn enkele steenovens gevonden [REDACTED], wat erop wijst dat er veel leem/klei aanwezig was/is. B120 is in de oostelijke rand van dit ven geplaatst. Hier is pas op 3,5 m – mv klei aangetroffen. De grondwaterstand daalde hier in 2015 1 meter, in augustus lag het venpeil ca. 30 cm boven de gemeten grondwaterstand. Dit wijst erop dat ook aan deze zijde een weerstand tussen ven en zandondergrond aanwezig is. Dit kan de matig siltige zeer fijn zandlaag zijn die in B120 al op 40 cm diepte werd aangetroffen.

Dit ven wordt dus gevoed door lokaal grondwater, dat over kleilagen uit de omgeving toestroomt en daaraan waarschijnlijk ook is aangerijkt. Opvallend is het verschil in vegetatie en diepte v/h ven tussen de Leemputten en Beenbreekven (onderlinge afstand 100m). De Leemputten is dieper en groter dan het Beenbreekven. De oevervegetaties duiden beide op toestromend grondwater, maar het Beenbreekven is een zuur of zeer zwak gebufferd ven en Leemputten is een (zwak) gebufferd ven. In de Leemputten is zijn ook ondiepe leemlagen aangetroffen in de (noord-) oevers, deze zijn niet waargenomen in de oevers van Beenbreekven [REDACTED]

Aan de oostrand van de Leemputten ligt een lage zandrug. Oostelijk hiervan ligt parallel aan het zandpad een langgerekte geplagde laagte. De vegetatie bestaat hier grotendeels uit de Ass. Van Moeraswolfsklauw en Bruine snavelbies. In april stond een groot deel onder water, in augustus nog slechts de laagste delen dichtbij het pad. Daar domineert Geoord veenmos in de vegetatie. Op wat hogere delen, die niet geïnundeerd raken gaat de vegetatie over in de Dopheide-ass (typische subass). Parallel aan het zandpad liggen 2 greppels, die deels zijn afgedamd en verondiept. Deze draineren niet alleen de laagte, maar de berm-sloot voert ook water af uit de Leemputten. In de greppels domineert plaatselijk Duizendknoopfonteinkruid, op andere plekken veenmossen en Veelstengelige waterbies.

B121 bevindt zich in de noordelijke helling van de laagte. De grondwaterstand varieerde tussen maaiveld en ca. 80 cm daaronder, gezien het reliëf in de laagste delen nog 1 à 2 dm ondieper. Hoewel in het profiel geen kleiige of lemige lagen zijn aangeboord staan ook hier regelmatig plassen op een veel hoger niveau dan de grondwaterstand in de peilbuis. Opvallend was hier in juni de hoge EGV in de peilbuis (140 $\mu\text{S}/\text{cm}$ onderin en 94 bovenin), terwijl in de plassen regenwaterachtige EGV-waarden werden gemeten (43 en 58 $\mu\text{S}/\text{cm}$). De hogere EGV in de peilbuis wijst erop dat in de ondergrond licht aangerijkt grondwater aanwezig is. Het regenwater in de plassen past bij de Ass. Van Moeraswolfsklauw en Bruine snavelbies in laagte.

Het systeem met mineraalrijker grondwater strekt zich dus verder uit dan alleen bij de Leemputten. Mogelijk is het wat uitgebreid door het afdammen van de berm-sloot. Daarna zakken de waterstanden in de Leemput namelijk ook minder diep weg (Schouten, mondelinge mededeling plagwerkgroep KNNV).

Oostelijk van de laagte van B121 loopt het maaiveld wat op naar een Dopheide-gemeenschap. Deze loopt naar het oosten toe licht af. Rond het lage deel met peilbuis 122 groeit een sterk pollige Pijpestrootjes-Dopheidegemeenschap, wat wijst op regelmatige inundatie en wisselende waterstanden. In april stond het grond- en regenwater tot in de laagten tussen de pollen, maar de grondwaterstanden in de peilbuis zakte in de zomer ook

weg tot zo'n 110 cm -mv. Het water in de peilbuis had in juni een EGV van 54 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en pH van 4,5 en was dus regenwaterachtig. In het lage deel komt tussen de pollen Geoord veenmos voor, dit wijst erop dat de bodem vochtig blijft. De bovenste 25 cm bestaat uit sterk zandig veen. Dit houdt regenwater langer vast en het kan er ook op stagneren. Hoger in de gradiënt domineert Heideklauwtjesmos tussen de pollen. Dit wijst op een veel drogere standplaats.

Oostelijker ligt naaldbos tot aan de Nieuwkerkse dijk. Hierin is b123 geplaatst. De waterstanden hier zakten tussen april en augustus 2015 van 56 tot 168 cm - mv. Dit hangt waarschijnlijk samen met drainage in het aangrenzende dal van de Poppelsche Leij. De Nieuwkerkse dijk heeft diepe bermsloten. Aan de oostzijde ervan ligt in het beekdal de golfbaan. Oostelijk daarvan ligt naaldbos, waardoor de Poppelsche Leij stroomt. De grondwaterstand in B124 zakte tussen april en augustus weg van 119 tot 160 cm-mv.

5.2.3 De raai van zuid naar noord

Het grootste deel van deze raai loopt over de hoge delen met Struikheidegemeenschappen en diepe grondwaterstanden. In de laagte op de hei (tussen B111, B110 en provinciebuis \$\$\$ tussen lagen in april uitgestrekte plassen. In de zomer zijn deze grotendeels drooggevallen. De vegetatie van deze droogvallende plassen bestaat voor een groot deel uit de Dopheide-associatie en de Ass. Van Moeraswolfsklauw en Bruine snavelbies. Op de laagste delen komt een venvegetatie voor bestaand uit de RG van Veelstengelige waterbies en Waterveenmos, de RG van Pijpenstrootje en Waterveenmos of is er nauwelijks begroeiing. De laagste delen hebben vaak een organische, onsamenhangende prutlaag. De grondwaterstanden in de peilbuizen B110 en B111 zijn in de loop van het zomerhalfjaar ongeveer 120 cm gedaald. Daarbij is het venoppervlak flink afgenomen. In augustus bleken diverse plassen een duidelijk hoger peil te hebben dan de grondwaterstanden in de peilbuizen. Hier treedt dus stagnatie van regenwater op en zijn de standplaatscondities natter dan uit peilbuisgegevens lijkt.

5.2.4 Synthese

Er is in de onderzochte transecten geen duidelijke relatie tussen het voorkomen van vochtminnende vegetatietypen en de hoogteligging op de rug van de Regte Heide. Vennen, Dopheidegemeenschappen en de Ass. Van Moeraswolfsklauw en Bruine snavelbies komen tot op de topografische waterscheiding voor. Het zijn binnen hun directe omgeving wel relatief laag gelegen delen. Dat ook hoog op de heide zulke langdurig vochtige plekken voorkomen, hangt samen met de aanwezigheid van slecht doorlatende lagen waarop regenwater en ondiep grondwater stagneert.

De vegetatie van de Leemputten wijkt af doordat het water hier meer aangerijkt en sterker gebufferd is. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door aanrijking van grond- en oppervlakte water in contact met de klei/leemlagen. Het voorkomen van Veldrus en Snavelzegge aan de randen wijst op toestroming van grondwater over deze kleilaag.

De vegetatie in de afgegraven laagte in het Riels Laag is nog in ontwikkeling. In een meer of minder brede zone langs de vennen domineren vegetatietypen van zwak gebufferde vennen. Op de wat hogere vlakke delen komt regelmatig de Ass. Van Moeraswolfsklauw en Bruine snavelbies voor en vegetatie die zich naar Veldrusrijke en orchideerijke Dopheidegemeenschappen lijkt te ontwikkelen. Waar het maaiveld wat stijler oploopt naar de

niet vergraven graslanden komt meestal een gemeenschap met Veldrus voor, een soort die wijst op laterale toestroming van 'jong' (oxisch of suboxisch) grondwater. Juist in deze Veldruszone komen op sommige plekken ook basenminnende soorten voor, zoals Rietorchis en Moeraskartelblad. De vegetatie lijkt zich hier te ontwikkelen naar de Ass. Van Moerasstreekzaad en Veldrus. Of deze ontwikkeling doorzet is onzeker, het kan zijn dat bekalking in het verleden heeft geleid tot een hogere basenrijkdom van bodem en grondwater en dat die door het uitblijven van bemesting en bekalking op termijn zuurder worden. In dat geval zal een zuurder type Veldrusvegetatie ontstaan, bijvoorbeeld binnen de Dopheide-ass.

5.3 Vegetatie, vereisten en metingen rond de peilbuizen

In deze paragraaf confronteren we de gemeten waterstanden met de aanwezige vegetatie en ecologische vereisten.

Van de aangetroffen (sub)associaties zijn de ecologische vereisten voor GVG en GLG afgeleid met behulp van de web-applicatie (www.synbiosis.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase). In Tabel 4 zijn de grenswaarden voor GVG en droogtestress aangegeven.

Tabel 5 geeft voor een range aan bodemtypen de GLG-grenzen die op basis van de grens voor droogtestress worden gegeven. Van de aangetroffen vegetatietypen waren deze gegevens alleen voor de Dopheide-associatie en Ass. Van Moeraswolfsklauw en Bruine snavelbies beschikbaar.

Tabel 4: Ecologische vereisten van aangetroffen plantengemeenschappen. Aangegeven zijn de grenswaarden van de GVG-vochtclassen (voor optimaal en suboptimaal bereik) en van droogtestress of GLG. (bron: Database Ecologische Vereisten Natura 2000 (Runhaar et al, 2009 (www.synbiosis.alterra.nl/natura2000)).

Ecologische vereisten Regte Heide		GVG			GLG	
		grenzen voor:				
		subopt.	optimaal	optimaal	subopt.	droogtestress
		boven	boven	onder	onder	(ds) of GLG
(sub)associatie	habitattype					
Ass. Van Dopheide, typische subass	H4010A	-5	10	40	>40	<14 ds
Ass. Van Dopheide, subass. Met korstmossen	H4010A		25	>40	?	<14 ds
Associatie van Moeraswolfsklauw en Snavelbies	H7150	-20	-5	25	40	0 ds
Waterveenmos-ass. -S. Waterveenmos	H3160		-20	10		<20(30)
Pilvaren-ass.	H3130	<-50	-50	-5		0 ds
Ass. Vlottende bies	H3130	<-50	-50	-20		0 ds
Ass. Veelstengelige waterbies	H3130 (en H3160)	perm	-50	-5		0 ds
Ass. Doorschijnend glanswier	H3130		perm <-50	<-20		ondiep droogvallend
Ass. Borstelbies en Moerasmuur	H3130		10	40		
SBB-Ass. Draadzegge en Veenpluis, typische	H3130	<-50	-50	-5	<10	<20(30)

Tabel 5: Vertaling van droogtestress-grenzen naar ondergrenzen voor de GLG, afhankelijk van bodem (op basis van de webtool; voor Dopheide-ass. en Ass. Van Moeraswolfsklauw en Bruine snavelbies (voor de overige aangetroffen vegetatietypen is geen extra informatie beschikbaar) (www.synbiosis.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase)).

textuur	GLG-grenzen (afhankelijk van bodemtextuur en humusdek)												
	fijn zand			fijn zand			matig grof zand			matig grof zand			grof zand
leem	zwak lemig		sterk lemig		leemarm		zwak lemig		leemarm		leemarm		
humusdek	dun	m.dik	dik	dun	m.dik	dik	dun	m.dik	dik	dun	m.dik	dik	dun
(sub)associatie													
Ass. Van Dopheide, typische subass	<160	<170	<202	<254	<272	<330	<116	<122	<148	<124	<136	<154	<72
Ass. Van Dopheide, subass. met korstmossen	<160	<170	<202	<254	<272	<330	<116	<122	<148	<124	<136	<154	<72
Associatie van Moeraswolfsklauw en Snavelbies	<160	<170	<202	<254	<272	<330	<116	<122	<148	<124	<136	<154	<72

Tabel 6 Vergelijking van de in 2015 waargenomen waterstanden met de ecologische vereisten voor GVG en GLG. Per meetpunt zijn de gegevens over vegetatie, gemeten waterstanden en bodem samengevat. De tabel geeft het peilbuisnummer, het vegetatietype direct rond de peilbuis en de aanwezige vegetatietypen in laagten nabij de peilbuis. Vervolgens is de grondwaterstand medio april weergegeven, het peil van de nabije plas, de laagst gemeten grondwaterstand in de periode t/m augustus en het peil van nabije plassen op 25 augustus. Met kleuren is aangegeven of deze waarden passen bij GVG en GLG-grenzen. Voor de GLG is daarbij gekeken naar 120-mv (matig grof zand) of 160-mv (fijn zand). Afhankelijk van het bodemprofiel kunnen uit tabel 5 soms ook diepere grenswaarden worden afgeleid. De kolom bodem geeft een samenvatting van het bodemprofiel bij de peilbuis (zie voor boorstaten bijlage V, de kolom lagen in het profiel de aanwezigheid van slecht doorlatende lagen. In de kolom VG-LG is het verschil tussen grondwaterstand in april en de laagst gemeten stand weergegeven. Hoewel de meetreeks slechts één voorjaar en zomer omvat, geven de waarden wel relevante informatie (bijlage VI). De voorjaarsgrondwaterstanden zijn naar verwachting vergelijkbaar met een gemiddeld jaar (zie bijlage VI). De metingen zijn van medio april, dus twee weken later dan rond 1 april, waarop de GVG bepaald is. De laagste grondwaterstanden werden bereikt in juli of medio augustus. Van april t/m juli lag 2015 meteorologisch gezien rond de 5% droogste jaren. Pas vanaf medio augustus nam het neerslagtekort structureel af tot iets droger dan de mediane waarde (Bijlage VI).

Buis:	Vegetatie rond pb	Vegetatie laagten	GWS of plas 14 april (in cm - mv peilbuis)		LG t/m aug	plas 25 aug		VG-LG	Bodem	lagen in profiel
			GWS	Plas		GWS	plas			
Raai noord										
B102	Witbolgrl		79			119		40	mfz, zl, mh	
B103	Eiken-berkenbos		102			181		79	mfz, zl, sh	
B104	RG-Mc (bovenrand)	Et-t	55		<	169,5		>	114	szf+mfz, sh
B105a	Et-t	RG-EmSp	-2	-5	<	87	7	>	89	zfv-mgz, zl, zh
B105b*	Et-t	RG-EmSp	29	-5	<	115	7	>	87	mfz, zl, 25cm v/h
B106	Et-t	LRf	5	1	<	94		>	89	zfv, zl, 15cm v
B107a	Et-t	RG-Mc	1	-2	<	69	18	>	67	mfz, zl, 20cm v (2xzl)
B107b	Et-t	RG-Mc	4	-2	<	117	18	>	113	mfz, zl, 20cm v (2xzl)
B108	Et-t	LRf+RG-Sp (H6160)	4	-1	<	141	31	>	137	mfz, zl, 10cm v
B109	Et-t	LRf (H6160)	16	13	<	178,5	56	>	163	mfz, zl, sh
Raai zuid-noord										
B110a	Et-t	Et-t+LRf+RG-EmSp	13	-1	<	63	50	>	50	zfv-mfz, zl, zh (slzfv)
B110b	Et-t	Et-t+LRf+RG-EmSp	13	-1	<	129	22	>	116	zfv-mfz, zl, zh (slzfv)
B111a	Et-t	LRf	49	1	<	131	12	>	82	zfv-mfz, zl, zh (1xv)
B111b	Et-t	LRf	53	1	<	163,9	12	>	111	zfv-mfz, zl, zh (1xv)
B112a	GC-t		95		<	152		>	57	mfz, zl, v/z (1xv)
B112b	GC-t		97			197			100	mfz, zl, v/z (1xv)
B113	GC-t		218		<	286		>	68	zfv-mfz, zl, zh-sh
Raai zuid										
B115	RG-Je	rietruigte	7	11		82	36		75	mfz-zfv, zl, zh
B116	RG-Je	RG-Je	26			122			97	mfz, zl, zode
B117a	Et-t+LRf	Et-t+LRf	21	1	<	102	26	>	81	mfz, zl, mh (1xk)
B117b	Et-t+LRf	Et-t+LRf	20	1		118	26		98	mfz, zl, mh (1xk)
B118	Et-t	LRf+RG-EmSp (H6160)	16	-3		128	35		112	mfz, ml, sh
B119b	GC-t		70			186			116	mfz-mgz, zml, zh (3xkl)
B119c	GC-t		71			187			116	mfz-mgz, zml, zh (3xkl)
B120	Et-t	Em+Sf+Nt	11	0		99	58		88	zfv-mgz, zl, mh (1xk)
B121	LRf	LRf	0	1		81	16		81	mfz, zl, zh
B122	Et-t	Et-t	7	-2		109			102	mfz, zl, 25cm v (1xv)
B123	naaldbos		56			168			112	mfz-ugz, zl, sh
B124	naaldbos		119			160			41	mfz, zl, sh/s
* in hoge rand, waterstand omgerekend t.o.v. mv B105a										
* laagste stand hoeft niet 25 aug te zijn										
voldoet aan GVGeis of aan GLG<120										
voldoet aan GLG<160										
aanvullend GVGbereik										
dieper dan GLG 160										

Bij de vergelijking van de ecologische vereisten met gemeten standen in peilbuizen en in plassen moeten we er rekening mee houden, dat de meetreeks kort is en 2015 een relatief droog voorjaar had, dus niet eenduidig vertaalbaar is naar 'gemiddeld' laagste en voorjaarsstanden. Echter, uit de analyse in bijlage VI blijkt, dat de voorjaarsstanden gemeten zijn in een meteorologisch gemiddelde of iets droge periode, en dat de laagste standen (juli en half augustus) zijn gemeten aan het eind van een zeer droge (rond 5% droogste jaren) periode.

Daarnaast is er rond de peilbuizen veel reliëf. Toen we de peilbuizen medio april plaatsten, stonden ze veelal aan de randen van plassen. Toen deze in de loop van het zomerhalfjaar (gedeeltelijk) droogvielen bleek de bodem vaak nog decimeters af te lopen. Vegetatietypen die daar zijn aangetroffen staan dus op een nattere standplaats, dan uit de peilbuis kan worden afgeleid.

De grondwaterstanden in de peilbuizen in april passen op de meeste locaties bij de Dopheide-associatie en Associatie van Moeraswolfsklauw en Bruine snavelbies die daar voorkomt. In april lag de grondwaterstand hier tussen maaiveld en ca 30 cm daaronder. Bij B105 en B111 waren de standen rond 50 cm-mv en daarmee wat lager dan het kernbereik. Bij B111 stond wel venwater op maaiveld. B105 staat aan de bovenrand van een laagte met Dopheide-ass., in die laagte zullen dus wat nattere condities optreden. Voorheen is hier overigens H4030 Droge heide aangegeven, mogelijk is er geplagd of is enige vernatting opgetreden.

In de zuidelijke raai zakten de grondwaterstanden weg tot 80 á 130 cm. Dit lijkt binnen de GLG-vereisten te vallen, ook gezien de bodemopbouw en het feit dat vijf van de zes plekken in augustus water op maaiveld aanwezig was. In de noordelijke raai en de noordelijke laagten in de noord-zuidraai zijn veel peilbuizen droog gevallen waardoor niet zeker is hoe diep het grondwater weggezakt is. In B110 zakte het tot 130 cm-mv, dit past bij de GLG-grens voor de fijnzandige bodem hier. Bij B111 zakte het tot 165 – mv en daarmee wat onder die grens. In de omgeving stond in augustus water op maaiveld op 12 tot 50 cm beneden het maaiveldniveau bij deze buizen. Vermoedelijk stagneert regenwater op de lemige en venige lagen, zoals die ook bij B110 en B111 zijn aangeboord. Met uitzondering van B104 en B106 stond in de nabije omgeving wel water op maaiveld op niveaus van 5 tot 60 cm beneden het maaiveld bij de buizen. En op diverse plekken is de bodem sterk humeus of venig en heeft daarmee een beter vochthoudend vermogen en daarmee mogelijk een diepere GLG-grens dan waarmee in tabel 6 is vergeleken. Doordat de peilbuizen in de noordelijke raai droogvielen, is niet duidelijk hoe diep het water is weggezakt. Bij B109, in de bovenrand van het ven aan de noordoostelijke rand van de Regte Heide was de grondwaterstandsval meer dan 163 cm. In het ven stond eind augustus wel water, zo'n 50 cm lager dan de venrand. Dit water stond een aantal decimeters boven de grondwaterstand in de peilbuis.

Op plekken waar niet stagnatie op slecht doorlatende lagen zorgt voor langdurig natte standplaatsen, kan een hoog organisch stofgehalte van de bodem wel bijdragen aan een betere vochtvoorziening. Zulke bodems houden meer hangwater vast en daarmee 'overbruggen' ze perioden met een verdampingsoverschot langer dan humusarme bodems. Voor zulke bodems wordt op basis van profielgegevens een diepere kritische GLG-grens berekend (tabel 5). Bij diverse boringen is een sterk humeuze of venige bovengrond aangetroffen, maar op de meeste plaatsen zijn de grondwaterstanden niet te diep weggezakt of wijst de aanwezigheid van plassen in de nabijheid op stagnatie op storende lagen. Daarnaast is op diverse plekken geplagd, daar zal dit mechanisme niet optreden. Voor

uitsluitel op locaties met diepe wegzakkende grondwaterstanden zou nader onderzoek nodig zijn.

Samenvattend lijken de standplaatsen qua vochthuishouding dus te passen bij de aanwezige vegetatietypen. Op een aantal plekken lijkt de vegetatiestructuur van Pijpenstrootjeshorsten samen te hangen met sterk fluctuerende waterstanden en periodieke inundatie.

5.4 Historische vegetatiegegevens

Er bleken weinig historische vegetatiegegevens (meer) beschikbaar.

De oudste beschrijving is uit 1937. Liernur (1937) beschrijft kort de overgang ten westen van de grafheuvels op het Tilburgse deel van de Regte Heide naar het beekdal bij de Papenmoeren. Op de heide domineerden Struikhei en Dophei. Lager in de gradiënt in de Papenmoeren kwamen daar Beenbreek en Zonnedauw bij en waren er ook delen waar de bodem bedekt was met veenmos. Vermoedelijk ging het om veenmosrijke Dopheidegemeenschappen.

Uit 1969 (Van Iersel en Mols, 1969) is er een globale vegetatiekaart, maar nadere toelichting ontbreekt. In het Beheerverslag Regte Heide (Brabants Landschap, 1983) is een globale vegetatiekaart uit 1981/82 van de Regte Heide (1:10.000) opgenomen met samenvatting van de typen. Het beheerverslag meldt, dat aan deze kaart tabellen met vegetatieopnamen en gebiedsbeschrijvingen ten grondslag liggen. Helaas was het beheersverslag niet beschikbaar bij Brabants Landschap en beschikten wij alleen over een kopie van een klein deel ervan in het persoonlijk archief van M. Jalink. Deze kopie bevat alleen een globale vegetatiekaart en type-omschrijving. Op basis van deze informatie lijkt het erop dat vergrassing met Pijpenstrootje wijdverspreid was. Helaas ontbreekt verdere achtergrondinformatie zoals vegetatieopnamen en gebiedsbeschrijvingen. Vermoedelijk zijn die wel in het beheerverslag 1983 opgenomen.

Enkele verschillen met de huidige situatie zijn opvallend:

- De helling tussen B118 en het dal van de Oude Lei, die nu bedekt wordt door een afwisseling van Dopheide-ass en Ass. Van Moeraswolfsklauw en Bruine snavelbies, staat op de kaart uit 1982 aangegeven als type I-F: Struikheide-ass. Met dominantie van korstmossen: dit betekent dat deze helling veel natter moet zijn geworden; het lijkt aannemelijk dat dit een effect is van plaggen en vernatting Riels Laag zuid
- Het driehoekige terrein tussen B118 en B119 staat aangegeven als korstmosrijke Struikheidegemeenschap; het ronde ven bij B118 en de natte heide direct er omheen ontbreekt. In 1969 staat dit terrein nog als dennenbos aangegeven. Of daarin het ven aanwezig was is op de kaart niet te zien.
- De leemputten staan in 1969 en 1982 niet aangegeven (mogelijk karterfout en het ven is na 1983 uitgediept; tijdens de veldverkenning in 1995 van de topografische dienst is Leemputten en Beenbreekven ook niet gekarteerd op de kaartschaal 1:25.000) XXXXXXXXXX
- Het ven bij peilbuis B50F0685 staat aangegeven als laagte met Pijpestrootjesvlakte met in de moslaag veenmos (type II-E); dit wijst erop dat het wel langdurig nat was, maar niet langdurig onder water stond; door plaggen is hier nu een ven met RG Veelstengelige waterbies-Waterveenmos, omgeven door Ass. Van Moeraswolfsklauw en Bruine snavelbies en Dopheide-ass. aanwezig.

- Voor vennen is alleen een type met Pijpenstrootjeshorsten onderscheiden met in de lage delen daartussen veenmossen, Veelstengelige waterbies, Knolrus en Veenpluis, het lijkt erop dat de laagten hiermee waren begroeid en er geen open vennen waren;
- Het ven bij B109 staat niet op de kaart: in de omgeving wordt een Dopheideass. Aangegeven (type II-C), het lijkt erop dat op de plek van het huidige ven een korstmosrijke Struikheidegemeenschap aanwezig was (type I-F)
- Het gebied van B105 t/m B108 staat geheel als soortenrijke Dopheide-ass. (II-C) aangegeven; in de huidige situatie is het een afwisseling van vochtige en droge heide, bepaald door het reliëf; (waarschijnlijk karteerfout/schaalkwestie)
- In de type-beschrijving wordt vermeld dat de Ass. Van Moeraswolfsklauw en Bruine snavelbies (II-D) alleen op extensief betreden paden in de vochtige heide voorkwam, waar bodemverdichting was opgetreden; het type staat dan ook niet op de kaart; het huidige voorkomen is te verklaren door het beheer van lokaal plaggen dat sinds jaren 1980 wordt uitgevoerd.

Van het Riels Laag is begin jaren 1980 een kartering volgens de CABO-methode gemaakt (Melgers, 1982). Een kopie van een deel hiervan met vegetatiebeschrijvingen is aanwezig in het persoonlijk archief van M. Jalink, maar de kaarten ontbreken. Aangezien het gebied toen nog in agrarisch gebruik was en daarna opnieuw ingericht achten we deze informatie van minder belang voor dit onderzoek. Bij Brabants Landschap was het rapport ten tijde van dit onderzoek niet beschikbaar.

Begin jaren '1990 is begonnen met inrichting van het Riels Laag ten zuiden van Riels Hoefke (vernatting door aanbrengen puindam in de Oude Lei) en met afdammen van greppels op de heide. Daarnaast werden op de heide delen geplagd. Brabants Landschap 1996 geeft aan dat dit heeft geleid tot vernatting van de heide en tot uitbreiding van groeiplaatsen van Beenbreek, Klokjesgentiaan en Moeraswolfsklauw. Op de plagplekken ontwikkelde zich de Ass. van Moeraswolfsklauw en Bruine snavelbies [REDACTED]

Op 26 september 1994 heeft Van Beers (1994) het 'Ven Regte Heide' (Rietven) beschreven. Het was toen grotendeels droog gevallen. Het diepere deel van het open water was vrijwel vegetatieloos. De drooggevallen venbodem werd gedomineerd door Pijpestrootjespollen met daartussen Knolrus, Veelstengelige waterbies en weinig Kleine zonnedaauw, Waternavel en Bruine snavelbies. Rondom het ven groeide een zoom Pitrus en plaatselijk kwam in het ven veel Mannagras voor, tekenen van eutrofiëring. In het westelijk deel van het ven kwam ook Geoord veenmos voor. Rondom het ven lag een vergraste heidevegetatie met Pijpestrootje, Struik- en Dophei en hier en daar nog Klokjesgentiaan. Tijdens de provinciale vegetatiekartering eind jaren '1980 is er nog Oeverkruid aangetroffen, maar later niet meer (Van Beers, 1994). De pH van het venwater was laag (4,43 en 4,71) maar in 1987 zelfs nog lager (3,5). Op de bodem lag een laag rottende organische prut, waaruit gas vrijkwam. Het ven was verzuurd en verdroogd (Van Beers, 1994).

Een eerdere beschrijving uit 1975 en 1976 (Anonymus 1976) laat zien dat in die tijd al een vergelijkbare zonerings in vegetatie aanwezig was. De schrijver concludeert dat de aanwezigheid van een slecht doorlatende laag de verklaring moet zijn van het feit dat er in het extreem droge jaar 1976 nog water in het ven stond, vermoedelijk een leemlaag of oerbank. De uitbreiding van Pitrus werd geweten aan bemesting door paarden die vaak in het ven kwamen.

In 2009 zijn tijdens een dagexcursie enkele vegetatieopnamen gemaakt op verschillende plekken binnen het gebied (Jansen, 2009). Deze wijken in samenstelling niet af van opnamen

die in 2015 gemaakt zijn. In 2012 is een gebiedsdekkende kartering van doelsoorten uitgevoerd door Cools (2012). Deze informatie is gebruikt bij de veldinventarisatie en de beschrijving van de gradiënten.

6 Beantwoording van de onderzoeksvragen

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de onderzoeksvragen die aanleiding waren voor het schrijven van dit rapport beantwoord. Hiertoe zijn de onderzoeksvragen geclusterd in vier groepen, namelijk vragen die betrekking hebben op

- (1) De toestand van de habitattypen,
- (2) De hydrologie van de Regte Heide,
- (3) De verlagingseffecten als gevolg van waterwinning,
- (4) Instandhoudingsdoelen in relatie tot het regionale grondwatersysteem.

6.2 Toestand van de habitattypen

De onderzoeksvragen over de toestand van de habitattypen zijn:

- *Wat is de toestand van het grondwatersysteem van de Regte Heide en Riels Laag ten aanzien van de grondwaterafhankelijke habitattypen?*
- *Hoe hoog zijn de actuele grondwaterstanden in deze habitattypen?*
- *In hoeverre komen de grondwaterstanden overeen met de ecologische vereisten van de aangetroffen vegetatietypen?*

Antwoord:

H3130 Zwakgebufferde vennen is aangetroffen in Riels Laag noord en in de Leemputten. In Riels Laag noord betreft het de gegraven vennen en de brede oeverzone daar omheen, en lokaal enkele gegraven poelen. De (grond)waterstand wordt hier bepaald door het peil in de vennen en de toestroom van grondwater vanuit de Regte Heide. De waterstanden variëren van complete inundatie tot –waarschijnlijk– enkele decimeters onder maaiveld. In de droge junimaand waren de bodems in dit type nog vochtig. Het habitatype lijkt zich flink te hebben uitgebreid. Dit wijst erop dat de waterstanden hier voldoen. In de Leemputten is het habitatype aanwezig in de gegraven putten en in de amfibische zone daaromheen. In april stond het grondwater en venwater tot bovenin de rand van dit type. In de zomer zakte de grondwaterstand (buiten het habitatype) ca 1 m weg, het venpeil is tot eind augustus ongeveer 60 cm gedaald. De Ass. van Doorschijnend glanswier bevond zich nog geheel in oppervlaktewater, de Ass. van Vlottende bies net aan de rand daarvan en de Ass. van Veelstengelige waterbies van de rand tot op de drooggevallen, maar nog vochtige bodem. Dit wijst erop dat waterstandsverloop en vegetatie hier in overeenstemming zijn. De buffering en het relatief stabiele peil worden veroorzaakt door de aanwezige klei-, en leemlagen.

H3160 Zure vennen is aangetroffen in het ronde ven bij B118. Dit ven heeft een (waarschijnlijk schotelvormige) slecht doorlatende venbodem. In natte perioden is het venpeil gelijk aan de grondwaterstand of loopt water lateraal over de rand van de venbodem naar de omgeving. In droge perioden functioneert het ven als 'schijnspiegelsysteem' (Jalink et al., 2001) en verliest het hoofdzakelijk water door verdamping. Doordat het ven een

bergingscoëfficiënt van 1 heeft, daalt het venpeil minder sterk dan de omliggende grondwaterstand en heeft het ven een vrij stabiele waterstand; het venpeil daalde tijdens de zomer van 2015 slechts zo'n 35 cm. Over dezelfde periode viel 27 cm neerslag (meteostation Gilzerijen) en was de openwaterverdamping 55 cm (Makkink-verdamping van meteostation Gilzerijen) vermenigvuldigd met 1,27). Maken we de balans op, dan resteert een wegzijging van 7 cm. Uit deze eenvoudige balansberekening blijkt dat ongeveer 90% van het waterverlies van het ven tijdens droge zomerperioden veroorzaakt wordt door verdampingsverliezen, en 10% door wegzijging. Tijdens het uitzakken van de waterstand in bovengenoemd ven, schoof de waterlijn slechts enkele meters op. Daarbij viel de bodem van de Dopheidegemeenschap en Gem. van Moeraswolfsklauw en Bruine snavelbies droog, terwijl de bodem van de venvegetatie met Veelstengelige waterbies en Waterveenmos onder water bleef.

De 'vennen' in het noorden van de Regte Heide functioneren anders. Het zijn grote vlakke laagten, die in het voorjaar onder water stonden, maar waarin in de zomer alleen op de laagste plekken nog water stond. Een groot deel van de tot in het voorjaar ondergelopen laagten is begroeid met H4010A Vochtige heide en H7150 Pioniergemeenschappen met snavelbiezen. Alleen op de laagste plekken komen de vegetatietypen voor die tot H3160 Zure vennen gerekend kunnen worden. Een deel van deze venvegetatie is in de zomer van 2015 drooggevallen. Op diverse plekken stond in augustus nog wel water op maaiveld; het bleek dan te gaan om stagnerend regenwater, aangezien de grondwaterstand bij deze vennen meer dan een meter onder de venbodem wegzakte. In het voorjaar was het venpeil gelijk aan de grondwaterstand en kon waarschijnlijk toestroming uit omliggende ruggen optreden, maar in de zomer bleven ze alleen watervoerend door stagnatie en zomerregens.

H4010A Vochtige heide komt voor in de vorm van de typische subassociatie van de Dopheide-associatie. Dit type wordt gevoed door regenwater; in het voorjaar staat de grondwaterstand dicht aan of nog op maaiveld en in de zomer zakt hij decimeters tot meer dan een meter weg. De GLG-vereisten zijn sterk afhankelijk van de bodemtextuur en het gehalte organische stof en kunnen daarmee afhankelijk van de profielopbouw variëren van zo'n 120 cm tot meer dan 200 cm -mv. De opbolling van het grondwatersysteem in het voorjaar van 2015 was zodanig hoog dat in nagenoeg alle peilbuizen de grondwaterstand binnen het kernbereik viel en op twee locaties in het aanvullend bereik. In de zuidelijke raai zijn de grondwaterstanden overwegend minder dan 120 cm (max 130) weggezakt en bleven daarmee zeker binnen het kernbereik. In het noorden zijn ze dieper weggezakt. Toch komen er vochtige heiden voor. Op een aantal plekken blijkt uit de aanwezigheid in de zomer van plassen op maaiveld, dat er schijn(grond)waterspiegels zijn en de vegetatie nattere omstandigheden 'ervaart' dan uit de peilbuisgegevens blijkt. Ook zijn er plekken waar een sterk humeuze bovengrond aanwezig is, Door het vasthouden van water kan ook hier een gunstiger vochttoestand optreden en kunnen droge perioden langer overbrugd worden. Bij diep wegzakkende (schijn)grondwaterstanden kan het verwijderen van deze humuslaag leiden tot drogere omstandigheden. H7150 Pioniergemeenschappen met snavelbiezen komt op tal van plekken voor die in het verleden geplagd zijn. Bij successie gaat dit type over in H4010A Vochtige heide en het heeft -bij gelijke bodem- dezelfde GLG-vereisten. Aangezien het geplagde bodems betreft is meestal nog geen vochtvasthoudende humuslaag ontwikkeld en is deze vegetatie gebonden aan voldoende hoge (schijn)grondwaterstanden. De geplagde delen liggen relatief laag binnen de vochtige heiden en steeds lager dan waar de peilbuizen geplaatst zijn en zijn dus natter. Langs de zuidelijke raai passen de gemeten grondwaterstanden goed binnen de ecologische vereisten. In de laagte bij B110 was dat in 2015 ook zo. Op de overige locaties vielen de peilbuizen droog, maar de aanwezige plassen in augustus wijzen erop, dat de schijnspiegelsystemen bij voldoende neerslag in de zomer zorgen voor voldoende vochtige omstandigheden.

6.3 Waterhuishouding van de Regte Heide

Onderzoeksvraag:

- *Hoe is het ruimtelijk verloop (opbolling) van de grondwaterstanden in de Regte Heide en de beekdalen?*

Antwoord:

Onder invloed van het neerslagoverschot wordt onder de Regte Heide een permanente opbolling van de grondwaterstand tussen de beekdalen van de Oude Lei en de Poppelsche Leij in stand gehouden. Deze opbolling helt tevens in noordelijke richting af en vertoont een insnoering ter hoogte van het Rietven, waar de Regte Heide over de volle breedte lager is. Als gevolg van deze inkeping bestaat het freatische systeem uit twee deelsystemen, namelijk een zuidelijk systeem met een fluctuatie van ca 1,15 m op de hoge delen, en een noordelijk systeem met een fluctuatie die waarschijnlijk groter is, namelijk minimaal 1,3 m. Deze verschillen in fluctuatie hangen samen met de omvang van het grondwatersysteem (het zuidelijk systeem is groter dan het noordelijk) en de invloed van randeffecten (het noordelijk systeem is aan de noord- en oostzijde ontgonnen en staat daardoor sterker onder invloed van de randeffecten).

De opbolling van de grondwaterstand bedroeg bij aanvang van het groeiseizoen in 2015 minimaal 3,5 meter boven de waterstand in de Oude Lei. Aan het einde van de lange droge zomerperiode van 2015 was daar in het zuiden nog zo'n 2,5 meter van over, terwijl in het noorden dat minder dan 2,5 meter was (veel peilbuizen vielen droog). Deze permanente en grote opbolling duidt op een laag doorlaatvermogen als gevolg van de matige doorlatendheid van de zeer slecht gesorteerde zanden, de aanwezigheid van diverse klei- en leemlagen en de geringe dikte van het semi-freatische watervoerende pakket.

Onderzoeksvraag:

- *Is er op de Regte Heide sprake van één freatisch grondwatersysteem of zijn er schijnspiegels en/of grondwatersystemen op ondiep gelegen slecht doorlatende lagen die beperkt/niet door het eronder gelegen pakket beïnvloed worden? Betreft het lokale schijnspiegelsystemen of zijn het grotere aaneengesloten systemen?*

Antwoord:

Tijdens de voorjaarsronde in april 2015 is op uiteenlopende niveaus water op het maaiveld aangetroffen en waren vennen volop watervoerend. Uit dezelfde meetronde bleek dat de grondwaterstand in de bovenste peilfilters nagenoeg gelijk was aan de inundatiehoogtes en waterstanden in de vennen. Tijdens de zomerronde in augustus 2015 was dit patroon veranderd. Nog altijd werd op uiteenlopende niveaus water op het maaiveld aangetroffen en waren vennen watervoerend. De grondwaterstand onder deze locaties was echter al decimeters ver onder maaiveld gezakt. Hieruit blijkt dat in de loop van het zomerseizoen schijnspiegelsystemen ontstaan als gevolg van grondwaterstagnatie op meestal lokale klei-, leem- of gliedelenzen of regenwaterstagnatie door een beperkte infiltratiecapaciteit van de bodem. Veldwaarnemingen geven aanwijzingen dat dit laatste op sommige locaties het gevolg is van het dichtslibben van de bodem met dood organisch materiaal of wieren. De schijnspiegels zijn van tijdelijke aard (ze drogen tijdens de zomer op) en hebben een

beperkte omvang, zodat geen sprake is van een groter aaneengesloten schijnspiegelsysteem dat beperkt beïnvloed wordt door de diepere stijghoogten.

In de bovenste meters van de ondergrond van de Regte Heide komen op diverse niveaus klei-, leem-, veen- en gliedelagen voor die weerstand bieden tegen verticale grondwaterstroming. Met uitzondering van het zuidwesten vertonen de niveaus waarop deze weerstandbiedende lagen voorkomen geen duidelijke ruimtelijke samenhang. Hieruit maken wij op dat er geen grootschalige weerstandbiedende lagen in de ondiepe ondergrond voorkomen, maar dat het kleinschalige lenzen in een zandige, zeer heterogene ondergrond betreft. Deze lagen bieden wel weerstand tegen grondwaterstroming, maar ze zijn vermoedelijk van te kleine omvang en dikte om het watervoerende pakket in tweeën te delen. Dit wordt bevestigd door de beperkte verticale stijghoogteverschillen die zijn waargenomen in boven elkaar geplaatste peilbuizen. Ook zonder de aanwezigheid van een ondiepe, regionale weerstandbiedende laag kan de grote opbolling van de grondwaterstand verklaard worden met een laag doorlaatvermogen van 10-30 m²/d van het semi-freatische pakket. Dit lage doorlaatvermogen hangt samen met de matige doorlatendheid van de zeer slecht gesorteerde zanden en de geringe diepteligging van de kleien van Waalre/Stramproy.

Onderzoeksvraag:

- *Welke geohydrologische eigenschappen in het topsysteem van de Regte heide en het Riels Laag zijn bepalend voor de grondwaterstanddynamica in de natte delen? Deze eigenschappen zijn bijvoorbeeld ondiepe leemlagen, droogvallende waterlopen en drainage door de beken.*

Antwoord:

Wordt schijnspiegelvorming buiten beschouwing gelaten, dan dalen grondwaterstanden op de top van het zuidelijk deel van de Regte Heide tijdens het zomerseizoen, zo'n 130 cm. In het noordelijk deel zakken de grondwaterstanden verder weg, maar hoeveel precies is niet bekend door droogval van de peilbuizen. Het grootste deel van deze uitzakking wordt veroorzaakt door verdamping en het overige deel door drainage door de omgeving of wegzijging naar het tweede watervoerende pakket. Analytische 2D-modellen voor grondwaterstroming geven aan dat, voor de Regte Heide als geheel, minimaal 2/3 deel van het neerslagoverschot door drainage naar de beekdalen uit de Regte Heide verdwijnt. Het verschil in wegzakking tussen noord en zuid wordt veroorzaakt doordat het zuidelijk deel onderdeel is van een groter grondwatersysteem en de drainagebasis enkel gevormd wordt door de beken. Het noordelijk deel is onderdeel van een kleiner grondwatersysteem dat als gevolg van de laagte dwars op de Regte Heide rug ter hoogte van het Rietven losgekoppeld is van het zuidelijke systeem. Hierdoor verliest het noordelijk deel van de Regte Heide niet alleen grondwater door afstroming naar de beekdalen, maar ook door afstroming in noordelijke (landbouwgebied) en zuidelijke richting (de lage doorsnijding ter hoogte van het Rietven), terwijl geen aanvoer uit bovenstrooms gelegen gebied plaatsvindt. Uitzonderingen op dit algemene patroon komen echter voor door interne herverdeling van het grondwater door afstroming over ondiep aanwezige minder goed doorlatende lagen.

Wordt schijnspiegelvorming wel beschouwd, dan worden de natte plekken veelal gekenmerkt door zeer sterk fluctuerende grondwaterstanden. Buiten de vennen ontstaan schijnspiegels namelijk vaak onder invloed van zomerse neerslag, zodat de freatische grondwaterstand zeer snel omschakelt van de diepe grondwaterstand naar de schijnspiegel. Schijnspiegels ontstaan door grondwaterstagnatie op ondiepe klei-, leem- of gliedelenzen of regenwaterstagnatie op dichtgeslibte bodem. De fysische eigenschappen van de toplaag zijn

daar sterk bepalend voor de grondwaterstanddynamica die planten ondervinden, maar ook de stijghoogte onder het schijnspiegelsysteem speelt daar een rol in.

Onderzoeksvraag

- *Hoe functioneert het hydrologisch systeem rond de beekdalen (Oude Lei met Riels Laag en Poppelsche Leij)? In hoeverre wordt dit beïnvloed door de stijghoogten onder de kleien van Waalre/Stramproy?*

Antwoord

De Regte Heide en Riels Laag liggen in een regionaal wegzijgingssysteem. De wegzijging is toegenomen door stijghoogtedalingen in het tweede watervoerende pakket o.a. door de winning Gilzerbaan. Dit houdt in dat grondwater uit het eerste watervoerende pakket door de kleien van Waalre/Stramproy zakt en het tweede watervoerende pakket voedt. Bovenop de Regte Heide gebeurt dit onder een stijghoogte verschil van gemiddeld zo'n 1,4 meter, en net ten westen van de Regte Heide onder een stijghoogteverschil van gemiddeld 0,8 meter. Het stijghoogteverschil varieert gedurende het jaar, maar verandert niet van richting, duidend op permanente wegzijging. Hoewel metingen in het beekdal van de Oude Lei ontbreken, maken wij hieruit op dat het beekdal water verliest door infiltratie naar het tweede watervoerende pakket.

Beide beekdalen ontvangen grondwater dat afkomstig is uit de Regte Heide. Door de diepe ligging van de Poppelsche Leij ontvangt dit beekdal meer grondwater dan de hoger gelegen Oude Lei. De waterscheiding tussen de beken en het verhang van het freatisch grondwater zijn asymmetrisch van vorm. Naar de Oude Lei is op de heide het verhang groter, maar de omvang van de deelstroomgebied is kleiner dan naar de Poppelsche Leij. Hieruit blijkt dat de weerstand tegen grondwaterstroming naar de Poppelsche Leij veel kleiner is dan die naar de Oude Leij. Het grondwatersysteem van de Regte Heide is daarom gevoeliger voor ingrepen in de Poppelsche Leij dan in de Oude Leij. Omtrent de waterstroming onderin het 1^e watervoerend pakket zijn te weinig meetpunten beschikbaar om een uitspraak over grondwaterstroming te formuleren.

De kwelzones in het dal van de Poppelsche Leij liggen veelal in de oevers van de beek en sloten en niet op de randen van het beekdal. Hierdoor komt het kwalitatief goede grondwater niet ten goede aan terrestrische natuur. De waterpartijen in de Oude Lei liggen hoger en ontvangen daardoor minder grondwater uit de Regte Heide dan de Poppelsche Leij. In het Riels Laag treedt het grondwater uit langs de oevers van de waterpartijen, zodat daar terrestrische natuur van kan profiteren. Door de variaties in venpeilen zal de kwelzone zich hier ook verleggen in de loop van het seizoen. In het Riels Laag noord heeft dit geleid tot het voorkomen van vegetatietypen die aan 'lokale kwel' gebonden zijn, zoals vegetatietypen met Veldrus, Snavelzegge en Draadzegge en tot de mengzone met door grond- en oppervlaktewater gevoede laagten, waarin de zwakgebufferde vennen voorkomen.

Onderzoeksvraag

- *Is de hydrologie van het topsysteem voldoende robuust (te maken) om de instandhoudingsdoelen te realiseren?*

Onder de Regte Heide is geen sprake van een permanent schijnspiegelsysteem, maar van een groot aantal tijdelijke, kleine schijnspiegelsystemen. Hierdoor is het wegzakken van de

grondwaterstand in de loop van het groeizeen niet geheel onafhankelijk van het diepere grondwatersysteem. Uit vergelijking van de ecologische vereisten van de aanwezige vegetaties en de waargenomen grondwaterstanden in het zuidelijk deel blijkt dat de vochtbeschikbaarheid thans ruimschoots voldoende is, zodat een beperkte verlaging geen gevolgen heeft voor de instandhoudingsdoelen. In het noordelijk deel van de heide voldoen de voorjaarsgrondwaterstanden, maar ontbreekt inzicht in de zomergrondwaterstanden nog, doordat de peilbuizen droogvielen. Wel waren hier en daar plassen op maaiveld aanwezig wat wijst op schijnspiegels of regenwaterstagnatie en daarmee een voldoende vochtbeschikbaarheid. Het is niet duidelijk of het topsysteem in het noordelijke deel van de heide voldoende robuust is om eventuele verlagingseffecten op te kunnen vangen zonder dat daarmee de instandhoudingsdoelen in gevaar komen. De vegetatie in het Riels Laag wordt gevoed door een permanente kwelstroom vanuit de Regte Heide. Door de blijvende opbolling van de waterbult in de heide is dit een robuuste situatie.

Volgens tijdreeksanalyse op 5 grondwaterstandreeksen voor de Regte Heide is er rond 2005 een vernattingstrend ingezet die het gevolg kan zijn van de herinrichting van het beekdal van de Oude Lei, en afdammen interne sloten en greppels of verdampingsreductie door het vegetatiebeheer door branden, plaggen, kappen en begrazen. Anno 2015 heeft dit geleid tot enkele decimeters stijging van de grondwaterstand en de stijging zet nog altijd voort. Deze vernattingstrend manifesteert zich ondanks dat berekende verlagingseffecten gerelateerd aan de ontwikkeling van de winning Gilzerbaan nog langzaam toenemen. Dit geeft aanwijzingen dat vernattingsmaatregelen, ondanks een beperkte toename van de wegzijging, effectief kunnen zijn. De vernattingsmaatregelen zijn dus effectief voor het robuuster maken van het grondwatersysteem van de Regte Heide.

Mogelijkheden voor verdere vernatting bestaan uit (1) het verminderen van de verdamping via een landschapsbeheer gericht op het omvormen van bos naar heide en het omvormen van vergraste heide, (2) het verminderen van de drainage door het verhogen van de waterstanden in de Poppelsche Leij en haar beekdal, (3) het dempen van ontwateringsmiddelen in de twee voormalige vennen ten oosten van de Regte Heide, (4) het stimuleren van extra infiltratie door het creëren van waterpartijen of peilverhogingen in het intrekgebied van de winning en (5) het verder opstuwen of dempen van het ontwateringsstelsel in het zuidelijk deel van de Regte Heide.

6.4 Verlagingseffecten als gevolg van drinkwaterwinning

Onderzoeksvraag:

- *Wat is de relevantie van geologische breuken ten aanzien van de laterale stroming van grondwater door het eerste en tweede watervoerende pakket en de voortplanting van verlagingseffecten als gevolg van drinkwaterwinning? Wat is bekend over de verticale gelaagdheid in de geologische schollen rond de Regte Heide en welke implicaties kunnen die schollen hebben voor de grondwaterstroming onder en rond Regte Heide?*

Antwoord:

Verschillende bronnen geven verschillende informatie over de ligging van de breuklijnen. De hydraulische eigenschappen van de breuk door de Regte Heide is niet gedocumenteerd in de beschikbare literatuur. Wel geven de beperkte hoeveelheid beschikbare boorprofielen aan dat kleilagen in het eerste en tweede watervoerende pakket niet duidelijk verticaal van elkaar verschoven zijn. Ook zijn geen duidelijke potentiaalsprongen in de bovenste meters rond de

breuk waargenomen. Daarom zien wij geen aanwijzingen voor een duidelijke invloed van de breuklijn op het grondwatersysteem.

De ligging van de subbreuken is niet nader onderzocht. Of het noordelijk en zuidelijk watersysteem gescheiden worden door een subbreuk is niet duidelijk.

Onderzoeksvraag:

In hoeverre wordt het hydrologisch systeem boven de kleien van Tegelen beïnvloed door veranderingen in de stijghoogten eronder?

Antwoord:

Volgens tijdreeksanalyse op de meetreeks die beschikbaar is voor de peilfilters op de oostelijke flank van de Regte Heide heeft elke miljoen m³ gewonnen grondwater uit de winning Gilzerbaan een verlagingseffect van **maximaal** 10 cm in het tweede watervoerende pakket en **maximaal** 4 cm in het eerste watervoerende pakket. Volgens deze getallen dempen de kleien van Waalre/Stramproy de verticale doorwerking van verlagingseffecten in het tweede watervoerende pakket met 60%. Onbekend is in hoeverre deze doorwerkingsfactor die berekend is voor een enkel punt representatief is voor de Regte Heide als geheel en hoe groot de onzekerheid is. Bij de tijdreeksanalyse zijn namelijk geen andere invloeden meegenomen, zodat een deel van de waargenomen stijghoogteverlagingen onterecht kan zijn toegekend aan de winning, terwijl ze ook een lokalere oorsprong kunnen hebben.

Indicatieve analytische berekeningen waarmee de waargenomen opbolling kon worden gereproduceerd, maar waarbij geen rekening is gehouden met toenemende infiltratie van oppervlaktewater, geven aan dat de opbolling met 60 cm daalt indien de wegzijging met 0,1 mm/d toeneemt. Wordt infiltrerend oppervlaktewater wel meegenomen, dan verandert de opbolling bij dezelfde toename van de wegzijging niet noemenswaardig (3 mm). Het verschil tussen deze modelresultaten geeft aan dat de mate waarin oppervlaktewater uit de beekdalen kan toenemen sterk bepalend is voor de mate waarin verlagingseffecten in het tweede watervoerende pakket zich zullen manifesteren in de freatische grondwaterstand. Met andere woorden, de mate waarin een stijghoogteverlaging in het tweede watervoerende pakket doorwerkt op de freatische grondwaterstand is niet alleen afhankelijk van de fysische eigenschappen van de kleien van Waalre/Stramproy, maar ook van de aanwezigheid van waterpartijen die voldoende grond- of oppervlaktewater ontvangen om het oppervlaktewaterpeil te kunnen blijven handhaven. Tevens is van belang welke variatie in eigenschappen de Waalre/Stramproy kleilaag heeft in een beekdal en onder de Regte Heide.

In het zuidelijk deel van de Regte Heide vertoont de grondwaterstand een zeer sterke opbolling tussen de beekdalen. Hieruit maken wij op dat de wegzijging naar het tweede watervoerende pakket geen dominante invloed heeft op de grondwaterstanden. Volgens indicatieve berekeningen kan de zeer sterke opbolling van de grondwaterstand niet meer verklaard worden met een reëel doorlaatvermogen indien de wegzijging groter is dan 30% van het gemiddelde neerslagoverschot van 300 mm/jaar). Dit betekent dat het overgrote deel van het neerslagoverschot tegoeed komt aan kwel in de beekdalen. In het noordelijk deel zijn deze relaties wat minder duidelijk, omdat de waterstanden hier verder uitzakken dan wat normaal is voor heidesystemen.

6.5 Instandhoudingsdoelen in relatie tot het regionale grondwatersysteem

Onderzoeksvragen:

- *In welke mate is de natuur van het Natura 2000-gebied Regte Heide en Riels Laag (instandhoudingsdoelstellingen) afhankelijk van het regionale grondwatersysteem?*
- *Werken de stijghoogten in het pakket onder de kleien van Kedichem-Tegelen zodanig door in het topsysteem, dat de instandhoudingsdoelen bij uitbreiding van de winning daardoor mogelijk worden belemmerd?*

Antwoord:

De wijze waarop verlagingseffecten in het tweede watervoerende pakket doorwerken naar de vochttoestand voor plantengemeenschappen is verschillend voor (1) het winterseizoen/vroege voorjaar, (2) na aanvang van het groeiseizoen, en (3) het einde van het groeiseizoen. De verlagingseffecten gedurende deze perioden wordt hieronder beschreven.

Tijdens het voorjaar staan grondwaterstanden vlak onder of op het maaiveld en staan grote gebieden onder water. Tevens vindt in het zuidelijk deel afvoer van water via ondiepe greppels plaats. Het grondwatersysteem is geheel gevuld, en weinig gevoelig voor verlagingseffecten, omdat (1) de bergingscoëfficiënt van geïnundeerde gebieden hoog is ten opzichte van niet-geïnundeerde gebieden (factor 10 verschil), en (2) een deel van een toenemende infiltratie ten koste zal gaan van de interne drainage en de afstroming naar de beekdalen. De voorjaarsgrondwaterstand is hierdoor nauwelijks gevoelig voor een toename van de infiltratie naar het tweede watervoerende pakket.

Na aanvang van het groeiseizoen, en bij uitblijvende neerslag, zakken grondwaterstanden buiten de schijnspiegelsystemen weg, zodat de vochtvoorziening van planten steeds meer afhankelijk wordt van capillaire opstijging of van hangwater in de bovenste decimeters van het bodemprofiel. Gezien het diep wegzakken van de grondwaterstanden in het noordelijk deel vermoeden wij dat de vochtvoorziening bij aanhoudende droogte (en het droogvallen van schijnspiegelsystemen) geheel afhankelijk wordt van het hangwater. In dit geval zal het versneld wegzakken van de grondwaterstanden onder invloed van een toenemende wegzijging leiden tot een toename van de verdamping uit het hangwater, zodat deze vochtvoorraad eerder uitgeput raakt. Daarmee kan de kritische grens voor de vochtbeschikbaarheid overschreden worden, met een verandering in soortensamenstelling als gevolg. Daardoor kan een toenemende wegzijging naar het tweede watervoerende pakket zonder mitigerende maatregelen leiden tot toenemende droogtestress en verandering in aanwezige vegetaties.

Aan het einde van het zomerseizoen zijn de grondwaterstanden in het zuiden tot ongeveer 1,4 meter en in het noorden tot wel meer dan 2 meter onder maaiveld weggezakt. Hierdoor wordt de vochttoestand voor plantengemeenschappen in de loop van het groeiseizoen steeds meer afhankelijk van het topsysteem, c.q. schijngrondwaterspiegels en het regenwater dat op het maaiveld of in de onverzadigde zone wordt vastgehouden. Zolang zomerse buien maar met enige regelmaat optreden, en een tijdelijk neerslagoverschot mogelijk maken, blijft de vochtvoorziening voldoende om de habitattypen in stand te kunnen houden, ook indien de infiltratie naar het tweede watervoerende pakket toe zou nemen. Is dit niet het geval, dan zal, op plaatsen die tijdelijk inunderen, de periode dat de vegetatie afhankelijk is van "hangwater" toenemen als gevolg van een toename van de infiltratie naar het tweede watervoerende pakket. Onbekend is in hoeverre dit zal leiden tot veranderingen in de vegetatiesamenstelling, omdat de vochteigenschappen van de bodem en de grondwaterstanddynamiek niet (goed) bekend zijn en van plaats tot plaats variëren. Daarom zijn uit voorzorg vernattingsmaatregelen noodzakelijk om het perspectief op realisatie van N2000 opgaven te behouden.

7 Conclusies en advies

In de Regte Heide is een permanente waterbult aanwezig, die in het voorjaar zo'n 4 à 5 m en in de zomer nog 3 à 4 m boven de omliggende beekdalen opbolt. Deze opvallend grote opbolling wordt veroorzaakt door de hydrogeologie van het gebied. De slecht gesorteerde zandlagen hebben een geringe doorlaatbaarheid, en er komen klei-, -leem- en gliedelagen in voor. En de onderliggende kleilagen van Waalre/Stramproy hebben een hoge weerstand tegen wegzijging. Bij wegzakken van de subregionale grondwaterstand blijven op plekken met een ondiepe leem- of kleilaag schijnspiegels met hogere standen achter. Door de grote opbolling en het nat blijven van schijnspiegelsystemen komen tot hoog op de heide natte en vochtige standplaatsen voor. Deze bieden plaats aan de vochtafhankelijke habitattypen H3130 Zwakgebufferde vennen, H3160 Zure vennen, H7150 Pioniervegetaties met snavelbiezen en H 4010A Vochtige heiden. Tegen de westrand van de Regte Heide ligt het Riels Laag. De hier aanwezige gegraven laagten worden gevoed door beekwater en door kwelwater vanuit de permanente waterbult. Hier is H3130 Zwakgebufferde vennen ontstaan.

In het Natura2000 beheerplan is een pakket vernattingsmaatregelen opgenomen dat volgens berekeningen voldoende effect zal hebben om het gebied voldoende nat te krijgen voor realisatie van de instandhoudingsdoelen, ook als de winning Gilzerbaan zou uitbreiden tot vergunningscapaciteit. Nog niet alle maatregelen zijn uitgevoerd en de vraag doet zich daarom voor of de effecten van uitbreiding van de winning niet groter zijn, dan die van de reeds gerealiseerde maatregelen, met mogelijk negatieve effecten op instandhoudingsdoelen tot gevolg. Uit het voorliggend onderzoek trekken wij de volgende conclusies hierover.

Op basis van de bestaande kennis en inzichten lijkt een opzichzelfstaande uitbreiding van de winning Gilzerbaan effect te kunnen hebben op de standplaatscondities ter plaatse van habitattypen waarvoor een instandhoudingsdoel geldt. Belangrijkste kennisleemte is het tekort aan inzicht in de mate waarin de beschikbaarheid van hangwater in het noorden van de Regte Heide bij aanvang van het groeiseizoen van voldoende omvang is om tijdens langere aaneengesloten droge zomerperioden de vochtvoorziening voldoende te laten blijven voor het behoud van de kenmerkende soortensamenstelling. Om effecten te voorkomen zijn vernattingsmaatregelen nodig, zoals in het Natura 2000 beheerplan al aangegeven. Deze zijn vooral gericht op het voorkomen van de grondwaterstands daling tijdens het groeiseizoen. Om het voor de instandhoudingsdoelen benodigde netto positief resultaat te behalen dient het vernattingseffect van mitigerende maatregelen groter te zijn dan het verlagingseffect van de uitbreiding van de winning op de (tweede) freatische grondwaterstand.

Een deel van deze vernattings maatregelen is gerealiseerd (herinrichting Oude Lei, verdampingsreductie door intensiveren vegetatiebeheer, interne sloten afdammen) en heeft, in ieder geval op de westelijke flank van de Regte Heide, reeds geleid tot een stijging van de grondwaterstand van ongeveer 15 cm. Deze vernattingstrend wordt bevestigd door vegetatieveranderingen. Volgens tijdreeksanalyse bieden deze maatregelen een ontwikkelruimte die qua omvang equivalent is aan een maximale stijghoogtedaling in het tweede watervoerende pakket van 30 cm. Gezien de onzekerheid in de relatie tussen grondwaterstand, stijghoogte en winning is monitoring nodig om eventueel bij te kunnen sturen

Om negatieve effecten op de instandhoudingsdoelen te voorkomen wordt aanbevolen om de winning stapsgewijs tot dit niveau op te voeren en ondertussen de effecten op stijghoogten,

grondwaterstanden, afvoeren en vegetatie te monitoren. Om voldoende vernatting te blijven realiseren bij verdere opvulling van de winningscapaciteit is verdere uitvoering van het maatregelpakket uit het Natura 2000 beheerplan nodig. Daarnaast zijn er mogelijkheden zoals intensivering van het vegetatiebeheer, opstuwen van beekpeilen, dempen van greppels en sloten en creëren van waterpartijen die door aanvoer van oppervlaktewater op peil worden gehouden. Een andere kansrijke maatregel is het aanvoeren van oppervlaktewater naar het gebied tussen de Regte Heide en de winning Gilzerbaan, zodat de grondwateraanvulling wordt verhoogd door infiltratie van oppervlaktewaterinfiltratie. Omdat de effectiviteit van deze maatregelen niet op voorhand bekend is, adviseren wij om deze maatregelen eerst te realiseren en de effecten te monitoren voordat de volledige vergunningsruimte wordt benut.

Uitdaging bij de effectmonitoring is dat effecten sterk vertraagd doorwerken in het freatisch systeem en de vochtuithouding van de toplaag. Vooral de effecten van een uitbreiding van de winning zijn pas op de langere termijn waarneembaar. Hierdoor is het lastig vast te stellen op welke termijn een nieuw evenwicht is ingesteld en wat de gevolgen zijn voor de vochttoestand terplekke van habitattypen. Bovendien bestaat in het noordelijk deel van de Regte Heide een tekort aan inzicht in de mate waarin de beschikbaarheid van hangwater gedurende het groeiseizoen van voldoende omvang is om het vochttekort voor de aanwezige vegetaties tijdens langere aaneengesloten droge perioden binnen de tolerantiegrenzen voor droogtestress te houden. Daarom adviseren wij intensieve monitoring van grondwaterstanden, stijghoogten, oppervlaktewaterstanden, afvoer, bodemvocht en vegetatie.

8 Literatuur

- Aggenbach, C.J.S., Jalink, M.H., Jansen, A.J.M., 1998: Indicatorsoorten 5: Vennen. Boek, uitgave Staatsbosbeheer i.s.m. VEWIN, IKC-Natuurbeheer en Kiwa. Driebergen
- Biologisch Adviesbureau Cools, 2012: Onderzoek naar dagvlinders, libellen, sprinkhanen, krekels, reptielen en vaatplanten in het natuurgebied Regte Heide en Riels Laag nabij Riel en Goirle. Rapport. Tilburg
- Beers, P.W.M. van, 1997, Inventarisatie van de Noord-Brabantse vennen 1994 (incl bijlagen), Provincie Brabant, 's Hertogenbosch
- Broers, H.P, en De Weert, J., 2015. Datering voor waterwinning: edelgassen en isotopen in het ruwwater van Brabant Water. Vaststellen van de leeftijdsopbouw van het onttrokken water en de herkomst van methaan. Deltares rapport BGS-14225-0001.
- Broks Adviezen, 1989. Geohydrologisch onderzoek Gilzerbaan.
- De Glopper, A.H.F. 2012: Monitoringsplan waterkwaliteit en ecologie Regte Heide, Riels Laag, Ooievaarsnest en De Hoevens gelegen langs de Oude Leij. Monitoringsplan Royal Haskoning. i.o.v. Waterschap Brabantse Delta
- Dorland, E., D.G. Cirkel en J.P.M. Witte (2015) Verband tussen stijghoogte en grondwaterstand in schijnspiegelsystemen. KWR Watercycle Research Institute 32.
- De Bruijn, J.H., 1981: Vennen in Noord-Brabant. Bura boeken, Eindhoven
- De Koning, P.R., 2009: Hydrologisch onderzoek Regte Heide in het kader van Natura 2000. Royal Haskoning. i.o.v. Provincie Noord-Brabant
- Jalink**, Mark, 2016: Vegetatie gradiënten Regte Heide en Riels Laag. Beschrijving veldgegevens. Rapport KWR2016.027, KWR watercycle research institute, Nieuwegein
- Jalink**, M.H., Aggenbach, C.J.S., Beek, van, C.G.E.M., Jansen, A.J.M., Schrama, E.J., Senden, W.J.M.K., 2001: Hydro-ecologische systeemtypen in Noord-Brabant. Kiwa-rapport BTO-2000.102(c), Nieuwegein
- Jalink, M.H., Jansen, A.J.M., 1995: Indicatorsoorten 2: Beekdalen. Boek, uitgave Staatsbosbeheer i.s.m. VEWIN, IKC-Natuurbeheer en Kiwa. Driebergen
- Jansen, J., 200: Regte Heide (excursieverslag). PKN Excursieverslagen 2009.
- Liernur, A. 1937: Een stukje Nederlandse Kempen. De Levende Natuur 41 (9) p.279-280
- Noord-Brabants Landschap, 1996, Natuur in Noord-Brabant – Twee eeuwen plant en dier, Stichting het Noordbrabants Landschap, Haaren

Noord-Brabants Landschap, 1999: Inrichtings- en beheervisie voor het Riels Laag. Stichting het Noordbrabants Landschap, Haaren

Provincie Noord-Brabant, 2013: Beheerplan Natura 2000 Regte Heide en Riels Laag. Concept 27 september 2013

Provincie Noord-Brabant, 2015: PAS-analyse Herstelstrategieën voor Regte Heide & Riels Laag. Provincie Noord-Brabant Definitieve versie 06-01-2015

Provincie Noord-Brabant, z.j.: Van beekdal tot stuifduin. Aardkundige waarden in Noord-Brabant. Boek, uitgave provincie Noord-Brabant (zie p.87: De Regte Heide, massief met grafheuvels tussen beekdalen)

RGD, : Geomorfologische kaart

Runhaar, J., Jalink, M.H., H. Hunneman en J.P.M. Witte (KWR), S.M. Hennekens (Alterra)2009: Ecologische Vereisten Habitattypen. Rapport KWR 09.018 en Acces-Database, website ministerie van LNV.

Sierdsema, H., J. Vogels, R. Bobbink, L. van den Bremer, 2013: Advies beheer Regte Heide. SOVON-rapport 2013/33

STIBOKA, 1984: Bodemkaart van Nederland Schaal 1:50.000. Kaartblad 50 Oost, Tilburg. Wageningen

Stuurman, R.J., J.L. van der Meij, G.B. Engelen, A. Biesheuvel en F.J. van Zadelhoff, 1990: De hydrologische systeemanalyse van westelijk Noord-Brabant en omgeving. TNO-rapport

Stuurman, R.J., Beusekom, G. van, Reckman, J., 2000: Watersystemen in Beeld. Een beschrijving en kaarten van de grond- en oppervlaktewatersystemen van Noord-Brabant. NITG-rapport 00-10-A., Delft

Tack, A. en M.H. **Jalink**, 2004: Ecohydrologische systeemverkenning Regte Heide, Oude en Poppelsche Leij; Basisverkenningen Noord-Brabantse natuur nr. 11. KWR 04.001(-11). Kiwa, Nieuwegein

Van Baar, M., 2010: Systeemanalyse grondwaterwinning Tilburg. Artesia i.o.v. Brabant Water

Van Iersel, P. en P. Mols, 1969. Regte Heide, vegetatiekaart. Archief J. van der Linden, Provincie Noord-Brabant

Vermulst, 2014: Hydrologisch onderzoek golfbaan Regte Heide. Rapport RHK-DHV

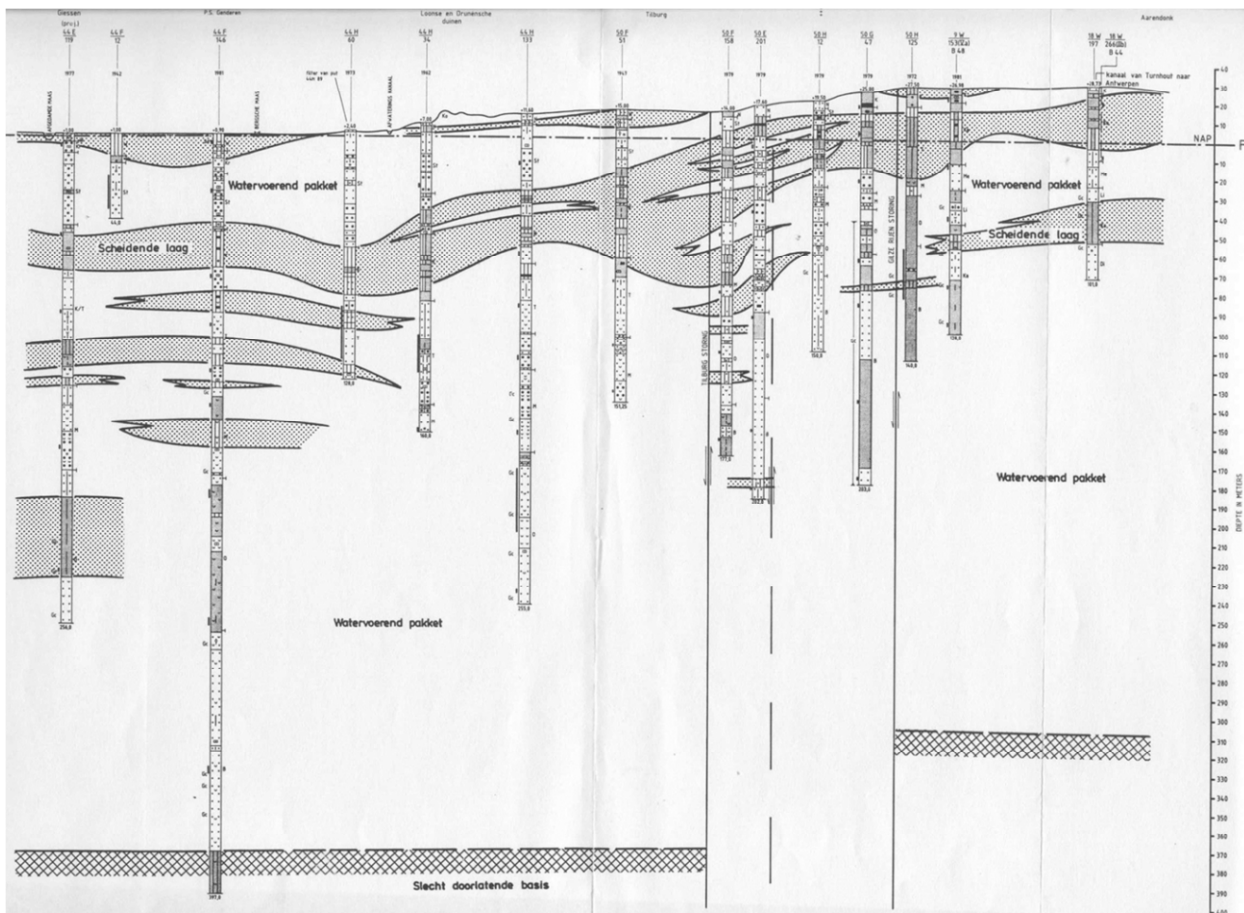
Von Asmuth, J.R., 2012. Groundwater system Identification through time series analysis. Proefschrift TUD.

Wartena, JGR (1955). Excursie-rapport van het object Rechte Heide. LNV-archief, Stichting Brabants Landschap. 15 en 16 december 1955.

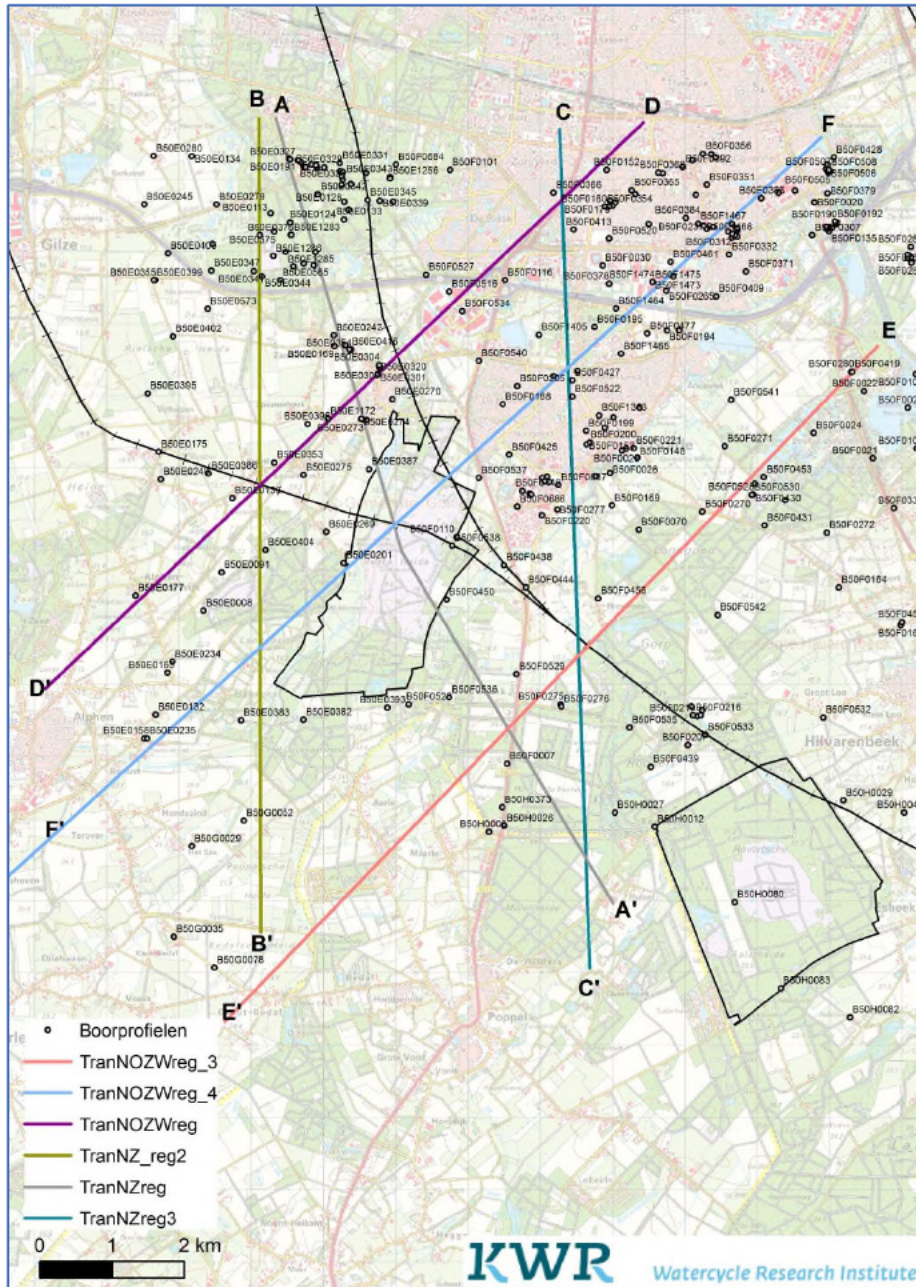
Witte, J.P.M., Zaadnoordijk, W.J., Cirkel, D.G., Leunk, I. en Aart, H.F.M., 2015. Grondwateraanvulling en achtergrondverlaging in de provincie Noord-Brabant. KWR, Nieuwegein, rapport BTO 2015.055.

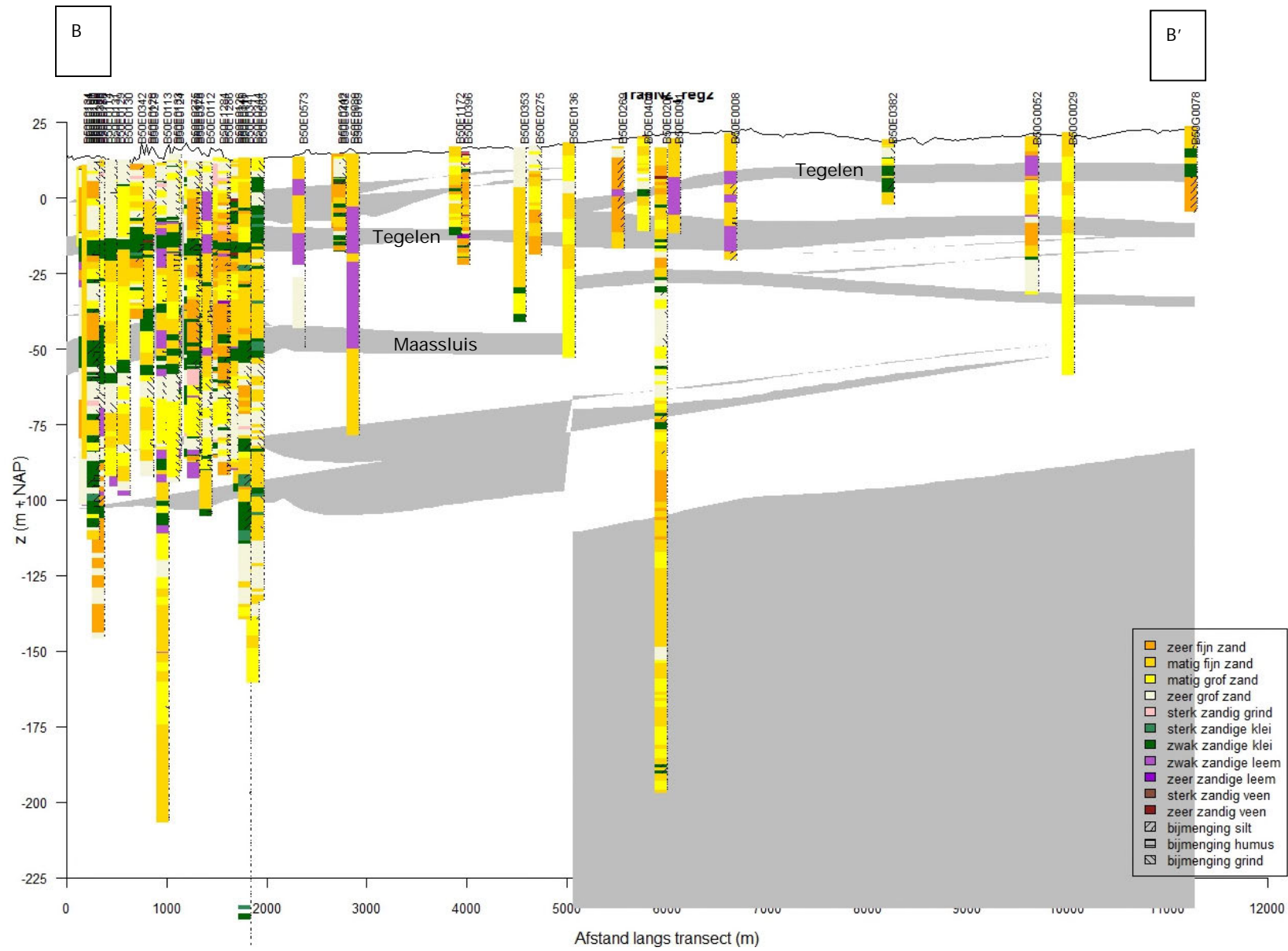
Witteveen en Bos, 2011: Gebiedsdossier drinkwaterwinning Gilzerbaan Tilburg

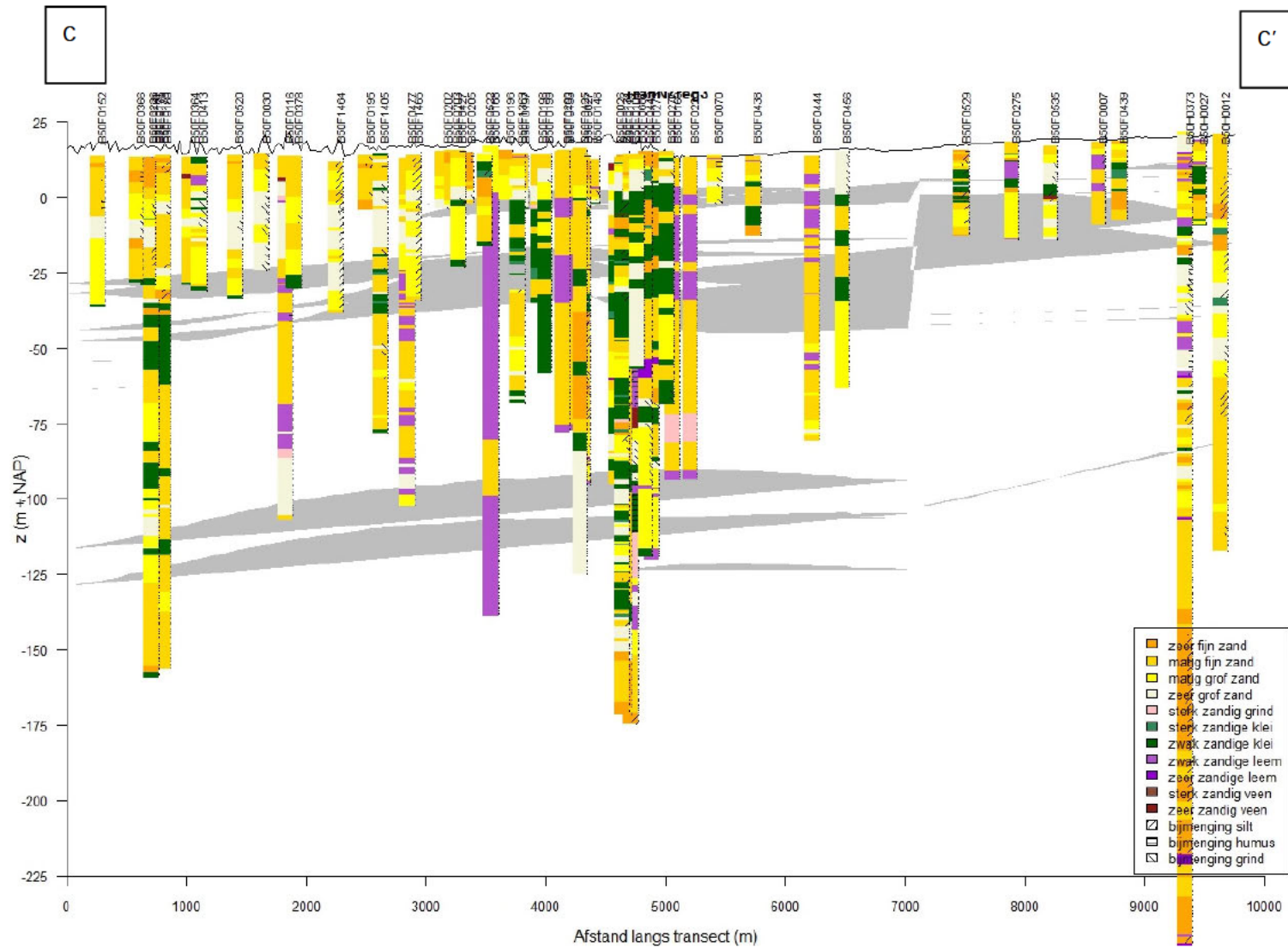
Bijlage I Geohydrologische schematisatie van de Regte Heide en omgeving

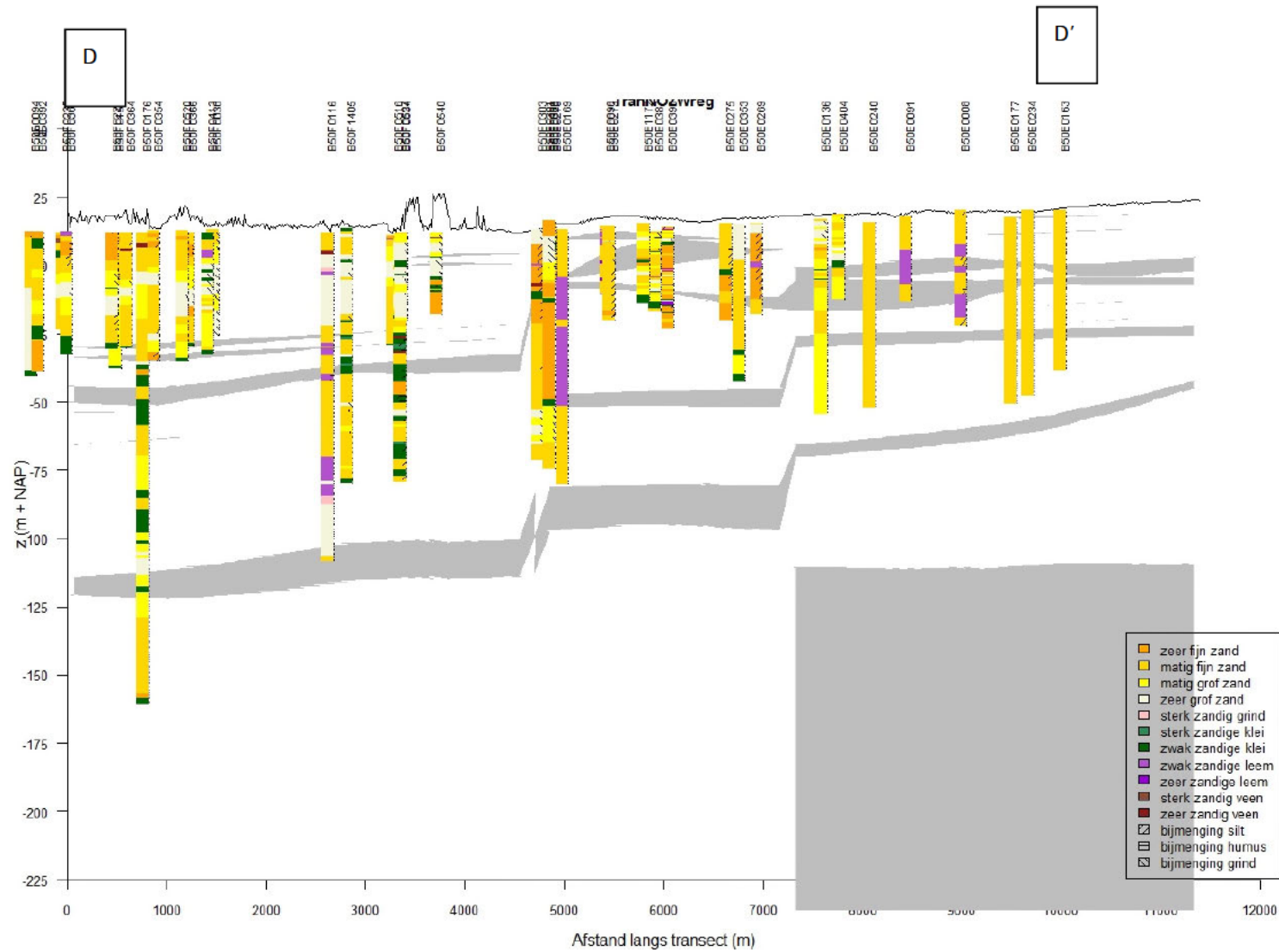


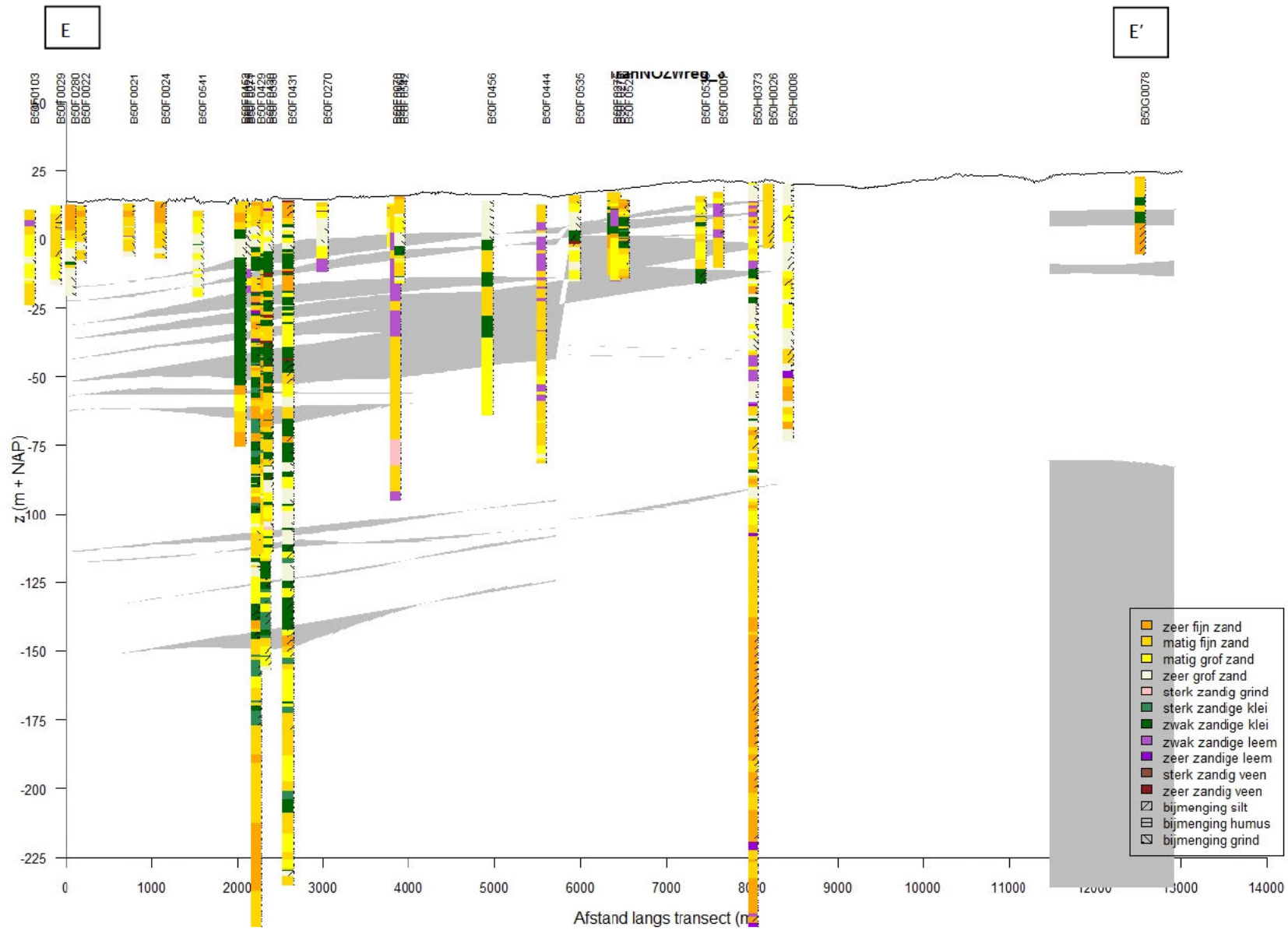
Bijlage II Regionale dwarsdoorsnedes van de ondergrond

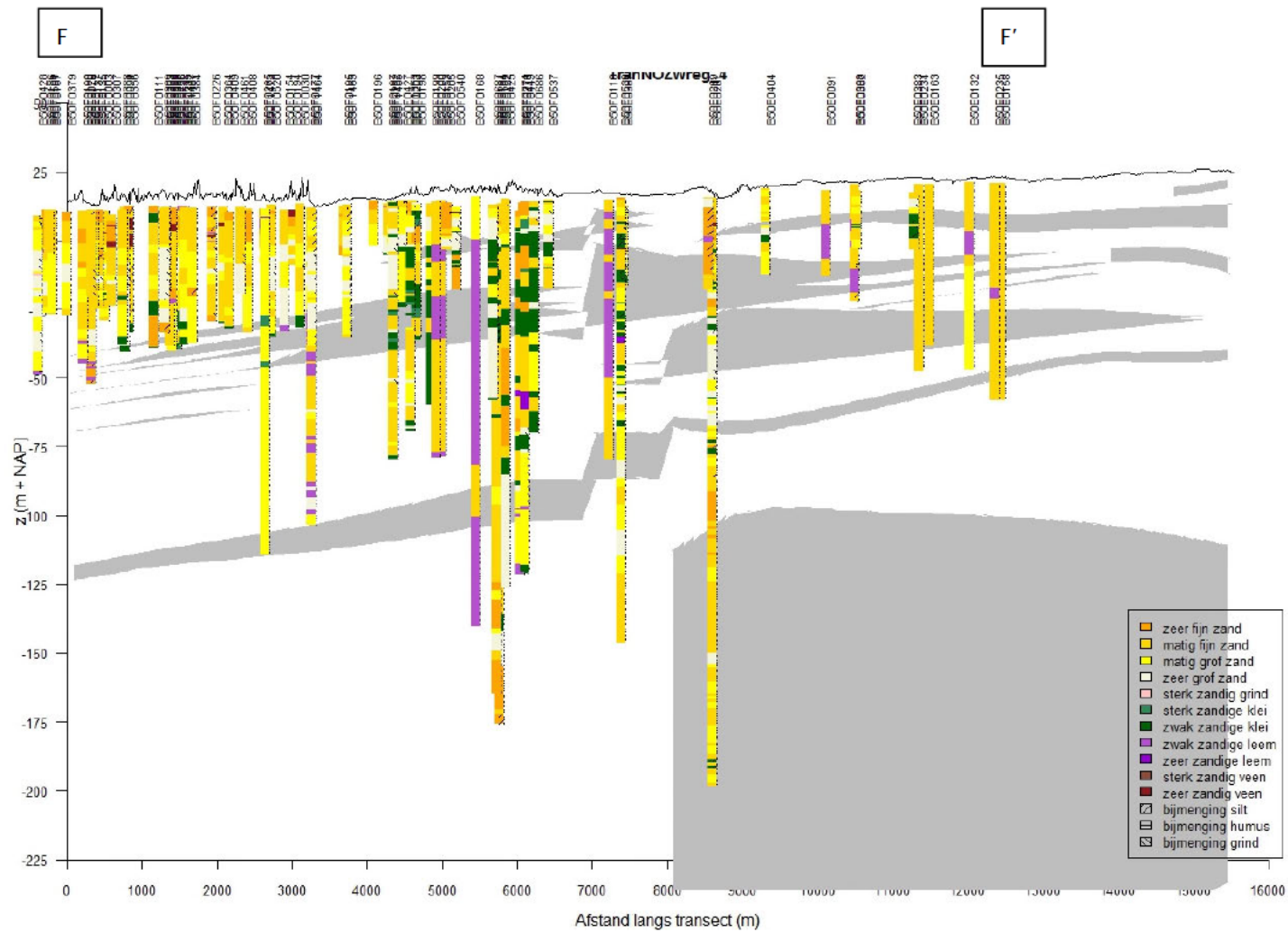










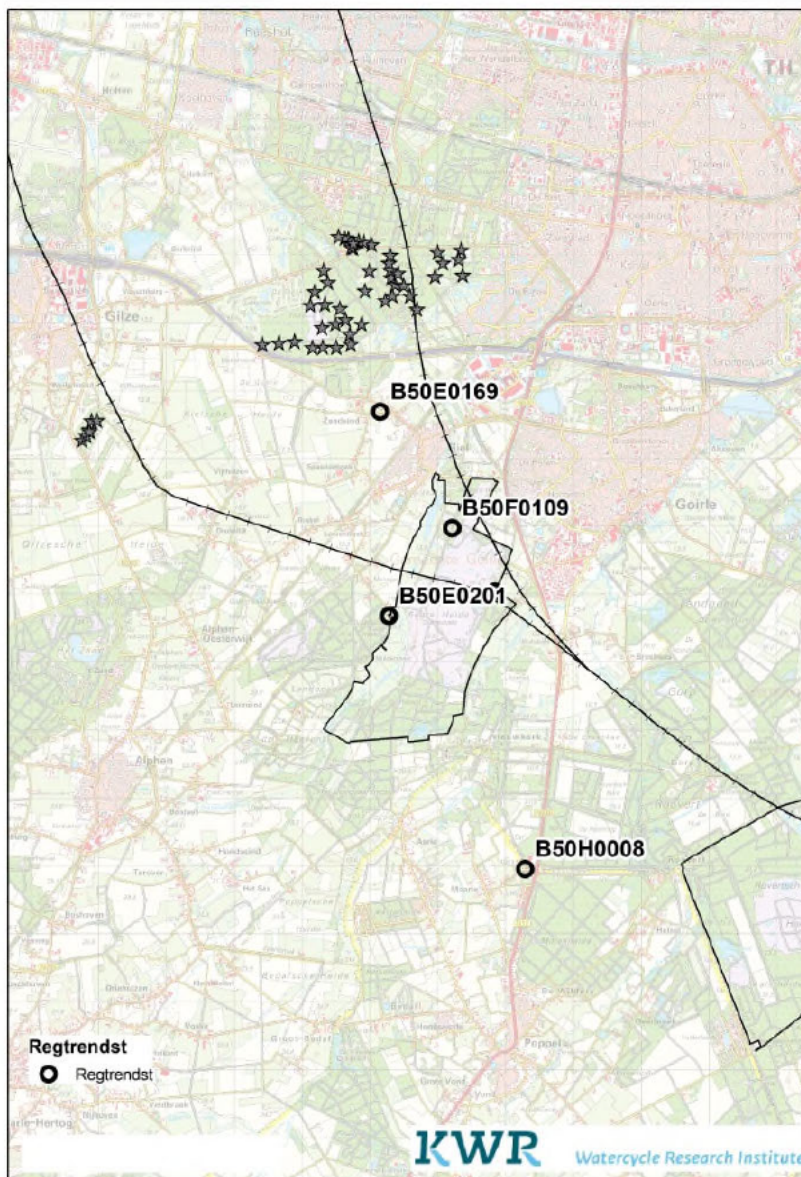


Bijlage III Trends in relatie tot grondwaterwinning

Inleiding

Het verlagingseffect van de winning Gilzerbaan op de stijghoogte in het tweede en eerste watervoerende pakket is voor een aantal langjarige reeksen (Figuur 8-1 en Tabel 7) onderzocht met behulp van tijdreeksanalyse met het computerprogramma Menyanthes (Von Asmuth, 2012). Bij tijdreeksanalyse wordt de bijdrage van verschillende invloeden op veranderingen in de grondwaterstand op basis van verklarende reeksen ontrafeld. Hier zijn reeksen voor neerslag, verdamping en grondwateronttrekking als verklarende reeksen gebruikt. Hoewel al sinds het einde van de 19^e eeuw grondwater onttrokken wordt, zijn alleen gegevens sinds 1977 beschikbaar (zie Figuur 8-2). Indien de modelresiduen daar aanleiding toe gaven, is tevens een alternatief tijdreeksmodel gemaakt waarbij een stap of lineaire trend als verklarende reeks is toegevoegd.

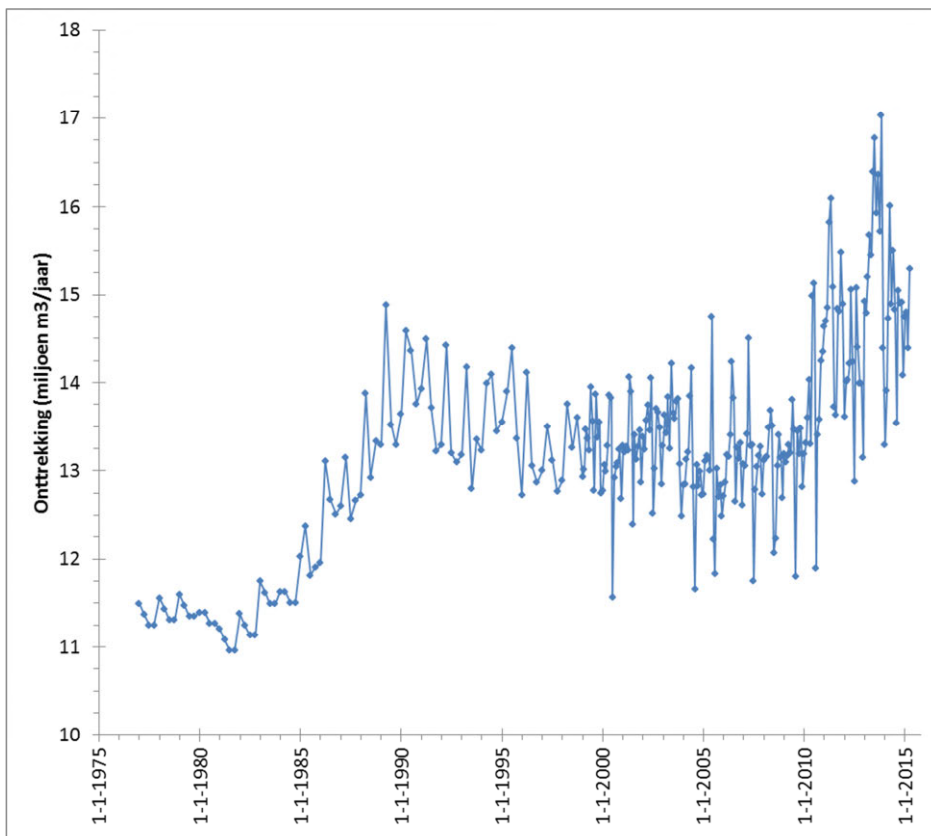
De ontwikkeling van de winning heeft gelijktijdig plaatsgevonden met andere ontwikkelingen, zoals de toegenomen agrarische productie (Witte et al., 2015), het dichtgroeien van natuurgebieden, verstedelijking (Witte et al., 2015) of toegenomen drooglegging door ruilverkavelingen en verbeterde ontwatering. Omdat voor deze ontwikkelingen geen tijdreeksen beschikbaar zijn, is niet voor deze invloeden gecorrigeerd. Hierdoor is een deel van de stijghoogtedaling die wel correleert met de ontwikkeling van de winning, maar daar niet het gevolg van is, toch aan de winning toegekend. De hier gepresenteerde verlagingseffecten door grondwaterwinning gelden dus als de bovengrens.



FIGUUR 8-1: PEILBUISLOCATIES WAARVOOR DE RESULTATEN VAN TIJDREEKSANALYSE WORDEN GEPRESENTEERD (ZIE TABEL 1).

Tabel 7: Locatie van de peilbuisfilters waarvoor het verlagingseffect van de drinkwaterwinning Gilzerbaan met tijdreeksanalyse is afgeleid uit de waargenomen trends in tijdstijghoogtereeksen

Peilbuis	Filter	Locatie	Watervoerendpakket
B50E0201	1	Ten westen van Regte Heide	2
B50F0109	1	Westelijke flank van Regte Heide	1
B50F0110	2	Oostelijke flank Regte Heide	2
B50F0110	1	Oostelijke flank Regte Heide	1



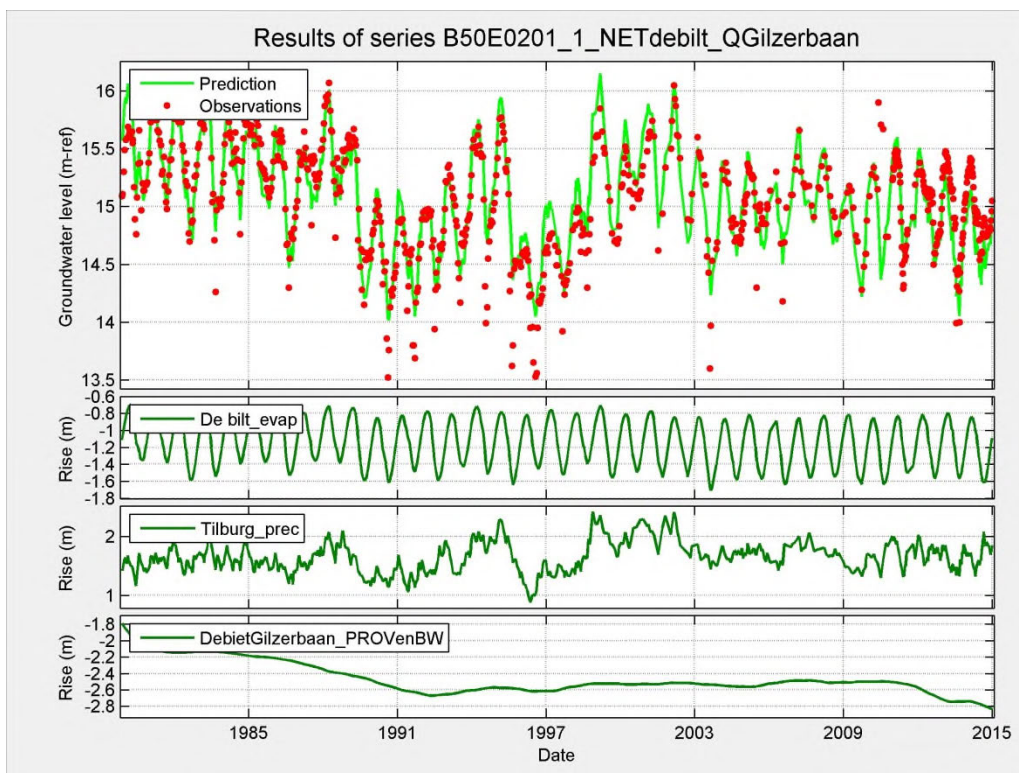
FIGUUR 8-2: GRONDWATERONTTREKKING TEN BEHOEVE VAN DRINKWATERPRODUCTIE VOOR DE PRODUCTIELOCATIES TE TILBURG (GILZERBAAN). DE TIJDREEKS IS SAMENGESTELD OP BASIS VAN MAANDGEGEVENS VAN BRABANT WATER OVER DE PERIODE 2000-2014 EN KWARTAAL GEGEVENS VAN DE PROVINCIE NOORD BRABANT VOOR DE PERIODE 1977-1999. SINDE DE JAREN 1970 IS HET PRODUCTIEVOLUME GESTEGEN VAN 11,5 MILJOEN M³/JAAR NAAR 14,5 MILJOEN M³/JAAR, HET HUIDIGE PRODUCTIEVOLUME. GEDURENDE DE JAREN 1980 VOND DE SNELSTE UITBREIDING PLAATS.

Verlagingseffecten in tweede watervoerende pakket

B50E0201_1

Volgens tijdreeksanalyse heeft de ontwikkeling van de winning Gilzerbaan sinds 1977 geleid tot 2,8 m daling van de stijghoogte in het tweede watervoerende pakket ter plaatse van peilbuis B50E0201 (Figuur 8-3). Gelijktijdig met de ontwikkeling van de winning daalde de stijghoogte gedurende de jaren 1980 met 2,6 meter, daarna steeg hij tot 2010 met 0,15 m en sinds 2010 is wederom een daling ingezet. De uiteindelijke daling van de stijghoogte bij een constant onttrekkingsvolume bedraagt 0,16 m per miljoen m³ onttrokken grondwater per jaar.

Vooraf gedurende de jaren 1990 berekent het tijdreeksmodel te hoge grondwaterstanden tijdens het zomerseizoen. De verschillen tussen berekend en gemeten lopen op tot wel 80 cm. Dit geeft aan dat in het tijdreeksmodel invloeden ontbreken die bepalend zijn voor de laagste grondwaterstanden. Agrarische onttrekkingen kunnen zo'n invloed zijn. Het effect van dergelijke invloeden wordt met de hier gehanteerde aanpak ook toegekend aan de grondwaterwinning.



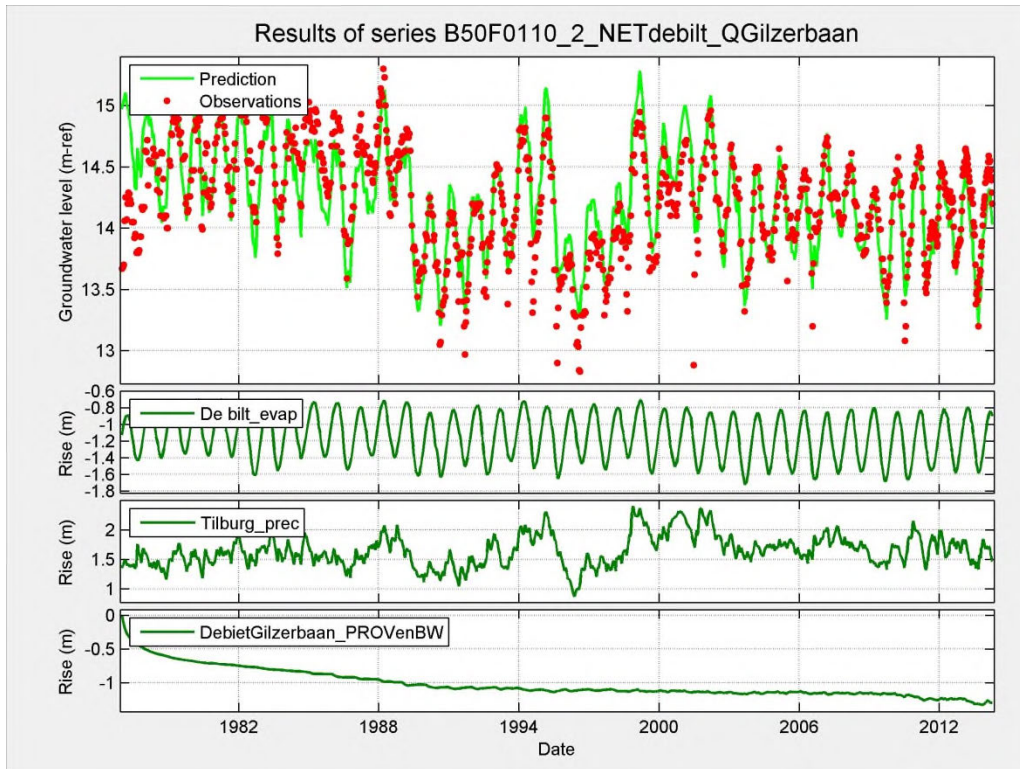
FIGUUR 8-3: ONTRAFELING VAN DE INVLOED VAN NEERSLAG, VERDAMPING EN DE ONTTREKING GILZERBAAN OP DE STIJGHOOGTE IN HET TWEEDE WATERVOERENDE PAKKET TER PLAATSE VAN PEILBUIJS B50F0110. DE VERKLAARDE VARIANTIE VAN HET TIJDREEKSMODEL BEDRAAGT 81% EN DE INVLOED VAN DE WINNING IS SIGNIFICANT. OOK AAN DE OVERIGE CRITERIA VOOR BETROUWBAARHEID WORDT VOLDAAN.

B50F0110_2

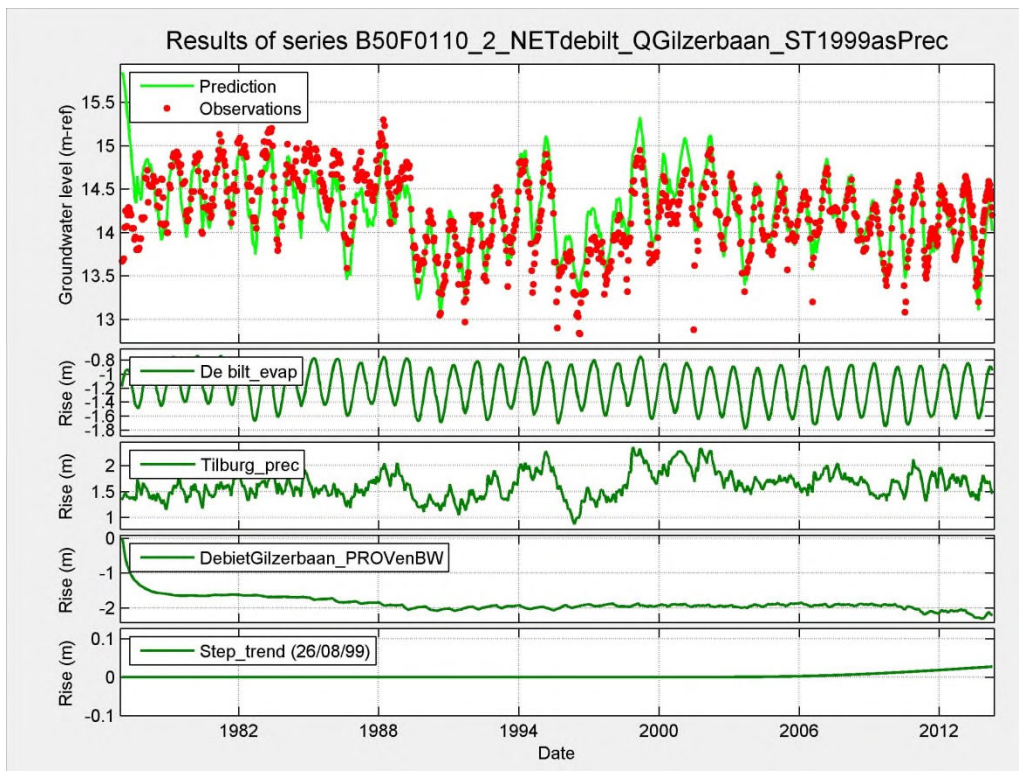
Volgens tijdreeksanalyse heeft de ontwikkeling van de winning Gilzerbaan sinds 1977 geleid tot 1,45 m daling van de stijghoogte in het tweede watervoerende pakket ter plaatse van peilbuis B50E0201 (figuur 8-3). Door de vertraagde reactie van de stijghoogte op variaties in het onttrekkingsvolume is de ontwikkeling van de winning niet direct zichtbaar in het verloop van het verlagingseffect: de daling is het snelst in de jaren 1970 en neemt geleidelijk af om in de periode 2006-2010 nagenoeg constant te zijn. Sinds 2010 is weer een daling ingezet als gevolg van een toenemend productievolume. Volgens het tijdreeksmodel zal de stijghoogte bij gelijkblijvende onttrekking nog enkele centimeters verder dalen (tot 1,45 m daling sinds 1977). De uiteindelijke daling van de stijghoogte bij een constant onttrekkingsvolume bedraagt 0,1 m per miljoen m³ onttrokken grondwater per jaar.

Het tijdreeksmodel waarbij naast de winning Gilzerbaan tevens een staptrend in de neerslag sinds 1999 als verklarende reeks is gebruikt levert enigszins andere resultaten (Figuur 8-4). De aanwezigheid van een trendmatig verloop is afgeleid uit de modelresiduen en kan gerelateerd zijn aan een afnemende verdamping door intensivering van het vegetatiebeheer (zie paragraaf 4.4.3). Deze aanpak geeft aanwijzingen voor een lichte stijging van de stijghoogte in het tweede watervoerende pakket. Dit trendmatig verloop is ingezet vanaf 2006 en is anno 2014 nog niet uitgewerkt (de trend zet zich nog voort). Dit zou betekenen dat een positieve trend een deel van de negatieve trend die samenhangt met de winning compenseert. Hierdoor is de bijdrage van de winning groter dan indien zonder trend wordt gerekend.

Gezien de verklaarde variantie van 73% presteert het tijdreeksmodel redelijk goed. Vooral gedurende de jaren 1990 berekend het tijdreeksmodel te hoge grondwaterstanden tijdens het zomerseizoen. De verschillen tussen berekend en gemeten lopen op tot meer dan 100 cm. Dit geeft aan dat in het tijdreeksmodel invloeden ontbreken die bepalend zijn voor de laagste grondwaterstanden. Agrarische of industriële onttrekkingen kunnen zo'n invloed zijn. Op basis van de beschikbare onttrekkingsreeksen op kwartaalbasis kon een correlatie tussen lage stijghoogten en industriële onttrekkingen niet worden bevestigd. Het effect van dergelijke invloeden wordt met de hier gehanteerde aanpak voor een deel ook toegekend aan de grondwaterwinning.



FIGUUR 8-4: ONTRAFELING VAN DE INVLOED VAN NEERSLAG, VERDAMPING EN DE ONTTREKKING GILZERBAAN OP DE STIJGHOOGTE IN HET TWEDE WATERVOERENDE PAKKET TER PLAATSE VAN PEILBUIS B50F0110. DE VERKLAARDE VARIANTIE VAN HET TIJDREEKSMODEL BEDRAAGT 73% EN DE INVLOED VAN DE WINNING IS SIGNIFICANT. OOK AAN DE OVERIGE CRITERIA VOOR BETROUWBAARHEID WORDT VOLDAAN.

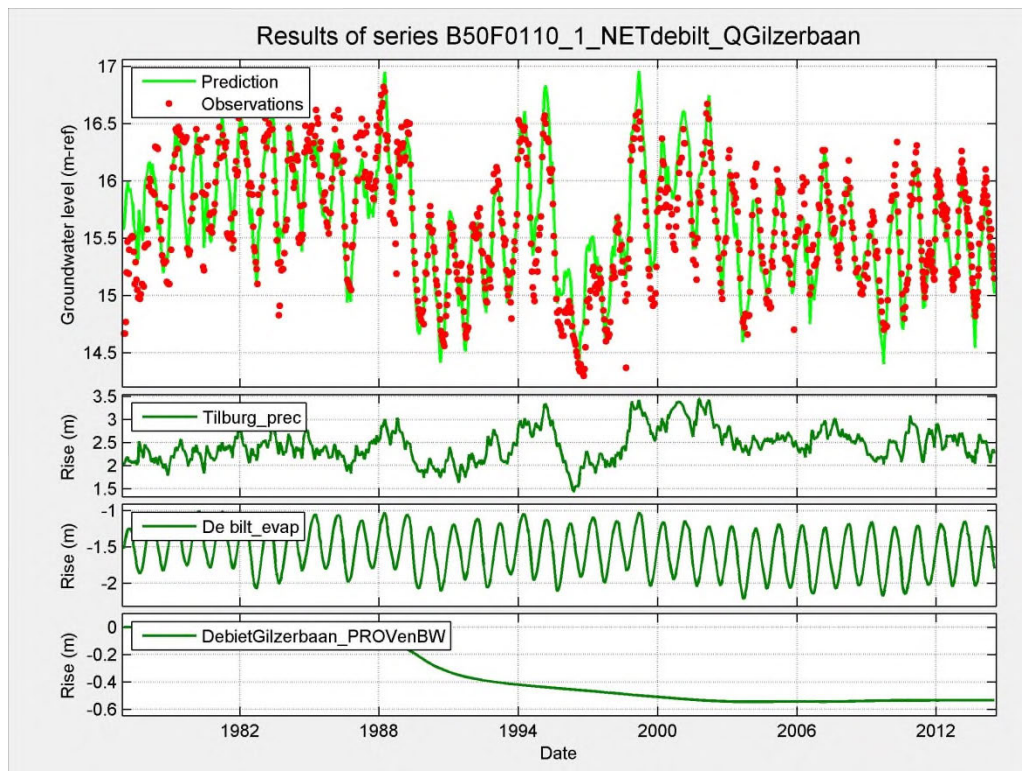


FIGUUR 8-5: ONTRAFELING VAN DE INVLOED VAN NEERSLAG, VERDAMPING, DE ONTTREKING GILZERBAAN EN EEN TRENDMATIG VERLOOP IN DE NEERSLAG OP DE STIJGHOOGTE IN HET TWEEDE WATERVOERENDE PAKKET TER PLAATSE VAN PEILBUIJS B50F0110.

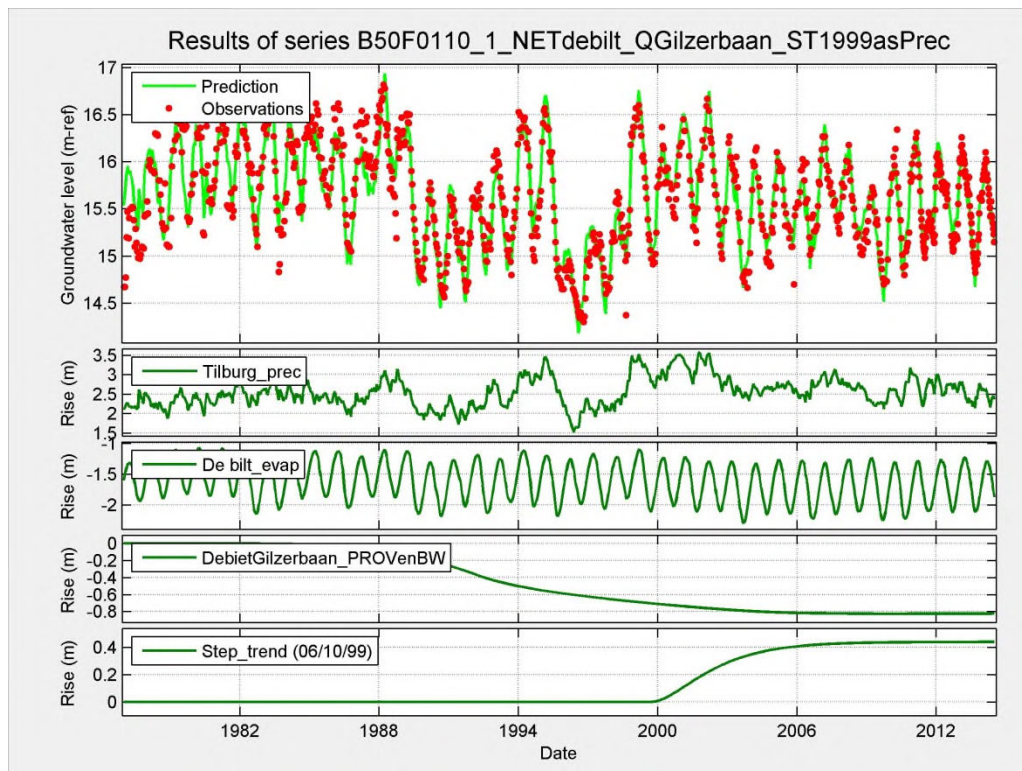
Effecten in eerste watervoerende pakket

Volgens tijdreeksanalyse heeft de ontwikkeling van de winning Gilzerbaan sinds 1977 geleid tot 0,6 m daling van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket ter plaatse van peilbuis B20F0110 (Figuur 8-6). Dit is equivalent aan een daling van de stijghoogte met 0,04 m per miljoen m³ gewonnen grondwater. De stijghoogte reageert sterk vertraagd op veranderingen in de winhoeveelheid doordat de afstand tot de winning groot is en de hoge weerstand van de kleilagen die het eerste en tweede watervoerende pakket van elkaar scheiden (Formatie van Waalre en Stramproy). Door deze trage reactie manifesteert de toename van het productievolume sinds 2010 zich nog niet in de tijdreeks.

Het berekende verlagings-effect van de winning bedraagt 0,06 m per miljoen m³ gewonnen grondwater per jaar, indien naast de invloed van de winning Gilzerbaan ook een trendmatig verloop in de neerslag sinds 2000 aan het tijdreeksmodel wordt toegevoegd (Figuur 8-6). Deze toename ten opzichte van de berekening zonder trend is het gevolg van maskering van het verlagings-effect door de winning door ingrepen die hebben geleid tot een stijging van de stijghoogte (bv vegetatiebeheer of vernatting van het beekdal van de Oude Lei). De trendmatige stijging bedraagt volgens dit model 40 cm.



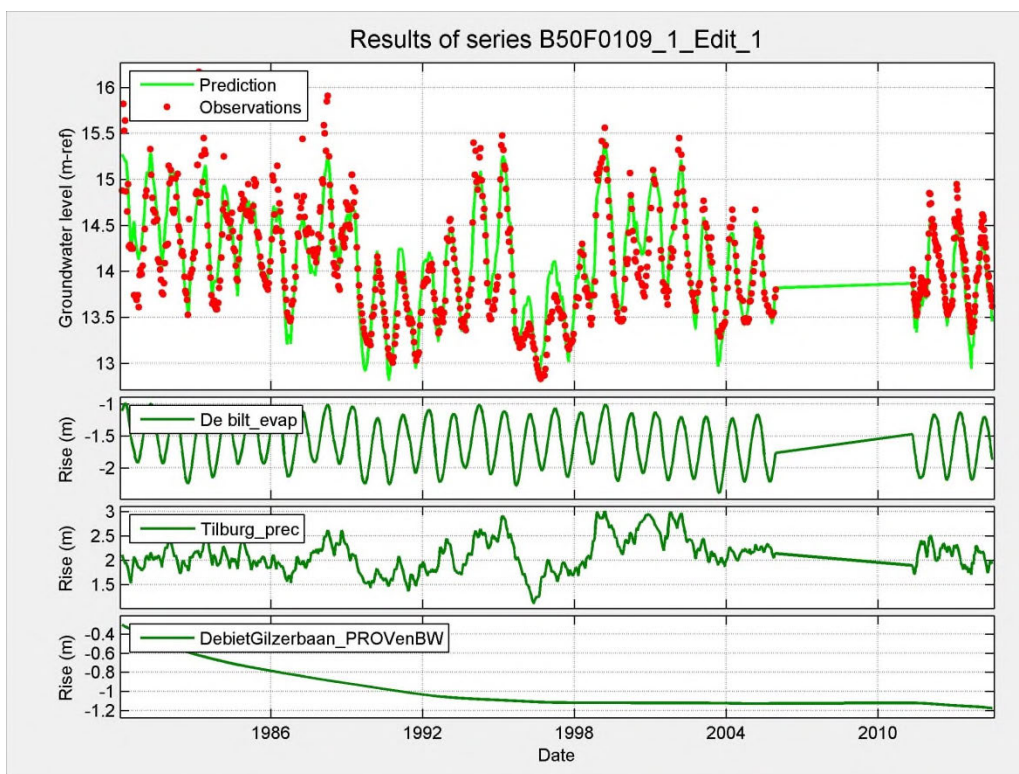
FIGUUR 8-6: ONTRAFELING VAN DE INVLOED VAN NEERSLAG, VERDAMPING EN DE ONTTREKKING GILZERBAAN OP DE STIJGHOOGTE IN HET EERSTE WATERVOERENDE PAKKET TER PLAATSE VAN PEILBUIS B50F0110. DE VERKLAARDE VARIANTIE VAN HET TIJDREEKSMODEL BEDRAAGT 82% EN DE INVLOED VAN DE WINNING IS SIGNIFICANT. OOK AAN DE OVERIGE CRITERIA VOOR BETROUWBAARHEID WORDT VOLDAAN.



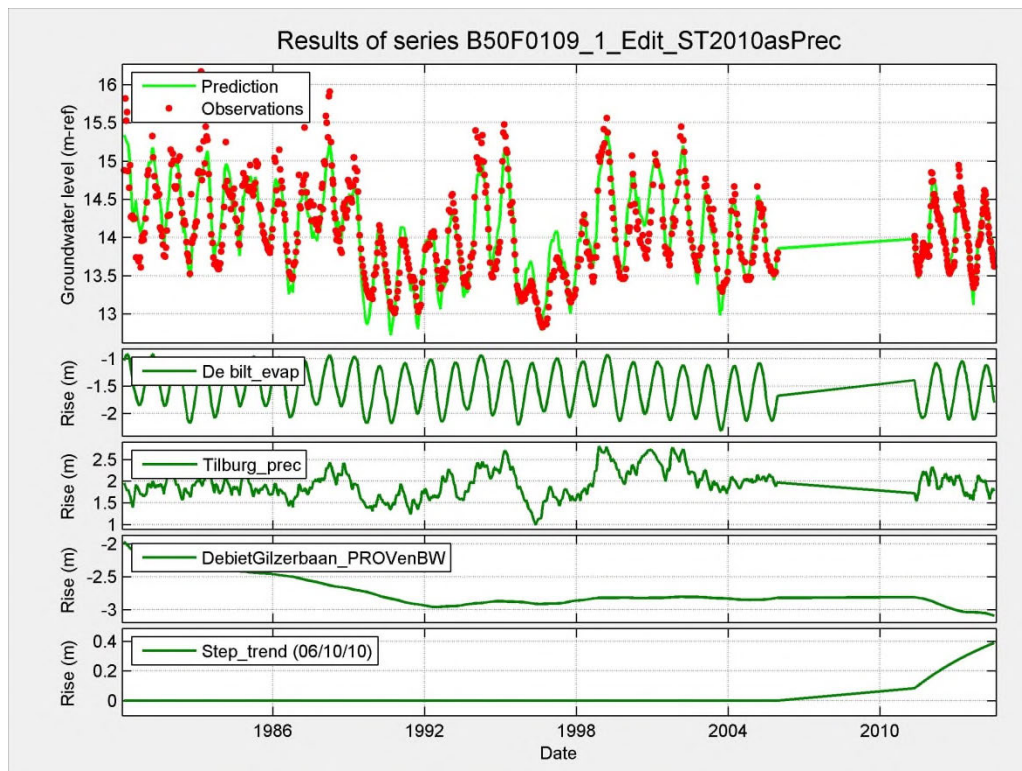
FIGUUR 8-7: ONTRAFELING VAN DE INVLOED VAN NEERSLAG, VERDAMPING, DE ONTTREKING GILZERBAAN EN EEN TRENDMATIG VERLOOP IN DE NEERSLAG OP DE STIJGHOOGTE IN HET TWEEDE WATERVOERENDE PAKKET TER PLAATSE VAN PEILBUIS B50F0110.

Volgens tijdreeksanalyse heeft de ontwikkeling van de winning Gilzerbaan sinds 1977 geleid tot 1,2 m daling van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket ter plaatse van peilbuis B20F0109 (Figuur 8-8). Dit is equivalent aan een daling van de stijghoogte met 0,08 m per miljoen m³ gewonnen grondwater. In vergelijking tot het verlagingseffect ter plaatse van B50F0110, reageert de stijghoogte hier veel sneller op veranderingen in de winhoeveelheid en is de totale daling twee keer zo groot. Dit patroon past bij de kortere afstand tussen de meetfilters en de winning, maar is wel wat groot. Mogelijk speelt extra demping door de Gilzerbaanbreuk of variaties in de weerstand tussen het eerste en tweede watervoerende pakket hier een rol bij.

Het berekende verlagingseffect van de winning bedraagt 0,2 m per miljoen m³ gewonnen grondwater per jaar, indien naast de invloed van de winning Gilzerbaan ook een trendmatig verloop in de neerslag sinds 2000 aan het tijdreeksmodel wordt toegevoegd (Figuur 8-9). Deze toename ten opzichte van de berekening zonder trend is het gevolg van maskering van het verlagingseffect door de winning door ingrepen die hebben geleid tot een stijging van de stijghoogte (bv vegetatiebeheer). Anno 2014 bedraagt de trendmatige stijging volgens dit model 40 cm, maar hij is nog niet ten einde.



FIGUUR 8-8 ONTRAFELING VAN DE INVLOED VAN NEERSLAG, VERDAMPING EN DE ONTTREKING GILZERBAAN OP DE STIJGHOOGTE IN HET EERSTE WATERVOERENDE PAKKET TER PLAATSE VAN PEILBUIJS B50F0109. DE VERKLAARDE VARIANTIE VAN HET TIJDREEKSMODEL BEDRAAGT 85% EN DE INVLOED VAN DE WINNING IS SIGNIFICANT. OOK AAN DE OVERIGE CRITERIA VOOR BETROUWBAARHEID WORDT VOLDAAN.



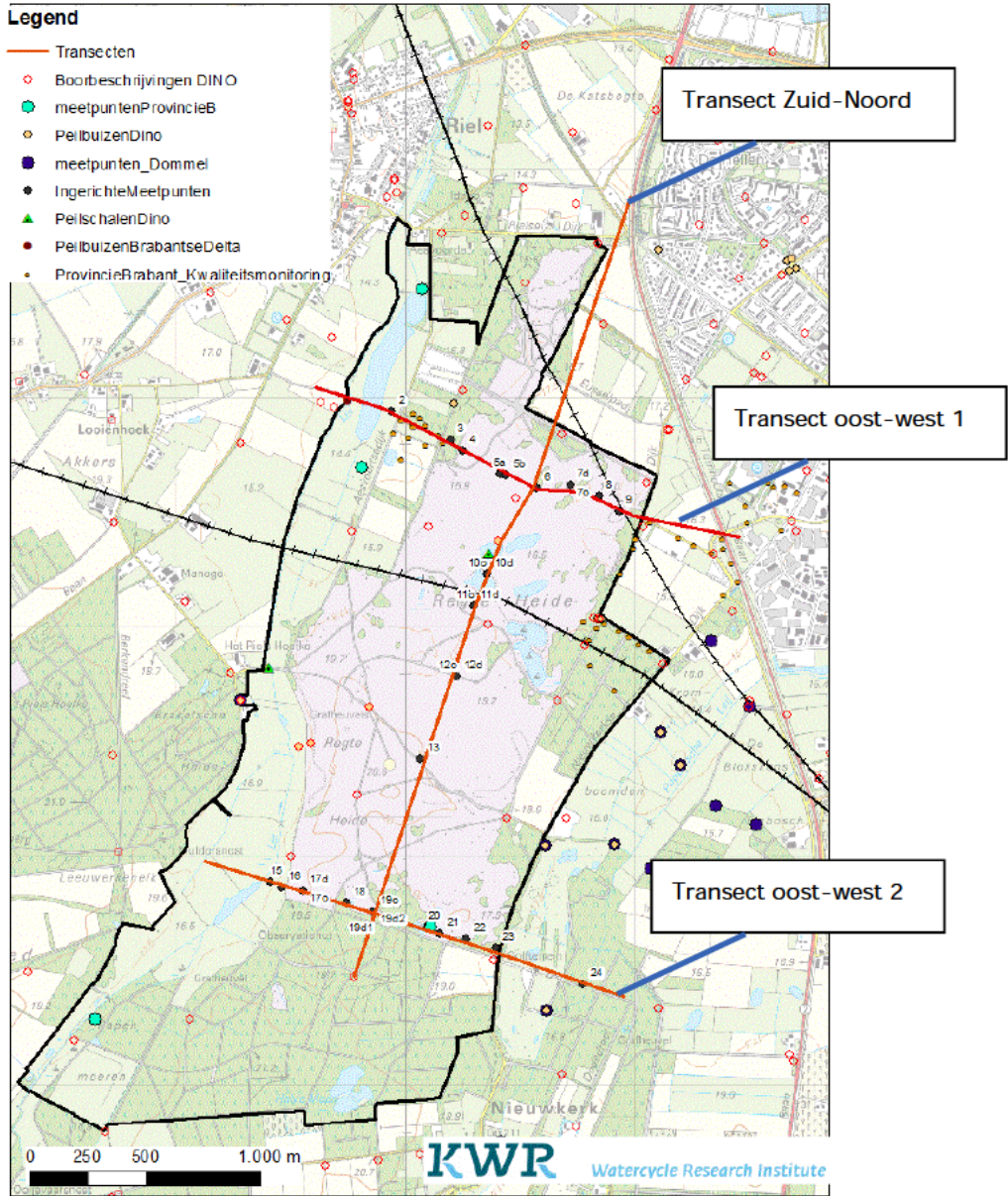
FIGUUR 8-9: ONTRAFELING VAN DE INVLOED VAN NEERSLAG, VERDAMPING, DE ONTTREKKING GILZERBAAN EN EEN TRENDMATIG VERLOOP IN DE NEERSLAG SINDS 2010 OP DE STIJGHOOGTE IN HET EERSTE WATERVOERENDE PAKKET TER PLAATSE VAN PEILBUIS B50F0109.

Literatuur

Von Asmuth, J.R., 2012. Groundwater system Identification through time series analysis. Proefschrift TUD.

Witte, J.P.M., Zaadnoordijk, W.J., Cirkel, D.G., Leunk, I. en Aart, H.F.M., 2015. Grondwateraanvulling en achtergrondverlaging in de provincie Noord-Brabant. KWR, Nieuwegein, rapport BTO 2015.055.

Bijlage IV Orientatie van de drie transecten



Bijlage V Boorbeschrijvingen

Zie aparte bijlage bij dit rapport

Bijlage VI De meteorologische en geohydrologische context van de meetrondes

Inleiding

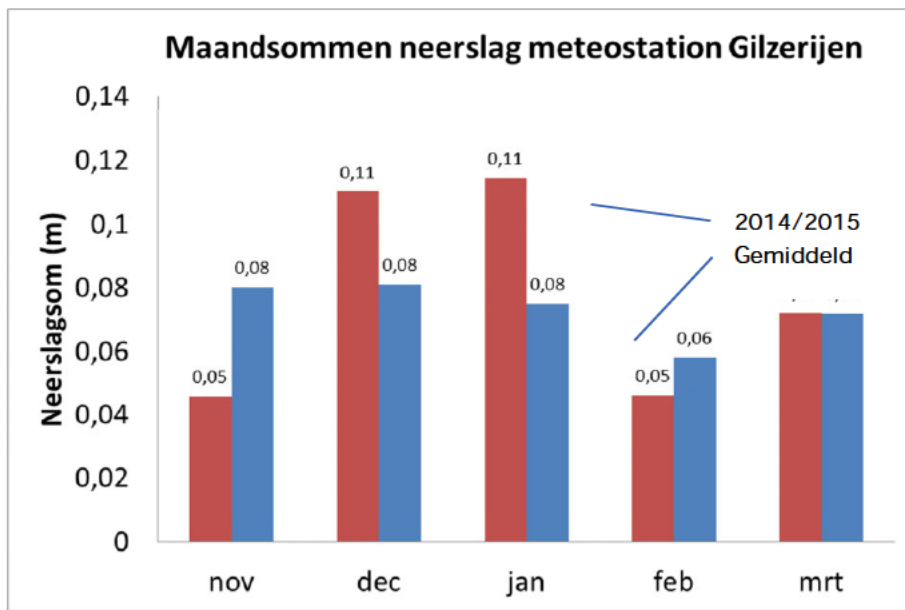
In dit rapport worden o.a. de resultaten beschreven van hydrologische metingen, namelijk voor (1) een voorjaarsronde van 14 en 15 april 2015, een zomerronde van 25 augustus 2015 en een aantal tijdreeksen voor de tussenliggende periode. Om uit deze beperkte hoeveelheid metingen conclusies te kunnen trekken, is het nodig om inzicht te hebben in de meteorologische context waarbinnen de metingen zijn verricht. Met andere woorden, voor een goede interpretatie van de metingen is het nodig om te weten hoe goed de waargenomen grondwaterstanden afwijken van het normale seizoenspatroon. Hier is enig inzicht in verworven door op basis van KNMI-data te beschrijven hoe het jaar 2015 meteorologisch gezien verliep ten opzichte van een gemiddeld jaar. Daarnaast is op basis van langjarige, actuele grondwaterstandreeksen gekeken in hoeverre het verloop van de grondwaterstand tijdens de meetperiode afweek van het gemiddelde grondwaterregime.

Neerslag tijdens de winter van 2014/2015

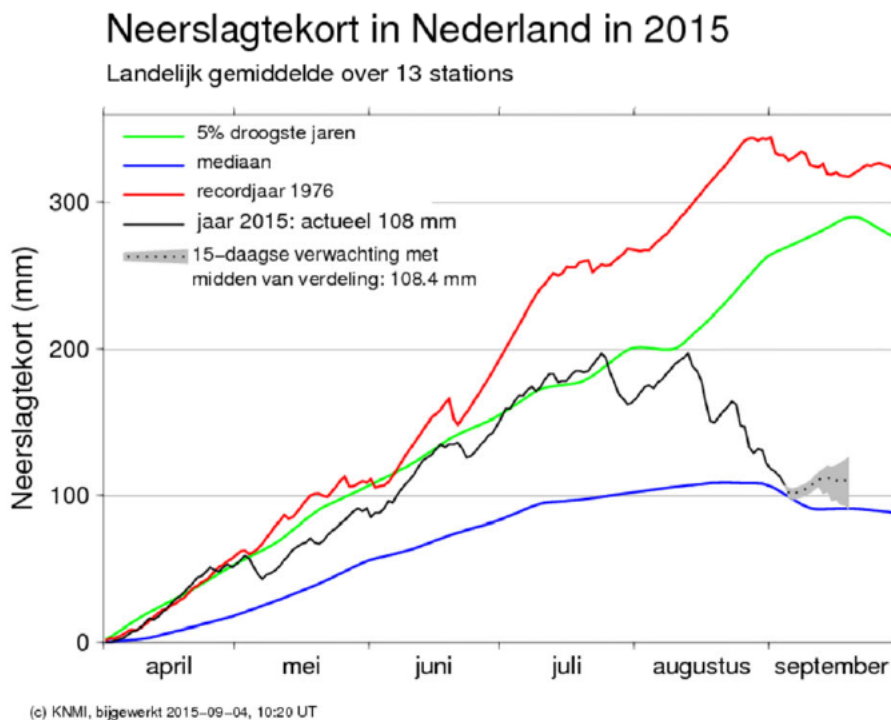
In Figuur 8-10 staat het verloop van de neerslag tijdens de winter van 2014/2015, voorafgaand aan de meetcampagne, weergegeven. Volgens deze figuur waren de maanden december en januari natter dan gemiddeld, en was februari iets droger dan gemiddeld. In maart viel net zo veel neerslag als gemiddeld in maart het geval was. Wat neerslag betreft viel de start van de meetcampagne dus niet in een extreem natte of droge periode.

Neerslagtekort tijdens de zomer van 2015

In Figuur 8-11 staat de ontwikkeling van het neerslagtekort tijdens het groeiseizoen van 2015 weergegeven. Uit deze figuur blijkt dat het jaar 2015 van april tot en met juli meteorologisch gezien rond de 5%-droogste jaren schommelde. Vanaf augustus viel er meer zomerse neerslag, met als gevolg dat het einde van het groeiseizoen, eind augustus, rond de mediaan lag. De voorjaarsronde was daarmee waarschijnlijk iets droger dan gemiddeld, terwijl de zomerronde natter was dan de 5%-droogste jaren, maar droger dan de mediaan.



FIGUUR 8-10: MAANDSOM VAN DE NEERSLAG VOOR DE WINTERPERIODE VOORAFGAAND AAN DE VOORJAARSRONDE EN GEMIDDELDDE WAARDEN, WAARGENOMEN OP METEOSTATIONS GILZERIJEN.



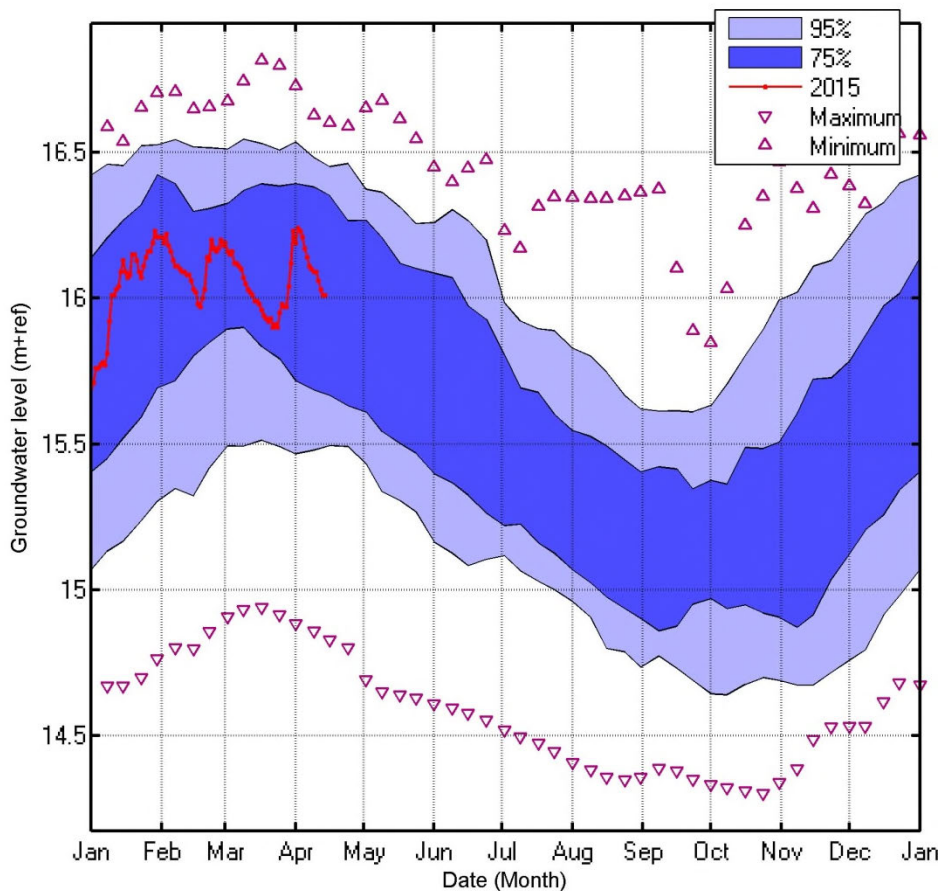
FIGUUR 8-11: ONTWIKKELING VAN HET NEERSLAGTEKORT GEDURENDE HET GROEISEIZOEN VAN 2015.

Verloop van de grondwaterstand in 2015

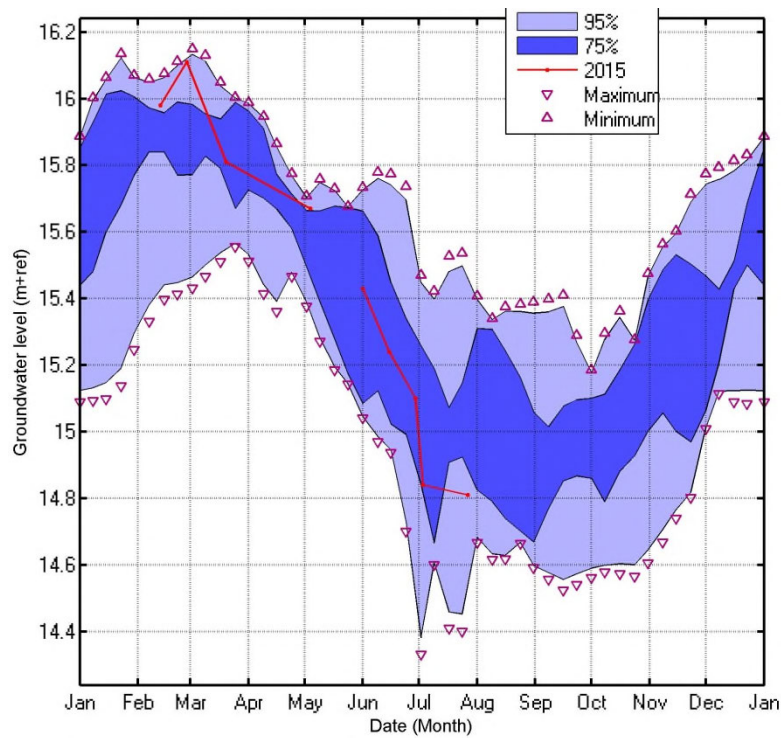
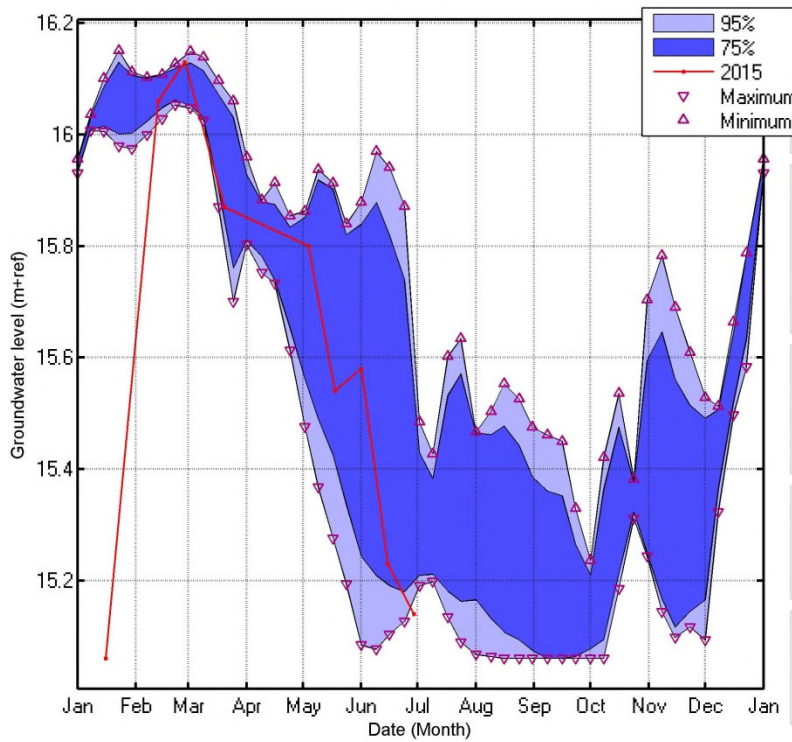
In Figuur 8-12 staat de regimecurve voor peilfilter B50F0110_1 (eerste watervoerende pakket, noord-oosten van de Regte Heide) weergegeven, inclusief waargenomen

stijghoogten gedurende 2015. Uit deze figuur blijkt dat de grondwaterstand ten tijde van de voorjaarsronde (14 april 2015) rond de mediaan voor de periode 1991-2014 lag. Gegevens ten tijde van de zomerronde waren bij het schrijven van dit rapport nog niet beschikbaar.

In Figuur 8-13 staan de regimecurves voor peilfilters B50F0650_1 en B50F0650_2 (in een ven, en daaronder, centraal op de Regte Heide) weergegeven, inclusief waargenomen stijghoogten gedurende 2015. Uit deze figuur blijkt dat de grondwaterstanden ten tijde van de voorjaarsronde (14 april 2015) rond de mediaan voor de periode 2008-2013 lag. Gedurende het groeiseizoen lijkt de grondwaterstand in eerste instantie het gemiddelde patroon te volgen, om in de maanden juni en juli tot onder de 25%-mediaan waarde te duiken. Gegevens ten tijde van de zomerronde waren bij het schrijven van dit rapport nog niet beschikbaar.



FIGUUR 8-12: REGIMECURVE VAN PEILBUIS B50F0110_1, INCLUSIEF HET VERLOOP VAN DE STIJGHOOGTE DIE IS WAARGENOMEN IN 2015 (VOOR ZOVER BESCHIKBAAR).



FIGUUR 8-13: REGIMECURVE VAN PEILBUIZEN B50F0650_1 (BOVEN) EN B50F0650_2 (ONDER), INCLUSIEF HET VERLOOP VAN DE STIJGHOOGTEN DIE IS WAARGENOMEN IN 2015 (VOOR ZOVER BESCHIKBAAR). MERK OP DAT HET BOVENSTE FILTER REEDS BIJ GEMATIGDE DROOGTE DROOGVALT.

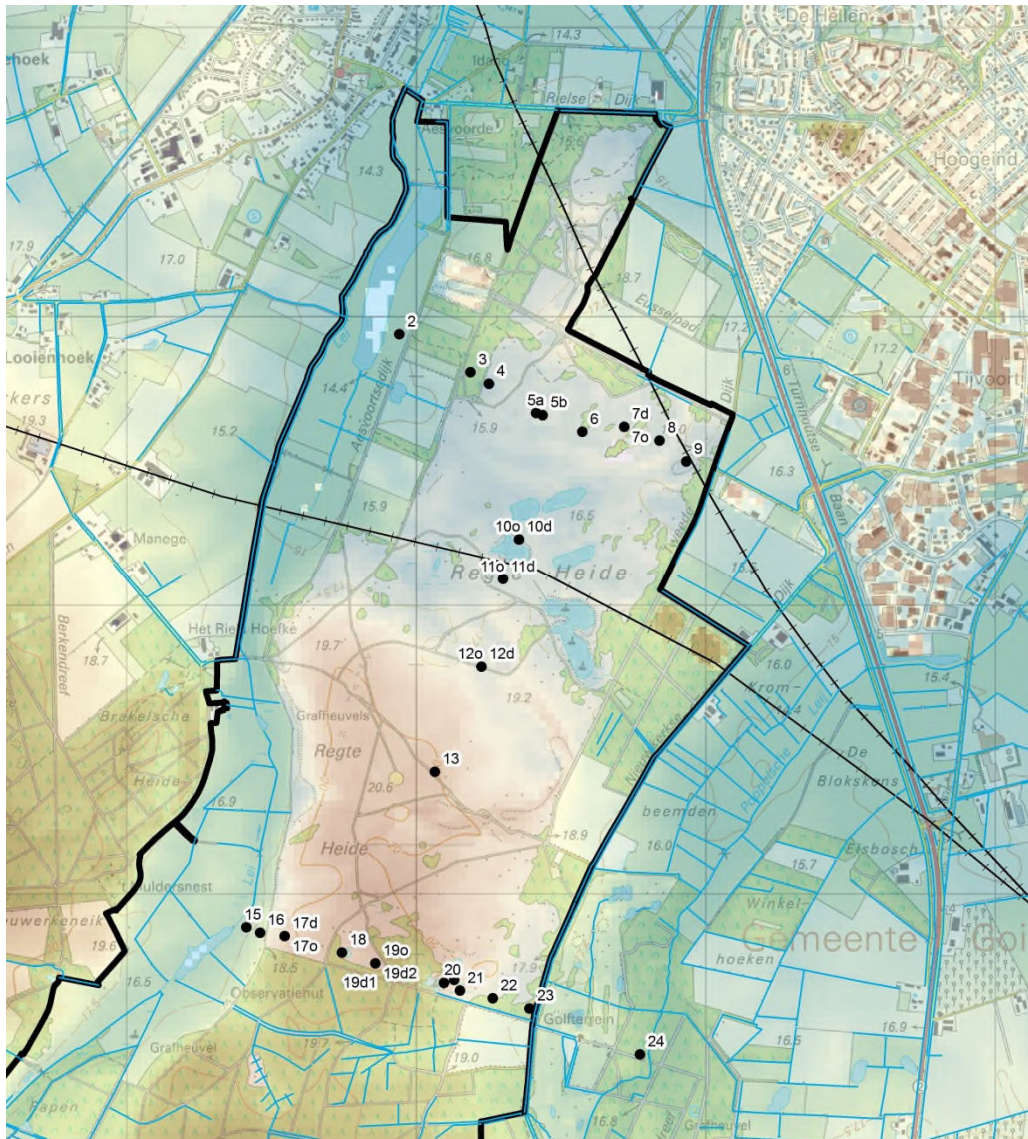
Conclusies

De gemeten grondwaterstanden tijdens de voorjaarsronde geven een goede indicatie van de GVG. De gemeten grondwaterstanden tijdens de zomerronde zijn hoger dan de GLG.

Bijlage VII Metadata van geplaatste peilbuizen

Tabel 8: metadata van de bijgeplaatste peilbuizen. Zie onderstaande kaart voor een ruimtelijke weergave op topografische kaart en AHN.

Code_n	Locatie	y_RD	x_RD	mv (m + NAP)	bp (m + NAP)	lengte pb (m)
B102	2	391940	129941	14,36	14,63	2,44
B103	3	391808	130187	15,89	15,92	1,94
B104	4	391769	130251	15,99	16,28	2,04
B105a	5a	391667	130414	16,79	16,90	0,99
B105b	5b	391660	130436	17,18	17,32	
B106	6	391602	130573	17,00	17,08	1,03
B107a	7o	391620	130719	17,30	17,59	0,99
B107b	7d	391620	130719	17,30	17,58	1,47
B108	8	391572	130841	17,13	17,62	1,91
B109	9	391500	130933	16,56	16,71	1,98
B110a	10o	391230	130354	16,18	16,57	1,00
B110b	10d	391230	130354	16,18	16,53	2,38
B111a	11o	391092	130299	16,77	17,44	1,99
B111b	11d	391092	130299	16,77	17,04	2,65
B112a	12o	390787	130225	17,80	18,03	1,73
B112b	12d	390787	130225	17,80	17,96	1,13
B113	13	390424	130064	20,38	20,53	2,99
B115	15	389885	129412	16,51	17,24	2,48
B116	16	389867	129460	17,63	18,04	2,46
B117a	17o	389855	129545	19,10	19,37	1,26
B117b	17d	389855	129545	19,10	19,32	1,95
B118	18	389798	129743	20,07	20,39	1,97
B119a	19o	389761	129859	20,60	20,82	0,66
B119b	19d1	389761	129859	20,60	20,59	1,90
B119c	19d2	389761	129859	20,60	20,58	2,72
B120	20	389693	130096	19,12	19,39	3,01
B121	21	389666	130150	18,71	18,97	1,39
B122	22	389640	130264	17,94	18,20	1,53
B123	23	389605	130391	17,58	17,66	2,03
B124	24	389446	130773	16,19	16,10	2,67



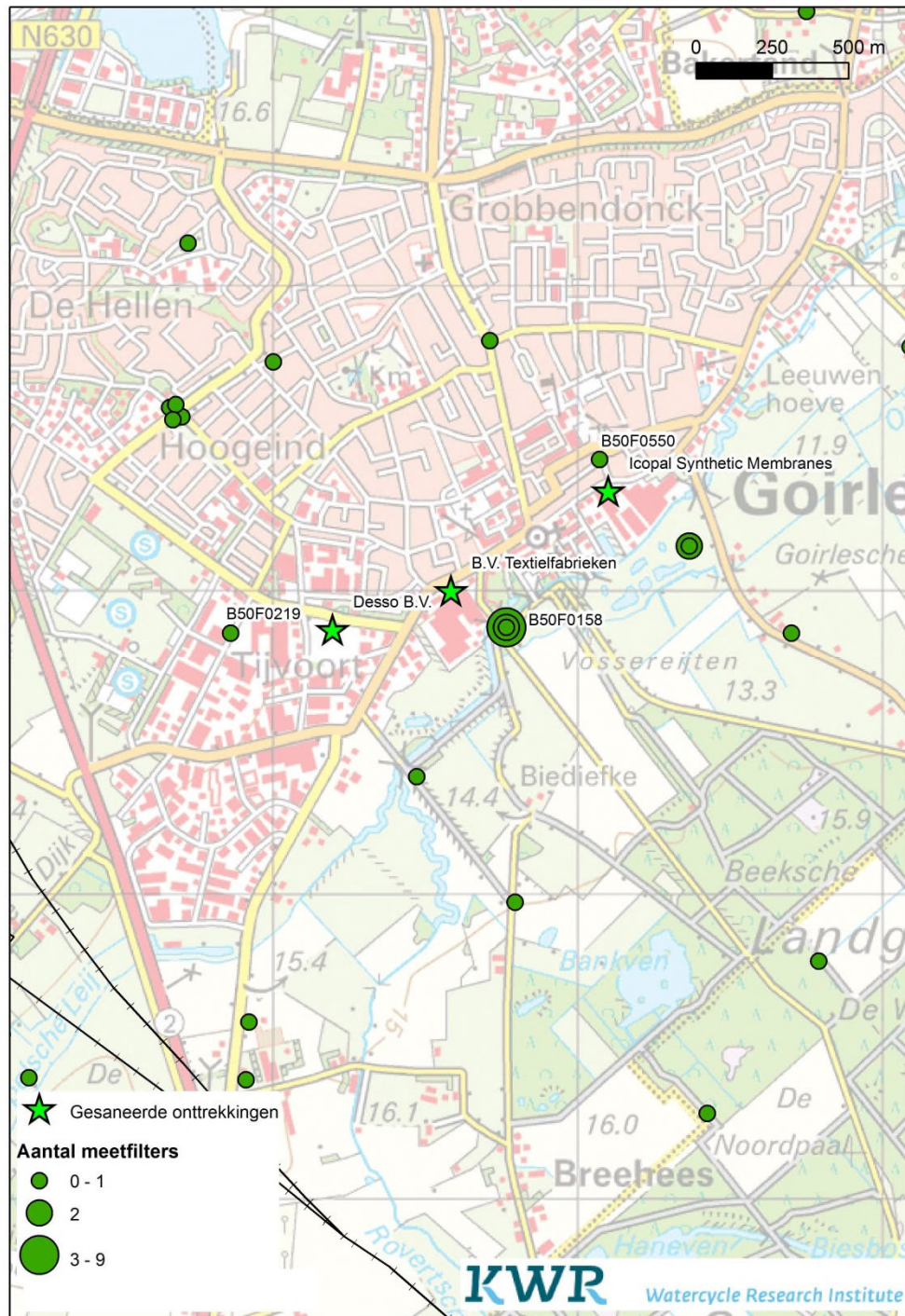
FIGUUR 8-14: LOCATIE VAN DE BIJGEPLAATSTE PEILBUIZEN WEERGEGEVEN OP DE TOPOGRAFISCHE KAART EN HET AHN (DOORSCHIJNEND, ROOD IS HOOG-, BLAUW IS LAAGGELEGEN)

Bijlage VIII hydrologische trends en invloeden op en rond de Regte Heide

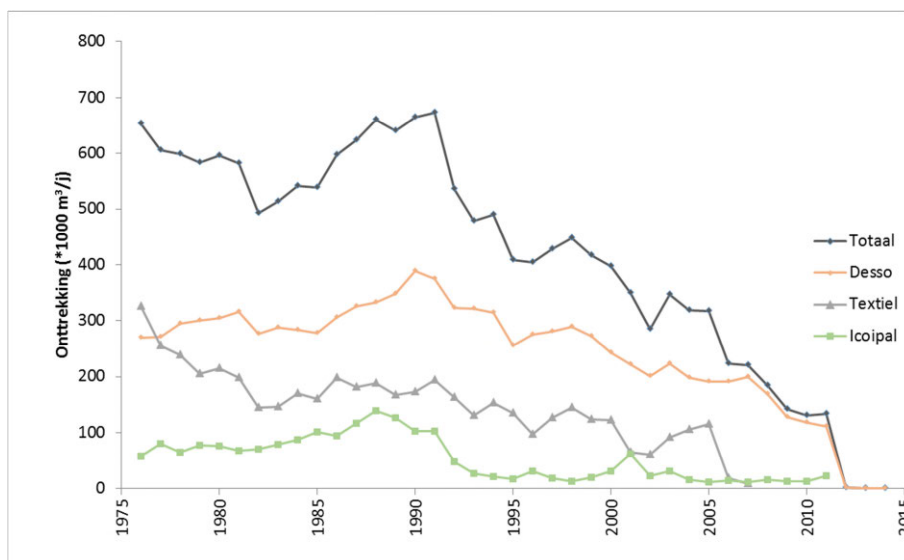
Industriële winningen

Volgens de database met geregistreerde winningen van de Provincie Noord Brabant zijn in de Gemeente Goirle drie industriële grondwaterwinningen recentelijk gesaneerd. Deze voormalige grondwaterwinningen bevonden zich in de bebouwde kom van Goirle op een afstand van 1 tot 2 km van de Regte Heide. De diepte van de winningen is onbekend, maar gezien de omvang van de onttrekkingen is het waarschijnlijk dat grondwater uit het eerste watervoerende pakket, onder de Tegelenklei, werd onttrokken.

De drie voormalige grondwaterwinningen zijn in een verschillend tempo's afgebouwd. B.V. Textielfabrieken onttrok in de jaren 1970 nog zo'n 250.000 m³/jaar. Vervolgens is de jaaronttrekking min of meer lineair afgebouwd, totdat de winning in 2007 (8 jaar geleden) geheel gestopt is. Icopal onttrok tot aan het einde van de jaren 190 steeds meer grondwater, tot 150.000 m³ in 1988. Rond 1995 bedroeg de jaaronttrekking daar nog maar 25.000 m³, en vanaf 2012 geen grondwater meer wordt onttrokken. Desso onttrok tot 1991 jaarlijks 60.000 tot 100.000 m³ grondwater per jaar. Vanaf 1991 is de winning geleidelijk afgebouwd en in 2011 is de winning geheel gestopt.



FIGUUR 8-15: TOPOGRAFISCHE LIGGING VAN DRIE GESANEERDE, INDUSTRIËLE GRONDWATERONTTREKKINGEN IN DE GEMEENTE GOIRLE (ZIE FIGUUR 8-4) VOOR DE TIJDREEKSEN). TEVENS ZIJN DE PEILBUISLOCATIES WAARVOOR TIJDREEKSEN BESCHIKBAAR ZIJN AANGEGEVEN. GRONDWATERSTANDEN IN DRIE PEILBUISLOCATIES IN DE NABIJE OMGEVING VAN DE DRIE VOORMALIGE GRONDWATERWINNINGEN ZIJN GEDURENDE DE AFBOWPERIODE VAN DE WINNINGEN GEMONITORD.



FIGUUR 8-16: TIJDREEKSEN VAN 3 VOORMALIGE INDUSTRIËLE WINNINGEN IN GOIRLE, INCLUSIEF DE JAARSON. SINDS 1990 IS DE TOTALE ONTTREKKINGSHOEVEELHEID MET 700.000 M³/J AFGENOMEN TOT 0 M³/J.

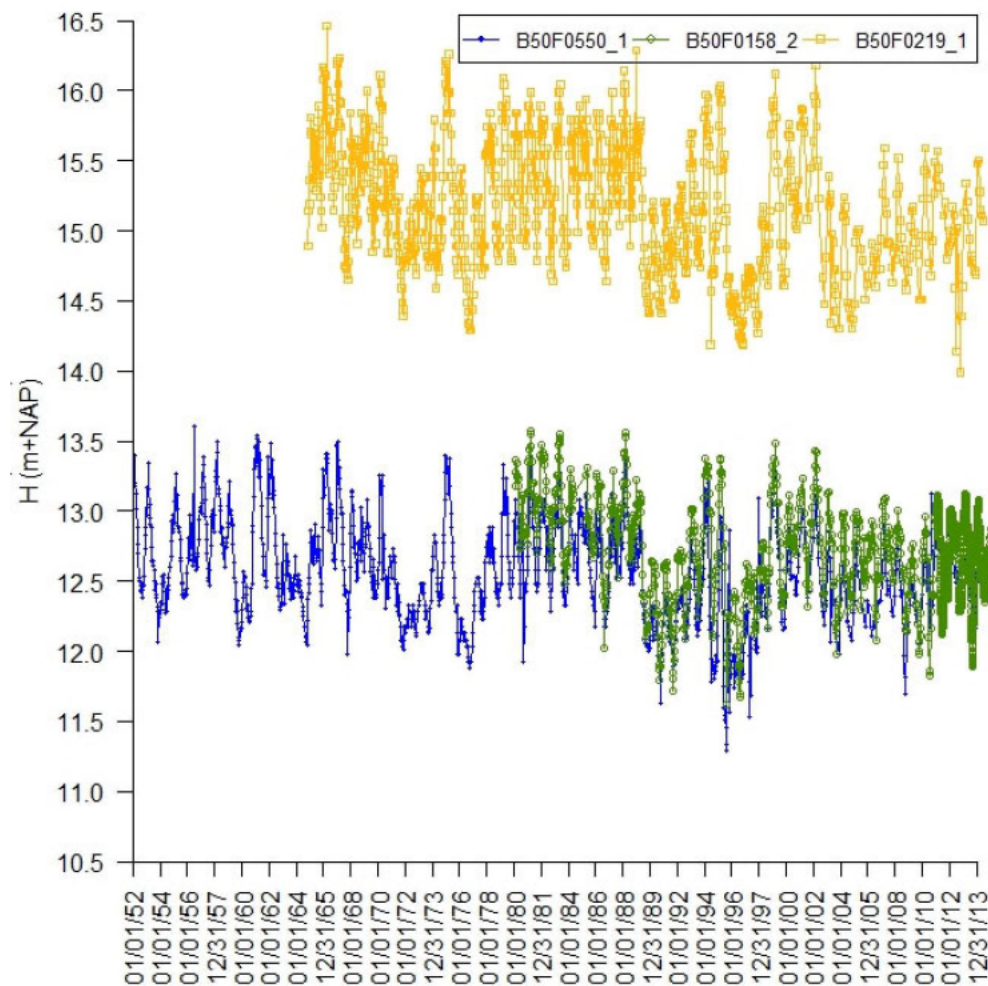
In de nabije omgeving van de 3 voormalige grondwaterwinningen staan op 3 locaties peilfilters waarvoor stijghoogtereeksen beschikbaar zijn die de periode met afnemende grondwateronttrekking dekken. Deze peilfilters zijn B50F0158, B50F0219 en B50F0550.

B50F0158, een set peilbuizen op 200 m afstand van de voormalige winning van B.V. Textielfabrieken. De filters staan op 5 m – maaiveld, 39 m – maaiveld, 65 m – mv, 93 m – maaiveld en 170 m – maaiveld. Een beschrijving van het boorprofiel ontbreekt. Aangenomen wordt dat het bovenste meetfilter boven de Tegelenklei staat en het tweede filter daaronder. Merk op dat de meetfilters 1 en 2 wellicht structureel of tijdelijk met elkaar verwisseld zijn. Aanwijzingen voor deze administratieve fout zijn

- (1) een afwijkend potentiaalverschil over de Tegelenklei ten opzichte van het algemene beeld. Uitgaande van de gedocumenteerde filterstellingen wijzen de stijghoogteverschillen tussen het eerste en tweede filter op een opwaartse stroming van grondwater door de Tegelenklei. Dit wijkt af van het algemene patroon met neerwaartse stroming door de Tegelenklei.
- (2) Het weersonaafhankelijk trendmatig verloop dat is afgeleid van de stijghoogte in de filters is niet consistent met een variatie in de winhoeveelheden uit het eerste watervoerende pakket, onder de Tegelenklei. Hierbij zou de grootste trend in het tweede filter worden waargenomen, waarbij de trend gedempt wordt waargenomen in de boven- en onderliggende filters.
- (3) Over de periode 1991-2014 wijkt het trendmatig verloop van de stijghoogte in het tweede meetfilter af van het trendmatig verloop in zowel het bovenliggende als het onderliggende filter. Gezien de beperkte verticale stijghoogteverschillen in het eerste watervoerende pakket ligt dit niet in de lijn der verwachting.

Uitgaande van verwisseling van de meetfilters 1 en 2 van peilbuis B50F0158 volgt het volgende beeld van het vernattingseffect van sanering van de industriële winningen ter plaatse van deze peilbuis. Sinds de jaren 1990 heeft de sanering geleid tot een structurele

toename van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket met ongeveer 10 cm. Deze stijging is gedempt waargenomen in het vijfde meetfilter op 170 m diepte, terwijl deze stijging niet is waargenomen in het bovenste meetfilter op 5 m diepte (boven de Tegelenklei). Sinds 2001 vertoont het stijghoogteverloop op alle diepten een structurele stijging, maar die in het bovenste meetfilter is 10 cm lager dan die in de meetfilters in het eerste watervoerende pakket. NB ondanks deze stijging is de stijghoogte in het eerste en tweede watervoerende pakket sinds 1981 nog altijd netto met zo'n 40 cm gedaald.



FIGUUR 8-17: WAARGENOMEN STIJGHOOGTEVERLOOP IN DRIE PEILBUIZEN MET MEETFILTERS BOVEN DE TEGELLENKLEI EN IN DE OMGEVING VAN DE GESANEERDE INDUSTRIËLE WINNINGEN.

Tabel 8-9: Gesimuleerde weeronafhankelijke trends (stijging of daling) in de stijghoogtereeksen van peilbuis B50F0158 gedurende drie tijdsvensters over de periode 1981-2014. De trends zijn met behulp van Menyanthes gecorrigeerd voor weersinvloeden. Stijghoogten in filters 3, 4 en 5 vertonen een vergelijkbaar trendmatig verloop, terwijl stijghoogten in filters 1 en 2 een afwijkend trendmatig verloop vertonen. Mogelijk zijn de filters 1 en 2 structureel of tijdelijk met elkaar verwisseld, zodat het stijghoogte in filter 2 een soortelijk verloop heeft als waargenomen in de diepere filters, en de stijghoogte filter 1 een afwijkend verloop heeft.

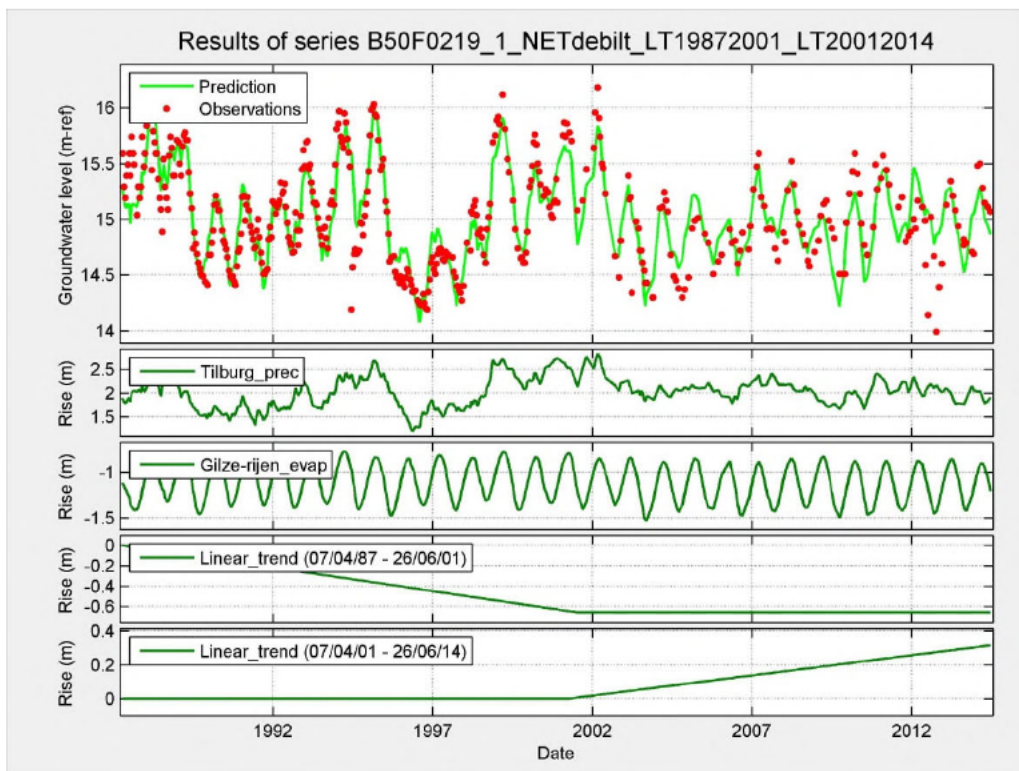
Filternummer	Diepte filter (m-mv)	Stijging grondwaterstand (cm)		
		1981-2014*	1991-2014	2001-2014

1 ^b	5	+8	+12	+15
2 ^b	39	-40	-1	+5
3	65	-40	+9	+12
4	93	-42	+8	+11
5	170	-43	+3	+6

^a Verdampingsreeks van meteostation De Bilt.

^b Meetfilters 1 en 2 zijn waarschijnlijk verwisseld, zodat meetfilter 1 op 39 m diepte en meetfilter 2 op 5 m diepte staat.

B50F0219, een peilbuis op 300 m afstand van de voormalige winning van Desso B.V. Het filter staat op 5,5 m – maaiveld, 1 meter boven een kleilaag met onbekende dikte. De stijghoogte die is waargenomen in dit filter vertoont een structurele daling die niet het gevolg is van veranderingen in het weerpatroon. Deze daling bedraagt over de periode 1970-2013 ongeveer 65 cm (Figuur 8-18). Sinds 2000-2005 lijkt er echter sprake te zijn van een trendbreuk, waarbij de daling van de grondwaterstand ombuigt naar een stijging. Deze stijging bedraagt volgens tijdreeksanalyse ongeveer 30 cm over de periode 2001-2014 (Figuur 8-18).



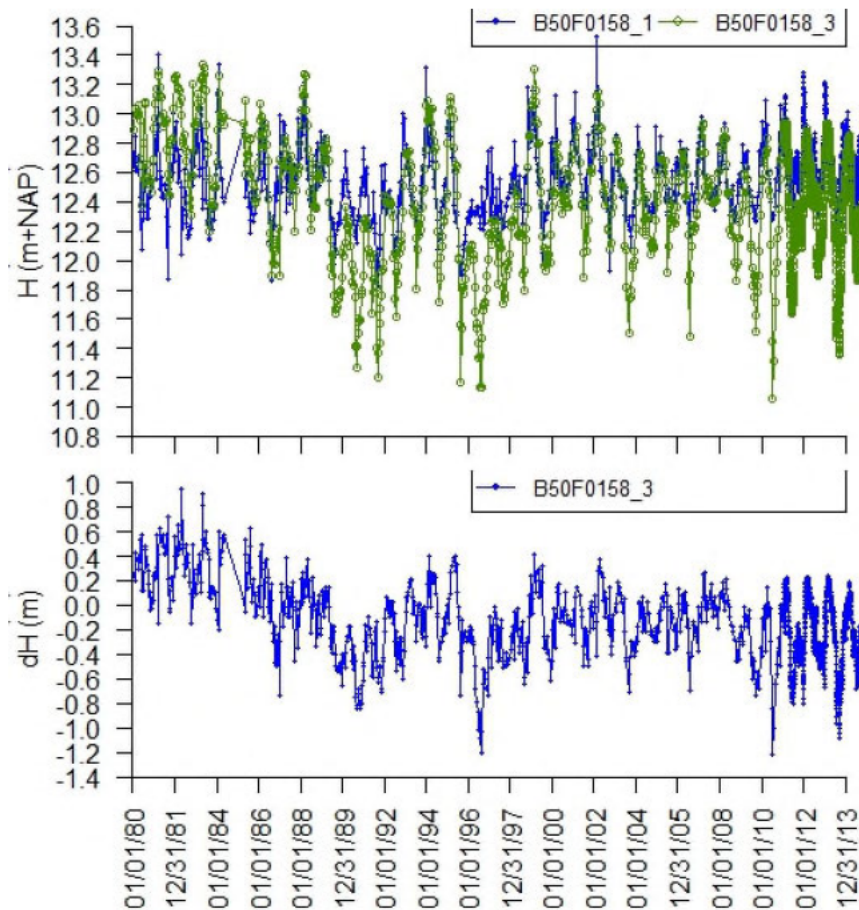
FIGUUR 8-18: TRENDBREUK IN HET STIJGHOOGTEVERLOOP VAN PEILBUIS B50F0219_1 VOLGENS TIJDREEKSMODELLERING MET MENYANTHES. AANGENOMEN IS DAT DE TRENDBREUK IN 2001 WORDT INGEZET ALS GEVOLG VAN DE SANERING VAN DE GRONDWATERWINNING VAN B.V. DESSO OVER DE PERIODE 2000-2012. DEZE SANERING ZOU DAN TER PLAATSE VAN PEILBUIS B50F0219_1 EEN STIJGING VAN DE GRONDWATERSTAND MET RUIM 30 CM TOT GEVOLG HEBBEN GEHAD.

Tabel 8-10: Gesimuleerde weeronafhankelijke trends (stijging of daling) in de stijghoogtereeks van peilbuis B50F0219 gedurende drie tijdsvensters over de periode 1981-2014. De trends zijn met behulp van Menyanthes gecorrigeerd voor weersinvloeden. De neerwaartse trend komt niet overeen met de sanering van de grondwateronttrekking van Desso BV sinds 2007.

Filternummer	Diepte filter (m-mv)	Stijging grondwaterstand (cm)		
		1981-2014 ^a	1991-2014	2001-2014 (-10) ^b
1	5,5	-65	-26	

^a Verdampingsreeks van meteostation De Bilt.

^b Tijdreeksmodel verklaart slechts 65% van de waargenomen stijghoogtevariatie.



FIGUUR 8-19: B50F0550, EEN PEILBUIS OP 100 M AFSTAND VAN DE VOORMALIGE WINNING VAN ICOPAL SYNTHETIC MEMBRANES. DE DIEPTE VAN HET FILTER EN HET BODEMPROFIEL ZIJN ONBEKEND. DE REEKS WAS NIET GOED TE REPRODUCEREN MET MENYANTHES.

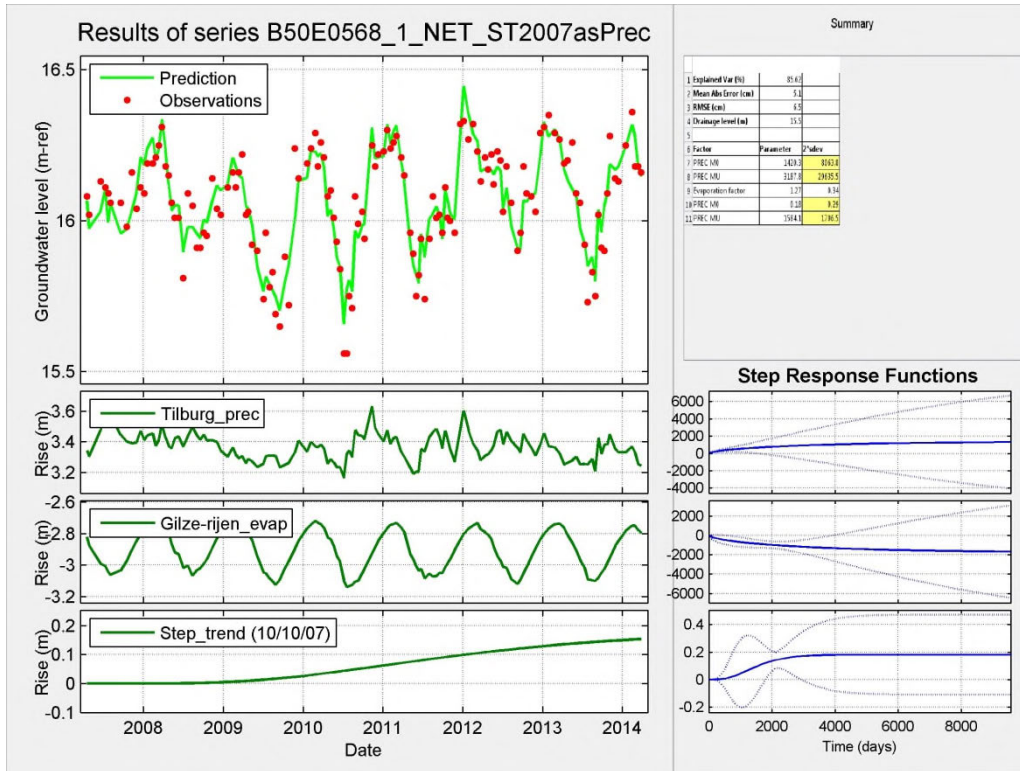
Onderbemalingen

Sinds 2006 wordt de fietstunnel onderbemaald met 2 pompen met een capaciteit van elk 1 m³/uur. Volgens de informatie van de gemeente Goirle draaiden de pompen over de periode 1 januari-1 maart 2015 in totaal 65,2 uur. Dit komt neer op een onttrekkingshoeveelheid van 65,2 m³, ofwel 0.7 m³/d. Deze onttrekking is daardoor slechts zeer lokaal van invloed op de grondwaterstand.

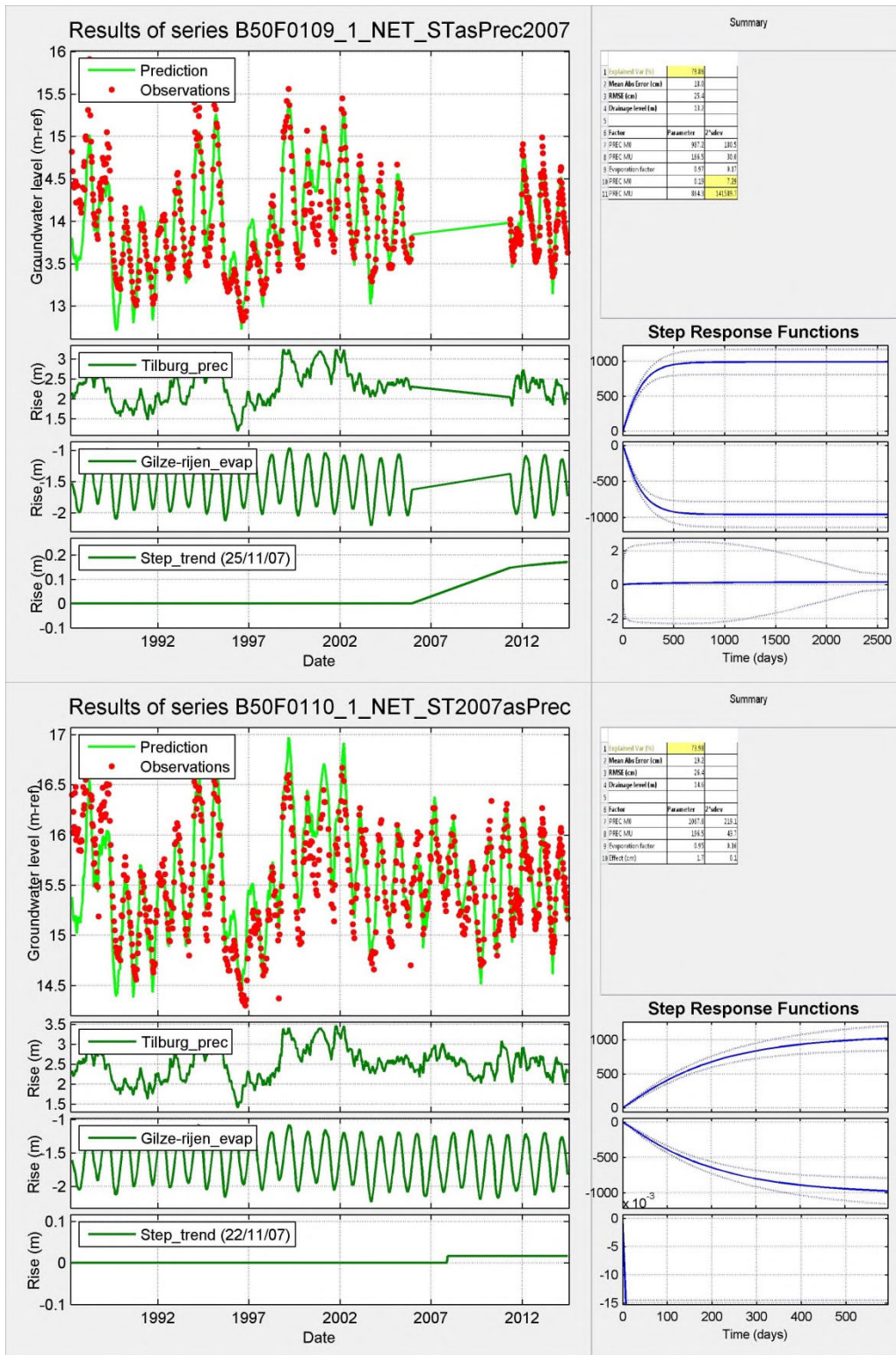
Vernattingsmaatregelen

In onderstaande figuren staan de resultaten weergegeven van een trendanalyse met Menyantes voor een aantal ondiepe peilfilters in de Regte Heide. Hieruit blijkt dat in ieder

geval op de oostelijke flank en het centrum van de Regte Heide sprake is van een vernattingstrend die mogelijk is ingezet als gevolg van de herinrichting van het beekdal van de Oude Lei en intensiveren van het vegetatiebeheer.



FIGUUR 8-20: VOOR WEERSINVLOEDEN GECOMPENSEERD TRENDMATIG VERLOOP IN DE GRONDWATERSTAND OP DE WESTELIKE FLANK VAN DE REGTE HEIDE (MEETPUNT B50F0568_1). VOLGENS TIJDREEKSANALYSE IS STIJGT DE GRONDWATERSTAND SINDS 2009 ONAFHANKELIJK VAN HET WEER. DIT TRENDMATIG VERLOOP IS NOG NIET TEN EINE EN BEDRAAGT THANS ONGEVEER 15 CM.



Bijlage IX Verantwoording analytische berekeningen

Inleiding

In de hoofdtukken 3 en 4 zijn op basis van meetgegevens horizontale en verticale potentiaalverschillen in de Regte Heide bepaald. Deze potentiaalverschillen bevatten informatie over de geohydrologische kenmerken van de ondergrond van de Regte Heide, en daarmee over de gevoeligheid voor verschillende ingrepen. Deze informatie is geoogst op basis van analytische modellen voor grondwaterstroming. De parameters van deze modellen zijn binnen, op basis van gebiedskennis, beperkte ranges aangepast, totdat de berekende opbolling van het freatisch vlak overeenkwam met de waargenomen opbolling. Hierbij is uitgegaan van een min of meer gemiddelde situatie, zowel ruimtelijk als in de tijd. Gezien de heterogeniteit van de ondergrond, zijn de resultaten uitsluitend van conceptuele aard en beschrijven ze de opbolling rond het begin van het groeiseizoen.

Voor het afleiden van geohydrologische kenmerken van de ondergrond en het bepalen van de gevoeligheid van de grondwaterstand voor verschillende ingrepen zijn twee analytische modellen toegepast. Beide modellen beschrijven de relatie tussen de opbolling van het freatisch vlak en de afstroming van grondwater naar twee evenwijdige oppervlaktewater elementen met een constant peil. De modellen verschillen van elkaar, doordat het eerste model geen rekening houdt met infiltratie van oppervlaktewater, terwijl het tweede model dat wel doet. Het verschil tussen deze twee modelresultaten geeft daarmee een indruk van de demping van verlagingseffecten door oppervlaktewater elementen.

Model 1: Drainage zonder oppervlaktewaterinfiltratie

Het eerste model verdeelt het neerslagoverschot op de Regte Heide over een laterale afvoercomponent, c.q. drainage door de flankerende beken, en een verticale afvoercomponent, c.q. infiltratie naar het tweede watervoerende pakket. Hierbij is de laterale afvoer component berekend met een analytisch model voor horizontale afstroming van grondwater door een watervoerende laag naar twee drainerende en evenwijdige oppervlaktewaterelementen (Hooghoudt, 1942)):

$$q_{lat} = - \frac{8kDm - 4km^2}{L^2}$$

waarin

q_{lat} : flux van grondwater naar oppervlaktewater (m/d)

k: doorlatendheid van de watervoerende laag (m/d)

D: dikte van de watervoerende laag (m)

m: opbolling van het freatisch vlak (m)

L: afstand tussen de oppervlaktewaterelementen (m).

De infiltratieflex naar het tweede watervoerende pakket is berekend met:

$$q_{inf} = -\frac{H_2 - H_1}{c}$$

Waarin

q_{inf} : neerwaartse flux van grondwater over de scheidende laag, c.q. de kleien uit de Formatie van Waalre/Stramproy (m/d)

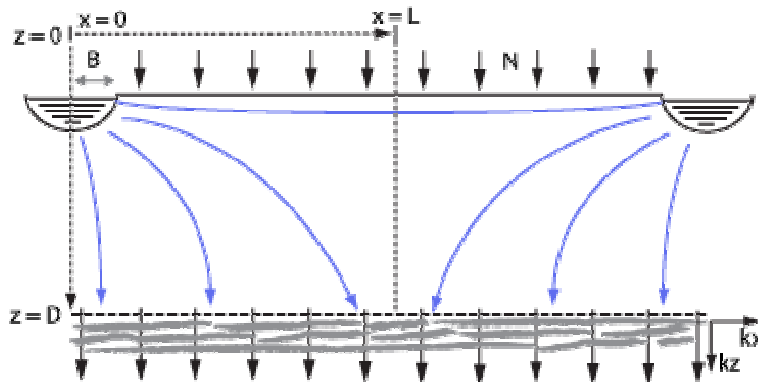
H_2 : de gemiddelde stijghoogte in het tweede watervoerende pakket (m)

H_1 : de gemiddelde stijghoogte in het eerste watervoerende pakket (m)

c : de weerstand van de scheidende laag tussen het eerste en tweede watervoerende pakket (d)

Model 2: Drainage met oppervlaktewater infiltratie

Het tweede model (Bruggeman, 1972) beschrijft de stroming van grondwater door een gelaagde watervoerende laag en tussen twee evenwijdige oppervlaktewateren die zowel kunnen draineren als infiltreren. Aan de onderkant van de watervoerende laag kan tevens een flux opgelegd worden, zodat grondwaterstroming beïnvloed wordt door het neerslagoverschot, infiltrerend oppervlaktewater en infiltratie van grondwater naar het tweede watervoerende pakket (Figuur 8-21).



Figuur 8-21: Conceptueel model van de vergelijking van Bruggeman voor grondwaterstroming in een gelaagde watervoerende laag onder invloed van het neerslagoverschot, infiltratie van oppervlaktewater en wegzijging van grondwater naar het tweede watervoerende pakket.

De analytische formule is als volgt (Bruggeman, 1972):

$$\varphi(x, z) = \left(N + \frac{q - 2BN}{2L} \right) \left(c + \frac{D - z}{k_z} \right) + \frac{(q - 2BN)aL}{\pi^2 B k_z} \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{n^2} \sin \left(\frac{n\pi B}{L} \right) \cos \left(\frac{n\pi x}{L} \right) F(n, z) \right)$$

$$F(n, z) = \frac{\frac{n\pi}{aL} \cosh \left(\frac{n\pi(D-z)}{aL} \right) + \frac{1}{k_z c} \sinh \left(\frac{n\pi(D-z)}{aL} \right)}{\frac{n\pi}{aL} \sinh \left(\frac{n\pi D}{aL} \right) + \frac{1}{k_z c} \cosh \left(\frac{n\pi D}{aL} \right)}$$

$$a = \sqrt{\frac{k_z}{k_x}}$$

, waarin:

$\varphi(x,z)$: de stijghoogte op coördinaat x,z (m). De stijghoogte is gelijk aan de opbolling van het freatisch vlak indien $x=L$ en $z=0$.

N: grondwateraanvulling (m/d)

q: flux over de onderrand (m/d)

L: afstand tussen het midden van de sloot en het midden van het perceel (m)

B: afstand tussen het midden van de sloot en de slootkant (m)

D: dikte van het watervoerende pakket (m)

kh: horizontale doorlatendheid van de bodem (m/d)

kz: verticale doorlatendheid van de bodem (m/d)

c: weerstand van de scheidende laag aan de basis van het watervoerende pakket (d)

Parametrisatie

De grondwatermodellen zijn geparametriseerd op basis van gebiedskennis die is opgedaan door het analyseren van beschikbare gegevens. Hiertoe zijn eerst parameterranges geschat, en daarna zijn plausibele parameters vastgesteld door de berekende opbolling van het freatisch vlak te vergelijken met waargenomen opbollingen langs de oost-west transecten (zie paragraaf 4.3). Gezien de grove schematisatie van de modellen in vergelijking tot de heterogeniteit van het gebied, zijn hierbij de volgende keuzes gemaakt en kanttekeningen te plaatsen:

- De grondwateraanvulling (N) is geschat als het verschil tussen neerslag en referentieverdamping. Afvoer door lokale drainagemiddelen is niet verrekend. Dit is dus een overschatting voor het zuidelijk deel van de Regte Heide.
- De flankerende beken wijken in noordelijke richting uiteen, zodat geen sprake is van één afstand ($L/2$) van de beken. Gekozen is voor een benadering van de gemiddelde afstand. Hierbij is tevens de invloed van andere ontwateringsmiddelen op de opbolling verwaarloosd.
- De dikte (D) van het watervoerende pakket varieert van ongeveer 10 m in het zuiden tot 30 m in het noorden. Hier is gekozen voor een waarde van 10 m. Met hogere waarden kon de opbolling van de grondwaterstand niet met plausibele parameters worden gereproduceerd.
- De breedte van de oppervlaktewatermiddelen (B) is vastgezet op 1.5 m. Deze waarde is representatief voor de flankerende beken, maar niet voor de waterpartijen in het beekdal

van de Oude Lei. Dit betreft dus een conservatieve schatting van het dempend effect van verlagingseffecten door infiltratie van oppervlaktewater.

- Voor het schatten van de horizontale doorlatendheid (k_x) van zand is uitgegaan van matig fijn tot zeer fijn zand, met een zeer slechte sortering en zwak tot matig slibhoudend. Volgens het grondwaterzakboekje (Bot, 2011) varieert de doorlatendheid van deze zandfracties tussen 1 en 10 m/d. Uit veldwaarnemingen blijkt dat in werkelijkheid zeer uiteenlopende zandfracties met ingeschakelde klei- of leemlagen voor komen, en dat het zand zeer slecht gesorteerd is. Volgens Pomper (1996) is de doorlatendheid van een slecht gesorteerd monster 1.5 keer lager dan dat van een zeer goed gesorteerd monster, en dat van een uiterst slecht gesorteerd monster 2.5 keer lager. Daarom is de parameterrange beperkt tussen 0.5 en 5 m/d. Met een doorlatendheid van 1 m/d kon de opbolling goed gereproduceerd worden, hogere doorlatendheden leidden al snel tot te lage opbollingen.
- Gezien de gelaagdheid van de zanden en de ingeschakelde klei- en leemlagen is gekozen voor een vrij hoge anisotropiefactor van 5 tot 20 (-) voor het berekenen van de verticale doorlatendheid (k_z) uit de horizontale doorlatendheid. De gevoeligheid van de opbolling voor de anisotropiefactor was echter beperkt ten opzichte van de doorlatendheid en de weerstand van de kleilaag.
- Gegevens over het potentiaalverschil tussen het eerste en tweede watervoerende pakket (H2-H1) zijn slechts beschikbaar voor 2 meetpunten, namelijk voor de bovenste twee peilfilters van meetpunt B50F0110 (westelijke flank van de Regte Heide) en uit vergelijking van de bovenste filters van B50E0201 en B50E0567 (nabij het beekdal van de Oude Lei). Voor de eerste set filters is een gemiddeld potentiaalverschil van 1.4 m berekend, voor de tweede een gemiddeld potentiaalverschil van 0.5 m. Op basis van de vorm van de afpompekegel rond de winning Tilburg en de vorm van het freatisch vlak in de Regte Heide kan verwacht worden dat het potentiaalverschil globaal gezien in zuidelijke richting en naar de beekdalen toe afneemt. Daarom is het gemiddelde potentiaalverschil geschat op 1 meter, maar dit kan best enkele decimeters meer of minder zijn.
- In de literatuur variëren schattingen van de weerstand van de kleilaag (c) van Waalre/Stramproy van 2.000 tot wel 120.000 dagen. Op basis van de dikte van de kleilaag lijkt een maximale weerstand van 20.000 dagen reëel. Met een weerstand van 5000-6000 d kon een opbolling van het freatisch vlak van 4 m gereproduceerd worden.

Tabel 11: IJking en parametrisatie van de analytische grondwatermodellen

Parameter	Range	Eindwaarde
N: Grondwateraanvulling	0.8 mm/d	0.8 mm/d
L: Afstand tussen centrum Regte Heide en flankerende beken	500-1200 m	800 m
D: dikte van het watervoerende pakket	5-30 m	10 m
B: afstand tussen midden van de beek en oever	0.75 m	0.75 m
k_x : horizontale doorlatendheid	0.5, 1, en 5 m/d	1 m/d
f.ani: anisotropiefactor	5, 10 en 20	10
H2-H1: potentiaal verschil tussen watervoerend pakket 1 en 2.	-1.0 m	-1.0
C: weerstand van kleilaag Waalre/Stramproy	2.000-20.000 d	6000 d

Calibratie

M: opbolling van het freatisch vlak

3-5 m

4 m

Referentie

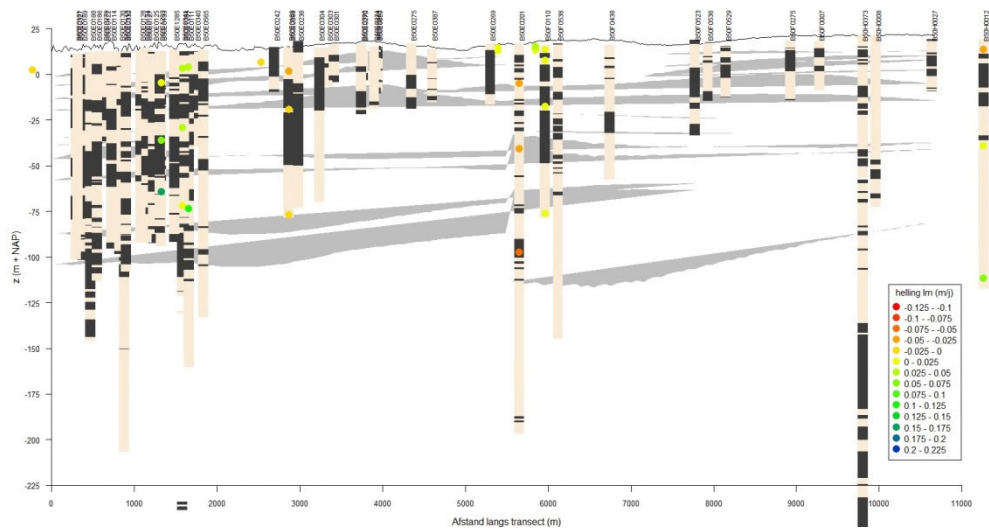
Bot, A.P., 2011. Grondwaterzakboekje. Uitgegeven door Bot Raadgevend Ingenieur.
www.grondwaterzakboekje.nl.

Bruggeman, G.A., 1972. Tweedimensionale stroming in semispanningswater. Bijlage in rapport "De Groeve". Rijksinstituut voor drinkwatervoorziening, Den Haag.

Pomper, A.B., 1996. Schatting van doorlaatfactoren (k-waarden) aan de hand van in boorarchieven aanwezige boorbeschrijvingen. Stromingen 2, nr 4.

Waterbeheersing, 1972. Collegedictaat Landbouw Hogeschool.

Bijlage X Trends in stijghoogte reeksen weergegeven in doorsnede van de ondergrond



Bijlage XI Veranderingen in landgebruik en ontwatering

In deze bijlage inventariseren we veranderingen in landgebruik en ingrepen in de waterhuishouding, die van invloed kunnen zijn op de waterhuishouding van de Regte Heide en het Riels Laag. Hiertoe zijn topografische kaarten geraadpleegd in atlassen en op www.topotijdreis.nl, is informatie uit de beschikbare rapporten samengevat en informatie gevraagd bij medewerkers van Brabants Landschap en de waterschappen.

Topografische atlas 1838-1857

Het huidige N2000-gebied Regte Heide was nog geheel onbebost. Zuidelijk van het gebied bij de Goorstraat en Landgoed Nieuwkerk waren wel al percelen bos aanwezig. De heide liep aan de oostzijde door tot aan de Nieuwkerkse Dijk en in het noordoosten daar overheen. Aan de westzijde liep de heide door tot het dal van de Oude Lei. De omgeving van het ven Halve Maan bestond nog uit open heide. In het zuidelijke deel (thans bebost) lagen verschillende moerassige laagten. Op de huidige heide staan geen vennen aangegeven, behalve in het noordoosten waar thans de laaggelegen landbouwgronden tussen Tweede Dijk, Nieuwkerkse Dijk en Turnhoutse Baan liggen. Het beekdal van de Oude Lei staat nog als moeras zonder perceel sloten op de kaart. In het beekdal van de Poppelsche Leij staan al wel perceelscheidingen op de kaart, maar ook moerassige delen. Zuidelijk van de Regte Heide lagen landbouwgronden bij Alphen en Bedaf, die via beide beken afwaterden. Maar het overgrote deel van de omgeving bestond nog uit uitgestrekte heidevelden met veel vennen (Overheide, huidig Landgoed Gorp en Roover t e.d.). De Brakelsche heide westelijk van de Oude Lei was ook nog heide.

Historische atlas 1900-1917

Op deze kaarten (herzien 1916/17) is een flinke toename van het areaal bos te zien. Op het zuiden van de Regte Heide is het bos ten noorden van de Goorstraat uitgebreid tot halverwege het ven Halve Maan. Aan de noordwestzijde is de strook gronden ten oosten van de Aesvoortse Dijk in ontginning genomen en deels bebost. Op de Regte Heide worden ook wat verspreide bosjes aangegeven. Ook op deze kaart staan op de heide alleen aan de oostzijde een ven en een moerassige laagte aangegeven (oostelijk van de huidige Tweede Dijk). Het beekdal van de Poppelsche Leij is al grotendeels in percelen verdeeld, m.u.v. de Krombeemden die nog als moeras staan aangegeven. Het beekdal van de Oude Lei wordt nog als moeras aangegeven, hoewel in het deel noordelijk van Riels Hoefke al wel een aantal sloten staat ingetekend. In de Pape moeren zijn gegraven waterlopen aangegeven met daarlangs houtwallen, die de contouren van het huidige areaal H91E0c Alluviaal bos aangeven. In de omgeving zijn grote delen van de voormalige heidevelden bebost of tot landbouwgrond ontgonnen, zoals op Landgoed Gorp en Roover t, uitbreidingen bij Nieuwkerk en het westelijk deel van de Brakelsche Heide. En de meeste beekdalen zijn verkaveld.

Eind jaren '1930

De Regte Heide behoorde toe aan de gemeenten Goirle en Tilburg. Liernur (DLN, 1937,) beschrijft dat in het kader van de werkverschaffing de ontginning van het Goirlese deel ter hand genomen was. Daarbij werd 'de heide afgegraven en de grond omgespit'. Zijn onderzoek aan de stenen die werden opgegraven wees uit dat de Regte Heide bestaat uit het 'grove Maas-diluvium' (volgens deindeling van Staring). Op het Tilburgse deel was er geen werkverschaffing. Hier werden in die tijd juist de grafheuvels hersteld.

Op de topografische kaart van 1939 heeft de Regte Heide al grotendeels zijn huidige contouren en bosareaal. De heide oostelijk van de Tweede Dijk met daarin het ven en moeras is ontgonnen tot landbouwgrond of beplant met bos. Het aflaten van het ven en ontwatering van deze laag gelegen gronden moet tot een grondwaterstandsdeling terplekke van vele decimeters tot een meter hebben geleid.

Opvallend is dat aansluitend op de bossen een natte graslandlaagte op de heide wordt aangegeven, die op eerdere kaarten niet stond (het huidige Rietven). Aan de westkant daarvan wordt een rond vennetje aangegeven als enige ven op de heide (maar misschien wel een schaalkwestie??). Aan de noordoostzijde is de heide ontgonnen tot landbouwgrond en alleen nog een smalle strook over. Ten noorden van het Riels Hoefke is het Riels Laag en de overgangen naar de heide ontgonnen tot landbouwgrond. Het Riels Laag ten zuiden van Riels Hoefke lijkt niet verkaveld. Op het zuidelijk deel van de Heide is het nu aanwezige naaldbos geplant, tot aan het pad langs de Leemkuilen. Het ligt voor de hand dat daarbij het ontwateringsstelsel is gegraven dat nu nog in dit bos ligt. In de wijde omgeving is de bebossing en ontginning en ontwatering tot landbouwgrond van de heiden en vennen flink opgeschoten.

Mogelijk relevant vanwege verminderde grondwateraanvoer naar het dal van de Oude Lei is de bebossing van het deel van De Brakelsche Heide dat direct tegen Riels Laag zuid ligt. Aan de andere kant staat het westelijk deel nu weer als heide aangegeven. Hier in de tweede wereldoorlog een 'nepvliegveld' om de aandacht van vliegveld Gilze-Rijen af te leiden. Daarnaast losten terugkerende bommenwerpers er hun overgebleven bommen, wat ongetwijfeld samenging met branden. Dit gebeurde overigens ook op de Regte Heide wel.

De kaarten na 1945 laten een geleidelijke toename van bosopslag op de Regte Heide zien. Daarnaast tonen ze nog een toename van bebossing en ontginning in de omgeving en het dichtgroeien met bos van veel heidevelden.

Specifieke ingrepen en gebruik.

Beekdal Oude Lei:

De gronden in het beekdal van de Oude Lei zijn vanaf 1940 ontgonnen. De veengronden zijn bezand en in gebruik genomen als grasland. Het zanddek was gemiddeld 30 cm dik, maar plaatselijk ook wel tot 75 cm. De veenlaag eronder varieerde in dikte van 20-80 cm, de bovenkant van het veen was sterk veraard (Brabants Landschap, 1999). De Oude Ley zelf lag al in 1750 op de huidige plek. In het noordelijk deel ligt de beek in de zone met gooreerdgronden tegen de westelijke beekdalflank. De Ley is daar enkele honderden jaren geleden gegraven (Brabants Landschap, 1999). In het veenmoeras zelf liep een veenstroompje. Bij de ontginning in de jaren '1940 is hier een sloot gegraven. Deze ving veel kwel af (Brabants Landschap, 1999).

Gegevens over beekprofiel, beekpeilen en aanpassingen vanaf deze ontginning waren bij dit onderzoek niet beschikbaar. Wel wordt in een notitie uit ca. 1975 (Archief Brabants Landschap) melding gemaakt van plannen van het waterschap om beekprofielen te verruimen om afvoer en onderhoud te verbeteren.

Na 1984 is de ruilverkaveling Alphen en Riel uitgevoerd, deze omvatte gronden in de gemeenten Alphen en Riel, Goirle, Tilburg, Baarle-Nassau en Chaam. Hierbij werd de ontwatering van landbouwgronden verbeterd en peilverlaging doorgevoerd (Verstegen, 1993). Daarbij werden beken genormaliseerd en stuwen geplaatst.

Na verwerving van de gronden in het beekdal zijn deze heringericht als natuurgebied. In 1992 is het Riels Laag ten zuiden van de witte brug bij Riels Hoefke vernat door het aanbrengen van puindammen en verondieping van de Lei. In dit deel zijn de voormalige landbouwgronden niet afgegraven.

In het deel ten noorden van Riels Hoefke is op 9,25 ha de bezanding afgegraven, daarbinnen op 8 ha de bovenste 10 cm van de veenlaag en daarbinnen op 2,25 ha de gehele veenlaag tot op de minerale ondergrond. In een zone van 25 m rond deze laagte werd de teeltlaag afgegraven (Brabants Landschap, 1999). Op de diepste delen is zo'n 60-70 cm afgegraven. De kwelsloot is afgedamd of gedempt en aan het stroomafwaartse deel van het gebied is een stuw geplaatst. Anders dan de in het plan aangegeven zegge- en rietmoerassen is een groot deel van de noordelijke helft vergraven tot open water. Deze maatregelen zijn uitgevoerd in 2001?.

Recent (2014?) zijn ook bovenstrooms van het Riels Laag inrichtingsmaatregelen uitgevoerd (plannen beschreven in RHDHV, 2013).

Beekdal van de Poppelsche Leij

De Poppelsche Leij stroomt ter hoogte van de Regte Heide langs de oostelijke rand van het beekdal. De beek is in het verleden genormaliseerd en gestuwd (waarschijnlijk jaren 80). Ter hoogte van de Regte Heide varieert de waterstand in de beek tussen 13,25 en 15,25 m NAP in de winter en 12,50 en 14,70 m NAP in de zomer (Taw, 2008).

In het beekdal is ter hoogte van het zuidelijk deel van de Regte Heide rond 1995 de golfbaan aangelegd. Verstegen (1993) noemt de geplande aanleg als knelpunt voor herstel van natuurwaarden in het dal van de Poppelsche Leij.

Het beekdal stroomafwaarts van de golfbaan was tot in 2012 nog in agrarisch gebruik. In het beekdal lag een intensief ontwateringstelsel, dat via een sloot in het centrum van het dal naar het noorden afwaterde. De Poppelsche Leij zelf ligt tegen de oostelijke dalrand. De EHS-gronden (Krombeemden) waren inmiddels wel verworven. In 2013 is de Herinrichting Beekdal Poppelsche Leij uitgevoerd. In het centrum van het dal is de bouwvoor afgegraven en ligt nu een plas. De dwarssloten en lengtesloot zijn gedempt of verondiept. [[kijk naar de hoogtekaart en je ziet dat alleen de westflank Krombeemden is hersteld; ter plekke heeft het dal 2 parallele waterlopen; waarvan de Krombeemdenloop is verondiept en de Poppelsche leij nog steeds drainerend werkt]]

De Poppelsche Leij zelf is op een aantal plekken verbreed, maar verder niet aangepast. Volgens modelberekeningen zou het verondiepen/dempen van het slootstelsel leiden tot grondwaterstandstijgingen in het beekdal van 5 cm aan de randen tot ca 40 in het centrum (voor GLG en GHG). De berekende grens van 5 cm verhoging ligt aan de oostrand van de

Regte Heide bij de Tweede Dijk. Dit zou naar verwachting leiden tot minder afvoer van water dat uit de oostflank van de Regte Heide afkomstig is. (bron: RH, 2012: Quick scan flora en fauna en voortoets Natuurbeschermingswet Poppelsche Leij.

De landbouwgronden op voormalige vennen direct ten oosten van de Regte Heide vielen buiten het beekherstelproject. Het droogleggen en ontwateren tot landbouwgrond of bosgrond moet tot vele decimeters grondwaterstandsverlaging hebben geleid en heeft naar verwachting uitstraling op het oostelijk deel van de Regte Heide. Daar de lage ligging belemmeren juist zulke gronden vernatting in de omgeving. [[WAAR LIGGEN DEZE PERCELEN?]]

Berekening

T.a.v. berekening is de volgende schatting opgemaakt door RHK (2009): 'De Regte Heide heeft een oppervlakte van ongeveer 538 ha. Een buffer van 2 kilometer rondom de Regte Heide zal dan een oppervlakte hebben van 3.230 ha. In deze beïnvloedingszone is de beregeningshoeveelheid omgerekend 0,87 milj. m³ /jaar. De berekeningen hebben tijdelijk een beperkt verlagend effect in de zomerperiode (enkele weken).'

Vergravingen op de Regte Heide

De Regte Heide is sinds 1910 gebruikt als militair oefenterrein. Er was bij dit onderzoek geen documentatie over ingrepen die van invloed zijn op de hydrologie. Mogelijk is er wel gegraven (schuttersputjes, wallen). Verstegen (1993) geeft aan dat vergraving door militairen leempakketten kunnen zijn aangetast. Op 1 januari 1993 is het militair gebruik gestaakt en is het gebied overgedragen aan de Stichting Brabants Landschap.

Op een aantal plekken liggen op de Regte Heide greppels. Op de heide zijn deze grotendeels wel afgedamd, maar vanwege het verhang kunnen ze lokaal nog ontwaterend werken. In het zuidelijke bosgebied en rond het ven Halve Maan ligt nog steeds een stelsel van sloten. Bij hoge waterstanden treedt afvoer uit de Halve Maan op via de Halve Maanloop. Overigens is het ven zelf in 1979 uitgediept en is met de vrijgekomen grond een eiland aangelegd (De Bruijn, 1981). Of hierbij drempelhoogten en dus peilen zijn aangepast is ons niet bekend.

Bijlage XII Inventarisatie explosieven

Zie aparte bijlage (vrijwaringsdocument)- bij dit rapport.