



Roel van der Veen, Waterschap Rijn en IJssel

Karel Hanhart, Hanhart Consult

André Jansen, Hogeschool Van Hall Larenstein / Unie van Bosgroepen

Floris Verhagen, Royal Haskoning

Geohydrologische aanpassingen in historisch perspectief, tussen de Veluwe en het IJsseldal

De Havikerpoort was rond 1600 nog zeer nat vanwege het vele Veluwse grondwater dat uittrad. Op de overgang van Veluwe naar IJsseldal bevinden zich eeuwenoude landgoederen, die van oudsher de waterhuishouding manipuleren. Met name sinds 1950 is de Havikerpoort echter verdroogd geraakt. Waterschap Rijn en IJssel, Provincie Gelderland en Waterbedrijf Vitens hebben gezamenlijk onderzocht¹⁾ op welke wijze de verdroging bestreden kan worden. Uit het onderzoek blijkt, dat met realistische maatregelen meer grondwater zal opkwellen. Zo nat als een paar eeuwen terug zal het niet meer worden, maar aanzienlijk ecologisch herstel van de bron- en broekbossen gecombineerd met herstel van cultuurhistorische waarden, is haalbaar.

De Havikerpoort ligt op de overgang van de Veluwe naar het IJsseldal (zie kaart). Binnen één kilometer is een overgang aanwezig van droge, hooggelegen hellingbossen via essen en bron- en broekbossen naar de uiterwaarden van de IJssel. Op deze overgang komt op diverse plekken van nature grondwater vanuit de Veluwe aan de oppervlakte. Dit is met name het geval waar voormalige IJsselgeulen dicht tegen de hoge gronden van de Veluwezoom liggen. Op zulke plaatsen zijn veen en klei-op-veen bodems gevormd, die begroeid zijn met uniek elzenbronbos. Nergens anders boven de grote rivieren zijn bronbossen ontwikkeld waar zulk basenrijk grondwater uittreedt. De hoge basenrijkdom van dit grondwater uit zich in het (vroegere) voorkomen van bijzondere plantensoorten zoals knikkend nagelkruid, kleine watereppe, groot moerasscherm, klein heksenkruid, slanke sleutelbloem, moerastreepzaad, adderwortel, dotterbloem, bittere veldkers, paarbladig goudveil en het mos *Cratoneuron silicium*²⁾. Ook verderop in de uiterwaarden komen plantensoorten voor die typerend zijn voor basenrijke omstandigheden.

De historie, het landschap en de waterhuishouding van de Havikerpoort worden sterk bepaald door de landgoederen Middachten

en Hof te Dieren. Behalve uit droge hellingen en natte bron- en broekbossen bestaan de landgoederen uit een kleinschalige afwisseling van akkers en graslanden. De akkers liggen op de hoger gelegen gronden en op de stroomruggen in de IJsseluiterwaarden. Het overige deel van de uiterwaarden bestaat uit grasland, dat wordt gebruikt door grootschalige melkveehouderijen. De uiterwaarden van de IJssel vallen onder de Vogelrichtlijn.

De Havikerpoort is rijk aan waterlopen: de IJssel, Oude Ruitersbeek, Ruiters Aa en Lamme IJssel. Ze hebben allemaal een natuurlijke oorsprong. Uit historische kaarten⁴⁾ blijkt dat al sinds mensenheugenis waterlopen zijn aangelegd en bestaande waterlopen zijn verbreed en verdiept. Al deze beken worden gevoed met bronwater uit de bronbossen en omhoog kwellend water in de uiterwaarden. Zo laten 17e eeuwse kaarten zien dat de toenmalige eigenaar van Middachten Godert van Rheede de 'Paardegracht' liet graven, die kwelwater onderaan de stuwwalrand opving en richting de watermolen en fonteinen aanvoerde. Van nog ouder datum is de Moolenbeek (thans Ruitersbeek), die mogelijk door stadhouder Willem II is aangelegd. Deze beek voerde het kwelwater naar de watermolen en vijvers van landgoed Hof te Dieren, maar is thans in onbruik geraakt.

Aanpak herstel

De vraag was in hoeverre herstel van het watersysteem mogelijk is, zodanig dat de verdroging van bron- en broekbossen in aanzienlijke mate wordt bestreden en de vijvers van Hof te Dieren op een meer duurzame manier van water worden voorzien. Om deze vraag te beantwoorden is een systeemanalyse uitgevoerd, waarbij rekening is gehouden met de complexe geologische opbouw van het gebied en de geochemische aspecten van het grondwater. In deze analyse is gebruik gemaakt van eerder uitgevoerde deelonderzoeken, gericht op het droogvallen van de vijvers in Hof te Dieren³⁾, de ecohydrologie van de bronbossen⁴⁾, de herkomst van het calciumrijke water in de bronbossen⁵⁾ en de aanwezigheid van kleischotten in de bodem⁶⁾. De systeemanalyse is uitgevoerd met hulp van geohydrologische modelberekeningen (MODFLOW). De ecologische effecten van verschillende scenario's zijn bepaald met DURAVEG en de effecten op de landbouw met BODEP. Tevens zijn 17 nieuwe peilbuizen geplaatst, waaruit watermonsters zijn genomen, die vervolgens zijn geanalyseerd.

Systeemanalyse

Kleischot in de ondergrond

Basis voor een goede systeemanalyse en geohydrologische berekeningen is een goed inzicht in de opbouw van de ondergrond.

De geologische opbouw van de ondergrond van de Havikerpoort is complex en sterk beïnvloed door processen in de verschillende ijstijden. Door stuwving en scheefstelling van oorspronkelijk horizontale zand- en leemlagen is de doorlatendheid loodrecht op de stuwrichting van gletsjers afgenomen. Deze scheefgestelde ondoorlatende zones in de stuwwal worden in dit artikel aangeduid als 'kleischotten'. De stuwving zet zich voort tot op 90 meter onder maaiveld. De Havikerpoort bevindt zich op de overgang van twee stuwingsgebieden. In het gebied van de Rijn komen de kleischotten overwegend voor in de oost-west richting; in het IJsseldal lopen deze kleischotten overwegend in de noord-zuid richting (evenwijdig met de ligging van de vroegere 'Ijsselgletsjer'). De ligging van de kleischotten was globaal bekend uit geo-elektrisch onderzoek⁶⁾. Eén van deze kleischotten bevindt zich op een afstand van ongeveer 400 meter van de grondwaterwinning van Ellecom. Voor de systeemanalyse was het noodzakelijk te weten in hoeverre dit kleischot van invloed is op de uitstraling van grondwaterstandsverlagingen naar de omgeving door de winning. Daarom zijn aan weerszijden van het kleischot, op een onderlinge afstand van ongeveer 100 meter, twee peilbuizen geplaatst. Er bleek inderdaad een sprong in stijghoogte op te treden van meer dan één meter. 'Op het oog' leek er een significante weerstand in de bodem aanwezig te zijn. Maar deze sprong in stijghoogte wordt mede veroorzaakt door de winning van Ellecom, zodat nog geen kwantitatieve conclusie kon worden getrokken. Daarom is het gedetailleerde geohydrologische model gebruikt voor een nadere analyse. Dit model is gebaseerd op het bestaande Veluwemodel⁷⁾ en is sterk verfijnd en gedetailleerd in het interessegebied. Met behulp van een Monte Carlo-analyse is het model geoptimaliseerd en is bepaald wat de meest waarschijnlijke weerstandswaarde van het kleischot is. Met een Monte Carlo-analyse wordt een groot aantal berekeningen gemaakt, waarmee de optimale combinatie in parameterwaarden kan worden gevonden. Hieruit blijkt dat het kleischot een significant effect heeft en dus voor een plaatselijke vergroting van de weerstand zorgt. De weerstand bedraagt ongeveer 25 dagen. Dit is echter een geringe weerstand en daarom heeft het kleischot een beperkt effect op de grondwaterstroming en uitstraling van de grondwaterverlagingen naar de omgeving. Het effect van de winning straalt daarom uit tot aan de bronbossen van Middachten.

Oorsprong van hard bronwater

De vegetatie van de bronbossen is sterk afhankelijk van calciumrijk grondwater. De diverse onderzoeken hebben een samenhangend hydro-ecologisch beeld opgeleverd (zie afbeelding 2).

Op de Veluwe komt zacht (kalkarm) en matig ijzerrijk grondwater voor¹⁾. De bodems van de Middachter bossen op de hellingen van de stuwwal bestaan uit lössrijke grond en zijn eveneens arm aan calcium. Het calciumarme water wordt voor een deel opgepompt door Vitens in Ellecom²⁾.

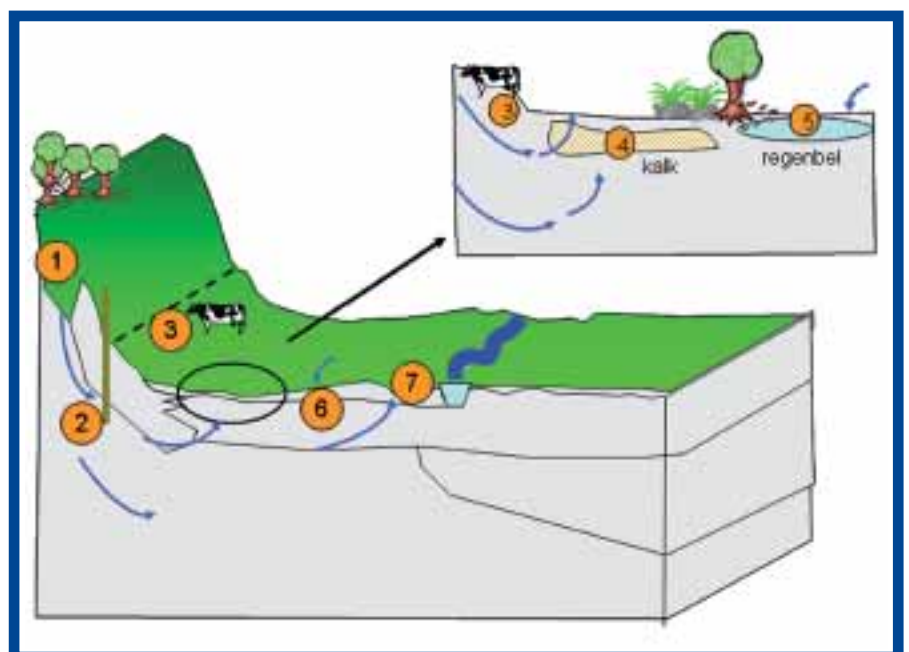


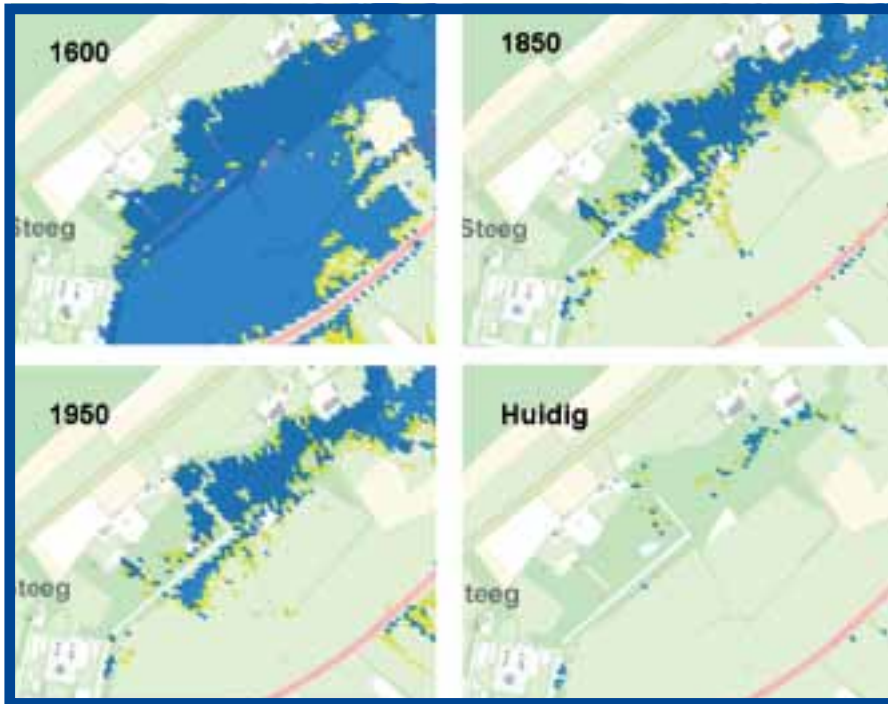
Afb. 1: De Havikerpoort

Ongeveer 16 procent van het opkwellende grondwater in de bronbossen wordt via korte stroombanen aangevoerd vanuit de aangrenzende landbouwpercelen aan de flank van de stuwwal³⁾. Dit leidt in de bronbossen tot sterk verhoogde nitraat- en fosfaatgehalten en tot veruiging van de vegetatie. Herstel

van de bron- en broekbossen dient zich niet alleen op verhoging van waterstanden en kwelintensiteit te richten, maar evenzeer op verbetering van de waterkwaliteit. Ongeveer 72 procent van het toestromende water naar de bronbossen bestaat uit diep Veluwewater, dat zeer schoon is.

Afb. 2: Systeemanalyse herkomst calciumrijk water in de bronbossen





Afb. 3: Globale omvang van het gebied met aan maaiveld uittredend grondwater (in licht en donkerblauw) en stijghoogte tot aan maaiveld (in geel) nabij Middachten in vier tijdsperiodes

In de ondiepe ondergrond (enkele meters onder maaiveld) van de bronbossen komen zeer kalkrijke leemlagen voor. Deze lagen zorgen ervoor dat het opkwellende water wordt verrijkt met kalk⁴⁾. Een deel van de bronbossen is veel basenarmer. Hier komt geen kwel meer aan maaiveld voor⁶⁾. Het bovenste grondwater bestaat uit een regenwaterlens³⁾. Van het toestromende water in het totale bronbosgebied bestaat 16 procent uit regenwater.

In het aangrenzende landbouwgebied in de uiterwaarden wordt kwel afgevangen door de diepe sloten, die door de klei insnijden in de zandondergrond. Deze waterlopen zorgen er dus voor dat het kostbare Veluwewater niet meer in de bronbossen opkwelt maar in deze sloten terecht komt.

In het centrale deel van de uiterwaarden komt (zeer) basenrijk oppervlaktewater voor. De basenrijkdom neemt verder toe in de richting van de IJssel door het kalkrijke karakter van de rivierzanden die onder de klei liggen⁷⁾. In dit gebied is het maaiveld door kleiwinning verlaagd en zijn ten behoeve van de drooglegging van de landbouw diepe sloten aangelegd na de ontkeiïng. Deze sloten vangen eveneens veel diep grondwater af. Ook de diepe zandwinplassen trekken diep grondwater aan. De plassen liggen echter zo ver weg dat dit geen grote nadelige invloed heeft op de kwelintensiteit in de bronbossen.

Historische analyse

Een historische analyse van de veranderingen

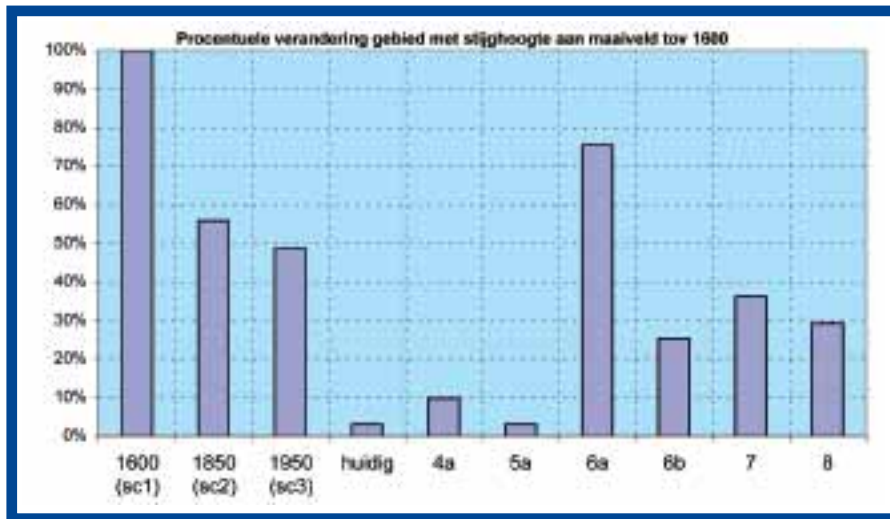
De belangrijkste ingrepen

periode	uitgangssituatie:
1600	Veluwe grotendeels heide aanwezigheid van de Ruitersbeek voor aanvoer van kwelwater naar de molen van kasteel Hof te Dieren
	ingrepen:
17e eeuw	bebossing van de Veluwe aanleg van de Paardegracht voor aanvoer van kwelwater naar de molen en waterpartijen van kasteel Middachten ondiepe drooglegging van de uiterwaarden
19e eeuw	Ruitersbeek in verval
eerste helft 20e eeuw	kleiwinning in de uiterwaarden
tweede helft 20e eeuw	begin en uitbreiding van de grondwaterwinning in Ellecom intensieve en diepe ontwatering van de uiterwaarden voor de landbouw ontstaan van de zandwinplassen aanleg van de stuw bij Driel (en een hoger IJsselpaai), gedeeltelijke kanalisatie van de IJssel

in het watersysteem in de afgelopen eeuwen was onderdeel van de systeemanalyse. Zo'n analyse is niet bedoeld om exact te reconstrueren hoe hoog de grondwaterstand een paar eeuwen geleden was, maar dient om aan te geven wat de belangrijkste hydrologische patronen waren en wanneer daarin de belangrijkste veranderingen zijn opgetreden. Ten opzichte van de effecten van de door te rekenen scenario's wordt zo bovendien een referentie verkregen, die inzichtelijk maakt welke maatregelen - en in welke mate - noodzakelijk zijn voor hydrologisch herstel en de daarbij behorende biodiversiteit.

Uit de geohydrologische modelberekeningen blijkt dat de eerste grote geohydrologische veranderingen optraden na het bebossen van de Veluwe en de aanleg van de Paardegracht en waterpartijen bij kasteel Middachten. Als gevolg hiervan is het gebied met aan maaiveld uittredend grondwater in 1850 meer dan gehalveerd ten opzichte van de uitgangssituatie (circa 1600, zie afbeelding 3). In het begin van de 20e eeuw werd in de uiterwaarden door kleiwinning, het maaiveld over grote oppervlakten verlaagd. Deze verlaagde percelen werden opnieuw landbouwkundig in gebruik genomen waarbij diepe sloten werden gegraven ten behoeve van de drooglegging. Dit leidde tot een kleine verandering van het gebied met uittredend grondwater. De tweede grote verandering trad op in de tweede helft van de 20e eeuw (afbeelding 3). Toen is men begonnen met het winnen van grondwater in Ellecom en het uitdiepen van bestaande sloten in de landbouwgronden. Samen met de aanleg van zandwinplassen heeft dit er voor gezorgd dat in de bronbossen vrijwel alle kwel aan maaiveld is verdwenen. In de huidige situatie treedt het kwelwater vooral uit in de uitgediepte landbouwsloten in de uiterwaarden.

Tot de 19e eeuw werden de watermolen en de vijvers in het landgoed Hof te Dieren gevoed door de aangelegde en opgeleide Ruitersbeek (zie afbeelding 1). De Ruitersbeek ving het kwelwater dat in de bronnen van Middachten uittrad op en voerde dit naar de watermolen en de vijvers. Halverwege de 19e eeuw raakte de Ruitersbeek in onbruik en stroomde al het water via de natuurlijke Oude Ruitersbeek richting uiterwaarden. Met het wegvallen van de aanvoer via de Ruitersbeek en door de onttrekking van grondwater door de winning Ellecom, vielen de vijvers bij Hof te Dieren steeds vaker droog. Tegenwoordig worden de vijvers op peil gehouden met opgepompt grondwater. Voor de aanpak van dit probleem zijn er twee mogelijke oplossingen. Ten eerste kan door een vermindering in grondwateronttrekking de wegzijging naar de ondergrond worden verminderd. Het beëindigen van de grondwaterwinning in Ellecom resulteert in een ongeveer één meter hogere grondwaterstand bij de vijvers. Dit zal het lekverlies in droge periodes aanzienlijk beperken. Ten tweede kan de Ruitersbeek in de toekomst weer relatief eenvoudig in ere worden hersteld. Uit metingen is gebleken dat ook in de huidige situatie voldoende kwelwater in Middachten voorradig is om



Afb. 4: Grootte van het gebied met kwel tot aan het maaiveld in de bronbossen bij Middachten

de beek te kunnen voeden en de vijvers op peil te houden. Met deze maatregel wordt de cultuurhistorische verbinding tussen de landgoederen van Middachten en Hof te Dieren weer versterkt.

Herstelmaatregelen

Uit de systeemanalyse blijkt dat de vegetatie in de bronbossen in principe kan worden hersteld als het opkwellende grondwater weer het maaiveld weet te bereiken. Aangezien de kalkrijke kleilagen zich in de ondiepe ondergrond bevinden, zal het opkwellende grondwater calciumrijk zijn. Om na te gaan welke maatregelen het meest effectief zijn om kwel naar de bronbossen te herstellen, is een aantal scenario's doorgerekend (zie afbeelding 4).

Afbeelding 4 toont per scenario de grootte van het gebied waarin het opkwellende grondwater het maaiveld bereikt. De situatie in 1600 wordt als de maximaal haalbare hoeveelheid beschouwd. In de huidige situatie blijkt de oppervlakte met kwel aan maaiveld te zijn geslonken tot slechts drie procent ten opzichte van 1600.

Om een indruk te krijgen van de meest effectieve manier om het gebied met kwel aan maaiveld te herstellen, zijn drie verkennende (extreme) scenario's doorgerekend: stoppen van grondwaterwinning (scenario 4a), dichten van alle zandwiplassen (scenario 5a) en dempen van vrijwel alle watergangen (scenario 6a). Uit deze scenario's blijkt dat dempen van de watergangen veruit het grootste effect oplevert (driekwart van het vroegere kwelgebied wordt hersteld). Stoppen met de grondwaterwinning bij Ellecom zorgt voor een herstel van tien procent van het vroegere kwelgebied en het dempen van de zandwiplassen voor slechts drie procent (gelijk aan de huidige situatie). Vervolgens is een maatschappelijk realistischer scenario doorgerekend dat meer rekening houdt met vooral landbouwbelangen (scenario 6b). Speciale aandacht hierbij hadden de sloten en beken direct ten zuiden van de bronbossen. Voor de jaren 1970 waren deze ondiep en doorsneden nog niet de deklaag van klei. Daarna vond

verdieping plaats tot in het onderliggende watervoerende zandpakket. Deze beken en sloten voeren sindsdien (extra) veel kwelwater af. De, ten opzichte van scenario 6a beperktere, maar meer realistische maatregelen, leiden in scenario 6b tot herstel van een kwart van het kwelgebied.

Lokale waterhuishoudkundige maatregelen zijn volgens de modelberekeningen blijkbaar zeer effectief. Scenario 7 is doorgerekend om na te gaan wat de toegevoegde effecten zijn van een vermindering van de grondwaterwinning naast deze lokale waterhuishoudkundige maatregelen (scenario 6b). Hieruit blijkt dat uitvoering van scenario 6b + halvering van de winning leidt tot herstel van 36 procent van het kwelgebied (scenario 7). Het herstel vindt vooral plaats aan de noord-oostzijde van de bronbossen (Avegoor).

Tot slot is onderzocht in hoeverre het oppervlak kwelgebied wordt vergroot wanneer een groter deel van de uiterwaarden in de maatregelen wordt betrokken. Dit zijn de lage, centraal in de uiterwaarden gelegen landbouwgronden, die in de eerste helft van de 20e eeuw zijn afgegraven ten behoeve van de kleiwinning (scenario 8). Natuurontwikkeling in deze gebieden zou zo gecombineerd kunnen worden met het vergroten van de kwel in de bronbossen. Het

Bronbos Middachten (foto: Karel Hanhart).



effect van dit scenario blijkt echter beperkt te zijn (29 procent tegenover 25 procent in scenario 6b). Wel geeft dit scenario meer potenties voor de ontwikkeling van nieuwe natte natuur tussen de snelweg en de IJssel.

Conclusie

Geconcludeerd kan worden dat herstel van de bronbossen alleen mogelijk is als ook de ontwatering van de landbouwgronden direct ten zuiden van de bronbossen vermindert. Het extra toestromende grondwater komt dan ten goede aan de bronbossen en niet aan de diep ontwaterende sloten en beken. De betrokken partijen moeten nu uitvoerbare en kosteneffectieve projecten op gaan zetten waarbij zo veel mogelijk de combinatie gezocht wordt met lopende initiatieven voor het omzetten van landbouwgronden in natuur. De landbouw is van groot belang voor het voortbestaan van de landgoederen en zichtassen vanuit kasteel Middachten. Voor de landbouwpercelen wordt vernattingsschade berekend. Dit vraagt om een betere kartering van de gemiddeld laagste en gemiddeld hoogste grondwaterstand. Het herstellen van de watervoerendheid van de Ruitersbeek wordt als 'geen spijt-maatregel' komend voorjaar als eerste uitgevoerd.

LITERATUUR

- 1) Verhagen F., A. Pors, A. Krikken en B. van der Wal (2006). Geohydrologische visie Havikerpoort. Royal Haskoning. Rapport 9R5191.
- 2) Westhoff V., P. Bakker, C. van Leeuwen, E. van der Voo, I. Zonneveld en R. Westra (1973). Wilde Planten, flora en vegetatie in onze natuurgebieden, deel 3. Vereniging tot behoud van natuurmonumenten in Nederland.
- 3) Baar M. van, H. Brussee en A. Janssen (1996). Vijvers beneden peil. Afstudeerrapport Hogeschool Larenstein. In opdracht van Nuon en Waterleidingmaatschappij Oostelijk Gelderland.
- 4) Hanhart K., R. Bijlsma en R. de Waal (2005). Hydrologisch vooronderzoek en monitoring EGM 2003 in de bronbossen van landgoed Middachten.
- 5) Jansen A., G. Bongers, H. van den Dool en B. Meijer (2006). Van zacht Veluwewater tot hard bronwater: de calciumbron van Middachten? Waterkenniscentrum Van Hall Larenstein.
- 6) De Vos W. (1999). Geofysisch en hydrologisch onderzoek nabij pompstation Ellecom. Nuon Water.
- 7) TNO (2000). Modelleromgeving Veluwe. In opdracht van Nuon Water. TNO-rapport 005.50393.