

Summary

Changes in landscape, human impact and management of moorland pools near Oisterwijk and Boxtel

The complex of over 150 moorland pools in the Oisterwijk-Boxtel area is one of the most important and well-known areas of shallow western European softwater lakes. Thirty pools with extensive historical records of chemistry and biota were resampled in 2015 and data on changes in landscape, human impact and management were retrieved from archives and interviews.

Until the end of the 19th century the pools were situated in heathlands and aeolian drift sands. They formed an essential part of the agricultural landscape as well as a source of energy (peat cutting) and proteins (fish farming). The fish farming required inlet of well-buffered water from nearby small streams, so gradients between inlet water and the originally poorly buffered pool water caused a high biodiversity. In the course of the 19th century the common heathland areas were sold to private owners and partially transformed to forest of Scots pines or arable land. In the first half of the 20th century the areas with the largest nature values were included in nature reserves, who could be barely protected from the desiccation and eutrophication of the environment. In the second half of this century the pools were also acidified by atmospheric deposition of sulphur and nitrogen compounds. In the last quarter of the 20th century and the first decade of the present century measures were taken to reduce the impact of acidification and eutrophication, including sediment removal and inlet of well-buffered groundwater. However it is a nearly impossible task to compensate for the excess ammonium deposition (mainly originating from current agricultural practice), which is two to four times higher than the critical load.

Dr. H. van Dam
herman.vandam@waternatuur.nl

3. Grond- en oppervlakte- water, pijlers onder de biodiversiteit van vennen

Variatie in de kwaliteit van toestromend grondwater en aan- en afvoer van oppervlaktewater zijn belangrijke pijlers onder de biodiversiteit in de Oisterwijkse vennen. Om de samenhang tussen omgeving en ven inzichtelijk te maken delen we de 30 onderzochte vennen op in vier hydrologische typen en bespreken we hoe veranderingen in de waterhuishouding en waterkwaliteit de biodiversiteit hebben beïnvloed.

Foto 1. Uitstroming van water uit het Klein Glasven over de Nianadreef in de winter van 2016 (foto: Karel Hanhart).

Een eerste abiotische voorwaarde voor typische vegetaties van vennen is een laag bicarbonaatgehalte (zwak gebufferde vennen) of zelfs de afwezigheid van bicarbonaat (zure vennen). Een vereiste daarvoor is dat een ven voornamelijk gevoed wordt door regenwater en/of grondwater uit kalkarme bodem. Met name in de beekdalvennen en de Centrale vennen is de voeding door matig fosfaatrijk en gebufferd beekwater een essentiële factor geweest voor de zeer hoge biodiversiteit in deze vennen.

Bodemopbouw

Voor een beter begrip van de ondergrondse weg (de stroombaan) die het kwelwater naar de verschillende vennen heeft afgelegd, is inzicht in de bodemopbouw nodig. De eerste 8 tot 12 meter van de bodem in het vennen-gebied wordt gevormd door het matig tot goed doorlatende zandpakket van de Forma-



Het belang van de toestroming door grondwater werd duidelijk toen het projectteam in februari 2017 het Klein Glasven (KGL) bezocht. Er liep een constant stroompje helder water over de Nianadreef, dat afkomstig was uit het oostelijke deel van het Klein Glasven (foto 1). Aangezien het de week hiervoor niet had gere-

gend, werd dit stroompje geheel gevoed door kwelwater dat aan de zuidoostzijde het vennetje instroomde. Het debiet van het stroompje bedroeg 2 l/s ofwel 170 m³/dag, wat betekent dat het venwater van het oostelijke deel van het Klein Glasven in die periode elke 18 dagen geheel werd ververs. Het

instromende grondwater was zeer zwak gebufferd. Het in-zijgingsgebied reikt slechts tot enkele honderden meters ten oosten van het ven. Het bestaat uit heide en voor een klein deel uit voormalig agrarisch gebruikt grasland en bos. Het landgebruik in deze strook bepaalt in hoge mate de kwaliteit van het venwater.

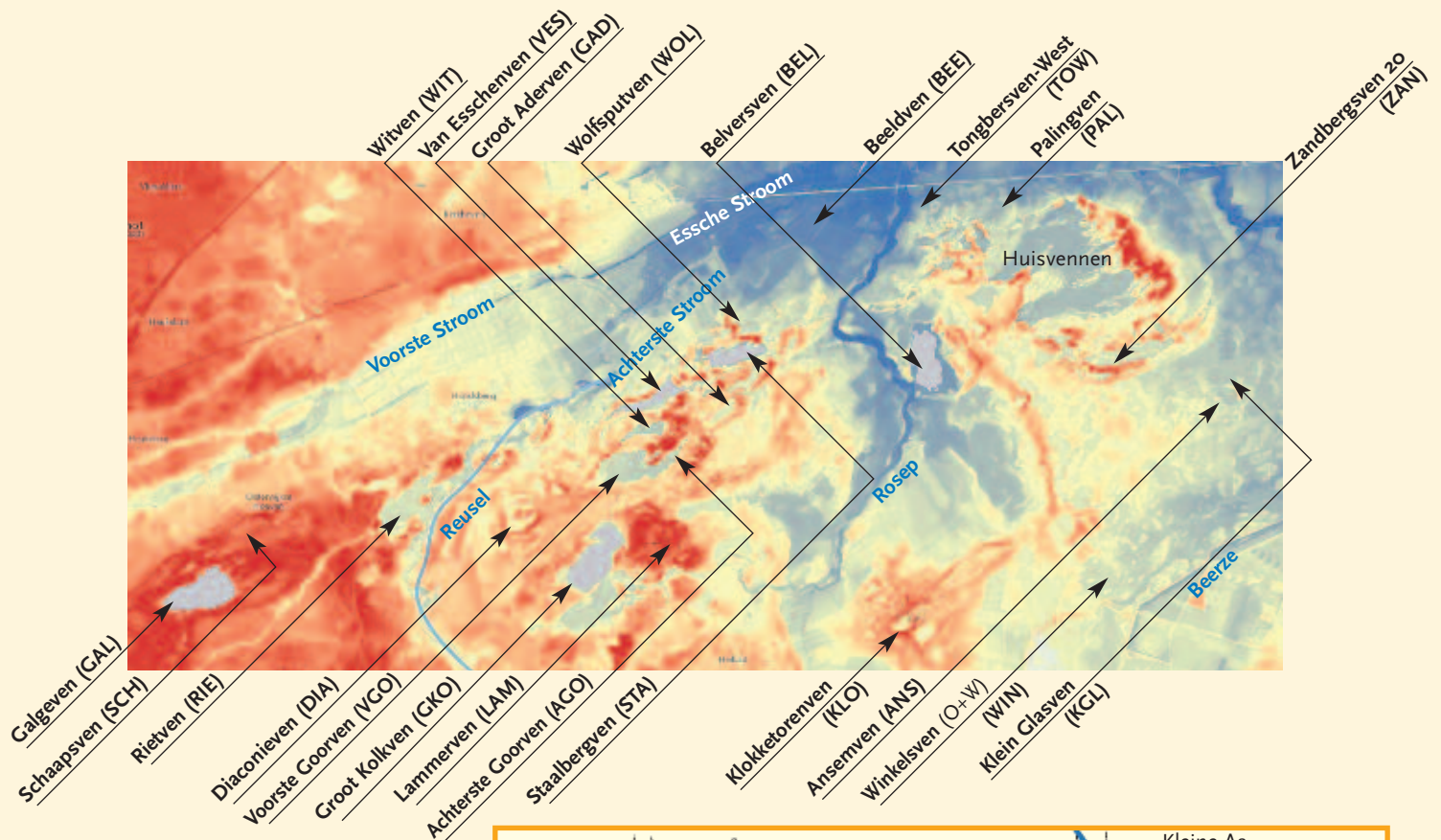


Fig. 1. Dekzandwelingen aan de bovenkant van de formatie van Baxtel, met insnijdingen door de beekdalen van de Reusel, Rosep en Beerze (bron: AHN2 hoogtekaart; rood = hoog, blauw = laag, www.ahn.arcgisonline.nl).

tie van Baxtel (Teunissen van Maanen, 1985; GDN-TNO, 2017a). In het centrum en aan de oostzijde van de Kampina bevindt zich aan de onderkant van de Formatie van Baxtel een 2 meter dikke slecht doorlatende kleilaag, waarop water stagneert (GDN-TNO, 2017b). Onder de Formatie van Baxtel bevindt zich een ca. 40 meter dik zeer goed doorlatend watervoerend pakket bestaande uit grof en grindrijk zand, behorende tot de Formatie van Sterksel. Hieronder bevindt zich een afwisseling van dikke, slecht doorlatende kleilagen en goed doorlatende zandlagen. Uit deze dieper gelegen zandlagen wordt op korte afstand van het vennengebied drinkwater gewonnen door de pompstations Haaren en Oirschot. Dit heeft geleid tot een daling van de waterdruk in de diepere zandpakketten, die mogelijk doorwerkt tot in het bovenste zandpakket van de Formatie van Baxtel. De bovenkant van de Formatie van Baxtel bestaat in het vengebied uit een brede gordel van dekzandwelingen (fig. 1). De dekzandwelingen worden van zuid naar noord doorsneden door de ca. 2-3 meter diepe beekdalen van Reusel, Rosep en Beerze, die uitkomen in het brede beekdal van de Voorste stroom/Achterste stroom/Essche stroom. Door uitstuiving zijn in de dekzandwelingen een aantal grote laagten



Fig. 2. Opbolling en radiale stroming van het grondwater in het zandpakket van de formatie van Baxtel vanuit de dekzandwelingen en uitgestoven laagten van de Kampina richting de beekdalen (bewerking van Roelofs & Vos, 1979).

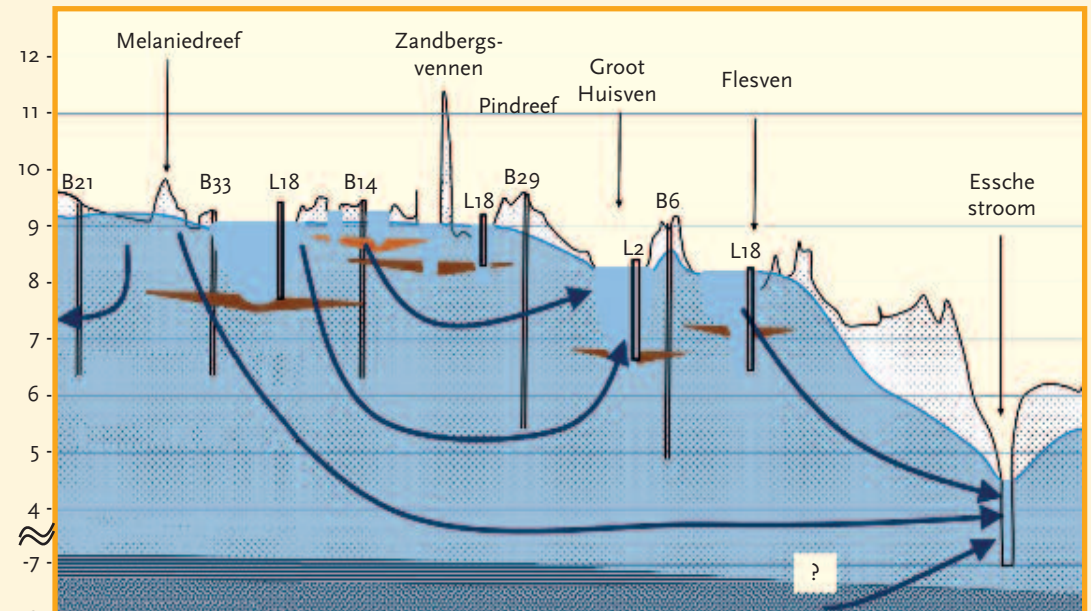
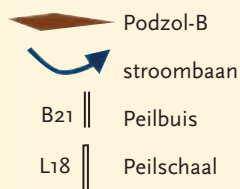
ontstaan waarin zich vennen hebben gevormd. Bij het Groot Kolkven (GKO), Belversven (BEL) en de Huisvennen is te zien dat het uitgestoven dekzand door de overheersende WZW-wind met name aan de ONO-zijde van de uitgestoven laagten is afgezet (rode kleur).

Invloed van grondwater

Het regenwater dat in het gebied inrijgt, stagneert voor een deel op een ondiep gelegen, slecht doorlatende verkitten podzol-B

horizont (boorstaten Natuurmonumenten en Beijer, 1976). Hierdoor ontstaan zgn. schijngrondwaterspiegels. Waar geen ondiepe slecht doorlatende bodemlagen voorkomen, stroomt het geïnfiltreerde regenwater richting de beekdalen, waar het vervolgens als kwelwater uittreedt (fig. 2). Door de weerstand van het ca. 10 m. dikke zandpakket van de Formatie van Baxtel vindt opbolling van het grondwater plaats (fig. 3; Roelofs & Vos, 1979). In 1985 is in een groot aantal vennen een

Fig. 3. Schematische weergave van de bodemopbouw en verwachte stroming van grondwater door het zandpakket van de Formatie van Boxtel in een natte wintersituatie. De dwarsdoorsnede volgt globaal de blauw gestippelde zuid-noord gerichte stroombaan door de Huisvennen in figuur 2.



peilschaal geplaatst in combinatie met een peilbuis op enige 10-tallen meters afstand van de venoever. Waar een slecht doorlatende bodemlaag werd aangetroffen is een extra korte peilbuis aangebracht, waarmee de hoogte van de schijngrondwaterspiegel wordt gemeten. De tot 32 jaar lange meetreeksen zijn met behulp van het statistische programma Menyanthes geanalyseerd. Op basis van de aan-/afwezigheid van een slecht doorlatende bodemlaag en de hierdoor veroorzaakte peilverschillen tussen het venpeil en (schijn)grondwaterpeil, zijn de vennen ingedeeld in vier hydrologische ventypen (fig. 4):

- **Ventype 1:** Slecht doorlatende laag valt samen met ven, geen toestroming van grondwater
- **Ventype 2:** Slecht doorlatende laag strekt zich uit buiten het ven, winterse toestroming van zeer lokaal en meest zuur grondwater
- **Ventype 3:** Ven met winterse toestroming van lokaal zuur tot zwak gebufferd grondwater via korte tot lange stroombanen door de zanden van Boxtel
- **Ventype 4:** Vennen in het beekdal met waarschijnlijk toestroming van gebufferd grondwater vanuit de Formatie van Sterksel

Hydrologisch ventype 1: schijngrondwaterspiegel, geen grondwatervoeding

Wanneer de slecht doorlatende laag zich bijna niet buiten het ven voortzet, wordt dit type ven vrijwel uitsluitend gevoed door zwak zuur ongebufferd regenwater (fig. 4.1). Dit ventype is doorgaans zuur; voorbeelden zijn het Diaconieven, Tongbersven, Palingven en Schaapsven. Het venpeil bevindt zich jaarrond hoger dan het grondwater rondom het ven. Het waterpeil daalt in de zomer vooral door verdamping; bij het Diaconieven met minder dan 25 cm. Het zure water en stabiele peil zijn ideaal voor hoogveenverlanding. De hoge zwaveldepositie in de

jaren tachtig heeft bijgedragen aan het zinken en verdwijnen van veenmosrijke drijftilen (Tomassen et al., 2004). Maar juist in diverse regenwatergevoede vennen hebben deze overleefd, waarschijnlijk dankzij de geringe aanvoer van het toen zwavelhoudende grondwater. Keerzijde is dat door de zeer geringe wegzijging het opgehoopte zwavel nog lang in de waterbodem aanwezig blijft. Indien er geen droogval plaatsvindt, raakt dit type ven vaak zeer zwak gebufferd als gevolg van reductieprocessen in de venbodem. Dit komt soms ook tot uiting in de vegetatie: met loos blaasjeskruid in het Schaapsven en stomp fonteinkruid in het door waterrecreatie beïnvloede Palingven. De beheerder heeft in dit ventype weinig mogelijkheden om de abiotische toestand van het ven te beïnvloeden. Hooguit kan de inwaai van blad en naalden worden vermindert. Bij kleine hoogveenvennen kan zo'n ingreep leiden tot aantasting van het vochtige microklimaat; hierover vindt in het kader van OBN nat zandlandschap nader onderzoek plaats.

Hydrologisch ventype 2: schijngrondwaterspiegel, met grondwatervoeding

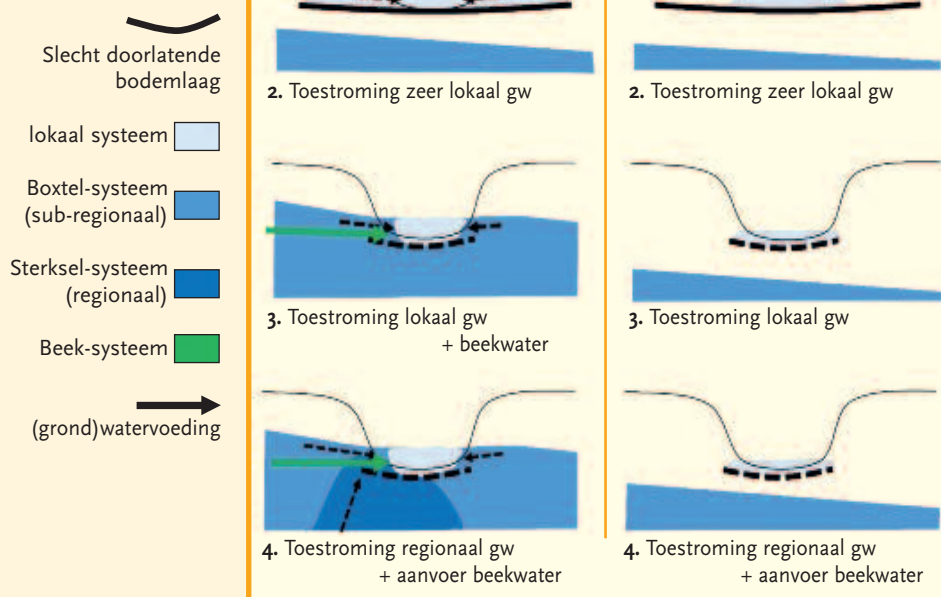
Wanneer de ondoorlatende bodemlaag zich ondergronds voortzet tot buiten het ven, vindt er in de winter opbolling plaats van zeer lokaal grondwater op deze bodemlaag (fig. 4.2). Een deel van het opbollende grondwater kan over afstanden van tientallen of honderden meters richting het ven stromen, waardoor de jaarlijkse fluctuatie van het venpeil met gemiddeld 30 cm iets groter is dan in ventype 1. Het grondwater is meestal weinig gebufferd en deze vennen zijn doorgaans zuur. Wel is de vegetatie op de locaties met lokale, winterse kwel vaak aanzienlijk soortenrijker, omdat ook wat calcium en ijzer wordt aangevoerd en door

de grondwaterstroming sterk gereduceerde bodemcondities worden voorkomen. In de Lammervennen zijn hier bijvoorbeeld moerashertschooi en veelstengelige waterbies te vinden.

Door de hoge ligging van de slecht doorlatende bodemlaag bevindt het peil van de Lammervennen zich maar liefst 1,5 tot 2 meter hoger dan de grondwaterstand in de Formatie van Boxtel. Andere voorbeelden zijn de vennen van de Adervenreeks: Klein Aderven, Groot Aderven (GAD), Staalbergven (STA) en Wolfspuutven (WOL). Hier strekt de slecht doorlatende bodemlaag zich uit onder en rondom de vier vennen. Doordat de slecht doorlatende laag in het midden van het Staalbergven is doorgraven, is het waterpeil van dit ven lager dan van de andere drie vennen. Om het lekke ven, dat wordt gebruikt als openlucht zwembad, op peil te houden wordt er al vanaf vóór 1970 in de zomer door de beheerder grondwater ingepompt. In het van nature zure en ongebufferde Staalbergven (ventype 2) bevinden zich dankzij het inpompen van grondwater vegetaties van (zeer) zwak gebufferde vennen zoals grote biesvaren, oeverkruid en drijvende waterweegbree.

De beheerder heeft in dit ventype de mogelijkheid om de hoeveelheid en kwaliteit van het toestromende grondwater naar de vennen te vergroten. Wanneer boven de slecht doorlatende laag bos wordt omgezet naar heide, neemt de verdamping af en de infiltratie van regenwater in de bodem toe. Doordat heidevegetaties minder stikstof uit de lucht invangen dan bomen, wordt het grondwater minder zuur, armer aan sulfaat en nitraat en rijker aan ijzer. Met name in de Kampina zijn er veel vennen die (deels) droogvallen doordat er sloten en greppels door slecht doorlatende bodemlagen zijn gegraven, zoals in de Zandbergvennen

Fig. 4. Toestroming van grondwater in verschillende hydrologisch ventypen.



(Beije, 1976). Deze slibben in de loop der tijd wel dicht, maar in ernstige gevallen zou afdichten met leem een optie kunnen zijn.

Hydrologisch ventype 3: toestroming van grondwater uit de formatie van Bostel

Onder veel vennen is bij de plaatsing van peilbuizen geen slecht doorlatende bodemlaag aangetroffen (fig. 4.3). De peilbuizen op de venoever meten de opbolling van het grondwater in het zandpakket van de Formatie van Bostel. In de winter stijgt het grondwater tot boven het venpeil en vult het ven zich; in de zomer zakt het grondwater iets onder het venpeil. Zo wordt het westelijke deel van het Achterste Goorven in de winter gevoed door zuur, met sulfaat belast grondwater vanuit het 10 m. dikke zandpakket van de Formatie van Bostel (fig. 5). Het bijzondere van het Achterste Goorven is dat in het deels verlande oostelijke deel van het ven een ondoorlatende laag in de bodem aanwezig is (ventype 2). Hierdoor wordt het oostelijk deel van het ven het hele jaar gevoed door zeer lokaal, zeer zwak gebufferd sulfaat-arm grondwater (vergelijk fig. 1 in Brouwer et al., art. 11 dit nummer). Door de verschillende typen grondwatervoeding heeft het ven tot op vandaag een bijzondere gradiënt van de zeer zwak gebufferde oostpunt met o.a. nog duizendknoopfonteinruid en waterdrieblad naar zuur water in de overige delen. Andere voorbeelden van vennen met toestroming

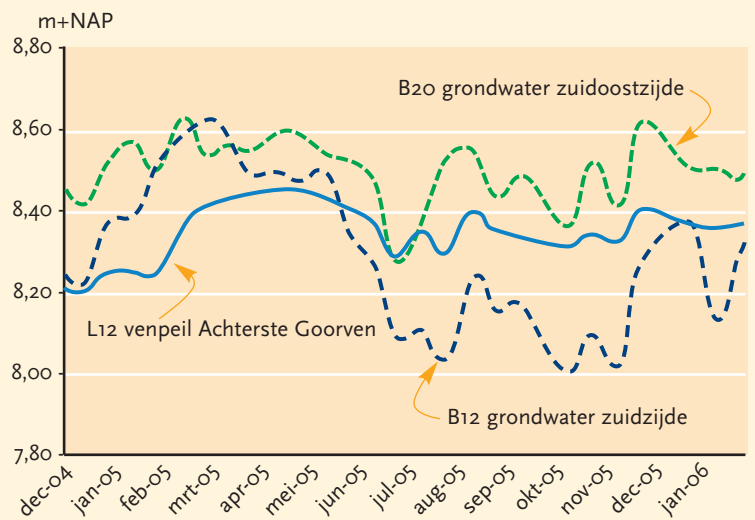
vanuit de Formatie van Bostel zijn de Centrale vennen, het Galgeven, de zuidzijde van de Huisvennen en het Winkelsven. Door de langere stroombaan van het toestromende grondwater kan het kwelwater in ventype 3 in grotere mate zijn aangerijkt met basen en meer ijzer bevatten dan het zeer lokale kwelwater in de ventypen 1 en 2. De hoeveelheid opgenomen basen is afhankelijk van de lengte en diepte van de stroombaan en samenstelling van het doorstroomde zandpakket. In het Belversven stroomt er aan de zuidoostzijde hoog op de oever zuur kwelwater over maaiveld naar het ven. Lager op de oever treedt er zwak gebufferd grondwater uit, dat blijkbaar een diepere stroombaan met meer basen heeft gevolgd. Binnen dit ventype 3 kunnen er dus gradiënten bestaan in de mate van buffering van het toestromende kwelwater. In dit ventype zijn weinig tot geen verdere peildalingen geconstateerd sinds het begin van de metingen. Dalingen hebben waarschijnlijk vooral plaatsgevonden vóór 1985, toen beken werden genormaliseerd, landbouwgronden ontwaterd, grondwater werd gewonnen en beregening zijn intrede deed. De gemiddelde jaarlijkse fluctuatie van dit ventype is met 31 cm ongeveer gelijk aan het ventype 2. Dit is opvallend, aangezien de fluctuatie van het grondwater gemiddeld groter is: ca. 80-100 cm. In veel vennen zorgt een uitlaatsloot met stuw voor afvlakking van hoogwaterpieken in de winter.

In dit ventype kan de beheerder de hoeveelheid en kwaliteit van het venwater minder makkelijk beïnvloeden. Doordat het inziingsgebied veel groter is dan bij de ventypen 1&2, is omzetting van bos naar heide alleen de moeite waard op grotere schaal, waarvan dan vaak meerdere vennen kunnen profiteren. Dit is recent succesvol gebeurd aan de oost-oever van het Belversven en in de omgeving van het Groot Huisven en Winkelsven. De meeste Oisterwijkse vennen van dit type hebben al eeuwenlang een afvoersloot met hierin een schotbalkstuw. De afvoersloten werden gebruikt om water af te laten ten behoeve van de visvangst of voor de drooglegging en ontvening (Huisvennen). Met de mogelijkheid om het stuwpeil te kunnen sturen, stuit de beheerder op een moeilijk dilemma. Bij een hoog stuwpeil kan er in de winter relatief weinig grondwater instromen: 'de kwel wordt uit het ven gedrukt'. Bij een laag stuwpeil vindt er meer instroming van grondwater plaats, maar kan de waterafvoer tot verdroging van het inziingsgebied leiden. Wanneer het ven voor de buffering en/of ijservoorraad afhankelijk is van grondwatertoestroming (Groot Huisven), is een geringe verlaging van het venpeil een serieuze optie (van Dam et al., art. 12 dit nummer). Dit geldt ook voor het Van Esschenven (Brouwer et al., art. 11 dit nummer). Het instellen van een laag stuwpeil is in feite de instandhouding van een onnatuurlijke situatie. Men dient echter te beseffen dat ten behoeve van de visvangst al eeuwenlang aan- en afvoersloten in het vennengebied aanwezig waren, die een belangrijke bijdrage leverden aan de biodiversiteit in de vennen. Een niet onbelangrijk bij-effect van het instellen van een niet te hoog stuwpeil is het aftoppen van winterse pieken in het venpeil. Hierdoor neemt de jaarlijkse fluctuatie van het venpeil af, waardoor omstandigheden voor (hoog)veenvorming ontstaan, zoals in het Belversven gebeurt.

Hydrologisch ventype 4: toestroming van diep grondwater

Dit ventype wordt aangetroffen in de beekdalen. Deze laag gelegen vennen kunnen worden gevoed door gebufferd grondwater dat via lange stroombanen wordt aangevoerd (mogelijk vanuit de Formatie van Sterksel; fig. 4.4). Wanneer, zoals bij het Rietven, een deel van het ven zich aan de rand van het beekdal bevindt, kan ook voeding van meer lokaal en zuurder water uit het zandpakket van de Formatie van Bostel plaatsvinden. Hierdoor zijn er in dit ven in potentie soortenrijke gradiënten aanwezig van de hoge rug naar het beekdal, die waarschijnlijk deels hersteld kunnen worden.

Fig. 5. Fluctuatie van het peil van het Achterste Goorven in 2005 (doorgetrokken blauwe lijn), grondwaterstand in het zandpakket van de Formatie van Boxtel aan de zuidoever (donkerblauwe stippellijn) en schijngrondwater-spiegel aan de zuidoostoever boven een slecht doorlatende podzol-B horizon (groene stippellijn).



Andere voorbeelden zijn het Beeldven en mogelijk ook de drie Kolkvennen. De laatste vennen grenzen aan het zuidelijker gelegen Moergestelse broek, waar tot in een recent verleden sprake was van kwel van gebufferd grondwater uit de Formatie van Sterksel. De aanvoer van grondwater dat rijk is aan calcium en kooldioxide maakt een uitbundige groei mogelijk van waterlaag vullende planten van zwak gebufferde wateren, zoals doorschijnend glanswier (*Nitella translucens*) en ongelijkbladig fonteinkruid, vaak vergezeld van een rijke sieraalflora in de verlandingszone. Het eveneens meestromende ijzer zorgt ervoor dat de waterlaag vrijwel fosfaatvrij blijft. Deze rijkdom is echter grotendeels verdwenen door inlaat van voedselrijk beekwater, visserij en het wegdrukken van de kwel door hoge venpeilen.

Ook in dit ventype is de instelling van het stuwpeil van de uitlaatsloot een belangrijke knop om de waterkwaliteit te sturen. Het opschonen van het Beeldven leverde aanvankelijk een spectaculair herstel op, met o.a. grote hoeveelheden doorschijnend glanswier (van Beers & Bruinsma, 1996). In 2015 was de waterlaag soortenarm en was de buffercapaciteit met 0,1-0,2 meq/l vermoedelijk veel lager dan vroeger. Uit de vele ijzervliezen in de greppels in de omgeving kan echter worden afgeleid dat de kwel naar het gebied goed is hersteld. Het ijzerrijke naar de greppels toestromende grondwater is met een buffercapaciteit van 5,0 meq/l zeer goed gebufferd. Blijkbaar kan dit kwelwater onvoldoende doordringen tot in het ven zelf. De oorzaak hiervan is waarschijnlijk de hoge opstuwing van dit ven ter hoogte van de uitlaatsloot; hierdoor is het venpeil in de meetperiode van 2001 tot 2015 ca. 40 cm gestegen. Mogelijk heeft het wegdrukken van kwel ook plaatsgevonden in de Kolkvennen.

Invloed van beekwater

Ten behoeve van de visvangst werden het Groot Kolkven en de Centrale vennen doorstroomd met matig voedselrijk en gebufferd Rosepwater. Door de toestroming van vrij zuur water over slecht doorlatende bodemlagen (ventype 2) en (zwak) gebufferd water vanuit de zanden van Boxtel (ventype 3) waren deze vennen al rijk in gradiënten van zuur naar zwak gebufferd. Het contact met

Rosepwater heeft deze gradiënt verder vergroot, en vond ook plaats in het Winkelsven, Belversven, Beeldven en Rietven. Deze aanvoer van oppervlaktewater kan alleen gunstig uitpakken wanneer er tegelijkertijd ijzer wordt aangevoerd met het grondwater, waardoor met het inlaatwater meekomende fosfaten worden gefixeerd.

Conclusie

De voor elk ven andere combinatie van hydrologische voeding met regen-, grond- of oppervlaktewater, was een belangrijke pijler onder de grote biodiversiteit van de Oisterwijkse vennen. Door aantasting van de hoeveelheid en kwaliteit van toestromend grondwater en eutrofiëring van beekwater zijn deze pijlers aangetast. Door rekening te houden met de manier waarop vennen worden gevoed, kan op termijn een deel van de biodiversiteit worden hersteld. Er zijn echter nog belangrijke kennislacunes, zoals de verbreiding en doorlatendheid van ondiepe, slecht water doorlatende bodemlagen, de mate van verzuring en ontijzing van het toestromende grondwater en de omvang van de slecht doorlatende kleilaag tussen de formaties van Boxtel en Sterksel.

Literatuur

- Beers, P.W.M. van & J. Bruinsma, 1996. Terugkeer van doorschijnend glanswier in het Beeldven. *De Levende Natuur* 97 (4): 146-150.
- Beije, H.M., 1976. Vennen op Kampina en hun beheer. Rapport LH/NB 316. Vakgroep Natuurbeheer, Landbouwhogeschool, Wageningen.
- Geologische Dienst Nederland – TNO, 2017a. Digitaal Geologisch Model, versie 2.2, www.dinoloket.nl.
- Geologische Dienst Nederland – TNO, 2017b. REGIS II-v2.2 hydro-geologisch model, www.dinoloket.nl.
- Roelofs, H.J. & W. Vos, 1979. Landschapsecologische relaties via het grondwater in de Kampina en omgeving. Rapport 213. Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw De Dorschkamp, Wageningen.
- Teunissen van Manen, T.C., 1985. Toelichting bij

de kaartbladen 50 Oost Tilburg en 51 West Eindhoven. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

Tomassen, H.B.M., A.J.P. Smolders, L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs, 2004. Development of floating rafts after the rewetting of cut-over bogs: the importance of peat quality. *Biogeochemistry* 71: 69-87.

Summary

Consequences of changes in seepage and inlet of surface water for the moorland pools near Oisterwijk

A diverse hydrological pattern is one of the driving factors behind the biodiversity of moorland pools near Oisterwijk and Boxtel. These pools are classified in four types. (1) Where a soil layer with a poor hydraulic conductivity is present under the pool only, the pool is fed by rain water and annual fluctuations of the water level are small. (2) If this soil layer extends far beyond the perimeter, such pools periodically receive moderately acid seepage water and water level fluctuations are potentially higher. (3) A third type of shallow lakes is fed by groundwater that has travelled a longer distance through the sandy soils of the Boxtel formation. Before the period of acidification, this groundwater was less acid and more rich in ferrous iron. Finally, shallow pools along the stream valleys differ from this type by receiving somewhat calcareous groundwater originating from deeper sandy formations. In some pools, the inlet of rather nutrient poor, but calcareous stream water created additional gradients extremely rich in biodiversity. Water quality severely declined due to pollution of river water, reduced groundwater seepage and pollution of groundwater. The understanding of the interaction between hydrology and biochemistry in these lakes is of vital importance for successful restoration of the former biodiversity.

Ir. K. Hanhart
k.hanhart@eelerwoude.nl

Dr. E. Brouwer
e.brouwer@b-ware.eu