

Het grondwaterregime heeft grote invloed op standplaatscondities en vegetaties. Maar waarom zijn grondwaterstanden zo belangrijk voor de plantengroei, en hoe werken ze door op standplaatscondities en vegetatiesamenstelling? En hoe kunnen we kennis over deze relaties toepassen in het water- en natuurbeheer?



Invloed van grondwaterstanden op standplaatscondities en vegetatie

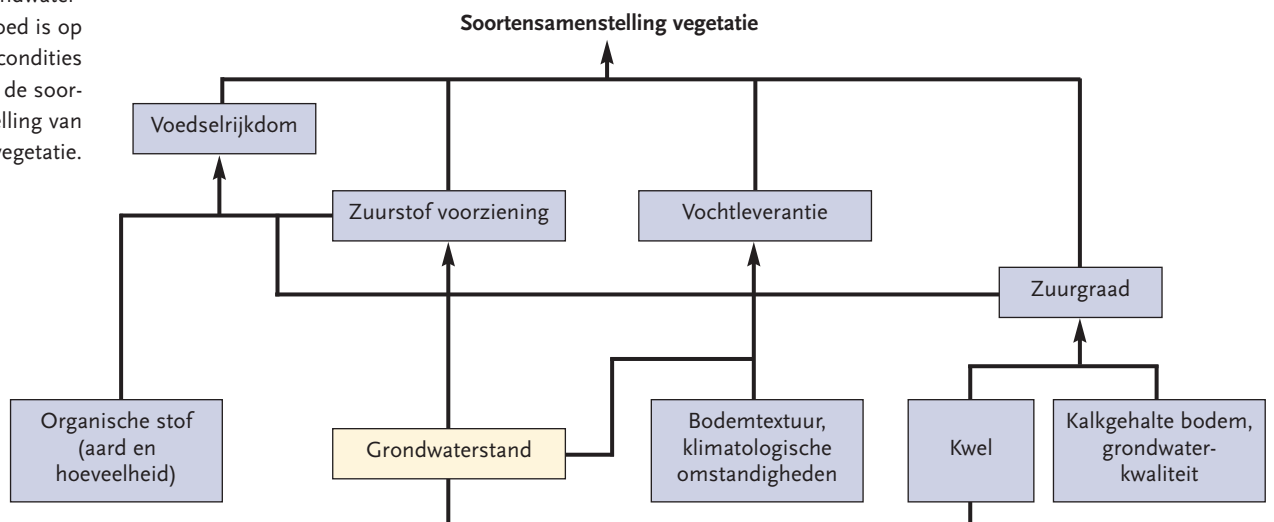
Veel van onze meest waardevolle vegetaties zijn afhankelijk van ondiepe grondwaterstanden. Bij het opstellen van beheerplannen is het daarom belangrijk te weten welke eisen vegetatietypen stellen aan het grondwaterregime. Een probleem waar we tegen aan lopen bij het bepalen van de ecologische vereisten van vegetatietypen is dat grondwaterstanden niet rechtstreeks van invloed zijn op de plantengroei, maar altijd via andere factoren als zuurstofbeschikbaarheid, vochtbeschikbaarheid, zuurgraad en voedselrijkdom (fig. 1). De vraag is welke consequenties dit heeft voor de wijze waarop we een koppeling leggen tussen grondwaterstanden en vegetatietypen.

Invloed grondwaterstand via zuurstofvoorziening

Grondwater heeft allereerst grote invloed op de beschikbaarheid van zuurstof. Wanneer bodemporiën met water verzadigd raken, neemt de beschikbaarheid van zuurstof snel af, zeker wanneer de temperatuur voldoende hoog is voor biologische processen als bacteriële afbraak van organisch materiaal en zuurstofopname door plantenwortels. De verminderde zuurstofbeschikbaarheid leidt tot reductieprocessen, waarbij voor planten potentieel toxische stoffen als ammonium, sulfide en tweewaardig ijzer en mangaan worden gevormd. Planten die voorkomen op plekken die gedurende het groeiseizoen waterverzadigd, en daarmee tenminste perio-

diek zuurstofloos zijn, worden traditioneel aangeduid als hygrophyten. Meest kenmerkende aanpassing van deze soorten is het bezit van luchtwefsels, waarmee zuurstof naar de wortels kan worden getransporteerd. Maar ook andere aanpassingen zijn mogelijk, zoals oppervlakkige beworteling, of het pas laat in het groeiseizoen actief worden, wanneer grondwaterstanden al weer zijn gedaald. Uit diverse onderzoeken komt naar voren dat de hoogste grondwaterstanden bepalender zijn voor het voorkomen van aan natte standplaatsen aangepaste soorten dan de laagste grondwaterstanden (Runhaar et al., 1997). Vaak wordt de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) gebruikt als voorspeller

Fig. 1. Mechanismen via welke de grondwaterstand van invloed is op de standplaatscondities en daarmee op de soortensamenstelling van de vegetatie.



Rode klaver (*Trifolium pratense*) is een voorbeeld van een mesofyt, een soort zonder specifieke aanpassingen aan zuurstof- of droogtestress. De meeste landbouwgewassen zijn mesofyt. In natuurgebieden zijn obligate mesofyten relatief zeldzaam. Veel soorten die op vochtige standplaatsen worden aangetroffen hebben wel enige aanpassing aan zuurstofstress (en kunnen dus ook op natte standplaatsen groeien) of aan droogtestress (en kunnen dus ook op droge standplaatsen groeien) (foto: Han Runhaar).

voor het aandeel hygrofyten. Bij een normaal seizoensmatig grondwaterverloop is het voorjaar de periode met de hoogste grondwaterstand gedurende de groeiperiode. Figuur 2 toont het aandeel hygrofyten in de vegetatie als functie van de GVG op basis van gegevens uit Staatsbosbeheergebieden (Runhaar, 1989; Hommel et al., 2007). Er is duidelijk sprake van een niet-lineair verband: bij voorjaars(grond)waterstanden aan of boven maaiveld wordt de vegetatie geheel gedomineerd door hygrofyten. Bij voorjaarsgrondwaterstanden van meer dan een meter onder maaiveld ontbreken hygrofyten geheel. De relatie met de GVG is alleen geldig voor ons huidige klimaat en alleen bij standplaatsen met een min of meer natuurlijk seizoensmatig grondwaterstandverloop. In getijdengebieden heeft het begrip voorjaarsgrondwaterstand geen betekenis. En bij een door peilbeheer bepaald grondwaterregime met hoge standen in de zomer zal juist in die warme periode zuurstofgebrek optreden. Door Bartholomeus et al. (2008) is een methode ontwikkeld om op basis van grondwaterstanden en aanvullende bodemgegevens en meteorologische gegevens een schatting te maken van de zuurstofstress. Berekend wordt het verschil tussen zuurstofbehoefte bij optimale gewasgroei en actuele zuurstofleverantie. Voor een deelselectie van de gegevens uit de Staatsbosbeheergebieden is een berekening gemaakt van de zuurstofstress. De verklaarde variantie in het aandeel hygrofyten is vergelijkbaar met die voor de GVG als verklarende factor (resp. 66 en 67% verklaarde variantie). De relatie met de zuurstof-

stress is naar verwachting ook bruikbaar in gebieden met een niet seizoensmatig grondwaterstandverloop (zoals buitendijkse gebieden met getijdeninvloed) en met een ander klimaat. Dat laatste is van belang bij toepassing buiten Nederland en bij de voorspelling van effecten van klimaatverandering.

Invloed grondwaterstand via vochtvoorziening

De hoeveelheid vocht die beschikbaar is voor plantengroei en verdamping is zeer bepalend voor het type planten dat ergens groeit. Op droge standplaatsen met slechts een beperkte vochtbeschikbaarheid komen vooral xerofyten voor. Dat zijn soorten die aan droogte zijn aangepast door bijvoorbeeld beharing, wateropslag, een scleromorfe bouw of door perioden met droogte te vermijden (winterannuellen). Op plekken met een betere vochtvoorziening komen planten voor die dergelijke aanpassingen missen, de zogenaamde mesofyten.

Het potentieel aantal dagen met droogtestress blijkt een goede voorspeller voor het aandeel xerofyten (Jansen et al., 2000). De potentiële droogtestress wordt berekend als het gemiddeld aantal dagen met een vochtspanning nabij het verwelkingspunt in de wortelzone, uitgaande van een standaard grasbegroeiing. Figuur 3 laat zien dat vegetaties met meer dan 50 dagen potentiële droogtestress worden gedomineerd door xerofyten.

Het aantal dagen met droogtestress wordt bepaald door de neerslag en verdamping en de eigenschappen van de bodem. Leemgron-

den, zavelgronden en lichte kleigronden hebben zodanig gunstige vochtleverende eigenschappen dat in ons klimaat, met een relatief groot neerslagoverschot, alleen in extreem droge jaren droogtestress optreedt. In bodems met veel grove poriën, zoals zandgronden, zakt regenwater echter snel weg naar de ondergrond en blijft onvoldoende hangwater over. Hier is nalevering vanuit het grondwater via capillaire opstijging belangrijk. Deze nalevering is sterk bodemafhankelijk en varieert van 30 cm in zware klei en sommige soorten veen tot circa anderhalve meter in lemig fijn zand en lichte zavel (van der Sluijs, 1990). Of vochtminnende soorten wel of niet grondwaterafhankelijk zijn en tot welke grondwaterstanddiepte ze kunnen voorkomen is dus sterk afhankelijk van de bodemtextuur en het neerslagoverschot.

Relatie met zuurgraad

Op kalkarme zand- en veengronden is aanvoer van baserijk grond- of oppervlaktewater meestal een belangrijke voorwaarde voor de buffering van de zuurgraad. Op gebiedsniveau kan een duidelijke relatie worden aangetoond tussen de zuurbuffering door grondwater en de diepte tot waarop de grondwaterstanden wegzakken (Kemmers, 1990). Wanneer de grondwaterstanden te diep wegzakken, kan het grondwater niet meer de wortelzone bereiken via capillaire opstijging. En omgekeerd zal de grondwaterstand op plekken met grondwateraanvoer minder ver wegzakken dan op plekken met alleen infiltratie van regenwater. De laagste grondwaterstanden geven daarmee potentieel informatie over het al dan niet optreden van kwel.

Vraag is of ook op landelijke schaal een relatie kan worden gevonden tussen zuurbuffering en grondwaterstand. Dat is onderzocht aan

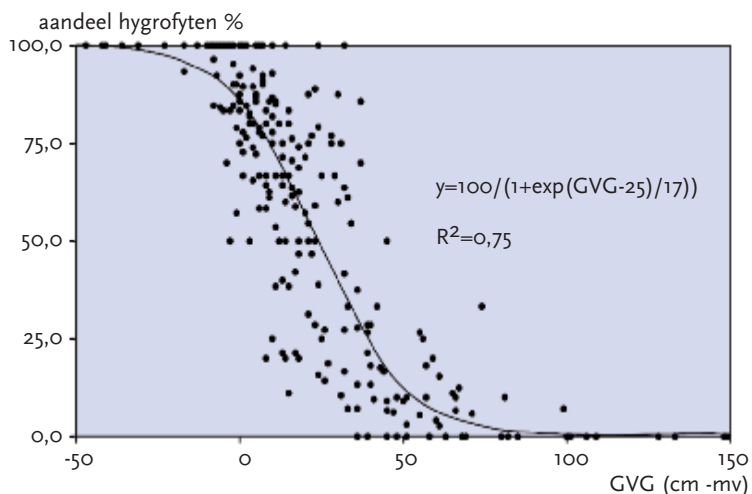


Fig. 2. Relatie tussen aandeel hygrofyten in de vegetatie en de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) op basis van gegevens uit Staatsbosbeheergebieden (bron: Runhaar, 2010).

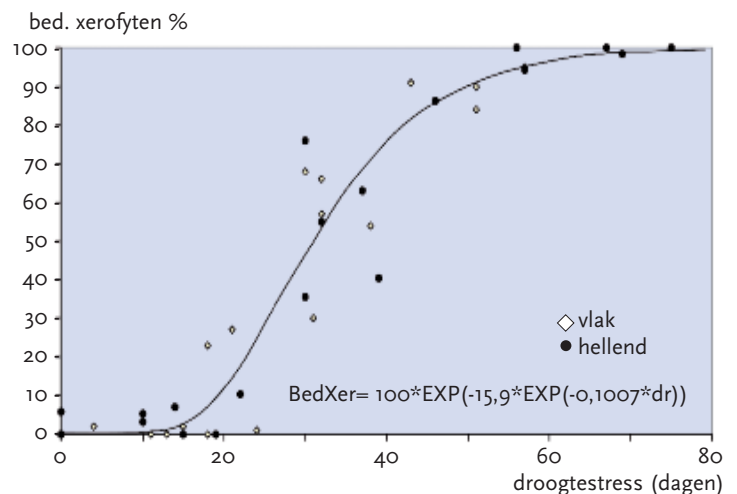


Fig. 3. Relatie tussen bedekking van xerofyten en het potentiële aantal dagen met droogtestress op basis van gegevens Jansen et al., 2000 (vlakke gebieden) en Jansen & Runhaar, 2005 (hellende gebieden). $R^2 = 0,90$.

Oeverzegge (*Carex riparia*) is een typische hygrofyt. Net als andere zeggen is Oeverzegge in het bezit van luchtweefsel, waarmee het zuurstof naar de wortel kan transporteren. Daardoor kan de plant overleven in waterverzadigde en zuurstofloze condities. De plant kan ook prima overleven in vochtige condities. Dat de soort toch vooral op natte plekken wordt aangetroffen heeft waarschijnlijk te maken met de mindere concurrentiekracht op vochtige standplaatsen (foto: Han Runhaar).



de hand van de eerder genoemde grondwatergegevens uit natuurterreinen van Staatsbosbeheer. De analyse is beperkt tot kalkarme standplaatsen op zand en veen waar aanvoer van baserijk grondwater naar verwachting de voornaamste bron van buffering vormt. Uit de analyse blijkt dat ook op landelijke schaal een relatie bestaat tussen de zuurbuffering en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG), maar de relatie is minder eenduidig dan zoals op gebiedsniveau gevonden door Kemmers (Runhaar, 2010). Bij diepe GLG's zijn alleen zure standplaatsen aangetroffen (fig. 4). Dat kan worden verklaard doordat bij een diepe grondwaterstand onvoldoende baserijk grondwater kan doordringen tot in de wortelzone. Bij ondiepe GLG's bestaat er een grote spreiding in zuurgraad. Dat wijst er op dat in deze situaties andere factoren, zoals de grondwatersamenstelling en de aanwezigheid van kwel, bepalend zijn voor de mate van buffering. Hier heeft het bodemtype een duidelijke invloed op de waargenomen relatie tussen grondwaterstand en zuurgraad (fig. 4). Dat hangt onder meer samen met verschillen in bodemeigenschappen: de capillaire opstijging is in veen minder dan in zand.

Relatie met de voedselrijkdom

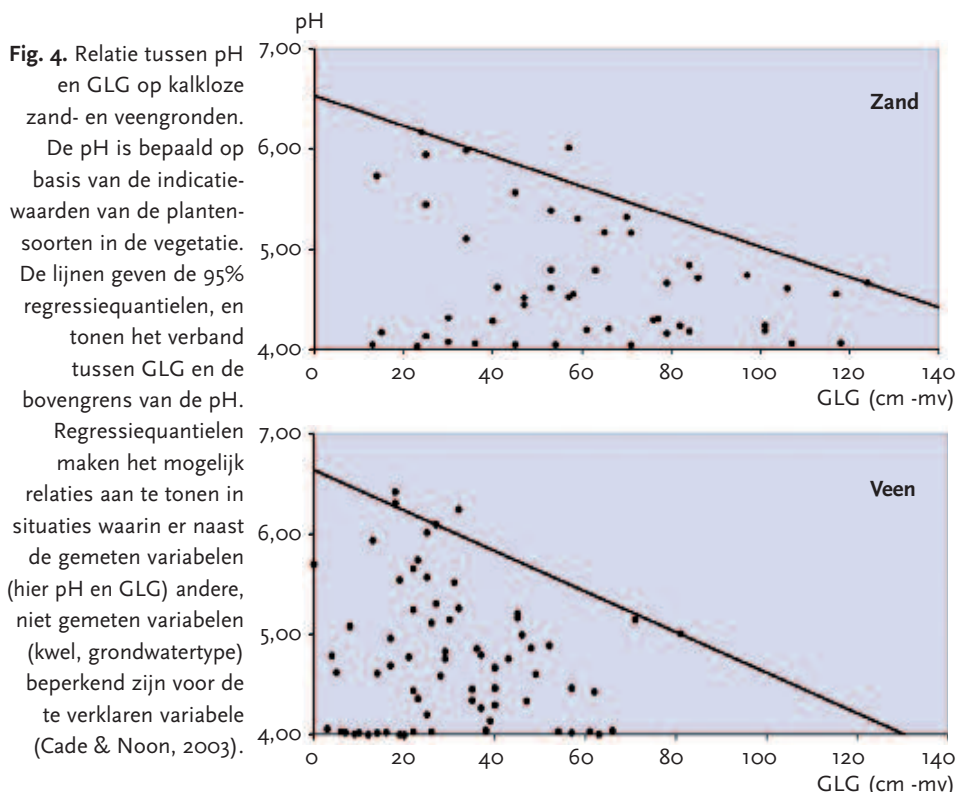
De grondwaterstand is via een aantal mechanismen ook van invloed op de voedselrijkdom. Op permanent natte standplaatsen remt zuurstofgebrek de afbraak van organisch materiaal en daarmee de beschikbaarheid van nutriënten. Volgens Hendriks (1992) is de snelheid van veenafbraak onder anaerobe omstandigheden een factor 100 tot 1000 maal lager dan die onder aerobe omstandigheden. De afbraak verloopt het snelst onder zwak zure tot basische omstandigheden (pH > 6). Wanneer waterverzadigde organische bodems worden drooggelegd, wordt het organische materiaal alsnog afgebroken. Dat kan leiden tot het vrijkomen van aanzienlijke hoeveelheden stikstof. In eutrofe veengronden kan grondwaterstandverlaging leiden tot het vrijkomen van enkele honderden kilogrammen stikstof per hectare per jaar.

De grondwaterstand is ook van invloed op de fosfaatbeschikbaarheid. Onder natte omstandigheden neemt de oplosbaarheid van fosfaat sterk toe (Ponnampuruma, 1972). Een mogelijke verklaring is dat onder natte en daardoor zuurstofloze omstandigheden gereduceerd ijzer (Fe^{2+}) ontstaat dat minder sterk aan fosfaat bindt dan geoxideerd ijzer (Fe^{3+}).

Omdat de relatie tussen grondwaterstand en voedselrijkdom sterk afhankelijk is van het organische stofgehalte en de chemische samenstelling van bodem en grondwater is er geen eenduidige relatie aan te geven tussen grondwaterstand en voedselrijkdom. Zo kan vernatting op de ene plaats leiden tot een afname van de voedselrijkdom, door vermindering van de afbraak van organisch materiaal, en op andere plaatsen juist leiden tot een toename van de voedselrijkdom door het vrijkomen van fosfaat.

Bepaling grondwaterstandseisen vegetaties

Bij de bepaling van de Ecologische Vereisten van habitattypen, die is uitgevoerd in opdracht van het toenmalige ministerie van LNV (Runhaar et al., 2009), hebben we een aanpak gevolgd waarin zoveel mogelijk rekening is gehouden met hiervoor beschreven relaties tussen grondwaterstanden, operationele standplaatsfactoren en functionele eigenschappen van planten. Daarbij is de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) gebruikt als verklarende factor voor het onderscheid tussen door hygroyten dan wel door mesofyten en xerofyten gedomineerde natte vegetaties.



Voor de bepaling van de kritische voorjaarsgrondwaterstand is gebruik gemaakt van gemeten grondwaterstanden. Waar deze ontbreken is ook gebruik gemaakt van schattingen op basis van het aandeel hygroyten in de vegetatie. De potentiële droogtestress is gebruikt als verklarende factor voor het onderscheid tussen door respectievelijk mesofyten en xerofyten gedomineerde vegetaties. Kritische droogtestresswaarden zijn geschat op basis van het aandeel xerofyten in de vegetatie. Omdat voor beheerders de potentiële droogtestress een weinig praktische maat is, zijn door Jansen en Runhaar (2001) met het bodemvochtmodel SWAP relaties afgeleid waaruit het mogelijk is om afhankelijk van het bodemtype en het neerslagoverschot af te lezen welke grondwaterstand nodig is voor de gewenste vochtvoorziening.

De zuurgraad en de voedselrijkdom worden, zoals hiervoor aangegeven, slechts in beperkte mate bepaald door de grondwaterstand. Daarom zijn ze gebruikt als zelfstandige verklarende standplaatsfactoren, naast voorjaarsgrondwaterstand en vochtvoorziening. Bij vegetaties die afhankelijk zijn van gebufferde condities (pH > 4,5) wordt daarnaast aangegeven onder welke omstandigheden aanvoer van baserijk grond- of oppervlaktewater voorwaarde vormt voor instandhouding van deze condities.

Een risico van een meer causale aanpak is dat er essentiële relaties worden gemist, omdat er nog te weinig bekend is over de onderliggende werkingsmechanismen. Daarom hebben we in de bepaling van de Ecologische Vereisten van vegetatietypen soms ook gebruik gemaakt van meer correlatieve relaties met grondwaterstanden, en wel in situaties waar er duidelijke aanwijzingen zijn dat de betreffende factor zeer bepalend is voor de vegetatie. Dat is gebeurd bij een aantal (potentieel) veenvormende vegetaties als elzenbroekbos, zeggenvegetaties, hoogveen en trilveen. Daarbij zijn eisen gesteld aan de diepte tot waarop de grondwaterstand mag wegzakken, ook al is niet precies bekend wat het onderliggende mechanisme is (zie kader).

Toepassing in de praktijk

De Ecologische Vereisten Natura 2000 worden op ruime schaal toegepast bij het opstellen van beheerplannen voor Natura 2000 gebieden. Op basis van de gegevens kunnen water- en natuurbeheerders nagaan welke eisen vegetaties stellen aan de grondwaterstand. Wat daarbij door terreinbeheerders als een belangrijk gemis wordt ervaren is dat

Kader. Relatie functionele plantengroepen en GLG

In de Ecologische Vereisten Natura 2000 (Runhaar et al., 2009) worden bij een aantal (potentieel) veenvormende vegetaties als broekbossen, grote-zeggenvegetaties, hoogveen en trilveen eisen gesteld aan de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). Daarbij wordt uitgegaan van uit veldgegevens afgeleide kritische ranges. In de genoemde vegetaties komen relatief veel mossen en planten met luchtweefsel (zeggen, biezen, riet) voor. Dat was aanleiding om een relatie met de groeivorm te veronderstellen. Bij mossen zou dat kunnen samenhangen met de verdrogingsgevoeligheid van veel soorten. Bij door zeggen en andere grasachtige planten gedomineerde vegetaties was het idee dat ze op permanent natte plekken een extra concurrentievoordeel hebben ten opzichte van soorten zonder luchtweefsel.

Om deze veronderstellingen te toetsen is gebruik gemaakt van de gegevens uit Staatsbosbeheergebieden, waarbij een inperking heeft plaatsgevonden tot voedselarme natte standplaatsen met korte vegetaties. Nagegaan is of binnen de groep van hygroyten (soorten kenmerkend voor natte standplaatsen) een relatie is te vinden tussen het aandeel van functionele plantengroepen en de GLG. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen mossen, helofyten (rechtopstaande, bij inundatie boven water uitstekende planten met zuurstofweefsel zoals zeggen en biezen) en overige hygroyten. Het blijkt dat het aandeel mossen conform de verwachting negatief is gerelateerd aan de GLG (fig. 5): mossen hebben op permanent natte standplaatsen een significant hogere bedekking hebben dan op periodiek natte standplaatsen. Bij de helofyten kon echter geen relatie worden aangetoond met de GLG. Dat roept de vraag op of laagste grondwaterstanden echt zo belangrijk zijn voor zeggenvegetaties als we tot nu toe hadden aangenomen, of dat andere factoren dan de zuurstofvoorziening zorgen voor de binding van zeggenvegetaties aan permanent natte situaties.

geen kwantitatieve relatie wordt gelegd tussen zuurbuffering en grondwaterstanden. In veel Natura2000-gebieden vormt niet de verdroging door te lage grondwaterstanden het grootste probleem, maar de verzuring door het wegvalen van aanvoer van baserijk grondwater. In de Ecologische Vereisten wordt wel aangegeven wat kritische pH-ranges zijn waarbij vegetatie-

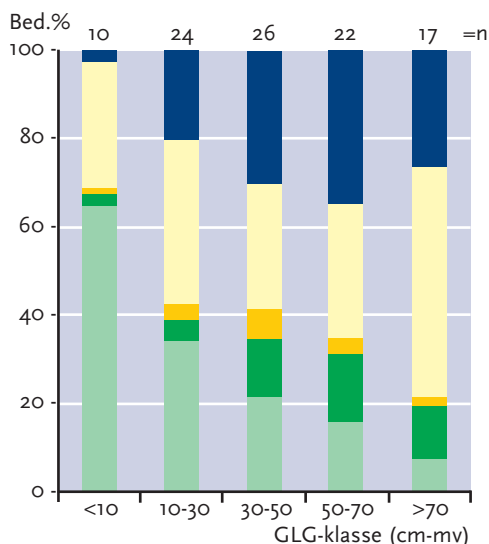


Fig. 5. Relatieve bedekkingsaandeel functionele plantengroepen als percentage van de totale bedekking door hygroyten. Weergegeven is het gemiddelde bedekkingsaandeel per GLG-klasse. De analyse is beperkt tot voedselarme natte standplaatsen gedomineerd door hygroyten (> 50% hygroyten). n = aantal opnamen, 'helofyten' = rechtopstaande planten met zuurstofweefsel.

■ Hygroyten overig
 ■ Helofyten laag
 ■ Helofyten hoog
 ■ Mos nat overig
 ■ Veenmos

typen kunnen voorkomen, maar wordt slechts kwalitatief aangegeven welke typen onder welke omstandigheden afhankelijk zijn van buffering door grond- en oppervlaktewater. Probleem is dat de zuurbuffering van veel meer factoren afhankelijk is dan alleen de grondwaterstand. Op basis van de in figuur 4 getoonde relaties kunnen hooguit indicatieve grenzen worden opgesteld voor de grondwaterstand, zonder de garantie dat bij ondiepere grondwaterstanden ook daadwerkelijk buffering zal optreden. Dat is sterk afhankelijk van de geohydrologische omstandigheden ter plekke. Een goede systeemanalyse is een eerste vereiste om te bepalen of een type voor de zuurbuffering afhankelijk is van de aanvoer van grond- of oppervlaktewater, en zo ja, welke eisen dat stelt aan de waterhuishouding.

Conclusies en aanbevelingen

De relatie tussen grondwaterstand en vegetatie wordt sterk bepaald door de vochtvoorziening en de zuurstofvoorziening. Het verdient aanbeveling om van deze kennis gebruik te maken bij de bepaling van kritische grondwaterstandsranges per vegetatietype en daarbij rekening te houden met bodemopbouw en klimaatomstandigheden. Behalve de zuurstof- en de vochtvoorziening zijn ook de zuurgraad en de voedselrijkdom van de standplaats zeer bepalend voor de soortensamenstelling van de vegetatie. Het is echter niet mogelijk om eisen aan de zuurgraad en de voedselrijkdom één op één te vertalen naar eisen aan de grondwaterstand. Daarvoor zijn er te veel factoren die de zuurgraad en de voedselrijkdom bepalen. Verzuring door het wegvalen van kwel vormt één

van de grootste knelpunten in natuurgebieden met waardevolle grondwaterafhankelijke natuur. Vanuit de beheerpraktijk is er daarom veel behoefte aan vuistregels en kennissystemen waarmee het mogelijk is om -ook zonder gedetailleerde 3D modellering- te bepalen welke combinatie van stijghoogte en oppervlaktewaterpeilen nodig is voor een voldoende aanvoer van grondwater naar de wortelzone. Veldgegevens uit stabiele referentiesituaties vormen een belangrijke basis voor het opstellen van Ecologische Vereisten. Ze zijn niet alleen nodig om onderliggende processen te identificeren en te kwantificeren, maar ook om een beeld te krijgen van ranges waarbinnen een vegetatietype kan voorkomen. Bij de bepaling van de Ecologische Vereisten van vegetatietypen is het essentieel dat gebruik wordt gemaakt van een combinatie van proceskennis en empirische gegevens. Alleen uitgaan van proceskennis is riskant, omdat we niet alle onderliggende relaties kennen. Maar het is eveneens gevaarlijk uit te gaan van uit veldgegevens afgeleide ranges wanneer niet bekend is of de gevonden relaties berusten op oorzakelijke verbanden en binnen welke randvoorwaarden de relaties geldig zijn.

Literatuur

Bartholomeus, R.P., J.P.M. Witte, P.M. van Bodegom, J.C. van Dam & R. Aerts, 2008. Critical soil conditions for oxygen stress to plant roots: Substituting the Feddes function by a process-based model. *Journal of Hydrology* 360: 147-165.

Cade, B.S. & B.R. Noon, 2003. A gentle introduction to quantile regression for ecologists. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1(8): 412-420.

Hendriks, R.F.A., 1992. Afbraak en mineralisatie van veen. Rapport 199. Staring Centrum, Wageningen.

Jansen, P.C., J. Runhaar, J.P.M. Witte & J.C. van Dam, 2000. Vochtindicatie van grasvegetaties in relatie tot de vochttoestand van de bodem. Alterra-rapport 57. Alterra, Wageningen.

Jansen, P.C. & J. Runhaar, 2001. Droogtestress als functie van grondwaterstand en bodemtype. Rapport 367. Alterra, Wageningen.

Jansen, P.C. & J. Runhaar, 2005. Toetsing van het verband tussen het aandeel xerofyten en de droogtestress onder verschillende omstandigheden. Rapport 1045. Alterra, Wageningen.

Hommel, P.W.F.M., G.H.P. Arts, C.P. Beets, P.C. Schipper, A.J.P. Smolders & R.W. de Waal, 2007. Naar een landelijk referentiesysteem voor standplaatsbeschrijvingen van aquatische en grondwaterafhankelijke, terrestrische plantengemeenschappen. *Stratiotes* 35: 11-21.



Kemmers, R.H., 1990. De stikstof- en fosforhuishouding van mesotrofe standplaatsen in relatie tot mogelijkheden van aanvoer van gebiedsvreemd water. *The Utrecht Plant Ecology News Report* nr 10. Rijksuniversiteit Utrecht, Vakgroep Botanische oecologie en evolutiebiologie.

Ponnamperuma, F.N., 1972. The chemistry of submerged soils. *Advances in Agronomy* 24: 29-96.

Runhaar, J., 1989. Toetsing ecotopensysteem: Relatie tussen de vochtindicatie van de vegetatie en grondwaterstanden. *Landschap* 6: 129-146.

Runhaar, J., 2010. Invloed grondwaterstanden op standplaatscondities en vegetatie. Rapport BTO 2010.043(s). KWR, Nieuwegein.

Runhaar, J., J.P.M. Witte & P.H. Verburg, 1997. Groundwater level, moisture supply and vegetation in The Netherlands. *Wetlands* 17: 528-538.

Runhaar, J., M.H. Jalink & M. Fellingner, 2009. De ecologische eisen van Natura2000. *Vakblad Natuur, Bos, Landschap* 6-4: 12-13.

Sluijs, P. van der, 1990. Vochtlevering door de grond. Hoofdstuk 18 in Locher, W.P. & H. de Bakker (eds), *Bodemkunde van Nederland deel 1: Algemene bodemkunde*. Malmberg, Den Bosch, 2e editie.

Summary

Groundwater level, site conditions and species composition of the vegetation

Groundwater regime strongly influences plant growth. However, the relationship between groundwater level and species composition of the vegetation is always indirect, through operational site factors such as oxygen supply, moisture supply, acidity and nutrient supply. How groundwater regime affects these operational site factors depends upon conditional factors such as soil type, climate, surface water levels and groundwater chemistry. How groundwater level influences oxygen stress and moisture stress, and how this affects the occurrence of xerophytes, mesophytes and hygrophytes, is relatively well known. Oxygen stress is the main determinant for the occurrence of

Helm (*Ammophila arenaria*) is een voorbeeld van een xerofyt. De soort bezit veel steunweefsel en heeft een wasachtige buitenlaag.

De huidmondjes zitten alle aan de bovenkant van het blad. Door het blad in te rollen kunnen de huidmondjes worden afgeschermd van de buitenlucht en kan de verdamping in droge perioden worden beperkt (foto: Han Runhaar).

hygrophytes. Oxygen stress occurs in sites with shallow groundwater tables. In The Netherlands the mean spring groundwater level is a good predictor for the occurrence of hygrophytes (75% variance explained on the basis of a nonlinear relationship). The moisture stress not only depends on groundwater level, but also on soil texture and organic matter content. The number of days with a soil water potential near wilting point, as calculated with a hydrological model for the unsaturated zone (SWAP), is a good predictor for the abundance of xerophytes (90% variance explained on the basis of a nonlinear relationship).

Groundwater level also influences the acidity and the nutrient availability of a site. However, these relationships are very indirect and influenced by many other factors.

In the assessment of critical groundwater ranges per vegetation type use is made of both knowledge of underlying processes and of empirical data on the groundwater levels in reference sites.

Dankwoord

Voor de beantwoording van de onderzoeksvragen en ter illustratie van de verbanden is gebruik gemaakt van gegevens over grondwater en vegetatie uit gebieden van Staatsbosbeheer. Voor de onderverdeling van hygrophyten is gebruik gemaakt van de Wetland-database van de VU (informatie over aanwezigheid zuurstofweefsel aangeleverd door van Bodegom). Zowel bij de opstelling van de Ecologische Vereisten voor Natura2000-gebieden als bij het onderzoek naar de invloed van de laagste grondwaterstanden hebben collega's van Staatsbosbeheer (Jan Streefkerk, Jan Holtland en Cor Beets), Alterra (Patrick Hommel en Rein de Waal) en KWR (Camiel Aggenbach) kritisch met ons meegedacht en een belangrijke bijdrage geleverd aan de formulering van hypothesen en conclusies. Het onderzoek naar de invloed van de laagste grondwaterstanden vond plaats binnen het onderzoeksprogramma van de waterleidingbedrijven en werd begeleid door een groep van ecologen werkzaam bij de waterleidingbedrijven.

Dr. J. Runhaar, Drs. M.H. Jalink & Dr.ir. R.P. Bartholomeus
KWR Watercycle Research Institute
Postbus 1072, 3430 BB Nieuwegein
han.runhaar@kwrwater.nl
mark.jalink@kwrwater.nl
ruud.bartholomeus@kwrwater.nl