

Nat zandlandschap

Everts, F.H., A.J.M. Jansen, E. Brouwer, A.T.W. Eysink, R. van der Burg & H. van Kleef

Algemene karakterisering en indeling

Het nat zandlandschap als onderdeel van de zogenoemde fysisch-geografische regio 'Hogere zandgronden' is te vinden in de Pleistocene delen van ons land in delen van de provincies Drenthe, Fryslân, Overijssel, Gelderland, Utrecht, Noord-Holland, Noord-Brabant en Limburg. De geologische variatie tussen deze regio's leidt tot verschillen in het voorkomen van de beschreven gradiënten, als ook in de vegetatiesamenstelling. In Drenthe hebben de gradiënten zich bijvoorbeeld vaak ontwikkeld op een keileemondergrond, die in de meeste andere provincies ontbreekt of over veel kleinere oppervlakten voorkomt. In principe kan een groot aantal gradiënten worden onderscheiden, maar uiteindelijk is een zestal typen uitgewerkt die een goede afspiegeling vormen van de landschappelijke variatie.

In het nat zandlandschap zijn gradiëntrijke situaties ontwikkeld op de overgang van ruggen naar laagten, waar de afvoer van water wordt geremd. De laagten worden in belangrijke mate gevoed door regenwater, maar er is vaak enige invloed van basenhoudend of koolstofhoudend grondwater. De basen stromen met het lokale grondwater toe uit rijkere sedimenten in de ondiepe ondergrond nabij de laagten. In het nat zandlandschap zijn overwegend lokale grondwatersystemen actief, die soms in interactie staan met basenrijk grondwater uit grotere regionale hydrologische systemen. De koolstofrijkdome hangt veelal samen met humusrijke horizonten in de ondergrond en met carbonaatrijke lagen, die in latere landschapsvormende perioden overdekt zijn geraakt met nieuwe sedimenten.

Gradiënten in het nat zandlandschap zijn niet alleen ingebed in het droog zandlandschap, ze vertonen evenzeer overgangen naar het beekdallandschap. Zulke gradiënten worden besproken in het beekdallandschap. De grens is niet altijd scherp en de lezer dient bij zijn zoektocht naar de voor zijn gebied representatieve gradiënten soms meerdere landschappen te bekijken.

Hoofdcriteria voor indeling bij nat zandlandschap of beekdallandschap zijn:

- Gradiënten in het nat zandlandschap zijn voornamelijk regenwater gevoed, al dan niet in combinatie met voeding van (licht) basenhoudend (lokaal) grondwater, terwijl gradiënten in het beekdallandschap hoofdzakelijk gestuurd worden door toestroming van (dieper) grondwater,
- In het nat zandlandschap vindt de afvoer van water voornamelijk plaats over het maaiveld en niet via natuurlijke watergangen, terwijl in het beekdallandschap het water over het maaiveld of via een beek wordt afgevoerd.

Belang van mozaïeken en gradiënten voor de fauna

De meeste diersoorten zijn niet gebonden aan één habitat, maar zijn afhankelijk van meerdere habitats of gradiënten tussen habitats (o.a. [Bijlsma et al. 2010](#)). In een gevarieerd landschap vinden dan ook meer diersoorten een geschikte leefomgeving dan in een eenvormig landschap ([Verberk et al. 2006](#)). Het natte zandlandschap herbergt een groot aantal bijzonder soorten waarbij de overgangen van nat zandlandschap naar droog zandlandschap eveneens van belang zijn. In deze paragraaf worden enkele algemene patronen beschreven met betrekking tot mozaïeken van habitats, vegetatiestructuur en overgangen droog-nat en zuur-gebufferd. In de afzonderlijke landschappelijke gradiënten worden deze patronen verder uitgewerkt aan de hand van kenmerkende soorten.

De gradiënten die worden gerekend tot het nat zandlandschap worden veelal begrensd door drogere delen, die in veel gevallen behoren tot het droog zandlandschap zoals droge heide en stuifzanden. Voor veel soorten is de combinatie van voortplantingsbiotoop en foerageer- of uithardbiotoop van belang (V1). Een aantal watermacrofaunasoorten plant zich bij voorbeeld voort in het water maar heeft voor de adulte fase ook droge delen nodig. Ook amfibieën planten zich voort in het water maar bevinden zich het grootste deel van jaar op het omliggende landbiotoop. Ook zijn er soorten (zoals loopkevers) die met name voorkomen op de gradiënt van droog naar nat (V3). Stikstofdepositie zorgt ervoor dat habitats verdwijnen en de mozaïekstructuur grofkorreliger wordt, het gebied wordt daarmee eenvormiger waardoor de soortendiversiteit afneemt.

Naast de afwisseling van habitats is ook de mozaïekstructuur binnen een habitat van groot belang (V6). In hoogvenen is de aanwezigheid van een bulten- en slenkenstructuur van belang. De aanwezigheid van oeverbegroeiing in vennen, bijvoorbeeld in de vorm van zeggenrandjes, is positief voor verschillende soorten watermacrofauna. Ook kunnen bepaalde elementen een belangrijke meerwaarde zijn binnen het biotoop (V2). Zo kan een Wilg op de vochtige heide fungeren als broedboom voor vogels en als nectarbron voor vroeg vliegende dagvlinders en bijen. Binnen de vochtige heide is afwisseling tussen meer gesloten en grazige delen van belang voor bijvoorbeeld mieren en reptielen, terwijl kale bodems van belang zijn als kiembed voor waardplanten van dagvlinders (V6). Een andere belangrijke overgang binnen het nat zandlandschap is die van zuur (regenwater gevoed) naar basenrijker (grondwater gevoed). De overgangen van zuur naar basenrijker water (V3) vormen een belangrijk leefgebied voor een aantal specialistische watermacrofaunasoorten.

In totaal worden er zes gradiënttypen onderscheiden binnen het nat zandlandschap, hun positie in het landschap wordt gegeven in Figuur 1:

Gradiënttype 1: Actief hoogveen

Gradiënttype 2: Actief hoogveen met invloed basenrijk grondwater

Gradiënttype 3: Schijnspiegellaagten (a= zuur; b= zwak zuur)

Gradiënttype 4: Zure laagten zonder schijnspiegel

Gradiënttype 5: Zeer zwak en zwak gebufferde laagten

Gradiënttype 6: Basenrijke afvoerloze laagten

In de eerste twee typen is in het verleden op landschapsschaal veenvoming opgetreden. Van deze uitgestrekte venen en veencomplexen resteren tegenwoordig nog slechts fragmenten. De gradiënttypen 4 t/m 6 beschrijven op hoofdlijnen de kleine laagten die tegenwoordig verspreid over het nat zandlandschap voorkomen. Soms zijn het relictten van eertijds uitgestrekte hoogvenen. Ze zijn, zoals reeds gezegd, vaak ingebed in het droog zandlandschap. Binnen deze laagten is een onderscheid gemaakt op basis van de aanwezigheid van schijngrondwaterspiegels en op grond van de mate van buffering. Hoewel op grond van de mate van buffering de typen 3 en 4 samengevoegd hadden kunnen worden, worden ze toch apart behandeld omdat ze hydrologisch sterk verschillend functioneren.

Literatuur

Bijlsma, R.J., R. Huisjes, R.H. Kemmers, W.A. Ozinga & W.C.E.P. Verberk 2010. Complexe leefgebieden. Het belang van gradiëntecosystemen en combinaties van ecosystemen voor het behoud van biodiversiteit. Alterra-rapport 1965, Wageningen.

Verberk, W.C.E.P., G.A. van Duinen, A.M.T. Brock, R.S.E.W. Leuven, H. Siepel, P.F.M. Verdonschot, G. van der Velde & H. Esselink 2006. Importance of landscape heterogeneity for the conservation of aquatic macroinvertebrate diversity in bog landscapes. *Journal for Nature Conservation* 14(2): 78–90.

Gradiënttype 1: Actief hoogveen

Beknopte beschrijving

Hoogveen is gedefinieerd als een landschap dat wordt gedomineerd door ombrotrofe¹, veenvormende levensgemeenschappen, dat zich in een gegeven klimaat en als gevolg van de hydrologische eigenschappen van het gevormde veen en de op het veen groeiende planten, boven de regionale grondwaterspiegel verheft (Joosten 1995; Projectgroep de Groote Peel 1990). In hoogvenen is water van cruciaal belang. Dat vraagt enerzijds om voldoende voeding via neerslag en anderzijds om beperking van de afvoer van water, zowel horizontaal als vertikaal. In een levend hoogveen zijn de veenvormende vegetatie en het veen zelf de belangrijkste regulatoren van de afvoer (Joosten 1995, Projectgroep de Groote Peel 1990). Deze zorgen ervoor dat de paradox “hoog en nat” kan blijven bestaan. Slechts enkele veenmossoorten hebben de juiste hydrologische eigenschappen om deze paradox te verzorgen. Deze soorten hebben voor hun voortbestaan een hoge en stabiele grondwaterstand nodig. Ze bouwen op termijn een stelsel van samenhangende processen en structuren op die een hoogveen in staat stellen zich, ondanks voortdurende weers- en klimaatswisselingen, te handhaven (Projectgroep de Groote Peel 1990). De zelfregulatie van hoogvenen is mogelijk dankzij de inhomogeniteit van het veen in een levend hoogveen (Couwenberg & Joosten 1995). Het veen is namelijk onder te verdelen in twee lagen – de acrotelm en de catotelm – met totaal verschillende hydrologische eigenschappen (zie Ivanov 1981, Ingram 1983, Succow & Joosten 2001). De acrotelm (de bovenste laag) bestaat uit levende veenmossen, zowel van bulten als van slenken, en enkele kruid- en grasachtigen die kenmerkend zijn voor de plantengemeenschappen van deze microtopen (zie onder Vegetatiegradiënt) en het weinig vergaan organisch materiaal gevormd door veenmossen. Deze laag is circa 30–70 cm dik (Ivanov 1981, Joosten & Bakker 1988) en heeft een hoge bergingscapaciteit (veel en grote poriën) en een goede waterdoorlatendheid (hoog doorlaatvermogen). Het veen in de catotelm (de onderste laag) is veel meer samengepakt en heeft daardoor een veel geringere doorlatendheid. In de acrotelm kent de doorlatendheid een steile verticale gradiënt d.w.z. dat binnen 40 à 50 cm de doorlatendheid met een factor 100.000 kan afnemen (Joosten & Bakker 1988, zie ook Balyasova 1979). Deze gelaagdheid zorgt er voor dat een hoogveen ondanks zijn hogere ligging in het landschap toch stabiele en hoge grondwaterstanden kent, ook tijdens langdurige perioden met een neerslagtekort (Joosten 1993). In tijden van grote watertoevoer zal het regenwater snel opstijgen in de bovenste zone van de acrotelm met de grote poriën en een grotere doorlatendheid, waardoor het snel maar gelijkmatig kan afstromen. De doorlatendheidsgradiënt voorkomt ook schade tijdens perioden met een neerslagtekort. Dan daalt de waterstand tot in de zone met de geleidelijk fijner wordende poriën en geringere doorlatendheid. De oppervlakkige afvoer van water raakt daardoor snel beperkt en zo ook het waterverlies. Het handhaven van deze gradiënt in poriën en doorlatendheid vraagt om een voortdurende veenmosgroei, zonder welke de gradiënt zich door oxidatie omgekeerd zou ontwikkelen: boven een geringere en onder een grotere doorlatendheid. Dat zou een positieve in plaats van een negatieve terugkoppeling betekenen (Joosten 1993).

Grote hoogvenen zijn in ons land veelal ontstaan na de ijstijd uit laagveen, dat zich vormde onder invloed van grond- en/of oppervlaktewater op de flanken, in de kommen en de grondwater gevoede dalen van het zandlandschap (Casparie 1975, Steiner 2005, Succow & Joosten 2001). Wanneer het door grond- en/of oppervlaktewater gevoede veen zich in een laagte heeft opgestapeld tot de het niveau van het grond- of oppervlaktewater, neemt de invloed van regenwater op het veenvormende milieu toe en die van grond- en/of oppervlaktewater af. Het

¹ Ombrotroof = door regenwater gevoed.

aandeel open water in de laagte vermindert omdat dat (voor een steeds groter deel) is vervangen door veen. Het centrum van de laagte raakt daardoor geïsoleerd van zijn omgeving omdat veen een geringere doorlatendheid heeft dan open water. Gaande van de rand van het veen naar het centrum neemt de invloed van het grondwater uit de omgeving af, terwijl die van regenwater dientengevolge toeneemt (Joosten & Bakker 1987, Ivanov 1981); de condities in het centrum worden steeds ombrotrofer. Dit bevordert de vestiging en groei van veenmossen. Veenmossen hebben het vermogen veel water op te nemen en vast te houden vanwege hun holle ‘hyaliene’ cellen en hun opeengepakte groeiwijze (Couwenberg & Joosten 1999, Robroek 2007, van Duinen et al. 2011). Een veenmostapikt kan voor meer dan 95 % uit water bestaan. Bij een jaarlijks neerslagoverschot, zoals in het Nederlandse klimaat het geval is, en dankzij het watervasthoudend vermogen van veenmossen kan het veen uitgroeien boven het hoogste waterniveau in zijn omgeving en daarbij toch nat blijven (Casparie 1972). Dan is een hoogveen ontstaan, waarin neerslag de voornaamste bron van water, nutriënten en mineralen is geworden (Van Duinen et al. 2011). De volgende ontwikkelingen bevorderden de uitbreiding van hoogveen (Bazelmans et al. 2011):

- een natter wordend klimaat;
- een zich sluitende kustlijn – waardoor geen overstroming door zeewater meer optrad;
- het kappen van bos door de mens waardoor minder water werd ingevangen en verdampt door bomen. Aldus kon er meer water stromen van ruggen naar laagten en steeg de waterstand in depressies, waardoor er veenvorming kon plaatsvinden.

Vaak sloten meerdere van deze uitdijende kernen zich aaneen en groeiden zo uit tot uitgestrekte hoogvenen, soms zelfs over dekzandruggen heen. Rond 500 voor Chr. was een enorm veengebied ontstaan dat meer dan de helft van het Nederlandse grondgebied besloeg (Bazelmans et al. 2011). Zowel in de kustzone als in hoog-Nederland hadden zich hoogveenkoepels van veenmosveen gevormd. Deze koepels waren steeds groter geworden en waren enkele meters hoger dan de aangrenzende beken en rivieren (Bazelmans et al. 2011).

De oudste ombrotrofe veenmospakketten, het zogenoemde zwartveen, zijn sterk gehumificeerd. Vermoedelijk zijn veenmossen uit de *Acutifoliagroep*, vooral Rood veenmos (*Sphagnum rubellum*) de belangrijkste veenvormers geweest (Joosten & Bakker 1987). Rond 500 voor Chr. daalde de temperatuur aanzienlijk en werd het bovendien natter. Dit bevorderde de groei van hoogvenen, maar zorgde ook voor een wezenlijke verandering in de samenstelling van de hoogveenvegetatie: het aandeel hogere planten verminderde en veenmossen van de *Cymbifoliagroep* zoals Bultveenmos (*Sphagnum austinii*) en Wrattig veenmos (*Sphagnum papillosum*) kwamen tot overheersing (Joosten & Bakker 1987). Deze veranderde vegetatiesamenstelling resulteerde in een minder sterk gehumificeerd veen, het zogenoemde witveen. Het hoogveen kon zich nog verder over zijn minerale omgeving uitbreiden, bevorderd door de verzuring en verschraving van de bodem onder invloed van uitspoeling door regenwater sinds de ijstijd (Joosten & Bakker 1987). De Nederlandse hoogvenen worden gerekend tot de zogenoemde ‘vlakke hoogvenen’ als subtype van de plateauhoogvenen (Van Wirdum 1993, Moore & Bellamy 1974). De zogenoemde ‘vlakke hoogvenen’ zijn in vele aspecten minder uitgesproken dan de plateauhoogvenen: de welving is minder sterk en de overgang van het veenlichaam naar de minerale omgeving is geleidelijker. De vlakke hoogvenen kennen een Atlantische verbreiding en zijn in ons land wijd verbreid geweest (Schouwenaars et al. 2002). Figuur 2 geeft een schematische doorsnede.

De “vlakke hoogvenen” bezitten net als Plateauhoogvenen een horlogeglasvormig gewelfd veenlichaam, zij het minder sterk. De opwelling in het centrum kan meerdere meters hoog zijn en de randen zijn meer of minder sterk gebogen. Deze vorm van een superdimensionale waterdruppel ontstaat omdat het water dichtbij de rand sneller af kan stromen. De hoogte tot waarop de veenkoepel boven het grondwaterniveau kan uitgroeien is evenredig aan de wortel van

de netto hoeveelheid neerslag (Wickman 1951). Binnen dit type hoogveen worden drie zogenoemde microtopen onderscheiden:

- het boomvrije centrum van het veen, dat relatief vlak was en erg nat. Hier namen slenken (natte ondiepten), meerstallen (permanent waterhoudende kolken met water dat rijk is aan humuszuren) en natte veenmostapijten (zogenoemde *lawns*) de grootste oppervlakte in. Er kwamen bulten voor, maar deze waren laag;
- het hellende deel van het veenlichaam: het deel tussen het meer vlakke plateau en de rand. Op die helling was een patroon van bulten en slenken dwars op de richting van oppervlakkig afstromend water ontwikkeld. De hoogte van de bulten nam af van de rand richting het midden (Venema 1855);
- de rand bestond hoofdzakelijk uit een vegetatie van hogere bulten met Eenarig wollegras (Venema 1855). De randzone van plateauhoogvenen is vaak gekenmerkt door het voorkomen van hoogveenbossen (Moore & Bellamy 1974). In het rond 1800–1900 grotendeels ontboste Nederland waren de randen van de meeste hoogveencomplexen mogelijk grotendeels boomloos (zie de Hottingerkaarten: Versfelt 2003), hoewel niet kan worden uitgesloten dat kleine dennen of berken met geringe dichtheid voorkwamen. De randen van grotere hoogvenen (3) zijn doorsneden door geulen (*Rüllen*) waardoorheen water oppervlakkig wordt afgevoerd.

Aangenomen wordt dat zijdelingse (laterale) waterstroming door de acrotelm functioneert als ordenende kracht achter deze patronen aan het oppervlak van de hoogveenkoepels (Couwenberg & Joosten 1999).

Rond de rand van een gewelfd hoogveen bevindt zich de zogenoemde lagg (naar het Zweeds) waar afstromend water uit het veenpakket zich met minerotroof water mengt. Het water in deze zone kan van lokale (naastliggende zandruggen) en/of van bovenlokale herkomst zijn. De basenrijkdom van het uittredende grondwater wordt bepaald door de doorstroomde geologische formaties en de verblijftijd (Schouten 2002). Laggzones als functioneel deel van het hoogveensysteem zijn in ons land vrijwel verdwenen. Alleen in het Witterveld wordt nog een enigszins functionerende laggzone gevonden (Baaijens et al. 1982). In Nederland bevond zich in laggzones die gevoed werden door water van lokale herkomst over het algemeen zuur grond- en oppervlaktewater, terwijl het grond- en oppervlaktewater in diegene die werden gevoed met bovenlokaal grondwater meestal basenrijk was (tenzij basenarme, sterk uitgeloopte afzettingen werden doorstroomd zoals aan de voet van stuwwallen). De aard van de grondwatervoeding van een specifieke laggzone – of een deel daarvan – werd in hoge mate bepaald door locatiespecifieke geohydrologische condities. Tegenwoordig is het vooral de omgeving van het hoogveenrestant waaruit de aard van van grondwatervoeding van de voormalige laggzones kan worden afgeleid. Op grond van de omgeving van de hoogveenrestanten zijn twee varianten onderscheiden:
Variant 1a: Actief hoogveen in basenarme omgeving; hier is een gradiënt ontwikkeld van minerale bodems met invloed van basenarm grondwater, via veenbodems met invloed van basenarm grond- en veenwater naar het hoogveen (zie Figuur 2);
Variant 1b: Actief hoogveen in basenrijke omgeving; hier is een gradiënt aanwezig van minerale bodems met invloed van basenrijk grondwater, via veenbodems met invloed van basenrijk grondwater naar het hoogveen (Bell & Hullenaar 2010). Figuur 3 geeft een schematische doorsnede van dit gradiënttype.

Vegetatiegradiënt

Het overgrote deel van de gradiënt wordt gerekend tot het subhabitattype Actief hoogveen (*hoogveenlandschap*; H7110A). Binnen deze gradiënt zijn in hoofdlijnen vier zones te onderscheiden: de hoogveenkern of hoogveenplateau, de zone met concentrisch gerangschikte

strings (bulten) en *flarks* (slenken), een wat drogere randzone en de laggzone. Het neerslagoverschot wordt in de lensvormige Atlantische hoogvenen in de natuurlijke situatie oppervlakkig afgevoerd naar de randen. Verder stroomafwaarts in de laggzone kan het zure hoogveenwater zich mengen met minder zuur tot zwak gebufferd grondwater uit de diepere veenlagen of de omliggende minerale gronden.

De hoogveenkern wordt gedomineerd door de Associatie van Gewone dophei en Veenmos (bulten; 11Ba1) en de Associatie van Veenmos en Snavelbies (slenken; 10Aa2).

Plaatselijk, vooral langs de randen van het veen en in preferente stroombanen (de rullen), kan door het hogere voedselaanbod ten gevolge van sterkere stroming (rheotrofie, [Kulczynski 1949](#)) Beenbreek voorkomen, een soort die in Nederland hoofdzakelijk in natte heiden en langs de randen van hoogveenvenen groeit. Kleine watertjes in het hoogveenplateau en op de helling in de zone met bulten en slenken blijven langdurig open door koolstofgebrek of groeien slechts langzaam dicht met Waterveenmos en langs de randen wanneer er invloed is van minerotroof water ook Geoord veenmos of Knolrus. Op het vlakke veenlichaam van het plateau groeien nauwelijks bomen vanwege de gedurende het gehele jaar hoge waterstanden. Alleen langs natuurlijke meertjes (meerstallen) zullen wat bomen hebben gegroeid (niet weergegeven in de doorsnede) omdat daar de grondwaterstanden wat dieper wegzakken onder invloed van de grotere verdamping van open water.

Ook in de randzone zakt het water in de zomer wat dieper weg. In deze drogere zone gaan soorten van vochtige heiden en ook Eenarig wollegras op de voorgrond treden en vormen zich Hoogveenbossen (H91D0) die tot het Dophei–Berkenbroek (40Aa1a) behoren. Wanneer het hoogveen een geleidelijke overgang vertoont naar minerale bodems (zand) komen Vochtige heiden (H4010A) en Gagelstruwelen (40–RG1–[40Aa]; H91D0) voor.

Indien de laggzone door enerzijds basenarm grondwater (lokaal en/of bovenlokaal) en anderzijds door veenwater (oppervlakkig dan wel vanuit de diepere veenlagen) wordt gevoed (variant 1a) bestaat de gradiënt van plantengemeenschappen vanzelfsprekend uit (relatief) zuurminnende plantengemeenschappen. Vanuit de hoogveenkern gezien, nemen eerst soorten van zeer zwak gebufferd en een iets minder voedselarm milieu toe zoals Veenbloembies, Veenmoszegge, Draadzegge, Waterdrieblad, Zompzegge en Wateraardbei. In en langs de veenwateren nemen Duizendknoopfonteinruid, Riet en Klein blaasjeskruid toe. Ook hier kunnen plaatselijk Hoogveenbossen voorkomen, die tot het Zompzegge–Berkenbroek (40Aa2) behoren. Daarna volgt een zone die onder invloed staat van zwak gebufferd en wat voedselrijker grondwater uit de diepere veenlagen of uit de omringende minerale gronden. Hier horen op de wat drogere plaatsen Hoogveenbossen (H91D0) thuis, die hier bestaan uit struwelen van Grauwe wilg (36Aa2) en zuurdere vormen van het Elzenzegge–Elzenbroek (subassociatie van Zompzegge: 39Aa2e) met Slangenwortel. Op nattere plaatsen bestaat de vegetatie uit relatief zuurminnende begroeiingen van de Overgangs- en trilvenen (*trilvenen*; H7140A) zoals rompgemeenschappen van Snavelzegge (10–RG2–[10]) of gemeenschappen van het Draadzegge–verbond (10Ab). Kleine open wateren worden veelal gedomineerd door begroeiingen van zwak gebufferde wateren (H3130). Wanneer deze min of meer verland zijn, kunnen begroeiingen van de Veenbloembies–associatie (10Aa3) op de voorgrond treden. In de randzone van het hoogveen kunnen rullen (veenbeken) ontspringen. Deze draineren hun omgeving enigszins waardoor ze worden begeleid door het habitatype Hoogveenbossen (zie verder onder “Beknopte beschrijving”).

De gradiënt waarin de laggzone enerzijds wordt gevoed door baserijk, sterk gebufferd grondwater en anderzijds door veenwater (oppervlakkig dan wel vanuit de diepere veenlagen) (variant 1b) wijkt sterk af van de voorgaande. De overgang van hoogveen naar veen dat door baserijk grondwater wordt gevoed verloopt geleidelijk. Aan de hoge zijde van de gradiënt wordt de invloed van lateraal bewegend grondwater merkbaar, maar dit water is nog tamelijk zuur. Er ontwikkelt zich dan bijvoorbeeld veenmosrijke natte heide (H4010A) of Gagelstruweel (9–RG4–[9Aa] en/of 11–RG3–[11]). Verder de laagte in bereikt het baserijke grondwater de wortelzone

en bestaat de vegetatie uit Galigaanmoerassen (H7210), Alkalisch laagveen (Kalkmoerassen; H7230) en overgangs- en trilvenen (*trilvenen*; H7140A).

In deze overgangszone kunnen zich plassen bevinden. Langs de iets drogere randen van deze plassen kunnen zich struwelen van Grauwe wilg (36Aa2) ontwikkelen (niet weergegeven in de doorsnede). Op de overgang van zand naar grondwatergevoede veen kunnen Elzenbroeken voorkomen doordat de waterstanden daar wat meer fluctueren. Deze Elzenbroeken worden gerekend tot het habitatype Vochtige alluviale bossen (*beekbegeleidend*; H91E0C). Verder hellingopwaarts is op de overgang naar minerale bodems Hoogveenbos (H91D0) aanwezig. Dat bos kan bestaan uit Elzenzegge-Elzenbroek (subassociatie met Zompzegge; 39Aa2e) of Zompzegge-Berkenbroek (40Aa2). Bovenop het basenrijke grondwater bevindt zich een meer of minder dikke laag regenwater of zuur lokaal grondwater dat afkomstig is uit de aangrenzende hogere zandruggen.

Indien deze wilgenstruwelen of de Elzenbroekbossen worden gekapt en worden beheerd als hooiland ontstaat Blauwgrasland (H6410; [Westhoff & Van Dijk 1952](#)) of vochtig Heischraal grasland (H6230; [Jansen & Loeb 2011](#)). Bij hun ontginning tot graslanden zijn deze plaatsen – voor zover nog resterend – soms licht, maar voor het overgrote deel diep ontwaterd. Het uittreden en de precieze chemische samenstelling van het grondwater worden gestuurd door de plaatselijk geologische opbouw. De zonering van de vegetatie in het door basenrijk grondwater gevoede deel met zijn overgangen naar hoogveen en zand zal in de praktijk daarom gedifferentieerder zijn dan weergegeven in de doorsnede.

Fauna

De hoogveenkern vormt de habitat van een aantal sterk gespecialiseerde diersoorten. Voor Veenbesblauwtje en Veenbesparelmoervlinder is de interne heterogeniteit van het hoogveensysteem van belang (V6). Naast de waardplant Kleine veenbes moeten voldoende nectarplanten (meestal Gewone dophei of indien aanwezig Wateraardbei) aanwezig zijn. De Hoogveenglanslibel plant zich uitsluitend voort in met veenmos begroeide veenputjes of natuurlijke slenkjes (V6) ([Ketelaar et al. 2005](#)). Niet alleen geschikte voortplantingswateren, maar ook drogere met bos en heide begroeide delen (V1) zijn van belang om uit te harden en te jagen. Het Korhoen kwam in het verleden in verschillende Nederlandse hoogvenen voor ([SOVON 2002](#)). Deze soort maakt gedurende verschillende levensfasen gebruik van verschillende onderdelen van het landschap (V1 & F1). Als adult foerageert het dier voornamelijk op bosbessen en knoppen en bladeren van kruiden en dwergstruiken, waarbij de dieetkeuze gedurende het seizoen verandert ([Starling-Westerberg 2001](#)). Zulk voedsel is vooral aanwezig in de open Hoogveenbossen (H91D0) en Actieve hoogvenen (H7110A). De jonge kuikens (tot 14 à 15 dagen) zijn voor een snelle eerste groeifase afhankelijk van dierlijk voedsel, vooral (larven van) insecten en schakelen daarna over op vruchten en kruiden ([Wegge & Kastdalen 2008](#)). Met name een structuurrijke Vochtige heide (H4010A) kan rijk zijn aan insecten. Een rijk insectenleven in combinatie met broedgelegenheid is essentieel voor het voorkomen van de Grauwe klauwier (V1).

Een basenrijkere omgeving (V5; variant 1b) biedt geschikt leefgebied voor soorten van zwak gebufferde venen zoals de Speerwaterjuffer. De Speerwaterjuffer leeft als larve in rijk begroeide wateren met fonteinkruiden en zeggenvoedplanten (V6). Min of meer droge bossen, met een door grassen gedomineerde ondergroei in de nabijheid van het voortplantingswater, zijn voor de Speerwaterjuffer van belang om uit te harden of te overnachten (V1) ([Ketelaar & Pontenagel 2000](#)).

Sturende processen

- Hoogvenen liggen boven hun omgeving en zijn toch permanent nat d.w.z. de waterstand is hoog en stabiel. De aanwezigheid van een goed werkende acrotelm is een randvoorwaarde voor het voortbestaan van actief hoogveen. Door de regulerende functie van de acrotelm (inclusief de oppervlakkige afvoer van neerslagoverschot via slenken) zijn de seizoensmatige fluctuaties bij een goed functionerende acrotelm beperkt (10–30 centimeter t.o.v. veenoppervlak);
- De acrotelm reguleert het grondwaterstandsverloop binnen het hoogveen dankzij een gradiënt in doorlatendheid over de diepte. De geringe afbreekbaarheid van het materiaal in de acrotelm zorgt er voor dat bij zuurstoftoetreding de poriëngrootte slechts geleidelijk afneemt. Aldus ontstaat een gradiënt in doorlatendheid in het bovenste deel van het veen (Succow & Joosten 2001). In tijden met een neerslagtekort bereiken de waterstanden de wat diepere zone van het veen met geringe doorlatendheid waardoor de zijdelingse afstroming van veenwater uiteindelijk sterk beperkt wordt. Verdere daling van de grondwaterstanden treedt op onder invloed van verdamping, maar is beperkt dankzij het nog steeds grote poriënvolume. Bovendien vermindert, wanneer de waterstand zakt, de capillaire verdamping doordat in de relatief grote poriën de capillaire vochtlevering wordt onderbroken. Daardoor blijven de diepere veenlagen – ook in droge perioden – waterverzadigd (Joosten 1993, Van der Schaaf 2002);
- Het oppervlak van het veen kan door opname of afgifte van water reversibel zwellen of krimpen, waardoor de laag van levend veenmos met het waterniveau meebeweegt (“Mooratmung”). Zwelt het veen, dan neemt de horizontale doorlatendheid toe, waardoor de zijdelingse afstroom van veenwater ook toeneemt. Krimpt het veen, dan neemt de weerstand toe en de zijdelingse afstroom af, waardoor meer water geconserveerd wordt. Mooratmung reduceert de grondwaterstandsschommelingen ten opzichte van het maaiveld (Dommain et al. 2010);
- De koepelvorm met zijn bijna vlakke centrum en zijn toenemende steilheid naar de randen leidt tot een concentrische rangschikking van microtopen (Couwenberg & Joosten 2005). De auteurs laten via modelberekeningen zien dat het typische *string-flark* strepenpatroon in continentale en boreale venen alleen ontstaat indien laterale flux van water hoog genoeg is. Dat betekent dat de voeding (het neerslagoverschot) substantieel moet zijn en de helling van de koepel voldoende steil. De auteurs veronderstellen dat *strings* (langgerekte bulten) en *flarks* (langgerekte slenken of plassen die parallel aan de *strings* lopen en om en om liggen met de langgerekte bulten) tegelijkertijd ontstaan, waarbij elk de ontwikkeling van de ander stimuleert (feedback mechanismen): de *strings* veroorzaken het stagneren van water waardoor hellingopwaarts plassen (*flarks*- slenken) ontstaan, terwijl de *flarks* (slenken) zorgen voor effectievere drainage van de bovenstroomse delen, aldus het ontstaan van drogere *strings* (bulten) stimulerend. De koepelvorm impliceert dat de helling verandert van zeer flauw nabij het centrum tot steiler aan de randen. Het *string-flark* strepenpatroon zal zich alleen ontwikkelen op dat deel van de koepel waar de helling –in relatie tot de neerslag– passend is: niet te flauw en niet te steil. Het ligt voor de hand dat het steile deel van de helling effectief zal worden gedraineerd (Ingram 1983) en gedomineerd zal worden door bulten. Naar de randen toe zorgen de drogere omstandigheden voor minder doorlatende elementen, waardoor de afvoer van water wordt belemmerd (Couwenberg & Joosten 1999, 2005). Het tegenovergestelde geldt voor het centrum, waar de vlakheid zal zorgen voor overheersend natte omstandigheden en daarmee voor dominantie van slenken. Dankzij de nattere condities in het centrum ontstaan daar meer doorlatende structuren, waardoor laterale waterstroming via de acrotelm (in het bijzonder de slenken) wordt vergemakkelijkt.

Uitgezonderd situaties met extreem steile of vlakke koepels en een zeer geringe of zeer hoge voeding zal er altijd sprake zijn van patroonvorming op een koepel (Couwenberg & Joosten 1999). Veranderingen in de grootte en de vorm van de koepel zijn van invloed op de omvang van deze zones (Couwenberg & Joosten 2005, Dommain et al. 2010);

- Goed functionerende hoogvenen kennen een slechts geringe wegzijging van water naar de ondergrond (minder dan 40 mm per jaar);
- Van het jaarlijkse neerslagoverschot wordt het grootste deel lateraal (zijdelings) en oppervlakkig afgevoerd (grotendeels *sub-surface flow*). De meeste zijdelingse afvoer vindt plaats door de acrotelm (Ivanov 1981, Couwenberg & Joosten 1995). Vanwege de koepel- of horlogeglasvorm van de Atlantische hoogvenen is deze oppervlakkige waterstroming centrifugaal;
- Verschillen in waterregime bepalen grotendeels de vegetatiekundige variatie (Schouten 2002). De mate en duur van waterstandsaling in de acrotelm zorgen voor verschillen in (an)aerobe veenafbraak en zijn daarmee van invloed op de chemische samenstelling van het veenwater (bijvoorbeeld de oxidatie van ammonium waarbij nitraat wordt gevormd) hetgeen kan bijdragen aan de vegetatiekundige variatie. Ook de positie op de hoogtegradiënt van de veenkoepel leidt tot verschillen in chemische samenstelling van het veenwater (mineralenrijkdom en kooldioxideconcentraties) via rheotrofie en/of accumulatie van mineralen en nutriënten. Ook dat kan lokaal leiden tot verdere vegetatiekundige variatie. Nabij de rand en in de laggzone spelen de nabijheid van de minerale ondergrond en voeding door lokaal grondwater een (belangrijke) rol in de chemische samenstelling en daarmee de vegetatiekundige variatie;
- Een deel van het neerslagoverschot zijgt dieper in het veen weg. Door anaerobe (zuurstofloze) veenafbraak en de hiermee gepaard gaande reductie van zwavel, stikstof, ijzer, mangaan e.d. raakt het diepere veenwater zwak gebufferd, Voorts worden veel humuszuren, methaan en kooldioxide gevormd. Dit zwak gebufferde, koolstofrijke water komt elders op lager gelegen punten van het veen weer aan de oppervlakte, zoals in lager gelegen slenken, in rullen en in de laggzone. Net als in de hoogveenkern, bevinden de waterstanden in de laggzone zich vrijwel het hele jaar rondom het maaiveld. Via de laggzone vindt uiteindelijk afvoer plaats van een mengsel van hoogveenwater en water uit de aangrenzende minerale gronden naar de lagere delen van het landschap. De conditie van de acrotem bepaalt hoe snel water wordt afgevoerd vanuit de hoogveenkern;
- In hoogvenen wordt de groei van veenmossen mede gestuurd door de koolstofcyclus in het veen. Door de aerobe en anaerobe afbraak van veen komt kooldioxide en methaan vrij. Methaan en koolstofdioxide diffunderen naar de lucht en kunnen door de levende veenmossen worden onderschept om te worden gebruikt als koolstofbron. Dit is een verschil met kleine, beginnende hoogveentjes. Deze zijn voor hun groei vaak deels afhankelijk van de aanvoer van enigszins gebufferd grondwater waarin door verzuring CO₂ gegenereerd wordt (Tomassen et al. 2011);
- Een basenrijke lagg (c.q. in de tegenwoordige toestand: omgeving) is ontwikkeld wanneer enerzijds zuur water via laterale afstroming vanuit het hoogveen wordt afgevoerd en anderzijds, basenrijk gebufferd grondwater uit een watervoerend (zand)pakket via opwaartse stroming (kwel) het maaiveld bereikt en in de lagg (c.q. omgeving) tot een basenrijk veensysteem heeft geleid (Athmer et al. 1997, Mankor 1985, Jansen & Loeb 2011). Door ontwatering is het grootste deel van de veenbodems, die zijn ontstaan onder invloed van basenrijk grondwater, verdwenen en resteren nog slechts bekeerdgronden of moerige eerdgronden. Het gebufferde grondwater is afkomstig van bovenlokale grondwatersystemen c.q. uit dikkere en/of diepere watervoerende pakketten van de hogere zandgronden. (Athmer

et al. 1997, Mankor 1985, Jansen & Loeb 2011). Uittreding van gebufferd grondwater is afhankelijk van de geologische opbouw (doorlatendheid van en barrières in het watervoerende pakket) en het reliëf, waarbij het hoogveenlichaam vanwege zijn geringere doorlatendheid als barrière fungeert. Gesuperponeerd op deze grotere, bovenlokale grondwatersystemen kan nog sprake zijn van aanvoer van grondwater uit lokale grondwatersystemen (Mankor 1995, Jansen & Loeb 2011). Deze lokale systemen ontstaan tijdens perioden van neerslagoverschot in dekzandruggen in en aan de rand van het veencomplex. Het water uit deze systemen is zuur tot (zeer) zwak gebufferd;

- Het aangevoerde basenrijke grondwater is afkomstig uit minerale watervoerende pakketten en daardoor vaak armer aan nutriënten en ijzerrijker dan het water in de laggzone, dat voor een deel afkomstig is uit de diepere lagen van een hoogveen (Van der Hoek & Heijmans 2005). Daarom nemen in de zone waar dit basenrijke grondwater uittreedt, plantensoorten van basenrijke gebufferde, maar voedselarme omstandigheden naar verhouding een groter aandeel in dan op die plekken in de laggzone waar alleen diep veenwater met enig fosfaat en ammonium toestroomt.

Standplaatscondities

In de hoogveenkern staat het water in de slenken jaarrond tot aan maaiveld of zakt in de zomer hooguit tot 30 cm diep weg. Bultvormende veenmossen vormen 10–30 cm hoge bulten, waarop zich kruiden, mossen en korstmossen van minder natte milieus kunnen vestigen. De waterstand ten opzichte van het oppervlak zakt 's zomers in de bulten dieper weg dan in de slenken. Veenmossen van slenken en vlakke delen zoals Hoogveen-veenmos zijn gevoeliger voor lage grondwaterstanden dan die van (hoge) bulten (o.a. Rood veenmos en Bruin veenmos; Robroek 2007). Soorten van (hoge) bulten voorzien in droge perioden met tijdelijk lagere waterstanden in hun vochtbehoefte door capillaire opstijging van veenwater naar de veenmoshoofdjes. Deze opstijging wordt mogelijk gemaakt door een dichte groeivorm van de hoofdjes en vooral het dichtere materiaal onder de hoofdjes (hogere bulk density²; Clymo & Hayward 1982). De dichte groeivorm van bultvormende soorten maakt het hen mogelijk de hoofdjes langer van vocht te voorzien dan veenmossen van slenken. Verschillen in het vochtgehalte (vochtvasthoudend vermogen) in de kopjes van veenmossoorten in de bulten worden ook (en mogelijk meer) bepaald door het oppervlak en de samenstelling van de bulten. Bij een groter oppervlak van de bult blijven de veenmoshoofdjes langer vochtig, temeer naarmate de bult uniform is, dat wil zeggen uit één soort bestaat (Robroek 2007). Het water in de wortelzone is vooral regenwater, dat zeer arm is aan stikstof, fosfaat en opgeloste mineralen, en door de kationenuitwisseling van de veenmossen ook zuur (pH3–4). De concentraties sulfaat, calcium en magnesium zijn doorgaans het hoogst in de oppervlakkige laag die periodiek in geringe mate uitdroogt. Dieper in het veen nemen pH, buffering en concentraties gereduceerde verbindingen, met name ammonium, gereduceerd ijzer en sulfide, toe.

In de randzone treedt meer wegzijging en laterale afstroming op, waardoor het water hier in de zomer wat dieper kan uitzakken. De veenbodem is ook hier zuur. Daar waar bosvorming optreedt, worden via bladval wat meer voedingsstoffen naar de bovenste veenlaag aangevoerd. Aan de uiterste rand worden de standplaatscondities steeds meer bepaald door de bodemopbouw en de hydrologie van het omringende landschap.

Bij aanvoer van bewegend (lokaal) zwak gebufferd grondwater (variant 1a) uit nabij gelegen dekzandruggen of -koppen ontstaan buiten de hoogveenkern en de overgangszone met Vochtige heide en Gagelstruweel vooral Hoogveenbossen van het Zompzegge-Berkenbroek. Het

² Het drooggewicht per volume eenheid.

grondwater is dan zuur (pH 3,5–4,5) en zeer voedselarm. De peilfluctuaties zijn niet groter dan 50 cm. In deze variant treedt in het natte seizoen langdurig (en in niet aangetaste situaties vermoedelijk jaarrond) zwak gebufferd grondwater uit, waardoor er zeer natte omstandigheden heersen. Het uittredende grondwater is rijk aan ammonium en opgelost fosfaat, rijk aan kooldioxide en bevat meestal ook enig bicarbonaat. De bodem is zwak gebufferd (pH > 5), maar door het hoge kooldioxidegehalte stijgt de pH zelden tot boven 6,5.

Bij aanvoer van basenrijker water komt ook Heischraal grasland, Blauwgrasland of Elzenbroek tot ontwikkeling (Jansen & Loeb 2011, Van der Hoek & Heijmans 2005). Dat basenrijke(re) grondwater bevindt zich langdurig in de wortelzone van de vegetatie, waar de bodem-pH 5,5–7,0 bedraagt en zakt niet verder weg dan 50 centimeter beneden maaiveld. Daar waar vrijwel constant zeer basenrijk grondwater uittreedt, kan zelfs kalkmoeras of galigaanmoeras ontstaan (Mankor 1985, Westhoff & Van Dijk 1952). Het water heeft dan een hoge alkaliniteit (> 2 mmol bicarbonaat/l) en is tevens rijk aan kooldioxide. De pH van het grondwater bedraagt 6–7, maar kan na uittreden oplopen tot 7,5–8,5. De peilfluctuaties zijn gering, in de orde grootte van een decimeter.

Knelpunten

Door ontginning, ontwatering en vergraving zijn in Nederland geen (levende) hoogvenen meer over die hydrologisch nog zelfstandig functioneren, dat wil zeggen hun eigen waterhuishouding kunnen reguleren.

Verdroging

- Alle hoogveengebieden in Nederland zijn grotendeels vergraven en liggen ingebed in diep ontwaterde gebieden, hetgeen leidt tot sterk wisselende waterstanden. Dit leidt tot het volgende:
 - o Op het overgrote deel van het resterende areaal hoogveen komt geen functionerende acrotelm meer voor. Volgens Jansen et al. (2012) komt binnen het resterende hoogveenareaal in Nederland nog 7,58 ha Actief hoogveen (H7110_A) voor. Conform de definitie van dit habitattype functioneert hier (nog of weer) een acrotelm;
 - o De laterale afstroming door het veenpakket is sterk verstoord. Indien er nog laterale stroming optreedt (vanwege gering waterverlies naar de ondergrond), dan wordt die niet meer gereguleerd door het veen zelf.
 - o De veenbasis lekt teveel water naar de ondergrond als gevolg van een versterkte wegzijging door die veenbasis. Dat heeft twee belangrijke redenen:
 - ✓ de verminderde weerstand door het graven van sloten en het afgraven van het veen;
 - ✓ de verlaagde potentiaal van het onderliggende grondwater.Deze omstandigheden hebben grote gevolgen voor het landschapsecologisch herstelbeheer en beperken de mogelijkheden de waterstand te stabiliseren door maatregelen binnen het hoogveengebied zelf sterk (zie onder Herstelmaatregelen gradiënt).
 - o Permanente wateren zijn (afhankelijk van de doorlatendheid van het veenpakket en de potentiaal onder de veenpoelen) vaak veranderd in tijdelijke wateren, die in droge perioden eerder droogvallen (Van Duinen et al. 2004b). Droogvallende wateren kunnen voor een aantal specialistische watermacrofaunasoorten ongeschikt worden als voortplantingslocatie;
 - o De sterker wisselende waterstanden hebben geleid tot een toename van het aandeel hogere planten in de vegetatie, vooral grassen, struiken en bomen, ten koste van de

veenmossen. Begroeiingen van Pijpenstrootje en Berk verdampen meer dan veenmosbegroeiingen waardoor de waterstanden verder dalen en de groei van veenmos afneemt. Toename van grassen en houtige gewassen leidt eveneens tot het overgroeid raken van waardplanten van veenvlinders en het verdwijnen van voor Hoogveenglanslibel geschikte voortplantingswateren;

- o Goed ontwikkelde laggzones bestaan feitelijk niet meer.
- Verdroging leidt tot mineralisatie van het veen waarbij nutriënten vrijkomen. Van deze grotere nutriëntenbeschikbaarheid (vermesting) profiteren Pijpenstrootje, Eenarig wollegras en houtige gewassen. Deze grotere planten overschaduwden de lichtbehoefte van veenmossen, wat leidt tot een afname van de veenmosgroei. Daardoor vermindert de stikstofopname door veenmossen, waardoor de stikstofbeschikbaarheid voor vaatplanten toeneemt. Het strooisel van vaatplanten breekt bovendien gemakkelijker af dan dat van veenmossen, waardoor de hierin vastgelegde nutriënten weer sneller beschikbaar komen (Limpens & Berendse 2003). Op deze manier ontstaat een zichzelf versterkend proces, dat leidt tot een nog grotere dominantie van ongewenste vaatplanten.
- Door verlaging van het grondwaterpeil onder hoogveenrestanten en vermindering van grondwatertoevoer (aan de randen van het veen) kan de buffering met basische stoffen van de veenbasis afnemen. Deze verzuring van de veenbasis kan plaatselijk de veenmosgroei verminderen door afgenomen koolstofdioxideproductie. Vooral de initiële fase van hoogveenvorming (in herstellende hoogvenen; H7120) is gebaat bij de toestroom van CO₂-rijk of gebufferd grondwater (Patberg 2011, Verschoor et al. 2003, Tomassen et al. 2003, Tomassen et al. 2011). In deze initiële fasen leidt het verminderen of wegvallen van lokale grondwaterstromen als gevolg van verdroging tot het belemmeren dan wel het stoppen van de hoogveenvorming.
- In het door basenrijk grondwater gevoede deel van het veencomplex (lagg c.q. tegenwoordig de omgeving) leiden gedaalde grondwaterstanden tot mineralisatie van het veen waarbij nutriënten vrijkomen. Van deze grotere nutriëntenbeschikbaarheid (vermesting) profiteren grassen en houtige gewassen. Onder invloed van gedaalde grondwaterstanden neemt in de wortelzone van de vegetatie de invloed van zuur regenwater toe. Bij lichte ontwatering stopt de veengroei, maar ontstaan waardevolle halfnatuurlijke vervangingsgemeenschappen zoals Blauwgraslanden of Elzenbroeken (zie boven). Bij sterkere ontwatering, maar nog basenrijke bodem ontstaan soortenarme rompgemeenschappen met een hoog aandeel hoogproductieve soorten zoals Moeraszegge, Framboos of Grote brandnetel. Wanneer de grondwaterstandsdeling gepaard gaat met een meer of minder sterke verzuring neemt het aandeel Hennegras, Moerasstruisras en/of veenmossen in de vegetatie toe. In bossen ontstaan rompgemeenschappen met veel Braam wanneer de grondwaterstandsdeling zo sterk is dat zelfs in de winter de waterstanden betrekkelijk ver (enkele tientallen centimeters) onder maaiveld blijven;
- In het door basenrijk grondwater gevoede deel van het veencomplex (lagg c.q. tegenwoordig de omgeving) leidt afname van kwel van basenrijk grondwater of het zelfs volledig verdwijnen daarvan tot een vergroting van de invloed van regenwater en oppervlakkig (lateraal) toestromend zuur grondwater. Daardoor treedt (oppervlakkige) verzuring op. Naarmate de kwelintensiteit sterker afneemt, treedt verzuring op over een grotere diepte. Onder deze omstandigheden treden rompgemeenschappen op met een hoog aandeel soorten van de zure Kleine-zeggenmoerassen (Orde van Zwarte zegge, 9A) zoals Gewoon veenmos, Zwarte zegge, Veenpluis, Moerasviooltje en Moerasstruisgras.

- Verdroging van het door basenarm dan wel baserijk mineraal grondwater gevoede deel van het veencomplex hangt meestal samen met:
 - o ontginning (met bijbehorende ontwatering) van de randzones zelf of het afgraven of ontwateren van het naastgelegen hoogveen;
 - o diepe en intensieve ontwatering in de omliggende landbouwgebieden, sloten en greppelstelsels in het door baserijk grondwater gevoede deel van de gradiënt zelf;
 - o sterke verdieping van beken. De sterke verdieping van beken kan zijn veroorzaakt door beeknormalisatie, maar kan ook het gevolg zijn van het jaarlijks schonen van de beekloop met zijn oevers. In beide gevallen kan dat zorgen voor een versterkte erosie waardoor de beek zichzelf dieper insnijdt en de drainagebasis wordt verlaagd;
 - o onttrekking van grondwater voor de landbouw (beregening) en de drink- en industriewatervoorziening;
 - o bebossing van het inzigtgebied. De interceptie – het deel van de neerslag dat wordt onderschept door de vegetatie en de bodem niet bereikt – door bos bedraagt in Nederland 10–30% op jaarbasis, wat aanzienlijk meer is dan bij ander landgebruik (Verstraeten et al. 2005). De gemiddelde jaarlijkse interceptie van naaldbos (circa 20–30%) is over het algemeen groter dan van loofbos (circa 15–25%; [Staelens & Mohren 2010](#)). De reductie door interceptie is het grootst bij opstanden van zogenoemd donker naaldhout (Fijnspaar, Douglasspar; [Buishand & Velds 1980](#)).

Verzuring van het grondwater onder invloed van bemesting

- In het door baserijk grondwater gevoede deel van het veencomplex leidt pyrietoxidatie onder invloed van verhoogde nitraatgehalten als gevolg van intensieve bemesting tot verzuring van de diepere ondergrond. Daarbij lossen calcium- en magnesiumcarbonaten op en komt sulfaat vrij. Het grondwater wordt in eerste instantie calcium- en bicarbonaatrijker. Sulfaat reageert met het vrijgekomen bicarbonaat tot kooldioxide. Wanneer de ondergrondse kalkvoorraad is uitgeput, gaat verzuring optreden. Met andere woorden op de langere termijn zal de baserijkdom van het grondwater afnemen. Kalkmoerassen of Blauwgraslanden zullen onder invloed van lichte ontwatering op termijn verzuurd raken en verdwijnen.

Vermesting

- Directe vermesting in de lagg kan optreden als gevolg van toestroming van grondwater dat belast is met meststoffen (voornamelijk nitraat) uit aangrenzende landbouwgronden. Naast deze direct bemestende effecten, kan nitraat onder zuurstofloze omstandigheden de rol van zuurstof overnemen en de afbraak van het veen stimuleren, waarbij nutriënten versneld worden gemobiliseerd ([Smolders & Brouwer 2005](#), [Lamers et al. 2010](#)). De uitspoeling van fosfaat vanuit landbouwgronden is over het algemeen zeer laag ([Smolders et al. 2006b](#)), maar kan in de lagg lokaal zorgen voor vermesting met fosfaat (voornamelijk via het oppervlaktewater).

Verandering in het veenreliëf

- De vroegere laggzones en randzones van hoogveenlandschappen zijn meestal als eerste ontgonnen. Hierdoor zijn in veel gebieden de natuurlijke gradiënten in zuurgraad en beschikbaarheid van nutriënten en mineralen en de daarvan afhankelijke planten- en diersoorten verdwenen. Door ontginning en afgraven bestaan feitelijk geen goed ontwikkelde laggzones meer en daarmee ook geen geleidelijke overgangen in waterkwaliteit van kern naar rand. Deze overgangen kenden een kenmerkende aquatische macrofauna (Van Duinen et al.

2004ab 2006). Menselijke ingrepen hebben echter in verschillende gebieden geleid tot secundaire ontwikkeling van gradiënten of mozaïeken met milieucondities die ten dele overeenkomen met de condities in natuurlijke gradiënten (Van Kleef 2010, Van Duinen et al. 2011). Hierdoor kon een aantal soorten van natuurlijke gradiënten in hoogvenen in sommige van de overgebleven hoogveenrestanten overleven (Van Duinen et al. 2009). Een deel van deze soorten heeft zich in ons land alleen nog weten te handhaven in vennen waar aanvoer van gebufferd oppervlaktewater plaatsvindt dat vanwege de lange afgelegde weg sterk verdund is met regenwater en het grootste deel van zijn voedingsstoffen is kwijtgeraakt (Van Kleef 2010).

Beheer

- Door verdroging neemt de opslag van houtige gewassen toe. Blauwgraslanden en kalkmoerassen zullen, wanneer het hooilandbeheer werd gestaakt, overgaan in het struweel of bos. Maar ook bij voortgaand hooilandbeheer neemt onder invloed van verdroging het aandeel houtige gewassen in deze habitattypen toe. Laagblijvende kruidachtigen kunnen daardoor als gevolg van afnemende lichtbeschikbaarheid in de loop van het groeiseizoen worden weggeconcurrerd. Dat vraagt om een beheer waarbij vroeger in het seizoen vaker wordt gemaaid en gehooïd. Daardoor zullen laatboeiende soorten, waarvan er veel voorkomen in deze gemeenschappen, minder tot zaadzetting komen.

Afname landschappelijke heterogeniteit voor fauna:

- Een algemeen probleem voor de fauna dat voorkomt uit de verschillende knelpunten die hierboven zijn genoemd, is de verhoogde biomassagroei die leidt tot een grofkorreligere mozaïekstructuur (V1b) waarin minder (karakteristieke) diersoorten voorkomen dan in een fijnkorrelige mozaïekstructuur van habitats. Ook de interne heterogeniteit in de afzonderlijke habitats neemt af door een versnelde biomassagroei.

Herstelmaatregelen gradiënt

Voor herstel van hoogveengradiënten moet naast conserveren van de resterende veenpakketten de focus gericht zijn op het stimuleren van veenvormende processen (zie herstelstrategieën actieve hoogvenen (H7110) en herstellende hoogvenen (H7120)).

- Herstel van de gradiënten in hoogvenen vraagt om het ongedaan maken van verdroging en daarmee samenhangende vermesting en verzuring³ om zo op termijn weer acrotelmcondities te doen ontstaan. Uit een recent uitgevoerde inventarisatie (Jansen et al. 2013) is gebleken dat herstel van een acrotelm over (zeer) kleine oppervlakten binnen circa 30 jaar na het nemen van hydrologische herstelmaatregelen (compartimentering, dempen watergangen) mogelijk is. Het is onbekend hoe lang het duurt voordat op landschapsschaal (mesoniveau) herstel van een acrotelm optreedt. Hoogveenherstel is gericht op het bereiken van een situatie waarbij de waterstand hoog en stabiel is en voor een hoogveen kenmerkende hydrologische processen zoals oppervlakkige laterale afstroming en zeer beperkte wegzijging weer gaan optreden. Dit omvat:
 - o Verhoging van de lokale en bovenlokale drainagebasis zodanig dat de verticale wegzijging wordt beperkt tot minder dan 40 mm per jaar opdat er voldoende water

³ De effecten van vermesting en verzuring vanwege atmosferische stikstofdepositie en de wijze waarop deze interfereren met de verzuring en vermesting als gevolg van verdroging worden behandeld in de herstelstrategie voor H7110A (Actieve hoogvenen; hoogveenlandschap).

overblijft om het zomerse neerslagtekort te bufferen. In geval van dunne restveenpakketten kan de veenbasis dan bovendien weer langer in contact staan met het grondwater, waardoor in de veenbasis weer zwak gebufferde omstandigheden kunnen ontstaan. Kooldioxide wordt door de veenmossen gebruikt voor de fotosynthese en hun groei. Het kan worden betrokken uit de atmosfeer, het oppervlaktewater, maar ook uit het grondwater (Van Duinen et al. 2012). Verhoging van het aandeel basen en de pH van het grondwater in de veenbasis leidt via een lichte stimulatie van de veenafbraak, waarbij kooldioxide en methaan ontstaan (Lamers et al. 1999). Wanneer dit zogenoemde benthische kooldioxide naar boven percoleert (met voldoende flux) dan stimuleert dat de groei van de acrotelmvormende veenmossen op het (rest)veenpakket (Smolders et al. 2001). Naar boven percolerend methaan stimuleert de groei van veenmossen indien het door met veenmos samenlevende 'methanotrofe' bacteriën in kooldioxide wordt omgezet (Raghoebarsing et al. 2005). Extra kooldioxide kan ook worden aangevoerd via kwel van lokaal grondwater afkomstig vanaf nabij gelegen dekzandruggen (Verschoor et al. 2003, Tomassen et al. 2011). De productie van benthisch koolstof in het restveenpakket wordt gestimuleerd wanneer gebufferd grondwater tot in de veenbasis reikt. Afname van de grondwaterstand in de omgeving kan dus leiden tot een afname van de koolstofbeschikbaarheid voor veenmosgroei in het hoogveen. De drainagebasis kan worden verhoogd door het dempen of omleiden van diepe watergangen die door een hoogveengebied lopen en insnijden in de zandondergrond. Een tweede belangrijke mogelijkheid om de drainagebasis te verhogen is het inrichten van hydrologische bufferzones langs de randen van hoogveengebieden (zie Schouten et al. 2002). Aangezien de versterkte wegzijging heel vaak het gevolg is van vroegere ingrepen, over grote oppervlakten in het bovenlokale grondwatersysteem, zal het inrichten van bufferzones in veel gevallen nog moeten worden aangevuld met verregaande maatregelen in de bovenlokale waterhuishouding.

- o Oppervlakkige (in het veenpakket insnijdende) ontwateringsmiddelen in de gradiënt van hoogveenkern naar randzone dempen, verondiepen of afdammen (greppels, bijvoorbeeld van boekweitbrandcultuur);
- o Compartimentering met veen- en zandkaden waarbij lekverliezen van het hoogveenrestant naar zijn omgeving sterk worden beperkt en binnen de compartimenten hoge en stabiele waterstanden worden gerealiseerd. Door in deze compartimenten het winterse neerslagoverschot op te vangen wordt het zomerse neerslagtekort gebufferd en blijven hoge stabiele grondwaterstanden gehandhaafd. Aldus wordt het functioneren van een acrotelm enigszins nagebootst (Wheeler et al. 2002). Wanneer het hoogteverschil van het veenrestant met zijn omgeving erg groot is (meer dan anderhalve meter) is het wenselijk een dammenstelsel aan te leggen, niet alleen vanwege de stabiliteit van de dam tegen de veenrand, maar ook om weer ecologische gradiënten te creëren (Wheeler et al. 2002). Door geringe peilverschillen aan te brengen tussen de compartimenten wordt een geleidelijke oppervlakkige afvoer van water zoals in een levend hoogveen nagebootst. Door de waterpeilen van het centrum naar de randen van het veenrestant geleidelijk te laten aflopen kan op termijn weer een horlogeglasvormig veenlichaam ontstaan. Of dat daadwerkelijk zal gebeuren is onbekend (**kennislacune**);
- o Verwijderen van bosopslag (berken). Het verwijderen van berk in verdroogde hoogvenen verlaagt de waterverliezen uit het ecosysteem door evapotranspiratie te beperken – vooral bij berkenopslag met een kroonsluiting van minder dan 30 à 40%. Na

kroonsluiting, heeft het verwijderen van berk steeds minder effect omdat vanaf dat moment de waterverliezen door de boomkroon in toenemende mate gecompenseerd worden door een lagere evapotranspiratie van de beschutte ondergroei. – Bij hogere kroonsluitingen (Leaf Area Index van 2 en hoger) kan verwijdering van de boomlaag zelfs een negatief effect hebben (Limpens 2012). Veel hangt echter af van hoe vochtig de bodem is. Indien het veen sterk uitgedroogd is en bomen diep wortelen bomen zal verwijderen van bomen wél positief op de waterbalans uitwerken;

- o Het kappen van dicht bos op zandruggen in het hoogveen – die daar zijn ontstaan na het ontwateren en/of afgraven van veen – resulteert in een aanzienlijke verlaging van de interceptie van regenwater (Verstraeten et al. 2005). De reductie van de interceptie is het grootst bij opstanden van zogenoemd donker naaldhout (Fijnspar, Douglasspar; Buishand & Velds 1980). Het kappen van bos op de zandruggen kan aldus eveneens bijdragen aan het verhogen van de grondwaterstand onder het veen en het optreden van lokale kwel op de overgang van de zandruggen naar het hoogveen. Dit lokale grondwater is vaak rijk aan kooldioxide, wat de groei van veenmossen stimuleert (Tomassen et al. 2011);
- o Al deze maatregelen zijn gericht op herstel van de acrotelm opdat er weer regulatie gaat optreden in de laterale afstroming.
- Herstel van (basenarm en/of basenrijk) grondwaterinvloed in de randen van hoogvenen zorgt voor het herstel van gradiënten (of mozaïeken) in het hoogveen en met het omringende nat zandlandschap. Van deze gradiënten zijn kenmerkende diersoorten van hoogvenen afhankelijk zoals Hoogveenglanslibel, Veenbesparelmoervlinder, Veenbesblauwtje en verschillende soorten aquatische macrofauna (Van Duinen et al. 2004a, Van Duinen et al. 2006). Deze gradiënt kan alleen versterkt worden door herstel van de waterhuishouding van de hoogveenkern (zie boven) alsmede herstel van de vroegere invloed van mineraal grondwater in de wortelzone van de vegetatie. Beide processen moeten ongeveer gelijktijdig worden hersteld omdat anders de gradiënt in abiotisch opzicht zal gaan verschuiven, bijvoorbeeld een grotere ruimtelijke invloed van zuur veenwater wanneer alleen maatregelen worden genomen voor herstel van de waterhuishouding van de hoogveenkern. Flora en fauna kunnen dan niet tijdig mee verhuizen. Maatregelen die aan herstel of verbetering van de vroegere invloed van mineraal grondwater in de wortelzone van de vegetatie bijdragen zijn gericht op verhoging van de grondwaterstanden en bevordering van het uittreden van grondwater in de wortelzone van de vegetatie. Tot de maatregelen die in deze samenhang genomen kunnen worden, behoren:
 - o Het dempen van voormalige, niet langer functionele sloten en –greppels in het veen zelf;
 - o Het beduikeren of omleiden van diepe ‘doorvoersloten’ die water uit bovenliggende landbouwgebieden afvoeren;
 - o Het dempen of verondiepen van beken dan wel het stoppen met of het aanzienlijk verminderen van beekonderhoud (maaien, baggeren);
 - o Maatregelen in het intrekgebied van het grondwater, hoofdzakelijk het verminderen of geheel verwijderen van drainage (sloten, greppels, buisdrains), het verminderen of stoppen van grondwateronttrekking en het omvormen van naald- naar loofbos of van bos naar lage begroeiingen.
- De aanleg van hydrologische bufferzones kan van groot belang zijn voor het realiseren van aansluitingen op nabije natuurgebieden om zo het herstel te bevorderen van completere en samenhangende hoogveen- en nat-zandlandschappen met de daarvoor karakteristieke

gradiëntsituatie. Die gradiënt omvat vijf zones: (i) het boomvrije centrum, (ii) het hellende deel van het veenlichaam, (iii) de rand met Hoogveenbossen (inclusief daartoe behorende struwelen) en Vochtige heiden, (iv) de lagg en (v) het nat-zandlandschap op minerale bodem. De vierde zone bezit bij voorkeur een kleinschalige inrichting. Voor de fauna is het herstel van zo'n gradiënt met bijbehorende heterogeniteit van groot belang (Van Duinen et al. 2006, Verberk 2008). De inrichting van bufferzones dient gericht te zijn op een verdere verhoging van de drainagebasis waardoor deze zich in de veenbasis gaat bevinden en de wegzijging uit het veencomplex naar de ondergrond vermindert. Dit kan worden bereikt door het dempen van watergangen;

- Vanwege het niet optimaal functioneren van de hydrologie maken de veenbeken op dit moment geen onderdeel meer uit van de gradiënt. Herstel van deze beken (rullen) vraagt om een functionerende acrotelm over grote oppervlakten. Het is niet te verwachten dat in een Nederlands hoogveenrestant binnen enkele decennia over zulke grote oppervlakten een functionerende acrotelm zal zijn hersteld. Herstel van veenbeken is daarom vooralsnog niet aan de orde;
- Vermesting is een regelmatig voorkomend probleem dat kan worden bestreden door:
 - o Het omvormen van bos naar lage begroeiingen en het stoppen van bemesting in het intrekgebied om de kwaliteit van het toegevoerde grondwater te verbeteren. De omvorming van bossen draagt bij aan een verminderde stikstofbelasting en verzuring van het grondwater;
 - o In het veencomplex zelf kan na verwerving van gronden als natuurgebied vermisting worden bestreden via inrichtingsmaatregelen zoals het verwijderen van de bemeste toplaag of via verschrallingsbeheer zoals uitmijnen, maaien en afvoeren of begrazen;
 - o Verbetering van de kwaliteit van het beekwater wanneer overstromingen met beekwater plaatsvinden. Indien bemesting van landbouwpercelen niet kan worden gestopt of aanzienlijk verminderd dan kan verbetering van de waterkwaliteit worden bereikt door op deze landbouwgronden in ieder geval langs de beek bemestingsvrije zones in te stellen. Een andere mogelijkheid om de vermisting van het natuurgebied via overstroming met beekwater te beperken, is het bovenstrooms langer vasthouden van afvoerpieken bijvoorbeeld door het graven en inrichten van bufferbasins.

Aandachtspunten

Bij het nemen van maatregelen gelden de volgende aandachtspunten:

- Compartimentering met veen- en zandkaden stimuleert acrotelmherstel op mesoschaal, maar kan op termijn herstel op grotere schaal belemmeren als tussen de compartimenten te grote peilverschillen bestaan. Een geleidelijke hellingshoek van het veenoppervlak kan zich dan niet ontwikkelen. Verder kunnen compartimenten (grote watervlakten) zo groot en diep zijn dat de veenvorming niet op gang komt. Door de vaak sterke kleuring van het water met humuszuren is er reeds bij 30–50 cm waterdiepte onvoldoende licht voor veenmosgroei (Tomassen et al. 2003). Bovendien is in het water de kooldioxidespanning veelal te laag om een submerse groei van veenmossen mogelijk te maken. Bij een geringere waterdiepte is de kans op droogval echter groot, vanwege het cumulatieve zomerse neerslagtekort of (soms) vanwege een te grote wegzijging. In te grote plassen worden veenmossen in hun groei bovendien gehinderd door een sterke golfwerking. Voor een uitgebreide beschouwing over compartimentering zie deel II, Herstelstrategie H71 20: Herstellende hoogvenen.

- Fragmentatie van de resterende veedelen door compartimentering met kades kan in systemen met een complex samenspel van baserijk grondwater en zuurder hoogveenwater herstel van de gradiënt in de weg staan (Verberk & Esselink 2008).
- Mogelijkheden tot herstel van een functionele acrotelm worden mede bepaald door de hellingshoek van het veenoppervlak. Uit onderzoek aan min of meer intacte hoogvenen in Ierland bleek de dikte van de acrotelm gerelateerd te zijn aan deze hellingshoek (Van der Schaaf 2002). Op het vlakke (centrale) deel van het veen was de acrotelm het dikst. Bij toename van de hellingshoek nam de dikte af en bij een hoek groter dan 1,5–2% bleek een acrotelm geheel afwezig te zijn. Hier is de hydraulische gradiënt blijkbaar zo groot dat zich geen acrotelm kan ontwikkelen (c.q. handhaven). Wanneer de hellingshoek sterk vergroot is geworden vanwege klink en het afgraven (van de randen) van het veen, dan is de aanleg van een stelsel van lage, parallelle dammen noodzakelijk om veenwater vast te houden. De hoogte van de dammen is afhankelijk van de te (re)construeren hellingshoek. Bij een voldoende geringe hoek zal naar verwachting de kolonisatie van de aldus ontstane compartimenten met veenmossen en het zwellen van het verdroogde veen uiteindelijk leiden tot het opnieuw ontstaan van een functionele acrotelm (Schouten 2002). In Nederland is bij de aanleg van compartimenten in hoogveenrestanten meestal geen rekening gehouden met een te ontwikkelen hellingshoek. Dat zal plaatselijk de ontwikkeling van een samenhangende acrotelm in de weg staan.
- Indien mogelijk moet bij vernatting worden gewaakt voor een te plotselinge stijging van het waterpeil, zodat plantensoorten en in het bijzonder diersoorten de kans krijgen zich te verplaatsen naar een hoger gelegen locatie. In de periode 1974–1980 werden bij Staatsbosbeheer grote stukken plotseling vernat (schriftelijke mededeling Roy Dear). Bij een te plotselinge stijging bestaat het risico dat bijvoorbeeld rupsen verdrinken (Joy & Pullin 1997, Wynhoff 1998). Een plotselinge toename van de oppervlakte open water kan zorgen voor concurrentie van algemenere macrofauna met gespecialiseerde hoogveensoorten, die nu vaak in oude veenputjes een refugium bezitten (Van Duinen 2013). Wanneer compartimenten aanwezig zijn kan een te plotselinge stijging worden voorkomen door de waterstanden in de compartimenten stapsgewijs met enkele centimeters per jaar te verhogen middels sifons. In de hoogveenkern van de Engbertsdijksvennen is dat sinds 2006 over een periode van 7 jaar gebeurd (schriftelijke mededeling Roy Dear).
- Vaak zijn bij de herstelmaatregelen naast natuurwaarden ook cultuurhistorische waarden in het geding. Deze waarden dienen te worden geïnventariseerd en bij afweging en keuze van herstelmaatregelen voor de natuur te worden betrokken.
- In gedegradeerde situaties ontwikkelen zich soms hoge natuurwaarden die niet kenmerkend zijn voor de (te herstellen) gradiënt. Een bekend voorbeeld van een soort die profiteert van het dan (tijdelijk) hogere voedselaanbod is de Grauwe klauwier (Van den Burg et al. 2011). Bij hydrologisch herstel van de gradiënt kunnen deze zulke soorten weer terrein verliezen. Deze soorten kunnen echter stabiele en levensvatbare populaties opbouwen op de aangrenzende zandgronden.
- Bij vernatting van de omgeving van het hoogveen moet onnatuurlijke drainage zoveel mogelijk beperkt worden en er tegelijkertijd voor worden gewaakt dat geen onnatuurlijk langdurige stagnatie van water optreedt. Afvoer van nutriënten via oppervlakkig afstromend water is voor veel relatief voedselrijke systemen zoals Elzenbroeken van groot belang om eutrofiëring te voorkomen. Vooral als het oppervlaktewater of het aangevoerde grondwater sulfaatrijk is, dreigt het gevaar van fosfaatmobilisatie (Lucassen et al. 2004, Smolders et al. 2006a). In gebieden met een zeer sterke kweldruk, die niet langdurig en intensief bemest

zijn geweest, is het gevaar voor eutrofiëring bij vernatting niet erg groot, zeker niet wanneer het diepe grondwater ijzerrijk en sulfaatarm is.

- Soms worden greppelstelsels aangelegd in gebieden waar kwel van baserijk grondwater sterk is verminderd en waar zich neerslaglenzen hebben gevormd. Het doel van de begreppeling is de afvoer van zuur neerslagwater uit de lens om zo de toevoer van baserijk grondwater naar de wortelzone te bevorderen (Van der Hoek & Heijmans 2005). Uit Van der Hoek & Heijmans (2005) blijkt dat begreppelen in zulke gebieden niet leidt tot een grotere invloed van baserijk grondwater in de wortelzone. Het leidt eerder tot ontwatering en daarmee tot een grotere invloed van neerslagwater. Met het begreppelen van verzuurde, voorheen grondwatergevoede terreinen met als doel de afvoer van stagnant regenwater dient dan ook zeer terughoudend te worden omgegaan (Jansen et al. 2007). Bovenal dienen maatregelen te worden genomen die de toevoer van basen via het grondwater bevorderen.
- Plaggen van veraarde veengronden in combinatie met sterke vernatting kan bij voldoende toestroming van baserijk grondwater binnen tien jaar leiden tot de ontwikkeling van orchideënrijke graslanden en aanzetten tot een alkalisch laagveen (kalkmoeras; H7230) of een soortenrijk Elzenbroekbos (H91EOC) (Grootjans et al. 2007). Met het plaggen van grondwater gevoede, baserijke randvenen bestaat weinig ervaring. Dit is een **kennislacune**;
- Bij maaiveldverlaging door afgraving van de toplaag in de nabijheid van bestaande grondwaterafhankelijke natuurgebieden is een zorgvuldige afweging nodig om het risico van verdrogings schade aan het bestaande natuurgebied te voorkomen (Runhaar 1999). Door afgraven van de bovenste bodemlaag kan het nieuwe natuurgebied lager komen te liggen dan het oude, waardoor grondwater in mindere mate naar het oude deel van het natuurgebied zal stromen. Het gevolg is dat daar de standen zullen dalen en de kwel van grondwater zal verminderen. Het afgraven van een bestaand, verdroogd natuurgebied om aldus dichterbij het grondwater te komen is een onomkeerbare, laatste optie met veel neveneffecten, zoals op fauna, verlies van zaadkapitaal en vervlakking van microreliëf.
- Voordat wordt overgegaan tot afgraven van voormalige landbouwgronden in de bufferzone, het intrekgebied of in het veencomplex zelf moeten vanuit het functioneren van de gradiënt de volgende aandachtspunten in beschouwing zijn genomen:
 - o Wat wordt de hoogteligging van de voormalige landbouwgronden na afgraven? Afgraven moet worden ontraden wanneer de af te graven delen zo laag komen te liggen dat ze (delen van) het veencomplex gaan draineren;
 - o Afgraven wordt verder afgeraden wanneer daardoor de opbolling van de grondwaterspiegel in hogere ruggen in het intrekgebied wordt afgetopt (Adema et al. 2010). Daardoor neemt met name in natte perioden het stijghoogteverschil met het veencomplex af en daarmee de intensiteit en de duur van de kwel.

In zulke gevallen kan uitmijnen van de bodem een alternatief zijn. Uitmijnen is het selectief toedienen van voedingsstoffen, bijvoorbeeld stikstof en kalium, waardoor fosfaat versneld via opname door planten en afvoer door maaien kan worden onttrokken aan de bodem (zie Deel I, hoofdstuk 3). Er is nadere studie nodig naar de criteria en de condities waaronder voor het toepassen van een specifieke verschralingstechniek (ontgronden, uitmijnen, plaggen, maaien en afvoeren, afvoer nutriënten via afstromend water, tijdelijke aquacultures) wordt gekozen (**kennislacune**).

Voorbeelden

Algemeen over hoogveenherstel en de toestand van Nederlandse hoogvenen: Tomassen et al. (2003), De Hoop et al. (2011), Van Duinen et al. (2012), Jansen et al. (2013).

Variant 1a gebieden:

Friesland: Fochteloërveen (Van der Heiden et al. 2005);
Drenthe: Bargerveen;
Overijssel: Engbertsdijkvenen (Van Wirdum et al. 2009); Wierdense Veld (Tomassen et al. 2005),
Haaksbergerveen.
Noord-Brabant: Peelvenen (Van den Boom et al. 2007, Borren et al. 2010).

Variant 1b gebieden:

Overijssel: Haaksbergerveen (Tomassen et al. 2011); Aamsveen (Jansen & Loeb 2011).
Gelderland: Korenburgerveen (Mankor 1985, Van der Hoek & Heijmans 2005, Verberk & Esselink 2008, Bell & Van 't Hullenaar 2012); Wooldse veen (Bell & Van 't Hullenaar 2010).

Literatuur

- Adema, E., G.J. Baaijens, A.J.M. Jansen & R. Ketelaar 2010. Advies deskundigenteam Nat Zandlandschap over de inrichting van het Noordenveld en het Kloosterveld. O+BN Advies. Bosschap, Driebergen.
- Athmer, W.H.G.J., Jansen, A.J.M, W.J. Molenaar & W.J.M.K. Senden 1997. Verdrogingsbestrijding WCL-gebied Winterswijk. Report KOA 96.140. Kiwa N.V., Nieuwegein.
- Baaijens, G.J., J.J. Barkman & W.A. Casparie 1982. Het Witterveld bij Assen : een schets van de natuurlijke gesteldheid en een evaluatie van de gevolgen van intensivering van het militair gebruik. RIN-rapport, Leersum.
- Bazelmans, J., H. Weerts & M. van der Meulen 2011. Atlas van Nederland in het Holoceen, landschap en bewoning vanaf de laatste ijstijd tot nu. Uitgeverij Bert Bakker.
- Bell, J. & J.W. van 't Hullenaar 2010. Ecologisch herstel Wooldse veen, in samenhang met Burlo-Vardingholter venn. Bell Hullenaar, Zwolle. Rapport in opdracht van Vereniging Natuurmonumenten.
- Bell, J. & J.W. van 't Hullenaar 2012. Tweede fase ecologisch herstel Korenburgerveen. Resultaten ecohydrologische systeemanalyse. Bell Hullenaar, Zwolle. Rapport in opdracht van Vereniging Natuurmonumenten.
- Borren, W., G. van Wirdum, V. Beumer & D. Hendriks 2010. Handreiking hoogveenregeneratie en inrichting nieuwe Peelvenen.
- Buishand, T. A. & C. A. Velds 1980. Klimaat van Nederland 1: Neerslag en verdamping. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt, pp. 66-67.
- Casparie, W.A. 1972. Bog development in southeastern Drenthe (the Netherlands). Proefschrift, Rijksuniversiteit Groningen.
- Clymo, R.S. & P.M. Hayward 1982. The ecology of *Sphagnum*. In: A.J.E Smith (ed.) *Bryophyte ecology*, p. 229-289. Chapman and Hall, Londen.
- Couwenberg, J. & H. Joosten 1999. Pools as missing links: the role of nothing in the being of mires. *Patterned Mires and Mire Pools - Origin and Development; Flora and Fauna* (eds V.Standen, J.Tallis & R.Meade), pp. 87-102. British Ecological Society, London.
- Couwenberg, J. & H. Joosten 2005. Self-organization in raised bog patterning: the origin of microtope zonation and mesotope diversity. *Journal of Ecology* 93: 1238-1248.
- De Hoop, E., B. van Tooren, B. van den Boom, J. Holtland, L. van Tweel, A. van den Berg & I. de Ronde 2011. Evaluatie hoogveengebieden in Nederland. Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer, Landschap Overijssel & Ministerie van Defensie, 's-Graveland.

- Dommain, R., J. Couwenberg and H. Joosten 2010. Hydrological self-regulation of domed peatlands in south-east Asia and consequences for conservation and restoration. *Mires and Peat*, 6: 1-17,
- Grootjans, A.P., R.H. Kemmers, F.H. Everts & E.B. Adema 2007. Restauratie van veengronden door afgraven en vernatten. *De Levende Natuur* 108(3):108-113.
- Ingram, H.A.P. 1983. Hydrology. *Ecosystems of the World 4A. Mires: Swamp, Bog, Fen and Moor - General Studies* (ed. A.J.P.Gore), pp. 67-158. Elsevier, Amsterdam.
- Ivanov, K.E. 1981. *Water Movement in Mirelands*. Academic Press, London.
- Jansen, A.J.M., C.J.S. Aggenbach, A.T.W. Eysink & D. van der Hoek 2007. Herstel van natte schraallanden op minerale gronden. *De Levende Natuur* 108: 96-102.
- Jansen, A.J.M. & R. Loeb 2011. Ontwikkeling van heischrale graslanden in het Natura 2000 gebied Aamsveen (Twente): onderzoeksopzet. Rapport Unie van Bosgroepen, Ede.
- Jansen, A.J.M., R. Ketelaar, J. Limpens, M.G.C. Schouten & L. van Tweel-Groot 2013. Kartering van de habitattypen Actief en Herstellend hoogveen in Nederland. Rapport 2013/OBN182-NZ. Programmadirectie Natura2000, Ministerie van Economische Zaken. Den Haag.
- Joy, J. & A.S. Pullin 1997. The effects of flooding on the survival of overwintering Large Heath Butterfly *Coenonympha tullia* larvae. *Biological Conservation* 82: 61-66.
- Joosten, J. H.J. 1993. Denken wie ein Hochmoor: hydrologische Selbstregulation von Hochmooren und deren Bedeutung für Wiedernassung und Restauration. *Telma* 23: 95-115.
- Joosten, J. H.J. & T.W.M. Bakker 1987. De Grootte Peel in verleden, heden en toekomst. Rapport 88-4. Staatsbosbeheer, Utrecht.
- Ketelaar, R. & G.-J. Pontenagel 2000. Waar overnacht de Speerwaterjuffer (*Coenagrion hastulatum*)? *Brachytron* 4(2): 20-22.
- Ketelaar, R., D. Groenendijk & P. Joop 2005. Soortbeschermingsplan Hoogveenglanslibel. Rapport DK nr. 2005/033, Ede.
- Kulczynski, S. 1949. Peatbogs of Polesia, mémoire de M. St. Kulczyński m.t. présenté le 7 nov. 1938. *Mémoires de l'academie Polonaise des sciences et des lettres, Classe des sciences mathématiques et naturelles, Serie B: sciences naturelles*.
- Lamers, L.P.M., C. Farhoush, J.M. van Groenendaal & J.G.M. Roelofs 1999. Calcareous groundwater raised bogs; the concept of ombrotrophy revisited. *Journal of Ecology* 87: 637-648.
- Lamers, L. (red.), J. Sarneel, J. Geurts, M. Dionisio Pires, E. Remke, H. van Kleef, M. Christianen, L. Bakker, G. Mulderij, J. Schouwenaars, M. Klinge, N. Jaarsma, S. van der Wielen, M. Soons, J. Verhoeven, B. Ibelings, E. van Donk, W. Verberk, H. Esselink & J. Roelofs 2010. Onderzoek ten behoeve van het herstel en beheer van Nederlandse laagveenwateren. Eindrapportage 2006-2009 (Fase 2). Rapport DKI nr. 2010/dk134-O, Ministerie van LNV, Ede; 250 p.
- Limpens, J. 2012. Onderzoek ten behoeve van herstel en beheer van Nederlandse hoogvenen. Concept eindrapportage OBN Hoogveenonderzoek 2009-2010; -Verlenging onderzoek naar effecten van berkenopslag en dichtheid op hoogveenvegetaties behorende tot het natte zandlandschap-. Rapport Wageningen Universiteit in opdracht van het ministerie van LNV; 37p.
- Limpens, J. & F. Berendse 2003. How litter quality affects mass loss and N loss from decomposing Sphagnum. *Oikos* 103: 537-547.
- Lucassen, E.C.H.E.T., A.J.P.Smolders, J. van de Crommemacker, & J.G.M. Roelofs 2004. Effects of stagnating sulphate-rich water on the mobility of phosphorus in freshwater wetlands. *Archiv für Hydrobiologie* 160: 117-131.
- Mankor, J. 1985. Het Korenburgerveen, een ecohydrologisch onderzoek. RIN-rapport 87/9. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.

- Moore, P.D. & D.J. Bellamy 1974. *Peatlands*. Elek Science, Londen.
- Patberg, W. 2011. Solute transport in Sphagnum dominated bogs: the ecophysiological effects of mixing by convective flow. Proefschrift R.U. Groningen. Groningen.
- Projectgroep Groote Peel, 1990. Technische maatregelen ter verbetering van de waterhuishouding in de Groote Peel en hun effecten. Rapport (met technische bijlagen). Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.
- Raghoebarsing, A., A.J.P. Smolders, M.C. Schmid, W.I.C. Rijpstra, M. Wolters-Arts, J. Derksen, M.S.M. Jetten, S. Schouten, J.S. Sinninghe Damste, L.P.M. Lamers, J.G.M. Roelofs, H.J.M. op den Camp & M. Strous 2005. Methanotrophic symbionts provide carbon for photosynthesis in peat bogs. *Nature* 436: 1153–1156.
- Robroek, B.J.M. 2007. Competition between *Sphagnum* mosses in European raised bogs. The effects of a changing climate. Proefschrift Wageningen Universiteit. Wageningen.
- Runhaar, J. 1999. Impact of hydrological changes on nature conservation areas in The Netherlands. Proefschrift R.U. Leiden. Leiden.
- Schouten, M.G.C. (ed.) 2002: Conservation and restoration of raised bogs – Geological, hydrological and ecological studies, pp. 210–217. Dúchas – The Heritage Service of the Department of the Environment and Local Government, Ireland; Staatsbosbeheer, the Netherlands; Geological Survey of Ireland; Dublin.
- Schouten, M.G.C., J.G. Streefkerk, S. van der Schaaf & J.B. Ryan 2002. Chapter 8: General conclusions: Implications for management and restoration. In: Schouten, M.G.C. (Ed.): *Conservation and restoration of raised bogs – Geological, hydrological and ecological studies*, p. 210–217. Dúchas – The Heritage Service of the Department of the Environment and Local Government, Ireland; Staatsbosbeheer, the Netherlands; Geological Survey of Ireland; Dublin.
- Schouwenaars, J.M., H. Esselink, L.P.M. Lamers & P.C. van der Molen 2002. Ontwikkelingen en herstel van hoogveensystemen. Rapport EC-LNV 2002/084. Expertisecentrum LNV, Ede.
- Smolders, F. & E. Brouwer 2005. Baggerproblematiek Wormer- en Jisperveld: notitie naar aanleiding van aanvullend onderzoek naar de water- en poriewaterkwaliteit. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.
- Smolders, A.J.P., H.B.M. Tomassen, H.W. Pijnappel, L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs 2001. Substrate-derived CO₂ is important in the development of *Sphagnum* spp. *New Phytologist* 152: 325–332.
- Smolders, A.J.P., L.P.M. Lamers, E.C.H.E.T. Lucassen, G. van der Velde & J.G.M. Roelofs 2006a. Internal eutrophication: 'How it works and what to do about it', a review. *Chemistry and Ecology* 22: 93–111.
- Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs 2006b. De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 3: 5–11.
- Smolders, A.J.P., H.B.M. Tomassen, J. Limpens, G.A. van Duinen, S. van der Schaaf & J.G.M. Roelofs 2004. Perspectieven voor hoogveenherstel in Nederland. In: G.A. van Duinen et al. (red.) *Duurzaam natuurherstel voor behoud van biodiversiteit – 15 jaar herstelmaatregelen in het kader van het overlevingsplan bos en natuur*. Rapport EC-LNV nr. 2004/305, Ed; pp.71–107.
- SOVON Vogelonderzoek Nederland 2002. Atlas van de Nederlandse broedvogels 1998–2000. – Nederlandse Fauna 5. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV Uitgeverij & European Invertebrate Survey-Nederland, Leiden.
- Staelens, J. & F. Mohren 2010. 10 Waterhuishouding. In: J. den Ouden, B. Muys, F. Mohren & K. Verheyen (red.): *Bosecologie en Bosbeheer*, pp.161–166. Acco, Leuven.

- Starling–Westerberg, A. 2001. The habitat use and diet of Black Grouse *Tetrao tetrix* in the Pennine hills of northern England, *Bird Study* 48(1): 76–89.
- Steiner, G.M. 2005. *Moore – von Siberien bis Feuerland*. Oberösterreichische Landesmuseum, Linz.
- Succow, M. & H. Joosten 2001. *Landschaftsökologische Moorkunde*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.
- Tomassen, H.B.M., A.J.P. Smolders, J. Limpens, G.J. van Duinen, S. van der Schaaf, J.G.M. Roelofs, F. Berendse, H. Esselink & G. van Wirdum 2003. Onderzoek ten behoeve van herstel en beheer van Nederlandse hoogvenen. Eindrapportage 1998–2001. Rapport EC-LNV nr. 2003/139. Expertisecentrum LNV Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Ede. 186p.
- Tomassen, H.B.M., G.A. van Duinen, A.J.P. Smolders, E. Brouwer, S. van der Schaaf, G. van Wirdum, H. Esselink & J.G.M. Roelofs 2005. Vooronderzoek Wierdense Veld. Eindrapportage mei 2005. Rapport Onderzoekscentrum B–Ware, Nijmegen.
- Tomassen, H.B.M., A.B. Grootjans & A.J.P. Smolders 2011. Herstel van biodiversiteit en landschapsecologische relaties in het natte zandlandschap – Herkomst van CO₂ voor hoogveengroei en basenverzadiging in hoogveentjes. Eindrapport deel 3. Rapport nr. 2011/OBN147–3–NZ. Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, Den Haag.
- Van den Boom, B.W.A.F.H., Ph. Bossenbroek & J. Holtland 2007. 10 jaar hoogveenregeneratie in de Peel. *De Levende Natuur* 108 (4): 155–161.
- Van der Heiden, M., H. Feenstra & N. Straathof 2005. Hoogveenherstelproject Fochteloërveen goed voor waterhuishouding en fauna? *De Levende Natuur* 106 (3): 94–101.
- Van der Hoek, D. & M.P.D. Heijmans 2005. Effectiveness of turf stripping as a measure for restoring species-rich fen meadows in sub-optimal hydrological conditions. In D. van der Hoek, *The effectiveness of restoration measures in species-rich fen meadows* p. 65–86. Proefschrift, Wageningen Universiteit.
- Van der Schaaf, S. 2002. Bog hydrology. In: Schouten, M.G.C. (Ed.): *Conservation and restoration of raised bogs – Geological, hydrological and ecological studies*, p. 54–109. Dúchas – The Heritage Service of the Department of the Environment and Local Government, Ireland; Staatsbosbeheer, the Netherlands; Geological Survey of Ireland; Dublin.
- Van Duinen, G.A. 2013. Rehabilitation of aquatic invertebrate communities in raised bog landscapes. Proefschrift Radboud Universiteit Nijmegen, Nijmegen.
- Van Duinen, G.A., A.M.T. Brock, J.T. Kuper, T.M.J. Peeters & H. Esselink 2004a. Do raised bog restoration measures rehabilitate aquatic fauna diversity? A comparative study between pristine, degraded, and rewetted raised bogs. In: Päivänen, J. (Ed.) *Wise use of peatlands. Proceedings of the 12th International Peat Congress, 6–11 June 2004 Tampere, Finland*, pp. 399–405.
- Van Duinen, G.A., A.J. Dees & H. Esselink 2004b. Importance of permanent and temporary water bodies for aquatic beetles in the raised bog remnant Wierdense Veld. *Proceedings Experimental and Applied Entomology (NEV)* 15: 15–20.
- Van Duinen, G.A., T. Timm, A.J.P. Smolders, A.M.T. Brock, W.C.E.P. Verberk & H. Esselink 2006. Differential response of aquatic oligochaete species to increased nutrient availability – a comparative study between Estonian and Dutch raised bogs. *Hydrobiologia* 564: 143–155.
- Van Duinen, G.A., E. Brouwer, A.J.M. Jansen, J.G.M. Roelofs & M.G.C. Schouten 2009. Van hoogveen- en venherstel naar herstel van een 'compleet' nat zandlandschap. *De Levende Natuur* 110: 118–123.

- Van Duinen G.A., H.H. van Kleef, M. Wallis de Vries & A. van den Burg 2011. Herstel van biodiversiteit en landschapsecologische relaties in het natte zandlandschap – Deelrapport 4: Betekenis van milieugradiënten en waardplantenkwaliteit voor herstel van de fauna van het natte zandlandschap. Rapport Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie.
- Van Duinen, G., H. Tomassen, J. Limpens, F. Smolders, S. van der Schaaf, W. Verberk, D. Groenendijk, M. Wallis de Vries & J.G.M. Roelofs 2012. Perspectieven voor hoogveenherstel in Nederland. Samenvatting onderzoek en handleiding hoogveenherstel 1998–2009. Rapport Bosschap, Driebergen.
- Van Kleef, H. 2010. *Identifying and crossing thresholds in managing moorland pool macroinvertebrates*. Proefschrift Radboud Universiteit, Nijmegen.
- Venema, G.A. 1855 (soms ook met 1856 aangegeven). *De hooge veenen en het veenbranden*. Kruseman, Haarlem.
- Verberk, W.C.E.P. & H. Esselink 2008. Invloed van aantasting en maatregelen op de faunadiversiteit in een complex landschap. Case studie: Korenburgerveen (eindrapportage 2^e fase). Directie Kennis–LNV, Ede.
- Versfelt, H.J. 2003. De Hottinger–atlas van Noord– en Oost–Nederland 1773–1794. Heveskes Uitgevers, Groningen.
- Verstraeten, W.W., B. Muys, J. Feyen, F. Veroustraete, M. Minnaert, I. Meiresonne & A. de Schrijver 2005. Comparative analysis of the actual ecotranspiration of Flemish forest and cropland, using the soil water balance model WAVE. *Hydrology and Earth System Sciences* 9: 225–241.
- Wegge, P. & L. Kastdalen 2008. Habitat and diet of young grouse broods: resource partitioning between Capercaillie (*Tetrao urogallus*) and Black Grouse (*Tetrao tetrix*) in boreal forests. *Journal of Ornithology* 149: 237–244.
- Westhoff, V. & J. van Dijk 1952. Experimenteel successie–onderzoek in natuurreservaten, in het bijzonder in het Korenburgerveen bij Winterswijk. *De Levende Natuur* 55 (1): 5–16.
- Wheeler, B.D., R.P. Money & S.C. Shaw 2002. 14 Freshwater wetlands. In: M.P. Perrow & A.J. Davy, *Handbook of ecological restoration vol. 2: restoration in practice*, p. 325–355. The press syndicate of the University of Cambridge/Cambridge University Press, Cambridge
- Wickman, F. 1951. The maximum height of raised bogs and a note on the motion of water in soligenous mires. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, 73, 413–422.
- Van Wirdum, G. 1993. Ecosysteemvisie hoogvenen. IBN–DLO rapport 035. IBN–DLO, Wageningen.
- Van Wirdum, G., J. Klein, W. Borren, P. Maljaars, R. Wils & A. Cinjee 2008. Eco–hydrologische evaluatie van Engbertsdijkvenen. Rapport, Staatsbosbeheer.
- Wynhoff, I. 1998. Veenhooibeestje: verdroogd of verdrongen? Rapport VS98.12. De Vlinderstichting, Wageningen.
- Verberk, W.C.E.P. 2008. Matching species to a changing landscape. Proefschrift Radboud Universiteit Nijmegen.
- Verschoor, A.J., G.J. Baaijens, F.H. Everts, A.P. Grootjans, W. Rooke, S. van der Schaaf & N.P.J. de Vries 2003. Hoogveenontwikkeling in veentjes en kleinschalige hoogveencomplexen op het Dwingelerveld; een landschapsbenadering. Deel 2: landschapsontwikkeling en hydrologie. Rapport EC–LNV nr. 2003/227 O, Ede.

Gradiënttype 2: Schijnspiegellaagten

Beknopte beschrijving

Op tal van plaatsen komen in het Pleistocene landschap laagten voor met een schijngrondwaterspiegel. Men vindt ze zowel nabij de waterscheiding, op de flanken van beekdalen als in de zone daartussen (Bakker et al. 1986). Deze laagten worden in het Brabants “ven” genoemd en in het Drents “veentie” (Eysink & Jansen 2011). In meer algemene zin kan worden gesproken van laagten met een schijngrondwaterspiegel of kortweg “schijnspiegellaagten”. Deze laagten kunnen op uiteenlopende plaatsen ontstaan zoals in afgesnoerde erosiegeulen in keileem of geulen in vlechtende beek- of rivierstelsels, waar ze vaak ketens vormen, en in uitblazingslaagten in stuifzandgebieden. Het kunnen ook pingoruïnes zijn. Ook de zogenoemde plateaurestduinen of forten behoren tot dit gradiënttype. Deze laagten liggen hoog ten opzichte van hun omgeving. In voorheen laaggelegen delen met een bodem van veen of met een moerige podzol, werd stuivend zand ingevangen waardoor de oorspronkelijk laagste delen uiteindelijk het hoogst in het landschap kwamen te liggen (Bakker et al. 1986, Castell et al. 1983, Schelling 1955). In forten kunnen veentjes liggen doordat de vroegere veenlaag of moerige podzol als slecht doorlatende laag functioneert (Bijlsma et al. 2001). Schijnspiegellaagten worden hoofdzakelijk gevoed door regenwater. Het zijn als het ware soepborden in het landschap waarin regenwater zich verzamelt. Ze kunnen in perioden met een neerslagoverschot via oppervlakkige afvoer (sub-surface flow) water verliezen naar de omgeving. Deze laagten zijn nauw verwant met de zogenoemde Kesselmoore (Succow & Joosten 2001) of kettle hole mires (Grootjans et al. 2006). Ze zijn gekenmerkt door organische slecht doorlatende lagen op de overgang naar de onderliggende minerale bodem, die zijn gevormd door de inspoeling van organische materiaal (humuscolloïden) tijdens het ontstaan van het veentje zelf. Dankzij de ligging in de laagte kan de waterstand stijgen. Het ontstaan van de slecht doorlatende laag geschiedt weliswaar onder invloed van waterbeweging, de veenvorming (met een horizontaal maaiveld) beïnvloedt de omgeving echter nauwelijks (Succow & Joosten 2001). Er worden twee typen schijnspiegellaagten onderscheiden, samenhangend met hun positie in het landschap. Het eerste type (zuur) wordt volledig gevoed door regenwater (Figuur 4). Laagten van dit type liggen veelal op of nabij de waterscheiding of in de oorsprong of op de flank van het dichtgestoven geulsysteem waarvan ze deel uitmaken (Everts et al. 2005). Het tweede type (zwak zuur) wordt niet alleen door regenwater gevoed, maar ook door koolzuurrijk, lokaal grondwater en heeft een sterker rheotroof karakter (Aggenbach et al. 1998) (Figuur 5). Het bevindt zich lager in het landschap, meer richting de beekdalen (Bakker et al. 1986, Everts et al. 2005), of aan de rand van uitgestrekte zandverstuivingsgebieden (Jansen et al. 2008).

Vegetatiegradiënt

De hoge delen van de gradiënt bestaan uit Droge heiden (H4030) of Stuifzandheiden met Struikhei (H2310). Op de overgang naar de laagten zelf kan in een smalle zone Vochtige heide (H4010A) ontwikkeld zijn. Waar leem in de ondergrond voorkomt of het dek- of stuifzand leemrijk is, zijn in de Vochtige heiden vaak Blauwe zegge en Kruiwilg aanwezig. Op de grens met de laagte komen vaak begroeiingen voor die worden gedomineerd door Pijpenstrootje. In de laagten zelf kunnen verschillende successiestadia worden aangetroffen, beginnend met een pionierstadium van Zure vennen (H3160) en eindigend in een vegetatie van het subhabitatype Actieve hoogvenen (*Heideveentjes*, H7110B). In veel schijnspiegellaagten worden mozaïeken aangetroffen van verschillende plantengemeenschappen die kenmerkend zijn voor de verschillende verlandingsfasen (successiestadia) van open water naar *Heideveentjes*. Er stroomt

water over de rand van de schijnspiegellaagte naar de aangrenzende laagten wanneer gedurende de natte periode van het jaar de (oppervlakte)waterstand in de schijnspiegellaagte de rand van de schijnspiegellaagte overschrijdt. In zulke laagten komen Vochtige heide (H4010A) en/of Pioniervegetaties met snavelbiezen (H7150) voor.

In de pionierstadiën van geheel door regenwater gevoede schijnspiegellaagten (co-)domineren vaak een of enkele soorten zoals Veenpluis, Snavelzegge, Veelstengelige waterbies, Waterveenmos, Gewone waterbies en Pijpenstrootje. In een volgende verlandingsfase krijgen deze soorten gezelschap van Witte snavelbies en veenmossen zoals Slank veenmos en Wrattig veenmos. In een nog wat latere fase verschijnen de eerste soorten van hoogveenbulten als Kleine veenbes, Lavendelhei, Hoogveenveenmos, en Eenarig wollegras. Op de hoogste bulten zijn tevens Gewone dophei, Struikhei en Kraaihei aanwezig. Gaandeweg ontwikkelt zich een fraai patroon van bulten en slenken die behoren tot Associatie van Gewone dophei en Veenmos (11Ba1) en de Associatie van Veenmos en Snavelbies (10Aa2).

De successie in het zwak zure type van schijnspiegellaagten is vergelijkbaar met die in de zure, maar kent een extra reeks soorten en gemeenschappen van het Draadzegge-verbond (10Ab) en van de Veenbloembiesassociatie (10Aa3), wat duidt op een iets verhoogde pH en iets verhoogd aanbod van voedingsstoffen (Aggenbach et al. 1998, Arts 2000). Het gaat meestal om Waterdriëblad, Wateraardbei, Draadzegge, Beenbreek, Klein blaasjeskruid, Duizendknoopfonteinkruid, Vlottende bies en (heel) soms ook Gagel, Drijvende egelskop, Veenbloembies, Veenmoszegge en Veenmosorchis. Sommige van deze soorten vertonen een bijzonder verspreidingspatroon. Beenbreek en Gagel concentreren zich in dit soort vennen bij de in- en uitstroomopeningen van het oppervlakkig afgevoerde water (Verschoor et al. 2003). Veenmosorchis komt alleen voor op de plekken waar die stroming het sterkst is (mond. med. J.J. Barkman).

Fauna

In schijnspiegellaagten is met name de afwisseling tussen verschillende stadia van verlanding en overgangen in basenrijkdom van belang (V6). De bultvormende structuren met daarop Kleine veenbes vormen geschikt leefgebied voor het Veenbesblauwtje en Veenbesparelmoervlinder mits hier ook voldoende nectarplanten in de vorm van Dophei aanwezig zijn (V1). De Hoogveenglanslibel plant zich uitsluitend voort in met veenmos begroeide veenputjes of natuurlijke slenkjes (V6) (Ketelaar et al. 2005). Niet alleen de aanwezigheid van geschikte voortplantingswateren is hier van belang maar ook drogere met bos en heide begroeide delen (V1) zijn van belang om uit te harden en te jagen.

Vennen kunnen zeer rijk zijn aan watermacrofauna en amfibieën. Waar de sterk verlandende delen overgaan naar open water met een hoge bedekking van Waterveenmos komen Noordse glazenmaker en Venwitsnuitlibel voor. Ook voor deze soorten is de aanwezigheid van bos(randen) of heide in de omgeving van belang om uit te harden of te jagen (V1). Voor veel watermacrofaunasoorten is naast de aanwezigheid van water ook een rijke (onder)water- en oeverbegroeiing essentieel om te jagen of te schuilen. Ook voor de Getraliede schalenbijter is een combinatie van vennen met een goede water- en oevervegetatie om te jagen en bos als overwinteringsbiotoop (V1) van belang (Van Duinen et al. 2012). Heikickers hebben naast geschikte voortplantingswater (ondiepe, zonnige wateren zoals heidevennen) ook geschikt landhabitat nodig (V1) (Creemers & van Delft 2009). Dit landbiotoop bestaat rond zwak gebufferde vennen meestal uit vochtige heide en pijpenstrootjevegetaties. Op de grens van nat naar droog (V5) kunnen geschikte kiemomstandigheden ontstaan voor Klokjesgentiaan, de waardplant voor het Gentiaanblauwtje. Naast waardplanten is voor het voorkomen van het Gentiaanblauwtje ook het voorkomen van waardmieren van het geslacht *Myrmica* essentieel.

Klokjesgentianen kiemen op kale bodems terwijl knoopmieren hun nesten bij voorkeur maken in pollen gras en heide (V6). De overgangen van vochtige en droge heide vormen geschikt leefgebied voor Adder. Voor deze soort is de interne variatie binnen de hei van groot belang (V6) waarbij voldoende pollen Pijpenstrootje en heide aanwezig moeten zijn om te schuilen en te zonnen. Bomen op de vochtige heide kunnen van belang zijn voor dagvlinders (bijvoorbeeld Vuilbomen voor Groentje) en bijen (met name Wilgen voor vroeg vliegende bijensoorten) (V2). De Donkere wilgenzandbij heeft bij voorbeeld enerzijds droge en zandige delen nodig om zijn nestjes te bouwen en anderzijds wilgen als nectarbron (F1) (Van Duinen et al. 2012). Een rijk insectenleven in combinatie met broedgelegenheid is essentieel voor het voorkomen van de Grauwe klauwier (V1). Voor soorten als Dodaars en Geoorde fuut is de combinatie van broedgelegenheid in de vorm oevervegetaties, met open water met voldoende prooidieren van belang (V6).

Sturende processen

- Op bovenlokale schaal zijn deze systemen vanuit hydrologisch oogpunt te beschouwen als inziggebieden d.w.z. de schijngrondwaterspiegel is (het grootste deel van het jaar) hoger dan de stijghoogten in het dunne watervoerend pakket van de omliggende gronden.
- Op lokale schaal kunnen deze schijnspiegelschijnspiegellaagtelagten worden gevoed met lokaal grondwater dat afstroomt over slecht doorlatende lagen (Bakker et al. 1986, Everts et al. 2005, Jansen et al. 2008).
- In de zwak zure schijnspiegellaagten speelt naast voeding door regenwater ook voeding van lokaal grondwater uit de omgeving een rol (Verschoor et al. 2003, Von Asmuth et al. 2011, Tomassen et al. 2011). Daarom is in de doorsnede van deze laagten niet alleen de GHG en de GLG van de schijngrondwaterspiegel aangegeven, maar tevens die van het freatische grondwater. Deze laagten maken veelal deel uit van geulsystemen, waarin in het dunne watervoerend pakket grondwaterstroming optreedt en waarin zich soms (oude) organische horizonten bevinden. Door bacteriële activiteiten in deze horizonten is het afstromende grondwater veelal koolzuurrijk. In neerslagrijke perioden met hoge grondwaterstanden kan het koolzuurrijke, soms licht gebufferde grondwater (Tomassen et al. 2011) het ven instromen over de slecht doorlatende randen (Von Asmuth et al. 2011). De toevoer van licht gebufferd grondwater zorgt in het veentje zelf voor afbraak van organische stof waarbij extra CO₂ ontstaat. Het CO₂-rijke grondwater zorgt voor een versnelde veenmosgroei in vergelijking met de alleen door CO₂-arm regenwater gevoede stagnatievennen, zeker in de initiële fase van de veenontwikkeling (Tomassen et al. 2011). In zwak zure laagten komen binnen de eerder genoemde habitattypen plantensoorten en -gemeenschappen voor die gebonden zijn aan iets meer gebufferde (zwak zure; Tomassen et al. 2011) en iets voedselrijkere (oligo-mesotrofe tot mesotrofe) omstandigheden. Tomassen et al. (2011) tonen aan dat de CO₂-concentratie van het veenwater goed gecorreleerd is met de C/P-ratio van het veen. Des te lager deze ratio, des te hoger de CO₂-concentratie. De afbraak van veen onder invloed van toestromend lokaal grondwater zorgt dus niet alleen voor hogere CO₂-concentraties in het veenwater, maar ook voor een hogere P-gehalten, wat lijkt te verklaren dat naast oligo- ook mesotrafente plantensoorten kunnen voorkomen. Tomassen et al. (2011) vonden in hun onderzoek in voornamelijk goed ontwikkelde veentjes echter geen duidelijke relatie tussen de basenverzadiging van het veen en de vegetatiesamenstelling. Mogelijk is deze er wel in de initiële fasen van hoogveenvorming, hetgeen wenselijk is om te onderzoeken (kennislacune).

- Grondwatergevoede zwak zure schijnspiegellaagten kennen doorstroming. Dat betekent dat deze laagten niet alleen een zijde met aanvoer van grondwater kennen, maar ook een zijde met oppervlakkige afvoer van water (over de rand van de slecht doorlatende laag bij een lagere drempel). Zulke doorstroomlaagten zijn beschreven voor geulsystemen (Everts et al. 2005, Jansen et al. 2008), waarin stroomafwaarts de voedselrijkdom wat kan toenemen (Everts et al. 2005).
- Oligo–mestrofe tot mesotrofe omstandigheden kunnen ook ontstaan door het inwaaien van zand. Ingestoven zand in veen betekent een wijziging in de warmtehuishouding, wat leidt tot een versterkte mineralisatie van het veen en daarmee tot wat voedselrijkere omstandigheden (Arts 2000, Baaijens 1984).
- Schijnspiegellaagten waarin de veengroei slecht op gang komt of achterwege blijft zijn gelimiteerd door kooldioxide (CO₂). Een veenmosrijke vegetatie ontbreekt dan; in open wateren bestaat de vegetatie voornamelijk uit aan de oppervlakte zwevende of drijvende waterplanten. Dit in tegenstelling tot goed ontwikkelde veentjes waar de succesvolle groei van veenmossen is gerelateerd aan een hoge CO₂ beschikbaarheid (Patberg 2011, Tomassen et al. 2011). In laagten met een hoge CO₂ beschikbaarheid kan de gehele waterlaag gevuld zijn met zwevende planten, vooral in ondiepe zones. Een hoge CO₂ beschikbaarheid kan ontstaan door afbraak van organisch materiaal in een dikker restveenpakket of door toevoer van CO₂–rijk grondwater (Patberg 2011, Tomassen et al. 2003, Tomassen et al. 2011).
- De waterstanden fluctueren weinig doordat er niet of nauwelijks wegzijging optreedt (Aggenbach et al. 1998, Arts 2000). De hoogste standen worden afgevlakt doordat het venwater bij stijgende standen over de rand van de slecht doorlatende laag stroomt. Weinig fluctuerende standen worden tevens bevorderd door een voor de wind beschutte ligging (zie onder);
- In hydrologisch geïsoleerde schijnspiegellaagten draagt beschutting tegen de wind door ligging in bos bij aan het verminderen van de verdamping. Ook neemt de windwerking af waardoor het kwetsbare veen beter beschermd is tegen erosie als gevolg van golfslag.

Standplaatscondities

De schijngrondwaterspiegel in de veentjes varieert in de regel over de seizoenen niet meer dan circa 30–40 centimeter. De waterstands daling in het droge seizoen wordt voornamelijk bepaald door de verdamping (300–400 mm). Het schijngrondwater in de veentjes bestaat vooral uit regenwater. Het ondiepe grondwater dat toestroomt in de zwak zure schijnspiegelvennen heeft een hoog CO₂–gehalte en is soms iets gebufferd d.w.z. het heeft een iets hoger gehalte aan basen dan het regenwater (Tomassen et al. 2011).

Knelpunten

Verdroging

- Verdroging uit zich in dit gradiënttype door het optreden van verschillende vegetatiedegradatiereeksen. Welke is afhankelijk van het successiestadium waarin de verdroging heeft plaatsgevonden. Veelal treedt een verschuiving op in het vegetatiemozaïek, waarbij het aandeel van plantengemeenschappen en soorten van de onbeïnvloede toestand (zie onder kopje “**Vegetatiegradiënt**”) vermindert. Bij sterke verdroging verdwijnen deze zelfs geheel. In het pionierstadium van de verlanding treden Pijpenstrootje en Waterveenmos dan op de voorgrond, evenals Knolrus. In geval van latere verlandingsstadia trekken de kenmerkende veenmossen zich terug naar de lagere delen zoals veenputjes. Op de

tussenliggende vlakten bepalen Struikhei, Gewone dophei en Kraaihei dan het aspect en de opslag van Zachte berk en Grove den neemt sterk toe. De oorspronkelijk stabiele grondwaterstanden gaan veel meer fluctueren en in de periode met neerslagtekort zakken de waterstanden dieper weg. De veenvorming stagneert niet alleen doordat de grondwaterstanden gedaald zijn, maar ook doordat onder zulke omstandigheden minder CO₂-rijk grondwater toestroomt. Verdroging leidt tot mineralisatie van het veen waarbij nutriënten vrijkomen. Van deze grotere nutriëntenbeschikbaarheid (vermesting) profiteren vooral grassen (Pijpenstrootje) en houtige gewassen (dwergstruiken, Zachte berk en Grove den). Deze grotere planten overschaduwden de lichtbehoefte veenmossen, wat leidt tot een afname van de veenmosgroei. Daardoor vermindert de stikstofopname door veenmossen, waardoor de stikstofbeschikbaarheid voor vaatplanten toeneemt. Het strooisel van vaatplanten breekt bovendien gemakkelijker af dan dat van veenmossen, waardoor de hierin vastgelegde nutriënten weer sneller beschikbaar komen (Limpens & Berendse 2003). Op deze manier ontstaat een zichzelf versterkend proces, dat leidt tot een nog grotere dominantie van ongewenste vaatplanten. Deze toename van grassen en houtige gewassen leidt eveneens tot het overgroeid raken van de waardplanten van veenvlinders, en het verdwijnen van voor Hoogveenglanslibel geschikte voortplantingswateren. Verdroging in schijnspiegellaagten kent verschillende oorzaken:

- o Het lek raken van de slecht doorlatende laag door het graven van greppels, sloten, of veenputjes door deze laag heen;
- o Daling van de grondwaterstand in de omgeving en/of verminderde toestroming van grondwater uit de omgeving als gevolg van verminderde opbolling in de omringende dekzandruggen of door minder aanvoer van grondwater over oppervlakkige slecht doorlatende lagen. Door daling van de grondwaterstand staat de organische slecht doorlatende laag niet langer in contact staat met het grondwater. Dan bestaat het risico dat deze uitdroogt en er scheuren in de venbodem ontstaan. Het is slecht bekend of en zo ja onder welke omstandigheden zulke slecht doorlatende lagen lek kunnen raken (**kennislacune**). Daling van de grondwaterstand in de omgeving en verminderde toestroming van lokaal grondwater treden op als gevolg van:
 - ✓ Drooglegging en verdamping in omliggende laagten (rabattenstelsels, begreppeling en diepe watergangen voor de bosbouw);
 - ✓ Sloten en vergravingen in de freatische pakketten van de geulsystemen alsmede de doorgraving van de verkitte B-horizonten in de rand;
 - ✓ Verhoogde evapotranspiratie en interceptie van neerslag door aanplant van vooral donker naaldbos in het inzijsgebied van het lokale grondwater;
- o Eenmaal ingezette verdroging versterkt zichzelf. Door de toename van Pijpenstrootje en houtige gewassen ten gevolge van verdroging stijgt de evapotranspiratie waardoor de waterstandswisselingen toenemen. Verdroging zorgt tevens voor een sterkere humificering van het veen met een kleinere bergingscapaciteit van het veen als resultaat. Ook daardoor nemen de waterstandsfluctuaties toe.

Vermesting

- Net als verdroging uit vermesting in schijnspiegellaagten zich via verschillende vegetatiedegradatiereeksen. Welke reeks optreedt is afhankelijk van het successiestadium waarin de vermesting heeft plaatsgevonden. Veelal treedt een verschuiving op in het vegetatiemozaïek, waarbij in sterk aangetaste situaties rompgemeenschappen en gefragmenteerde gemeenschappen geheel de overhand krijgen. Er treden dan begroeiingen

op waarin een of enkele soorten het aspect bepalen zoals Grote lisdodde, Pitrus en Mannagras en soms Riet. Vermesting kent verschillende oorzaken:

- o Stikstofdepositie. Indien er nog groei van veenmossen plaatsvindt dan bevordert stikstofdepositie de groei van eutrafente veenmossen ten koste van oligotrafente. Bij hogere depositiewaarden en in latere successiestadia overgroeien grassen en houtachtigen de veenmosbegroeiingen. Voor een verdere beschrijving zie hierboven;
- o Bos(opslag) rond heideveentjes zorgt voor extra invang van stikstof vanwege de grotere ruwheid en heterogeniteit van het oppervlak (Houdijk 1990, Van Dobben & van Hinsberg 2008). De ingevangen stikstof (vooral nitraat) kan dan via het grondwater uit de omringende hogere zandruggen naar een heideveentje stromen. Afhankelijk van de bodemsamenstelling kan vanuit een inziggebied van vele honderden meters breed met nitraat verrijkt grondwater naar een heideveentje stromen (Brouwer et al. 2009). Ook Tomassen et al. (2011) vonden duidelijk negatieve effecten van aangeplante bossen in de omgeving van de door hen onderzochte veentjes, zoals een toename van de nitraat- en zwavelconcentratie en een afname van de CO₂-concentratie. Dat resulteert in een verhoogde beschikbaarheid van stikstof waarvan berken en Pijpenstrootje kunnen profiteren (Limpens 2009). Voor drijvende hoogveentjes is de toestroming van sulfaatrijk grondwater schadelijk doordat er dan geen of minder methaangas wordt geproduceerd in het veen (Smolders et al. 2002, Tomassen et al. 2003). Dit methaangas zorgt voor het drijfvermogen van drijftillen (Tomassen et al. 2003).
- o Bladval. Op verboste hoogvenen komt via de jaarlijkse berkenbladval evenveel tot dubbel zo veel fosfor op het veenoppervlak terecht als via de neerslag (Limpens 2009). Ook stuifmeel – hier meestal afkomstig van naaldbomen en berken – is rijk aan fosfaat en draagt bij aan een grotere beschikbaarheid van fosfaat. Bossen rondom schijnspiegellaagten zorgen daarom voor een hoge extra aanvoer van fosfaat, wat zorgt voor eutrofiëring.
- o Instroming van voedselrijk grond- en oppervlaktewater vanuit de omgeving. Dit is het geval indien stagnante laagten aan landbouwgronden grenzen. Mogelijk heeft vroegere bosbemesting ook een rol gespeeld in de eutrofiëring van stagnante laagten.
- o Grote aantallen broedende of pleisterende vogels. Tot in de jaren 1980 betrof het vaak meeuwenkolonies, tegenwoordig kunnen grote aantallen ganzen zorgen voor guanotrofie.

Verzuring

- Verzuring en uitloging van de dekzandruggen vinden plaats onder invloed van zure depositie en stapeling van zuur (naald)strooisel. Hierdoor stroomt calciumarmer (meer uitgeloozd) grondwater naar de schijnspiegellaagten. Het gevolg is dat er minder organische stof zal worden afgebroken, waardoor het kooldioxidegehalte van het water in de laagte zal dalen. Dit betekent dat de omstandigheden voor veenmosgroei minder gunstig worden. Op den duur kan de veenmosgroei hierdoor zelfs tot stilstand komen (Lamers 1995, Van Kleef et al. 2007);
- Mogelijk heeft ook het stoppen van oude gebruiken die voor enige buffering zorgden zoals zwemmen en het wassen van schapen – het betreft laagten met Was of Wasch in de naam – verzuring in de hand gewerkt. In welke mate dat voor deze groep van “vennen” het geval is, ook in vergelijking met de verzurende invloed van zwavel- en stikstofdepositie, is niet bekend.

Beheer

- Door verdroging neemt de opslag van houtige gewassen toe. Veel schijnspiegellaagten zijn na (geringe) ontwatering verstruweeld of verbost. De daardoor toegenomen verdamping heeft de grondwaterstanden verder doen dalen (Limpens 2009). Om de schijnspiegellaagten open te houden en om de toename van verdamping door bos en struweel tegen te gaan moeten de houtige gewassen vaker worden afgezet.

Afname landschappelijke heterogeniteit voor fauna

- Een algemeen probleem voor de fauna dat voorkomt uit de verschillende knelpunten die hierboven zijn genoemd, is de verhoogde biomassagroei die leidt tot een grofkorreliger mozaïekstructuur van habitats (V1 b) waarin minder (karakteristieke) diersoorten voorkomen dan in een fijnkorrelige mozaïekstructuur van habitats. Ook de interne heterogeniteit in de afzonderlijke habitats neemt af door een versnelde biomassagroei.

Herstelmaatregelen gradiënt

In deze natte systemen heeft het bestrijden van verdroging prioriteit. Vanwege het voorkomen van slecht doorlatende lagen zijn antiverdrogingsmaatregelen allereerst van lokale aard dat wil zeggen in de laagte zelf of haar nabijheid. Soms zijn echter maatregelen over een groter oppervlak noodzakelijk (zie onder). De volgende maatregelen zijn mogelijk:

- Herstel van de slecht doorlatende lagen is mogelijk door sloten te dempen, waarbij de slootbodems gedicht moeten worden met een vergelijkbaar stagnerend materiaal als in het gebied. Aldus wordt het oorspronkelijke bodemprofiel, inclusief de slecht doorlatende laag gereconstrueerd. Dat is niet altijd mogelijk. Dan kan om de venrand te herstellen bijvoorbeeld nutriëntarme, zure leem worden gebruikt ter imitatie van de oorspronkelijke organische slecht doorlatende laag. Wanneer het bij slecht doorlatende lagen gaat om organische B-horizonten of gliedelagen, zijn er vermoedens dat deze zich op eigen kracht binnen enkele decennia kunnen herstellen (G.J. Baaijens, mond. med.). Dit proces van 'selfsealing' (colmatie) vertoont grote parallellen met het verstopping van zandlichamen, filters en putten bij bijvoorbeeld waterwinning, of het toenemen van de intreeweerstand in kanalen en andere waterlopen (De Zwart 2007, Van Beek 2010, Verbrugge 1987). Of en hoe dit proces van 'selfsealing' plaatsvindt is een **kennislacune**.
- Dempen van sloten in venranden ook deze als geen slecht doorlatende lagen doorsnijden, maar wel zorgen voor drainage of versnelde afvoer. Hierbij kunnen verschillende strategieën worden gevolgd. Een stapsgewijze dichting is aan te bevelen wanneer meerdere verlandingsstadia aanwezig zijn. Zo worden alle stadia gereactiveerd en krijgen diersoorten de kans met stijgende waterstand mee te migreren. Bij een resolutere dichting bestaat de kans dat latere verlandingsstadia verdrinken en pas op langere termijn terugkeren.
- Vergroten van de grondwaterinvloed. De beste maatregelen hiervoor zijn afhankelijk van de situatie:
 - o Op de dek- en stuifzandruggen: dempen van sloten en greppels, verwijderen van bos (ook in de laagte zelf), en herstellen van reliëf van de ruggen (aantasting door vergravingen bijvoorbeeld voor wegen).
 - o In aangrenzende laagten: dempen van greppels en sloten en dichten van de kunstmatig gecreëerde afvoer.
 - o Bij een te lage gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) in de ruggen is het noodzakelijk om in een ruimere omgeving het watergangen- en drainagestelsels aan

te passen en bos te verwijderen. De aanpassingen zijn gericht op het verminderen van de afvoer van water uit de hogere gebieden. Daardoor blijven de grondwaterstanden in het voorjaar langer hoog, zakken de grondwaterstanden in de zomer minder diep weg, wordt de opbolling in de aangrenzende ruggen vergroot, en treden in najaar en vroege winter eerder hoge standen op in de laagten.

Behalve verdroging is ook vermesting een regelmatig voorkomend probleem. Deze kan worden bestreden door:

- aangrenzende rijkere gronden te verschralen;
- sloten die voedselrijk water aanvoeren om te leiden;
- inval van blad te minimaliseren, door oevers vrij te stellen van bosopslag, over een breedte van 25–30 meter (één à anderhalve boomlengte).
- Door gerichte bestrijding van vogelkolonies of van grote groepen pleisterende vogels;
- Geaccumuleerde voedingsstoffen te verwijderen via plaggen of baggeren. Daarbij is het van belang rekening te houden met nog aanwezige natuurwaarden.

Verzuring kan worden bestreden door bekalking de intrekgebieden van het grondwater dat naar de schijnspiegellaagten stroomt. Voor criteria wanneer te bekalken zie hieronder bij 'Aandachtspunten', en [Laurijnssens et al. \(2007\)](#).

Aandachtspunten

- Hydrologisch herstel is eenvoudig bij ondiep gelegen slecht doorlatende lagen en verloopt dan snel. Naarmate zandpakketten boven de slecht doorlatende laag dikker zijn zullen maatregelen in een bredere omgeving nodig zijn.
- Indien een laagte niet alleen verdroogd is, maar ook vermest, dan dient te worden onderzocht of hydrologische herstelmaatregelen gecombineerd kunnen worden met maatregelen tegen vermesting (plaggen of baggeren). De praktijk leert dat hydrologisch herstel volstaat indien geen ernstige eutrofiëring is opgetreden. De keuze om aanvullend te plaggen of te baggeren is afhankelijk van de ernst van de eutrofiëring. In niet te ernstig geëutrofiëerde laagten is herstel van de waterhuishouding meestal voldoende om de veenmosgroei te herstellen en raakt de eutrafente vegetatie overgroeid door veenmossen ([Van Os 2011](#));
- Plaggen en baggeren zijn niet altijd succesvol en niet zonder risico's. Wanneer niet alleen de sliblaag, maar ook de daaronder gelegen zandlaag vermest is (hoge fosfaatgehalten), keert Pitrus na baggeren weer terug ([Van Os 2011](#), [Sevink & Vlamink 2006](#)). Bij te diep plaggen van venranden kan de slecht doorlatende laag worden beschadigd, waardoor verdroging wordt bevorderd. Overigens is het abundant voorkomen van Pijpenstrootje in deze randzone een natuurlijk gegeven. Het watervoerend pakketje boven de slecht doorlatende laag is hier vaak slechts enkele decimeters dik waardoor de grondwaterstandsschommelingen van nature groot zijn. In dergelijke milieus vindt Pijpenstrootje een natuurlijke standplaats ([Weeda et al. 1994](#)). Na plaggen op locaties met sterk schommelende waterstanden komt Pijpenstrootje bovendien weer snel tot dominantie ([Jansen et al. 2004](#)). Pijpenstrootje draagt met zijn humusvorming mogelijk bij aan de vorming of herstel van organische slecht doorlatende lagen (mond. med. G.J. Baaijens) en ook om die reden is het beter de randzones van zure venen – ook al hebben ze te lijden gehad van verdroging – niet te plaggen. Wanneer de aangrenzende natte heiden worden geplagd, dan moet dat met de grootste mogelijke zorgvuldigheid gebeuren om beschadiging van slecht doorlatende lagen te voorkomen. Verder is het van belang rekening te houden met nog aanwezige populaties van bedreigde soorten. Hun voorkomen dient voor de uitvoering van de maatregelen in beeld te zijn gebracht opdat ze gespaard kunnen

worden. Plaggen moet bij voorkeur haaks op de gradiënt gebeuren om te voorkomen dat een complete overgang in een keer wordt weggeplagd. Daarnaast is het van belang voldoende variatie in de heide te handhaven. Grazige delen vormen belangrijk leefgebied voor bijvoorbeeld reptielen.

- Verschrallen van aangrenzende zwaar bemeste landbouwgronden kan door hooien (maaïen en afvoeren), uitmijnen of afgraven. Van oudsher werd verschralling van voormalige landbouwgronden nagestreefd door te hooien (maaïen en afvoeren zonder bemesting) of via begrazing (zie deel I, hoofdstuk 3). De laatste jaren worden zulke gronden steeds vaker ontgrond. Vanuit het functioneren van de gradiënt moeten de volgende aandachtspunten in beschouwing worden genomen voordat tot afgraven wordt overgegaan:
 - o Hoe hoog komen de voormalige landbouwgronden na afgraven te liggen? Wanneer ze zo laag komen te liggen dat ze het aangrenzende laagte gaan draineren moet afgraven worden ontraden.
 - o Afgraven wordt verder afgeraden wanneer daardoor de opbolling van de grondwaterspiegel in hogere ruggen in het intrekgebied wordt afgetopt (Adema et al. 2010). Daardoor neemt met name in natte perioden het stijghoogteverschil met de laagte af en daarmee de intensiteit en de duur van de kwel. Aldus wordt het grondwaterregime in de laagte beïnvloed en de groei van veenmossen negatief beïnvloed.

In zulke gevallen kan uitmijnen van de bodem een alternatief zijn. Uitmijnen is het selectief toedienen van voedingsstoffen, bijvoorbeeld stikstof en kalium, waardoor fosfaat versneld via opname door planten en afvoer door maaïen kan worden onttrokken aan de bodem (zie deel I, hoofdstuk 3). Er is nadere studie nodig naar de criteria en de condities waaronder voor het toepassen van een specifieke verschrallingstechniek (ontgronden, uitmijnen, plaggen, maaïen en afvoeren, afvoer nutriënten via afstromend water, tijdelijke aquacultures) wordt gekozen (kennislacune).

- Bij vernatting moet gewaakt worden voor een te plotselinge stijging van het waterpeil, zodat plantensoorten en in het bijzonder diersoorten de kans krijgen zich te verplaatsen naar een hoger gelegen locatie. Bij een te plotselinge stijging bestaat het risico dat bijvoorbeeld rupsen verdrinken (Joy & Pullin 1997, Wynhoff 1998). Een plotselinge toename van de oppervlakte open water kan zorgen voor concurrentie van algemene macrofauna soorten met specialistische soorten. Bij een te plotselinge stijging van het water op vochtige heide bestaat het risico dat bijvoorbeeld mieren nesten van Veenmier verdrinken (Van Duinen et al. 2012). Ook de waardmieren van het Gentiaanblauwtje kunnen slecht tegen inundatie. Het is van belang dat er aan de droge kant uitwijkmogelijkheden zijn voor deze soorten (F4) (Wallis de Vries 2007).
- Voordat wordt overgegaan tot bekalking van het inzigtgebied moet duidelijk zijn dat een verminderde calciumrijkdom van het grondwater dé belemmerende factor is voor het herstel van veenmosgroei. Het kan zijn dat de schijnspiegellaagte ook voor de periode met sterke zure depositie bestond uit slecht ontwikkelde begroeiingen (rompgemeenschappen). Ook verdroging kan een belangrijke oorzaak zijn van de slechte vegetatiekwaliteit zijn. Bekalken van het inzigtgebied zonder andere knelpunten weg te nemen is niet effectief en wordt daarom afgeraden.
- Bekalken kan worden toegepast om het optreden van een ammoniumpiek na plaggen tegen te gaan (De Graaf et al. 1998, Van den Berg & Roelofs 2005) en aldus de originele pH en basenverzadiging van de bodem weer te herstellen en de kieming en vestiging van kenmerkende soorten te bevorderen (Dorland et al. 2003, Dorland et al. 2005). Door Laurijssens et al. (2007) is een standaardprotocol opgesteld over het bekalken van Vochtige heiden. Op basis daarvan ontraadt de zogenoemde Reviewcommissie (2011) bekalking:

- o in soortenarme heiden op van nature zure, arme zandgronden. Daar speelt verzuring een ondergeschikte rol;
- o indien de na plaggen bloot gekomen bodem niet zeer zuur tot zuur is (pH-H₂O > 4,5; pH-KCl > 3,8);
- o bij een pH- H₂O van lager dan 4,5 en een CEC kleiner dan 5 cmolc/kg. Bij bodems met een CEC van ongeveer tussen 5 en 10 cmolc/kg heeft bekalken wel zin. Bij een nog hogere CEC (>10 cmolc/kg) is een (te) lage pH onwaarschijnlijk.
- Vaak zijn bij de herstelmaatregelen naast natuurwaarden ook cultuurhistorische, archeologische of palaeoecologische waarden in het geding, die kunnen verdwijnen bij uitvoering van herstelmaatregelen. Het kan bijvoorbeeld gaan om oude grafvelden of oude woon- of werkplaatsen. De cultuurhistorische en archeologische waarden zijn veelal bekend bij provincies (archeologische en historisch-geografische waardenkaarten) en dienen in beeld te worden gebracht. De veen- en (moerige) bodemlaag kan hoge paleoecologische waarden bezitten. Deze dienen te worden bepaald via palynologisch onderzoek en onderzoek aan macroresten in de veen- en onder liggende bodemlagen.

Voorbeelden

Algemeen: Aggenbach et al. (1998), Arts (2000), Jalink et al. (2003).

Gebieden:

Drenthe: Dwingelderveld (Verschoor et al. 2003); Boschoord (Jansen et al. 2010); Hoornsch Veentje (landgoed Ooster- en Westerzand, Zuidwest-Drenthe; Jansen & Eysink 2011); Verdrogingsbestrijding (Diepveen, ven Echternerzand, De Tweelingen; Van Dam & Arts 1993); Slibverwijdering (Grenspoel; Van Dam & Arts 1993)

Overijssel: Hondeven op landgoed Schultenwolde (Boedeltje et al. 2010).

Gelderland: Appelsche Heide (landgoed Gerven, Gelderse Vallei; Jansen & Bouwman 2010); Deelensche Veld (Hoge Veluwe; Jansen et al. 2008); Loobos (boswachterij Kootwijk; Bijlsma et al. 2011); Gerritsfles (Van Dam & Arts 1993)

Noord-Holland: Hilversums Wasmeer (Van Os 2011), Laarder Waschmeer ('t Gooi; Sevink & Vlaminck 2006; specifiek voor herstel van slecht doorlatende lagen).

Literatuur

- Aggenbach, C.J.S., M.H. Jalink & A.J.M Jansen 1998. *Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van plantengemeenschappen van vennen*. Deel 5 uit de serie 'Indicatorsoorten'. Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Arts, G.H.P. 2000. *Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren*. Deel 13: Vennen; achtergronddocument bij het 'handboek natuurdoeltypen in Nederland. Rapport EC-LNV, 13. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte: Wageningen. 80 p.
- Arts, G. & G. van Duinhoven 2000. *Sleutelen aan vennen*. Ministerie van LNV, Wageningen.
- Baaijens, G.J. 1984. *Venen en mensen: water en vuur*. In: F.H. Everts & N.P.J. de Vries, *Het Dwingelderveld, deelrapport: vegetatie*. Laaglandbekenrapport no. 8. Staatsbosbeheer / Natuurmonumenten / Rijksuniversiteit Groningen, Utrecht.
- Baaijens, G.J., P. van der Molen, E. Kiestra, A. Lanting & A.P. Grootjans 2010. *Herstel van biodiversiteit en landschapsecologische relaties in het natte zandlandschap, deel 1: landschapsanalyse*. OBN-rapport. Bosschap, Driebergen.

- Bakker, T.W.M., I.I.Y. Castel, F.H. Everts & N.P.J. de Vries 1986. *Het Dwingelderveld, een Drents heidelandschap*. Pudoc Wageningen.
- Bijlsma, R.J., H.N. Leys & I.S. Zonneveld 2011. Vijftig jaar groeiend veen op het Kootwijkse stuifzand. *De Levende Natuur* 112(1): 18–21.
- Bobbink, R., E. Brouwer, J. ten Hoopen & E. Dorland 2004. Herstelbeheer in heidelandschap: effectiviteit, knelpunten en duurzaamheid. In: G.A. van Duinen et al. (red.) *Duurzaam herstel van biodiversiteit; 15 jaar herstelmaatregelen in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur*. Rapport EC– LNV nr 2004/305, Ede.
- Boedeltje, G., R. van Dongen, A.T.W. Eysink, K. Hesselink & A.J.M. Jansen 2010. Kansen voor herstel van een beekdalsysteem op en nabij het Landgoed Schultenwole. Rapport Bosgroep Noord–Oost Nederland, Witharen.
- Brouwer, E., H. van Kleef, H. van Dam, J. Loermans, G. Arts & D. Belgers 2009. Effectiviteit van herstelbeheer in vennen en duinplassen op de middellange termijn. Rapport 2009/dki 126–O, Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ede.
- Castell, I.I.Y., J. Fanta & E.A. Koster 1983. *De vallei van de Leuvenumse Beek (Noordwestelijke Veluwe): een fysisch geografische streekbeschrijving*. Wetenschappelijke Mededelingen K.N.N.V. nr. 159. Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Hoogwoud.
- De Graaf, M.C.C., R. Bobbink, P.J.M. Verbeek, & J.G.M. Roelofs 1998. Differential effects of ammonium and nitrate on three heathland species. *Plant Ecology* 135: 185–196.
- De Zwart, A. H. 2007. *Investigation of Clogging Processes in Unconsolidated Aquifers near Water Supply Wells*. Proefschrift, Technische Universiteit Delft, Delft.
- Dorland, E., R. Bobbink & E. Brouwer 2005. Herstelbeheer in de heide: een overzicht van maatregelen in het kader van OBN. *De Levende Natuur* 105 (5): 204–208.
- Dorland, E., L.J.L. van den Berg, R. Bobbink & J.G.M. Roelofs 2003. Bekalking bij het herstel van gedegenererde heiden en heischrale graslanden. *De Levende Natuur* 104 (4): 144–147.
- Everts, F.H. & N.P.J. de Vries 1988. Inventarisatie van natuurterreinen in de boswachterij Smilde en Dwingeloo, juli 1988. Rapport Staatsbosbeheer, Assen.
- Everts, F. H., G.J. Baaijens, A.P. Grootjans, N.P.J. de Vries & A. Verschoor 2005. Grootschalige landschappen en heidebeheer: Dwingelderveld. *De Levende Natuur* 106(5): 193–199.
- Eysink, A.T.W. & A.J.M. Jansen 2011. Hoorns Veentje op Landgoed Ooster– en Westertzand. Natuurherstel. 20 jaar effectgerichte maatregelen. KNNV Uitgeverij en Unie van Bosgroepen.
- Grootjans, A.P. R. van Diggelen & J.P. Bakker 2006. 9 Restoration of mires and wet grasslands. In: J. van Andel & J. Aranson, *Restoration ecology*, pp. 111–123. Blackwell Publishing, Malden/Oxford/Carlton.
- Houdijk, A.L.F.M. 1990. Effecten van zwavel– en stikstofdepositie op bos– en heidevegetaties. Rapport Katholieke Universiteit Nijmegen; 124p.
- Jalink, M.H., Grijpstra, J. & A.C. Zuidhoff 2003. Hydro–ecologische systeemtypen met natte schraallanden in Pleistoceen Nederland. Rapport Expertisecentrum LNV, Ede.
- Jansen, A.J.M., G.J. Baaijens, J. Bouwman, J. Sevink & A.C. Seijmonsbergen m.m.v. A.Th.W. Eysink, P.C. van der Molen & M. den Haan 2010. Hydro–ecologische analyse van Boschoord. Rapport Unie van Bosgroepen, Ede.
- Jansen, A.J.M., R.M. Bekker, R. Bobbink, J.H. Bouwman, R. Loeb, G.A. van Duinen, M.F. Wallis de Vries 2010. De effectiviteit van de regeling Effectgerichte Maatregelen (EGM) voor Rode–Lijstsoorten; de tweede Rode Lijst met Groene Stip voor vaatplanten en enkele diergroepen in Nederland. Rapport. Unie van Bosgroepen, Ede.
- Jansen, A.J.M. & J. Bouwman 2010. Hydro–ecologische analyse landgoederen Appel–Zuid, Gerven en Hell. Rapport Unie van Bosgroepen, Ede.

- Jansen, A.J.M., L.F.M. Fresco, A.P. Grootjans & M.H. Jalink 2004. Effects of restoration measures on plant communities of wet heathland ecosystems. *Applied Vegetation Science* 7: 243–252.
- Jansen, A.J.M., M.A.P. Horsthuis & J. Sevink 2008. EGM vooronderzoek Deelensche Veld. Rapport Bosgroep Midden Nederland, Ede.
- Joy, J. & A.S. Pullin 1997. The effects of flooding on the survival of overwintering Large Heath Butterfly *Coenonympha tullia* larvae. *Biological Conservation* 82: 61–66.
- Ketelaar, R., D. Groenendijk & P. Joop 2005. Soortbeschermingsplan Hoogveenglanslibel. Rapport DK nr. 2005/033, Ede.
- Ketelaar, R. & G.-J. Pontenagel 2000. Waar overnacht de Speerwaterjuffer (*Coenagrion hastulatum*)? *Brachytron* 4(2): 20–22.
- Kiwa & EGG 2006. Knelpunten en kansanalyse Natura 2000 gebieden. Versie juli 2006. Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit, Directie Natuur.
- Laurijssens, G., G. de Blust, P. de Becker & M. Henst 2007. Opmaak voor een standaardprotocol voor herstelbeheer van natte heide en vennen en toepassing ervan op Groot & Klein Schietveld, Tienenkamp & Tienenheide. Deel I: Een standaardprotocol voor herstelbeheer van natte heide en vennen. INBO.R.2007.31. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Limpens, J. 2009. De rol van de berk bij herstel en beheer van hoogveen. Gecombineerde resultaten van 'Vervolg OBN Hoogveenonderzoek' & 'Effecten van berkenopslag en dichtheid op hoogveenvegetaties behorende tot het natte zandlandschap'. Rapport DK nr. 2009/dk119-O, Ministerie van LNV, Ede; 40p.
- Limpens, J. & F. Berendse 2003. How litter quality affects mass loss and N loss from decomposing Sphagnum. *Oikos* 103: 537–547.
- Reviewcommissie, 2011. Herstelstrategieën stikstofgevoelige habitats In Natura 2000. Evaluatie Reviewcommissie. Programmadirectie Natura 2000 Ministerie van Economische Zaken, Landbouw & Innovatie, Utrecht.
- Roelofs, J.G.M., E. Brouwer & R. Bobbink 2002. Restoration of aquatic macrophyte vegetation in acidified and eutrophicated shallow soft water wetlands in the Netherlands. *Hydrobiologia* 478: 171–180.
- Runhaar, J., M. H. Jalink, H. Hunneman, J.P.M. Witte & S.M. Hennekens 2009. Ecologische vereisten habitattypen. Rapport KWR. Beschikbaar via www.minlnv.nl/natura2000.
- Schelling, J. 1955. *Stuifzandgronden*. Verslagen Bosbouwproefstation TNO. Band 2, verslag 1, Wageningen.
- Sevink, J. & M. Vlamink 2006. Bodemeutrofiëring in het noordelijke deel van het Laarder Wasmerengebied. Rapport IBED Universiteit van Amsterdam.
- Smolders, A.J.P., H.B.M. Tomassen, L.P.M. Lamers, B.P. Lomans & J.G.M. Roelofs 2002. Peat bog formation by floating raft formation: the effects of groundwater and peat quality. *Journal of Applied Ecology* 39: 391–401.
- Succow, M. & H. Joosten 2001. *Landschaftsökologische Moorkunde*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.
- Tomassen, H.B.M., A.J.P. Smolders, J. Limpens, G.J. van Duinen, S. van der Schaaf, J.G.M. Roelofs, F. Berendse, H. Esselink & G. van Wirdum 2003. Onderzoek ten behoeve van herstel en beheer van Nederlandse hoogvenen. Eindrapportage 1998–2001. Rapport EC-LNV nr. 2003/139. Expertisecentrum LNV Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Ede; 186 p.
- Tomassen, H.B.M., A.P. Grootjans & A.J.P. Smolders 2011. Herstel van biodiversiteit en landschapsecologische relaties in het natte zandlandschap – Herkomst van CO₂ voor hoogveengroei en basenverzadiging in hoogveentjes. Eindrapport deel 3. Rapport nr.

- 2011/OBN147-3-NZ. Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, Den Haag.
- Van Beek, C.G.E.M. 2010. *Cause and prevention of clogging of wells abstracting groundwater from unconsolidated aquifers*. Proefschrift, Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam.
- Van Dam, H. & G.H.P. Arts 1993. Ecologische veranderingen in Drentse vennen sinds 1900 door menselijke beïnvloeding en beheer. Rapport Provincie Drenthe, Assen.
- Van den Berg, L.J.L & J.G.M. Roelofs 2005. Effecten van veranderingen in atmosferische stikstofdepositie op Nederlandse heide. *De Levende Natuur* 106(5): 190-192.
- Van Dobben, H.F. & A. van Hinsberg 2008. Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en Natura 2000 typen. Alterra rapport 1654, Alterra, Wageningen.
- Van Duinen, G.A., J.H. Bouwman, H. van Kleef, A. Klimkowska, J. Limpens & M. Wallis de Vries 2012. Randvoorwaarden voor het herstel van kenmerkende en bedreigde soorten in het natte zandlandschap. Bosschap, Driebergen.
- Van Os, M. 2011. Eco-hydrologische analyse Hilversums Wasmeer. Rapport Bosgroep Midden-Nederland, Ede.
- Verbrugge, P.P. 1987. Kwelonderzoek Twenthekanalen: literatuuronderzoek naar de vorming van een weerstandbiedende laag op een kanaalbodem. D.B.W./Riza notitie 87.093x. Lelystad. 27 p. Te bekijken via: <http://www.scribd.com/doc/73405413/Kwelonderzoek-Twenthekanalen-literatuuronderzoek-naar-de-vorming-van-een-weerstandbiedende-laag-op-een-kanaalbodem>.
- Verschoor, A.J., G.J. Baaijens, F.H. Everts, A.P. Grootjans, W. Rooke, S. van der Schaaf & N.P.J. de Vries 2003. Hoogveenontwikkeling in veentjes en kleinschalige hoogveencomplexen in het Dwingelderveld; een landschapsbenadering. Deel 2 Landschapsontwikkeling en hydrologie. Rapport expertisecentrum LNV 2003/2270.
- Von Asmuth, J., A.P. Grootjans & S. van der Schaaf 2011. Over de dynamiek van peilen en fluxen in vennen en veentjes. Eindrapport deel 2 OBN-onderzoek 'Herstel van biodiversiteit en landschapsecologische relaties in het natte zandlandschap'. Bosschap, Driebergen.
- Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra 1994. *Nederlandse Oecologische Flora: Wilde planten en hun relaties deel 5*. VARA/IVN, Amsterdam.
- Wallis de Vries, M.F. 2007. Evaluatie en uitvoering van maatregelen voor het gentiaanblauwtje in Overijssel. Rapport VS2007.027. De Vlinderstichting, Wageningen.
- Wynhoff, I. 1998. Veenhooibeestje: verdroogd of verdrongen? Rapport VS98.12. De Vlinderstichting, Wageningen.

Gradiënttype 3: Zure laagten zonder schijnspiegel

Beknopte beschrijving

In inzigggebieden van het Pleistocene landschap komen op tal van plaatsen laagten voor waarvan de waterspiegel meebeweegt met het grondwaterniveau in de omgeving. Een (organische) slecht doorlatende laag vlak onder de bodem van de laagte ontbreekt dan. Ze liggen laag ten opzichte van het omringde landschap en zijn afhankelijk van de grondwaterstand van het omliggende landschap. Deze zure laagten bevinden zich in de regel nabij een waterscheiding en liggen in een basenarm sediment (dekzand of stuifzand) en voeren zuur water. Net als het gradiënttype Zure schijnspiegellaagten kennen ze een uiteenlopende ontstaanswijze. Ze zijn ontstaan door afsnoering van langgerekte laagten zoals erosiegeulen in keileem of geulen in vlechtende beek- of rivierstelsels, of als uitblazingslaagten in stuifzandgebieden. Een voorbeeld van een reeks zure laagten die tijdens de laatste ijstijd is ontstaan in een vlechtend beekstelsel temidden van stuifzanden is die van de Malpie (Van Kleef et al. 2007).

Zure vennen (H3160) kunnen zich bij een gunstige waterhuishouding ontwikkelen tot kleinschalige hoogveentjes (*heideveentjes*, H7110B). Een dergelijke verlanding is tegenwoordig in ons land echter zeldzaam. Bij zo'n ontwikkeling is gedurende de vegetatiesuccessie van open water naar hoogveen een slecht doorlatende laag ontstaan, maar zulke oudere stadia worden tot gradiënttype 3 (zure schijnspiegellaagten) gerekend. Het tegenovergestelde is echter ook mogelijk, wanneer zure schijnspiegellaagten met *heideveentjes* door uitvening hun slecht doorlatende laag kwijt zijn geraakt. Dat is bijvoorbeeld het geval voor de Bendersche Plassen op het Dwingelderveld (Bakker et al. 1986). Zulke laagten behoren tot het huidige gradiënttype Zure laagten zonder schijnspiegel. Ook door graven voor bij voorbeeld zandwinning, kunnen Zure laagten zonder schijnspiegel zijn ontstaan. Figuur 6 geeft een schematische doorsnede.

Vegetatiegradiënt

De hoge delen van de gradiënt bestaan uit droge heiden (H4030) of stuifzandheiden met Struikhei (H2310). Op de overgang naar de laagte komen Vochtige heiden (H4010A) voor, op open plaatsen in afwisseling met Pioniervegetaties met Snavelbiezen (H7150). Deze heiden kunnen veenmosrijk zijn. Treedt in deze overgang laterale stroming van lokaal grondwater op dan treedt Beenbreek op de voorgrond in de veenmosrijke Vochtige heide (Jansen et al. 1996). Deze heiden worden hellingafwaarts opgevolgd door Gagelstruwelen (H 40-RG1-[40Aa]) of door Berkenbroeken (H91D0). Gagelstruwelen kunnen niet tegen langdurige inundatie: hun onderzijde geeft de gemiddelde hoogwaterlijn van de plas aan (Baaijens, 1984). Waar leem in de ondergrond voorkomt of het dekzand leemrijk is, zijn in de natte heiden vaak Blauwe zegge, Klokjesgentiaan en Kruiwilg aanwezig (Bakker et al. 1986).

Onder gunstige hydrologische omstandigheden, waarbij de waterstanden slechts weinig schommelen, bestaat de vegetatie in de laagte zelf uit soortenarme begroeiingen van Waterveenmos, Witte waterlelie en/of Knolrus en langs de randen uit facies van Veenpluis, en/of Snavelzegge. Deze soortenarme, veelal matig ontwikkelde gemeenschappen zijn kenmerkend voor het habitatype Zure vennen (H3160). Soms zijn deze soortenarme begroeiingen vergezeld van soorten die een wat stabielere grondwaterregime indiceren zoals Witte snavelbies en Slank veenmos of die iets minder zure, zeer zwak gebufferde omstandigheden aanduiden zoals Veelstengelige waterbies. Gewone waterbies komt voor wanneer zulke laagten in de zomer betrekkelijk lang droogvallen. In laagten waar het grondwater wat basenrijker is of waar in het verleden stuifzand is ingewaaid, kunnen soorten als Waterdrieblad, Wateraardbei, Draadzegge,

Klein blaasjeskruid, Dof veenmos en Drijvende egelskop worden aangetroffen (zie gradiënttype 3, Schijnspegellaagten).

Fauna

Deze gradiënt kan zeer rijk zijn aan watermacrofauna en amfibieën. Waar sterk verlande delen overgaan naar open water met een hoge bedekking van Waterveenmos komen Noordse glazenmaker en Venwitsnuitlibel voor. Voor deze soorten is de aanwezigheid van bos(randen) of heide in de omgeving van belang om uit te harden of te jagen (V1). Voor veel watermacrofaunasoorten is naast de aanwezigheid van water ook een rijke (onder)water- en oeverbegroeiing essentieel om te jagen of te schuilen. Ook voor de loopkever Getraliede schalenbijter is een combinatie van vennen met een goede water- en oevervegetatie om te jagen en bos als overwinteringsbiotoop (V1) van belang (Van Duinen et al. 2012). Heikikkers hebben naast geschikt voortplantingswater (ondiepe, zonnige wateren zoals heidevennen) ook geschikt landhabitat nodig (V1) (Creemers & van Delft 2009). Dit landbiotoop bestaat rond vennen meestal uit vochtige heide en pijpenstrootjevegetaties. Op de grens van nat naar droog (V5) kunnen geschikte kiemomstandigheden bestaan voor Klokjesgentiaan, de waardplant voor het Gentiaanblauwtje. Naast waardplanten is voor het voorkomen van het Gentiaanblauwtje ook het voorkomen van knooppieren (die functioneren als waardmier) essentieel. Klokjesgentianen kiemen op kale bodems terwijl knooppieren hun nesten bij voorkeur maken in pollen gras en heide (V6). De overgangen van vochtige en droge heide vormen geschikt leefgebied voor Adder. Voor deze soort is de interne variatie binnen de hei van groot belang (V6) waarbij voldoende pollen Pijpenstrootje en heide aanwezig moeten zijn om te schuilen en te zonnen. Op vochtige heide kunnen bomen van belang zijn voor dagvlinders (bij voorbeeld Vuilbomen voor Groentje) en bijen (met name Wilgen voor vroeg vliegende bijensoorten) (V2). De Donkere wilgenzandbij bijvoorbeeld heeft enerzijds droge en zandige delen nodig om zijn nestjes te bouwen en anderzijds wilgen als nectarbron (F1) (Van Duinen et al. 2012). Een rijk insectenleven in combinatie met broedgelegenheid is essentieel voor het voorkomen van de Grauwe klauwier (V1). Voor soorten als Dodaars en Geoorde fuut is combinatie van broedgelegenheid in de vorm oevervegetatie en open water met voldoende prooidieren van belang (V6).

Sturende processen

- Peilfluctuaties zijn een gevolg van periodieke laterale toestroming van lokaal grondwater onder invloed van opbolling van de grondwaterstanden in de aangrenzende zandruggen. Het lokale grondwater is enigszins verrijkt met basen en rijk aan kooldioxide. Opbolling treedt op in de perioden met neerslagoverschot en zakt geleidelijk uit in perioden van neerslagtekort (Vermulst 2009). In grote en hoge zandruggen kan ook in perioden met een neerslagtekort nog opbolling optreden;
- Verlanding treedt op in diepere laagten waar peilfluctuaties niet tot droogval leiden of in vennen met geringe peilfluctuaties. De laagten worden veelal geflankeerd door dek- of stuifzandruggen, en de sterkste verlanding treedt op aan oevers met toestroming van kooldioxidierijk (en eventueel methaanrijk) lokaal grondwater (kwelzijde) waar zich gaandeweg drijftillen kunnen gaan vormen (Lamers 1995, Van Kleef et al. 2007);
- Zijdelings toestromend grondwater uit lokale grondwatersystemen is bepalend voor de instandhouding van de standplaatscondities van veenmos- en Beenbreekrijke Vochtige heiden en Gagelstruwelen (Jansen et al. 1996, Van Kleef et al. 2007);
- Soms komen in Zure laagten mesotrafente soorten voor die aangeven dat het water in de laagte wat basenrijker is. Het inwaaien van zand uit (voormalige) zandverstuivingen kan hun voorkomen verklaren (Van der Voo 1973). Voor de invloed van iets basenrijker water wordt

verwezen naar gradiënttype 2 (Schijnspegellaagten – derde aandachtsbolletje onder ‘Sturende processen’). Voor gradiënttype 4 is deze zwak zure variant niet verder uitgewerkt.

Standplaatscondities

De waterstandfluctuaties bedragen in de laagten veelal 50 centimeter of meer (Aggenbach et al. 1998). De laagten staan langdurig onder water, maar kunnen in de zomer tijdelijk (enkele maanden) droogvallen. Als de periode van droogvallen meer dan de helft van het jaar bedraagt (Aggenbach et al. 1998), is er sprake van verdroging. De verdroging uit zich ook in een toename van de frequentie en de amplitude van de fluctuaties in de waterstanden. “

Zure laagten ontvangen grondwater uit hun omgeving. Dat grondwater heeft vanwege de ligging van de vennen nabij de waterscheiding voornamelijk een regenwaterachtige samenstelling (Van Kleef et al. 2007). Het oppervlaktewater in de laagten heeft een buffercapaciteit van minder dan 50 µeq / l en een pH die gemiddeld beneden 4,5 ligt (Bloemendaal & Roelofs 1988, Brouwer et al. 1996). De productiviteit van de ondergedoken planten is sterk afhankelijk van de beschikbaarheid van koolzuur in de waterlaag. Aanvoer van meer lokaal, zuur en CO₂-rijk grondwater kan een belangrijke bijdrage leveren aan de koolstofbeschikbaarheid voor de groei van veenmossen (Tomassen et al. 2011). De koolstofbeschikbaarheid is verder afhankelijk van koolzuur dat vrijkomt bij de afbraak van veenmodder of de veenlaag op de bodem van de laagte (Bloemendaal & Roelofs 1988, Spierenburg 2009). Vanwege deze hydrochemische omstandigheden zijn de plantengemeenschappen in deze gradiënt kenmerkend voor oligo- tot licht mesotrofe omstandigheden.

Knelpunten

Verdroging

- Verdroging uit zich in dit gradiënttype in het op de voorgrond treden van rompgemeenschappen en gefragmenteerde gemeenschappen van Knolrus, Pijpenstrootje, Moerasstruisgras en Waterveenmos of combinaties van deze soorten. De bedekking van Waterveenmos is lager dan in niet-verdroogde omstandigheden, terwijl die van de genoemde hogere planten is toegenomen, in het bijzonder van Pijpenstrootje. In ten dele uitgeveende Zure laagten zonder schijnspiegel trekt Waterveenmos zich terug naar veenputjes of ander open water. Op de tussenliggende vlakten bepalen Struikhei, Gewone dophei, Kraaihei en Pijpenstrootje dan het aspect. De opslag van Zachte berk en Grove den neemt sterk toe. De oorspronkelijk stabiele grondwaterstanden gaan veel meer fluctueren en in perioden met neerslagtekort zakken de waterstanden dieper weg. Voor zover veenvorming optreedt, stagneert die niet alleen doordat de grondwaterstanden gedaald zijn, maar ook doordat onder zulke omstandigheden minder CO₂-rijk grondwater kan toestromen. Dat laatste geldt in het bijzonder voor drijftillen. De vegetatie wordt dan gedomineerd door Struikhei, Gewone dopheiheide en Pijpenstrootje. Plaatselijk kunnen dan nog bultjes voorkomen met Wrattig veenmos en Hoogveen-veenmos. Verdroging in Zure laagten zonder schijnspiegel kent verschillende oorzaken:
 - o Het graven van greppels, sloten, rabatten en veenputjes in de laagte zelf of in de overgang naar de aangrenzende zandruggen. Daardoor daalt de gemiddelde grondwaterstand, treden hoge grondwaterstanden op gedurende een kortere periode en wordt de periode van droogval langer.

- o Verminderde toestroming van grondwater uit de omgeving als gevolg van verminderde opbolling in de omringende dekzandruggen. Dit kan grote gevolgen hebben voor de continuïteit van de veenmosgroei of voor het weer op gang komen van veenmosgroei vanwege verminderde koolstofdioxidetoevoer. Dit proces treedt – net als daling van de grondwaterstanden – op door:
 - o toename van de wegzijging onder invloed van peilverlagingen in de aangrenzende beekdalen (Bakker et al. 1986) als gevolg van intensieve en diepe ontwatering voor de landbouw of door grondwaterwinning voor de drinkwatervoorziening of de landbouw (beregening);
 - o begreppeling en aanleg van sloten op de dekzandruggen;
 - o graven van sloten, greppels en rabatten in de slenkssystemen waarin laagten van dit gradiënttype liggen;
 - o Verhoogde evapotranspiratie en interceptie van neerslag door aanplant van vooral donker naaldbos in het inzijsgebied van het lokale grondwater.
 - o aantasting van het oorspronkelijke reliëf door afgravingen van dekzandruggen, het graven van zandwinplassen of maaiveldverlaging in het kader van natuurontwikkeling;

Verdroging leidt tot mineralisatie van de dunne laag organische stof of van het resterende veen, waarbij nutriënten vrijkomen. Van deze grotere nutriëntenbeschikbaarheid (vermesting) profiteren grassen en houtige gewassen. Deze grotere planten overschaduwden de lichtbehoefte veenmossen, wat leidt tot een afname van de veenmosgroei. Daardoor vermindert de stikstofopname door veenmossen, waardoor de stikstofbeschikbaarheid voor vaatplanten toeneemt. Het strooisel van vaatplanten breekt bovendien gemakkelijker af dan dat van veenmossen, waardoor de hierin vastgelegde nutriënten weer sneller beschikbaar komen (Limpens & Berendse 2003). Op deze manier ontstaat een zichzelf versterkend proces, dat leidt tot een nog grotere dominantie van ongewenste vaatplanten.

Vermesting

- Vermesting uit zich in Zure laagten zonder schijnspiegel via verschillende vegetatiedegradatiereeksen, waarin begroeiingen met een of enkele soorten het aspect bepalen zoals Grote lisdodde, Pitrus en Mannagrass en soms Riet. Vermesting kent verschillende oorzaken:
 - o Stikstofdepositie. Indien er nog groei van veenmossen plaatsvindt dan bevordert stikstofdepositie de groei eutrafente veenmossoorten ten koste van oligotrafente. Bij hogere depositiewaarden en in latere successiestadia overgroeien grassen en houtachtigen de veenmosbegroeiingen (zie hierboven).
 - o Bos(opslag) rond heideveentjes zorgt voor extra invang van stikstof vanwege de grotere ruwheid en heterogeniteit van het oppervlak (Houdijk 1990; Van Dobben & van Hinsberg 2008). Door invang van stikstof door bos(opslag) kan stikstof (vooral nitraat) via het grondwater uit de omringende hogere zandruggen naar een heideveentje stromen. Afhankelijk van de bodemsamenstelling kan vanuit een inzijsgebied van vele honderden meters breed met nitraat verrijkt grondwater naar een heideveentje stromen (Brouwer et al. 2009). Tomassen et al. (2011) vonden in het grondwater onder aangeplante bossen in de omgeving van de door hen onderzochte veentjes een toename van de nitraat- en zwavelconcentratie en een afname van de CO₂-concentratie. Van een verhoogde beschikbaarheid van stikstof profiteren berken en Pijpenstrootje (Limpens 2009). Voor drijvende hoogveentjes is de toestroming van sulfaatrijk grondwater schadelijk doordat er

dan geen of minder methaangas wordt geproduceerd in het veen (Smolders et al. 2002, Tomassen et al. 2003). Dit methaangas is noodzakelijk voor het drijfvermogen van drijftillen (Tomassen et al. 2003).

- o Bladval. Op verboste hoogvenen komt via de jaarlijkse berkenbladval evenveel tot dubbel zo veel fosfor op het veenoppervlak terecht als via de neerslag (Limpens 2009). Ook stuifmeel – hier meestal afkomstig van naaldbomen en berken – is rijk aan fosfaat en draagt bij aan een grotere beschikbaarheid van fosfaat. Bossen rondom schijnspiegellaagten leiden daarom voor een hogere aanvoer van fosfaat, wat eutrofiëring veroorzaakt;
- o Instroming van voedselrijk grond- en oppervlaktewater vanuit de omgeving. Instroming van voedselrijk grondwater vindt plaats indien laagten aan landbouwgronden grenzen of het intrekgebied voor een aanzienlijk deel uit landbouwgronden bestaat. Instroming van voedselrijk oppervlaktewater geschiedt via watergangen uit landbouwgebieden. Mogelijk heeft vroegere bosbemesting ook een rol gespeeld bij de eutrofiëring de laagten;
- o Grote aantallen broedende of pleisterende vogels. Tot in de jaren 1980 betrof het vaak meeuwenkolonies, tegenwoordig kunnen grote aantallen ganzen zorgen voor guanotrofie (Van Kleef et al. 2007).

Verzuring

- Verzuring en uitloging van de dekzandruggen vinden plaats onder invloed van zure depositie en stapeling van zuur (naald)strooisel. Hierdoor stroomt calciumarmer (meer uitgeloozd) grondwater naar de schijnspiegellaagten. Het gevolg is dat er minder organische stof wordt afgebroken, het kooldioxidegehalte van het water in de laagte daalt en de omstandigheden voor veenmosgroei minder gunstig worden. Op den duur kan de veenmosgroei hierdoor zelfs tot stilstand komen (Lamers 1995, Van Kleef et al. 2007);
- Mogelijk heeft ook het stoppen van oude gebruiken die voor enige buffering zorgden zoals zwemmen en het wassen van schapen – het betreft laagten met Was of Wasch in de naam – verzuring in de hand gewerkt. In welke mate dat voor deze groep van “vennen” het geval is, ook in vergelijking met de verzurende invloed van zwavel- en stikstofdepositie, is niet bekend.

Windwerking

- Te grote windwerking waardoor golfwerking en daarmee erosie te sterk zijn voor verlanding. Dit knelpunt treedt vooral op in laagten met een groot oppervlakte open water en in weinig verlande laagten die in een weinig beschut landschap liggen. Grote watervlakten trekken overigens grote aantallen vogels aan, waardoor vermesting kan optreden (Tomassen et al. 2003).

Beheer

- Door verdroging neemt de opslag van houtige gewassen toe. Veel schijnspiegellaagten zijn na (geringe) ontwatering verstruweeld of verbost. De daardoor toegenomen verdamping heeft de grondwaterstanden verder doen dalen (Limpens 2009). Om de laagten open te houden en om de toename van verdamping door bos en struweel tegen te gaan moeten de houtige gewassen vaker worden afgezet.

Afname landschappelijke heterogeniteit voor fauna

- Een algemeen probleem voor de fauna dat voorkomt uit de verschillende knelpunten die hierboven zijn genoemd, is de verhoogde biomassagroei die leidt tot een grofkorreliger mozaïekstructuur (V1b) waarin minder (karakteristieke) diersoorten voorkomen dan in een fijnkorrelige mozaïekstructuur van habitats. Ook de interne heterogeniteit in de afzonderlijke habitats neemt af door versnelde biomassagroei.

Herstelmaatregelen gradiënt

- In deze natte systemen heeft het bestrijden van verdroging prioriteit. Vanwege het ontbreken van slecht doorlatende lagen kan vaak niet worden volstaan met antiverdrogingsmaatregelen in de laagte zelf of haar nabijheid, en zijn maatregelen over een groter oppervlak noodzakelijk. De maatregelen die verdroging moeten bestrijden zijn gericht op het minder snel afvoeren van water en het verhogen van de waterstand. Daardoor blijven de grondwaterstanden in het voorjaar langer hoog, zakken de grondwaterstanden in de zomer minder diep weg, treedt in najaar en vroege winter eerder inundatie van de laagten op en wordt de opbolling in de aangrenzende ruggen vergroot. Tegelijkertijd wordt op de flank van de laagte met Vochtige heide en Gagelstruwelen de laterale grondwaterstroming versterkt. Om dit te bereiken is meestal een combinatie van maatregelen nodig, afhankelijk van de lokale situatie. Hierbij kan men denken aan:
 - o Dempen van sloten, greppels en rabatten in de laagten, en herstellen van natuurlijke drempels in de afvoerszijde van de laagte indien deze doorgraven is.
 - o Dempen van sloten en greppels op de dekzand- of stuifzandrug, verwijderen van bos (ook in de laagte zelf), en herstellen van reliëf van de ruggen (na aantasting door vergravingen voor bij voorbeeld wegen).
 - o Dempen van greppels, sloten en rabatten en het dichteren van kunstmatig gecreëerde afvoeren in aangrenzende laagten in slenkssystemen.
 - o Bij een te lage gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) in de ruggen is het noodzakelijk om in een ruimere omgeving de effectiviteit van het drainagestelsel te verminderen en bos te verwijderen.
- Maatregelen tegen vermesting zijn gericht op het voorkomen van toekomstige, verdere vermesting en op het verwijderen van de overmaat van nutriënten die in het verleden vanuit de omgeving naar de laagten zijn gekomen. Dat kan door:
 - o aangrenzende (zwaar) bemeste gronden te verschrallen;
 - o sloten die voedselrijke water aanvoeren om te leiden;
 - o inval van blad te minimaliseren, door oevers vrij te stellen van bosopslag, over een breedte van 25–30 meter (één à anderhalve boomlengte).
 - o geaccumuleerde voedingsstoffen te verwijderen via plaggen of baggeren (zonder daarbij de archiefwaarde van de aanwezige veen- en sedimentafzettingen aan te tasten!)
 - o gerichte bestrijding van vogelkolonies of van grote groepen pleisterende vogels;
- Verzuring kan worden bestreden door bekalking de intrekgebieden van het grondwater dat naar de schijnspiegellaagten stroomt. Voor criteria wanneer te bekalken zie hieronder bij 'Aandachtspunten', en [Laurijnsens et al. \(2007\)](#).

Aandachtspunten

- Uit onderzoek van [Bakker et al. \(1986\)](#) blijkt dat ook peilverhoging in aangrenzende beekdalen nodig kan zijn om de waterhuishouding van natte laagten in inzigggebieden te herstellen. Zij toonden aan dat de verdroging van laagten zonder schijnspiegelsystemen in het Dwingelderveld samenhangt met zowel inrichtingsmaatregelen op het veld zelf (het vochtige inzigggebied) als in de aangrenzende beekdalen. Hydro-ecologisch onderzoek is nodig om het relatieve belang van verschillende ingrepen en bijbehorende herstelmaatregelen te bepalen (zie ook [Von Asmuth 2011](#), [Adema et al. 2012](#)).
- Indien een laagte niet alleen verdroogd is, maar ook vermist, dan dient te worden onderzocht of hydrologische herstelmaatregelen gecombineerd kunnen worden met maatregelen tegen vermisting (plaggen of baggeren). De keuze om aanvullend te plaggen of te baggeren is afhankelijk van de ernst van de eutrofiëring. In niet te ernstig geëutrofiëerde laagten is herstel van de waterhuishouding meestal voldoende om de veenmosgroei te herstellen en raakt de eutrafente vegetatie overgroeid door veenmossen ([Everts et al. 2005](#), [Van Os 2011](#));
- Bij vernatting moet gewaakt worden voor een te plotselinge stijging van het waterpeil, zodat plantensoorten en in het bijzonder diersoorten de kans krijgen zich te verplaatsen naar een hoger gelegen locatie. Bij een te plotselinge stijging bestaat het risico dat bij voorbeeld mierennesten van Veenmier verdrinken ([Van Duinen et al. 2012](#)). Ook de waardmieren van Gentiaanblauwtje kunnen slecht tegen inundatie. Het is van belang dat er aan de droge kant uitwijkmogelijkheden zijn voor deze soorten (F4) ([Wallis de Vries 2007](#)).
- Plaggen en baggeren zijn niet altijd succesvol en niet zonder risico's. Wanneer niet alleen de sliblaag, maar ook de daaronder gelegen zandlaag vermist is (hoge fofaatgehalten), keert Pitrus na baggeren weer terug ([Van Os 2011](#), [Sevink & Vlamink 2006](#)). Verder is het van belang rekening te houden met nog aanwezige populaties van bedreigde soorten. Hun voorkomen dient voor de uitvoering van de maatregelen in beeld te zijn gebracht opdat ze gespaard kunnen worden. Plaggen moet bij voorkeur haaks op de gradiënt gebeuren om te voorkomen dat een complete overgang in een keer wordt weggeplagd. Daarnaast is het van belang voldoende variatie in de heide te handhaven. Grazige delen vormen een belangrijk leefgebied voor bij voorbeeld reptielen. Verder moet plaggen niet ten koste gaan van belangrijke archiefwaarden in de veen- en bodemlaag (zie laatste aandachtspuntje).
- Verschralen van aangrenzende zwaar bemeste landbouwgronden kan door hooien (maaien en afvoeren), uitmijnen of afgraven. Van oudsher werd verschraling van voormalige landbouwgronden nagestreefd door te hooien (maaien en afvoeren zonder bemesting) of via begrazing. Het duurt echter decennia voordat via deze vormen van verschralingsbeheer de nutriëntenbeschikbaarheid voldoende laag is geworden ([Bakker 1989](#)). Afgraven of ontgronden is het verwijderen van een deel van de bodem en is meestal gericht op het verlagen van de nutriëntenbeschikbaarheid tot een niveau dat bij de nagestreefde vegetatie past. Deze maatregel verschilt van plaggen doordat meer dan alleen de organische toplaag van de bodem wordt verwijderd. In de bodem van voormalige landbouwgronden bevinden zich niet alleen (zeer) veel nutriënten in de organische toplaag, maar vaak ook in de anorganische laag daaronder. De stikstofbeschikbaarheid op minerale bodems neemt na stoppen van bemesting snel af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie ([Lamers et al. 2005](#)), maar dat geldt niet voor fosfaat. Wanneer antiverdrogingsmaatregelen worden genomen zodanig dat de grondwaterstanden stijgen tot in de fosfaatrijke laag, dan komt fosfaat vrij dat aan ijzer(hydr)oxiden is gebonden (zie deel 1, hoofdstuk 2). Dat leidt niet alleen tot een grotere fosfaatbeschikbaarheid voor de vegetatie op de voormalige landbouwgrond, maar leidt via laterale grondwaterstroming ook tot een aanzienlijk vermistingsrisico van aangrenzende laagten. Om te voorkomen dat extra fosfaat vrijkomt bij

vernatting kan de bovenste met fosfaat verzadigde bodemlaag worden afgegraven. De optimale diepte tot waar moet worden afgegraven kan bepaald worden door op verschillende diepten de P-beschikbaarheid te meten (zie deel 1, hoofdstuk 3). Vanuit het functioneren van de gradiënt moeten de volgende aandachtspunten die in beschouwing zijn genomen voordat tot afgraven wordt overgegaan:

- o Hoe hoog komen de voormalige landbouwgronden na afgraven te liggen? Wanneer ze zo laag komen te liggen dat ze het aangrenzende laagte gaan draineren moet afgraven worden ontraden.
- o Afgraven wordt verder afgeraden wanneer daardoor de opbolling van de grondwaterspiegel in hogere ruggen in het intrekgebied wordt afgetopt (Adema et al. 2010). Daardoor neemt met name in natte perioden het stijghoogteverschil met de laagte af en daarmee de intensiteit en de duur van de kwel. Aldus wordt het grondwaterregime in de laagte beïnvloed en de groei van veenmossen negatief beïnvloed.
- In zulke gevallen kan uitmijnen van de bodem een alternatief zijn. Uitmijnen is het selectief toedienen van voedingsstoffen, bijvoorbeeld stikstof en kalium, waardoor fosfaat versneld via opname door planten en afvoer door maaien kan worden onttrokken aan de bodem (zie deel 1, hoofdstuk 3). Er is nadere studie nodig naar de criteria en de condities waaronder voor het toepassen van een specifieke verschralingstechniek (ontgronden, uitmijnen, plaggen, maaien en afvoeren, afvoer nutriënten via afstromend water, tijdelijke aquacultures) wordt gekozen. Voordat wordt overgegaan tot bekalking van het inzigtgebied moet duidelijk zijn dat een verminderde calciumrijkdom van het grondwater dé belemmerende factor is voor het herstel van veenmosgroei. Het kan zijn dat de vochtige laagte ook voor de periode met sterk verzurende depositie bestond uit slecht ontwikkelde begroeiingen (rompgemeenschappen). Ook verdroging kan een belangrijke oorzaak zijn voor de aanwezigheid van slecht ontwikkelde begroeiingen. Bekalken van het inzigtgebied zonder andere knelpunten weg te nemen is niet effectief en wordt daarom afgeraden.
- Bekalken kan worden toegepast om het optreden van een ammoniumpiek na plaggen tegen te gaan (De Graaf et al. 1998, Van den Berg & Roelofs 2005) en aldus de originele pH en basenverzadiging van de bodem weer te herstellen en de kieming en vestiging van kenmerkende soorten te bevorderen (Dorland et al. 2003, Dorland et al. 2005). Door Laurijssens et al. (2007) is een standaardprotocol opgesteld over het bekalken van Vochtige heiden. Op basis daarvan ontraadt de zogenoemde Reviewcommissie (2011) bekalking:
 - o in soortenarme heiden op van nature zure, arme zandgronden. Daar speelt verzuring een ondergeschikte rol;
 - o indien de na plaggen bloot gekomen bodem niet zeer zuur tot zuur is ($\text{pH-H}_2\text{O} > 4,5$; $\text{pH-KCl} > 3,8$);
 - o bij een $\text{pH-H}_2\text{O}$ van lager dan 4,5 en een CEC kleiner dan 5 cmolc/kg . Bij bodems met een CEC van ongeveer tussen 5 en 10 cmolc/kg heeft bekalken wel zin. Bij een nog hogere CEC ($>10 \text{ cmolc/kg}$) is de kans op een (te) lage pH gering.
- Vaak zijn bij de herstelmaatregelen naast natuurwaarden ook cultuurhistorische, archeologische of palaeoecologische waarden in het geding, die kunnen verdwijnen bij uitvoering van herstelmaatregelen. Het kan bijvoorbeeld gaan om oude grafvelden of oude woon- of werkplaatsen. De cultuurhistorische en archeologische waarden zijn veelal bekend bij provincies (archeologische en historisch-geografische waardenkaarten) en dienen in beeld te worden gebracht. De veen- en (moerige) bodemlaag kan hoge paleoecologische waarden bezitten. Deze dienen te worden bepaald via palynologisch onderzoek en onderzoek aan macroresten in de veen- en onder liggende bodemlagen. Vervolgens dient hun waarde te worden betrokken bij afweging (wel of geen herstelmaatregelen), de keuze van

herstelmaatregelen (bijvoorbeeld plaggen of chopperen) en de wijze van uitvoering van de maatregelen.

Voorbeelden

Algemeen: Aggenbach et al. (1998), Arts (2000), Jalink et al. (2003), Van Dam & Arts (1993).

Gebieden:

Drenthe: Dwingelderveld o.a. de Bendersche Plassen (Bakker et al. 1986, Verschoor et al. 2003, Adema et al. 2010) en Davidsplassen (Van Dam & Arts 1993); Boschoord (Jansen et al. 2010).

Fryslân: Grenspoel in Aekingerbroek – Kale Duinen (Appelscha); Catspoele.

Gelderland: Veentjes in het Deelensche Veld (Hoge Veluwe; Jansen et al. 2009);

Noord-Brabant: Malpie (Van Kleef et al. 2007; Vermulst 2009); Goudbergven;

Limburg: vennen op de Meinweg (Meuleman et al. 1994; http://www.np-demeinweg.nl/documents/documents/overige-publicaties/26_meinweg.pdf)

Literatuur

Adema, E., G.J. Baaijens, A.J.M. Jansen & R. Ketelaar 2010. Advies deskundigenteam Nat Zandlandschap over de inrichting van het Noordenveld en het Kloosterveld. O+BN Advies. Bosschap, Driebergen.

Adema, E., G.J. Baaijens, J. von Asmuth, J. Streefkerk, P.C. van der Molen & A.J.M. Jansen 2012. Advies verdrogingsbestrijding Drents Friese Wold. OBN-deskundigenteam 'Nat zandlandschap' O+BN Advies. Bosschap, Driebergen.

Aggenbach, C.J.S., Jalink M.H. & A.J.M. Jansen 1998. *Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van plantengemeenschappen van vennen*. Deel 5 uit de serie 'Indicatorsoorten'. Staatsbosbeheer, Driebergen.

Arts, G.H.P. 2000. Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren. Deel 13: Vennen; achtergronddocument bij het 'handboek natuurdoeltypen in Nederland. Rapport EC-LNV, 13. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte: Wageningen; 80p.

Arts, G.H.P. & G. van Duinhoven 2000. Sleutelen aan vennen. Ministerie van LNV, Wageningen.
Baaijens, G.J. 1984. Venen en mensen: water en vuur. In: F.H. Everts & N.P.J. de Vries, Het Dwingelderveld, deelrapport: vegetatie. Laaglandbekenrapport no. 8. Staatsbosbeheer / Natuurmonumenten / Rijksuniversiteit Groningen, Utrecht.

Bakker, J.P. 1989. *Nature management by grazing and cutting. On the ecological significance of grazing and cutting regimes applied to restore former species-rich grassland communities in the Netherlands*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Bakker, T.W.M., I.I.Y. Castel, F.H. Everts & N.P.J. de Vries 1986. Het Dwingelderveld, een Drents heidelandschap. Pudoc Wageningen.

Bloemendaal F.H.J.L. & J.G.M. Roelofs (red.) 1988. *Waterplanten en Waterkwaliteit*. Natuurhistorische bibliotheek van de KNNV nr.45. Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht.

Brouwer, E, Bobbink, R, Roelofs, J.G.M. & G.M. Verheggen 1996. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring van oppervlaktewateren. Eindrapport monitoringsprogramma tweede fase. Afdeling Aquatische Oecologie & Milieubiologie, Katholieke Universiteit Nijmegen.

- Bobbink, R., E. Brouwer, J. ten Hoopen & E. Dorland 2004. Herstelbeheer in heidelandschap: effectiviteit, knelpunten en duurzaamheid. In: G.A. van Duinen et al. (red.) Duurzaam herstel van biodiversiteit; 15 jaar herstelmaatregelen in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur. Rapport EC- LNV nr 2004/305, Ede.
- Brouwer, E., H. van Kleef, H. van Dam, J. Loermans, G. Arts & D. Belgers 2009. Effectiviteit van herstelbeheer in vennen en duinplassen op de middellange termijn. Rapport 2009/dki 126-O, Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ede.
- De Graaf, M.C.C., R. Bobbink, P.J.M. Verbeek, & J.G.M. Roelofs 1998. Differential effects of ammonium and nitrate on three heathland species. *Plant Ecology* 135: 185–196.
- Dorland, E., R. Bobbink & E. Brouwer 2005. Herstelbeheer in de heide: een overzicht van maatregelen in het kader van OBN. *De Levende Natuur* 105 (5): 204–208.
- Dorland, E., L.J.L. van den Berg, R. Bobbink & J.G.M. Roelofs 2003. Bekalking bij het herstel van gedegenereerde heiden en heischrale graslanden. *De Levende Natuur* 104 (4): 144–147.
- Everts, F.H. & N.P.J. de Vries 1988. Inventarisatie van natuurterreinen in de boswachterij Smilde en Dwingeloo, juli 1988.
- Everts, F. H., G.J. Baaijens, A.P. Grootjans, N.P.J. de Vries & A. Verschoor 2005. Grootschalige landschappen en heidebeheer: Dwingelderveld. *De Levende Natuur* 106 (5): 193–199.
- Houdijk, A.L.F.M. 1990. Effecten van zwavel- en stikstofdepositie op bos- en heidevegetaties. Rapport Katholieke Universiteit Nijmegen; 124p.
- Jalink, M.H., J. Grijpstra & A.C. Zuidhoff 2003. Hydro-ecologische systeemtypen met natte schraallanden in Pleistoceen Nederland. Rapport Expertisecentrum LNV, Ede.
- Jansen, A.J.M., M.C.C. de Graaf & J.G.M. Roelofs 1996. The restoration of species-rich heathland communities in The Netherlands. *Vegetatio* 126: 73–88.
- Jansen, A.J.M., M.A.P. Horsthuis & J. Sevink 2008. EGM vooronderzoek Deelensche Veld. Rapport Bosgroep Midden Nederland, Ede; 100 p. + bijlagen.
- Jansen, A.J.M., G.J. Baaijens, J. Bouwman, J. Sevink & A.C. Seijmonsbergen m.m.v. A.T.W. Eysink, P.C. van der Molen & M. den Haan 2010. Hydro-ecologische analyse van Boschoord. Rapport Unie van Bosgroepen, Ede.
- Jansen, A.J.M., R.M. Bekker, R. Bobbink, J.H. Bouwman, R. Loeb, G.A. van Duinen, M.F. Wallis de Vries 2010. De effectiviteit van de regeling Effectgerichte Maatregelen (EGM) voor Rode-Lijstsoorten; de tweede Rode Lijst met Groene Stip voor vaatplanten en enkele diergroepen in Nederland. Rapport. Unie van Bosgroepen, Ede.
- Kiwa & EGG 2006. Knelpunten en kansanalyse Natura 2000 gebieden. Versie juli 2006. Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit, Directie Natuur.
- Lamers, L.P.M. 1995. Hydrologie, vegetatie en beheer van het Pikmeeuwenwater (De Hamert). Katholieke Universiteit Nijmegen, Afdeling Aquatische Oecologie en Milieubiologie, Nijmegen.
- Lamers, L., E. Lucassen, F. Smolders & J. Roelofs 2005. Fosfaat als adder onder gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H₂O* 38(17): 28–30.
- Laurijnssens, G., G. de Blust, P. de Becker & M. Henst 2007. Opmaak voor een standaardprotocol voor herstelbeheer van natte heide en vennen en toepassing ervan op Groot & Klein Schietveld, Tienenkamp & Tienenheide. Deel I: Een standaardprotocol voor herstelbeheer van natte heide en vennen. INBO.R.2007.31. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Limpens, J. 2009. De rol van de berk bij herstel en beheer van hoogveen. Gecombineerde resultaten van 'Vervolg OBN Hoogveenonderzoek' & 'Effecten van berkenopslag en dichtheid op hoogveenvegetaties behorende tot het natte zandlandschap'. Rapport DK nr. 2009/dk119-O, Ministerie van LNV, Ede; 40p.

- Meuleman, A.F.H., J.W. Kooiman, C.M.L. Mesters, P.J. Stuyfzand & F. Lüers 1994. Verdrogingsproject Meinweg: systeemanalyse en plan van aanpak. Kiwa-rapport SWO 94.268. Kiwa N.V., Nieuwegein.
- Reviewcommissie 2011. Herstelstrategieën stikstofgevoelige habitats In Natura 2000. Evaluatie Reviewcommissie. Programmadirectie Natura 2000 Ministerie van Economische Zaken, Landbouw & Innovatie, Utrecht.
- Roelofs, J.G.M., Brouwer, E. & R. Bobbink 2002. Restoration of aquatic macrophyte vegetation in acidified and eutrophicated shallow soft water wetlands in the Netherlands. *Hydrobiologia* 478: 171–180.
- Runhaar, J., M. H. Jalink, H. Hunneman, J.P.M. Witte & S.M. Hennekens 2009. Ecologische vereisten habitattypen. Rapport KWR. Beschikbaar via www.minInv.nl/natura2000.
- Smolders, A.J.P., H.B.M. Tomassen, L.P.M. Lamers, B.P. Lomans & J.G.M. Roelofs 2002. Peat bog formation by floating raft formation: the effects of groundwater and peat quality. *Journal of Applied Ecology* 39: 391–401.
- Spienburg, P. 2009. The influence of rising CO₂ availability on softwater vegetation. Proefschrift, Universiteit Utrecht.
- Tomassen, H.B.M., A.J.P. Smolders, J. Limpens, G.J. van Duinen, S. van der Schaaf, J.G.M. Roelofs, F. Berendse, H. Esselink & G. van Wirdum 2003. Onderzoek ten behoeve van herstel en beheer van Nederlandse hoogvenen. Eindrapportage 1998–2001. Rapport EC-LNV nr. 2003/139. Expertisecentrum LNV Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Ede; 186 p.
- Tomassen, H.B.M., A.P. Grootjans & A.J.P. Smolders 2011. Herstel van biodiversiteit en landschapsecologische relaties in het natte zandlandschap – Herkomst van CO₂ voor hoogveengroei en basenverzadiging in hoogveentjes. Eindrapport deel 3. Rapport nr. 2011/OBN147–3–NZ. Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, Den Haag.
- Van Dam, H. & G.H.P. Arts 1993. Ecologische veranderingen in Drentse vennen sinds 1900 door menselijke beïnvloeding en beheer. Rapport Provincie Drenthe, Assen.
- Van den Berg, L.J.L & J.G.M. Roelofs 2005. Effecten van veranderingen in atmosferische stikstofdepositie op Nederlandse heide. *De Levende Natuur* 106(5): 190–192.
- Van der Voo, E.E. 1973. Areaal, milieu en sociologie van *Sparganium angustifolium* Michaux. Rapport Rijksinstituut voor Natuurbeheer. Leersum.
- Van Dobben, H.F. & A. van Hinsberg 2008. Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en Natura 2000 typen. Alterra rapport 1654, Alterra, Wageningen.
- Van Duinen, G., E. Brouwer, A. Jansen, J. Roelofs & M. Schouten 2009. Van Hoogveen- en ven herstel naar herstel van een compleet nat zandlandschap. *De Levende Natuur* 110(5): 118–123.
- Van Duinen, G.A., J.H. Bouwman, H. van Kleef, A. Klimkowska, J. Limpens & M. Wallis de Vries 2012. Randvoorwaarden voor het herstel van kenmerkende en bedreigde soorten in het natte zandlandschap (concept). Bosschap, Driebergen.
- Van Kleef, H., E. Brouwer & H. Esselink 2007. OBN-Vooronderzoek naar de mogelijkheden voor natuurherstel in de Malpievenen. Rapport Stichting Bargerveen en Onderzoekscentrum B-Ware, Nijmegen.
- Vermulst, J.A.P.H. 2009. Programma van eisen natte natuurparel De Malpie. Rapport Royal Haskoning, 's-Hertogenbosch.
- Verschoor, A.J., G.J. Baaijens, F.H. Everts, A.P. Grootjans, W. Rooke, S. van der Schaaf & N.P.J. de Vries 2003. Hoogveenontwikkeling in veentjes en kleinschalige hoogveencomplexen in het

Dwingelderveld; een landschapsbenadering. Deel 2 Landschapontwikkeling en hydrologie.
Rapport expertisecentrum LNV 2003/2270.

Von Asmuth, J.R., J.G. Streefkerk & C. Maas 2011. Natte natuur in het Drents Friese Wold.
Overzicht gegevens, hydrologische situatie en effecten van herstelmaatregelen.
Rapportnummer KWR 2011.106, KWR, Nieuwegein.

Wallis de Vries, M.F. 2007. Evaluatie en uitvoering van maatregelen voor het gentiaanblauwtje in
Overijssel. Rapport VS2007.027. De Vlinderstichting, Wageningen.

Gradiënttype 4: Zeer zwak en zwak gebufferde laagten

Beknopte beschrijving

Dit gradiënttype komt in het Pleistocene landschap voor in laagten of vennen, waarvan de waterspiegel meebeweegt met het grondwaterniveau in de omgeving en waar toestroming van enigszins gebufferd grondwater optreedt. Deze laagten bevinden zich in de regel op enige afstand van de waterscheiding of komen voor in gebieden met basenrijke bodem of op overgangen naar beekdalen.

Er worden twee typen vennen onderscheiden in samenhang met de positie in het landschap en de waterhuishouding. Zwak gebufferde vennen (H3130) (Figuur 7) onderscheiden zich van de zeer zwak gebufferde vennen van (H3110) (Figuur 8) doordat ze een hoger gehalte aan bicarbonaat (hogere alkaliniteit) hebben (Arts et al. 1990, Arts 2000). Zwak gebufferde vennen (alkaliniteit 0.2–1 (soms tot 2) meq/l) ontvangen naast regenwater ook grondwater dat basenrijke lagen heeft gepasseerd. Deze vennen liggen aan de randen van beek- en rivierdalen of in zandgebieden met een basenrijke ondergrond. Zeer zwak gebufferde vennen (alkaliniteit van 0.05–0.2 meq/l) liggen vaak dicht tegen de dekzandruggen en ontvangen naast regenwater enigszins gebufferd grondwater. Beide gradiënten kunnen worden gekenschetst als doorstroomsysteem d.w.z. het vent kent een zijde waar (zeer) zwak gebufferd grondwater uittreedt (de kwelzijde) en een zijde waar water wegzijgt (inzijgzijde). Meestal vormt de hoge zijde in het landschap de kwelzijde en de lage zijde de wegzijgzijde. In dit gradiënttype kan verder buffering optreden door langdurige stagnatie van regenwater en zuur lokaal grondwater op (zeer) basenrijke zand of op leembodems (niet weergegeven in de doorsneden).

Behalve een verschil in buffering kan er ook een verschil zijn in beschikbaarheid van kooldioxide. Vennen of laagten met een hoge kooldioxidebeschikbaarheid ontvangen veel grondwater, of grondwater met een hoog kooldioxidegehalte. Ze zijn meestal komvormig zodat kooldioxide relatief langzaam ontwijkt. Vennen of laagten met een lage kooldioxidebeschikbaarheid zijn meer schotelvormig, hebben vaak een minerale bodem, en kennen een door Oeverkruid gedomineerde vegetatie. In de praktijk komen vaak combinaties voor, waarbij aan de luwe zijde of aan de zijde met grondwateraanvoer de beschikbaarheid van kooldioxide hoger is (zie verder onder Sturende processen).

Vegetatiegradiënt

De hoge delen van de gradiënt bestaan uit Droge heiden (H4030) of Stufzandheiden (H2310). Op de overgang naar het ven komen Vochtige heiden (H4010A) voor, op open plaatsen afgewisseld met pioniervegetaties met snavelbiezen (H7150). Deze heiden kunnen veenmosrijk zijn. Treedt in deze overgang laterale stroming van lokaal grondwater op dan treedt Beenbreek op de voorgrond in de veenmosrijke Vochtige heide (11Aa2a; Jansen et al. 1996). Deze heiden worden hellingafwaarts gevolgd door Gagelstruwelen (40-RG1-[40Aa] en 36-RG2-[36Aa]), wilgenstruwelen (Associatie van Grauwe Wilg, 36Aa2) of door Berkenbroeken (H91D0). Gagelstruwelen kunnen niet tegen langdurige inundatie: hun onderzijde geeft de gemiddelde hoogwaterlijn van de plas aan (Baaijens 1984). Waar leem in de ondergrond voorkomt of het dekzand leemrijk is, zijn in de natte heiden vaak Blauwe zegge, Klokjesgentiaan en Kruiwilg aanwezig (Bakker et al. 1986). Op zeer leemrijke en basenrijkere bodems kunnen orchideeënrijke Vochtige heiden (11Aa2e) ontwikkeld zijn (Jansen et al. 1996, Verbeek et al. 2009).

In wateren die zeer zwak gebufferd zijn en arm aan kooldioxide domineert Oeverkruid de laagproductieve vegetatie (H3110). Ook komen andere isoëtide waterplanten voor (Roelofs et al. 2002). Vegetatiekundig worden deze begroeiingen tot het Oeverkruid-verbond (6Aa) gerekend. Wateren die rijker zijn aan kooldioxide en vaak ook zwak gebufferd (H3130) in plaats van zeer zwak gebufferd (H3110) kennen een veel groter scala aan plantensoorten, die veelal in patronen van smalle zones of in mozaïeken voorkomen (Roelofs et al. 2002). Vegetatiekundig behoren zulke begroeiingen tot het Verbond van Ongelijkbladig fonteinkruid (6Ab), het Verbond van Waternavel en Stijve moerasweegbree (6Ac), of het Naaldwaterbies-verbond (6Ad).

Fauna

Zwak gebufferde vennen kunnen zeer rijk zijn aan watermacrofauna en amfibieën. Heikikkers hebben naast geschikt voortplantingswater (ondiepe, zonnige wateren zoals heidevennen) ook geschikt landhabitat nodig (V1) (Creemers & van Delft 2009). Dit landbiotoop bestaat rond zwak gebufferde vennen meestal uit vochtige heide en pijpenstrootjevegetaties. Op de grens van nat naar droog (V5) kunnen geschikte kiemomstandigheden ontstaan voor Klokjesgentiaan, de waardplant van het Gentiaanblauwtje. Naast waardplanten is voor het voorkomen van het Gentiaanblauwtje ook het voorkomen van waardmieren van het geslacht *Myrmica* essentieel. Klokjesgentianen kiemen op kale bodems terwijl knooppieren hun nesten bij voorkeur maken in pollen gras en heide (V6). De overgangen van vochtige en droge heide vormen geschikt leefgebied voor Adder. Voor deze soort is de interne variatie binnen de hei van groot belang (V6) waarbij voldoende pollen Pijpenstrootje en heide aanwezig moeten zijn om te schuilen en te zonnen. Op de vochtige heide kunnen bomen van belang zijn voor dagvlinders (bij voorbeeld Vuilbomen voor Groentje) en bijen (met name Wilgen voor vroeg vliegende bijensoorten) (V2). De Donkere wilgenzandbij bijvoorbeeld heeft enerzijds droge en zandige delen nodig om zijn nestjes te bouwen en anderzijds wilgen als nectarbron (F1) (Van Duinen et al. 2012). Voor libellen is niet zozeer de waterkwaliteit direct van belang maar zijn het de structuren in de vegetatie die als gevolg van de waterkwaliteit ontstaan zoals de aanwezigheid van veenmosbegroeiingen of zeggenvegetaties (V6). Voor de Speerwaterjuffer is een gordel van zeggen (bijvoorbeeld Snavelzegge en Draadzegge) en drijvende waterplanten als Duizendknoopfonteinkruid van groot belang (Ketelaar 2001). Vennen die geschikt zijn voor de Speerwaterjuffer zijn vaak ook geschikt voor ander zeldzame libellensoorten zoals de Gevlekte witsnuitlibel. Voor de Kempense heidelibel is niet zozeer de structuur van belang maar het hydrologisch beheer. Deze laat vliegende soort is afhankelijk van periodiek in de winter droogvallende vennen. In geheel Noordwest-Europa vind dit alleen kunstmatig plaats in visvijvers (F2). Een rijk insectenleven in combinatie met broedgelegenheid is essentieel voor het voorkomen van de Grauwe klauwier (V1). Voor de Geoorde fuut en Dodaars is naast een rijke watermacrofauna de aanwezigheid van geschikte broedgelegenheid (bijvoorbeeld een snavelzeggevegetatie) van belang.

Sturende processen

- Zeer zwak gebufferde vennen zijn afhankelijk van de toestroming van enigszins gebufferd grondwater. Door de buffering is in dit type vennen de pH hoger dan in zure laagten (gradiënttype 3 en 4). Verder is er minder kooldioxide in het water opgelost dan in zwak gebufferde vennen (Brouwer et al. 1996, Van Duinen et al. 2009, Smolders et al. 2002).
- Zwak gebufferde vennen ontvangen naast regenwater ook grondwater dat basenrijke bodemlagen heeft gepasseerd, waardoor het meer gebufferd is dan het grondwater dat zeer zwak gebufferde vennen voedt. Bovendien is er meer kooldioxide in het water opgelost dan in

zeer zwak gebufferde vennen (Brouwer et al. 2009). De bodem heeft vaak een wat hoger gehalte aan voedingsstoffen dan de zeer zwak gebufferde laagten (Brouwer et al. 1996);

- Voeding met basen kan ook plaatsvinden door instroom van oppervlaktewater (Brouwer et al. 2009, Van Kleef 2010). De kwaliteit van het water is daarbij van groot belang. Gunstig is als het rijk is aan bufferstoffen maar arm aan voedingsstoffen, met name arm aan fosfaat, en als het instromende oppervlaktewater een lange weg kan afleggen (Van Kleef 2010).
- De vorm van de laagten is medebepalend voor de kooldioxiderijkdom. Vooral in grotere, schotelvormige vennen van dit type groeien vanwege de schaarste aan kooldioxide onder water alleen isoëtiden. Isoëtiden kunnen in tegenstelling tot andere soorten van zachte wateren met hun wortels (veel meer) CO₂ opnemen en zijn daarom in koolstofarme wateren in het voordeel (Bloemendaal & Roelofs 1988). In de kleine, komvormige vennen is meer kooldioxide beschikbaar. Aanvoer van kwelwater dat rijk is aan kooldioxide treedt namelijk meestal aan de rand uit en kleine wateren hebben een relatief groot randoppervlak. Vanwege hun komvorm zijn ze gemiddeld dieper, waardoor kooldioxide langer in de waterlaag blijft hangen. Ook zijn de windwerking en daarmee de menging van waterlagen minder, waardoor minder kooldioxide naar de lucht verdwijnt. Ten slotte valt vanwege de komvorm een kleiner oppervlak droog, waardoor organisch materiaal vooral onder water wordt afgebroken en het gevormde kooldioxide niet rechtstreeks naar de lucht kan verdwijnen.
- In de (zeer) zwak gebufferde laagten vindt een geleidelijke ophoping plaats van organische stof, die in principe de instandhouding van de vegetatie belemmert. Windwerking vertraagt deze ontwikkeling, evenals het inbrengen van zuurstof in de bodem via de plantenwortels in door Oeverkruid gedomineerde laagten (Brouwer et al. 1996, Roelofs et al. 1996, Smolders et al. 2002).

Standplaatscondities

Het water van zeer zwak gebufferde vennen heeft van nature een buffercapaciteit van 50 tot 200 µeq / l en de pH ligt meestal tussen 4,5 en 6,5. In zwak gebufferd vennen heeft het water een buffercapaciteit van 200 tot 500 (soms tot 1000) micro-equivalent per liter. De pH ligt meestal tussen 5 en 7. De plantengemeenschappen in deze gradiënt zijn kenmerkend voor oligotrofe en mesotrofe tot licht eutrofe omstandigheden.

In neerslagarme perioden kunnen vennen droogvallen. Schotelvormige, ondiepe vennen vallen in de regel eerder droog dan komvormige vennen. Goedontwikkelde vennen van de Waterlobelia-associatie worden tot laat in het jaar gevoed door lokaal grondwater, waardoor ze minder lang en vaak droogvallen. Voor zowel zeer zwak als voor zwak gebufferde vennen geldt, dat bij een periode van langdurige droogval verdroging en vermessing als gevolg van verhoogde mineralisatie gaat optreden. Dit geldt ook voor de aangrenzende natte heide en Gagelstruwelen.

Knelpunten

Verdroging

- Verdroging leidt tot het wegvallen of het verminderen van kwel van (zeer) zwak gebufferd lokaal grondwater. Daardoor treedt verzuring op. Bij droogvallen vindt tevens versnelde afbraak plaats van organisch materiaal. De afbraak van organisch materiaal is een zuurproducerend proces. Indien dan – na droogval – weer inundatie optreedt is het water tijdelijk zuur en rijk aan kooldioxide en ammonium (Paffen & Roelofs 1991). Dit bevordert de groei van Knolrus en veenmossen. Op langere termijn leidt het verdwijnen van organisch materiaal juist tot een sterkere koolstoflimitatie en een vrijwel vegetatieloze waterlaag

(Roelofs 1986). Door verdroging treedt Pijpenstrootje vaak op de voorgrond. Voornoemde soorten vormen dan vaak – samen met Veelstengelige waterbies, als laatste kenmerkende soort van de Oeverkruid-klasse – eenvormige begroeiingen. In wat minder sterk verdroogde en verzuurde situaties voegt Moerashertshooi zich nog bij deze soorten.

- Vochtige heiden langs de randen van laagten worden vaak gevoed door oppervlakkig afstromend water uit de omgeving (sub-surface flow, deels ook runoff). Onder invloed van verdroging treedt ook hier Pijpenstrootje op de voorgrond. Bij sterke verdroging gaat dit gras de vegetatie domineren en kan het zelfs horsten vormen (Jansen et al. 2004). De eutrofiering kan zowel ontstaan door toestromend nutriëntrijk grond- en oppervlakte water uit de omgeving als ook door te lage waterstanden. Te lage waterstanden, veelal een te lange periode met lage peilen in de zomer, leiden tot een versterkte mineralisatie van de organische stof waarbij extra voedingsstoffen beschikbaar komen in dit van nature voedselarme systeem.
- Gedaalde grondwaterstanden hebben een verzurend effect. In de laagten zelf vermindert de voeding met (zeer) zwak gebufferd grondwater, terwijl de uitspoeling van basen wordt versterkt, zowel in de laagte als in het intrekgebied van het (zeer)zwak gebufferde grondwater met Vochtige en Droge heiden. Dat heeft een vermindering van de buffercapaciteit van de bodem en een verlaging van de pH tot gevolg. De (chemische) veranderingen in de bodem van heiden die ontstaan door ontwatering en stikstofdepositie zijn uitgebreid beschreven in Van den Berg en Roelofs (2005) en Dorland et al. (2005); zij geven ook aan wat de gevolgen zijn voor de aanwezige heidegemeenschappen. De Graaf et al. (2009) tonen aan dat de bodem onder gedegeneerde heiden significant stikstofrijker is dan die onder niet aangetaste heiden.
- Verdroging in Zeer zwak en zwak gebufferde laagten kent verschillende oorzaken:
 - o Greppels, sloten en rabatten in de laagte zelf of in de overgang naar de aangrenzende zandruggen. Daardoor daalt de gemiddelde (grond)waterstand, treden hoge (grond)waterstanden op gedurende een kortere periode en wordt de periode van droogval langer;
 - o Verminderde toestroming van grondwater uit de omgeving als gevolg van een verminderde opbolling van grondwaterstanden in aangrenzende zandruggen. Die verminderde opbolling hangt vaak samen met een daling van de grondwaterstanden in een ruimere omgeving. Daardoor dalen de zomergrondwaterstanden en duurt het langer voordat de maximale opbolling in het winterseizoen bereikt is, waarbij het maximum ook verlaagd kan worden. Dit wordt veroorzaakt door:
 - o Greppels, sloten en rabatten in de slenkssystemen waarin laagten van dit gradiënttype liggen.
 - o Greppels en sloten op de zandruggen zelf.
 - o Verhoogde evapotranspiratie en interceptie van neerslag door aanplant van vooral donker naaldbos in het inziggebied van het lokale grondwater.
 - o Wegzijing onder invloed van peilverlaging in de aangrenzende beekdalen of slenken (Bakker et al. 1986) als gevolg van diepe ontwatering voor de landbouw, of door grondwaterwinning voor drinkwatervoorziening of landbouw (beregening);
 - o aantasting van het oorspronkelijke reliëf door afgravingen van dekzandruggen, het graven van zandwinplassen of maaiveldverlaging in het kader van natuurontwikkeling.

Vermesting

- Door nitraatuitspoeling uit bossen of landbouwgebieden (zie gradiënttypen 3 en 4) of door verdroging in het inziggebied nemen de ijzerconcentraties van het grondwater op de langere

termijn af en kan het grondwater verontreinigd raken met nitraat en/of sulfaat. Dit leidt in kalkarme of kalkloze watervoerende freatische pakketten tot een verminderde buffercapaciteit van het grondwater. In deze situaties treden in de laagte veenmossen en Knolrus op de voorgrond (Roelofs 1986, Brouwer et al. 2009).

- Bos(opslag) rond (zeer) zwak gebufferde laagten zorgt voor extra invang van stikstof vanwege de grotere ruwheid en heterogeniteit van het oppervlak (Houdijk 1990, Van Dobben & van Hinsberg 2008). Afhankelijk van de bodem kan vanuit een inziggebied van vele honderden meters breed met nitraat verrijkt grondwater naar een laagte stromen (Brouwer et al. 2009, Tomassen et al. 2011), waarvan berken en Pijpenstrootje profiteren (Limpens 2009).
- Bladval en stuifmaal –meestal afkomstig van naaldbomen en berken– zorgen voor extra toevoer van fosfaat (Limpens 2009). Dit leidt tot eutrofiëring waarvan soorten als Knolrus profiteren (Brouwer et al. 1996).
- Instroom van voedselrijk grond- en oppervlaktewater uit de omgeving (Brouwer et al. 1996). Dit water is niet alleen rijk aan stikstof maar ook aan fosfaat. Instroom van voedselrijk grondwater vindt plaats indien de laagten aan (voormalige) landbouwgronden grenzen of het intrekgebied voor een aanzienlijk deel uit landbouwgronden bestaat, en instroom van voedselrijk oppervlaktewater geschiedt via watergangen. Mogelijk heeft vroegere bosbemesting ook een rol gespeeld in de eutrofiëring de laagten. Dan treden soorten als Pitrus, Moerasstruisgras, Mannagras, Veenwortel en Gele lis op de voorgrond ten koste van de kenmerkende soorten.
- Hoge aantallen vogels (voorheen Kokmeeuwen; tegenwoordig grote aantallen pleisterende ganzen) zorgen voor vermisting (guanotrofie; Brouwer et al. 2009). Ook dan treden soorten als Pitrus, Moerasstruisgras, Mannagras, Veenwortel en Gele lis.

Verzuring

- Mogelijk heeft ook het stoppen van oude gebruiken die voor enige buffering zorgden zoals zwemmen en het wassen van schapen – het betreft laagten met Was of Wasch in de naam – verzuring in de hand gewerkt (Arts et al. 1988).

Windwerking

- Verminderde windwerking waarbij accumulatie van organische stof (aan de loefzijde) onvoldoende wordt geremd en het areaal slibvrije bodem kleiner wordt. Een verminderde windwerking is het gevolg van het ouder en hoger worden van bossen, vooral aan de bovenwindse zijde.

Beheer

- Door verdroging neemt de opslag van houtige gewassen toe. Veel schijnspiegellaagten zijn na (geringe) ontwatering verstruweeld of verbost. De daardoor toegenomen verdamping heeft de grondwaterstanden verder doen dalen (Limpens 2009). Om de schijnspiegellaagten open te houden en om de toename van verdamping door bos en struweel tegen te gaan moeten de houtige gewassen vaker worden afgezet.

Afname landschappelijke heterogeniteit voor fauna

- Een algemeen probleem voor de fauna dat voortkomt uit de verschillende knelpunten die hierboven zijn genoemd, is de verhoogde biomassagroei die leidt tot een grofkorreligere mozaïekstructuur (V1b) waarin minder (karakteristieke) diersoorten voorkomen dan in een

fijnkorrelige mozaïekstructuur van habitats. Ook de interne heterogeniteit in de afzonderlijke habitats neemt af door een versnelde biomassagroei.

Herstelmaatregelen gradiënt

- In natte systemen heeft het bestrijden van verdroging prioriteit. Vaak kan niet worden volstaan met antiverdrogingsmaatregelen in de laagte zelf of haar directe nabijheid. De maatregelen die verdroging moeten bestrijden zijn gericht op het minder snel afvoeren van water en het opstuwen van water tot op een hoger niveau. Daardoor blijven de grondwaterstanden in het voorjaar langer hoog, zakken de grondwaterstanden in de zomer minder diep weg en treedt in najaar en vroege winter eerder inundatie van de laagten op en wordt de opbolling in de aangrenzende ruggen vergroot. Tegelijkertijd wordt het optreden van laterale grondwaterstroming versterkt op de flank van de laagte met Vochtige heide en Gagelstruwelen. Om dit te bereiken is meestal een combinatie van maatregelen nodig, afhankelijk van de lokale situatie. Hierbij kan men denken aan:
 - o Dempen van sloten in laagten of het aanbrengen van drempels in de afvoer van de laagte, indien de laagte van nature een afvoerloze laagte was. Kende de laagte echter van oudsher een afvoer, wat het geval is in de oorsprongen van slenken of beken (stroten, stroeten, goren), maar is deze afgedamd geraakt door paden of dammen, dan dient deze belemmering voor de afvoer ongedaan te worden gemaakt, bij voorbeeld door het verwijderen van de hindernis, aanleg van een voorde of een pad op palen (Jansen et al. 1996). Het belemmeren van de vrije afvoer van water zorgt bovenstrooms van de dam voor een onnatuurlijke verhoging van de hoogste grondwaterstanden en verlenging van de inundatieduur en benedenstrooms voor een verlaging van de hoogste grondwaterstanden en kortere inundatieduren. In beide situaties zorgt dat voor een slecht ontwikkelde vegetatie.
 - o Voordat tot dempen wordt overgegaan dienen eventueel doorgraven slecht doorlatende lagen te worden hersteld door het aanbrengen van een afsluitende laag van (basen- en voedselarme) leem.
 - o Dempen van greppels, sloten, en rabatstelsels op de dek- of stuifzandrug, verwijderen van bos (ook in de laagten zelf) en herstellen van het reliëf van de ruggen (bij voorbeeld na aantasting door vergravingen door wegen of rabatstelsels) (Jansen et al. 2000).
 - o Dempen van greppels, sloten en rabatten en dichten van de kunstmatig gecreëerde afvoeren in aangrenzende laagten in slensystemen.
- Bij een te lage GLG in de ruggen is het noodzakelijk in een ruimere omgeving het watergangen- en drainagestelsel aan te passen en bos te verwijderen, niet alleen in aangrenzende slenken, maar ook in beekdalen. De aanpassingen zijn gericht op het verminderen van de oppervlakte-afvoer van water uit de hogere gebieden. Daardoor blijven de grondwaterstanden in het voorjaar langer hoog, zakken de grondwaterstanden in de zomer minder diep weg, wordt de opbolling in de aangrenzende ruggen vergroot en treedt in najaar en vroege winter eerder inundatie van de laagten op. De rol van grondwaterwinningen voor de drinkwatervoorziening en de landbouw (beregening) dienen tevens in beschouwing te worden genomen (Bakker et al. 1986, Jansen & Hoogendoorn 1993, Jansen et al. 2000).
- Maatregelen tegen vermessing zijn gericht op het voorkomen van toekomstige, verdere vermessing en op het verwijderen van de overmaat van nutriënten die in het verleden vanuit de omgeving naar de laagten zijn gekomen. Dat kan door:

- o inval van blad en stikstofdepositie te minimaliseren, door oevers vrij te stellen van bosopslag, over een breedte van 25–30 meter (één à anderhalve boomlengte);
 - o verschrallen van aangrenzende rijkere gronden;
 - o bemesting in het inzigggebied terug te dringen;
 - o aangevoerd oppervlaktewater te zuiveren;
 - o sloten die voedselrijk water aanvoeren om te leiden;
 - o verwijderen van geaccumuleerde voedingsstoffen door plaggen of baggeren;
 - o gerichte bestrijding van vogelkolonies of van grote groepen pleisterende vogels.
- Bovengenoemde hydrologische herstelmaatregelen dragen ook bij aan herstel van de ijzeraanvoer, een zeer belangrijk mechanisme om de fosfaatbeschikbaarheid laag te houden, vooral voor vennen met een kooldioxiderijke waterlaag (Brouwer et al. 1996).
- Verzuring kan worden bestreden door:
 - o bekalking van het inzigggebied van het grondwater dat naar de (zeer) zwak gebufferde laagten stroomt (Dorland et al. 2005, Van den Berg & Roelofs 1995, Brouwer et al. 2009). Zie verder hieronder bij 'Aandachtspunten', en Laurijnssens et al. (2007);
 - o herstel van zuurgradiënten van antropogene oorsprong door inlaat van oppervlaktewater (beekwater) (Van Kleef 2010, Brouwer et al. 2009);
 - o inlaten van opgepompt (zeer) zwak gebufferd grondwater (Brouwer et al. 2002, Brouwer et al. 2009).
 - Vergroten van windwerking kan worden bereikt door aan de bovenwindse zijde bos te verwijderen.

Aandachtspunten

- Herstel van (zeer)zwak gebufferde vennen op voormalige landbouwgronden is mogelijk voor laagten die tijdens hun ontginning tot landbouwgrond zijn opgevuld met grond van elders. Door terug te graven tot het oorspronkelijke maaiveld kan herstel van de vegetatie plaatsvinden via de nog kiemkrachtige zaden van kenmerkende soorten (Jansen et al. 2004, Jansen et al. 2008). Lucassen et al. (2008) laten zien dat herstel van zwak gebufferde laagten op voormalige landbouwgronden succesvol kan zijn indien wordt afgegraven tot een diepte waarop de totaal-P en Olsen-P niet meer bedraagt dan respectievelijk 3000 en 300 $\mu\text{mol/l}$ bodem. Als de kiemkracht van zaden van kenmerkende soorten verloren is gegaan kan herintroductie overwogen worden.
- De effectiviteit van hydrologische herstelmaatregelen neemt toe wanneer deze worden gecombineerd met maatregelen in de laagten en hun nabije omgeving (plaggen, chopperen, baggeren; Jansen et al. 2010).
- Hydrologisch herstel is eenvoudiger wanneer ondiep gelegen slecht doorlatende lagen aanwezig zijn. Naarmate zandpakketten boven de slechtdoorlatende lagen dikker zijn, zullen maatregelen in een wijdere omgeving nodig zijn.
- Uit onderzoek van Bakker et al. (1986) blijkt dat ook peilverhoging in aangrenzende beekdalen nodig kan zijn om de waterhuishouding van natte laagten in inzigggebieden te herstellen. Zij toonden aan dat de verdroging van laagten zonder schijnspiegelsystemen in het Dwingelderveld samenhangt met zowel inrichtingsmaatregelen op het veld zelf (het vochtige inzigggebied) als in de aangrenzende beekdalen. Hydro-ecologisch onderzoek is nodig om het relatieve belang van verschillende ingrepen en bijbehorende herstelmaatregelen te bepalen (zie ook Jansen & Hoogendoorn 1993, Von Asmuth 2011, Adema et al. 2012).

- Het baggeren van vermist organisch materiaal in zeer zwak gebufferde vennen zonder herstel van de waterhuishouding leidde in Twickel (Gierveld 2012) en in Stroothuizen en op het Buurser Zand (Brouwer et al. 2009) slechts tot de kortstondige terugkeer van kenmerkende soorten en is af te raden om uitputting van de zaadbank te voorkomen.
- Bij een te plotselinge stijging bestaat het risico dat bijvoorbeeld mierennesten van Veenmier verdrinken (Van Duinen et al. 2012). Ook de waardmieren van Gentiaanblauwtje kunnen slecht tegen inundatie. Het is van belang dat er aan de droge kant uitwijkmogelijkheden zijn voor deze soorten (F4) (Wallis de Vries 2007).
- Indien een laagte niet alleen verdroogd is, maar ook vermist, dan dient te worden onderzocht of hydrologische herstelmaatregelen gecombineerd moeten worden met maatregelen tegen vermesting (plaggen of baggeren). De praktijk leert dat hydrologisch herstel volstaat indien geen ernstige eutrofiëring is opgetreden (Brouwer et al. 2009). De keuze om aanvullend te plaggen of te baggeren is afhankelijk van de ernst van de eutrofiëring.
- Plaggen en baggeren zijn niet altijd succesvol en niet zonder risico's. Wanneer niet alleen de sliblaag, maar ook de daaronder gelegen zandlaag vermist is (hoge fosfaatgehalten), keert Pitrus na baggeren weer terug (Van Os 2011, Sevink & Vlamink 2006). Bij te diep plaggen van venranden kan de slecht doorlatende laag worden beschadigd, waardoor verdroging wordt bevorderd. Indien plaggen toch noodzakelijk blijkt, dan moet dat met de grootste mogelijke zorgvuldigheid gebeuren om beschadiging van slecht doorlatende lagen te voorkomen. Verder is het van belang rekening te houden met nog aanwezige populaties van bedreigde soorten. Hun voorkomen dient voor de uitvoering van de maatregelen in beeld te zijn gebracht opdat ze gespaard kunnen worden. Plaggen moet bij voorkeur haaks op de gradiënt gebeuren om te voorkomen dat een complete overgang in een keer wordt weggeplagd. Daarnaast is het van belang voldoende variatie in de heide te handhaven. Grazige delen vormen een belangrijk leefgebied voor bij voorbeeld reptielen.
- Bij de aanvoer van oppervlaktewater dient voldoende voorzuivering plaats te vinden om te hoge nutriëntenconcentraties te voorkomen. Dat kan worden gerealiseerd via een voldoende lange aanvoerroute van het inlaatwater (Van Kleef 2010) of door het inlaatwater te zuiveren in een helofytenfilter (Buskens & Zingstra 1988, Buskens 1994). Tevens dient in het winterseizoen grondwater uit te treden om contactzones tussen water van verschillende oorsprongen te realiseren. Voorbeelden van (zeer) zwak gebufferde laagten met antropogene gradiënten in alkaliniteit zijn het Ringselven (Limburg), het Greveschutven, het Zuidelijke Beuven, de Malpievennen en de Cartierheide (Noord-Brabant) en verschillende ijsbaantjes. In zulke vennen kan bij gebrek aan voldoende schoon oppervlaktewater als tijdelijke vervanging opgepompt schoon grondwater worden ingelaten (Brouwer et al. 2002, Brouwer et al. 1996, Brouwer et al. 2009).
- Verschralen van aangrenzende zwaar bemeste landbouwgronden kan door hooien (maaien en afvoeren), uitmijnen of afgraven. Van oudsher werd verschraling van voormalige landbouwgronden nagestreefd door te hooien (maaien en afvoeren zonder bemesting) of via begrazing. Het duurt echter decennia voordat via deze vormen van verschralingsbeheer de nutriëntenbeschikbaarheid voldoende laag is geworden (Bakker 1989). Afgraven of ontgronden is het verwijderen van een deel van de bodem en is meestal gericht op het realiseren van een nutriëntenbeschikbaarheid passend bij de nagestreefde vegetatie. Deze maatregel verschilt van plaggen doordat meer dan alleen de organische toplaag van de bodem wordt verwijderd. In de bodem van voormalige landbouwgronden bevinden zich niet alleen (zeer) veel nutriënten in de organische toplaag, maar vaak ook in de anorganische laag daaronder. De stikstofbeschikbaarheid op minerale bodems neemt na stoppen van bemesting

- snel af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie (Lamers et al. 2005), maar dat geldt niet voor fosfaat. Wanneer antiverdrogingsmaatregelen worden genomen zodanig dat de grondwaterstanden stijgen tot in de fosfaatrijke laag, dan komt fosfaat vrij dat aan ijzer(hydr)oxiden is gebonden (zie deel 1, hoofdstuk 2). Dat leidt niet alleen tot een grotere fosfaatbeschikbaarheid voor de vegetatie op de voormalige landbouwgrond, maar leidt via laterale grondwaterstroming ook tot een aanzienlijk vermestingsrisico van aangrenzende laagten. Om te voorkomen dat extra fosfaat vrijkomt bij vernatting kan de bovenste met fosfaat verzadigde bodemlaag worden afgegraven. De optimale diepte tot waar moet worden afgegraven kan bepaald worden door op verschillende diepten de P-beschikbaarheid te meten (zie deel 1, hoofdstuk 3). Vanuit het functioneren van de gradiënt moeten de volgende aandachtspunten die in beschouwing zijn genomen voordat tot afgraven wordt overgegaan:
- o Hoe hoog komen de voormalige landbouwgronden na afgraven te liggen? Wanneer ze zo laag komen te liggen dat ze het aangrenzende laagte gaan draineren moet afgraven worden ontraden.
 - o Afgraven wordt verder afgeraden wanneer daardoor de opbolling van de grondwaterspiegel in hogere ruggen in het intrekgebied wordt afgetopt (Adema et al. 2010). Daardoor neemt met name in natte perioden het stijghoogteverschil met de laagte af en daarmee de intensiteit en de duur van de kwel. Aldus wordt het grondwaterregime in de laagte beïnvloed en de groei van veenmossen negatief beïnvloed.
- In zulke gevallen kan uitmijnen van de bodem een alternatief zijn. Uitmijnen is het selectief toedienen van voedingsstoffen, bijvoorbeeld stikstof en kalium, waardoor fosfaat versneld via opname door planten en afvoer door maaien kan worden onttrokken aan de bodem (zie deel 1, hoofdstuk 3). Er is nadere studie nodig naar de criteria en de condities waaronder voor het toepassen van een specifieke verschralingstechniek (ontgronden, uitmijnen, plaggen, maaien en afvoeren, afvoer nutriënten via afstromend water, tijdelijke aquacultures) wordt gekozen. Voordat wordt overgegaan tot bekalking van het inzigggebied moet duidelijk zijn dat een verminderde calciumrijkdom van het grondwater dé belemmerende factor is voor het herstel van veenmosgroei. Het kan zijn dat vochtige laagte ook voor de periode met sterke zure depositie bestond uit slecht ontwikkelde begroeiingen (rompgemeenschappen). Ook verdroging kan een belangrijke oorzaak zijn voor de aanwezigheid van slecht ontwikkelde begroeiingen. Bekalken van het inzigggebied zonder andere knelpunten weg te nemen is niet effectief en wordt daarom afgeraden.
 - Bekalken kan worden toegepast om het optreden van een ammoniumpiek na plaggen tegen te gaan (De Graaf et al. 1998, Van den Berg & Roelofs 2005) en aldus de originele pH en basenverzadiging van de bodem weer te herstellen en de kieming en vestiging van kenmerkende soorten te bevorderen (Dorland et al. 2003, Dorland et al. 2005). Door Laurijssens et al. (2007) is een standaardprotocol opgesteld over het bekalken van Vochtige heiden. Op basis daarvan ontraadt de zogenoemde Reviewcommissie (2011) bekalking:
 - o in soortenarme heiden op van nature zure, arme zandgronden. Daar speelt verzuring een ondergeschikte rol;
 - o indien de na plaggen bloot gekomen bodem niet zeer zuur tot zuur is ($\text{pH-H}_2\text{O} > 4,5$; $\text{pH-KCl} > 3,8$);
 - o bij een $\text{pH-H}_2\text{O}$ van lager dan 4,5 en een CEC kleiner dan 5 cmolc/kg . Bij bodems met een CEC van ongeveer tussen 5 en 10 cmolc/kg heeft bekalken wel zin. Bij een nog hogere CEC ($> 10 \text{ cmolc/kg}$) is de kans op een (te) lage pH gering.
 - Vaak zijn bij de herstelmaatregelen naast natuurwaarden ook cultuurhistorische, archeologische en palaeoecologische waarden in het geding, die kunnen verdwijnen bij

uitvoering van herstelmaatregelen. Het kan bijvoorbeeld gaan om oude grafvelden of oude woon- of werkplaatsen. Deze waarden zijn veelal bekend bij provincies (archeologische en historisch-geografische waardenkaarten) en dienen indien daar aanleiding toe bestaat in beeld te worden gebracht. Vaak zijn bij de herstelmaatregelen naast natuurwaarden ook cultuurhistorische, archeologische of palaeoecologische waarden in het geding, die kunnen verdwijnen bij uitvoering van herstelmaatregelen. Het kan bijvoorbeeld gaan om oude grafvelden of oude woon- of werkplaatsen. De cultuurhistorische en archeologische waarden zijn veelal bekend bij provincies (archeologische en historisch-geografische waardenkaarten) en dienen in beeld te worden gebracht. De veen- en (moerige) bodemlaag kan hoge paleoecologische waarden bezitten. Deze dienen te worden bepaald via palynologisch onderzoek en onderzoek aan macroresten in de veen- en onder liggende bodemlagen. Deze waarden dienen vervolgens te worden betrokken bij afweging (wel of geen herstelmaatregelen), de keuze van herstelmaatregelen (bijvoorbeeld pluggen of chopperen) en de wijze van uitvoering van de maatregelen

Voorbeelden

Algemeen: In [Aggenbach et al. \(1998\)](#), [Arts & van Duinhoven \(2000\)](#) & [Roelofs et al. \(2002\)](#) wordt een algemeen en breed overzicht gegeven over de mogelijkheden tot herstel van verdroogde, verzuurde en vermeste (zeer) zwak gebufferde laagten. [Brouwer et al. \(1996\)](#) en [Brouwer et al. \(2009\)](#) geven een uitgebreid overzicht van de bereikte resultaten voor respectievelijk de middellange en de lange termijn. [Jansen et al. \(2010\)](#) geeft een overzicht van de terugkeer van Rode lijstsoorten in het natte zandlandschap.

Gebieden:

Fryslân: Ijsbaan Landgoed Lautswolt (Beetsterzwaag)

Drenthe: Ganzenpoel ([Adema et al. 2012](#))

Overijssel: Bergvennen ([Brouwer et al. 2002](#), [Brouwer et al. 2009](#)); Brecklenkampse Veld; Stroothuizen ([Jansen et al. 2004](#)); Punthuizen ([Jansen et al. 2000](#)); landgoed Twickel ([Jansen & Hoogendoorn 1993](#), [Jansen et al. 2004](#))

Gelderland: Kroondomein de Bieze ([Dorland et al. 2005](#), [Brouwer et al. 1996](#)); Verbrande Bos Staverden ([Jansen et al. 1996](#), [Verbeek et al. 2009](#)).

Noord-Brabant: Strabrechtse Heide met het Beuven ([Buskens & Zingstra 1998](#), [Buskens 1994](#)); Groote Heide, Leikeven, Groot Ganzenven, Keyenhurk ([Brouwer et al. 2009](#)); Grevenschutven (inlaat van gebufferd water: [Van Kleef et al. 2007](#), [Van Kleef 2010](#)).

Literatuur

Adema, E., G.J. Baaijens, A.J.M. Jansen & R. Ketelaar 2010. Advies deskundigenteam Nat Zandlandschap over de inrichting van het Noordenveld en het Kloosterveld. O+BN Advies. Bosschap, Driebergen.

Aggenbach, C.J.S., M.H.Jalink, A.J.M. Jansen, bewerkt door M.J. Nooren 1998. *Indicatoren voor verdroging, verzuring en eutrofiering van plantengemeenschappen in vennen*. Staatsbosbeheer, Driebergen.

Arts, G.H.P. 2000. Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren deel 13: Vennen. Achtergronddocument bij het "Handboek Natuurdoeltypen in Nederland", Rapport EC-LNV nr AS-13. Wageningen.

- Arts, G.H.P., G. van der Velde, J.G.M. Roelofs & C.A.M. van Swaay 1990. Successional changes in the soft-water macrophyte vegetation of (sub)atlantic, sandy, lowland regions during this century. *Freshwater Biology* 24: 287–294.
- Arts, G.H.P. & G. van Duinhoven 2000. Sleutelen aan vennen. Ministerie van LNV, Wageningen.
- Arts, G.H.P., J.H.J. Schaminée & P.J.J. van den Munckhof 1988. Human impact on origin, deterioration and maintenance of *Littorelletalia*-communities. In: Proceedings 5th Symposium on Synanthropic Flora and Vegetation (Chief Ed. M. Zaliberová), Martin, Czechoslovakia, 22–27 August 1988, pp. 11–18.
- Baaijens, G.J. 1984. Venen en mensen: water en vuur. In: F.H. Everts & N.P.J. de Vries, Het Dwingelderveld, deelrapport: vegetatie. Laaglandbekenrapport no. 8. Staatsbosbeheer/Natuurmonumenten/Rijksuniversiteit Groningen, Utrecht.
- Bakker, J.P. 1989. Nature management by grazing and cutting. On the ecological significance of grazing and cutting regimes applied to restore former species-rich grassland communities in the Netherlands. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Bakker, T.W.M., I.I.Y. Castel, F.H. Everts en N.P.J. de Vries 1986. Het Dwingelderveld, een Drents heidelandschap. Pudoc Wageningen.
- Balyasova, Ye.L. 1974. Variations in the level regime of highmoor bog in the European USSR. *Soviet Hydrology: Selected papers* 13 (5): 281–285.
- Bloemendaal, F.H.J.L. & J.G.M. Roelofs (red.) 1988. Waterplanten en Waterkwaliteit. Natuurhistorische bibliotheek van de KNNV nr.45. Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht.
- Bobbink, R., E. Brouwer, J. ten Hoopen & E. Dorland 2004. Herstelbeheer in heidelandschap: effectiviteit, knelpunten en duurzaamheid. In: G.A. van Duinen et al. (red.) Duurzaam herstel van biodiversiteit; 15 jaar herstelmaatregelen in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur. Rapport EC– LNV nr 2004/305, Ede.
- Brouwer, E, Bobbink, R, Roelofs, J.G.M. & G.M. Verheggen 1996. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiering van oppervlaktewateren. Eindrapport monitoringsprogramma tweede fase. Afdeling Aquatische Oecologie & Milieubiologie, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Brouwer, E, Bobbink, R, Roelofs, J.G.M. & G.M. Verheggen 2000. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiering van oppervlaktewateren. Eindrapport monitoringsprogramma derde en laatste fase. Afdeling Aquatische Oecologie & Milieubiologie, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Brouwer, E, R. Bobbink & J.G.M. Roelofs 2002. Restoration of aquatic macrophyte vegetation in acidified and eutrophied soft water lakes: an overview. *Aquatic Botany* 73: 405–431.
- Brouwer E., H. van Kleef, H. van Dam, J. Loermans, G. Arts & D. Belgers 2009. Effectiviteit van herstelbeheer in vennen en duinplassen op de middellange termijn. Rapport DKI nr. 2009/dki 126–O, Ede.
- Buskens, R.F.M. 1994. Beuven blijvend hersteld? *De Levende Natuur* 95(6): 211–217.
- Buskens, R.F.M. & H.L. Zingstra 1988. Beuven: verwording en herstel. *De Levende Natuur* 89(2): 34–42.
- Creemers, R.C.M. & J.J.C.W. van Delft (red.) 2009. De amfibieën en reptielen van Nederland. Nederlandse Fauna 9. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, European Invertebrate Survey, Nederland, Leiden.
- De Graaf, M.C.C., R. Bobbink, P.J.M. Verbeek, & J.G.M. Roelofs 1998. Differential effects of ammonium and nitrate on three heathland species. *Plant Ecology* 135: 185–196.
- De Graaf, M.C.C., R. Bobbink, N.A.C. Smits, R. van Diggelen & J.G.M. Roelofs 2009. Biodiversity, vegetation gradients and key biogeochemical processes in the heathland landscape. *Biological Conservation* 142: 2191–2201.

- Dorland, E., R. Bobbink & E. Brouwer 2005. Herstelbeheer in de heide: een overzicht van maatregelen in het kader van OBN. *De Levende Natuur* 105 (5): 204–208.
- Dorland, E., L.J.L. van den Berg, R. Bobbink & J.G.M. Roelofs 2003. Bekalking bij het herstel van gedegenereerde heiden en heischrale graslanden. *De Levende Natuur* 104 (4): 144–147.
- Everts, F.H. & N.P.J. de Vries 1988. Inventarisatie van natuurterreinen in de boswachterij Smilde en Dwingeloo, juli 1988. Rapport Staatsbosbeheer. Assen.
- Everts, F. H., G.J. Baaijens, A.P. Grootjans, N.P.J. de Vries & A. Verschoor 2005. Grootschalige landschappen en heidebeheer: Dwingelderveld. *De Levende Natuur* 106(5): 193–199.
- Gierveld, H. 2012. Water- en natuurbeheer op Twickel. *De Levende Natuur* 113 (5): 232–235.
- Houdijk, A.L.F.M. 1990. Effecten van zwavel- en stikstofdepositie op bos- en heidevegetaties. Rapport Katholieke Universiteit Nijmegen; 124p.
- Jansen, A.J.M., R.M. Bekker, R. Bobbink, J.H. Bouwman, R. Loeb, G.A. van Duinen, M.F. Wallis de Vries 2010. De effectiviteit van de regeling Effectgerichte Maatregelen (EGM) voor Rode-Lijstsoorten; de tweede Rode Lijst met Groene Stip voor vaatplanten en enkele diergroepen in Nederland. Rapport. Unie van Bosgroepen, Ede.
- Jansen, A.J.M., M.C.C. de Graaf & J.G.M. Roelofs 1996. The restoration of species-rich heathland communities in The Netherlands. *Vegetatio* 126: 73–88.
- Jansen, A.J.M., A.Th.W. Eysink & C. Maas 2001. Hydrological processes in a *Cirsio-Molinietum* fen meadow: implications for restoration. *Ecological Engineering* 17: 3–20.
- Jansen, A.J.M., L.F.M. Fresco, A.P. Grootjans & M.H. Jalink 2004. Effects of restoration measures on plant communities of wet heathland ecosystems. *Applied Vegetation Science* 7: 243–252.
- Jansen, A.J.M. & J.H. Hoogendoorn 1993. Hydro-ecologie van vijf NB-wet-terreinen op het landgoed Twickel (Overijssel). Rapport SWO 93.214. Kiwa N.V., Nieuwegein.
- Jansen, A.J.M., J.H.J. Schaminée & A.H.F. Stortelder 2008. Koolmansdijk, parel in de Achterhoek door succesvol natuurherstel. *De Levende Natuur* 109 (9): 228–233.
- Ketelaar, R. 2001. De Speerwaterjuffer in Nederland: Verspreiding, ecologie en bescherming. Rapportnummer VS2000.022. De Vlinderstichting, Wageningen.
- Kiwa & EGG 2006. Knelpunten en kansanalyse Natura 2000 gebieden. Versie juli 2006. Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit, Directie Natuur.
- Lamers, L., E. Lucassen, F. Smolders & J. Roelofs 2005. Fosfaat als adder onder gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H₂O* 38(17): 28–30.
- Laurijssens, G., G. de Blust, P. de Becker & M. Hens 2007. Opmaak van een standaardprotocol voor herstelbeheer van natte heide en vennen en toepassing ervan op Groot & Klein Schietveld, Tielenkamp & Tielenheide. Deel I: Een standaardprotocol voor herstelbeheer van natte heide en vennen. INBO.R.2007.31. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Limpens, J. 2009. De rol van de berk bij herstel en beheer van hoogveen. Gecombineerde resultaten van 'Vervolg OBN Hoogveenonderzoek' & 'Effecten van berkenopslag en dichtheid op hoogveenvegetaties behorende tot het natte zandlandschap'. Rapport DK nr. 2009/dk119-O, Ministerie van LNV, Ede; 40p.
- Paffen, B.G.P. & J.G.M. Roelofs 1991. The impact of carbon dioxide and ammonium on the growth of submerged *Sphagnum cuspidatum*. *Aquatic Botany* 40: 61–71.
- Reviewcommissie 2011. Herstelstrategieën stikstofgevoelige habitats In Natura 2000. Evaluatie Reviewcommissie. Programmadirectie Natura 2000 Ministerie van Economische Zaken, Landbouw & Innovatie, Utrecht.
- Roelofs, J.G.M. 1986. The effect of airborne sulphur and nitrogen deposition on aquatic and terrestrial; heathland vegetation. *Experientia* 42: 372–377.
- Roelofs, J.G.M., & R. Bobbink, E. Brouwer & M.C.C. de Graaf 1996. Restoration ecology of aquatic and terrestrial vegetation on non-calcareous sandy soils in The Netherlands. *Acta Botanica Neerlandica* 45: 517–541.

- Roelofs, J.G.M., E. Brouwer & R. Bobbink 2002. Restoration of aquatic macrophyte vegetation in acidified and eutrophicated shallow soft water wetlands in the Netherlands. *Hydrobiologia* 478: 171–180.
- Runhaar, J., M.H. Jalink, H. Hunneman, J.P.M. Witte & S.M. Hennekens 2009. Ecologische vereisten habitattypen. Rapport KWR. Beschikbaar via www.minInv.nl/natura2000.
- Tomassen, H.B.M., A.B. Grootjans & A.J.P. Smolders 2011. Herstel van biodiversiteit en landschapsecologische relaties in het natte zandlandschap – Herkomst van CO₂ voor hoogveengroei en basenverzadiging in hoogveentjes. Eindrapport deel 3. Rapport nr. 2011/OBN147-3-NZ. Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, Den Haag.
- Smolders, A.J.P., E.C.H.E.T. Lucassen & J.G.M. Roelofs 2002. The isoetid environment: biogeochemistry and threats. *Aquatic Botany* 73: 325–350.
- Verbeek, P.J.M., M.C. Scherpenisse-Gutter, K. Lotterman & A.A.M. de Goeij 2009. Resultaten Beleidsmonitoring EGM van De 12 Landschappen: rapportage 2009. Natuurbalans Limes Divergens B.V., Nijmegen.
- Van den Berg, L.J.L & J.G.M. Roelofs 2005. Effecten van veranderingen in atmosferische stikstofdepositie op Nederlandse heide. *De Levende Natuur* 106(5): 190–192.
- Van Dobben, H.F. & A. van Hinsberg 2008. Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en Natura 2000 typen. Alterra rapport 1654, Alterra, Wageningen.
- Van Duinen, G.A., E. Brouwer, A.J.M. Jansen, J.G.M. Roelofs & M.G.C. Schouten 2009. Van hoogveen- en venherstel naar herstel van een ‘compleet’ nat zandlandschap. *De Levende Natuur* 110 (3): 118–123.
- Van Duinen, G., H. Tomassen, J. Limpens, F. Smolders, S. van der Schaaf, W. Verberk, D. Groenendijk, M. Wallis de Vries, J. Roelofs 2012. Perspectieven voor hoogveenherstel in Nederland. Samenvatting onderzoek en handleiding hoogveenherstel 1998–2009.
- Van Duinen, G.A., J.H. Bouwman, H. van Kleef, A. Klimkowska, J. Limpens & M. Wallis de Vries 2012. Randvoorwaarden voor het herstel van kenmerkende en bedreigde soorten in het natte zandlandschap (concept). Bosschap, Driebergen.
- Van Kleef, H. 2010. *Identifying and crossing thresholds in managing moorland pool macro-invertebrates*. Proefschrift Radboud Universiteit, Nijmegen.
- Van Kleef, H., E. Brouwer & H. Esselink 2007. OBN-Vooronderzoek naar de mogelijkheden voor natuurherstel in de Malpievennen. Rapport Stichting Bargerveen en Onderzoekscentrum B-Ware, Nijmegen.
- Von Asmuth, J.R., J.G. Streefkerk & C. Maas 2011. Natte natuur in het Drents Friese Wold. Overzicht gegevens, hydrologische situatie en effecten van herstelmaatregelen. KWR-rapport 2001.106. KWR, Nieuwegein.
- Wallis de Vries, M.F. 2007. Evaluatie en uitvoering van maatregelen voor het gentiaanblauwtje in Overijssel. Rapport VS2007.027. De Vlinderstichting, Wageningen.

Gradiënttype 5: Basenrijke afvoerloze laagten

Beknopte beschrijving

Op tal van plaatsen komen hoog in het landschap afvoerloze laagten voor met natte schraallanden, soms tot zelfs nabij de waterscheiding, en daardoor buiten het bereik van wat grotere lokale of (sub)regionale kwelsystemen. De term afvoerloos heeft betrekking op het niet over maaiveld of via een waterloop afvoeren van water; het oppervlaktewater in de laagte verdwijnt door wegzijging in de bodem onder invloed van daling van de grondwaterstand in de omgeving en door verdamping. De watervoerende pakketten zijn over het algemeen betrekkelijk dun (van enkele meters tot hooguit enkele tientallen meters). De laagten bevinden zich achter een drempel (veelal een lage dekzandrug). Een beek ontbreekt. Ze onderscheiden zich van (zeer) zwak gebufferde laagten – die deels in dezelfde zone liggen – door een plaatselijk hogere basenrijkdom en het voorkomen van Alkalisch laagveen (Kalkmoeras; H7230) of Blauwgrasland (H6410). De hoge basenrijkdom hangt samen met het voorkomen van kalkhoudende sedimenten in de ondiepe ondergrond. De lengte van de gradiënt varieert van enkele tientallen meters tot enkele honderden meters. Ze is kenmerkend voor golvende dekzandlandschappen met veel hoogteverschillen op betrekkelijk korte afstand. Figuur 9 geeft een schematische doorsnede. Dit gradiënttype kent veel uiterlijke overeenkomsten met het gradiënttype “Beekdalen met lokale kwel in de bovenloop” (Jansen et al. 2000b). Het gradiënttype van de beekdalen wordt gekenmerkt door de zeer ondiepe aanwezigheid van een dikkere slecht doorlatende laag (binnen 1 à 2 meter beneden maaiveld) waarover van alle zijden water naar een laagte stroomt, terwijl het huidige gradiënttype “Basenrijke afvoerloze laagten” een kwel- en inzijgzijde kent en de slecht doorlatende laag zich op een grotere diepte bevindt.

Vegetatiegradiënt

De hoge delen van de gradiënt bestaan uit Droge heiden (H4030) en Vochtige (H4010A). Na plaggen van de vochtige heiden kunnen zich tijdelijk Pioniervegetaties met snavelbiezen (H7150) ontwikkelen. Deze zone wordt vaak gevolgd door een smalle zone met Gagelstruwelen (11-RG3-[11] of 36-RG2-[36Aa]) die – soms via een smal lint van Heischrale graslanden (H6230) – overgaat in Blauwgraslanden of Parnassiarijke Blauwgraslanden (16Aa1d) die tot het habitatype Alkalisch laagveen (kalkmoerassen; H7230) worden gerekend. Deze zone met basenminnende gemeenschappen bevindt zich relatief hoog in de laagte. Het is de plaats waar zich in het natte deel van het jaar de grens tussen het wel en niet langdurige overstroomde deel van de laagte bevindt. Hellingafwaarts in het lage en vlakke deel van de laagte kunnen plantengemeenschappen van zwak gebufferde wateren (H3130) voorkomen, soms zelfs in mozaïek met gemeenschappen van Kranswierwateren (H3140, Glanswier-verbond: 4Aa). Aan de stroomafwaartse zijde van de laagte, de wegzijgzijde, zijn ook zwakgebufferde wateren (H3130), ontwikkeld, soms in mozaïek met Pioniervegetaties met snavelbiezen (H7150), of zuurdere vormen van blauwgrasland (H6410). Stroomt voedselrijk grondwater in of heeft zich onder invloed van natuurlijke successie een dikke, voedselrijke laag organische stof opgebouwd, dan komt de Associatie van Stijve-zegge (8Bd3) of een ruigere vegetatie uit het Rietverbond (8Bb) tot ontwikkeling. De beschreven gradiënten zijn vaak kort, tot enkele honderden meters lang.

Fauna

Heikikkers hebben naast geschikt voortplantingswater (ondiepe, zonnige wateren zoals heidevennen) ook geschikt landhabitat nodig (V1) (Creemers en van Delft 2009). Dit landbiotoop bestaat rond basenrijke afvoerlose laagten meestal uit vochtige heide en pijpenstrootjevegetaties. Op de grens van nat naar droog (V5) kunnen geschikte kiemomstandigheden ontstaan voor Klokjesgentiaan, de waardplant voor het Gentiaanblauwtje. Naast waardplanten is voor het voorkomen van het Gentiaanblauwtje ook het voorkomen van waardmieren van het geslacht *Myrmica* essentieel. Klokjesgentianen kiemen op kale bodems terwijl knooppieren hun nesten bij voorkeur maken in pollen gras en heide (V6). De overgangen van vochtige en droge heide vormen geschikt leefgebied voor Adder. Voor deze soort is de interne variatie binnen de hei van groot belang (V6) waarbij voldoende pollen Pijpenstrootje en heide aanwezig moeten zijn om te schuilen en te zonnen. Op de vochtige heide kunnen bomen van belang zijn voor dagvlinders (bijvoorbeeld Vuilboom voor Groentje) en bijen (met name Wilgen voor vroeg vliegende bijensoorten) (V2). De Donkere wilgenzandbij bijvoorbeeld heeft enerzijds droge en zandige delen nodig om zijn nestjes te bouwen en anderzijds wilgen als nectarbron (F1) (Van Duinen et al. 2012). Voor libellen is niet zozeer de waterkwaliteit direct van belang maar zijn het de structuren in de vegetatie die als gevolg van de waterkwaliteit ontstaan (V6). Voor de Speerwaterjuffer is een gordel van zeggen (bijvoorbeeld Snavelzegge en Draadzegge) en drijvende waterplanten als Duizendknoopfonteinkruid van groot belang (Ketelaar 2001). Vennen die geschikt zijn voor de Speerwaterjuffer zijn vaak ook geschikt voor ander zeldzame libellensoorten zoals de Gevlekte witsnuitlibel). Voor de Kempense heidelibel is niet zozeer de structuur van belang maar het hydrologisch beheer. Deze laat vliegende soort is afhankelijk van periodiek droogvallende vennen in de winterperiode. In geheel Noordwest-Europa vind dit alleen kunstmatig plaats in visvijvers (F2). Een rijk insectenleven in combinatie met broedgelegenheid is essentieel voor het voorkomen van de Grauwe klauwier (V1). Voor de Georde fuut en Dodaars is naast een rijke watermacrofauna de aanwezigheid van geschikte broedgelegenheid (bijvoorbeeld een snavelzeggevegetatie) van belang.

Sturende processen

- Deze laagten danken hun basenrijkdom aan zeer lokale hydrologische processen of aan de interactie tussen deze lokale processen en het onderliggende basenrijke grondwater uit een groter grondwatersysteem (Jansen et al. 2000, 2001).
- De grondwaterstanden zijn (het grootste deel van het jaar) hoger dan de stijghoogten in het onderliggende watervoerend pakket (Jansen et al. 2000, 2001). Hydrologisch gezien zijn deze systemen daarom –op grote schaal en over langere tijd gezien– inzigggebieden. Gedurende het droge deel van het jaar treedt inzijing op naar de ondergrond. De grondwaterstanden in de laagte kunnen relatief diep wegzakken (tot maximaal circa 1,2 m onder maaiveld; Jansen et al. 2000, 2001).
- In het natte seizoen inunderen de laagten (Jansen et al. 2001, Eysink & Jansen 1993), allereerst met regenwater. Inundatie treedt op omdat zich aan de stroomafwaartse zijde van de laagte een natuurlijke drempel (lage dekzandrug) bevindt die oppervlakkige afstroming van water verhindert. Er ontstaat een plas met een vlakke waterspiegel. Alleen bij zeer hoge standen stroomt het water oppervlakkig af (sub-surface flow & runoff), maar het meeste verdampt of zijgt uiteindelijk in.
- In het natte seizoen treedt gaandeweg opbolling op van het freatisch vlak in de aanliggende dekzandgronden, waardoor dieper in de bodem aanwezig basenrijk grondwater omhoog wordt geperst in de zone op de overgang naar de plas. Deze processen treden op aan de

bovenstroomse of kwelzijde van de gradiënt. Het basenrijke grondwater kan afkomstig zijn uit een groter grondwatersysteem dan het lokale dekzandrugsysteem (Jansen et al. 2000b; Jansen 2010, Jansen et al. 2012, Smolders et al. 2010). In dat geval ligt de locatie met dit gradiënttype in een reliëfrijk dekzandlandschap op grotere afstand van de (sub)regionale waterscheiding. Het basenrijke grondwater kan ook zijn ontstaan door contact van het lokale grondwater met basenrijke lagen waardoor op de overgang naar de plas basenrijke omstandigheden ontstaan (Jansen et al. 2000, 2001). Dan ligt de locatie met dit gradiënttype in een reliëfrijk dekzandlandschap meestal nabij de (sub)regionale waterscheiding.

- Aan de stroomafwaartse zijde van de laagte treedt gedurende het natte seizoen inzijging op.
- Varianten op dit systeem kunnen zich voordoen langs kanalen die een hoger peil hebben dan de aangrenzende laagte (lokale kanaalkwel) of langs beken waarbij de hoogste beekstanden het niveau van de rug langs de laagte overschrijden (Boeye & Verheyen 1994, Jansen et al. 2000b).

Standplaatscondities

De laagste delen kunnen in heel natte jaren permanent water blijven voeren, maar vrijwel altijd valt de laagte in de loop van het voorjaar droog. De grondwaterstanden kunnen dan diep wegzakken. Het ondiepe grondwater in de laagte is beduidend rijker aan basen dan dat in de aangrenzende hoger gelegen vochtige gronden. Gradiënten van dit type zijn herkenbaar aan hogere Ca- en HCO₃-gehalten aan de randen van de laagte (Jansen et al. 2001, Smolders et al. 2010). Vanuit de laagte inzijgend water zorgt ervoor dat benedenstrooms van de laagte ook basenrijk water of mengwater in het freatisch pakket voorkomt. De plantengemeenschappen in de gradiënt zijn kenmerkend voor oligotrofe (gemeenschappen van de droge en natte heiden) tot mesotrofe omstandigheden (gagelstruwelen, kleine-zeggenmoerassen, blauwgraslanden en kalkmoerassen).

Knelpunten

Verdroging

- Verdroging leidt tot een kortere periode met hoge standen en dieper wegzakkende zomergrondwaterstanden (lagere drainagebasis) of tot wegvallen of verminderen van kwel van lokaal grondwater. Door de verminderde invloed van basenrijk grondwater treedt verzuring op (Jansen et al. 2001). Door daling van de zomergrondwaterstanden wordt de uitspoeling van basen versterkt, zowel in de laagte als in het intrekgebied van het lokale grondwater met Vochtige en Droge heiden. Dat heeft een vermindering van de buffercapaciteit en een verlaging van de pH in de wortelzone tot gevolg.
- Onder invloed van verdroging gaat Pijpenstrootje in bijna alle vegetatiezones op de voorgrond treden. In de laagste delen vormt deze soort dan vaak samen met Veelstengelige waterbies, als laatste kenmerkende soort van de Oeverkruid-klasse, eenvormige begroeiingen. Op de delen van de flank die werden gevoed door basenrijk grondwater vormt Pijpenstrootje rompgemeenschappen van het Verbond van Biezeknoppen en Pijpenstrootje (16Aa). Onder invloed van verdroging ontwikkelen Vochtige heiden zich tot Rompgemeenschap met Pijpenstrootje van de Klasse der hoogveenbulten en natte heiden (11-RG2-[11]). Bij sterke verdroging gaat dit gras de vegetatie domineren en kan het zelfs horsten vormen (Jansen et al. 2004).

Verdroging in Afvoerloze laagten in de hogere gronden kent verschillende oorzaken:

- Greppels, sloten en rabatten in de laagte zelf of in de overgang naar de aangrenzende zandruggen. Daardoor daalt de gemiddelde (grond)waterstand, treden hoge (grond)waterstanden op gedurende een kortere periode en duurt de periode van droogval langer. Er ontstaan geen plassen meer of gedurende een kortere periode. Daardoor kan zich geen stijghoogteverschil meer opbouwen tussen de plas – of slechts kortstondiger – en het lokale grondwatersysteem in de naast gelegen dekzandrug(gen) en verdwijnt de invloed van basenrijk grondwater in de flank van de laagte.
- Verminderde opbolling van de grondwaterstanden in aangrenzende zandruggen door daling van de grondwaterstanden in een ruimere omgeving. Daardoor dalen de zomergrondwaterstanden en duurt het langer voordat de maximale opbolling van de grondwaterstand optreedt in het natte seizoen. In de laagten beginnen onder invloed van een verlaagde drainagebasis de inundaties later in het seizoen en duren korter. Doordat minder langdurig grondwater uittreedt (kortere periode van “uitpersen” van het onderliggende basenrijke grondwater) vermindert de basenverzadiging in de wortelzone geleidelijk en zal op de langere termijn verzuring van Blauwgraslanden of Kalkmoerassen optreden. Op de hogere delen nemen de fluctuaties in de grondwaterstanden toe waarvan Pijpenstrootje profiteert ten koste van Gewone dophei en andere soorten van de natte heide. Onder zulke omstandigheden vergrast de heide na plaggen weer snel (binnen 10–12 jaar; Jansen et al. 2004). Oorzaken van vermindering van de opbolling en kortstondiger inundatie zijn:
 - o greppels, sloten en rabatten in laagten;
 - o greppels, sloten en bossen op de zandruggen;
 - o verhoogde evapotranspiratie en interceptie van neerslag door aanplant van vooral donker naaldbos in het inzijsgebied van het lokale grondwater.
 - o wegzijging onder invloed van peilverlaging in de aangrenzende inzijsgebieden, beekdalen of slenken (Bakker et al. 1986, Jansen et al. 2001) als gevolg van diepe ontwatering voor de landbouw of door grondwaterwinning voor de drinkwatervoorziening of de landbouw (beregening);
 - o aantasting van het oorspronkelijke reliëf door afgraven van dekzandruggen, het graven van zandwinplassen of maaiveldverlaging in het kader van natuurontwikkeling
 - o wanneer lokale kwel vanuit een kanaal zorgt voor het uittreden van basenrijk grondwater, dan kan door diepe ontwatering stroomafwaarts van de laagte het grondwater onder de laagte gaan doorstromen. Er treedt dan op verzuring op en op termijn kan eerder met kwel van kanaalwater aangevoerde fosfaat vrijkomen (Boeye & Verheyen 1994).

Vermesting

- Vermesting kan zowel ontstaan door toestromend nutriëntrijk grond- en oppervlakte water uit de omgeving als door te lage waterstanden. Te lage waterstanden, veelal een te lange periode met lage peilen in de zomer, leiden tot een versterkte mineralisatie van de organische stof waarbij veel voedingsstoffen beschikbaar komen in dit van nature voedselarme tot matig voedselrijke systeem. Vermesting uit zich in dit soort laagten door het optreden van soorten met een optimum in het Zilverschoon-verbond (12Ba) en door de aanwezigheid van Hennegras in hoge bedekking (Rompgemeenschap met Hennegras van het Verbond van Zwarte zegge; 9-RG3-[9Aa]). De chemische veranderingen in de bodem van heiden die ontstaan door ontwatering en stikstofdepositie zijn uitgebreid beschreven in Van den Berg en Roelofs (2005) en Dorland et al. (2005). Zij geven ook aan wat de gevolgen zijn voor de

aanwezige heidegemeenschappen. De Graaf et al. (2009) tonen aan dat de bodem onder gedegeneerde heiden significant stikstofrijker is dan die onder niet aangetaste heiden.

- Door versterkte nitraatuitspoeling uit bossen of landbouwgebieden (zie gradiënttypen 3 en 4) raakt het grondwater verontreinigd met nitraat en met sulfaat (indien pyriet in de ondergrond aanwezig is). Het grondwater wordt zuurder: kalk en ijzer zullen eerder in oplossing gaan en mobiel worden. Daardoor nemen de ijzerconcentraties van het grondwater op de langere termijn af en zal in kalkarme of kalkloze watervoerende freatische pakketten de buffercapaciteit van het grondwater verminderen. Dan zullen in de laagte veenmossen en Knolrus op de voorgrond gaan treden (Roelofs 1986, Brouwer et al. 2009).
- Bladval en stuifmeel –meestal afkomstig van naaldbomen en berken– zorgen voor extra toevoer van fosfaat (Limpens 2009).
- Instroom van voedselrijk grond- en oppervlaktewater uit de omgeving (Brouwer et al. 1996). Dit water is niet alleen rijk aan stikstof maar ook aan fosfaat. Instroom van voedselrijk grondwater vindt plaats indien de laagten aan (voormalige) landbouwgronden grenzen of het intrekgebied voor een aanzienlijk deel uit landbouwgronden bestaat, en instroom van voedselrijk oppervlaktewater geschiedt via watergangen. Mogelijk heeft vroegere bosbemesting ook een rol gespeeld.

Beheer

- Door verdroging neemt de opslag van houtige gewassen toe. Veel schijnspiegellaagten zijn na (geringe) ontwatering verstruweeld of verbost. De daardoor toegenomen verdamping heeft de grondwaterstanden verder doen dalen (Limpens 2009). Om de schijnspiegellaagten open te houden en om de toename van verdamping door bos en struweel tegen te gaan moeten de houtige gewassen vaker worden afgezet.

Afname landschappelijke heterogeniteit voor fauna

- Een algemeen probleem voor de fauna dat voorkomt uit de verschillende knelpunten die hierboven zijn genoemd, is de verhoogde biomassagroei die leidt tot een grofkorreliger mozaïekstructuur (V1b) waarin minder (karakteristieke) diersoorten voorkomen dan in een fijnkorrelige mozaïekstructuur van habitats. Ook de interne heterogeniteit in de afzonderlijke habitats neemt af door een versnelde biomassagroei.

Herstelmaatregelen gradiënt

- In deze grondwatergevoede systemen heeft het bestrijden van verdroging prioriteit. Wanneer de regionale drainagebasis is verlaagd, kan niet worden volstaan met antiverdrogingsmaatregelen in de laagte zelf of haar directe nabijheid. De maatregelen die verdroging (gedaalde grondwaterstanden en daardoor ontstane verzuring) moeten bestrijden zijn gericht op het versterken van het opbollen van de grondwaterstanden in de naastgelegen dekzandruggen, wat vaak samengaat met het verlengen van de inundatieduur van de lagere delen van de laagte. Beide kunnen worden bevorderd via maatregelen in de laagte en zijn nabije omgeving. Is de drainagebasis substantieel verlaagd dan zijn tevens (meer ingrijpende) maatregelen over een groter gebied noodzakelijk. Het bevorderen van de opbolling in de naastliggende dekzandruggen versterkt het optreden van laterale grondwaterstroming op de flank van de laagte met Vochtige heide en Gagelstruwelen. De volgende maatregelen zijn mogelijk:
 - o Bij een te lage GHG gaat het allereerst om het dempen sloten en greppels en het verwijderen van bos op de dekzandruggen. In de laagten dienen greppels, sloten of

anderszins kunstmatig gecreëerde afvoer te worden gedicht of geslechte drempels weer op hun originele maaiveldniveau te worden hersteld. Verder is het noodzakelijk ook in de nabije omgeving van de laagte watergangen te dempen dan wel te verondiepen (Jansen et al. 2000, 2001);

- o Bij een te lage GLG is het noodzakelijk om in een ruimere omgeving het ontwateringsstelsel (watergangen, buisdrainagestelsels) aan te passen. De rol van grondwaterwinningen voor de drinkwatervoorziening en de landbouw (beregening) dient tevens in beschouwing te worden genomen (Bakker et al. 1986, Jansen & Hoogendoorn 1993, Jansen et al. 2000). De aanpassingen zijn gericht op het minder snel afvoeren van water en het omhoog brengen van de waterstand. Daardoor blijven de grondwaterstanden in het voorjaar langer hoog, zakken de grondwaterstanden in de zomer minder diep weg en treedt in najaar en vroege winter eerder inundatie van de laagten op (en daarmee uitpersing van basenrijk grondwater).
- o Wanneer inzijsend water vanuit een aangrenzend kanaal de bron is voor het basenrijke grondwater dat op de flank van de laagte uittreedt, dan dient de drainage in en rond het terrein te worden verminderd.

Bovengenoemde hydrologische herstelmaatregelen dragen ook bij aan herstel van de ijzeraanvoer, een zeer belangrijk mechanisme om de fosfaatbeschikbaarheid laag te houden, vooral voor vennen met een kooldioxiderijke waterlaag (Brouwer et al. 1996).

- Maatregelen tegen vermesting zijn gericht op het voorkomen van toekomstige, verdere vermesting en op het verwijderen van de overmaat van nutriënten die in het verleden vanuit de omgeving naar de laagten zijn gekomen. Dat kan door:
 - o inval van blad en stikstofdepositie te minimaliseren, door oevers vrij te stellen van bosopslag, over een breedte van 25–30 meter (één à anderhalve boomlengte);
 - o verschromen van aangrenzende rijkere gronden;
 - o bemesting in het inzijsgebied terug te dringen;
 - o aangevoerd oppervlaktewater te zuiveren;
 - o sloten die voedselrijke water aanvoeren om te leiden;
 - o verwijderen van geaccumuleerde voedingsstoffen door plaggen of baggeren;
 - o gerichte bestrijding van vogelkolonies of van grote groepen pleisterende vogels.

Aandachtspunten

- De effectiviteit van hydrologische herstelmaatregelen neemt toe wanneer deze worden gecombineerd met maatregelen op standplaatschaal (plaggen van de gradiënt, loodrecht op de helling; Jansen et al. 2010, Eysink & Jansen 1993, Jansen et al. 20001).
- Hydrologisch herstel is eenvoudiger wanneer ondiep gelegen slecht doorlatende lagen aanwezig zijn. Naarmate zandpakketten dikker zijn, zullen maatregelen in een bredere omgeving nodig zijn.
- Hydro-ecologisch onderzoek is nodig om het relatieve belang van verschillende ingrepen en bijbehorende herstelmaatregelen te bepalen (zie Van der Molen et al. 2011, Von Asmuth 2011, Adema et al. 2012). Indien een laagte niet alleen verdroogd is, maar ook vermist, dan dient te worden onderzocht of hydrologische herstelmaatregelen gecombineerd kunnen worden met maatregelen tegen vermesting (plaggen of baggeren). De praktijk leert dat hydrologisch herstel volstaat indien geen ernstige eutrofiëring is opgetreden (Jansen et al.

1996). De keuze om aanvullend te plaggen of te baggeren is afhankelijk van de ernst van de eutrofiëring.

- In gebieden van dit gradiënttype waar kwel van basenrijk grondwater sterk is verminderd worden soms greppelstelsels aangelegd. Het doel van de begreppeling is de afvoer van zuur neerslagwater te vergroten om zo de toevoer van basenrijk grondwater naar laagte te bevorderen. Het begreppelen van zulke laagten komt voort uit onbegrip van de interactie van het grond- en oppervlaktewatersysteem. De meest basenrijke locaties in dit gradiëntrijke type bevinden zich nooit in de laagte, maar op de flank daarvan. Het begreppelen van laagten die van nature geen of slechts een geringe oppervlakkige afvoer kennen, werkt averechts (Jansen et al. 2001). Bovenal dienen maatregelen te worden genomen die de toevoer van basen via het uitpersen van grondwater bevorderen.
- Bij een te plotselinge stijging bestaat het risico dat bijvoorbeeld mierennesten van Veenmier verdrinken (Van Duinen et al. 2012). Ook de waardmieren van Gentiaanblauwtje kunnen slecht tegen inundatie. Het is van belang dat er aan de droge kant uitwijkmogelijkheden zijn voor deze soorten (F4) (Wallis de Vries 2007).
- Plaggen en baggeren zijn niet altijd succesvol en niet zonder risico's. Wanneer niet alleen de sliblaag, maar ook de daaronder gelegen zandlaag vermest is (hoge fofaatgehalten), keert Pitrus na baggeren weer terug (Van Os 2011: Sevink & Vlamink 2006). Bij te diep plaggen van venranden kan de slecht doorlatende laag worden beschadigd, waardoor verdroging wordt bevorderd. Indien plaggen toch noodzakelijk blijkt, dan moet dat met de grootste mogelijke zorgvuldigheid gebeuren om beschadiging van slecht doorlatende lagen te voorkomen. Verder is het van belang rekening te houden met nog aanwezige populaties van bedreigde soorten. Hun voorkomen dient voor de uitvoering van de maatregelen in beeld te zijn gebracht opdat ze gespaard kunnen worden. Plaggen moet bij voorkeur haaks op de gradiënt gebeuren om te voorkomen dat een complete overgang in een keer wordt weggeplagd. Daarnaast is het van belang voldoende variatie in de heide te handhaven. Grazige delen vormen een belangrijk leefgebied voor bij voorbeeld reptielen.
- Verschralen van aangrenzende zwaar bemeste landbouwgronden kan door hooien (maaien en afvoeren), uitmijnen of afgraven. Van oudsher werd verschraling van voormalige landbouwgronden nagestreefd door te hooien (maaien en afvoeren zonder bemesting) of via begrazing. Het duurt echter decennia voordat via deze vormen van verschralingsbeheer de nutriëntenbeschikbaarheid voldoende laag is geworden (Bakker 1989). Afgraven of ontgronden is het verwijderen van een deel van de bodem en is meestal gericht op het realiseren van een nutriëntenbeschikbaarheid passend bij de nagestreefde vegetatie. Deze maatregel verschilt van plaggen doordat meer dan alleen de organische toplaag van de bodem wordt verwijderd. In de bodem van voormalige landbouwgronden bevinden zich niet alleen (zeer) veel nutriënten in de organische toplaag, maar vaak ook in de anorganische laag daaronder. De stikstofbeschikbaarheid op minerale bodems neemt na stoppen van bemesting snel af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie (Lamers et al. 2005), maar dat geldt niet voor fosfaat. Wanneer antiverdrogingsmaatregelen worden genomen zodanig dat de grondwaterstanden stijgen tot in de fosfaatrijke laag, dan komt fosfaat vrij dat aan ijzer(hydr)oxiden is gebonden (zie deel 1, hoofdstuk 2). Dat leidt niet alleen tot een grotere fosfaatbeschikbaarheid voor de vegetatie op de voormalige landbouwgrond, maar leidt via laterale grondwaterstroming ook tot een aanzienlijk vermestingsrisico van aangrenzende laagten. Om te voorkomen dat extra fosfaat vrijkomt bij vernatting kan de bovenste met fosfaat verzadigde bodemlaag worden afgegraven. De optimale diepte tot waar moet worden afgegraven kan bepaald worden door op verschillende diepten de P-beschikbaarheid te meten

(zie deel 1, hoofdstuk 3). Vanuit het functioneren van de gradiënt moeten de volgende aandachtspunten die in beschouwing zijn genomen voordat tot afgraven wordt overgegaan:

- o Hoe hoog komen de voormalige landbouwgronden na afgraven te liggen? Wanneer ze zo laag komen te liggen dat ze het aangrenzende laagte gaan draineren moet afgraven worden ontraden.
- o Afgraven wordt verder afgeraden wanneer daardoor de opbolling van de grondwaterspiegel in hogere ruggen in het intrekgebied wordt afgetopt (Adema et al. 2010). Daardoor neemt met name in natte perioden het stijghoogteverschil met de laagte af en daarmee de intensiteit en de duur van de kwel. Aldus wordt het grondwaterregime in de laagte beïnvloed en de groei van veenmossen negatief beïnvloed.
- In zulke gevallen kan uitmijnen van de bodem een alternatief zijn. Uitmijnen is het selectief toedienen van voedingsstoffen, bijvoorbeeld stikstof en kalium, waardoor fosfaat versneld via opname door planten en afvoer door maaien kan worden onttrokken aan de bodem (zie Deel I, hoofdstuk 3). Er is nadere studie nodig naar de criteria en de condities waaronder voor het toepassen van een specifieke verschralingstechniek (ontgronden, uitmijnen, plaggen, maaien en afvoeren, afvoer nutriënten via afstromend water, tijdelijke aquacultures) wordt gekozen. Bekalken kan worden toegepast om het optreden van een ammoniumpiek na plaggen tegen te gaan (De Graaf et al. 1998, Van den Berg & Roelofs 2005) en aldus de originele pH en basenverzadiging van de bodem weer te herstellen en de kieming en vestiging van kenmerkende soorten te bevorderen (Dorland et al. 2003, Dorland et al. 2005). Door Laurijssens et al. (2007) is een standaardprotocol opgesteld over het bekalken van Vochtige heiden. Op basis daarvan ontraadt de zogenoemde Reviewcommissie (2011) bekalking:
 - o in soortenarme heiden op van nature zure, arme zandgronden. Daar speelt verzuring een ondergeschikte rol;
 - o indien de na plaggen bloot gekomen bodem niet zeer zuur tot zuur is ($\text{pH-H}_2\text{O} > 4,5$; $\text{pH-KCl} > 3,8$);
 - o bij een $\text{pH-H}_2\text{O}$ van lager dan 4,5 en een CEC kleiner dan 5 cmolc/kg . Bij bodems met een CEC van ongeveer tussen 5 en 10 cmolc/kg heeft bekalken wel zin. Bij een nog hogere CEC ($>10 \text{ cmolc/kg}$) is de kans op een (te) lage pH gering.
- De laatste decennia zijn met succes Blauwgraslanden hersteld op voormalige landbouwgronden (of op plaatsen waar na het staken van hooilandbeheer bos was ontstaan; Jansen & Roelofs 1996; Jansen et al. 2000b; Jansen et al. 2008). Een aanzienlijk deel (ca. 75%) van de zaadvoorraad van kenmerkende soorten van Blauwgraslanden bleek nog kiemkrachtig (Jansen et al. 2000b). Het meest geslaagde herstel trad echter op op voormalige landbouwgronden naast bestaande, nog goed ontwikkelde Blauwgraslanden (Jansen et al. 2000b).
- Vaak zijn bij de herstelmaatregelen naast natuurwaarden ook cultuurhistorische of archeologische waarden in het geding, die kunnen verdwijnen bij uitvoering van herstelmaatregelen. Het kan bijvoorbeeld gaan om oude grafvelden of oude woon- of werkplaatsen. Deze waarden zijn veelal bekend bij provincies (archeologische waardenkaarten) en dienen indien daar aanleiding toe bestaat in beeld te worden gebracht. Vervolgens dient hun waarde te worden betrokken bij afweging (wel of geen herstelmaatregelen), de keuze van herstelmaatregelen (bijvoorbeeld plaggen of chopperen) en de wijze van uitvoering van de maatregelen. Vaak zijn bij de herstelmaatregelen naast natuurwaarden ook cultuurhistorische, archeologische of palaeoecologische waarden in het geding, die kunnen verdwijnen bij uitvoering van herstelmaatregelen. Het kan bijvoorbeeld gaan om oude grafvelden of oude woon- of werkplaatsen. De cultuurhistorische en

archeologische waarden zijn veelal bekend bij provincies (archeologische en historisch-geografische waardenkaarten) en dienen in beeld te worden gebracht. De veen- en (moerige) bodemlaag kan hoge paleoecologische waarden bezitten. Deze dienen te worden bepaald via palynologisch onderzoek en onderzoek aan macroresten in de veen- en onder liggende bodemlagen. Deze waarden dienen vervolgens te worden betrokken bij afweging (wel of geen herstelmaatregelen), de keuze van herstelmaatregelen (bijvoorbeeld plaggen of chopperen) en de wijze van uitvoering van de maatregelen

Voorbeelden

Algemeen: [Jalink et al. 2003](#), [Jansen et al. 2000](#).

Gebieden:

Fryslân: Wijnjeterper Schar.

Overijssel: Boddenbroek ([De Bruijn & Hofstra 1997](#), [Jansen & Hoogendoorn 1993](#), [Jansen et al. 2011](#)); Boetelerveld ([Jansen 2010](#)); Brecklenkampse Veld; Lonnekermeer ([Jansen et al. 2012](#)); Punthuizen ([Jansen et al. 2001](#)); Vögersveld op landgoed Twickel ([Jansen & Hoogendoorn 1993](#), [De Bruijn & Roelofs 2003](#)).

Gelderland: Empese en Tondense Heide ([Jansen et al. 2008](#)); Heidenhoekse Vloed (bij Zelhem, [Van Wijngeeren 2009](#)); Kienven (Groote Veld bij Lochem); Stelkampsveld ([Smolders et al. 2010](#)).

Noord-Brabant: D'n Opslag ([Jalink 1997](#), [Jansen et al. 2000b](#)).

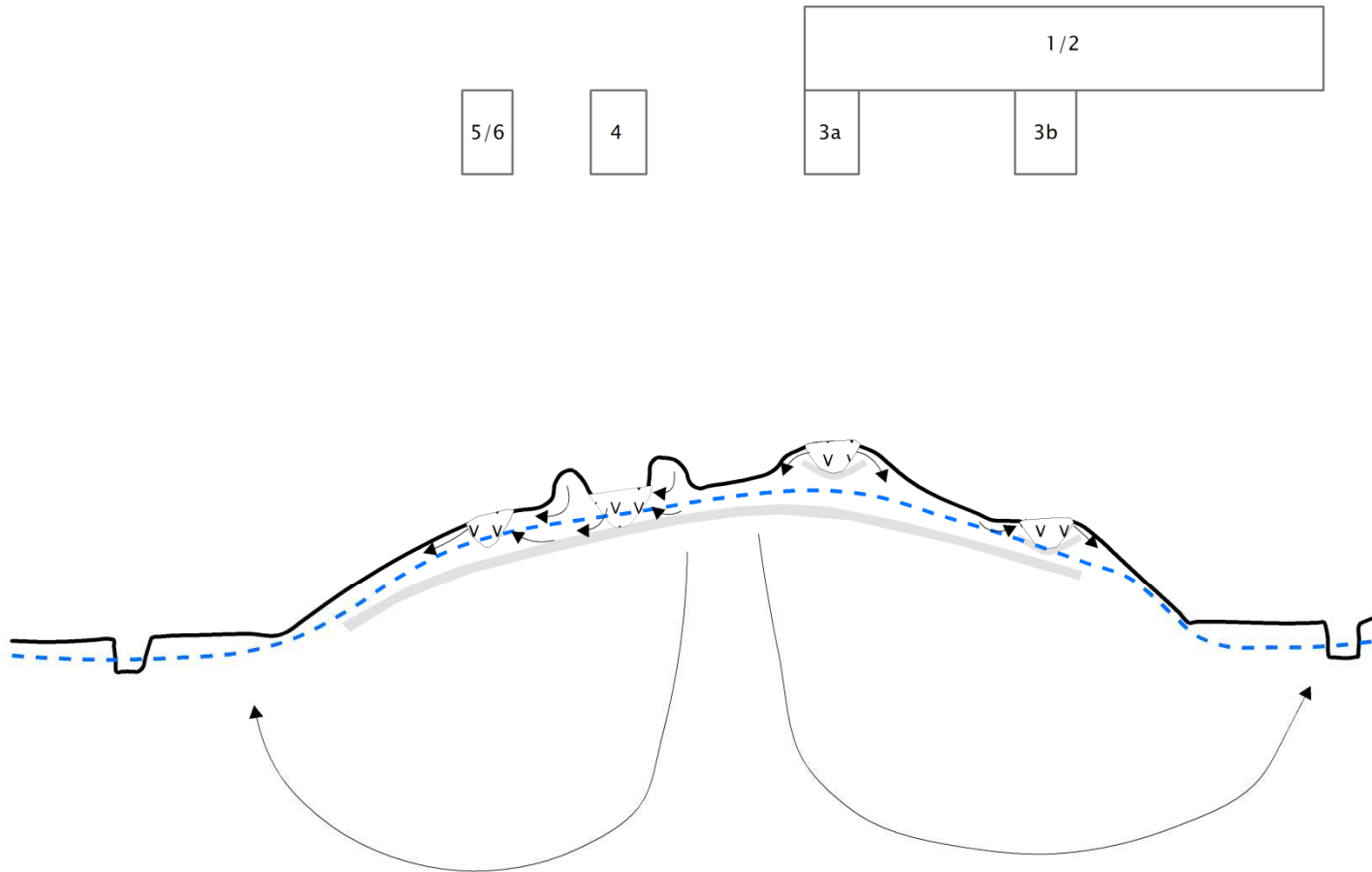
België: Buitengoor (bij Mol; kanaalkwel, [Boeye & Verheyen 1994](#)).

Literatuur

- Adema, E., G.J. Baaijens, A.J.M. Jansen & R. Ketelaar 2010. Advies deskundigenteam Nat Zandlandschap over de inrichting van het Noordenveld en het Kloosterveld. O+BN Advies. Bosschap, Driebergen.
- Bakker, J.P. 1989. Nature management by grazing and cutting. On the ecological significance of grazing and cutting regimes applied to restore former species-rich grassland communities in the Netherlands. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Boeye, D. & R. Verheyen 1994: The relation between vegetation and soil chemistry gradients in a groundwater discharge fen. *Journal of Vegetation Science* 5: 553–560.
- Boeye, D., B. Verhagen, V. van Haesebroeck & R. Verheyen 1997. Nutrient limitation in species-rich lowland fens. *Journal of Vegetation Science* 8: 415–424.
- Brouwer, E, Bobbink, R, Roelofs, J.G.M. & G.M. Verheggen 1996. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiering van oppervlaktewateren. Eindrapport monitoringsprogramma tweede fase. Afdeling Aquatische Oecologie & Milieubiologie, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Creemers, R.C.M. & J.J.C.W. van Delft ((red.) 2009. De amfibieën en reptielen van Nederland. Nederlandse Fauna 9. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, European Invertebrate Survey, Nederland, Leiden.
- De Bruijn, O. & J. Hofstra 1997. Kleinschalig herstelbeheer in het Boddenbroek op het landgoed Twickel. *De Levende Natuur* 98: 289–295.
- De Bruijn, O. & G.J.A. Roelofs 2003. Het Vögersveld op het landgoed Twickel, een bijzonder stukje EHS. *De Levende Natuur* 104: 280–285.

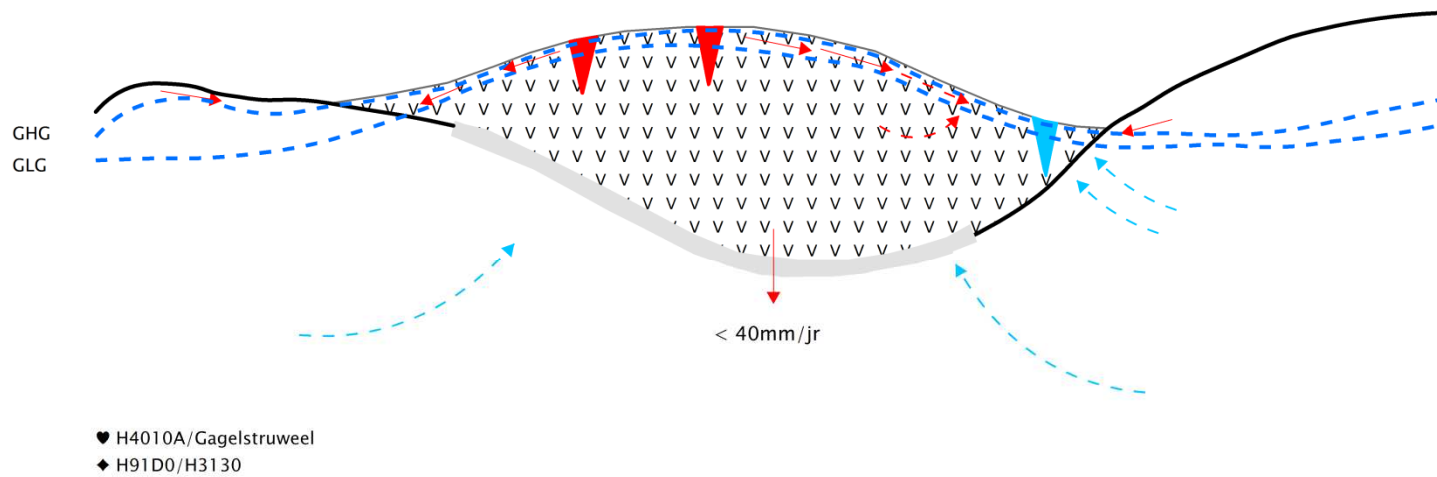
- De Graaf, M.C.C., R. Bobbink, N.A.C. Smits, R. van Diggelen & J.G.M. Roelofs 2009. Biodiversity, vegetation gradients and key biogeochemical processes in the heathland landscape. *Biological Conservation* 142: 2191–2201.
- De Graaf, M.C.C., R. Bobbink, P.J.M. Verbeek, & J.G.M. Roelofs 1998. Differential effects of ammonium and nitrate on three heathland species. *Plant Ecology* 135: 185–196.
- Dorland, E., R. Bobbink & E. Brouwer 2005. Herstelbeheer in de heide: een overzicht van maatregelen in het kader van OBN. *De Levende Natuur* 105 (5): 204–208.
- Dorland, E., L.J.L. van den Berg, R. Bobbink & J.G.M. Roelofs 2003. Bekalking bij het herstel van gedegenereerde heiden en heischrale graslanden. *De Levende Natuur* 104 (4): 144–147.
- Eysink, A.T.W. & A.J.M. Jansen 1993. Punthuizen, een Twents blauwgrasland: waterhuishouding, vegetatie en beheer. In: Weeda, E.J. (red.) *Blauwgraslanden in Twente, schatkamers van het natuurbehoud*, pp. 50–64. Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht.
- Jalink, M.H., Grijpstra, J. & A.C. Zuidhoff 2003. Hydro-ecologische systeemtypen met natte schraallanden in Pleistoceen Nederland. Rapport Expertisecentrum LNV, Ede.
- Jansen, A.J.M. 2010. Systeemanalyse Boetelerveld. Rapport Unie van Bosgroepen, Ede.
- Jansen, A.J.M., J. Bouwman & M.A.P. Horsthuis 2012. Hydro-ecologische systeemanalyse van het Natura 2000-gebied Lonnekermeer. Rapport Unie van Bosgroepen, Ede.
- Jansen, A.J.M., De Graaf, M.C.C. & J.G.M. Roelofs 1996. The restoration of species-rich heathland communities in The Netherlands. *Vegetatio* 126: 73–88.
- Jansen, A.J.M., Eysink, A.Th.W. & C. Maas 2001. Hydrological processes in a *Cirsio-Molinietum* fen meadow: implications for restoration. *Ecological Engineering* 17: 3–20.
- Jansen, A.J.M., Grootjans, A.P. & M.H. Jalink 2000. Hydrology of Dutch *Cirsio-Molinietum* meadows: prospects for restoration. *Applied Vegetation Science* 3: 51–64.
- Jansen, A.J.M., L.F.M. Fresco, A.P. Grootjans & M.H. Jalink 2004. Effects of restoration measures on plant communities of wet heathland ecosystems. *Applied Vegetation Science* 7: 243–252.
- Jansen, A.J.M. & J.H. Hoogendoorn 1993. Hydro-ecologie van vijf NB-wet-terreinen op het landgoed Twickel (Overijssel). Rapport SWO 93.214. Kiwa N.V., Nieuwegein.
- Jansen, A.J.M. m.m.v. F. Koop & R. van Dongen 2011. Herstel van de waterhuishouding van het Natura 2000 gebied Boddenbroek (Twente). Rapport Unie van Bosgroepen, Ede.
- Jansen, A.J.M. & J.G.M. Roelofs 1996. Restoration of *Cirsio-Molinietum* wet meadows by sod cutting. *Ecological Engineering* 7: 279–298.
- Jansen, A.J.M., J.H.J. Schaminée & A.H.F. Stortelder 2008. Koolmansdijk, parel in de Achterhoek door succesvol natuurherstel. *De Levende Natuur* 109 (9): 228–233.
- Jansen, A.J.M., Schipper, P.C. & S. van Opstal 1997. Het herstel van natte schraallanden. *De Levende Natuur* 98: 242–246.
- Jansen, A.J.M., A.M.J. Sloot, S. Soede & M. van Ham 2008. Herstel van Blauwgraslanden op de Empese en Tondense Heide. *De Levende Natuur* 100 (5): 197–204.
- Jalink, M.H. 1997. Natuurherstel D'n Opslag (onderdeel van het object Reuselbeemden): systeemanalyse en inrichtingsplan. Rapport KOA 97.095. Kiwa N.V., Nieuwegein.
- Ketelaar, R. 2001. De Speerwaterjuffer in Nederland: Verspreiding, ecologie en bescherming. Rapportnummer VS2000.022. De Vlinderstichting, Wageningen.
- Lamers, L., E. Lucassen, F. Smolders & J. Roelofs 2005. Fosfaat als adder onder gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H₂O* 38(17): 28–30.
- Laurijssens, G., G. de Blust, P. de Becker & M. Hens 2007. Opmaak van een standaardprotocol voor herstelbeheer van natte heide en vennen en toepassing ervan op Groot & Klein

- Schietveld, Tielenkamp & Tielenheide. Deel I: Een standaardprotocol voor herstelbeheer van natte heide en vennen. INBO.R.2007.31. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Reviewcommissie 2011. Herstelstrategieën stikstofgevoelige habitats In Natura 2000. Evaluatie Reviewcommissie. Programmadirectie Natura 2000 Ministerie van Economische Zaken, Landbouw & Innovatie, Utrecht.
- Smolders, A.J.P., Lucassen, E.C.H.E.T., Poelen, M. & R. Kuiperij 2010. Onderzoek ten behoeve van ecohydrologische analyse Stelkampsveld. Concept-rapport 2010.058, onderzoekcentrum B-Ware. In opdracht van Staatsbosbeheer.
- Van Duinen, G.A., J.H. Bouwman, H. van Kleef, A. Klimkowska, J. Limpens & M. Wallis de Vries 2012. Randvoorwaarden voor het herstel van kenmerkende en bedreigde soorten in het natte zandlandschap (concept). Bosschap, Driebergen.
- Van den Berg, L.J.L & J.G.M. Roelofs 2005. Effecten van veranderingen in atmosferische stikstofdepositie op Nederlandse heide. *De Levende Natuur* 106(5): 190-192.
- Van der Molen, P., Gert Jan Baaijens, A.P. Grootjans, A.J.M. Jansen, J. van Beek (DLG-CP), D. Bal & H. Beijer 2010. Landschapsecologische analyse LESA. Dienst Landelijk Gebied, Utrecht.
- Van Wijngaerden, F. 2008. Heidenhoeksche vloed (hoofdstuk 2). In F. van Wijngaerden, *Vijf Achterhoekse natuurparels, reservaten van Staatsbosbeheer*, pp. 41-58. Staatsbosbeheer regio Oost, Deventer.
- Von Asmuth J.R., J.G. Streefkerk & C. Maas 2011. Natte natuur in het Drents Friese Wold. Overzicht gegevens, hydrologische situatie en effecten van herstelmaatregelen. KWR-rapport 2001.106. KWR, Nieuwegein.
- Wassen, M.J., H.G.M. Olde Venterink & E.O de Swart 1995. Nutrient concentrations in mire vegetation as a measure of nutrient limitation in mire ecosystems. *Journal of Vegetation Science* 6: 5-16.
- Wallis de Vries, M.F. 2007. Evaluatie en uitvoering van maatregelen voor het gentiaanblauwtje in Overijssel. Rapport VS2007.027. De Vlinderstichting, Wageningen.



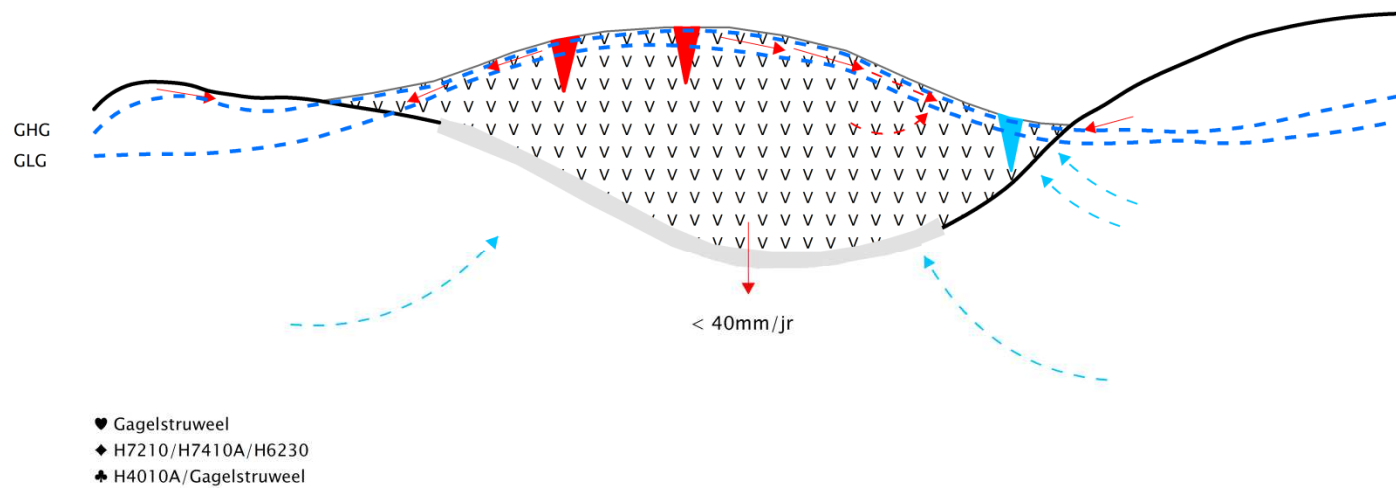
Figuur 1: De landschappelijke positie van de gradiënttypen in het nat zandlandschap. Voor legenda zie aan het einde van dit hoofdstuk.

Mineraal	Lagg-zone	Rand-zone	Hoogveenkern	Rand-zone	Lagg-zone	Mineraal
H4010A	H7410A ♦	H91D0 ♥	H7110A	H91D0 ♥	H7410A ♦	H4010A



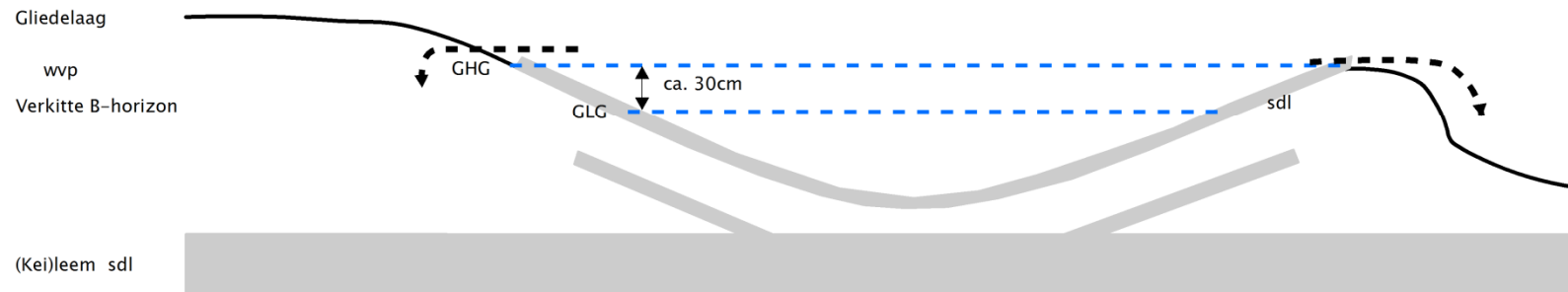
Figuur 2: Gradiënttype 1a, Actief hoogveen in basenarme omgeving. Voor legenda zie aan het einde van dit hoofdstuk.

Mineraal	Lagg-zone	Rand-zone	Hoogveenkern	Rand-zone	Lagg-zone	Mineraal
H4010A	H7230	H91D0	H7110A	H91D0	H7230	H4010A



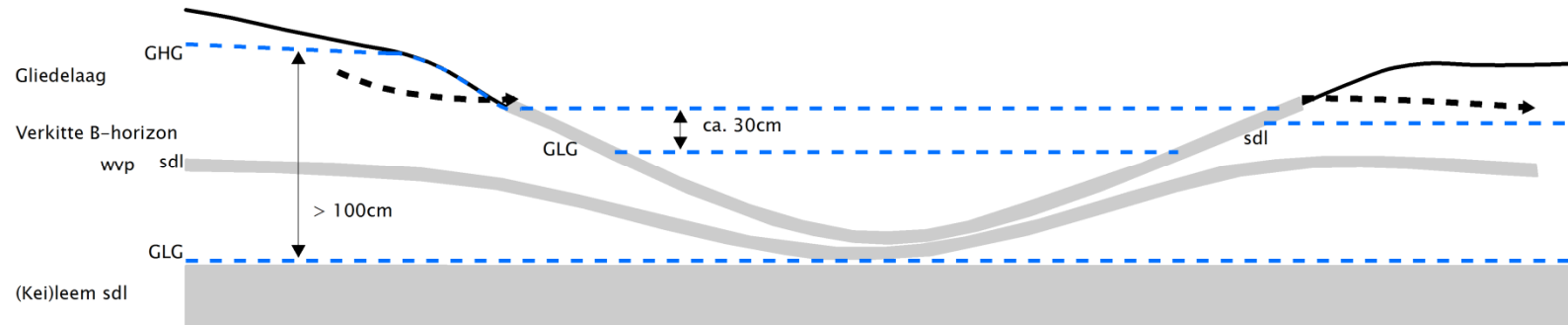
Figuur 3: Gradiënttype 1b, Actief hoogveen in basenrijke omgeving. Voor legenda zie aan het einde van dit hoofdstuk.

H2310 ♡	H7110B	H4010A ♦
H2310 ♡	H3160	H4010A ♦



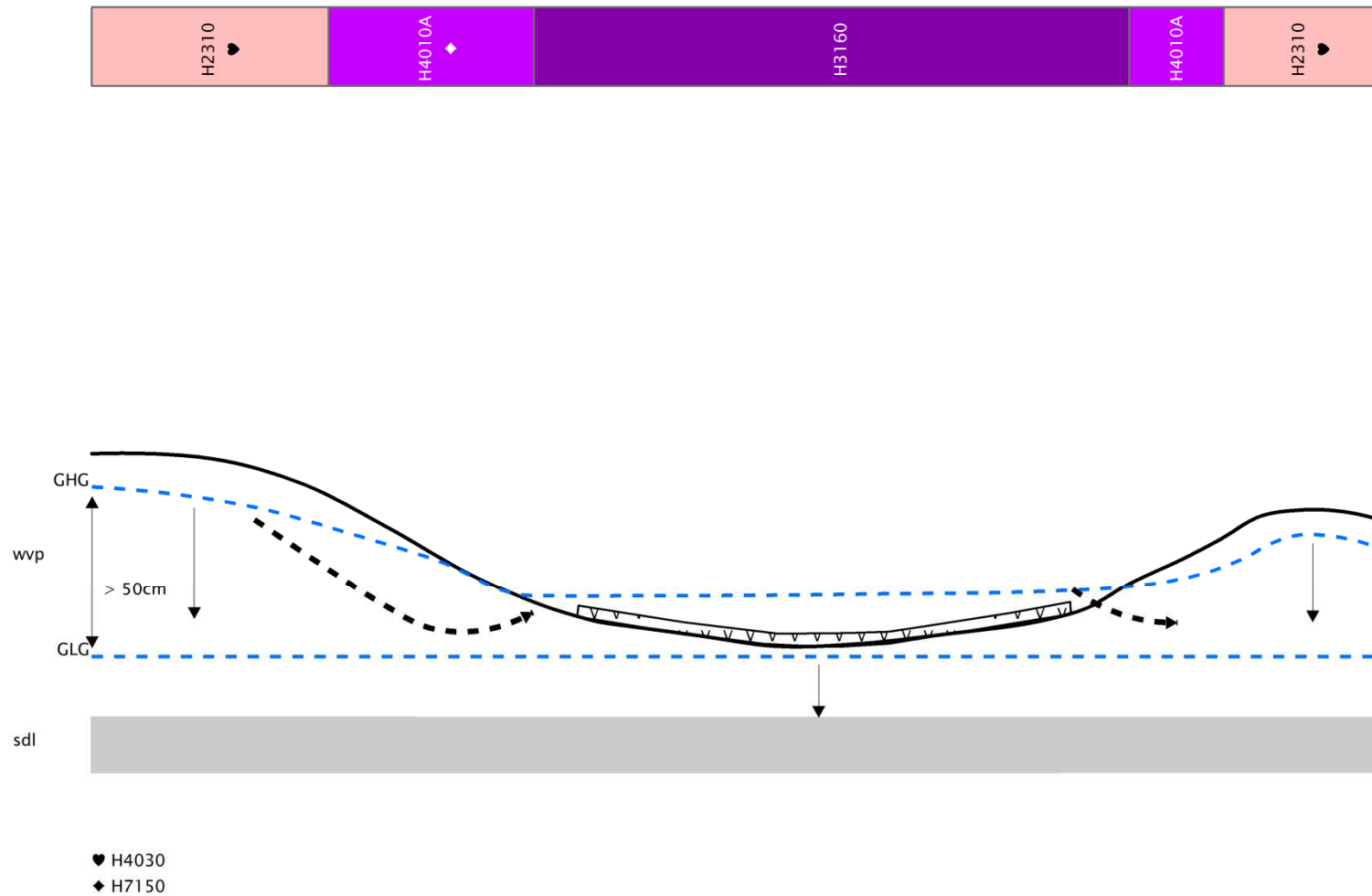
- ♡ H4030
- ♦ H7150

Figuur 4: Gradiënttype 2, schijnspiegellaagte (zure variant). Voor legenda zie aan het einde van dit hoofdstuk.

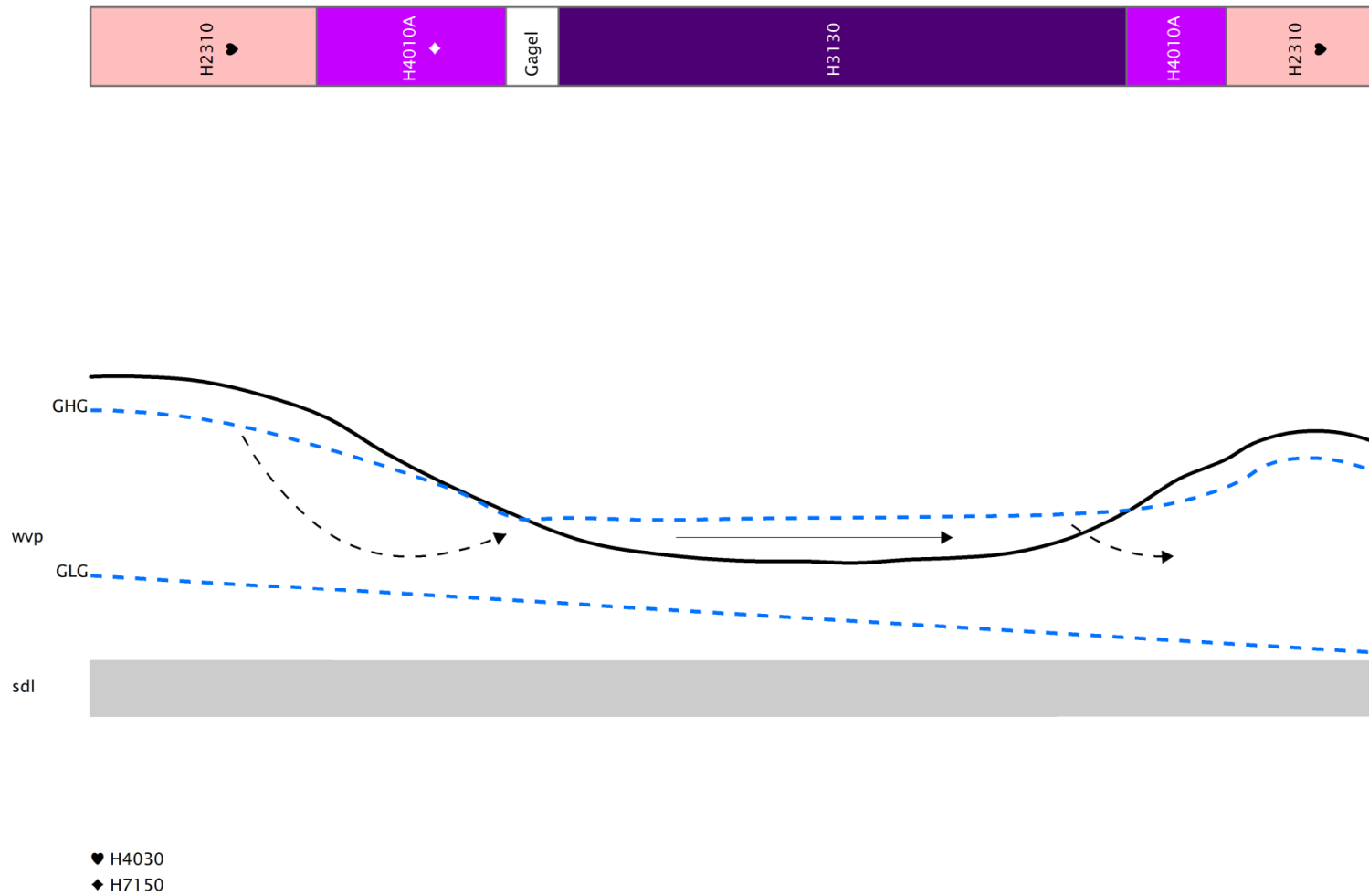


♥ H4030

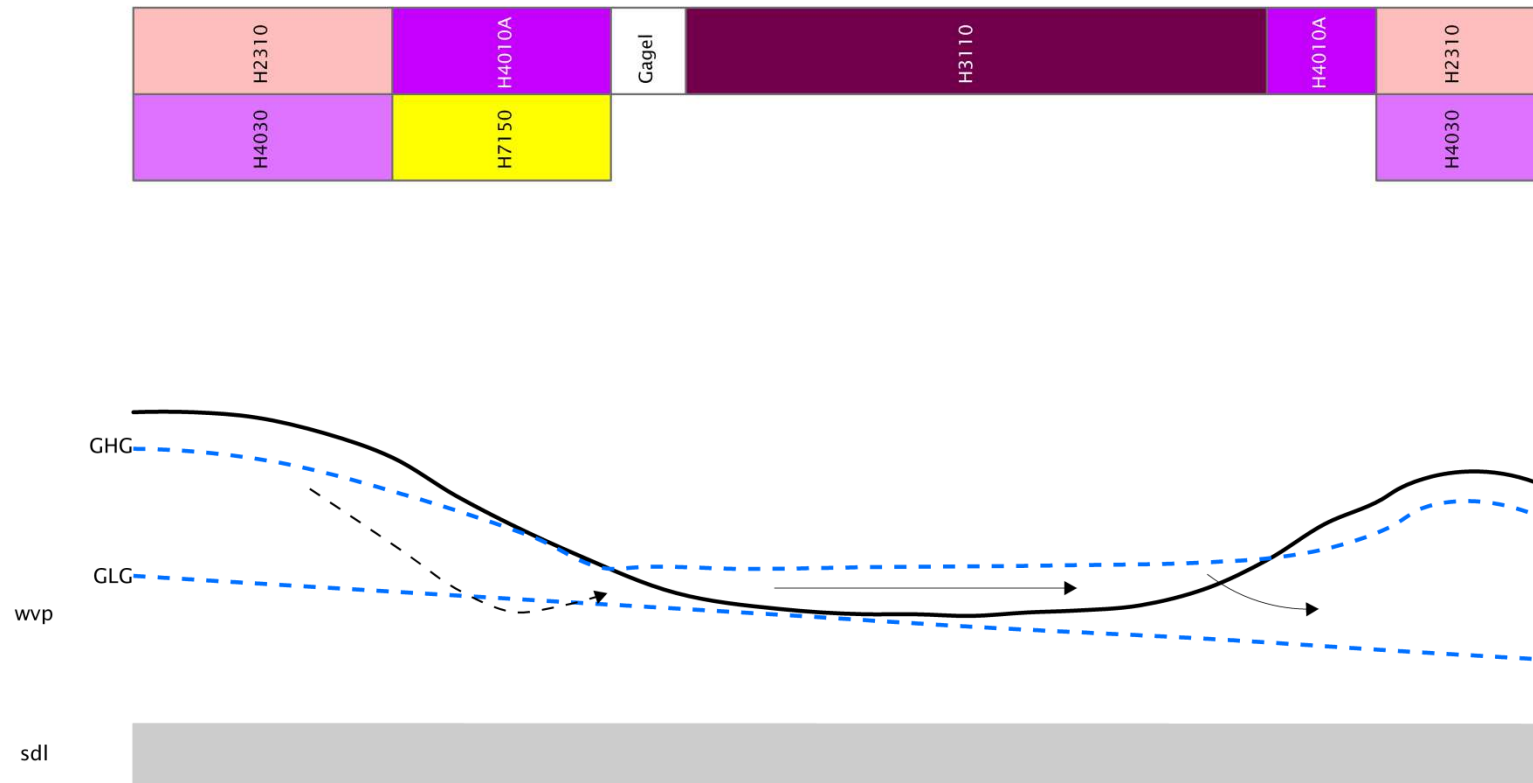
Figuur 5: Gradiënttype 2, schijnspiegellaagte (zwak zure variant). Voor legenda zie aan het einde van dit hoofdstuk.



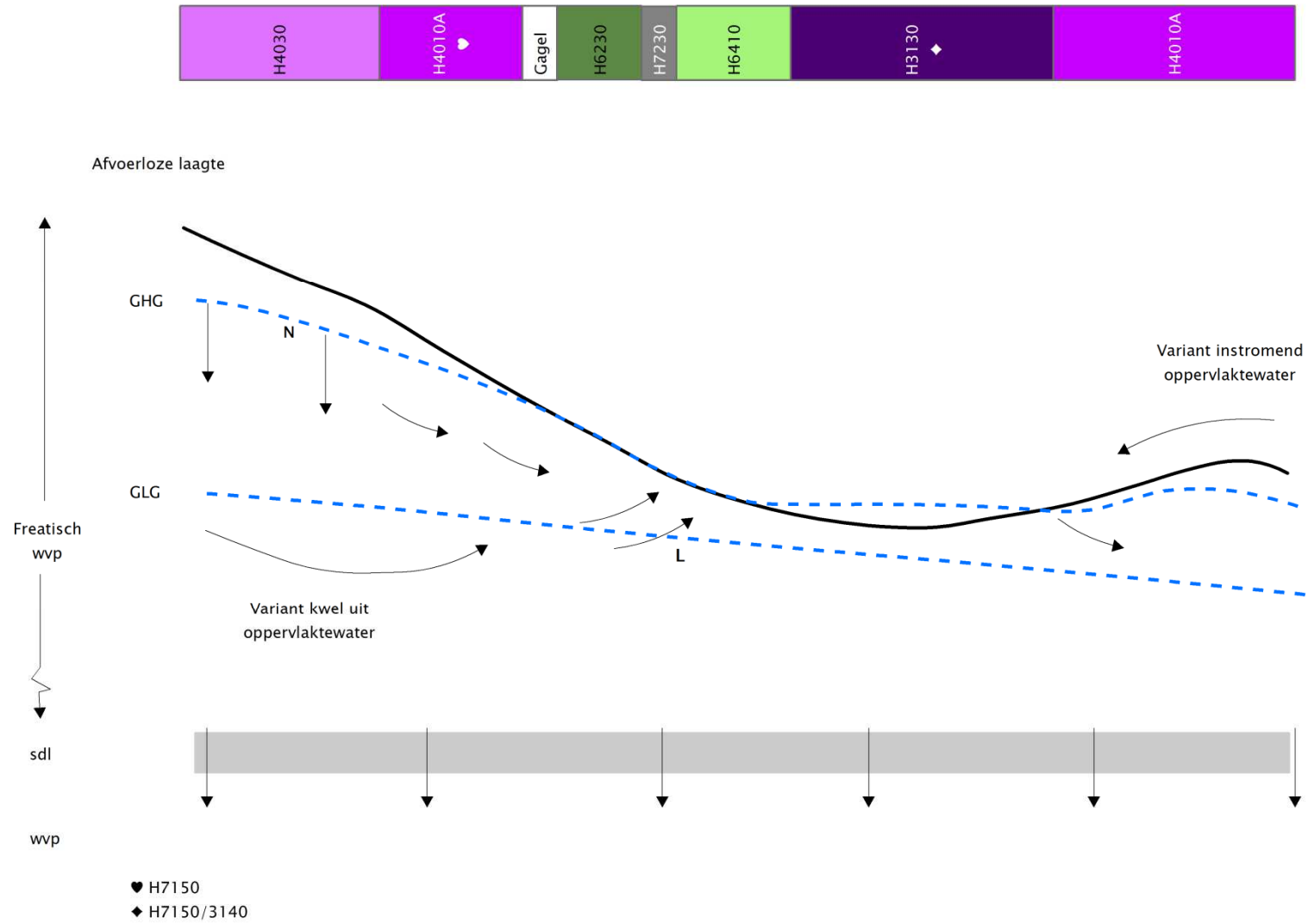
Figuur 6: Gradiënttype 3, zure laagte zonder schijnspiegel. Voor legenda zie aan het einde van dit hoofdstuk.



Figuur 7: Gradiënttype 4, variant zwak gebufferde laagten. Voor legenda zie aan het einde van dit hoofdstuk.



















Figuur 8: Gradiënttype 4, variant zeer zwak gebufferde laagten. Voor legenda zie aan het einde van dit hoofdstuk.



Figuur 9: Gradiënttype 5, basenrijke afvoerloze laagten. Voor legenda zie aan het einde van dit hoofdstuk.

Legenda Nat zandlandschap

	H2310	Stuifzandheiden met struikhei
	H3130	Zwakgebufferde vennen
	H3140	Kranswierwateren
	H3160	Zure vennen
	H4010A	Vochtige heiden (hogere zandgronden)
	H4030	Droge heiden
	H6230	Heischrale graslanden
	H6410	Blauwgraslanden
	H7110A	Actieve hoogvenen (hoogveenlandschap)
	H7110B	Actieve hoogvenen (heideveentjes)
	H7140	Overgangs- en trilvenen
	H7150	Pioniersvegetaties met snavelbiezen
	H7210	Galigaanmoerassen
	H7230	Kalkmoerassen
	H7410A	Trilvenen
	H91D0	Hoogveenbossen
	H91E0C	Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)
	Maaiveld	
	Grondwaterstand (GHG/GLG)	
	Stroomrichting	
	Periodieke optredende grondwaterstroom	
	Basisch; Stroomrichting: Basenrijk grondwater of Zwakgebufferd grondwater (onderbroken)	
	Zwakgebufferd-basenrijk grondwater	
	Zuur; Stroomrichting: Zuur zeer ionenarm veenwater of Zeer zwak gebufferd veenwater (onderbroken)	
	Slecht doorlatende laag	
	Veen	
	Wvp	Watervoerend pakket
	N	Neerslag
	L	Lithoclien (basenrijk water)

Figuur 10: legenda Nat Zandlandschap