

Herstelstrategie H7140A: Overgangs- en trilvenen (trilvenen)

Van Dobben, H.F., A. Barendregt, A.M. Kooijman & N.A.C. Smits

Leeswijzer

Dit document start met de kenschets uit het profieldocument (paragraaf 1) en geeft daarna een overzicht van de ecologische randvoorwaarden van het habitatype (paragraaf 2). Vervolgens wordt ingegaan op de effecten van atmosferische stikstofdepositie op het habitatype (paragraaf 3) en op andere processen die de kwaliteit beïnvloeden (paragraaf 4). Vervolgens komen in paragraaf 5 en 6 maatregelen aan bod om de achteruitgang te stoppen, dan wel de kwaliteit te verbeteren. Deze maatregelen dienen in aanvulling op het reguliere beheer (paragraaf 2) te worden uitgevoerd. In paragraaf 7 worden maatregelen voor uitbreiding besproken en in paragraaf 8 komt de effectiviteit en duurzaamheid van de maatregelen aan bod. In paragraaf 9 worden de maatregelen in een overzichtstabel samengevat en het document wordt afgesloten met literatuurreferenties in paragraaf 10.

1. Kenschets

De tekst in onderstaand kader betreft de kenschets van het profielendocument van het hele habitatype. Weggelaten zijn alinea's die specifiek over andere subtypen gaan dan het subtype van deze herstelstrategie.

Dit habitatype betreft soortenrijke veenbegroeiingen van betrekkelijk voedselarme tot matig voedselrijke omstandigheden. De plantengemeenschappen van de overgangs- en trilvenen vormen ontwikkelingsstadia in de verlanding die begint in het open water van sloten, plassen en petgaten. In Nederland komen ze vooral voor in het laagveengebied. Verder kunnen overgangs- en trilvenen ook ontstaan in veenvormende systemen in de middenlopen van beekdalen, op de overgangen van de hogere (pleistocene) zandgronden naar laagveen en in zeekleilandschappen. Uitgaande van het verlandingsproces worden de overgangs- en trilvenen van dit habitatype voorafgegaan door begroeiingen van het open water, zoals drijftil- en krabbenscheergemeenschappen (habitatype H3150). De overgangs- en trilvenen worden in de successiereeks opgevolgd door struweel of bos, onder bepaalde omstandigheden ook door moerasheiden (habitatype H4010).

Veenmosrietland dat is dichtgegroeid met wilgen, berken of elzen behoort niet tot het habitatype. De soorten van trilvenen en Veenmosrietland kunnen hier wel plaatselijk nog met lage bedekkingen aanwezig zijn.

Verzuring die door toenemende regenwaterinvloed aan de oppervlakte begint, is een natuurlijk proces in laagveensystemen. Daarbij wordt de vegetatiemat heel geleidelijk dikker en eenvormiger en gaan trilvenen, subtype A, over in Veenmosrietland, subtype B, of moerasheide, habitatype H4010_B vochtige heiden (laagveengebied).

Subtype H7140_A Overgangs- en trilvenen (*trilvenen*)

Trilvenen bestaan uit mosrijke, op het water drijvende plantenmatten. Van de vaatplanten voeren schijngrassen de boventoon en in de moslaag domineren slaapmossen. In trilvenen kunnen zeldzame orchideeën groeien.

In de trilvenen komen twee soorten voor van de Habitatrichtlijn waarvoor de stikstofgevoeligheid van het type een probleem kan vormen voor de kwaliteit van het leefgebied. Daarnaast zijn er geen typische diersoorten, waarvoor in dit habitattype mogelijke problemen als gevolg van stikstofdepositie worden verwacht.

Soortgroep	VHR-soort	belang en functie	N-gevoeligheid van leefgebied	Effecten van stikstofdepositie
Vaatplanten	Groenknolorchis	-	Ja	Licht concurrentie door hogere vegetatiestructuur
Mossen	Geel schorpioenmos	-	Ja	Licht concurrentie door hogere vegetatiestructuur

Voor een goed begrip van de onderstaande paragrafen, is het essentieel om uit te gaan van de definitie van het habitattype en zijn kwaliteitseisen (abiotische randvoorwaarden, samenstellende vegetatietypen, typische soorten en overige kenmerken van goede structuur en functie). Zie daarvoor het profielendocument

(http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/habitattypen/profiel_habitat_type_7140.pdf).

2. Ecologische randvoorwaarden

Voor de abiotische randvoorwaarden (Runhaar et al. 2009) wordt uitgegaan van de omstandigheden van de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge (09Ba01) en de Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge (subassociatie met ronde zegge: 09Aa03B), aangevuld met de iets minder kenmerkende typische subassociatie van de Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge (09Aa03A; Schaminée et al. 1995) en het Staatsbosbeheertype [SBB] Associatie van Draadzegge en Veenpluis, typische subassociatie.

2.1 Zuurgraad

Het subtype is optimaal in het neutrale tot zwak zure bereik: pH 5–7,5 (gebaseerd op associaties 09AA03B (*Carici curtae-Agrostietum caninae caricetosum diandrae*) en 09BA01 (*Scorpidio-Caricetum diandrae*). Als aanvullend bereik is pH 4,5–5 meegenomen, gebaseerd op de aanvullende gemeenschappen. Deze lopen ver door tot in zure bereik, maar dan in infiltratiegebieden op verzurende plekken, die hier niet zijn meegenomen (Runhaar et al. 2009).

2.2 Voedselrijkdom

Het kernbereik van het subtype is het licht voedselrijke bereik, aangevuld met matig voedselarm en matig voedselrijk (Runhaar et al. 2009).

2.3 Vochttoestand

Het kernbereik van het subtype is inunderend tot zeer nat, aangevuld met nat vanwege het voorkomen van 09Aa03A (Runhaar et al. 2009).

2.4 Zouttolerantie

Geen (zeer zoet; Runhaar et al. 2009).

2.5 Landschapsecologische processen

In het laagveengebied ontstaat Trilveen door verlanding van petgaten. Soorten als waterdrieblad, krabbescheer, snavelzegge of holpijp vormen drijvende kraggen in beschut, zoet, basenrijk, en licht tot hooguit matig voedselrijk water. Het kan daarbij zowel gaan om in het petgat opgekweld grondwater als om basenhoudend oppervlaktewater uit de wijdere omgeving. In het begin staat de kragge nog geheel in contact met het basenrijke water waarin ze drijft, en treedt tot bovenin de kragge een neutrale pH op. Methaanvorming en lucht in plantenwortels verhogen de drijfkracht van de kragge. Door verdere veenvorming neemt de kragge geleidelijk in dikte toe en komt een steeds groter deel boven water te liggen.

In beekdalen en op de overgangen van zandgronden naar het laagveengebied komen trilvenen voor op veengronden die door toestroming van basenrijk grondwater tot in de wortelzone gevoed worden (kwel). In reliëfrijke gebieden, zoals stuwwallen, komen dergelijke kwelsituaties ook voor op plekken waar het grondwater over klei- of leemlagen naar maaiveld stroomt. Kwelflux is nodig om de voor deze vegetatietypen benodigde permanent hoge grondwaterstanden en hoge basenrijkdom te handhaven. In beekdalen met veenbodems die door vroegere ontwatering sterk veraard zijn is een grote kwelflux nodig voor het handhaven van een stabiele grondwaterstand aan maaiveld. In zulke situatie is namelijk geen dikke toplaag aanwezig van levende en weinig veraarde, afgestorven mossen die kan meekrimpen en –zwellen met de waterstand (acrotelm). In natuurlijke grondwatergevoede trilvenen in beekdalen is wel zo'n acrotelm aanwezig. In deze laag treedt ook meeste afvoer op van het toegestroomde grondwater en lokale neerslagwater.

In oude kraggeverlandingen van het laagveengebied vermindert de aanvoer van basen wanneer de veenlaag zo dik is geworden dat deze geïsoleerd raakt van het basenrijke oppervlaktewater. Het bodemprofiel wordt daardoor geleidelijk tot een grotere diepte basenarm. Daardoor verzuurt de bovenlaag, en maken slaapmossen en levermossen geleidelijk plaats voor veenmossen. Het basenrijke stadium kan echter lang in stand blijven (O'Connel 1981, Van Wirdum 1991, Kooijman 1993a), mede omdat opvolgers als Glanzend veenmos intolerant zijn voor basenrijke condities en zelf een lage verzuringscapaciteit hebben (Kooijman 1993b, Kooijman & Bakker 1994, 1995). Successie naar veenmosrijke stadia wordt versneld door hydrologische isolatie (Van Diggelen et al. 1996) of verrijking met voedingsstoffen, waardoor snelgroeiende en sterk verzurende veenmossen als Hakig veenmos en Fraai veenmos zich al onder relatief basenrijke condities kunnen vestigen (Kooijman 1993b, Kooijman & Kanne 1993, Kooijman & Bakker 1994, 1995, Kooijman & Paulissen 2006). Ook in de kruidlaag treedt een verschuiving op van basenminnende soorten naar zuurminnende soorten. Alleen soorten als riet die wat dieper in de kragge wortelen staan nog met hun wortels in basenrijk milieu. Door de verzuring treedt successie op van Trilveen naar kleine zeggengemeenschappen, die tot het Veenmosrietland (H7140_B) gerekend worden. Deze veenmosrietlanden kunnen zich uiteindelijk verder ontwikkelen tot vochtige heide (H4010B). Vermindering van de toevoer van basenrijk oppervlaktewater kan ook optreden doordat aanvoerwegen (sloten, greppels) dichtgroeien of dichtslibben.

In beekdalmoerassen zal zolang voldoende toestroming van baserijk grondwater optreedt geen verzuring van de hele standplaats optreden. Daardoor kunnen trilvenen in beekdalen zeer lang stand houden, ook zonder beheer. Het is wel mogelijk dat in grondwatergevoede trilvenen op zeer lokale schaal zuurdere bulten van veenmossen ontstaan. Deze hoeven geen indicatie te zijn voor gehele verzuring van de standplaats, maar zijn een onderdeel van de natuurlijke structuur en dragen bij aan een hoge diversiteit. De trilveensoorten blijven dan aanwezig in de slenken. Het voorkomen van bult/slenk-structuren kan ook belangrijk zijn voor de macrofauna van het habitatype (**kennislacune**).

Zie ook de informatie uit de landschapsdoorsneden (Deel III).

2.6 Regulier beheer

In kraggeverlandingen van laagveenmoerassen is het reguliere beheer maaien in- de nazomer zodra de draagkracht van de kragge dit toelaat. Gebeurt dit niet dan treedt op den duur successie op naar broekbos. In beekdalen bestaat het beheer momenteel eveneens grotendeels uit maaien in de nazomer, maar sommige locaties worden niet meer gemaaid. Ongestoorde grondwater gevoede trilvenen kunnen ook zonder beheer eeuwenlang in stand blijven, omdat de standplaats te nat en te voedselarm is voor opslag van bomen. Welk vegetatiebeheer in de Nederlandse beekdal trilvenen gewenst is (wel of niet maaien), is momenteel niet duidelijk (**kennislacune**) en wordt gedurende 2009–2014 onderzocht in het OBN-onderzoeksprogramma. Behalve dat maaibeheer de ontwikkeling naar bos tegengaat en zorgt voor de afvoer van nutriënten, kan het ook negatieve effecten hebben op het habitatype omdat de ontwikkeling van de moslaag, microstructuren en mogelijk ook de faunadiversiteit worden belemmerd. Ontoereikend regulier beheer wordt niet apart onder paragraaf 4, 5 of 6 behandeld.

3. Effecten van stikstofdepositie

De kritische depositie is vastgesteld op 17 kg N/ha/jaar (1214 mol N/ha/jr) voor de Nederlandse situatie (**Van Dobben et al. 2012**). Dit is gebaseerd op de gemiddelde modeluitkomst, die past binnen de empirische range voor 'rich fens' (15–30 kg N/ha/jaar volgens **Bobbink & Hettelingh (2011)**). Overigens berusten zowel de oude als de nieuwe empirische schatting op expert judgement. In trilvenen van de Nederlandse beekdalen is de voorraad aan anorganisch stikstof veel hoger dan in ongestoorde referenties in Polen (**Aggenbach et al. 2010**). Naast afbraak van organisch materiaal kan een hoge atmosferische depositie hieraan hebben bijgedragen. Daarnaast zijn karakteristieke mossoorten uit baserijke milieus zeer gevoelig voor hoge ammonium-depositie (**Paulissen et al. 2004, 2005, Kooijman & Paulissen 2006**).

3.1 Verzuring

Verzuring van Trilveen in het laagveengebied leidt tot successie naar Veenmosrietland. Door atmosferische depositie van zuur en stikstof kan deze successie versneld worden. Een hoge nutriëntenbeschikbaarheid bevordert voedselminnende veenmossoorten die zelf de standplaats verzuren (**Kooijman en Bakker 1994, 1995**). Atmosferische depositie versterkt dit proces, zowel direct via toevoer van zuur als indirect via toevoer van extra stikstof, en verkort daardoor de duur van het trilveenstadium in verlandingsreeksen. Daarnaast zijn er aanwijzingen dat de pH van de Nederlandse schorpioenmostrilvenen bij vergelijkbare calciumgehalten significant lager is dan die

van buitenlandse referentiesituaties (Cusell et al. 2011), wat de verzuringgevoeligheid verhoogt. Wanneer eenmaal veenmosrietland is ontstaan moet verzuring beschouwd worden als een natuurlijk proces, maar ook dan vormt de extra verzuring door depositie een bedreiging voor de kwaliteit (zie herstelstrategie veenmosrietland).

3.2 Vermesting

De voor trilveen kenmerkende slaapmossen (*Scorpidium scorpioides* en andere 'brown mosses') zijn zeer gevoelig voor ammonium (Paulissen et al. 2004, 2005, Kooijman & Paulissen 2006) en zullen, als de basenrijke condities niet gehandhaafd kunnen worden en nitrificatie niet meer optreedt, snel verdwijnen bij toenemende depositie. Behalve N is ook P een belangrijke factor. In goed ontwikkelde schorpioenmostrilvenen is P een beperkende factor (Kooijman 1993c, Kooijman & Westhoff 1995, Kooijman & Paulissen 2006, Cusell et al. 2011). Als de P-beschikbaarheid toeneemt, wordt het trilveen gevoeliger voor de vestiging van snelgroeiende veenmossen met een hoge verzuringscapaciteit, die leiden tot verzuring en verdwijnen van de karakteristieke basenrijke soorten (Kooijman 1993b, Kooijman & Bakker 1994, 1995, Kooijman & Paulissen 2006). Het is aannemelijk dat evenals in hoogveen, ook in trilveen en veenmosrietland de veenmoslaag fungeert als een N-filter (Bobbink & Hettelingh 2011). Doorslag van dit filter (dat wil zeggen doordringen van nitraat in de laag onder het levend veenmos) treedt waarschijnlijk reeds op bij betrekkelijk lage depositie (rond 15 kg N ha⁻¹.j⁻¹). Wanneer doorslag optreedt, kunnen zich gemakkelijk grassen en later bomen vestigen en treedt versnelde successie op naar Veenmosrietland en uiteindelijk broekbos. Verder wordt de groei van veenmossen gestimuleerd door verhoogde beschikbaarheid van stikstof, waardoor ook de interne productie van zuur verhoogd wordt en daarmee de successie naar Veenmosrietland versneld (zie bij verzuring). Ook neemt in verzuurde trilvenen de netto mineralisatie van N, vergeleken met de voorgaande basenrijke condities, flink toe, waardoor het effect van hoge N-depositie nog sterker wordt (Verhoeven et al. 1988, Kooijman & Hedenäs 2009).

In trilvenen van Nederlandse beekdalen is zijn de voorraden aan anorganisch fosfaat en stikstof hoger dan in ongestoorde trilvenen met grondwatervoeding. Het fosfaat is vooral gebonden aan ijzer en stikstof komt vooral voor als ammonium dat is gebonden is aan het kationenadsorptiecomplex. Er zijn aanwijzingen dat de actuele afbraak van organische stof in de Nederlandse beekdaltrilvenen hoog is, en daardoor ook de stikstof- en fosformineralisatie. In ijzerrijke veenbodems kan het overheersen van helofyten met veel luchtweefsel mogelijk zorgen voor een relatief grote beschikbaarheid van stikstof en fosfaat in het wortelmilieu van deze planten (Aggenbach et al. 2010; kennislacune). In beekdalen bestaat de vegetatie voor een groot deel uit matig productieve rompgemeenschappen van Holpijp en Snavelzegge die een matige kwaliteit van het habitatype vertegenwoordigen. De relatief hoge productie van de kruidlaag in deze gemeenschappen belemmert via lichtbeperking het voorkomen van kenmerkende mossoorten (Aggenbach et al. 2010). Trilvenen met een goede kwaliteit die bestaan uit laagproductieve plantengemeenschappen komen momenteel nauwelijks voor in Nederlands beekdaltrilvenen. Een lagere nutriëntenbeschikbaarheid in de beekdaltrilvenen zal daarom leiden tot een verbetering van de kwaliteit van het habitatype.

3.3 Fauna

Er zijn geen typische diersoorten, waarvoor effecten van stikstofdepositie zijn te verwachten. Verder komen er geen diersoorten voor van de Vogel- of Habitatrichtlijn waarvoor de stikstofgevoeligheid van het type een probleem kan vormen voor de kwaliteit van het leefgebied.

4. Andere omstandigheden die de effecten van stikstofdepositie beïnvloeden

4.1 Successie

In de laagveengebieden is trilveen een vroeg successiestadium bij de verlanding van petgaten. Zowel de successie van trilveen naar veenmosrietland, als de successie van veenmosrietland naar broekbos wordt versneld door atmosferische depositie, en daarbij spelen zowel de verzurende als de eutrofiërende werking een rol. Voor duurzame instandhouding van trilveen is het noodzakelijk dat er voldoende plaatsen zijn waar de successie van voren af aan kan beginnen. Momenteel is dat in Nederland niet het geval, omdat er geen turf meer wordt gestoken en in nieuwe petgaten die in herstelprojecten worden gegraven geen verlanding optreedt. Belangrijke oorzaken daarvan zijn het wegvallen van kwel als bron van schoon en baserijk water, en de slechte kwaliteit van het oppervlaktewater. Een slechte waterkwaliteit betekent vooral een te hoog fosfaat- en stikstofgehalte en meestal ook een te hoog sulfaatgehalte en te hoge alkaliniteit (Lamers et al. 2010). Hoge nutriëntengehalten belemmeren de ontwikkeling van watervegetatie en waterriet. Een hoog sulfaatgehalte zorgt voor toxische sulfidegehalten in de bodem, en bevordert de afbraak van veen en mobilisatie van fosfaat uit onderwaterbodems en veen. Verder wordt in eutroof of sulfaatrijk water de methaanvorming geremd, waardoor zich minder gemakkelijk drijftillen vormen (Loeb et al. 2007).

De vorming van kraggen is een noodzakelijke voorwaarde voor de vorming van trilveen. De effecten van het instellen van meer en een seizoensmatige peildynamiek op behoud en ontwikkeling van trilvenen in de huidige laagveenmoerassen zijn niet goed bekend maar worden momenteel onderzocht (Cusell et al. 2011). Seizoensmatige peildynamiek kan leiden tot een betere waterkwaliteit omdat dan minder inlaat van vervuild oppervlaktewater nodig is (gunstig), tot betere binding van fosfaat in drooggevallen bodems (gunstig), maar ook tot het sterker vasthouden van vervuild landbouwwater (ongunstig), het vrijkomen van meer nutriënten uit oud veen door meer mineralisatie in de zomer (ongunstig) en te diep wegzakkende zomerstanden in kraggen met geringe toevoer van oppervlaktewater (ongunstig). Momenteel is meer peildynamiek nog geen beproefde maatregel voor herstel van trilvenen en de effecten van deze maatregel dienen voor het hele laagveensysteem in beeld te worden gebracht (**kennislacune**).

4.2 Hydrologie

De effecten van stikstofdepositie kunnen worden verergerd door ongunstige hydrologische condities. In de zomer kan de waterstand in het veen te diep wegzakken. In het laagveengebied is dit geen probleem zolang de kragge nog drijft en er aanvoer van oppervlaktewater naar de kragge plaatsvindt. Wanneer de kragge dikker wordt en aan de ondergrond vastgroeit vermindert de aanvoer van oppervlaktewater, en dit kan ook gebeuren als sloten die het water naar de kragge aanvoeren dichtgroeien. Door beide processen gaan de zomerstanden in het veen dieper uitzakken, waarbij de karakteristieke slaapmossen worden verdrongen door andere mossen en in de kruidlaag grassen (onder andere Hennegrass) toenemen. Dit gaat gepaard met een afname van de soortenrijkdom. Een grote wegzijging van veenwater naar de ondergrond door lage polderpeilen rond laagveenmoerasgebieden kan in delen die van het oppervlaktewater zijn geïsoleerd ook bijdragen aan te lage waterstanden gedurende de zomer. Het verminderen van de wegzijging in laagveenmoerassen met maatregelen in de waterhuishouding kan daarom bijdragen aan langduriger voor bestaan van trilvenen.

In beekdalen is het uitzakken van grondwaterstanden in de zomer ongunstig, omdat de veenbodem niet goed kan meedalen met de grondwaterstand. De huidige voorkomens betreffen voorheen verdroogde en sterk gedegradeerde veenbodem zonder acrotelm (zie boven). Momenteel zakt de grondwaterstand in beekdaltrilvenen in droge zomers nog enkele decimeters onder maaiveld uit. Uitzakkende grondwaterstanden benadelen kenmerkende slaapmossoorten van trilvenen. Een fluctuerende grondwaterstand bevordert dan vermoedelijk in de veelal ijzerrijke veenbodems een sterke afbraak van organisch materiaal doordat geoxideerd ijzer in de toplaag gebruikt wordt voor de afbraak van organische stof (Aggenbach et al. 2010). Hierdoor kan veenvorming worden belemmerd en kan de nutriëntencirculatie te hoog zijn (kennislacune).

Behalve een te hoog nitraatgehalte zijn ook te hoge alkaliniteit en te hoge fosfaat- en sulfaatgehalten in het oppervlaktewater ongunstige factoren voor trilveen. Te veel fosfaat in het trilveen kan leiden tot gunstige vestigingscondities voor snelgroeiende, sterk verzurende veenmossen (Kooijman 1993a, Kooijman & Bakker 1994; 1995, Kooijman & Paulissen 2006). Sulfaat leidt tot interne eutrofiering omdat het als electronenacceptor oxidatie van organische stof onder zuurstofloze condities mogelijk maakt. Hierbij wordt het zelf tot sulfide gereduceerd, wat zich weer aan ijzer kan binden en daarmee aan ijzer gebonden fosfaat vrijmaakt, terwijl nitraat vrijkomt uit organische stof. Verder speelt de biologische component (brasem, watervlooien, algen, vertroebeling) een rol in de omslag van een mesotroof naar een eutroof oppervlaktewatersysteem. Daarom is voor verbetering van de waterkwaliteit is een samenhangend pakket van maatregelen nodig dat op maat van het gebied moet worden gesneden. Momenteel wordt een deel van bovenstaande problematiek bestreden met defosfateren van inlaatwater.

In veel beekdalen is de toplaag van de veenbodem momenteel zeer ijzerrijk (Aggenbach et al. 2010). Deze hoge ijzerrijkdom is waarschijnlijk in het verleden door ontwatering veroorzaakt. Daardoor kon veel ijzer dat werd aangevoerd in de (licht) ontwaterde bodem neerslaan door oxidatie. In vernatte ijzerrijke veenbodems zijn de ijzergehaltes in het bodemvocht zeer hoog omdat het neergeslagen ijzer weer oplost. De hoge gehalten zijn vermoedelijk toxisch voor veel kenmerkende mos- en zeggenssoorten van trilvenen. Een hoog ijzergehalte van de bodem kan ook de afbraak van organisch materiaal bevorderen en daarmee veenvorming belemmeren (Aggenbach et al. 2010). Momenteel zijn geen beproefde hersteltechnieken beschikbaar om de negatieve effecten van hoge ijzergehalten tegen te gaan en voor de ontwikkeling hiervan is experimenteel onderzoek nodig (kennislacune).

4.3 Dispersie & zaadbank

In beekdaltrilvenen en laagveenmoerassen kunnen gebrekkige dispersie en het ontbreken van een zaadbank het voorkomen van veenvormende slaapmossoorten en kenmerkende zeggenssoorten beperken. Na vernatting keren veel kenmerkende soorten daarom niet terug en kan inbreng van die soorten mogelijk het herstel trilvenen bevorderen (kennislacune)

4.4 Vermest grondwater

In beekdalen kan vervuiling van het grondwater met meststoffen in het intrekgebied een bedreiging vormen voor trilvenen. Nitraat uitspoeling vindt plaats door bemesting van landbouwgrond en door stikstofdepositie in bossen. Aanvoer van nitraat en/of sulfaat dat door omzettingsprocessen in de ondergrond kan ontstaan (oxidatie van pyriet door nitraat), via toestromend grondwater kan in de veenbodem leiden tot afbraak waardoor veenvorming stopt en

nutriënten vrijkomen. Trilvenen die gevoed worden uit grote grondwatersystemen ondervinden nu nog geen nadeel van vermist grondwater, omdat het vermeste water het kwelgebied nog niet bereikt heeft, en op dit moment is onduidelijk wanneer in zulke systemen vermist grondwater de kwelgebieden bereikt (**kennislacune**). Trilvenen in beekdalen die door kleinere grondwatersystemen met korte verblijftijden worden gevoed kunnen wel al beïnvloed worden door vermist grondwater.

4.5 Voormalige zwaveldepositie en andere sulfaatbelasting

De effecten van voormalige zwaveldepositie en andere sulfaatbelasting in dit habitattypen worden verder toegelicht in Intermezzo II van Deel I.

5. Maatregelen tegen de effecten van stikstofdepositie

In laagveenmoerassen is de belangrijkste maatregel tegen het effect van stikstofdepositie (versnellen van de successie, toename van grassen, verlies aan typische mossoorten) het verbeteren van de waterkwaliteit. Zonder interne (ten gevolge van sulfaat) of externe (ten gevolge van nitraat of fosfaat) eutrofiëring zullen de typische slaapmossen lang stand houden en treedt pas successie op wanneer de kragge zo dik is geworden dat de bovenlaag geïsoleerd raakt van het oppervlaktewater.

5.1 Plaggen

Met afplaggen kan de successie worden teruggezet maar hiermee is weinig ervaring, en de ervaringen die er zijn, zijn niet onverdeeld gunstig (ook niet in combinatie met bekalken) (**Antheunisse et al. 2008**). Plaggen is op kleine schaal effectief als door aanvoer van basenrijk oppervlaktewater via greppels plas/dras situaties worden gecreëerd. Dit leidt vooral tot herstel van trilveensoorten op kleine schaal en kan worden toegepast als overlevingsmaatregel voor populaties van zeldzame soorten.

5.2 Bekalken

Bekalken is waarschijnlijk weinig effectief omdat snel nieuwe verzuring optreedt omdat de veenmosgroei, en daarmee de zuurproductie, wordt gestimuleerd. Hierbij zal CO₂, dat bij verzuring uit de kalk vrijkomt, de groei van veenmos nog extra stimuleren. Daarnaast kan bekalken leiden tot eutrofiering door het stimuleren van de afbraak van het oude veen.

5.3 Extra maaien

Maaibeheer zorgt voor afvoer van nutriënten, maar vooralsnog is onduidelijk of de netto effecten van maaibeheer in beekdalen gunstig of ongunstig zijn voor de kwaliteit van trilvenen (**kennislacune**). Het effect van een goede waterkwaliteit is groter dan het effect van maaien (**Van Belle et al. 2006**).

Door Dorland et al. (**2012**) is gerekend aan de effectiviteit van maaien (en afvoeren) als herstelmaatregel. Als maat voor de effectiviteit is de Theoretische Effectieve Periode gehanteerd (TEP), uitgedrukt in het aantal jaren overschrijding van de KDW dat door de maatregel wordt afgevoerd (TEP_{kdwov}). Hierbij is er vanuit gegaan dat door middel van maaien alle levende en dode biomassa wordt afgevoerd, wat een overschatting van de werkelijkheid is. Voor Overgangs- en

trilvenen (trilvenen) varieert de TEP_{kdwov} van zomermaaien bij een N-depositie van 2x de KDW tussen de 1,5 en 3,9 jaar, zonder rekening te houden met aanvoer van N via andere bronnen. De benodigde maaifrequentie om 1000 mol N/ha/jr te mitigeren varieert dan tussen de 0,2–0,5 maal per jaar onder de gegeven modelrestricties (Dorland et al. 2012).

6. Maatregelen gericht op functioneel herstel

6.1 Hydrologisch herstel

In laagveenmoerassen is herstel van de waterkwaliteit van groot belang; dit betekent lagere gehalten aan nitraat, ammonium, fosfaat en sulfaat. In hoeverre ook een vermindering van ijzer wenselijk is, is nog niet duidelijk (**kennislacune**). IJzer kan aan de ene kant de binding van P bevorderen, maar kan aan de andere kant bij sulfaatreductie leiden tot versterkt vrijkomen van P. Ook is Rood schorpioenmos een soort van relatief ijzerarme omstandigheden (Cusell et al. 2011). Een verbetering van de waterkwaliteit kan deels bereikt worden door een samenhangend pakket van maatregelen dat per locatie verschilt (zie boven). Maatregelen in de waterhuishouding die de wegzijging verminderen dragen bij aan een langzamer successie in verlande petgaten. Ook kunnen die bijdragen aan een gunstiger waterbalans, zodat minder aanvoer van vervuild water nodig is. Herstel van een seizoensmatige peildynamiek van het oppervlaktewater dient eerst op effectiviteit en neveneffecten te worden onderzocht en is nog geen beproefde maatregel die op landschapsschaal kan worden toegepast (**kennislacune**). Herstel en ontwikkeling van trilveen in petgaten treedt nauwelijks op en maatregelen om dit te stimuleren zijn nog onvoldoende duidelijk (**kennislacune**).

In beekdalen waar reeds trilvenen voorkomen kunnen maatregelen in de waterhuishouding die leiden tot meer kwel en stabiele grondwaterstanden aan maaiveld bijdragen aan de verbetering van de kwaliteit. Met vermindering van de nitraatuitspoeling in de intrekgebieden door vermindering van de bemesting wordt de duurzaamheid van trilvenen verhoogd. Welke lokale herstelmaatregelen en beheer effectief zijn voor het bereiken van een goede kwaliteit dient per locatie nader uitgezocht te worden.

6.2 Opslag verwijderen

Beheer van oevervegetatie is van groot belang voor lichtminnende soorten zoals dagvlinders, libellen en diverse kruiden. Door hier boompjes te trekken en daarbij de planten van waterzuring met eitjes van de Grote vuurvlinder te sparen, blijft deze smalle strook een zeer waardevolle overlevingsplek voor vlinders en libellen.

7. Maatregelen voor uitbreiding

Voor uitbreiding in laagveenmoerassen is het noodzakelijk dat er omstandigheden gecreëerd worden waaronder de successie opnieuw kan beginnen vanuit open water door de vorming van kraggen. Het graven van nieuwe petgaten wordt hiervoor met wisselend succes toegepast (zie de herstelstrategie voor Veenmosrietland). Een groot probleem vormt het feit dat er in Nederland zo goed als geen verlanding via trilveen meer optreedt (Lamers et al. 2010). Hoewel waterkwaliteit

en dispersie daarbij een rol lijken te spelen, vormen de precieze oorzaken van het uitblijven van dit type verlanding nog een grote **kennislacune**. In beekdalen is uitbreiding van trilvenen te realiseren op verdroogde veenbodems door maatregelen in de waterhuishouding die zorgen voor waterstanden aan maaiveld en herstel van kwel. Dit vergt het dempen van de interne ontwatering op veelal grote schaal. Aanvullend kunnen maatregelen nodig zijn in de omgeving en is verhoging van het beekpeil noodzakelijk. Beekdalgebieden met een laag ijzergehalte in de toplaag hebben de beste potenties op het ontwikkelen van een goede kwaliteit.

8. Effectiviteit en duurzaamheid

In laagveengebieden is duurzaam herstel van trilvenen waarschijnlijk alleen mogelijk als er voortdurend plaatsen zijn waar de successie opnieuw kan beginnen. Dat betreft opdiep en beschut open water van goede kwaliteit. Het maken van nieuwe petgaten zal alleen effectief zijn als er een aanzienlijke verbetering van de waterkwaliteit optreedt. Daarnaast spelen waarschijnlijk het ontbreken van soorten die verlanding mogelijk maken, en de hoogproductieve oevers een belangrijke rol (Lamers et al. 2010). Een goede waterkwaliteit (dat wil zeggen arm aan nitraat, sulfaat en fosfaat), een lage stikstofdepositie en maaibeheer kunnen daarbij de successie in bestaande trilvenen flink vertragen. In beekdalen draagt herstel van hoge stabiele waterstanden en kwel bij aan een duurzame situatie. Daarbij is ook nodig om de grondwaterkwaliteit goed te houden of maken (dat wil zeggen arm aan nitraat en sulfaat).

Als het voortbestaan van specifieke locaties met het voorkomen van de zeldzame typische (zogenaamde “urgente”) soorten Slank wollegras (*Eriophorum gracile*), Veenmosorchis (*Hammarbya paludosa*) en Rood schorpioenmos (*Scorpidium scorpioides*) in hun voortbestaan bedreigd worden, kan het noodzakelijk zijn om aanvullend op de hierboven genoemde maatregelen specifieke maatregelen te treffen (Klimkowska et al. 2011).

9. Overzichtstabel

Deze overzichtstabel is bedoeld als ondersteuning bij de te nemen maatregelen (paragraaf 5, 6 en 7) en dient slechts samen met de tekst te worden toegepast.

maatregel	type	doel	potentiële effectiviteit	randvoorwaarden / succesfactoren	vooronderzoek	herhaalbaarheid	responstijd	mate van bewijs
Afplaggen in combinatie met fijnschalige aanvoer baserijk oppervlaktewater (Laagveen)	H/U	dunner maken kragge, voorkomen hydrologische isolatie, afvoer van opgeslagen N	waarschijnlijk gering	tot 2 dm onder waterstand plaggen; verwijderen waardevolle soorten; mineralisatie en eutrofiering; bij droogval sterke verzuring door pyrietoxidatie; opdrijven en hernieuwde verzuring door regenwater; 1 x >20 jr (afh. van ontw.)	Op standplaats	Beperkte duur	Direct	H/B?
Bekalken	H/U	verhogen zuurgraad	waarschijnlijk gering	werkt waarschijnlijk alleen in combinatie met afplaggen; stimulering groei veenmossen; 1 x 10-20 jr?	Op standplaats	Beperkte duur	Even Geduld	H
Extra maaien	H/U	voorkomen successie naar struweel en bos	vrij groot, in beekdalen is effectiviteit maatregel niet duidelijk	alleen mogelijk wanneer de vegetatie voldoende stevigheid heeft; eens per jr; risico: mechanische beschadiging veenlaag en daardoor mineralisatie, geen ontwikkeling microstructuren, mogelijk negatief voor fauna	Op standplaats	Beperkte duur	Direct	B

maatregel	type	doel	potentiële effectiviteit	randvoorwaarden / succesfactoren	vooronderzoek	herhaalbaarheid	responstijd	mate van bewijs
Verbeteren kwaliteit oppervlaktewater (Laagveen)	H/U	Hydrologisch herstel; tegengaan eutrofiering, tegengaan afbraak en vertragen verzuring	zeer groot	water moet voldoende basenrijk zijn; vasthouden regenwater is niet effectief. Samenhangend pakket maatregelen	Niet noodzakelijk	Eenmalig	Lang	B
dynamischer seizoensmatig peilbeheer (Laagveen)	H/U	Hydrologisch herstel: verbeteren waterkwaliteit; verbeteren verlandingssucces	groot	In samenhang met andere maatregelen; en afgewogen voor effecten op landschapsschaal; veenafbraak, mobilisatie nutriënten en daardoor eutrofiering trilvenen en oppervlaktewater, door afbraak ook meer slib	LESA	Eenmalig	Lang	H
Voorzuiveren inlaatwater (Laagveen)	H/U	Hydrologisch herstel: verbeteren waterkwaliteit: defosfateren, desulfateren, verlagen alkaliniteit	groot	in samenhang met andere maatregelen	LESA	Eenmalig	Lang	B

maatregel	type	doel	potentiële effectiviteit	randvoorwaarden / succesfactoren	vooronderzoek	herhaalbaarheid	responstijd	mate van bewijs
Realiseren waterstanden aan maaiveld en vergroten kwel (Beekdalen)	H/U	Hydrologisch herstel: voorkomen afbraak en mineralisatie: later nog eventueel inzakkingen oude sloten opvullen	groot	op grotere schaal aanpakken; alle lokale ontwatering dichten; ook kijken naar beekpeilen; bij beekpeil verhoging eutrofiering door toename overstroming beek	LESA	Eenmalig	Vertraagd	B
Stoppen of verminderen bemesting in intrekgebied (Beekdalen)	H/U	Hydrologisch herstel: voorkomen afbraak veen en eutrofiering	waarschijnlijk groot	Geen	Niet noodzakelijk	Zo lang als nodig	Lang	H
Opslag verwijderen	H/U	Voorkomen successie naar moerasbos	matig	mits met beleid uitgevoerd; mechanische beschadiging veenlaag en daardoor mineralisatie	Op standplaats	Zo lang als nodig	Direct	B
Graven petgaten	U	Nieuwvorming	matig	Zie paragraaf 7 en Veenmosrietland	LESA	Beperkte duur	Direct (abiotisch)	H

Verklaring kolommen:

Maatregel: soort maatregel, corresponderend met informatie uit paragraaf 5, 6 en 7

Type: H = herstelmaatregel, U = uitbreidingsmaatregel

Doel: beoogde effect van de maatregel (ten behoeve van behoud, herstel en/of uitbreiding)

Potentiële effectiviteit: klein/matig/groot. Effectiviteit van de maatregel (als regime) ten opzichte van andere maatregelen en gerelateerd aan het beoogde effect

Randvoorwaarden / succesfactoren: de belangrijkste randvoorwaarden en succesfactoren van de maatregel

Vooronderzoek: niet noodzakelijk, op standplaats (in het HT zelf of in de directe omgeving), LESA (LandschapsEcologische SysteemAnalyse: Van der Molen 2010).

Herhaalbaarheid: eenmalig (kan maar eenmalig worden uitgevoerd, bijv. dempen sloten); beperkte duur (bij intensivering gaan nadelen opwegen tegen voordelen) of zo lang als nodig (geen negatieve trade-off tussen intensiteit en effectiviteit. Kun je altijd mee doorgaan, geen negatieve gevolgen).

Responstijd: dit betreft het effect van de maatregel (regime): Direct (< 1 jr); Even geduld (1 tot 5 jr); Vertraagd (5 tot 10 jr); Lang (meer dan 10 jr).

Mate van bewijs:

B – Bewezen: de maatregel heeft onder de in de tekst gegeven voorwaarden (gebiedssituatie + manier van uitvoeren) met zekerheid het in de tekst beschreven positieve effect als hij in de praktijk wordt uitgevoerd. In de regel zal dat onderbouwd moeten zijn met (OBN-)literatuur, maar het kan eventueel ook met (nog niet eerder gepubliceerde) goed gedocumenteerde waarnemingen en o.a. OBN handleidingen.

V – Vuistregel: de maatregel kan onder de in de tekst gegeven voorwaarden (gebiedssituatie + manier van uitvoeren) in veel gevallen het in de tekst beschreven positieve effect hebben als hij in de praktijk wordt uitgevoerd, maar dat is niet zeker. Redenen voor de onzekerheid kunnen zijn dat uit monitoring is gebleken dat er ook (onverklaarde) mislukkingen zijn of dat de voorwaarden voor succesvol herstel nog niet goed bekend zijn.

H – Hypothese: door logisch nadenken is een maatregel geformuleerd die in de praktijk nog niet of nauwelijks is uitgetoetst, maar die in theorie effectief zou kunnen zijn. De aanleiding van de hypothese kan gelegen zijn in analogieën (de maatregel is een vuistregel of bewezen maatregel in een sterk verwant habitatype) of in processen waarvan we denken dat we ze goed begrijpen, maar die echter nog niet op praktijkschaal zijn getoetst.

10. Literatuur

- Aggenbach, C.J.S., R. van Diggelen, A.P. Grootjans, H. van Kleef, L.P.M. Lamers & F. Smolders 2010. Pilotstudie herstel veenvormende zeggenbegroeiingen in beekdalen. KWR 2010.067, KWR Watercycle Research Institute/Universiteit van Antwerpen/Onderzoekscentrum Bware/Stichting Bargerveen, Nieuwegein.
- Antheunisse, A.M., W.C.E.P. Verberk, J.M. Schouwenaars, J. Limpens & J.T.A. Verhoeven 2008. Preadvies laagveen- en zeekleilandschap: een systeemanalyse op landschapsniveau. Ede, Rapport DK nr. 2008/dk099-O.
- Bobbink, R. & J.P. Hettelingh (eds) 2011. Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships. Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23-25 June 2010. RIVM rapport 680359002, 244p.
- Cusell, C., A.M. Kooijman, L.P.M. Lamers & G van Wirdum 2011. Pilot-studie naar de voor- en nadelen van peilfluctuatie voor het behoud en herstel van trilvenen. OBN-rapport (in press).
- Dorland, E., A. van Loon, Y. Fujita, M. Jalink & G. Cirkel 2012. Kwantificering processen ten behoeve van herstelstrategieen Programmatische Aanpak Stikstof – Deel II. KWR 2012.020.
- Klimkowska, A., H. Keizer-Vlek, M. Wallis de Vries, R.J. Bijlsma, A. Schotman & H. van Dobben 2011, in prep.. Urgente maatregelen tot behoud van bedreigde typische soorten en vegetatietypen van de Habitatrichtlijn. Alterra-rapport.
- Kooijman, A.M. & C. Bakker 1994. The acidification capacity of wetland bryophytes as influenced by clean and polluted rain. *Aquatic Botany* 48:133-144.
- Kooijman, A.M. & C. Bakker 1995. Species replacement in the bryophyte layer in mires: the role of water type, nutrient supply and interspecific interactions. *Journal of Ecology* 83:1-8.
- Kooijman, A.M. & D.M. Kanne 1993. Effects of water chemistry, nutrient supply and interspecific interactions on the replacement of *Sphagnum subnitens* by *S. fallax* in fens. *Journal of Bryology* 17: 431-438.
- Kooijman, A.M. & L. Hedenäs 2009. Changes in nutrient availability from calcareous to acid wetland habitats with closely related brownmoss species: increase instead of decrease in N and P. *Plant and Soil* 324: 267-278.
- Kooijman, A.M. & M.P.C.P. Paulissen 2006. Acidification rates in wetlands with different types of nutrient limitation. *Applied Vegetation Science* 9: 205-212.
- Kooijman, A.M. & V. Westhoff 1995. Variation in habitat factors and species composition of *Scorpidium scorpioides* communities in NW-Europe. *Vegetatio* 117: 133-150.
- Kooijman, A.M. 1993a. Changes in the bryophyte layer of rich fens as controlled by acidification and eutrophication. Poor rich-fen mosses. *Dissertatie Universiteit Utrecht*. 159 pp.
- Kooijman, A.M. 1993b. On the ecological amplitude of four mire bryophytes; a reciprocal transplant experiment. *Lindbergia* 18: 19-24.
- Kooijman, A.M. 1993c. Causes of the replacement of *Scorpidium scorpioides* by *Calliergonella cuspidata* in eutrophicated rich fens 1. Field studies. *Lindbergia* 18: 78-84.
- Lamers, L.P.M., 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.

- Loeb, R., E. van Daalen, L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs 2007. How soil characteristics and water quality influence the biogeochemical response to flooding in riverine wetlands. *Biogeochemistry* 85: 289–302.
- O'Connell, M. 1981. The phytosociology and ecology of Scragh Bog, Co. Westmeath. *New Phytologist* 87: 139–187.
- Paulissen, M.P.C.P., L. Espasa Besalu, H. de Bruijn, P.J.M. van der Ven & R. Bobbink 2005. Contrasting effects of ammonium enrichment on fen bryophytes. *Journal of Bryology* 27: 109–117.
- Paulissen, M.P.C.P., P.J.M. van der Ven, A.J. Dees & R. Bobbink 2004. Differential effects of nitrate and ammonium on three fen bryophyte species in relation to pollutant nitrogen input. *New Phytologist* 164: 451–458.
- Runhaar, H., M.H. Jalink, H. Hunneman, J.P.M. Witte & S.M. Hennekens 2009. Ecologische vereisten habitattypen. KWR 09–018, 45 pp.
- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff 1995. De Vegetatie van Nederland deel 2. Wateren, moerassen en natte heiden. Opulus press, Uppsala/Leiden.
- Van Belle, J., A. Barendregt, P. Schot & M.J. Wassen 2006. The effects of groundwater discharge, mowing and eutrophication on fen vegetation evaluated over half a century. *Applied Vegetation Science* 9: 195–204.
- Van Diggelen, R., W.J. Molenaar & A.M. Kooijman 1996. Vegetation succession in a floating mire in relation to management and hydrology. *Journal of Vegetation Science* 7: 809–820.
- Van Dobben, H.F., R. Bobbink, A. van Hinsberg & D. Bal 2012. Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000. Alterra-rapport, Wageningen.
- Van Wirdum, G. 1991. Vegetation and hydrology of floating rich fens. Dissertatie Universiteit van Amsterdam.
- Verhoeven, J.T.A., A.M. Kooijman & G. van Wirdum 1988. Mineralization of N and P along a trophic gradient in a freshwater mire. *Biogeochemistry* 6: 31–43.