

Overstroming en vegetatie:

Literatuurstudie over de effecten van overstroming op voedselrijkdom en zuurgraad

F.P. Sival

P.C. Jansen

B.S.J. Nijhof

A.H. Heidema

Alterra-rapport 335

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2002

REFERAAT

F.P. Sival, P.C. Jansen, B.S.J. Nijhof & A.H. Heidema 2002. *Overstroming en vegetatie: Literatuurstudie over de effecten van overstroming op voedselrijkdom en zuurgraad*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 335. 66 blz. 5 fig.; 2 tab.; 1 foto; 115 ref.

Middels een literatuurstudie en aangevuld met kennis van water- en natuurterreinbeheerders betrokken bij lopende onderzoeksprojecten is getracht een beeld te vormen van de bestaande kennis en de kennishiaten. De effecten van inundatie op de redoxpotentiaal, zuurgraad, trofiegraad en de vegetatie worden beschreven. Ook is per fysische geografische eenheid (rivierklei-, laagveen en hogere zandgebieden) beschreven wat het effect is van inundatie. De uitkomsten van deze studie zijn ook gebruikt om kennishiaten te identificeren om zo richting te kunnen geven aan het vervolgonderzoek.

Trefwoorden: Overstroming, nutriënt, zuurgraad, natuurdoeltype, vegetatie associatie

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €18,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 335. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2002 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

| | |
|---|----|
| Woord vooraf | 5 |
| Samenvatting | 7 |
| 1 Inleiding | 11 |
| 1.1 Achtergrond | 11 |
| 1.2 Doel | 13 |
| 1.3 Aanpak | 13 |
| 1.4 Leeswijzer | 14 |
| 2 Effecten van overstroming door oppervlaktewater | 15 |
| 2.1 Inleiding | 15 |
| 2.2 Effecten van inundatie | 16 |
| 2.3 Effecten van toevoer van stoffen | 20 |
| 3 Effecten van overstroming per gebiedsregio | 23 |
| 3.1 Rivierkleigebieden | 23 |
| 3.1.1 Inleiding | 23 |
| 3.1.2 Effecten op standplaatscondities | 23 |
| 3.1.3 Gevolgen voor de vegetatie | 25 |
| 3.2 Laagveengebieden | 27 |
| 3.2.1 Inleiding | 27 |
| 3.2.2 Effecten op standplaatscondities | 28 |
| 3.3 Beekdalen | 28 |
| 3.3.1 Inleiding | 28 |
| 3.3.2 Effecten op standplaatscondities | 29 |
| 3.3.3 Gevolgen voor de vegetatie | 30 |
| 4 Discussie | 33 |
| 5 Conclusies en Aanbevelingen | 35 |
| 5.1 Conclusies | 35 |
| 5.2 Aanbevelingen vervolgonderzoek | 37 |
| Literatuur | 39 |
| Bijlagen | |
| 1 Rivierkleigebieden | 49 |
| 2 Laagveengebieden | 53 |
| 3 Beekdalen | 55 |

Woord vooraf

Het klimaat in Nederland zal de komende decennis aanzienlijk veranderen. Die verandering zal zich uiten in nattere winters, drogere zomers en een stijgende zeespiegel. Tegelijkertijd daalt de Nederlandse bodem. Omstandigheden met extreem grote wateraanvoer en extreem kleine wateraanvoer zullen vaker optreden. In een land als Nederland, ingegeklemd tussen de zee en de uitloop van vier grote rivieren leidt dit tot grote problemen. Om wateroverlast tegen te gaan in benedenstroomse gebieden-en om verdroging te bestrijden- zal het noodzakelijk zijn om het water langer vast te houden en de berging in rivier-, in beekdalen of in polders te vergroten (zie ook Advies Commissie Waterbeheer 21^{ste} eeuw). Wat de effecten daarvan zullen zijn voor bestaande en te ontwikkelen vegetatie is echter onduidelijk. Een van de belangrijkste kennislücken waar het gaat om de effecten van waterberging op de vegetatie betreft de invloed die overstromingen hebben op de productiviteit en zuurgraad van standplaatsen van halfnatuurlijke terrestrische vegetaties. Gezien de slechte oppervlaktewaterkwaliteit in grote delen van Nederland bestaat het risico dat eutrofiering optreedt en vooral vegetatie van voedselarme omstandigheden een groot risico lopen.

De kennis over de gevolgen van overstroming voor de standplaatscondities, voedingstoestand en de pH, voor de vegetatie ontbreekt op dit moment volledig binnen Nederland. Zelfs elementaire vragen, zoals de vraag of de productiviteitstoename bij overstroming vooral wordt bepaald door nutriënteninput via slibsedimentatie of door uitwisseling van nutriënten tussen bodem en oppervlaktewater, kan momenteel niet worden beantwoord.

Het onderzoek is uitgevoerd in 2001 middels een literatuurstudie en informatie verzameld bij water- en natuurterreinbeheerders in het binnen- en buitenland. Omdat het onderzoek zich met name richt op onderliggende processen zal het verkennende onderzoek vrij breed worden opgezet en zal niet bij voorbaat een inperking tot een bepaald gebiedstype plaatsvinden. Het studiegebied beperkt zich niet alleen tot de beekdalen in de zandgebieden maar ook de laagveen- en rivierkleigebieden worden meegenomen in het onderzoek.

Aan de verschillende medewerkers van water- en natuurterreinbeheerders zijn we veel dank verschuldigd voor de informatie en contacten die zij ons gegeven hebben. Daarbij willen wij onze collega's J. Runhaar en W. Knol bedanken voor hun kritische suggesties en enthousiaste bijdragen.

Samenvatting

Om wateroverlast tegen te gaan in benedenstroomse gebieden-en om verdroging te bestrijden- zal het noodzakelijk zijn om het water langer vast te houden en de berging in rivier- , in beekdalen of in polders te vergroten. Wat de effecten daarvan zullen zijn voor bestaande en te ontwikkelen vegetatie is echter onduidelijk. Een van de belangrijkste kennishiaten waar het gaat om de effecten van waterberging op de vegetatie betreft de invloed die overstromingen hebben op de productiviteit en zuurgraad van standplaatsen van halfnatuurlijke terrestrische vegetaties. Gezien de slechte oppervlaktewaterkwaliteit in grote delen van Nederland bestaat het risico dat eutrofiering optreedt. Naast 'externe' eutrofiering door aanvoer van fosfaat, kali en stikstof kan als gevolg van de kalkrijk en sulfaatrijk overstromingswater versnelde afbraak van organisch materiaal optreedt, resulterend in interne eutrofiering. Het is nodig om de potenties en risico's voor aanwezige en te ontwikkelen vegetaties in beeld te brengen.

Projectdoelstellingen waren:

- Inzicht in de bestaande kennis over de relaties tussen waterkwantiteit, waterkwaliteit, slibdepositie, voedselrijkdom, zuurbuffering en vegetatie.
- Kennis over achterliggende processen om dosis-effectrelaties op te kunnen stellen voor de relatie overstroming-waterkwaliteit-productiviteit/zuurgraad-soortensamenstelling.
- Inschatting wat de mogelijkheden zijn voor natuurontwikkeling in overstroomde zand- veen- en kleigebieden; waterkwantiteit en -kwaliteit – voedselrijkdom en zuurbuffering - vegetatie
- Een kwalitatief of semi-kwantitatief overzicht van de mogelijkheden om natuurdoeltypen te realiseren bij overstroming van oppervlaktewater, dat bruikbaar moet zijn om op korte termijn toch uitspraken te kunnen doen over de mogelijke risico's of potenties van overstroming.
- Inzicht in kennishiaten, met aanbevelingen op welke wijze deze hiaten op te vullen.

Middels een literatuurstudie en aangevuld met kennis van water- en natuurterreinbeheerders betrokken bij lopende onderzoeksprojecten is getracht een beeld te vormen van de bestaande kennis en de kennishiaten. De effecten van inundatie op de redoxpotentiaal, zuurgraad, trofiegraad en de vegetatie worden beschreven. Ook is per fysische geografische eenheid (rivierklei-, laagveen en hogere zandgebieden) beschreven wat het effect is van inundatie. De uitkomsten van deze studie zijn ook gebruikt om kennishiaten te identificeren om zo richting te kunnen geven aan het vervolgonderzoek.

Trofietoestand

Overstroming kan op een indirecte manier de voedselrijkdom beïnvloeden. Door overstroming veranderen de bodemcondities: het vochtgehalte neemt toe, de redoxpotentiaal daalt en de hoeveelheid zuurstof neemt af.

Overstroming kan ook een bron zijn van voedingsstoffen. Door overstroming vindt aanvoer van N, P en K plaats in opgeloste en in gebonden vorm aan bodemdeeltjes. Onbekend is hoeveel nutriënten in opgeloste en hoeveel in gebonden vorm achterblijven na overstroming. Tevens is onbekend hoeveel de bijdrage is van nutriënten uit het oppervlaktewater ten opzichte van ander bronnen als atmosferische depositie en bodemprocessen.

Bij overstroming sedimenteert organische stof wat kan bijdragen aan de aanvoer van nutriënten. Voor een aantal rivieren is bekend hoeveel organische stof sedimenteert. Onbekend is de bijdrage aan nutriënten in de organische stof. In laagveengebieden of beekdalen is onbekend hoeveel organische stof of andere zwevende delen sedimenteren.

Onduidelijk is welke eisen aan de waterkwaliteit gesteld moeten worden om overstroming voor natuurbeheerders aanvaardbaar te maken. De hoeveelheid aanvoer van opgeloste nutriënten is afhankelijk van de concentraties in het oppervlaktewater. De huidige waterkwaliteitsnormen (N = 2,2 mg/l en P = 0,15 mg/l) zijn gebaseerd op aquatische doelstelling en zijn niet direct overdraagbaar naar overstroomde terrestrische standplaatsen. Bovendien is niet duidelijk hoe belangrijk de aanvoer van in het water opgeloste stoffen is. Het is goed mogelijk dat -althans in sommige situaties- de hoeveelheid slib aangevoerde nutriënten kwantitatief veel belangrijker is dan de hoeveelheid die in opgeloste vorm wordt aangevoerd.

Onbekend is tot welke waarde (norm) een vegetatietype geen schade ondervindt. Uit correlatieve studies is wel kwalitatief bekend dat voedselarme vegetatietypen meer schade ondervinden dan voedselrijke. Bij hoge voedselrijkdom neemt ook het aantal soorten af.

De inundatie die optreedt bij overstroming kan ook van invloed zijn op de voedselrijkdom. De mineralisatie neemt af als de bodem verzadigd is of neemt juist toe wanneer de bodem nog onverzadigd is. Toename van de hoeveelheden nutriënten door mineralisatie wordt gemeten na overstroming in de Horstermeer in een klei op veengebied.

Bij overstroming van oppervlaktewater moet naast het gehalte aan nutriënten gekeken worden wat het gehalte aan sulfaat en carbonaat verbindingen is. Overstroming met sulfaatrijk en alkalische oppervlaktewater zoals Rijnwater moet worden vermeden in laagveensystemen en in grondwatergevoede systemen vanwege de kans op interne eutrofiëring: toename van vrijkomen van P. Over de kwantitatieve bijdrage van P toename door interne eutrofiering is in laagveengebieden meer bekend dan in rivierkleigebieden en beekdalen.

Zuurgraad

Een algemeen gevolg van overstroming is dat de pH in het algemeen meer neutraal zal worden. Bevat het overstroomde oppervlaktewater Ca of Mg dan wordt de buffercapaciteit groter van de bodem en zal de bodem niet verzuren. Rijn en Maaswater is over het algemeen kalkrijker dan beekwater en kan dus een goede bron zijn om de kalk- en basenrijkdom op peil te houden.

Overstromingsduur en -frequentie

De overstromingsduur, gekoppeld aan de invloed van beheer heeft een belangrijke invloed op de soortensamenstelling. Algemeen kan gesteld worden dat de overstromingsduur negatief gecorreleerd is met het aantal soorten. Het frequent voorkomen van langdurige overstromingen (vanaf 80 dagen per jaar) geeft aanleiding tot het ontstaan van soortenarme rompgemeenschappen. Voorbeelden zijn soortenarme moerasvegetaties met Liesgras, Kalmoes of Riet. Natte voedselrijke natuurgebieden hebben alleen baat bij van nature voorkomende, regelmatige overstromingen, maar niet bij incidentele extreme overstromingen. In tegenstelling tot de soortenrijkdom die afneemt in de richting van de rivier, neemt de biomassa-productie toe. Dit komt overeen met de vuistregel binnen kruidachtige: hoe productiever de vegetatie, hoe soortenarmer de vegetatie wordt.

De periode waarin de overstroming plaatsvindt is in grote mate belangrijk voor het voorkomen van vegetaties. Overstromingen die plaatsvinden in de periode mei tot en met augustus hebben waarschijnlijk de grootste invloed op de vegetaties. Het op grote schaal bergen van oppervlaktewater in rivier- en beekdalensystemen brengt het risico met zich mee dat de bestaande natuurgebieden door eutrofiering sterk in natuurwaarde zullen achteruitgaan en dat de resultaten van natuurontwikkeling elders ernstig zullen tegenvallen. De huidige slechte waterkwaliteit vormt daarmee een knelpunt voor de optimalisatie van het waterbeheer.

De gevolgen van overstroming zullen in de beekdalen van de zandgebieden het grootst zijn. De beekdalen nemen een centrale rol in bij zowel plannen voor waterberging en -buffering, anti-verdrogingsmaatregelen, als bij natuurontwikkeling (natte schraalgraslanden en broekbossen). Het rivierengebied is van nature al vrij eutroof en hier zijn ook minder veranderingen door overstroming met oppervlaktewater te verwachten. In laagveengebied is de omvang van de problemen afhankelijk van de manier waarop waterberging wordt ingevuld.

Aanbevelingen vervolgonderzoek

Een kwantitatieve onderbouwing van de relatie tussen de vegetatie en overstroming is noodzakelijk. Onderzoeks aandacht moet besteed worden aan:

- De hoeveelheid N, P en K in opgeloste en gebonden vorm met het oppervlaktewater wordt aangevoerd dat achterblijft na overstroming, in relatie tot de bijdrage uit interne processen en andere bronnen. Kennis hiervan is noodzakelijk omdat met bodemdeeltjes nutriënten zullen neerslaan.
Wat is het belang van in gebonden vorm aangevoerde nutriënten ten opzichte van op de in opgeloste vorm? Wat is de belangrijkste aanvoerroute?
- De vraag is welke eisen aan de waterkwaliteit (normen voor N, P K, kalk en sulfaatgehalte) gesteld moeten worden om overstroming voor natuurbeheerders aanvaardbaar te maken. Helaas valt daarop op dit moment geen eenduidig

antwoord te geven. Dus de normering van waterkwaliteit in relatie tot vegetatie doel in rivierkleigebied/laagveen en beekdal.

Wat is de norm van het N, P K, kalk en sulfaatgehalte van het overstromde oppervlaktewater voor de doelvegetatie van natuurbeheerders?

- Op korte termijn vormt vooral het gebrek aan kennis over mogelijke risico's een beperkende factor in de planvorming en planuitvoering. Het verdient aanbeveling om een vergelijkend onderzoek te doen naar de effecten van overstroming op locaties waar nu regelmatig overstroming plaatsvinden, om zo een indruk te krijgen van de relatie tussen overstromingsduur, water- en slibkwaliteit, sedimentatie, productiviteit en soortensamenstelling van de vegetatie.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Het klimaat in Nederland zal de komende decennis aanzienlijk veranderen (Min V&W 2000). Die verandering zal zich uiten in nattere winters, drogere zomers en een stijgende zeespiegel. Tegelijkertijd daalt de Nederlandse bodem. Omstandigheden met extreem grote wateraanvoer en extreem kleine wateraanvoer zullen vaker optreden. In een land als Nederland, ingegeklemd tussen de zee en de uitloop van vier grote rivieren leidt dit tot grote problemen. De grootste zorg is het overstromen of doorbreken van waterkeringen langs de kust, de Rijn en de Maas of in het IJsselmeergebied. Dit kan leiden tot overlopen van onbedijkte rivieren, beken of sloten of zeer hoge grondwaterstanden. In de notitie 'Aanpak Wateroverlast' wordt een onderzoek naar het waterbeheer in de 21^e eeuw aangekondigd.

De staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat en de voorzitter van de Unie van Waterschappen hebben hiertoe in het voorjaar van 1999 de Commissie Waterbeheer 21^e eeuw ingesteld. Als taak kreeg de Commissie te 'adviseren over de wenselijke aanpassingen in de waterhuishoudige inrichting van ons land, met aandacht voor de gevolgen van klimaatverandering, zeespiegelstijging en bodemdaling'.

In het Advies van de Commissie Waterbeheer 21^e eeuw (2000) adviseert de commissie de overheid voor een beleid dat water de ruimte geeft. Daarin speelt de commissie in op toekomstige klimaatveranderingen (zeespiegelstijging, meer regen in korte tijd en daardoor hogere rivierafvoeren) en intensiever gebruik van de grond (bodemdaling en verzilting en verdroging van de bodem). Dit is nodig om ernstige wateroverlast en watertekort zo veel mogelijk te voorkomen. De commissie bepleit een 'drietrapsstrategie' bij de inrichting van watersystemen: eerst water vastgehouden, vervolgens bergen en zo nodig afgevoeren. Voor het bufferen (vasthouden) en bergen van water is veel ruimte nodig. Het kabinet heeft aangegeven dat waar mogelijk een koppeling wordt gelegd tussen waterbeheer en ander functies. Zo zullen de mogelijkheden voor waterberging en waterbuffering binnen zowel agrarische gebieden als natuurgebieden in de toekomst worden benut.

Om de gevolgen van toegenomen neerslag op te kunnen vangen is er in de toekomst behoefte aan een aanzienlijke oppervlakte aan waterbergingsgebieden. Omdat ruimte in Nederland schaars is zal deze berging dienen plaats te vinden in gebieden die ook voor andere doeleinden worden gebruikt. Daarbij wordt met name gedacht aan combinatie met de functies landbouw en natuur. Zoals aangegeven door de Raad van het Landelijk Gebied (2001) is het echter geen uitgemaakte zaak dat deze functies goed combineerbaar zijn: "de mogelijkheden voor functiecombinatie met bestaande natuur en landbouw, zonder aantasting van de daarbij vigerende doelstellingen, mogen niet te hoog worden ingeschat". In sommige situaties kan waterberging zelfs strijdig zijn met de Vogel- en Habitatrichtlijn, de NB-wet en de flora- en fauna-wet. In de praktijk betekent dat om wateroverlast tegen te gaan in benedenstroomse gebieden-en om verdroging te bestrijden- het noodzakelijk zal zijn om het water

langer vast te houden en de berging in rivier-, in beekdalen of in polders te vergroten. Wat de effecten daarvan zullen zijn voor bestaande en te ontwikkelen vegetatie is echter onduidelijk. Een van de belangrijkste kennisvragen waar het gaat om de effecten van waterberging op de vegetatie betreft de invloed die overstromingen hebben op de productiviteit en natuurwaarden van halfnatuurlijke terrestrische vegetaties.

In een aantal recente studies zijn de mogelijkheden van waterberging voor de natuur beschreven (Querner e.a. 2001; Platteeuw & Iedema 2000). Daarin beschrijft Querner e.a. (2001) het effect van verschillende overstromingsregimes (overstromingslaag en -duur) voor natuurdoeltypen en fauna. Platteeuw & Iedema (2000) gaven een ruimtelijk beeld van de mogelijkheden in Nederland voor toekomstige ontwikkeling van natte natuur. De effecten van aanvoer van stoffen op vegetatietypen of soorten zijn niet meegenomen in deze studies, zodat geen uitspraken gedaan kunnen worden wat de toevoer van nutriënten en zuurbuffering is.

Deze kennis is zeer beperkt omdat het beleid de afgelopen tientallen jaren gericht is geweest op het reguleren van peilen en het tegengaan van overstromingen. De meeste kennis over de relatie overstroming-vegetatie heeft betrekking op het uiterwaardengebied, waar de overstromingsduur algemeen wordt gebruikt om de samenstelling van de vegetatie te voorspellen. Daarbij wordt echter gebruik gemaakt van zuiver correlatieve relaties tussen overstromingsduur en vegetatiesamenstelling, waarbij niet duidelijk is in hoeverre en op welke wijze de gevonden relaties samenhangen met processen als nutriëntenaanrijking en zuurbuffering. De relaties zijn dus niet overdraagbaar naar andere gebieden dan de uiterwaarden en naar situaties waarin de waterkwaliteit anders is dan de huidige. Om effecten van overstroming met al dan niet vervuild water te kunnen voorspellen dienen dus ofwel nieuwe correlatieve relaties te worden bepaald, door een groot aantal systemen die verschillen in waterkwaliteit en overstromingsduur met elkaar te vergelijken, ofwel is mechanistische kennis nodig over de wijze waarop overstromingen van invloed zijn op de zuurgraad en nutriëntengehaltes van terrestrische standplaatsen en de productiviteit van de vegetatie.

In het rapport worden de volgende termen gebruikt:

| Term | beschrijving |
|--------------|--|
| Inundatie | Het onder water komen te staan van de bodem agv aanvoer van regen-, grond- en oppervlaktewater |
| Vernatting | Toename van het vochtgehalte van de bodem agv aanvoer van regen-, grond- en oppervlaktewater |
| Overstroming | Het onder water komen te staan van de bodem agv aanvoer van oppervlaktewater + slib |
| Bevloeiing | vernatten of inundatie agv bewuste en gecontroleerde toevoer van oppervlaktewater via greppels of peilverhoging van de waterloop |

1.2 Doel

De studie heeft als doel een overzicht te geven van de bestaande kennis en kennishiaten over het effect van de overstroming op standplaatscondities voor de bestaande en te ontwikkelen vegetatie. Speciale aandacht wordt besteed aan de relatie tussen overstroming en de toevoer van stoffen en de productiviteit en de natuurwaarde van de vegetatie. Bij de combinatie waterberging en natuur kunnen mogelijk problemen optreden en op dit gebied is relatief weinig bekend. Deze studie dient dan ook duidelijk te maken op welke punten aanvullende onderzoek gewenst is, en hoe dit het beste uitgevoerd kan worden.

Projectdoelstellingen zijn:

- Inzicht in de bestaande kennis over de relaties tussen waterkwaliteit, slibdepositie, voedselrijkdom, zuurbuffering en vegetatie in overstroomde zand- veen- en rivierkleigebieden.
- Kennis over achterliggende processen om dosis-effectrelaties op te kunnen stellen voor de relatie overstroming-waterkwaliteit-productiviteit/zuurgraad-soortensamenstelling.
- Overzicht van kennishiaten, met aanbevelingen op welke wijze deze hiaten op te vullen.
- Een kwalitatief of semi-kwantitatief overzicht van de mogelijkheden om natuurdoeltypen te realiseren bij overstroming van oppervlaktewater, dat bruikbaar moet zijn om op korte termijn toch uitspraken te kunnen doen over de mogelijke risico's of potenties van overstroming.

1.3 Aanpak

Middels een literatuurstudie en het verzamelen van praktijkinformatie bij water- en natuurterreinbeheerders is nagegaan of in het binnen- en buitenland kennis voorhanden is over de gevolgen van overstroming op de standplaatsfactoren zuurgraad en voedselrijkdom.

Omdat het onderzoek zich met name heeft gericht op onderliggende processen is het verkennende onderzoek vrij breed opgezet en is niet bij voorbaat een inperking tot een bepaald gebiedstype plaatsgevonden. Het studiegebied heeft zich beperkt tot de beekdalen in de zandgebieden, ook de laagveen- en rivierkleigebieden zijn meegenomen in het onderzoek.

Als resultaat van deze studie staat in dit rapport de bevindingen van de literatuurstudie beschreven. Het rapport bevat een overzicht van de bestaande kennis, lopende overstromings-projecten en onderzoeksgroepen en de mogelijke kennishiaten. Uit de kennishiaten worden suggesties gedaan voor onderzoeksvragen en uit te voeren vervolgonderzoek.

1.4 Leeswijzer

Het rapport begint met een hoofdstuk waarin de processen worden beschreven die een gevolg zijn van overstroming. Inundatie en toevoer van stoffen beïnvloeden de voor de vegetatie relevante standplaatscondities. In hoofdstuk 3 zal worden beschreven in hoeverre deze processen spelen en wat de specifieke gevolgen van overstroming zijn per fysische geografische eenheid. De te onderscheiden eenheden zijn: rivierklei-, laagveengebieden en de hogere zandgronden met de beekdalen. Centraal staat een beschrijving van de effecten van overstroming op de voedselrijkdom en de zuurgraad van de bodem. Naast de samenstelling van het overstromingswater zijn de factoren overstromingsduur en -frequentie van invloed op de standplaatsfactoren voor de karakteristieke vegetatie van elk systeem. Hoofdstuk 4 beschrijft de discussie uit de voorgaande hoofdstukken met de nadruk op de bestaande kennis en de kennishiaten. Tot slot worden in hoofdstuk 5 de conclusies en de aanbevelingen voor vervolgonderzoek beschreven.

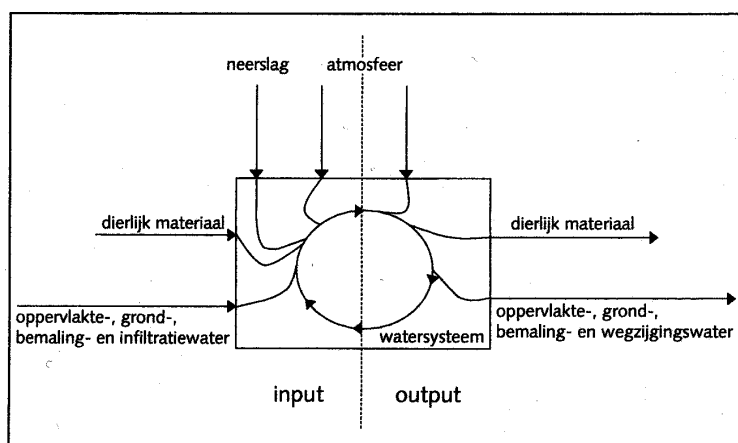
2 Effecten van overstroming door oppervlaktewater

2.1 Inleiding

Overstroming van oppervlaktewater is niet alleen rechtstreeks van invloed op de vegetatie door een verminderde beschikbaarheid van licht, zuurstof en fysieke beschadiging maar heeft ook indirect effect door veranderingen in standplaatscondities. De effecten van overstroming kunnen onderscheiden worden in de effecten van inundatie en de effecten van toevoer van stoffen. Inundatie heeft gevolgen voor de vocht- en zuurstofhuishouding, interne bodemprocessen als mineralisatie en redox-processen. Het verandert op een indirecte manier de pH of de voedingstoestand van de bodem. De toevoer van stoffen verandert op een directe manier de hoeveelheid en samenstelling van de nutriënten in de bodem. De aanvoer van stoffen kan in opgeloste vorm of gebonden aan bodemdeeltjes via sedimentatie (zie foto 1).



Foto 1: Overstroming van de Neder-Rijn bij Rhenen in maart 2002. Links overstroming van Neder-Rijn water zonder slib. Rechts inundatie.



Figuur 1: Overzicht input-output processen van de nutriëntenbalans binnen een watersysteem (Uit: Wienk e.a., 2000).

De nutriëntenbalans omvat de totale instroom van nutriënten (input) verminderd met de totale uitstroom van nutriënten (Figuur 1; Wienk e.a. 2000). Nutriënten worden aan- en afgevoerd via de waterstromen (neerslag, oppervlakte- en grondwater) en. Indirect wordt de nutriëntenhuishouding beïnvloed doordat nutriënten vrijkomen als gevolg van inundatie. De retentietijd van het water beïnvloedt de mate waarin de samenstelling van het water verandert. Bij een lange retentie zijn de veranderingen groter dan wanneer het water zeer kort in het systeem verblijft (Wienk e.a. 2000; Van Oorschot 1996; Scheffer 1998; Meuleman 1999).

2.2 Effecten van inundatie

Vochtgehalte

Door inundatie neemt het vochtgehalte van de bodem toe (Wassen 1996; Hooijer 1996). Indien de grondwaterstand reeds aan het maaiveld staat op het tijdstip van inundatie (voorjaar situatie) zal er echter nauwelijks meer oppervlaktewater in de bodem kunnen dringen. Indien de grondwaterstand gedurende de zomer diep wegzakt, zal een groot deel van het oppervlaktewater in de bodem geborgen kunnen worden. Het effect van inundatie op het vochtgehalte is op zware kleigrond sterker dan op zandgrond (Scheper & Van der Zee 1986). Na afloop van een inundatie droogt een zandgrond sneller op zodat de wortels minder lang in een zuurstofarme omgeving verblijven. Voor situaties waarin open waterstanden afwisselend hoger en lager staan dan het grondwater kan voeding danwel drainage optreden (Hoogendoorn e.a. 1996).

De duur en de frequentie van inundatie is bepalend voor het plaats vinden van de hierboven beschreven processen en voor het overleven van planten (Wienk e.a. 2000). Als een gebied eenmalig inundeert zullen de gevolgen groot zijn, maar niet onomkeerbaar. Wanneer de bodem niet te lang geïnundeerd is b.v. enkele weken in het winterseizoen, dan zal na droogvallen het systeem waarschijnlijk naar zijn oorspronkelijke staat terugkeren. Als een drassige bodem inundeert zullen de veranderingen minder groot zijn omdat de bodem en de vegetatie tot op zekere hoogte waren aangepast aan anaërobe omstandigheden (Wienk e.a. 2000).

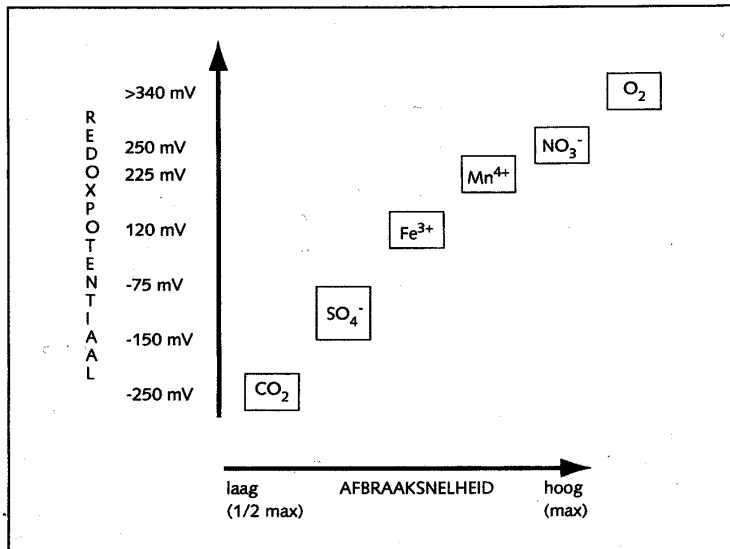
Redoxpotentiaal en zuurstofgehalte

Inundatie werkt indirect in op de zuurstofhuishouding in de bodem (Duel 1991; Wienk e.a. 2000). Na inundatie neemt de zuurstofconcentratie af en daalt de redoxpotentiaal (Blom e.a. 1994; Duel 1991; Wienk e.a. 2000; Baldwin & Mitchell 2000). Dit proces kan al in enkele uren tot enkele dagen geschieden (Mitsch & Gosselink 1993). In situaties waarbij voor de inundatie de waterstand onder het maaiveld staat zal de zuurstofhuishouding het sterkst veranderen (Savant & Ellis Jr. 1964; Van Oorschot 1996; Meuleman 1999; Armstrong 1978; Gambrell & Patrick Jr. 1978; Blom & Voesenek 1996). De snelheid waarmee de redoxpotentiaal daalt hangt af van de snelheid waarmee depletie van zuurstof plaatsvindt, van de hoeveelheid organisch materiaal in de bodem en de hoeveelheid reduceerbare componenten in de bodem. Ook de bodemtextuur bepaalt de aëratie (zuurstofhuishouding) omdat deze het vochthoudend vermogen en de capillaire opstijgingskarakteristiek bepaalt (Dirksz e.a. 1990). Verder hangt de depletie van zuurstof af van de zuurstofconsumptie door wortels van planten en micro-organismen en neemt toe bij stijgende temperatuur (Gries e.a. 1990; Blom & Voesenek 1996). Daarnaast consumeert chemische oxidatie ook zuurstof (Reddy & Patrick 1984). De zuurstofaanvoer bepaalt in belangrijke mate in hoeverre de bodem anaëroob wordt.

De redoxdynamiek is tevens afhankelijk van het seizoen. In november is de redoxpotentiaal lager en daalde deze minder na inundatie dan in september (Meuleman 1999). Daarnaast wordt de redox-potentiaal beïnvloedt door de zuurgraad. De processen zullen niet overal in de bodem even snel/langzaam verlopen door de heterogeniteit.

Bij een redoxpotentiaal onder de + 300mV wordt de bodem anaëroob genoemd (Reddy & Patrick 1984; Figuur 2). Vanaf dit punt wordt nitraat instabiel. Als de redoxpotentiaal daalt dan zal eerst nitraat worden gereduceerd (denitrificatie). In volgorde van dalende redoxpotentiaal worden na nitraat, mangaan (4^+), ijzer (3^+), sulfaat en uiteindelijk koolstof gereduceerd tot respectievelijk stikstofgas en stikstofoxide, Mn^{2+} , Fe^{2+} , sulfide en methaan. Hoewel theoretisch bij een bepaalde redoxpotentiaal slechts een van deze stoffen gebruikt worden, vinden veelal verschillende van deze reacties tegelijkertijd plaats als gevolg van de heterogeniteit van de bodem. Bij elke redoxreactie wordt organische stof afgebroken.

Mitsch & Gosselink (1993) beschrijven een patroon van veranderingen in de tijd in de volgende volgorde: (a) O_2 afname, (b) NO_3 afname (tot NH_4 , N_2O , of N_2), (c) geleidelijke toename van NH_4 en PO_4 , (d) reductie van het relatief onoplosbare Mn^{3+} (resultierend in een toename van het meer oplosbare Mn^{2+}), en (e) afname van het relatief onoplosbare Fe^{3+} (toename in Fe^{2+}).



Figuur 2: De afbraaksnelheid in relatie tot de redoxpotentiaal (Uit: Wienk e.a. 2000).

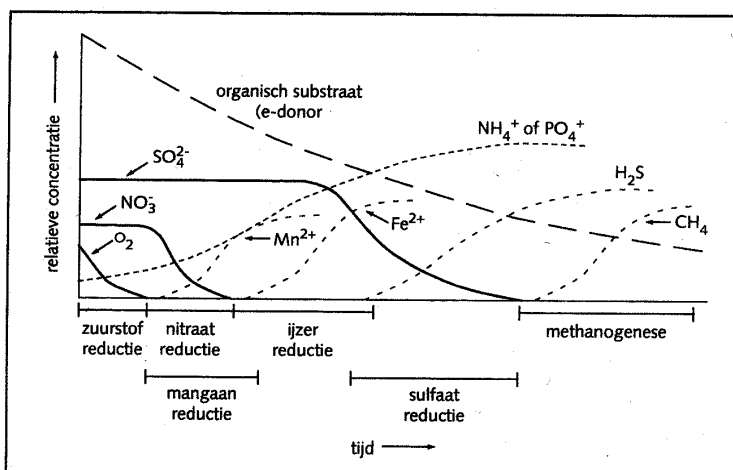
Zuurgraad

Een gevolg van inundatie is dat de zuurgraad kan veranderen. In welke richting deze verandert hangt af van de waarde voor de inundatie. In het algemeen wordt gesteld dat de pH meer neutraal zal worden (Reddy & Patrick 1984; Mitsch & Gosselink 1993; Van Oorscot 1996). Het bufferend carbonaatsysteem kan een deel van de veranderingen opvangen. Ook stromend water kan deze pH-daling door afvoer van H^+ tegengaan (Van den Berg & Loch 1995; Sparling 1966; King 1985).

De zuurgraad en redox-potentiaal beïnvloeden elkaar doordat bij de meeste reductieprocessen H^+ wordt gebruikt (Gambrell & Patrick Jr. 1978). Jugsujinda & Patrick (1977) vonden een zowel in de aërobe als anaërobe laag geldende correlatie tussen de twee: hoe hoger de pH, hoe lager de redox-potentiaal.

Trofietoestand

Naast reductie van enkele stoffen (Figuur 2) heeft inundatie invloed op de afbraak van organische stof en het beschikbaar komen van nutriënten (Figuur 3).



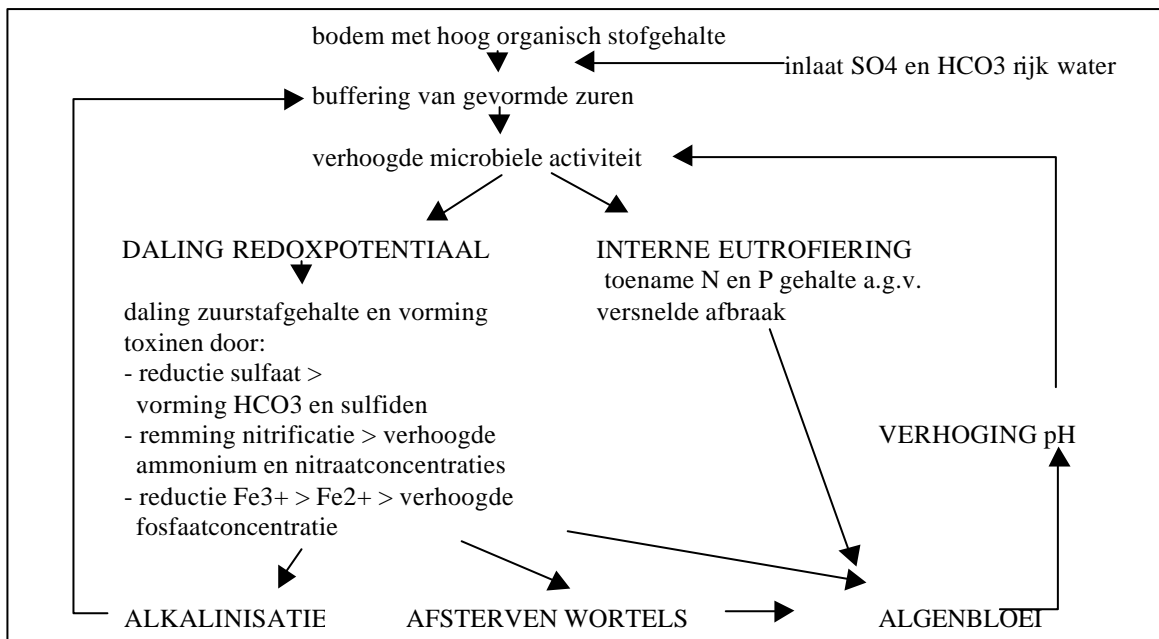
Figuur 3: Veranderingen in de bodemprocessen na overstrooming van de bodem (Mitsch & Gosselink 1993, Uit: Wienk e.a. 2000)

Door inundatie zal er een verschuiving optreden van aërobe afbraak naar anaërobe afbraak van organisch materiaal. De anaërobe afbraak is minder efficiënt waardoor organische stof zal accumuleren (Novitzki 1978; Mitsch & Gosselink, 1993; Van Oorschot 1996). Over het algemeen geldt dat de accumulatie van organisch materiaal toeneemt wanneer een onder water staat. De hoeveelheid N en P gebonden aan de organische stof zal ook minder vrijkomen.

Op den duur zal na een overstroming (anaërobe omstandigheden) de totale stikstofbeschikbaarheid lager zijn dan in aërobe situaties. Denitrificatie wordt ook geremd en uiteindelijk gelimiteerd door de lage beschikbaarheid van nitraat. In een geïnundeerde bodem zal de beschikbare stof verschuiven van de nitraat- naar ammoniumvorm (Williams 1974; Patrick Jr. & Reddy, 1976; Reddy & Patrick Jr., 1984; Meuleman 1999; Vymazal 1999). Uiteindelijk verandert de vorm waarin stikstof beschikbaar is van nitraat naar ammonium.

In zeer droge uitgangssituaties kan inundatie de afbraak van organische stof bevorderen. Onder initiële droge omstandigheden verloopt de mineralisatie traag in droge Dinkelgraslanden (Hommel e.a. 1996). Bij vernatting door bijvoorbeeld overstroming neemt de mineralisatie toe. Het moment van inundatie speelt een belangrijke rol. De meeste processen in de nutriëntenkringloop zijn een (direct of indirect) resultaat van microbiële activiteiten. Deze microbiële activiteiten zijn zeer afhankelijk van temperatuur en nemen normaal gesproken toe bij een toename van de temperatuur tot een maximum is bereikt. Derhalve wordt verwacht dat inundatie in de zomer en winter een ander effect zullen hebben op de nutriëntenkringloop (Baldwin & Mitchell 2000).

Gevolgen van inundatie voor fosfaat is dat ijzer gereduceerd zal worden waardoor fosfaat vrijkomt. (Wienk e.a., 2000). Naarmate het oppervlaktewater sulfaatrijker is kan er meer fosfaat vrijkomen (Figuur 4; Lamers e.a. 1996; Lamers 2001). Het sulfaat verdringt het gebonden ijzer van P (Lamers e.a. 1996; Hommel e.a. 1996). De hoeveelheid fosfaat dat vrijkomt is groter naarmate de bodem meer ijzer bevat (Hommel e.a. 1996). Het vrijkomen van P bij inundatie met sulfaatrijkwater werd bevestigd door Beltman e.a. (2000) die een potproef uitvoerde met de testplant reukgras (*Anthoxanthum odoratum*) met verhoogde concentraties aan chloride (3 mmol_c/l NaCl) en aan sulfaat (3 mmol_c/l Na₂SO₄) oppervlakterwater. De inundatie resulteerde in een verhoogde biomassa-productie en verhoogde opname van P door reukgras, meer in de potproef met sulfaatrijkwater dan met chloriderijkwater. De opname van N bleef gelijk.



Figuur 4: Pedogenetische processen in laagveensystemen als gevolg van inlaat van sulfaat- en bicarbonaatrijk water (Uit: Cals en Roelofs (1990).)

2.3 Effecten van toevoer van stoffen

Overstroming heeft grote effecten op de nutriëntenhuishouding in de bodem. De samenstelling van het water bepaald de toevoer van nutriënten op een directe manier. De nutriënten worden in opgeloste en gebonden aan de vaste fase aangevoerd. Met de vaste fase wordt aan het slib voornamelijk K en P en aan de organische stof voornamelijk N, P en K aangevoerd.

Toevoer in opgeloste vorm

De toevoer van nutriënten vanuit het oppervlaktewater is afhankelijk van de concentraties aan N, P en K in het oppervlaktewater (Tabel 1; § 3.1.3). De hoeveelheid P wordt gemeten als ortho fosfaat en totaal fosfaat en N als nitraat en nitriet (Zwolsman, 1996). De waterkwaliteitsnormen van P en N zijn voor N=2,2 mg/l en voor P=0.15 mg/l (zie Tabel 1).

De kwaliteit van het instromende water heeft ook een duidelijke invloed op de pH in de bodem. Bevat het geïnundeerde water bufferende stoffen (bicarbonaten) dan zal de pH hoger worden. Bij overstoming met kalkrijk water is vooral het aan het slibdeeltjes gebonden calcium van belang (Hommel e.a. 1996). In geïnundeerde bodems met regenwater is de pH lager dan in bodems welke geïnundeerd worden met grondwater dat rijk is aan bicarbonaat. Met rivierwater geïnundeerde bodems nemen een tussenpositie in (Koerselman & Verhoeven 1993).

Sedimentatie en erosie in watersystemen

Onder sedimentatie wordt het proces van bezinken van organische stof en anorganische deeltjes verstaan, waardoor sediment wordt afgezet. Het type sediment is van belang bij de kringlopen in het systeem vanwege de nutriëntadsorberende eigenschappen (King 1985). Door erosie komen de deeltjes weer in het oppervlaktewater terecht.

Afhankelijk van het traject van een rivier of beek zal er sedimentatie plaatsvinden. De *middenloop* wordt t.o.v. de bovenloop gekenmerkt door een verhoogde aanvoer van diepere kwel en een toename van de hoeveelheid over korte afstanden aangevoerd water. Hier kan in periode van hoge afvoer overstroming van de oevers optreden. Bij overstromingen ontstaan oeverwallen en daarachter gelegen tijdelijk of permanente laagtes. In de *benedenloop* bestaat de aanvoer van water soms voor een deel uit diepere grondwater, maar in andere gevallen kan de benedenloop draineren (Hoek & Higler, 1993). De benedenlopen zijn daarentegen gekenmerkt door een gering verval; het dal worden breder. In natte perioden treedt de rivier of beek hier buiten haar oevers en kan sedimentatie plaats vinden.

De oorsprong van het bodemmateriaal voor sedimentatie in beken komt nauw overeen met dat in de naaste omgeving terwijl het bodemmateriaal in de bedding van de rivieren (meestal grof zand of grind op de oeverwallen) afwijkt van de oorspronkelijke grond waarin de rivier zich heeft ingesneden (Londo 1997). De overstroomde bodems achter de oeverwallen hebben een hoger klei- en organisch gehalte, met een bijbehorend hoger watervasthoudend vermogen. Gezien de huidige kwaliteit van het rivierwater en het daarin meegevoerde sediment resulteert sedimentatie nagenoeg altijd in een eutrofiëring ten gevolge van de hoge nutriëntenballast (Bakker e.a. 1987; Koerselman & Verhoeven 1993). Sedimentafzetting resulteert enerzijds in een aanvoer van nutriënten. Anderzijds zal bij regelmatige sedimentatie het ook invloed hebben op de bodemstructuur en -textuur (Wienk e.a. 2000). In rivieren en in beken sedimenteert organische stof wat kan bijdragen aan de aanvoer van nutriënten (Carter 1986; Zwolsman e.a. 2000). Voor een aantal rivieren is bekend hoeveel organische stof sedimenteert. Onbekend is de bijdrage aan nutriënten in de organische stof. Een relatie tussen de gesedimenteerde kleilaag en de hoeveelheid N is gevonden op kwelders op de Waddeneilanden (Olff e.a. 1997; Van Wijnen van & Bakker 1997). Bij toenemende overstroming is de gesedimenteerde kleilaag dikker en de hoeveelheid N groter.

3 Effecten van overstroming per gebiedsregio

3.1 Rivierkleigebieden

3.1.1 Inleiding

Het rivierengebied wordt gekenmerkt door de vroegere en huidige invloedssfeer van de rivieren. Behalve het gebied van de grote rivieren Rijn, Waal, IJssel en Maas worden ook de stroomgebieden van de Overijsselse vecht, Oude Rijn en Utrechtse Vecht soms tot het rivierengebied gerekend (Bal e.a. 1995). Bodemkundig wordt het gebied gekenmerkt door een bodem die grotendeels bestaat uit klei. Het is een gebied met veel milieudynamiek ten gevolge van het stromende water en schommelingen in waterstand. In uiterwaarden en andere overstromingsgevoelige gebieden langs rivieren vinden regelmatig overstromingen plaats (Londo 1997). Ten aanzien van de zuurgraad en voedselrijkdom geldt dat er binnen het uiterwaardgebied niet zoveel variatie bestaat (Runhaar 1991). De meeste verschillen bestaan in vochttoestand. De overstromingsduur en -frequentie zijn in dat geval relevant (De Graaf e.a. 1990). De kwaliteit van het water is de laatste decennia verbeterd (Van Bruggen e.a. 1995; Hendriks e.a. 1997) maar zal in vergelijking met de te overstromen gebieden een grotere hoeveelheid nutriënten- en zware metalen bevatten.

3.1.2 Effecten op standplaatscondities

Vochtgehalte

Het effect van overstromingen op het vochtgehalte is op zware kleigrond sterker dan op zandgrond (Scheper & Van der Zee, 1986). De kleigrond droogt langzamer op waardoor de wortels langer in een zuurstofarme omgeving verblijven. De lange termijn effect van overstromingen op het vochtgehalte (en op planten en vegetaties) speelt alleen een rol in het geval van regelmatige overstromingen.

Zuurgraad

Door inundatie verzuren de rivierkleien en -lemen nauwelijks. Bij regelmatig overstroomde locaties wordt de slinkende calciumbuffer in zekere mate aangevuld door de aanvoer van riviersediment (De Waal 1995; Grontmij Advies & Techniek 1998). Op minder vaak overstroomde locaties stelt zich een evenwicht in tussen aanvoer en afvoer van calcium.

Droge graslanden lijken in het algemeen slecht bestand tegen zomeroverstroming. Winteroverstroming wordt echter wel verdragen en is wellicht zelfs noodzakelijk voor de aanvoer van kalk (Knaapen & Rademakers 1990).

Trofietoestand

Opgeloste stoffen

De samenstelling van rivierwater de Rijn en de Maas wijkt onderling af. De afvoer van Rijnwater vindt plaats via de Waal, de (gestuwde) Neder-Rijn en de IJssel. Uit

metingen van de waterkwaliteit blijkt, dat het Rijnwater in het stromende deel van het systeem niet onderhevig is aan grote veranderingen. Dit betekent dat de kwaliteit van het Rijnwater te Lobith (Tabel 1) in het algemeen representatief mag worden geacht voor alle genoemde riviertakken, behalve voor de Neder-Rijn tijdens semi-stagnante situaties in de zomer.

De Maas is een uitgesproken regenrivier en kent daardoor een onregelmatige afvoerregime. In 98% van de tijd is de rivier gestuwd. In de periode mei tot november is de afvoer laag zodat zich een semi-stagnante situatie ontwikkelt. De waterkwaliteit van de Maas (Tabel 1) wordt dus sterk beïnvloed door het debiet, de invloed van zijrivieren, zoals de Roer en een zestal kleinere riviertjes, en een groot aantal onttrekkingen van water in België maar ook in Nederland. Al deze factoren dragen bij aan het feit dat de waterkwaliteit van de Maas verandert op Nederlands grondgebied. Zo werd in 1985 de totale stikstofbelasting van de Maas op Nederlands grondgebied verdubbeld. Des te opmerkelijker is het dat de ortho- en totaal fosfaat concentraties circa 40% lager worden. De afname wordt verklaard door adsorptie van fosfaat aan zwevend materiaal, gevolgd door sedimentatie in het zomerbed van de rivier en/of in de Maasplassen.

De kwaliteit van het Rijnwater is in de afgelopen 10 jaar met betrekking tot ortho fosfaat en totaal fosfaat sterk afgenomen en nitraat/nitriet is toegenomen (Zwolsman 1996; Van Bruggen e.a. 1995; Hendriks e.a. 1997). De waarden van P en N liggen echter nog boven de norm van N=2,2 mg/l en P=0.15 mg/l (zie Tabel 1).

Tabel 1: Samenstelling van de Maas bij Eijsden en de Rijn bij Lobith (Uit: Zwolsman 1996)

| Stof | Norm (mg/l) | Maas (mg/l) | Rijn (mg/l) |
|------------------|-------------|-------------|-------------|
| jaar | | 1993 | 1993 |
| pH | | 7.6 | 7.8 |
| Ca | | 79 | 86 |
| Mg | | 7 | 11 |
| Na | | 35 | 97 |
| K | | 4 | 6 |
| HCO ₃ | | 168 | 160 |
| SO ₄ | | 47 | 65 |
| Cl | | 65 | 143 |
| Totaal P | 0.15 | 0.6 | 0.22 |
| Totaal N | 2.2 | 3.0 | 3.8 |
| | | | |

Sedimentatie en erosie

Bij overstroming vindt meestal ook sedimentatie plaats (Van Oorschot 1996). 10-20% van het in rivierwater bevattende sediment wordt afgezet (Carter 1986). Deze waarden zijn veel hoger dan langs de Maas in 1991. Tijdens de incidentele overstroming van de Maas werd minder organische stof gesedimenteerd van ongeveer 3.5% tov de gemiddelde gesedimenteerde waarde over een langere periode (13%; Zwolsman e.a. 2000). Het wordt niet verklaard uit de granulaire samenstelling omdat die ongewijzigd is (deeltjes < 16µm).

Het door het rivierwater aangevoerde sediment wordt afgezet op de onderwater- en uiterwaardbodem. Accumulatie vindt voornamelijk plaats in de sedimentatieve milieus langs de rivieren, e.g. kommen, strangen en putten (Projectgroep

Bosecosystemen 1997). De overstroomde bodems hebben als gevolg daarvan een hoger klei- en organisch gehalte, met een bijbehorend hoger watervasthoudend vermogen, dan de hoger liggende bodems.

Gezien de huidige kwaliteit van het rivierwater en het daarin meegevoerde sediment resulteert sedimentatie nagenoeg altijd in een eutrofiëring ten gevolge van de hoge nutriëntenballast (Bakker e.a. 1987; Koerselman & Verhoeven 1993).

3.1.3 Gevolgen voor de vegetatie

De overstromingsduur is in het stroomopwaartse riviereengebied een differentiërend kenmerk (Wienk e.a. 2000). De vegetatie in de rivierbegeleidende watersystemen omvat een groot aantal plantengemeenschappen door de vele gradiënten in overstromingsfrequentie en -duur. Tevens is de morfologie zeer complex. Te denken valt aan komgronden, oeverwallen, geulen, etc.. Hierdoor ontstaat ook een complexe hydrologie met bijbehorende bodemprocessen en vegetatie. Rivierbegeleidende vegetaties zijn bijvoorbeeld stroomdalgraslanden, ruigtezomen en alluviale oobossen op de oeverwallen, wilgenbossen op de komgronden en rietlanden en waterplantenvegetaties in de oude rivierarmen (Westhoff e.a. 1970-1973; Mitsch & Gosselink 1993; Schaminée e.a. 1995).

Algemeen kan gesteld worden dat de overstromingsduur negatief gecorreleerd is met het aantal soorten (Verlinden 1985; Van den Brink e.a. 1993). Het frequent voorkomen van langdurige overstromingen (vanaf 80 dagen per jaar) geeft aanleiding tot het ontstaan van soortenarme rompgemeenschappen (Aubroeck e.a. 1998; Bijlage 1).

De effecten van overstroming verschillen per vegetatie. Watervegetaties tonen sinds de jaren vijftig een achteruitgang in soortenrijkdom in hun ontwikkeling. Mogelijke oorzaken zijn een toegenomen aantal overstromingen in het groeiseizoen, een te grote watervervuiling en de toegenomen zoutbelasting van de rivier (Knaapen & Rademakers, 1990). Van den Brink e.a. (1993) correleert de achteruitgang van soortenrijkdom aan een overstromingsfrequentie van twintig of meer dagen per jaar. Opvattingen of de effecten van rivierdynamiek op watervegetaties negatief of positief zijn verschillen nogal. Volgens de een zijn ze onnatuurlijk en fataal en volgens de ander normaal en een natuurlijk proces van de rivier (Knaapen & Rademakers, 1990). Voor aquatische vegetatie is de waterstandsfluctuatatie de fysisch-chemische parameter die het sterkst met de samenstelling en het aantal soorten gecorreleerd blijkt te zijn (Maenen 1989).

De meeste moeras- en oeverplanten zijn vooral gevoelig voor de erosieve werking van een overstroming tijdens het groeiseizoen. Daarnaast overleven de meeste soorten een overstroming niet zodra de planten geheel ondergedompeld raken (Leemans 1985; Knaapen & Rademakers 1990). Op plaatsen waar een grofkorrelig substraat wordt afgezet kunnen planten zich moeilijker vestigen en zijn ze erosiegevoeliger mede omdat het de meest geëxponeerde plaatsen zijn (Maenen 1989). De invloed van slib- en zandafzettingen op de vegetatie is vaak tijdelijk (locaal afsterven gevolgd door vorming van uitlopers (Leemans 1985).

Voor terrestrische vegetaties wordt onderscheidt gemaakt afhankelijk van groeilocaties. Ephemere vegetaties zijn voor hun vestiging afhankelijk van de tijdsduur en het tijdstip waarop standplaatsen droogvallen. De algemene stelling is dat het voorkomen van ephemere vegetaties vooral beperkt wordt door een tekort aan morfodynamiek (Knaapen & Rademakers, 1990).

De natte graslanden bestaan grotendeels uit voedselminnende soorten dus mag worden aangenomen dat de nutriëntenaanvoer als gevolg van de overstromingen goed verdragen worden (Knaapen & Rademakers 1990). De invloed van de toegenomen nutriëntenlast van het rivierwater op de achteruitgang van droge graslanden lijkt ondergeschikt aan de bemesting door de landbouw, slecht beheer en dijkverzwaring (Knaapen & Rademakers 1990). Het ontbreken en verdwijnen (afgravingen) van geschikte standplaatsen evenals de invloed van de landbouw zijn op dit moment meer beperkend voor het voorkomen van deze vegetaties dan de rivierdynamiek (Leemans 1985). De soorten van vochtige graslanden als Glanshaverhooilanden en Kamgrasweiden worden in hun samenstelling en voorkomen sterk bepaald door de factor zomeroverstroming. Qua morfodynamiek lijken ze ook minder te tolereren dan de soorten van het Zilverschoon-verbond (Knaapen & Rademakers, 1990).

Het ontstaan en de ontwikkeling van zachthoutoibossen wordt sterk bepaald door sedimentatie- en erosieprocessen. Allereerst zijn deze processen nodig voor het ontstaan van geschikte vestigingsplaatsen en ten tweede voor de verdere successie van zachthoutoibossen. Een terugkerende erosie zal de successie herhaaldelijk terugzetten, terwijl bij meer sedimentatie de groeiplaats zich langzamerhand ophoogt en een ontwikkeling naar een vochtig hardhoutoibos tot de mogelijkheden behoort (Hügin 1980; Van Deursen & Wisse 1985; Henrichfreise 1988; Van Leeuwen & Bosman 1988; Duel & Hendriks in concept). Voor oibossen blijken de overstromingsdynamiek, overstromingsduur en getijdenwerking de meest bepalende onafhankelijke factoren (Knaapen & Rademakers 1990.). In mindere mate spelen ook de grondwaterstandfluctuaties een rol. De waterkwaliteit is geen differentiërende factor omdat de verschillen in waterkwaliteit te gering zijn. Knaapen & Rademakers (1990) verwachten effecten van de hoge nitraat-, fosfaat- en gifstof-belasting, maar aangetoond zijn ze nog niet. De getolereerde duur van de overstroming is afhankelijk van het type zachthoutoibos en varieert van zo'n 20-40 tot 40-100 dagen per jaar. Uit de studie van Bosman & Sorber (1997) van de Ewijkse plaat bleek dat in slikkige laagten bij strangen zich een zachthoutoibos ontwikkelde, terwijl het zandige deel eerste begroeid raakte met pionierssoorten. Dit deel ontwikkelde zich daarna tot een kruidenrijke grazige vegetatie met rivierduinsoorten en verspreid staande wilgenbosjes.

Voor hardhoutoibossen is een minder frequente overstroming noodzakelijk. De duur van de overstroming is de belangrijkste factor voor de bosontwikkeling. Het tijdstip van overstroming (zomer of winter) is van veel ondergeschikter belang. De grondwaterstand bij laagwaterperioden moet langdurig dieper komen dan 50 cm onder maaiveld. De mate van morfodynamiek is van groot belang voor de ontwikkeling van hardhoutoibossen: echte hardhoutoibossen komen alleen voor

op groeiplaatsen met beperkte mate van morfodynamiek (Knaapen & Rademakers 1990).

3.2 Laagveengebieden

3.2.1 Inleiding

De grote, min of meer samenhangende veenlagen die tot de Westland Formatie horen worden ook wel als Hollandveen of laagveen aangeduid. De belangrijkste laagveengebieden liggen in Zuid-Holland, Utrecht, Noord-Holland, Friesland en noordwest Overijssel. In grote delen waar regelmatig overstroming met rivier- of zeewater is opgetreden is een kleilaag gesedimenteerd. In de afgelopen eeuwen is veel veen afgegraven om als brandstof te dienen. De overgebleven legakkers waarop het opgebaggerde veen te drogen werd gelegd door golfslag zijn verdwenen. Daardoor zijn de Vinkeveense en Loosdrechtse en andere grote plassen ontstaan. De randzones van de grote plassen en de gebieden waar na de vervening nog de kleinschalige afwisseling van open water en veenrestanten voorkomt zijn in de huidige optiek laagveenmoerassen.

Op laagveenbodems groeien vegetatietypen die limiterend zijn wat betreft nutriënten als N en P. De productiviteit van natuurlijke graslanden is laag, 1 - 4 ton/ha/jaar (Klapp 1965). De meest bedreigde graslanden horen tot het *Cirsio-Molinietum* met veel Rode Lijstsoorten. Veel van deze graslanden zijn in beheer bij natuurbeheerorganisaties en zijn na intensief landbouwkundig recent gerestaureerd. Onderscheid kan worden gemaakt in meer zure hooilanden (*Junco-Molinion*) en in graslanden waar een zekere toevoer van kalkrijk water is (*Calthion palustris*) (Grootjans e.a. 2001).

Oorspronkelijk waren overstromings in laagveengebieden een normaal verschijnsel, maar door de verbeterde waterhuishouding treden die momenteel alleen nog in een aantal boezemgraslanden op. In de overige natuurgebieden wordt een terughoudend beheer gevoerd ten aanzien van overstromingen met gebiedsvreemd water.

In de situaties waarbij de laagveengebieden onder water staan gedurende een korte periode gaat het in de regel om gebiedseigen (grond-)water en neerslagwater op het maaiveld staat. Overstroming met oppervlaktewater vindt in de Friese boezemgraslanden plaats bij een hoog boezempeil in het winterhalfjaar. De kwaliteit van het boezemwater komt door de inlaat van water in de zomer overeen met Rijnwater. In de winter overheerst het aandeel uitgeslagen polderwater. De waterkwaliteit is dus redelijk goed (N=3,8 mg/l, P=0,22 mg/l; Zwolsman 1996) en slibafzetting vindt nauwelijks plaats.

3.2.2 Effecten op standplaatscondities

Zuurgraad

De aanvoer van oppervlaktewater kan een gunstig effect hebben op de zuurgraad (Kemmers 1996). In Figuur 5 is het effect van oppervlaktewateraanvoer op de verschillende processen weergegeven. De hoeveelheid aangevoerde toevoer van N en P direct uit het oppervlaktewater zijn onbekend.

| Proces | Terrestrisch | | | | Semi-terrestrisch | | | |
|-----------------|-------------------|-----------|---------------|-----------|-------------------|-----------|----------|-----------|
| | Elzenvogelkersbos | | Blauwgrasland | | Elzenbroekbos | | Trilveen | |
| | nat | verdroogd | nat | verdroogd | nat | verdroogd | nat | verdroogd |
| Basenaanrijking | + | - | + | - | - | + | - | + |
| Alkalinisatie | - | + | - | + | + | - | + | - |
| P-mobilisatie | - | + | - | + | + | - | + | - |
| N-mineralisatie | - | + | - | + | + | - | + | - |

Figuur 5: Overzicht van het effect van watertoevoer op verschillende processen in verschillende ecotootypen

Runhaar e.a. (2000) geven aan dat overstroming met oppervlaktewater onder bepaalde condities een geschikte maatregel kan zijn om verzuring tegen te gaan in situaties waarbij kwel is wegvallen.

Trofietoestand

Vernatting van veenbodems met sulfaatverrijkt water leidde tot een extra toename van de alkaliniteit, de fosfaatconcentratie, ammonium en kalium (Lamers e.a. 1996; Bijlage 2). Het gevaar van alkalinisatie via sulfaatreductie bestaat als makkelijk afbreekbare organische stof aanwezig is (Kemmers 1996). Experimenten, waarin water met toenemende concentraties chloride en sulfaat aan een veengrond zijn toegediend, toonden aan dat dat geen effect had op totaal-N die direct voor de vegetatie beschikbaar is (Beltman e.a. 2000; Bijlage 2). Het beschikbaar komen van P gebeurt als gevolg van inundatie ook bij betrekkelijk lage concentraties chloride en sulfaat in het toegevoegde water.

3.3 Beekdalen

3.3.1 Inleiding

Beekdalen komen voor in de meer reliëfrijke gebieden in Nederland, namelijk het heuvelland van Zuid-Limburg, in het Krijt- en Lössgebied en de hogere zandgronden. Al deze gebieden kennen min of meer duidelijke hoogteverschillen en vrije afwatering via beeklopen. De beekdallandschappen in Nederland zijn naar aard en gebruik sterk verschillend (Klijn & Kwakernaak 2000). Bij beken komt het bodemmateriaal nauw overeen met dat in de naaste omgeving terwijl het bodemmateriaal in de bedding van de rivieren (meestal grof zand of grind) afwijkt

van de oorspronkelijke grond waarin de rivier zich heeft ingesneden. Momenteel is in Nederland nauwelijks meer een beek met natuurlijke loop te vinden en overal is de natuurlijke hydrologie verstoord. Overstromingen komen door allerlei maatregelen (zoals kanalisatie en/of normalisatie) nog maar zelden voor. Bijvoorbeeld door drainage in het stroomgebied door sloten en drainage systemen, beheersing waterpeil (vergroting ontwateringsdiepte of drooglegging), grondwateronttrekkingen. Het afvoerverloop van het beek(dal)systeem wordt daardoor minder door directe aanvoer van neerslagwater beïnvloed (Hoek & Higler 1993).

3.3.2 Effecten op standplaatscondities

Trofietoestand

Opgeloste stoffen

De toevoer van stoffen als N en P is per beek verschillend en de waarden verschillen ook per tijdstip van het jaar. Voorbeelden van bronnen van N en P zijn effluent van rioolwaterzuiveringsinstallatie, uit- en afspoeling van op de bodem gebrachte meststoffen en atmosferische depositie. Waterschappen meten op een vast punt en op een vast tijdstip de concentratie van N en P in het jaar. De waarden van N en P zijn in de meeste beken boven de norm (N=2.2 mg/L en P=0.15 mg/L; Zwolsman 1996). De hoeveelheid aangevoerde toevoer van N en P direct uit het oppervlaktewater zijn onbekend.

Het oppervlaktewater kan hoge concentratie aan nitraat en fosfaat bevatten wat eutrofiëring tot gevolg heeft (Boeye e.a. 1990; Boeye 1992; Boeye e.a. 1996; Bijlage 3). In de 'Vloevelden' te Lommel-Kolonie in België werden de zandgronden geïnfiltreerd met kanaalwater om de droge, arme gronden vruchtbaar te maken. In het studiegebied de Buitengoor wordt Maaswater via een irrigatiekanaal ingebracht. In de directe omgeving van het kanaal groeien eutrofe soorten als brandnetel en koninginnekruid. In de beekdalen van de Dommel en de Zwarte Beek is een uitvoering veldstudie uitgevoerd naar de eutrofiering van de beekdalhooilanden (Olde Venterink e.a. 1999; Olde Venterink 2000; Bijlage 3). Tijdens de meetperiode overstroomde een deel van de proefvlakken met oppervlaktewater in mei. Omdat de bodem op dat moment verzadigd was met water, is aangenomen dat het oppervlaktewater niet geïnfiltreerd is (Hooijer 1996). De maximum flux van N, P en K naar de proefvlakken via oppervlaktewater kon daarom worden bepaald door het gemeten watervolume te vermenigvuldigen met de concentraties NO_3 , NH_4 , K en PO_4 in het oppervlaktewater. De bijdrage aan de totale N-aanvoer is maximaal 10 %, de P-aanvoer is minder dan 5% en de bijdrage aan K is 10-25%. Volgens Olde Venterink (2000) leveren mineralisatie en atmosferische depositie de hoogste nutriëntenbijdrage voor N. De beschikbaarheid van P en van K wordt volledig bepaald door de hoeveelheid in de labiele fractie (P: ammoniumlactaat-acetaat; K: 1M HCl). Overstroming met oppervlaktewater als directe bron voor eutrofiering in de hooilanden bleek veel kleiner dan verwacht. Wat uiteindelijk aan nutriënten vanuit het oppervlaktewater achterblijft is volgens Olde Venterink e.a. (1999; Bijlage 3) zeer laag. Een groot deel van de nutriënten vloeit na verloop van de tijd met het oppervlaktewater terug naar de rivier. De directe nutriëntenaanvoer via overstroming is dus volgens hem geen primaire factor voor de nutriëntenbeschikbaarheid.

Door K-aanvoer kan overstroming met oppervlaktewater in K-gelimiteerde hooilanden eutrofierend werken (Olde Venterink e.a. 1999; van Duren & Pegtel 2000). De K-afvoer via hooi is echter groter dan deze externe aanvoer, waardoor ophoping van K in de hooilanden kan worden voorkomen. In de studie van Olde Venterink is echter geen rekening gehouden met de aanvoer van nutriënten met slib of organische stof.

Tabel 2: Nutriënten bijdragen uit oppervlaktewater en biomassa in de Dommelbeemden (Uit: Olde Venterink e.a. 1999: Bijlage 3)

| | Aanvoer oppervlaktewater, bijdrage aan beschikbaarheid | Afvoer via hooi, bijdrage aan beschikbaarheid |
|---|--|---|
| N | 0-10 % | 67 % |
| P | 0-5 % | 36 % |
| K | 10-25% | 52 % |

Sedimentatie en erosie

In broekbossen is de hoeveelheid slib die door inunderende beken wordt afgezet belangrijk voor de nutriëntenhuishouding. Bij te grote intervallen tussen overstromings in het vegetatie seizoen zal de verslechte bodem (door slib aanvoer) zuurstof opnemen en mineraliseren, zodat ruigte kruiden massaal uitgroeien (During 1987).

3.3.3 Gevolgen voor de vegetatie

Overstromingen in een beekdal vinden voornamelijk plaats in de benedenloop. De soortenrijkdom van vegetaties in de benedenloop van de Biebrza, een beekdal, neemt in het algemeen toe met de hoogteligging en lijkt daardoor een functie van de overstromingsduur en -diepte (Wassen 1996; Bijlage 3). Soortenarme vegetatie zoals Liesgras, Rietland en Stijf Struisgrasvegetatie worden regelmatig overstroomd in de Biebrza (Wassen 1996), langs de Beerze in Noord-brabant en langs de Dommel (Olde Venterink e.a. 1999). Andere vegetatie die overstromen zijn Scherpe zegge vegetatie (Drentse Aa; Bootsma e.a. 2000) en Dotterbloem (Drentse Aa en de Dommel) en Witbol (de Dommel; Bijlage 3). De soortenrijke vegetatie die niet overstromen zijn de Kleine zeggevegetaties (Bootsma e.a. 2000). Vegetatie die overstromen kunnen soortenrijker worden als de vegetatie wordt gemaaid en het maaisel wordt afgevoerd. In de jaren '80 is een langlopend onderzoek uitgevoerd in een periodiek overstroomd weiland-hooilandcomplex, de 'Meersen' van de Bourgoyen bij Gent (België). Het grootste deel van de vegetatietypen in het studiegebied kunnen gerekend worden tot het Dotterverbond of vegetaties die daaraan verwant zijn. Dit leidt tot de veronderstelling dat bij afwezigheid van beheer de invloed van overstroming veel groter is dan bij vegetaties die een hooiland- of hooiweidebeheer kennen.

Naast overstromingsdiepte en inundatieduur is de watersamenstelling ook een belangrijke onderscheidende factor voor de vegetatie. De meest voedselrijke vegetatie zoals Liesgras en Riet groeien langs de beek. Verder van de beek met kortdurende

overstroming wordt meestal Dotterbloemhooiland aangetroffen (Wassen 1996, Olde Venterink e.a. 1999; Bootsma e.a. 2000; Bijlage 3).

Naast graslanden komen ook beekbegeleidende broekbossen voor die periodiek overstroomde. De beek voerde oppervlakkig af door het broekbos, zodat enerzijds de waterafvoer uiterst gering en anderzijds de berging van water groot is. Daardoor zullen de condities van het oppervlakkig gelegen broekveen door regelmatige inundaties continue anaërobe zijn geweest. De hoeveelheid slib die door inunderende beken wordt afgezet, is belangrijk voor de nutriëntenhuishouding. Bij te grote intervallen tussen inundaties in het vegetatiesseizoen zal de verslechte bodem (door slib aanvoer) zuurstof opnemen en mineraliseren, zodat ruigte kruiden massaal uitgroeien (During 1987).

4 Discussie

Het op grote schaal bergen van oppervlaktewater in rivier,- beekdalen en laagveen systemen brengt het risico met zich mee dat de bestaande natuurgebieden door eutrofiering sterk in natuurwaarde zullen achteruitgaan en dat de resultaten van natuurontwikkeling elders ernstig zullen tegenvallen. De huidige slechte waterkwaliteit vormt daarmee een knelpunt voor de optimalisatie van het waterbeheer. Dat overstroming eutrofiëring tot gevolg heeft wordt bevestigd in 'de Vloevelden' te Lommel-Kolonie in de Kempen (Boeye e.a. 1990). In de vorige eeuw werd het kanaalwater gebruikt om de droge, arme gronden vruchtbaar te maken. Overstroming met Maaswater in de Buitengoor direct uit de rivier resulteerde in eutrofiëring en groei van sterk productieve soorten als Brandnetel (*Urtica dioica*) en Koninginnenkruid (*Eupatorium cannabinum*) (Boeye e.a. 1990). Ook langs de Beerze vindt eutrofiëring plaats door overstromingen met basen- en slibrijk beekwater. Daardoor komen langs de Beerze alleen nog vegetatietypen van zeer voedselrijke standplaatsen voor als Liesgrasvelden en Brandnetelruigten (Jalink 1991; Jalink e.a. 1997). Dit lijkt in tegenstelling te zijn met de resultaten uit een uitvoerig onderzoek naar de eutrofiering van de beekdalhooilanden langs de Dommel (Olde Venterink e.a. 1999; Olde Venterink 2000). Uit de studie bleek dat de nutriëntenbijdrage in opgeloste vorm door overstroming nihil was ten opzichte van de bijdrage uit de atmosferische depositie en mineralisatie. Kanttekening bij de resultaten van de mineralisatie is dat de N, P en K via een *in situ* methode zijn gemeten dus inclusief van het sediment zijn. Tijdens de meetperiode overstroomde een deel van de proefvlakken met oppervlaktewater in mei. Omdat de bodem op dat moment verzadigd was met water, is aangenomen dat het oppervlaktewater niet geïnfiltreerd is (Hooijer 1996). Wat uiteindelijk aan nutriënten vanuit het oppervlaktewater achterblijft is volgens Olde Venterink e.a. (1999) zeer laag. Opvallend is wel dat in de eutrofe *Glyceria*-vegetaties de hoogste concentraties aan nutriënten is gemeten. Een groot deel van de nutriënten vloeit na verloop van de tijd met het oppervlaktewater terug naar de rivier. Hierbij moet een kanttekening worden gemaakt dat de bijdrage van nutriënten via het sediment niet bepaald is. Een mogelijke verklaring voor deze tegenstrijdigheid is dat nutriententoevoer vooral plaatsvindt via slib en organische stof. Dit zou verklaren waarom ook in de Dommelbeemden de meest eutrofe vegetatie (Liesgrasvegetaties) voorkomen plaatsen die het meest frequent overstromen (Olde Venterink e.a. 1999; Olde Venterink 2000; Bijlage 3). Daar staat tegenover dat het slibgehalte van het overstroomde water meestal gering is. Mocht de hypothese juist zijn dat slib de belangrijkste bron is dan zou dat betekenen dat de risico's op externe eutrofiering in laagveengebieden minder is dan in beekdalen. De beekdalen nemen een centrale rol in bij zowel plannen voor waterberging en -buffering, anti-verdrogingsmaatregelen, als bij natuurontwikkeling (natte schraalgraslanden en broekbossen). De gevolgen van overstroming zullen in de beekdalen van de zandgebieden groot zijn. Meerdere studies tonen aan dat eutrofe vegetatie voorkomt waar regelmatig overstroming plaatsvindt (Aubroeck e.a. 1998; Bootsma 2000; ter Hoeve & Schimmel 1953; Olde Venterink 2000; Wassen 1996; Verlinden e.a. 1990; Bijlage 1 en 3). In het rivierengebied zullen niet veel

veranderingen plaatsvinden. Het gebied is van nature al vrij eutroof en hier zijn ook minder veranderingen door overstroming met eutroof oppervlaktewater te verwachten. De effecten van overstroming in laagveengebieden is moeilijk te voorspellen. In laagveengebied is weinig bekend over de invoer van nutriënten vanuit het oppervlaktewater. Een studie in de Friedlaender Grosse Wiese in Duitsland liet zien dat bij overstroming N_{min} toeneemt en kan duiden op eutrofiering (Richert e.a. 2000). Daar staat tegenover dat het slibgehalte van het overstromende water meestal gering is. Mocht de hypothese juist zijn dat slib de belangrijkste bron van nutriënten is dan zou dat betekenen dat de risico's op (externe) eutrofiering in laagveengebieden minder is dan in beekdalen.

5 Conclusies en Aanbevelingen

5.1 Conclusies

Trofietoestand

Overstroming kan op een indirecte manier de voedselrijkdom beïnvloeden. Door overstroming veranderen de bodemcondities: het vochtgehalte neemt toe, de redoxpotential daalt en de hoeveelheid zuurstof neemt af.

Overstroming kan ook een bron zijn van voedingsstoffen. Door overstroming vindt aanvoer van N, P en K plaats in opgeloste en in gebonden vorm aan bodemdeeltjes. Onbekend is hoeveel nutriënten in opgeloste en hoeveel in gebonden vorm achterblijven na overstroming. Tevens is onbekend hoeveel de bijdrage is van nutriënten uit het oppervlaktewater ten opzichte van ander bronnen als atmosferische depositie en bodemprocessen.

Bij overstroming sedimenteert organische stof wat kan bijdragen aan de aanvoer van nutriënten. Voor een aantal rivieren is bekend hoeveel organische stof sedimenteert. Onbekend is de bijdrage aan nutriënten in de organische stof. In laagveengebieden of beekdalen is onbekend hoeveel organische stof of andere zwevende delen sedimenteren.

Onduidelijk is welke eisen aan de waterkwaliteit gesteld moeten worden om overstroming voor natuurbeheerders aanvaardbaar te maken. De hoeveelheid aanvoer van opgeloste nutriënten is afhankelijk van de concentraties in het oppervlaktewater. De huidige waterkwaliteitsnormen (N = 2,2 mg/l en P = 0,15 mg/l) zijn gebaseerd op aquatische doelstelling en zijn niet direct overdraagbaar naar overstroomde terrestrische standplaatsen. Bovendien is niet duidelijk hoe belangrijk de aanvoer van in het water opgeloste stoffen is. Het is goed mogelijk dat -althans in sommige situaties- de hoeveelheid slib aangevoerde nutriënten kwantitatief veel belangrijker is dan de hoeveelheid die in opgeloste vorm wordt aangevoerd. Onbekend is tot welke waarde (norm) een vegetatietype geen schade ondervindt. Uit correlatieve studies is wel kwalitatief bekend dat voedselarme vegetatietypen meer schade ondervinden dan voedselrijke. Bij hoge voedselrijkdom neemt ook het aantal soorten af.

De inundatie die optreedt bij overstroming kan ook van invloed zijn op de voedselrijkdom. De mineralisatie neemt af als de bodem verzadigd is of neemt juist toe wanneer de bodem nog onverzadigd is. Toename van de hoeveelheden nutriënten door mineralisatie wordt gemeten na overstroming in de Horstermeer in een klei op veengebied.

Bij overstroming van oppervlaktewater moet naast het gehalte aan nutriënten gekeken worden wat het gehalte aan sulfaat en carbonaat verbindingen is. Overstroming met sulfaatrijk en alkalische oppervlaktewater zoals Rijnwater moet

worden vermeden in laagveensystemen en in grondwatergevoede systemen vanwege de kans op interne eutrofiëring: toename van vrijkomen van P. Over de kwantitatieve bijdrage van P toename door interne eutrofiëring is in laagveengebieden meer bekend dan in rivierkleigebieden en beekdalen.

Zuurgraad

Een algemeen gevolg van overstroming is dat de pH in het algemeen meer neutraal zal worden. Bevat het overstroomde oppervlaktewater Ca of Mg dan wordt de buffercapaciteit groter van de bodem en zal de bodem niet verzuren. Rijn en Maaswater is over het algemeen kalkrijker dan beekwater en kan dus een goede bron zijn om de kalk- en basenrijkdom op peil te houden.

Overstromingsduur en -frequentie

De overstromingsduur, gekoppeld aan de invloed van beheer heeft een belangrijke invloed op de soortensamenstelling. Algemeen kan gesteld worden dat de overstromingsduur negatief gecorreleerd is met het aantal soorten. Het frequent voorkomen van langdurige overstromingen (vanaf 80 dagen per jaar) geeft aanleiding tot het ontstaan van soortenarme rompgemeenschappen. Voorbeelden zijn soortenarme moerasvegetaties met Liesgras, Kalmoes of Riet. Natte voedselrijke natuurgebieden hebben alleen baat bij van nature voorkomende, regelmatige overstromingen, maar niet bij incidentele extreme overstromingen. In tegenstelling tot de soortenrijkdom die afneemt in de richting van de rivier, neemt de biomassa-productie toe. Dit komt overeen met de vuistregel binnen kruidachtige: hoe productiever de vegetatie, hoe soortenarmer de vegetatie wordt.

De periode waarin de overstroming plaatsvindt is in grote mate belangrijk voor het voorkomen van vegetaties. Overstromingen die plaatsvinden in de periode mei tot en met augustus hebben waarschijnlijk de grootste invloed op de vegetaties. Het op grote schaal bergen van oppervlaktewater in rivier- en beekdalensystemen brengt het risico met zich mee dat de bestaande natuurgebieden door eutrofiëring sterk in natuurwaarde zullen achteruitgaan en dat de resultaten van natuurontwikkeling elders ernstig zullen tegenvallen. De huidige slechte waterkwaliteit vormt daarmee een knelpunt voor de optimalisatie van het waterbeheer.

De gevolgen van overstroming zullen in de beekdalen van de zandgebieden het grootst zijn. De beekdalen nemen een centrale rol in bij zowel plannen voor waterberging en -buffering, anti-verdrogingsmaatregelen, als bij natuurontwikkeling (natte schraalgraslanden en broekbossen). Het rivierengebied is van nature al vrij eutroof en hier zijn ook minder veranderingen door overstroming met oppervlaktewater te verwachten. In laagveengebied is de omvang van de problemen afhankelijk van de manier waarop waterberging wordt ingevuld.

5.2 Aanbevelingen vervolgonderzoek

Een kwantitatieve onderbouwing van de relatie tussen de vegetatie en overstroming is noodzakelijk. Onderzoeks aandacht moet besteed worden aan:

- De hoeveelheid N, P en K in opgeloste en gebonden vorm met het oppervlaktewater wordt aangevoerd dat achterblijft na overstroming, in relatie tot de bijdrage uit interne processen en andere bronnen. Kennis hiervan is noodzakelijk omdat met bodemdeeltjes nutriënten zullen neerslaan.
Wat is het belang van in gebonden vorm aangevoerde nutriënten ten opzichte van op de in opgeloste vorm? Wat is de belangrijkste aanvoerroute?
- De vraag is welke eisen aan de waterkwaliteit (normen voor N, P K, kalk en sulfaatgehalte) gesteld moeten worden om overstroming voor natuurbeheerders aanvaardbaar te maken. Helaas valt daarop op dit moment geen eenduidig antwoord te geven. Dus de normering van waterkwaliteit in relatie tot vegetatie doel in rivierkleigebied/laagveen en beekdal.
Wat is de norm van het N, P K, kalk en sulfaatgehalte van het overstroomde oppervlaktewater voor de doelvegetatie van natuurbeheerders?
- Op korte termijn vormt vooral het gebrek aan kennis over mogelijke risico's een beperkende factor in de planvorming en planuitvoering. Het verdient aanbeveling om een vergelijkend onderzoek te doen naar de effecten van overstroming op locaties waar nu regelmatig overstroming plaatsvinden, om zo een indruk te krijgen van de relatie tussen overstromingsduur, water- en slibkwaliteit, sedimentatie, productiviteit en soortensamenstelling van de vegetatie.

Literatuur

Armstrong, W., 1978. *Root aeration in the wetland condition*. Uit: 'Plant life in anaerobic environments'. D.D. Hock & Crawford (eds): 269-297.

Armstrong, W., R. Brändle & M.B. Jackson, 1994. *Mechanisms of flood tolerance in plants - review*. Acta Botanica Neerlandica, 43: 307-358.

Aubroeck, B., W. Huybrechts, P. De Becker, 1998. *Verkennd ecohydrologisch onderzoek van de Demervallei tussen Diest en Werchter*. Instituut voor Natuurbehoud. Rapport IN 98.05.

Bakker, J.W., 1967. *Schade door inundatie van grasland tijdens de vegetatieperiode*. Wageningen, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding. Nota 391.

Bakker, J.P., C. Brouwer, L. Van den Hof & A. Jansen, 1987. *Vegetational succession, management and hydrology in a brookland (the Netherlands)*. Acta Botanica Neerlandica, 36: 39-58.

Bal, D., H.M. Bleije, Y.R. Hoogeveen, S.R.J Jansen & P.J. van der Reest. 1995. *Handboek natuurdoeltypen in Nederland*. IKC-natuurbeheer. Wageningen.

Baldwin, D.S. & A.M. Mitchell, 2000. *The effects of drying and re-flooding on the sediment and soil nutrient dynamics of lowland river-floodplain systems: a synthesis*. Regulated Rivers: Research & Management 16: 457-467.

Beije, H.M., G.J. Baaijens, 1985. *Effecten van ingrepen in de waterhuishouding op de vegetatie in het Beerzedal*. Rijksinstituut voor Natuurbehoud rapport 85/20, Leersum.

Beltman, B., T.G. Rouwenhorst, M.B. van Kerkhoven, T. van der Krift & J.T.A. Verhoeven. 2000. *Internal eutrofication in peat soils through competition between chloride en sulphate with phosphate for binding sites*. Biogeochemistry 50: 183-194.

Berg, M.E. vd & J.G. Ferweda, 1999. *Inundatie en vegetatie in de Millingerwaard*. Leerstoelgroep Natuurbeheer en Plantenoecologie, Leerstoelgroep Geografische Informatiesystemen, Leerstoelgroep Waterhuishouding. Landbouwniversiteit Wageningen.

Blom, C.W.P.M. & L.A.C.J. Voeseek, 1996. *Flooding: the survival strategies of plants - review*. Trends in Ecology and Evolution 11(7): 290-295.

Blom, C.W.P.M. e.a., 1994. *Physiological ecology of riverside species: adaptive responses of plants to submergence*. Ann. Bot., 74: 253-263.

- Boeye, D. 1992. *Hydrologie, hydrochemie en ecologie van een grondwaterafhankelijk veen*. Proefschrift Universiteit Antwerpen. pp.146.
- Boeye, D., De Blust, G., De Baere, D., van Straaten, D., Paelinckx, D. & Verheyen, R.F. 1990. *De Belgische Kempen – mineralenrijke kanalen door een voedselarm gebied*. Landschap 7: 33-43.
- Boeye, D., V. Van Haesebroeck, B. Verhagen, B. Delbaere, M. Hens & R.F. Verheyen. 1996. *A local rich fen fed by calcareous seepage from an artificial river water infiltration system*. Vegetatio 126: 51-58.
- Bootsma, M.C., M.J. Wassen & A.J.M. Jansen. 2000. *De Biebrza-vallei als ecologische referentie voor Nederlands beekdalen*. Landschap17: 173-189
- Bootsma, M.C. 2000. Stress and recovery in wetland ecosystems. proefschrift. Universiteit Utrecht.
- Boxman, A.W., A.H.F. Stortelder. 2000. *Hoe natter, hoe beter?* Vakblad voor natuurbeheer 5: 75-77.
- Brock, T.C.M., G. van der Velde & H.M. van der Steeg, 1987. *The effects of extreme water level fluctuations on the wetland vegetation of a nymphaeid-dominated oxbow lake in the Netherlands*. Arch. Hydrobiol. Beih./Ergebn. Limnol.27: 57-73
- Bruchem, A. van, J. Cools & L. Runia, 1996. *De Chaamse beken*. Aanpak inundatieproblemen als eerste stap naar beekherstel. Landinrichting
- Cals, M.J.R. & J.G.M. Roelofs, 1990. *Mechanismen van interne eutrofiering en alkanisering*. In *Workshop interne eutrofiering*. The Utrecht plant ecology news report, no. 10. Utrecht, Rijksuniversiteit. p.39-46.
- Carter, V., 1986. *An overview of the hydrologic concerns related to wetlands in the United States*. Canadian Journal of Botany 64: 364-374.
- Commissie Waterbeheer 21^e eeuw. 2000. *Waterbeleid voor de 21ste eeuw'* Advies van de Commissie Waterbeheer 21ste eeuw. Den Haag.
- De Graaf, M.C.C., H.M. van de Steeg, L.A.C.J. Voeselek & C.W.P.M. Blom, 1990. *Vegetatie in de uiterwaarden: de invloed van hydrologie, beheer en substraat*. HER-publicatie 16
- De Waal, R.W., 1995. *Dynamiek van strooisellagen in boscosecosystemen op de overgang van kalkrijk naar kalkarm, 1995*. Uit: R.H. Kemmers, De dynamiek van strooisellagen. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapp. 438
- Dirksz, P.W., M.L. Otte & A.J. Palsma, 1990. *Ruimtelijke verspreiding en gedrag van zware metalen en Arseen in de Biesbosch*. RWS, Dienst Binnenwateren/RIZA, Lelystad. Directie Zuid-Holland, Rotterdam.

Duel, H., 1991. *Natuurontwikkeling in uiterwaarden. Perspectieven voor het vergroten van rivierdynamiek en het ontwikkelen van oobossen in de uiterwaarden van de Rijn*. EHS-publicatie no. 29.

Duel, H. & A.J. Hendriks. *Natuurontwikkeling in uiterwaarden*. SCMO-TNO, Delft. Conceptrapport.

During, R., 1987. *Beek Begeleiden Broekbossen, Onderzoek naar de betekenis van het elzenbroekbos en de genomen en gewenste (beleids-)maatregelen ten behoeve van behoud, beheer en ontwikkeling van dit bos in Nederland*. Utrecht.

Gambrell, R.P. & W.H. Patrick Jr., 1978. *Chemical and microbiological properties of anaerobic soils and sediments*. Uit: 'Plant life in anaerobic environments'. D.D Hock & Crawford (eds). Chapter 13: 375-423.

Gilliam, F.S., J.D. May, M.A. Fisher & D.K.Evans, 1999. *Short-term changes in soil nutriënts during wetland creation*. *Wetlands Ecology and Management* 6: 203-208.

Gosselink, J.G. & R.E. Turner.1978. *The role of hydrology in freshwater wetlands*. In: *Freshwater wetlands – ecological processes and management potential*. Academic Press, New York. pp. 63-78.

Gries, C., L. Kappen & R. Lössch, 1990. *Mechanism of flood tolerance in reed, Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steudel. *New Phytology* 114: 589-593.

Grontmij Advies & Techniek, 1998. *Natuurontwikkelingsgebied Noordwaard - voorlopige MER*.

Grootjans, A.P., J.P. Bakker, A.J.M. Jansen & R.H. Kemmers, 2001. *Restoration of brook valleys (chapter 9)*. Groningen, Laboratory of Plant Ecology, University of Groningen.

Grootjans, A.P., S.K. Verbeek, E.B. Atema, A.C.J. Boerwinkel, P. Vrieling, G.J. Baaijens, M. Bakker, B. Beltman, A.C. Zuidhoff & R.H. Kemmers. 2002. *Bevloeiing als beheersmaatregel*. Rapport EC-LNV: 2001/052 OBN. Ede/Wageningen.

Grime, J.P. 1973. *Control of species diversity in herbaceous vegetation*. *Journal of Environmental management* 1: 51-67.

Havinga, R., V. Loeffen & W van der Slikke 1991. *Van rechte dijk naar groene rivier*. Studentenrapport Centrum voor milieukunde Leiden

Hendriks, A.J., J. de Jonge, P.J. den Besten & J.H. Faber, 1997. *Gifstoffen in het rivierengebied. Een belemmering voor natuurontwikkeling?* *Landschap* 1997 14/3: 219-233.

Henrichfreise, A., 1988. *Hochwasserschutzmassnahmen am Oberrhein im Raum Breisach zur Prüfung der Umweltverträglichkeit*. Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie. Bonn-Bad Godesberg.

Heyrman, H., 1985. *Invloed van slibafzetting op de vegetatie*. Verhandeling UIA, departement Biologie, Antwerpen.

Hoek, W. van der & B. Higler, 1993. *Deelprogramma Natuurontwikkeling Natuurontwikkeling in beken en beekdalen; verkennende studie naar de mogelijkheden van natuurontwikkeling in beek- en beekdalsystemen in Nederland*. Rapport IBN-DLO, Wageningen.

Hommel, P.W.F.M., A.H. Prins & H.P. Wolfert, 1996. *Stroomdalgraslanden en rivierdynamiek. Behoud en ontwikkeling van bloemrijke graslanden langs de Boven-Dinkel*. Landschap 13: 299-316.

Hooijer, A. 1996. *Floodplain hydrology; an ecological orientated study of the Shannon Callows, Ireland*. Proefschrift Vrije Universiteit Amsterdam.

Hoogendoorn, J., T. Garritsen & J. van Bakel. 1996. *Kwel uit oppervlaktewater?* Landschap 13/3: 145-155.

Hügin, G., 1980. *Die Auenwälder des südlichen Oberrheintales und ihre Veränderung durch die Rheinausbau*. Colloques phytosociologiques IX, Les forets alluviales, Strassbourg 1985: 677-706.

IKC-NBLF, 1993. *Ontwerp-nota ecosysteemvisies EHS. Kwaliteiten en prioriteiten in de ecologische hoofdstructuur van Nederland*. Werkdocument IKC-NBLF nr. 48. Wageningen.

Jalink, M.H., 1991. *Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring in laagveenmoerassen*. Nieuwegein, KIWA. Basisrapport + bijlagen.

Jalink, M.H., E.J. Schrama & W.H.G.J. Athmer 1997. *Winplaatsonderzoek Oisshot*. Nieuwegein, KIWA. Basisrapport. KOA 97.074.

Jonkers, J. 1981. *De samenstelling van het Beerzewater en haar invloed op de verschillende bodems in het stroomdal van de Beerze ter hoogte van de Kampina*. Docteraal verslag, UvA.

Jugsujinda, A. & W.H. Patrick Jr., 1977. *Growth and nutriënt uptake by rice in a flooded soil under controlled aerobic-anaerobic and pH-conditions*. Agronomy Journal 69: 705-710.

Kemmers, R.H., 1996. *Humusprofielen en bodemprocessen. Beoordeling van mogelijkheden voor wateraanvoer*. Landschap, 13/3: pag. 157-168.

Kemmers, R.H. & S.P.J. van Delft. 2001. *Bodemkundige aspecten van de uitgangstoestand in het Reestdal en de Westbroekse zode bij bevloeiing als herstelmaatregel voor verzuurde beekdalgraslanden*. Alterra-rapport 196. Wageningen.

- King, D.C., 1985. *Nutriënt cycling by wetlands and possible effects of waterlevels*. In: 'Coastal wetlands'. H.H. Prince & F.M. D'Itri (eds). Lewis Publishers, Chelsea Mi. Chapter 5: 69-86.
- Klapp, E., 1965. *Gruenlandvegetation und Standort: nach Beispielen aus West-, Mittel- und Sueddeutschland*. Berlin, Parey. 384 pp.
- Klijn, J.A. & C. Kwakernaak (red.) 2000. *Bekenland in beweging*. Handreiking voor een kwaliteitsimpuls. Uitgave Alterra, Nieuwland Advies, Ministerie van LNV en VROM, Wageningen.
- Knaapen, J.P. & J.G.M. Rademakers, 1990. *Rivierdynamiek en vegetatieontwikkeling*. SCO-DLO rapport 82.
- Koerselman, W. & J. Verhoeven, 1993. *Eutrofiëring van laagvenen – interne of externe oorzaken?* Landschap, 10: 31-44.
- Kooijman, A.M. & B. Beltman, 1990. *Interne eutrofiëring, een discussie waard*. In Workshop interne eutrofiëring. The Utrecht plant ecology news report, no. 10. Utrecht, Rijksuniversiteit. p.39-46.
- Kwakernaak, C., F. Klijn, J.L. Fiselier en H. Duel, 1991. *Alternatieven voor wateraanvoer*. Landschap 8/2: pag. 93-107.
- Lamers, L.P.M., 2001. *Tackling Biochemical Questions in Peatlands*. Proefschrift, Katholieke Universiteit Nijmegen. 160 pp.
- Lamers, L., F. Smolders, E. Brouwer en J. Roelofs, 1996. *Sulfaatverrijkt water als inlaatwater? De rol van de waterkwaliteit bij maatregelen tegen verdroging*. Landschap 13/3: 169-180.
- Lamers, P.M.L., H.B.M. Thomassen & J.G.M. Roelofs, 1998. *Sulfate-Induced Eutrophication and Phytotoxicity in Freshwater Wetlands*. Environm. Sci. Technol., 32.: 199-205
- Leemans, J.A.A.M., 1985. *Onderzoek naar de relatie tussen vegetatie, ontgravingen en rivierregime in de Gelderse uiterwaarden*. Provincie Gelderland, Dienst Landinrichting en Landbouw, Afdeling Natuur en Landschap.
- Londo, G., 1997. *Bos- en Natuurbeheer in Nederland 6*, Natuurontwikkeling. Leiden.
- Maenen, M.M.J., 1989. *Water- en oeverplanten in het zomerbed van de Nederlandse grote rivieren in 1988. Hun voorkomen en relatie met algemene fysisch-chemische parameters*. EHR-rapport 13.
- Meuleman, A.F.M. 1999. *Performance of treatment wetlands : de zuiveringsfunctie van moerassen*. Thesis Universiteit Utrecht. 113 p.

- Meuleman, A., B. Beltman en R. Scheffer, 1996. *Aanvoer van gebiedsvreemd water. Probleem of oplossing voor natte natuur in het veenweidegebied?* Landschap 13/3: pag. 181-191.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat. 1998. *Waterkader, vierde Nota waterhuishouding regeringsbeslissing*
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat. 2000. *Anders omgaan met water. Waterbeleid in de 21^e eeuw*. Min. V &W, Den Haag
- Mitsch, W.J. & J.G. Gosselink (eds.), 1993. *Wetlands*. Van Nostrand Reinhold, New York, 2nd edition.
- Molenaar, A., M.C. Bootsma, R. Schenkels & A. Barendregt. 1994. *The upper Biebrza: useful as reference for headwater catchments in the Netherlands?* In: Conservation and management of fens. Proceedings symposium international peat society 6-10 June 1994. Institute of land reclamation and grassland farming, Falenty, Poland. pp 76-91.
- Mulder, T.J.D. & J. Cortenraad, 1990. *Beekdalplanten in Zuid-Limburg: stand van zaken en perspectieven*. Publicaties van het Natuurhistorisch Genootschap in Limburg, reeks XXXVIII afl. 1: p. 27-34.
- Novitzki, R.P., 1978. *Hydrologic characteristics of Wisconsin's wetlands and their influence on floods, stream flow and sediment*. In: Wetland functions and values: the state of our understanding (eds. Greeson; Clark; Clark). Am. Water Res. Assoc. 377-388.
- Olde Venterink, H., N.Pieterse & R. van der Vliet. 1999. *Eutrofiering van beekdalhooilanden en de bijdrage van vervuild grondwater*. Landschap 3: 191-206.
- Olde Venterink, H. 2000. *Nitrogen, phosphorus and potassium flows controlling plant productivity and species richness*. Proefschrift Universiteit Utrecht.
- Oloff, H. & D.M. Pegtel. 1994. *Characterization of the type and extent nutrient limitation in grassland vegetation using a bioassay with intact sods*. Plant en Soil 163: 217-224.
- Oloff, H. ?? 1997. *Vegetation succession on a herbivory in a salt marsh: changes induced by sea level rise and silt deposition*. Journal of Ecology 85: 799-814.
- Patrick Jr., W.H. & K.R. Reddy, 1972. *Nitrification-denitrification reactions in flooded soils and water bottoms: dependence on oxygen supply and ammonium diffusion*. Journal of environmental Quality 5(4): 469-472.
- Platteeuw, M. en W. Iedema (red.), 2000. *Kan natuur profiteren van hget waterbeheer? Mogelijkheden voor natte natuur via ruimte voor water*. Conceptversie. Lelystad, RIZA.
- Projectgroep Bosesystemen, 1997. *Ooibossen van Nederland*. IBN-rapport 343. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO) and Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO).

- Querner, E.P., W.C. Knol en J. Kalkhoven, in prep. *Project Water en Natuur*, Document voor rapportage RIZA, versie 2. Wageningen Alterra.
- Raad voor het Landelijk Gebied (RLG). 2001. *Bergen met beleid*. Publicatie 01/4, RLG, Amersfoort.
- Richert, M., O. Dietrich, D. Koppisch & S. Roth. 2000. *The influence of rewetting on vegetation development and decomposition in a degraded fen*. *Restoration Ecology* 8: 168-195.
- Reddy, K.R. & W.H. Patrick Jr., 1984. *Nitrogen transformations and loss in flooded soils and sediments –review*. *CRC Critical Review in Environmental Control* 13(4): 273-309.
- Runhaar, J., 1991. *Beschrijving en voorspelling van de vegetatie in het rivierengebied*. Opzet voor een Geografisch informatiesysteem en een voorspellingsmodel voor de vegetatie in het gebied van de Grote Rivieren. CML report 72, Leiden.
- Runhaar, J., C. Maas, A.F.M. Meuleman & L.M.L. Zonneveld, 2000. *Herstel van natte en vochtige ecosystemen*. Handboek. Lelystad, RIZA. NOV-rapport 9-2. 124p.
- Savant, N.K. & R. Ellis Jr., 1964. *Change in redoxpotential and phosphorus availability in submerged soil*. *Soil Science* 98: 388-394.
- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff, 1995. *De vegetatie van Nederland. Deel 2. Plantengemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden*.
- Scheffer, M., 1998. *Ecology of shallow lakes*. Chapman and Hall.
- Scheper, E. & F. Van der Zee, 1986. *De invloed van overstromingen en andere milieufactoren op de vegetatie van rivierdijken*. Landbouwhogeschool Wageningen.
- Schipper, P.C, J.G. Streefkerk. 1993. *Van stroomdal naar droomdal: integratie van hydrologisch en oecologisch onderzoek ten behoeve van het beheer in de Drentse A. Staatsbosbeheer, Driebergen.*
- Schothorst C.J. & J. Broekhuizen, 1990. *Zakking van grond. In: Bodemkunde van Nederland. Deel 1, Algemene bodemkunde*. Red. W.P. Locher en H. de Bakker. Den Bosch, Malmberg.
- Sparling, J.H., 1966. *Studies on the relationships between water movement and water chemistry in mires*. *Canadian Journal of Botany* 44: 747-758.
- Spink, A., R.E. Sparks, M. van Oorschot & J.T.A. Verhoeven, 1998. *Nutriënt dynamics of large river floodplains*. *Regulated Rivers: Research & Management* 14: 203-216.
- Ter Hoeve, J. & H. Schimmel, 1953. *Het stroomdal van de Beerze ten zuiden van de brug bij Balsvoort*. Staatsbosbeheer, Utrecht.

- Van de Steeg, H.M., C.W.C.J. van de Rijt, M.J. Reijnen & C.W.P.M. Blom, 1989. *Zonering van vegetatietypen en Rumex-soorten in overstromingsgradienten in het rivierengebied van Rijn, Waal en IJssel*. Rapport vakgroep Experimentele Plantenoecologie Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Van de Steeg, H.M., 1987. *Plan Ooievaar (2): is de hydrologie onderschat?* Natuur en Milieu 11 (12).
- Van den Berg, G.A. & J.P.G. Loch, 1995. *Bodemchemisch onderzoek naar het gedrag van metalen en ontkalking bij inundatie van gronden en polders in de Biesbosch*. Flevobericht Nr. 375.
- Van den Brink, F., A. Klink & G. Van der Velde, 1993. *Natuurontwikkeling in uiterwaarden door verhoging rivierdynamiek?* De Levende natuur, 94: 59-64.
- Van den Brink, F.W.B., M.M.J. Maenen, G. van der Velde & A. bij de Vaate, 19??. *The (semi-)aquatic vegetation of still waters within the floodplains of the rivers Rhine and Meuse in The Netherlands; historical changes and the role of inundation*. Verh. Internat. Verein Limnologie.
- Van Bruggen, H.T., P.B.M. Stortelder, C. van de Guchte & W.F. van Hooft, 1995. *Floods of January and February 1995: quality and risks of Rhine and Meuse suspended matter*. RIVM report no. 609021006, Bilthoven; RIZA report no. 95.019, Lelystad (in Dutch).
- Van Deursen, J. & J. Wisse, 1985. *De invloed van fluviaatiele dynamiek op de groei en structuur van een natuurlijk Fraxino-Ulmetum in de Elzas*. Scriptie Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.
- Van Duren, I.C. & D.M. Pegtel, 2000. *Nutriënt limitations in wet, drained and rewetted fen meadows: evaluation of methods and results*. Plant and Soil 220: 35-47.
- Van Leeuwen, E. & W. Bosman, 1988. *Rivierbegeleidende bossen langs de Waal; typologie, successie en dynamiek*. Intern rapport 88/48 Rijksinstituut voor Natuurbeheer.
- Van Oorschot, M., 1996. *Effects of the vegetation on carbon, nitrogen and phosphorus dynamics in English and French riverine grasslands*. Proefschrift Universiteit Utrecht.
- Van Oorschot, M., N. van Gaalen, E. Maltby, N. Mockler, A. Spink & J.T.A. Verhoeven, 2000. *Experimental manipulation of water levels in two French riverine grassland soils*. Acta Oecologica 21 (1) (2000) 49-62.
- Van Wijnen, H.J. & J.P. Bakker, 1997. *Nitrogen accumulation and plant species replacement in three salt-marsh systems in the Wadden Sea*. Journal of Coastal Conservation 3: 19-26.
- Verlinden, A., 1985. *De dynamiek van kruidachtige vegetaties in functie van waterhuishouding en beheer van natuurgebieden*. Proefschrift Rijksuniversiteit Gent.

- Verlinden, A., M. Dumortier & M. van den Brande, 1990. *Overstroming in graslanden en natuurbeheer*. Levende Natuur nr4, 1990: 100-105.
- Vyzamal, J., 1999. *Types of constructed wetlands for wastewater treatment: their potential for nutriënt removal*. Workshop, september 1999.
- Wassen, M.J. 1996. *Nat, eutroof en helder*. Hydro-ecologie van een nagenoeg natuurlijke overstromingsvlakte. Landschap 13:193-206.
- Westhoff, V., P.A. Bakker & C.G. van Leeuwen, 1970-1973. *Wilde planten: flora en vegetatie in onze natuurgebieden*. Vereniging tot behoud van natuurmonumenten in Nederland.
- Wienk, L.D., J.T.A. Verhoeven, H. Coops & R. Portielje, 2000. *Peilbeheer en nutriënten. Literatuurstudie naar de effecten van peildynamiek op de nutriëntenhuishouding van watersystemen*. RIZA rapport 2000.012
- Williams, B.L., 1974. *Effect of water-table level on nitrogen mineralization in peat*. Forestry 47(2): 195-202.
- Zuurdeeg, B.W., 1980. *De natuurlijke chemische samenstelling van Maaswater*. H2O 13(1): 2-7.
- Zwolsman, J.J.G. 1996. *Chemische kwaliteit van de Rijkswateren*. Landschap 13/3: 133-144.
- Zwolsman, J.J.G., R.M. Kouer & A.J. Hendriks. 2000. *Environmental impacts of river floods in the Netherlands*. Presentatie tijdens het congres 'Gewässerlandschaften' in Wasser Berlin 2000 te Berlijn 23-27 oktober 2000.

Bijlage 1 Rivierkleigebieden

Millingerwaard (Berg & Ferwerda 1999)

De Millingerwaard is gelegen binnen de Gelderse Poort tussen Nijmegen, Arnhem en Emmerich, net na de splitsing van de Rijn in Waal en Pannerdens kanaal. Het gebied is 700 ha. Sinds 1991 begrazen Konikpaarden en sinds 1992 Gallowayrunderen het gebied. In het onderzoek is de relatie inundatie, bodem en vegetatie beschreven.

Bij de relatie tussen overstroming, bodemsamenstelling en vegetatie blijken drie verschillende groepen te kunnen worden onderscheiden: vegetaties met een voorkeur voor geen of weinig overstroming (10 dagen), vegetaties met een voorkeur voor langere overstromingstijden (33 dagen) en vegetatie die intermediair zijn. De overstromingsduur is de belangrijkste gemeten factor die de spreiding van de vegetatie verklaard. Na de overstromingsduur zijn zandfractie en de hoeveelheid stikstof de belangrijke factoren voor de ruimtelijke variatie van de vegetatie.

Koelbroek en Kaldenbroek (Boxman & Stortelder 2000)

Koelbroek en Kaldenbroek zijn van nature beekbegeleidende broekbossen die periodiek overstromde (During 1987). Het Koelbroek ligt ten zuiden van Venlo en Kaldenbroek ligt ten noorden van Venlo in Limburg. De bossen zijn ontstaan in een oude meanderende Maasmeander. In Koelbroek en Kaldenbroek bestaat het bos uit een elzenzegge-elzenbroek. In een elzenbroekbos de Koelbroek en Kaldenbroek is vernat met oppervlaktewater. De standen staan nu gedurende het jaar boven het maaiveld en de afvoer van water is gestopt. Door de hoge sulfide- en fosfaatconcentraties is de vitaliteit van het elzenbroekbos sterk afgenomen. Dit heeft een sterke toename van eendekroos, mannagrass en liesgras tot gevolg ten koste van de zwarte els, die omvallen en afsterven en nemen dotterbloem, zeggen en slangewortel sterk af.

Chemische parameters (μM) van het verkrooste gedeelte van het Koelbroek en Kaldenbroek en het nog fraaie Dubbroek.

| | | Koelbroek | Kaldenbroek | Dubbroek |
|------------------|-----------------|-----------|-------------|----------|
| Oppervlaktewater | PO ₄ | 3 | 4 | 0 |
| | S | 12 | 23 | 1 |
| | Fe | 66 | 15 | 40 |
| Bodemwater | PO ₄ | 9 | 7 | 0 |
| | S | 18 | 35 | 0.2 |
| | Fe | 623 | 275 | 250 |

Mississippi, Illinois Rijn, Loire, Shannon, Allier, Torridge (Spink e.a. 1998)

Meerdere rivieren in Noord-Amerika (Mississippi, Illinois), en in Europa (Rijn, Loire, Shannon, Allier, Torridge) zijn bestudeerd naar de factoren die de nutriëntenrijkdom en productiviteit bepalen. Grotere rivieren neigen tot meer productiviteit en hebben nutriëntenrijkere uiterwaarden. Rivieren rijker in nutriënten hebben een hogere mineralisatie snelheid en hogere hoeveelheden van beschikbaar N en P in hun uiterwaarden. Overstroming blijkt een belangrijke bepalende factor in de grootte van de N en P bronnen. Zij concluderen dat de grootte van de rivier en de kwaliteit van diens water de belangrijkste factoren zijn in het voorspellen van de productie in

uiterwaarden. De plantengroei lijkt niet te worden gelimiteerd door de nutriënten aanvoer. De chemische samenstelling van het rivierwater en de kwaliteit van het sediment zijn factoren die de vegetatiesamenstelling rechtstreeks beïnvloeden. N mineralisatie en P beschikbaarheid zijn sterk gecorreleerd met de samenstelling van het rivierwater.

Ohio river (USA) Gilliam e.a. 1999)

In de Ohio River in Cabell County, West Virginia is onderzoek uitgevoerd naar de gevolgen voor de vegetatie en bodemkenmerken na het onderwater zetten gedurende 8 maanden. Daarnaast is ook een oorspronkelijk overstromingsvlakte bemonsterd. De bodems zijn zowel voor als na de overstroming bemonsterd. De bodem redoxpotentiaal nam af van +210 mV voor de overstroming tot -290 mV na 8 maanden overstroming, een duidelijke verandering van geoxideerde naar gereduceerde omstandigheden. Tevens werd een significante afname van NO_3 gekoppeld aan een toename in NH_4 gevonden. Ca vertoonde een significante afname en Fe een significante toename. Verscheidene andere gemeten variabelen vertoonden niet verwachte responses. De oplosbare hoeveelheid fosfaat nam bijvoorbeeld af in plaats van toe. Een verklaring kunnen de auteurs hiervoor niet geven.

Demervallei tussen Diest en Werchter (Aubroeck e.a. 1998)

In het kader van Integraal Waterbeheerproject (IWP) de kwetsbaarheid, afhankelijkheid of de tolerantie van de bestaande waardevolle ecotopen ten aanzien van waterbeheersscenario's te evalueren om te komen tot ecologische randvoorwaarden voor het IWP voor de vallei. Het onderzoek bestond uit een ecohydrologische systeembeschrijving en een literatuurstudie. In 1995 overstroomde 35-50 % van de Demervallei. Frequente overstromingen met nutriëntenrijk water en langdurige overstromingen hebben een daling van de soortenrijkdom tot gevolg, terwijl regelmatige overstromingen van een week korte duur met niet of weinig vervuild water de verrijking kunnen tegengaan.

Rivier in België (Heyrman 1985)

Experimenteel is bepaald welke impact riviersedimentafzettingen hebben op de soortensamenstelling en -distributie, de biomassa-productie en de groei van een vegetatie in een bemest hooiland, binnen de periode van een jaar. Binnen de termijn van slechts een vegetatie-eizoen kwam hij tot de conclusie dat de soortensamenstelling niet in die mate gewijzigd was dat er kon worden gesproken van een andere vegetatie. Wel waren de veranderingen in vegetatiesamenstelling sterker naarmate het aantal beslibbingen toenam.

Allier en Loire (Frankrijk) Van Oorschot e.a. (2000)

Een potexperimenten is uitgevoerd naar het effect van verschillende overstromingssituaties (waterstand 0 cm, -20cm en -120 cm onder maaiveld) op de beschikbaarheid van nutriënten in bodems van twee riviergebonden graslanden. Er werden verschillende effecten geconstateerd voor de verschillende behandelingen, echter geen enkele was significant. P beschikbaarheid nam toe bij nattere condities. De mineralisatie was ook positief gerelateerd aan de vochttoestand. Vernatting heeft

waarschijnlijk niet het verwachte productieverhogende effect door de aanzienlijke hoeveelheid gemineraliseerd N die verloren gaat door denitrificatie.

Lopend onderzoek

Lek, Waal, IJssel (B. Makaske en G. Maas, Alterra afd. Landschap & Ruimtegebruik; team Landschap)

In uiterwaarden van de riviersystemen IJssel, Waal en Lek. wordt sinds 2001 een onderzoek uitgevoerd naar de effecten van sedimentatie op het humusprofiel en soortensamenstelling van graslanden

Rijn en Waal (Drs. G.W. Geerling & Drs. B. Peters, Prof. Dr. A.J.M. Smits, Leerstoel natuurbeheer stroomgebieden, afdeling milieukunde, Faculteit NWI, KUN)

In het kader van IRMA-SPONGE wordt een onderzoek uitgevoerd naar rivierverruiming gecombineerd met natuurontwikkeling: Cyclische verjonging in het rivierengebied door. Hun stelling is dat cyclisch beheer van uiterwaarden kan leiden tot een grotere ecologische rijkdom en een grotere flexibiliteit in het handhaven van de veiligheidsnorm. De case studie gebieden liggen alle langs de Rijn en Waal.

Waal en IJssel (Waterloopkundig instituut: H. Olde Venterink)

Sinds 2001 zijn slibmatten geplaatst en de slibhoeveelheid gemeten en de hoeveelheid nutriënten in bepaald. De rapport is in afrondingsfase.

Bijlage 2 Laagveengebieden

De Meije (Meuleman e.a. 1996; Beltman e.a. 2000)

De Meije is een natuurreservaat en het ligt in de polder Zegveldbroek ten zuiden van de Nieuwkoopse Plassen in de provincie Utrecht. Het terrein is 23 ha groot en bevat een blauwgraslandvegetatie met soorten als Melkviooltje (*Viola persicifolia*), Spaanse ruiter (*Cirsium dissectum*), Blonde zegge (*Carex hostiana*), Blauwe zegge (*Carex panicea*), Breedbladerige orchis (*Dactylorhiza majalis*) en de Harlekijn orchis (*Orchis Morio*). In winter is er een stagnatie van regenwater. Het waterpeil wordt kunstmatig circa 80 cm tot een meter hoger gehouden dan in de directe omgeving. De wegzijging wordt in de winter gecompenseerd door neerslagwater en in de zomer moet water worden ingelaten via slotenstelsels. Het inlaat water is qua samenstelling zeer verschillend van het lokale water. De graslandvegetatie wordt jaarlijks in augustus gemaaid, waarna het maaisel wordt afgevoerd.

In experimenten, waarin water met toenemende concentraties chloride en sulfaat aan een veengrond zijn toegediend, toonden aan dat dat geen effect had op totaal-N die direct voor de vegetatie beschikbaar is. Het beschikbaar komen van P gebeurt indirect en deze neemt toe als gevolg van al betrekkelijk lage concentraties chloride en sulfaat in het toegevoegde water.

Weerribben en Tienhoven: (Lamers 2001)

In twee zoetwater moerassen de Weerribben en Tienhoven zijn met bodemmateriaal pot- en veldexperimenten uitgevoerd. De Weerribben ligt in Overijssel en Tienhoven in de provincie Utrecht. De bodem van de twee locaties bestaat uit veen. De vegetatie in Tienhoven wordt gedomineerd door *Carex elata*, *Typha latifolia* en *Lytrum salicaria*. Het gebied ontvangt grondwater afkomstig van de Utrechtse Heuvelrug en het water bevat hoge concentraties aan Fe. Soorten als *Phragmites australis*, *Carex paniculata* en *C. elata* komen voor in de verlande stukken in de Weerribben. Geen invoer of uitvoer van grondwater met als gevolg dat het water Fe-arm is.

De invloed van sulfaatrijkwater op het beschikbaar komen van P is uitgevoerd in de twee laagveengebieden. De uitkomsten waren per locatie verschillend. In de Weerribben werd minder P vrijgemaakt. Dit kan verklaard worden uit de lagere P en Fe gehalten van het veen tov Tienhoven.

De Bruuk (Lamers 2001)

De Bruuk is een natuurreservaat en ligt ten zuiden van Nijmegen. De bodem bestaat uit veen. De graslanden worden jaarlijks gemaaid in de nazomer en het maaisel wordt afgevoerd. Het grasland wordt gedomineerd door Zwarte zegge (*Carex nigra*). Uit dit grasland zijn plaggen gestoken en ingezet voor een kasexperiment. Het effect van het toevoegen van sulfaatrijk water is bestudeerd onder geconditioneerde condities. Drie behandelingen zijn toegepast: 0, 2 en 4 mmol/l Na₂SO₄. In de potten is het bodemvocht bemonsterd en geanalyseerd. De fosfaatconcentratie nam toe bij toevoeging van S-rijk water. NH₄ en K namen later toe

Am Fleetholz te Duitsland (Richert e.a. 2000)

Am Fleetholz is een veengebied dat deel uit maakt van de Friedlaender Grosse Wiese in Mecklenburg-Vorpommern. Ten zuiden van het gebied ligt het Galenbecker See.

Het veenpakket is 4-6 m dik. Het veen is gedraineerd in de 18^{de} eeuw. Op het moment is het een soorten-arm, productief grasland. Het grasland is oppervlakkig bevoeid met water uit de Galenbecker See voor een periode van april 1996 tot juni 1998. Daarnaast was er een graslandreferentie die niet bevoeid werd. De samenstelling van het water wordt niet vermeld. De vegetatiesamenstelling, decompositie van enkele plantewortelen, N_{min} in de bodem is beschreven. De soorten namen toe na bevoeiing voornamelijk Lisdodde (*Typha latifolia*). De verhouding N-NO₃/N-NH₄ nam af in de zomer en minder in de herfst. De hoeveelheid N_{min} nam toe tov van de referentie.

Lopende projecten

Bevoeiing in Westbroekse Zodden (Ut), Weerribben (Ov) en Zijdebrug (ZH)

In het kader van OBN (Overlevingsplan Bos en Natuur) is door het deskundigenteam natte schraalgraslanden een project opgestart. De ecologische effecten van bevoeiing van een vijftal reservaatgebieden wordt onderzocht. Drie van deze gebieden liggen in het laagveen; te weten Westbroekse Zodden (Ut), Weerribben (Ov) en Zijdebrug (ZH). Bij dit onderzoek wordt vooral gekeken naar de waterkwaliteitsaspecten in relatie tot de basensamenstelling en de effectiviteit van de bevoeiing op de vegetatie. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de kennis uit een eerder OBN-studie (Kemmers e.a. 2000). Daarin is aangetoond dat ijzer en zwavel via reductieprocessen een belangrijke rol spelen bij de realisering van een hoge basenverzadiging van verzuurde gronden. Cruciaal voor mogelijkheden voor herstel is de aanwezigheid van ijzer. Laagveengebieden zijn bij verdroging door uitspoeling gevoelig ontijzering.

Horstermeer: overstroming, nutriënten en plantensoorten

Onderzoek van de VU te Amsterdam: Fac. Biologie; vakgroep Systeemoecologie (Prof. dr. M.A.P.A. Aerts) door Jerry van Dijk. Voor een aantal jaren worden metingen gedaan naar de gevolgen van overstroming op het vrijkomen van nutriënten als gevolg van interne processen. De plantensoorten worden ook per locatie beschreven. het onder onderzoek is gestart in 2000.

Bijlage 3 Beekdalen

Graslanden in de Achterhoek (Bakker 1967)

In meerdere graslanden in de Achterhoek die in de zomermaanden geïnundeerd kunnen zijn. Een potexperiment is uitgevoerd om de totale drogestofproductie en botanische kwaliteit te bepalen. Drie verschillende bodems van weilanden zijn bemonstert.

in 1964 bodems met leemarm zand met de soorten gewoon struisgras, geknikte vossestraat, zwarte zegge en kruipende boterbloem.

in 1964 zandige leem bodems met soorten van een nat grasland als kruipende boterbloem, zwarte zegge en geknikte vossestraat.

in 1966 venige grond waarbij door inundatie in 1965 praktische alle gras was afgestorven. Het gras bestond voor het grootste deel uit geknikte vossestraat.

Van de locaties zijn graszoden stoken en onder verschillende temperaturen (12.9, 18, 19.5, en 27.3 °C) gedurende 14 dagen onderwater gezet waarbij de waterlaag 2 of 8 cm boven het maaiveld stond. In potproven is de gasproductie, de totaal drogestofproductie en de samenstelling van de grasvegetatie onderzocht in relatie tot de overstromingsduur, de overstromingsdiepte en de temperatuur. Geknikte vossesfaat en Kruipende boterbloem profiteren van de overstroming.

Drentse Aa (Bootsma e.a. 2000; Bootsma 2000)

Het stroomgebied van de Drentse Aa ligt in Drenthe. De Holocene afzettingen bestaan uit veen en plaatselijk uit beekleem. In de ondergrond kot keileem en potklei voor in fijne zanden. Bij een vergelijkende studie van de Drentse Aa met de Biebrza in Polen worden de volgende vegetatietype afhankelijk van overstroming schematische beschreven.

Vegetatietypen en de mate van overstroming in de Drentse Aa beekdal:

| | | | | |
|--------------------------|---------------------|---|---|----------------------|
| Caricion gracilis | Calthion palustris | Caricion nigrae/Calthion palustris | (Caricion davallianae) | Junco-Molinion |
| Verbond v. Scherpe zegge | Dotterbloem-verbond | Verbond v. zwarte zegge/Dotterbloem-verbond | (Knopbies-verbond) | Verbond Biezeknoppen |
| Winteroverstromd | | | niet overstromd rivierwater maar met basenrijk grondwater | infiltratie |

De waterkwaliteit in de Drentse Aa (Bootsma e.a. 2000).

| | Drentse Aa (Molenaar e.a. 1994) |
|-----------------|---------------------------------|
| Totaal-N (mg/l) | 2.96 |
| Totaal-P (mg/l) | 0.11 |

Drentsche A (Schipper & Streefkerk 1993)

Onderzoek naar de relatie tussen het traject van de beek, de overstromingskarakteristieken en de vegetatie. In de middenlopen duiden plaatselijk Scherpe zegge en Waterkruiskruid op de (voormalige) overstromingen van beekwater. In de overgang van de middenloop naar de benedenloop hebben een soortcombinatie die zowel beïnvloeding van zacht tot matig hard grondwater als overstroming met oppervlaktewater indiceert. Gemeenschap van het Senecioni Brometum en sub-associação met Scherpe zegge, Grote zeggeverbond (*Caricetum aquatilis*, *Caricetum gracilis*). In de benedenloop is de invloed van overstromingen het grootst. Grote zegge-vegetaties zijn daardoor karakteristiek voor de benedenloop. Ook aan de botanische samenstelling van de Dottebloemhooilanden is te zien dat overstromingen van nature voorkomen. De typische gradiënt bestaat uit Waterviolier en Veldrus langs de flanken en Dotterbloem of Noordse zegge in het centrum van het dal. Een ontwikkeling van voedselrijke laagveenmoerassen met de daarbijbehorende Oeverzegge-Pluimzegge en Rietvegetaties is het enige wat met de huidige waterkwaliteit van de beek mogelijk is.

Dinkel (Hommel e.a. 1996)

Het stroomgebied van de Dinkel ligt in het oosten van Overijssel ten oosten van Enschede. Het is een smalle rivier, die ontspringt in een kalksteengebied bij Münster in Noordwest-Duitsland en bij Neuenhaus, eveneens in Duitsland, uitmondt in de (Overijsselse) Vecht.

Voor de Boven-Dinkel kunnen vier vegetatie hoofdtypen onderscheiden worden. Deze zijn duidelijk gerelateerd aan de hoogteligging ten opzichte van de Dinkel: Hoogteligging tov de Dinkel, referentiehoogte, is 10-50 cm. Dit komt overeen met een gemiddelde overstromingsfrequentie van 1 à 2 per jaar.

De vier vegetatietypen en referentiepeil tov de Dinkel.

| Vegetatie | tov referentiepeil beek |
|---|--------------------------------|
| Ruigte-vegetatie: Grote Brandnetel, Akkerdistel | < 70 cm |
| Voedselrijke, vochtige graslanden met Fioringras, Kruijpende Boterbloem en Zilverschoon. | 70 tot 10 cm |
| Droge schrale graslanden, veelal gedomineerd door Rood Zwenkgras met Steenanjer, Geel walstro, Kleine bevernel, Grote tijm, Kleine leeuwetand, Muizeoor en Boompjesmos. | > 10 cm |
| sterk bemeste cultuurgraslanden met Engels raaigras | |

In het stroomgebied van de Boven-Dinkel, waar erosie en sedimentatie plaats vindt, is bij volledige uitbannen van de overstromingen geen kansen op ontwikkeling en op lange termijn ook nauwelijks kansen op behoud van de typische Dinkelgraslanden bestaan. In de Dinkelgraslanden is het kritisch overstromingspeil 50 cm Dit komt overeen met een gemiddelde overstromingsfrequentie van 1 à 2 keer per jaar. De overstroming vinden vooral in het winterhalfjaar plaats. In ecologisch opzicht is dit

gunstig: opname van nutriënten door de plantewortels en mineralisatie van stikstof zijn geringer. In de graslanden aan de Dinkel wordt door het hoge ijzergehalte in het Dinkelzand P gebonden. Onder anaerobe omstandigheden (bij langere overstromings) kunnen de aan het ijzer gebonden fosfaten vrij komen. Onder initiële droge omstandigheden verloopt de mineralisatie traag in droge Dinkelgraslanden. Bij vernatting door bijvoorbeeld overstroming neemt de mineralisatie toe. Meer in de zomer dus bij hogere temperaturen.

De waterkwaliteit van het oppervlaktewater genomen op een locatie, in de Beneden-Dinkel bij Beuningen.

| | 1982 | 1989 |
|--------------------------|------|------|
| N-NO ₃ (mg/l) | 7,3 | 6,8 |
| N-NH ₄ (mg/l) | 1,2 | 0,6 |
| totaal P (mg/l) | 1,4 | 0,7 |

N norm is 2,2 mg/l (zie Zwolsman, landschap 1996, 3)

De waarden voor N liggen in de Dinkel boven de geldende norm

Beerze (Jakink e.a. 1997)

De Beerze is een beek die ontspringt op ca 44 m NAP 1200 m ten zuiden van de Nederlandse-Belgische grens op het Kempische Plateau. Bij Middelbeers in Noord-Brabant komen de twee stromen Kleine Beerze en Grote Beerze bijeen en vormt de Beerze. De Beerze komt samen met de Reusel die verder afwateren op de Maas (Jonkers 1981). Rond omstreeks 1900 na de ontginningen kon veel minder water vast gehouden worden dan vroeger de woeste gronden, zodat de piekafvoeren sterk toenamen. Hierdoor raakten in Noord-Brabant, zelfs in de zomer, de hooi- en weilanden langs de riviertjes en beken overstromd. De verwilderde weilanden stonden 's winters geheel en 's zomers periodiek en gedeeltelijk onderwater

De vegetatie laat een duidelijke gradiënt in de standplaatscondities zien. Op de hogere gronden overheersen typen van voedselarme, zure standplaatsen, zoals Struikheidegemeenschap, Dopheidegemeenschap en Eiken-Berkenbos. In vennen en door zuur, voedselarm lokaal grondwater gevoede laagten komen Berkenbroekbos, Gagelstruweel, de Gemeenschap van Veelstengelige waterbies en van Vlottende bies voor. In de contactzone van beekoverstromings en lokale kwel van matig zuur, lokaal grondwater komt een vrij grote variatie aan vegetatietypen voor. Hier zijn onder andere de Galigaangemeenschap, mesotrofe vormen van het Stijve zeggemoeras, Elzen-berkenbroek, Veenpluis-Draadzeggegemeenschap, Veldrusvegetaties en fragmentaire vormen van het Blauwgrasland te vinden, Dichter naar de beek duidt de vegetatie op voedselrijkere omstandigheden. Hier komen Grote zeggenvetaties en plaatselijk fragmentaire vormen van het Dotterbloemhooiland voor.

| Langs de Beerze | dichtbij de Beerze | Contactzone van beekoverstromings en lokale kwel | Vennen | Hogere gronden |
|-------------------------------------|---|--|--|--|
| Liesgrasvelden en Brandnetelruigten | Grote zeggenvegetaties en plaatselijk fragmentaire vormen van het Dotterbloemhooiland. Waar oppervlakkig regenwater stagneert komen Kleine zeggen-gemeenschappen voor | Galigaan-gemeenschap, mesotrofe vormen van het Stijve zeggemoeras, Elzen-berkenbroek, Veenpluis-Draadzegge-gemeenschap, Veldrusvegetaties en fragmentaire vormen van het Blauwgrasland | Berkenbroekbos, Gagelstruweel, de Gemeenschap van Veelstengelige waterbies en van Vlottende bies | Struikheide-gemeenschap, Dopheide-gemeenschap en Eiken-Berkenbos |
| voedselrijk, sterke eutrofiëring | voedselrijkere omstandigheden | matig zuur, lokaal grondwater | zuur, voedselarm lokaal grondwater | voedselarme, zure standplaatscondities |

Beije en Baaijens schrijven in hun rapport van 1985 dat inundaties vanuit de Beerze in de periode 1850-1950 frequent voorkwamen maar was de invloed op de vegetatie zeer beperkt. Inundatie waren van korte duur en meestal buiten het groeiseizoen en de kwaliteit van het oppervlaktewater lag tussen die van regenwater en diepgrondwater.

Waar oppervlakkig regenwater stagneert komen Kleine zeggengemeenschappen voor. Dichtbij de Beerze komen Liesgrasvelden en Brandnetelruigten voor, wat duidt op sterke eutrofiëring. De eutrofiëring van het Beerzewater en overstromingen met basen- en slibrijk beekwater hebben ertoe geleid, dat de sterk door Beerzewater beïnvloede delen van het dal steeds verder zijn geëutrofiëerd. Daardoor komen langs de Beerze alleen nog vegetatietypen van zeer voedselrijke standplaatsen voor (Jalink 1991, Jalink e.a. 1997).

Na de ruilverkaveling in 1950 overstroomt het natuureservaat in de winter met 0,50 – 1,0 m water. Beerze. In het voorjaar en de zomer zakt het water tot 0,50 m onder maaiveld. Vegetatie vergelijkingen tussen 1943, 1946 en 1951 laten een sterke verarming van vegetatie en flora zien. Dit is een gevolg van de veranderingen in de waterhuishouding in het kader van de ruilverkaveling in 1950 (ter Hoeve & Schimmel, 1953).

Chaamse beken (Bruchem e.a. 1996)

De Chaamse beken heeft zijn stroomgebied in Noord-Brabant. en is gelegen ten zuiden van Breda. Het stelsel van beken en in de middenloop samenstromend tot een benedenloop de Bovenmark. Het stroomgebied is 4800 ha groot. Inundatie met beekwater vinden regelmatig plaats in de midden- en benedenloop. Het oppervlakte water is zeer eutroof is ver boven de normwaarden: N= 11.81 mg/l en P = 0.2 mg/l tot halfnatuurlijke laaglandbeken volgens de norm N=0-1 en P=0-0.1 mg/l (IKC-NBLF 1993). Op de locaties die inunderen groeien soorten als brandnetel, en andere stikstofminnende plantesoorten.

Dommel en de Zwarte Beek (Olde Venterink e.a. 1999; Olde Venterink; 2000)

In de beekdalen van de Dommel en de Zwarte Beek (Belgie) is een uitvoering veldstudie uitgevoerd naar de eutrofiëring van de beekdalhooilanden. De bodems bestaan overwegend uit venig substraat. De graslanden zijn begroeit met vegetatietypen met toenemende productiviteit van de Molinia-, Caltha-, Holcus- tot de Glyceriagrasslanden. De graslandssystemen worden jaarlijks gemaaid voor een periode van minstens 10 jaar en sommige zelfs 20 jaar. De laagveensystemen zijn met toenemende productiviteit de Carex nigra, Carex curta, Carex acuta en de Carex riparia of Scirpus sylvaticus laagvenen.

De nutriëntenbudget is opgesteld van de onderzochte locaties. Metingen van atmosferische depositie, overstroming, grondwater, uitspoeling, afgevoerd maaisel, beschikbaarheid van de bodem en biomassasamenstelling worden besproken.

Overstroming kan plaatsvinden vanuit de beek in de Caltha en de Glyceria graslanden. Tijdens de meetperiode overstroomde een deel van de proefvlakken met oppervlaktewater in mei. Omdat de bodem op dat moment verzadigd was met water, is aangenomen dat het oppervlaktewater niet geïnfiltrerd is (Hooijer 1996). De toevoeging vanuit het oppervlaktewater zijn bepaald op 4.3-11 kg N, 0.3-0.7 kg P en 6.8-21 kg K ha⁻¹.y⁻¹. De Glyceria graslanden kregen meer nutriënten vanuit het oppervlaktewater.

Geleenbeek: waterbuffers

Langs de Geleenbeek liggen drie overlaatsystemen voor de opvang van afvoerpieken. Eén heeft nooit gefunctioneerd en heeft een recreatie functie. De andere twee waterbuffers worden tegenwoordig tevens gebruikt voor vergroting van natuurwaarden. (m.m. Delsing & Hendriks, waterschap Roer & Overmaas, Sittard, 1990). Een buffer wordt in compartimenten ingedeeld, die na elkaar in werking treden bij toenemende wateroverlast. De meeste vervuiling blijft in het eerste compartiment achter. Verder worden zoveel mogelijk aanvullende maatregelen getroffen om natuurwaarden, voornamelijk in de vorm van waardevolle vegetaties, in de buffers te stimuleren.

Berkel: retentiebekken

Langs de Berkel bevindt zich sinds 1972 een retentiebekken ter ontlasting van de piekafvoer, maar vooral om verdroging tegen te gaan door aanvulling van het grondwater. 's Winters wordt er water ingelaten voor gebruik in de zomer (m.m. te Pas, Waterschap de Berkel, Lochem, 1990).

Dommel en Aa: retentiebekken (Havinga e.a. 1991)

Langs de Dommel is een natuurgebied ingekaad, wat functioneert als retentiebekken om een benedenstrooms gelegen waardevoller natuurgebied te vrijwaren van overstroming. Het retentiegebied Bossche Broek ligt nabij het punt waar de Dommel en de Aa bijeenkomen en afwateren op de Maas. In het verleden overstroomde het Bossche Broek meer malen per jaar. In 1999 is dit Retentiebekken aangepast, nadat in 1995 'ongecontroleerde' overstroming plaats vond. Het grondgebruik in het Bossche Broek bestaat hoofdzakelijk uit natuur en landbouw (Klijn & Kwakernaak, 2000).

Zuidlimburgse beken (Mulder & Cortenraad 1990).

Globale beschrijving van de vegetatietypen die voorkomen langs limburgse beken. De namen van de beken wordt niet genoemd en ook niet de geografie daarvan. In Zuid-Limburg zijn vochtige beekoeverbossen, zinkgraslanden en periodiek geïnundeerde graslanden alleen te vinden langs de hoofdbeken. Vegetatie en systemen die overstromen zijn de Beekoeverbossen. Binnen dit biotooptype zijn twee bostypen te onderscheiden; het Essen-Iepenbos op regelmatig overstromende voedselrijke oeverzones en het Elzen-Vogelkers-bos op vochtige maar nauwelijks tot niet overstroomde oeverzones. Met name Bosmuur (*Stellaria nemorum*) en Kleine kaardebol (*Dipsacus pilosus*) komen voor in de regelmatig overstroomde en met slib verrijkte situaties, ook als dit soort locaties beplant zijn met populieren. Het Essen-Iepenbos komt nog maar zeer sporadisch voor langs de Geul, maar heeft op die locaties een rijke ondergroei met veel voorjaarsbloeiers, waaronder Vingerhelmbloem (*Corydalis solida*) en enkele bolgewassen

Natuurlijke samenstelling van beekwater (mg/l) uit verschillende hydrogeochemische regio's, relevant voor de provincie Limburg (Zuurdeeg 1980)

| | Ardennen | Krijtgebied | Loss/leem | zand/grind |
|-----------------------|----------|-------------|-----------|------------|
| pH | 7.3 | 7.5 | 7.9 | 6.7 |
| EGV25 (uS/cm) | 240 | 480 | 454 | 240 |
| HCO ₃ mg/l | 85 | 315 | 288 | 60 |
| Ca | 28 | 114 | 96 | 38 |
| Mg | 4 | 5 | 11 | 4 |
| Na | 7 | 8 | 11 | 17 |
| Cl | 15 | 19 | 18 | 34 |
| SO ₄ | 14 | 40 | 50 | 62 |
| K | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Fe-t | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 1.13 |
| oPO ₄ | 0.13 | 0.44 | 0.37 | 0.15 |

'de Vloevelden' te Lommel-Kolonie te in België (Boeye e.a. 1990)

'de Vloevelden' liggen te Lommel-Kolonie in de Kempen die voornamelijk uit zandgronden bestaan. Het is een infiltratiegebied waar kanaalwater via een irrigatiesysteem de zgn wateringen aan het oppervlakte wordt gebracht. In de vorige eeuw werd het kanaalwater gebruikt om de droge, arme gronden vruchtbaar te maken. De percelen waren in gebruik als hooiland en werden voor de grasproductie gebruikt. Driemaal per jaar werden de percelen bevloed met kanaalwater. De hooilanden die nog in gebruik zijn zijn soortenrijk met soorten als moesdistel, echte sleutelbloem, herfsttijloos, blaasilene en kleine pimperl. Als gevolg van de bevloeiing zijn de van oorsprong zure gronden nu veranderd in zwak zure tot neutrale bodems

Biebrza te Polen (Bootsma e.a. 2000; Bootsma 2000)

Het stroomdal van de Biebrza ligt in Polen. De benedenloop is vlak en bestaat uit een dunne laag zandig en kleiig veen op eolisch en fluviatiel zand. Erosie- en sedimentatieprocessen zijn actief. Tijdens piekafvoeren in het voorjaar treedt de rivier ver buiten haar oevers.

Bij een vergelijkende studie van de Drentse Aa met de Biebrza in Polen worden de volgende vegetatietype afhankelijk van overstroming schematische beschreven.

Vegetatietypen en de mate van overstroming in de Biebrza beekdal.

Beek

flank/rug

| | | | | |
|--------------------|--------------------------|------------------------|--|--------------------------------------|
| Phragmitetea | | Caricetum caespitosae | Caricion davallianae | Agropyro-Rumicion/Arrhenateretalia |
| Riet klasse | Verbond van Stijve zegge | Polzegge ass. | Knobbies-verbond | Zilver schoon-verbond/Glanshaverorde |
| Winterover stroomd | Winterover stroomd | incidenteel overstromd | niet overstromd rivierwater maar met baserijk grondwater | infiltratie |

De waterkwaliteit in de Biebrza (Bootsma e.a. 2000).

| | |
|-----------------|-----------------------|
| | Biebrza (Wassen 1996) |
| Totaal-N (mg/l) | 1.12 |
| Totaal-P (mg/l) | 0.19 |

Biebrza: benedenloop(Wassen 1996):

Een correlatief verband is gevonden tussen soortensamenstelling en de hydrologie van de beek. Verschillen tussen soortensamenstelling wordt het beste verklaard uit het voorjaarspeil en voorjaaroverstroming ($r=0,9$).

In de benedenloop van de Biebrza is in 1987 de vegetatie en in april 1992 en 1993 is het overstromingswater bemonstert en beschreven.

| Vegetatie | Overstromingsdiepte (cm) | Fluctuatie (cm) | Overstromingsduur (dagen) |
|---------------------------|--------------------------|-----------------|---------------------------|
| Liesgrasvegetatie | > 65 | -50 – 50 | 72 |
| Rietland | > 25 | | |
| Stijf Struisgrasvegetatie | 5-30 | -20 – 20 | 31 |
| Stijve Zeggevegetatie | | -25 – 25 | |
| Grote Zeggevegetatie | | -50 – 50 | |

De nutriëntenconcentraties in de bovengrondse biomassa verschillen weinig voor de vegetatietypen: N, P en K resp. 14, 1,5 en 12 mg/g drooggewicht. verschillen worden voornamelijk veroorzaakt door verschillen in de droge stofproductie.

| Vegetatie | N en K-mineralisatie | P-mineralisatie |
|---------------------------|----------------------|-----------------|
| Liesgrasvegetatie | hoogst | laag |
| Rietland | middel | laag |
| Stijf Struisgrasvegetatie | laagst | laag |
| Stijve Zeggevegetatie | laagst | hoogst |
| Scherpe Zeggevegetatie | hoogst | hoogst |
| Grote Zeggevegetatie | middel | laag |

In de benedenloop van de Biebrza werden de volgende gemiddelde waarden gemeten in 1992 en 1993.

| | Rivierwater | | Liesgras | | Struisgras | |
|-----|--------------------|-------|-----------------|-------|-------------------|-------|
| | voorjaar | zomer | voorjaar | zomer | voorjaar | Zomer |
| EC | 410 | 400 | 430 | 990 | 315 | 290 |
| PH | 8.2 | 7.8 | 8.1 | 6.9 | 7.2 | 6.6 |
| Ca | 79 | 75 | 74 | 171 | 58 | 52 |
| Cl | 14 | 13 | 15 | 13 | 9 | 6 |
| N | 1.12 | 0.59 | 0.39 | 7.1 | 0.13 | 1.7 |
| PO4 | 0.57 | 0.51 | 0.18 | 0.21 | < | 0.22 |
| K | 3.2 | 3.0 | 3.1 | 3.8 | 1.3 | 0.9 |

De 'Meersen' van de Bourgoyen bij Gent (België: Verlinden e.a. 1990)

De Meersen is een ca 150 ha groot nat graslandgebied rond een afgesneden meander in de alluviale vlakte van de Leie in België. Sinds 1982 is onderzoek uitgevoerd in een periodiek overstroomd weiland-hooilandcomplex. Overstroming kan plaats vinden tot half april. In het gebied kan afhankelijk van de neerslaghoeveelheid, overstroming optreden tot half april of nog later. In extreme gevallen kunnen ook zomeroverstroming voorkomen. De grootste soortenrijkdom werd behaald in graslanden waar langdurige overstroming optreden en worden beheerd (gemaaid en strooisel afvoer). Het onderzoek richtte zich op de gevolgen van overstroming op de soortensamenstelling middels veldopnamen. Het grootste deel van de vegetatietypen in het studiegebied kunnen gerekend worden tot het dotterverbond of vegetaties die daaraan verwant zijn. Percelen die tot 1983 nauwelijks overstroomden maar daarna langer geïnundeerd werden zijn het sterkst veranderd. Er wordt niet aangegeven wat die verandering inhoud in soortennaam of -aantallen.

Het blijkt dat soorten als Blauwe zegge (*Carex panicea*), Geelgroene zegge (*Carex oederi oedocarpa*) en Bleke zegge (*Carex pallescens*) overleven in niet gemaaid of beweide percelen enkel wanneer geen inundatie optreedt. Daardoor werd verondersteld dat bij afwezigheid van beheer de invloed van overstroming veel groter is dan bij vegetaties die een hooiland- of hooiweidebeheer kennen.

Om de invloed van een verlengde inundatie op verschillende populaties in zowel strooiselrijk als strooiselarm milieu na te gaan zijn in het laboratorium potproeven uitgevoerd op in het veld gestoken zoden. De kasproeven zijn een nabootsing van overstromingen in de zomerperiode, die in het studiegebied haast jaarlijks in de natste gedeelten optreden.

Overzicht van de inundatietolerantie van graslandsoorten in de kasproeven (immitatie zomeroverstroming).

| Tolerantieperiode | strooiselarm milieu | strooiselrijk milieu |
|-------------------|--|---|
| enkele dagen | Frans raaigras (<i>Arrhenatherum elatius</i>) Scherpe boterbloem (<i>Ranunculus acris</i>) Schapezuring (<i>Rumex acetosella</i>) Gewone veldbies (<i>Luzula campestris</i>) Valse salie (<i>Teucrium scorodonia</i>) Gladde witbol (<i>Holcus mollis</i>) Tnadjesgras (<i>Sieglingis decumbens</i>) | Frans raaigras Scherpe boterbloem Schapezuring Gewone veldbies Valse salie Gladde witbol Tandjesgras Smalle weegbree Engels raaigras Beemdlangbloem Veldzuring Rood zwenkgras Gestreepte witbol |
| 2 weken | Beemdlangbloem Smalle weegbree Engels raaigras | Gewoon struisgras |
| 3-4 weken | Gestreepte witbol Rood zwenkgras Gewoon struisgras Veldzuring | Kruipende boterbloem Pinksterbloem Ruwbeemgras Blauwe zegge Geelgroene zegge |
| meer dan 4 weken | Kruipende boterbloem Pinksterbloem Blauwe zegge Ruw beemdgras Beelgroene zegge Liesgras Egelboterbloem Scherpe zegge Tweerijige zegge Pitrus Zeegroene rus Fioringras Heelblaadjes Geknikte vossestaart Rietgras Dotterbloem Mannagrass Watermunt Moeraszegge Gele lis | Liesgras Egelboterbloem Scherpe zegge Tweerijige zegge Pitrus Zeegroene rus Fioringras Heelblaadjes Geknikte vossestaart Rietgras Dotterbloem Mannagrass Watermunt Moeraszegge Gele lis |

Lopende projecten

Bevloeiingseffecten in de Reest.

In het kader van OBN (Overlevingsplan Bos en Natuur) is door meerdere deelnemers uit het deskundigenteam natte schraalgraslanden een project opgestart. Een viertal gebieden zijn er ingericht voor overstroming: Reest (Ov/Dr), Westbroekse Zodden (Ut), Zijdebrug (ZH) en de Plateaux (NB). Een van deze gebieden liggen in een beekdal de Reest. Bij dit onderzoek wordt vooral gekeken naar de waterkwaliteitsaspecten in relatie tot de basensamenstelling en de effectiviteit van

de bevoeiing op de vegetatie. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de kennis uit een eerder OBN-studie (Kemmers e.a. 2000). Daarin is aangetoond dat ijzer en zwavel via reductieprocessen een belangrijke rol spelen bij de realisering van een hoge basenverzadiging van verzuurde gronden. Cruciaal voor mogelijkheden voor herstel is de aanwezigheid van ijzer. Laagveengebieden zijn bij verdroging door uitspoeling gevoelig ontijzering.