

WATERBERGING EN NATUUR

RAPPORT

2004

16

ISBN 90.5773.252.1



stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 030 232 11 99 FAX 030 232 17 66
Arthur van Schendelstraat 816
POSTBUS 8090 3503 RB UTRECHT

Publicaties en het publicatie overzicht van de STOWA kunt u uitsluitend bestellen bij:
Hageman Fulfilment POSTBUS 1110, 3300 CC Zwijndrecht,
TEL 078 629 33 32 FAX 078 610 610 42 87 EMAIL info@hageman.nl
onder vermelding van ISBN of STOWA rapportnummer en een duidelijk afleveradres.

TEN GELEIDE

Sinds de studie van de Commissie Waterbeheer 21^e eeuw is het begrip waterberging ingeburgerd. Op grond van het advies van de commissie zijn waterschappen en provincies op zoek gegaan naar mogelijkheden voor berging. Hoe en waar dat het beste kan gebeuren, is echter niet altijd duidelijk. Bij waterbeheerders bestaat grote behoefte aan inzichtelijke informatie over de effecten van waterberging in regionale systemen om hiermee de keuze voor en inrichting van bergingsgebieden te onderbouwen.

In dit rapport is getracht op basis van literatuuronderzoek en bij onderzoekers aanwezige kennis aan te geven wat de effecten zijn van waterberging op de natuur, en in welke mate bepaalde natuurdoelen al dan niet te combineren zijn met waterberging. Bij het opstellen van dit kennisoverzicht is veelvuldig gebruikt gemaakt van de inzichten van deskundigen omdat er nog veel hiaten zijn in onze kennis over de effecten van waterberging op de natuur. Dit kennisoverzicht moet daarom beschouwd worden als een voorlopig overzicht waarin wordt aangegeven wat naar de huidige inzichten te verwachten is bij de combinatie van waterberging en natuur.

De in dit rapport verwoorde kennis is tevens verwerkt in een digitale applicatie. Met behulp van deze applicatie kan aan de hand van verschillende overstromingskenmerken van een beoogde vorm van en locatie voor waterberging voor de meest voorkomen natuurdoeltypen worden bepaald hoe deze combinatie van waterberging en natuur “scoort”. Deze digitale applicatie is te vinden via www.stowa.nl → thema's → waterberging → waterberging en natuur → rapport en digitale applicatie.

De studie is uitgevoerd door Alterra Wageningen en begeleid door een commissie bestaande uit medewerkers van de Unie van Waterschappen, verschillende waterschappen, het RIZA en het Expertise-centrum van het ministerie van LNV.

Daarnaast hebben nog tal van deskundigen een bijdrage geleverd aan de totstandkoming van dit kennisoverzicht. Via deze weg wil ik al degenen die een bijdrage hebben geleverd aan de totstandkoming van het rapport hartelijk danken voor hun inzet.

Een speciaal woord van dank ook aan het ministerie van LNV en Alterra, die via het programma 417 (Waterbeheer) een deel van deze studie hebben gefinancierd.

Utrecht, juli 2004

De directeur van de STOWA,
Ir. J.M.J. Leenen

VOORWOORD

In dit rapport is getracht op basis van literatuuronderzoek en bij onderzoekers aanwezige kennis aan te geven wat de effecten zijn van waterberging op natuur, en in welke mate bepaalde natuurdoelen al dan niet te combineren zijn met waterberging. Aanleiding was de behoefte van regionale waterbeheerders aan richtlijnen voor de combinatie van waterberging en natuur.

Vanwege een gebrek aan kennis is het niet altijd mogelijk om een eenduidig antwoord te geven op de vraag of waterberging en natuur te combineren zijn. Ook na een uitgebreid literatuuronderzoek en een workshop met deskundigen blijven er op tal van punten nog hiaten in kennis bestaan. Onzekerheden zijn er met name over effecten op de fauna en over de invloed van waterberging op de nutriëntenhuishouding. In de kennistabellen die zijn opgenomen in het rapport en in de webapplicatie 'Waterberging en Natuur' is aangegeven welke relaties onzeker zijn vanwege hiaten in de kennis.

Als ingang voor de kennistabellen is uitgegaan van bestaande of geplande natuur(doel)typen, omdat deze een gangbare ingang vormen om de bestaande situatie en de doelen vanuit het natuurbeheer aan te geven. Met het natuurdoeltype kunnen echter lang niet alle relevante aspecten van de bestaande of geplande natuur afdoende worden gekarakteriseerd. Daarom is het van belang om ook gebiedsspecifieke informatie over het voorkomen van soorten en over ruimtelijke patronen in de afweging te betrekken. Zoals hiervoor reeds opgemerkt, geldt dit met name voor de fauna, omdat ruimtelijke aspecten (aanwezigheid vluchtplaatsen, kansen op hervestiging uit nabijgelegen populaties) zeer bepalend zijn voor de te verwachten effecten. Voor gebieden waar, vanwege het ontbreken van kennis over de te verwachten effecten, risico's onduidelijk zijn, verdient het aanbeveling om op basis van de in dit rapport aangeboden richtlijnen te beoordelen of nadere advisering door deskundigen gewenst is.

De in het rapport gehanteerde indeling van verschillende wijzen van waterberging is beperkt. In de praktijk zijn varianten mogelijk. Van belang is dat de waterbeheerder goed analyseert wat de mogelijkheden zijn voor een combinatie van wateropgaven voor het watersysteem (het realiseren van extra waterberging in perioden van wateroverlast) met herstel van de oorspronkelijke, meer natuurlijke, overstromingsdynamiek in natuurgebieden. Dit leidt vrijwel altijd tot een wat lagere bergingscapaciteit in de kritieke perioden dan bij een louter technische afweging. Maar het biedt wel de beste perspectieven op de realisatie van de gestelde natuurdoelen.

Ondanks deze beperkingen hopen wij dat het rapport en het in het rapport opgenomen verslag van de workshop met deskundigen een bijdrage leveren aan een goede planvoorbereiding voor concrete uitvoeringsprojecten.

Han Runhaar
Jos Schouwenaars

SAMENVATTING

DOEL

Doel van dit rapport is om waterbeheerders een overzicht te geven van bestaande kennis over de effecten van waterberging op de natuur en om aan te geven welke mogelijkheden er zijn om waterberging en natuur te combineren. De studie beperkt zich tot effecten van waterberging in regionale systemen.

TYPE EFFECTEN

Wat betreft de effecten van waterberging kan onderscheid worden gemaakt tussen: (1) het verdrinken van organismen als gevolg van inundaties, (2) de toename van de productiviteit als gevolg van de aanvoer van voedingsstoffen (externe eutrofiëring), (3) de toename van de productiviteit als gevolg van het vrijkomen van reeds aanwezige voedingsstoffen (interne eutrofiëring), (4) de vergiftiging van organismen door de aanvoer of vorming van toxische verbindingen, (5) de stijging van de pH onder invloed van aangevoerd hard oppervlaktewater (alkalinisering) en (6) de verzilting en verzoeting die kan optreden bij de aanvoer van respectievelijk zoet en zout water.

VERDRINKING VAN ORGANISMEN

Verdrinking van soorten als gevolg van het onder water komen te staan, treedt vooral op bij inundaties in voorjaar en zomer, de periode waarin organismen actief zijn en de reproductie plaatsvindt. Omdat de zuurstofbehoefte van planten in de winter gering is, zijn winteroverstromingen nauwelijks van invloed op de overleving. Bij dieren wisselt de zuurstofbehoefte. Veel soorten zijn ook in de winter gevoelig voor overstromingen. Over de lange-termijn effecten van inundaties op met name de fauna is weinig bekend.

AANVOER VAN VOEDINGSSTOFFEN

Wat betreft de aanvoer van voedingsstoffen lijkt, anders dan veelal aangenomen, de kwaliteit van het oppervlaktewater slechts een beperkte invloed te hebben omdat er slechts geringe hoeveelheden voedingsstoffen in opgeloste vorm worden aangevoerd. Aanvoer met slib lijkt een belangrijker factor te zijn omdat daarmee aanzienlijke hoeveelheden voedingsstoffen kunnen worden aangevoerd. Overigens is de voedselrijkdom van het slib naar verwachting wel weer gecorreleerd aan de waterkwaliteit.

INTERNE EUTROFIËRING EN VERGIFTIGING DOOR WATERSTOFSULFIDE

Inundatie met oppervlaktewater en de daaropvolgende daling van de redoxpotential leiden over het algemeen tot de mobilisatie van fosfaat. Omdat waterberging tijdelijk is, zullen de effecten naar verwachting meestal beperkt zijn. Inundaties vinden vaak plaats in de winter wanneer de biologische activiteit gering is en de redoxpotential nauwelijks daalt. Bovendien wordt het fosfaat na de inundatie weer gedemobiliseerd. De aanvoer van hard (bicarbonaatrijk) en sulfaatrijk water kan tevens leiden tot het beschikbaar komen van voedingsstoffen doordat de afbraak van organisch materiaal wordt gestimuleerd. Hoewel een bekend probleem bij aanvoer van oppervlaktewater om verdroging tegen te gaan, is het de vraag of dit mechanisme bij tijdelijke overstromingen leidt tot een significante toename in de voedselrijkdom. Een uitzondering vormen aquatische systemen, die langdurig onder de invloed staan van het aangevoerde bergingswater. In deze systemen is ook het risico het

grootst dat de aanvoer van sulfaat in combinatie met een ijzerarm substraat leidt tot de vergiftiging van planten en dieren door de vorming van waterstofsulfide.

AANVOER TOXISCHE STOFFEN

Met het te bergen water en het slib kunnen ook toxische stoffen als zware metalen en bestrijdingsmiddelen en hormoon-actieve stoffen worden aangevoerd. Om welke stoffen het gaat, is sterk afhankelijk van de lokale omstandigheden. Over de effecten op de fauna in regionale systemen is weinig bekend.

COMBINEERBAARHEID WATERBERGING MET NATUURDOELEN

In het rapport wordt in de vorm van kennistabellen aangegeven in welke mate bepaalde natuurdoelen wel of niet te combineren zijn met waterberging. In het algemeen zijn waterberging en natuur beter te combineren naarmate de bergingsdynamiek beter aansluit bij een natuurlijke overstromingsdynamiek (frequente en ondiepe overstromingen in de winter en het vroege voorjaar), en de waterkwaliteit beter is. Hoogproductieve en dynamische ecosystemen als moeras en wilgenbos zijn het makkelijkst te combineren met waterberging. Laagproductieve en minder dynamische systemen als natte schaalgraslanden stellen hogere eisen aan de overstromingsdynamiek en de waterkwaliteit en zijn daarom slechts in uitzonderingsgevallen te combineren met waterberging.

Ook bij zeer infrequente waterberging (minder dan eens in de 50 jaar) zijn er mogelijkheden om waterberging en natuur te combineren, maar dan alleen als de herhalingsstijd vele malen langer is dan de hersteltijd van de betreffende ecosystemen. Deze optie wordt echter niet aanbevolen vanwege de te verwachten massale sterfte van planten en dieren, en de onzekerheden over de mate van herstel als gevolg van de vaak geïsoleerde ligging van natuurgebieden.

INBRENG DESKUNDIGEN

De kennistabellen en onderliggende relaties zijn voorgelegd aan deskundigen op het gebied van natuurbeheer. Hoewel ze bovenstaande conclusies in grote lijnen delen zijn ze duidelijk pessimistischer over de mogelijkheden om natuur te combineren met waterberging en wijzen ze waterberging in bestaande natuurgebieden in alle gevallen af. Overigens zijn ze wel positief over de mogelijkheden om waterberging en natuur te combineren in natuurontwikkelingsgebieden, omdat de daarbij verwachte hoogproductieve en dynamische natuur een veel grotere bijdrage levert aan de biodiversiteit dan de huidige landbouwecosystemen.

ONZEKERHEDEN DOOR GEBREK AAN KENNIS

Over veel processen is geen kwantitatieve empirische kennis beschikbaar. Het is daarom lastig aan te geven wat de te verwachten effecten zijn. In de kennistabellen is uitgegaan van de meest waarschijnlijke effecten. In de vorm van vraagtekens is aangegeven bij welke relaties er onzekerheid bestaat over de te verwachten effecten. In geval van onzekere relaties wordt aan de waterbeheerder overgelaten hoe om te gaan met deze onzekerheid, afhankelijk van de vraag welk risico het zwaarst weegt: het risico dat ten onrechte waterberging plaatsvindt in gebieden met daarvoor gevoelige natuur (omdat de effecten te positief zijn ingeschat) of het risico dat mogelijkheden voor combinaties van waterberging en natuur worden gemist (omdat de effecten te negatief zijn ingeschat).

MONITORING

Vanwege het gebrek aan kennis is niet alleen vergelijkend en experimenteel wetenschappelijk onderzoek noodzakelijk, maar is het ook belangrijk dat in de praktijk uitgevoerde waterbergingsprojecten goed worden gemonitord en geëvalueerd, inclusief een vastlegging van de situatie voorafgaande aan de waterberging.

LEESWIJZER

RAPPORT

Hoofdstuk 1 beschrijft de aanleiding en de doelstelling van dit onderzoek. Het haalt kort de definities aan van de begrippen rond waterberging zoals die in deze studie zijn gehanteerd en schetst tot slot het toepassingsbereik en de opzet van het onderzoek.

Hoofdstuk 2 gaat in op de processen die een rol spelen bij waterberging en de effecten van waterberging op flora en fauna.

Hoofdstuk 3 behandelt de meer specifieke effecten van waterberging die in bepaalde gebieden te verwachten zijn. In de hoofdstukken 2 en 3 zijn telkens de belangrijkste conclusies per paragraaf samengevat.

Hoofdstuk 4 schetst de mogelijkheden om natuurdoelen te combineren met waterberging. Afhankelijk van het natuurdoeltype en het type waterberging wordt aangegeven wat de kansrijkdom is van de functiecombinatie waterberging-natuur. Met de tabellen uit dit hoofdstuk kan worden nagegaan in hoeverre bepaalde natuurtypen wel of niet combineerbaar zijn met een geplande vorm van waterberging en wat mogelijke negatieve gevolgen van de waterberging zijn voor die natuurtypen.

Hoofdstuk 5 geeft algemene regels om waterberging en natuur te combineren in gebieden die zijn aangewezen voor natuurontwikkeling.

Het rapport wordt afgesloten met een discussie in *hoofdstuk 6* en conclusies en aanbevelingen in *Hoofdstuk 7*.

DIGITALE APPLICATIE

Als hulpmiddel bij dit rapport is een digitale applicatie opgesteld. Met behulp van deze applicatie kan aan de hand van verschillende overstromingskenmerken van een beoogde vorm van en locatie voor waterberging voor de meest voorkomen natuurdoeltypen worden bepaald hoe deze combinatie van waterberging en natuur scoort.

De digitale applicatie is te vinden via www.stowa.nl → thema's → waterberging → waterberging en natuur → rapport en digitale applicatie.

COLOFON

Utrecht, 2004

UITGAVE STOWA, Utrecht

RAPPORT Waterberging en Natuur
Kennisoversicht ten behoeve van regionale waterbeheerders

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

B. Spiers	Unie van Waterschappen (voorzitter)
B. Eenkhoorn	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
J. Huinink	Expertise Centrum van het ministerie van LNV
A. van der Looy	Waterschap De Dommel
T. de Meij	Waterschap Velt en Vecht
B. Moonen	Waterschap Groot Salland
J. Schouwenaars	Wetterskip Fryslân
S. Stuijtzand	RIZA
M. Talsma	STOWA

TEKST	J. Runhaar	Alterra
	G. Arts	Alterra
	W. Knol	Alterra
	B. Makaske	Alterra
	N. van den Brink	Alterra

MET MEDEWERKING VAN

J. Schouwenaars	Wageningen Universiteit
F. Sival	Alterra
H. Massop	Alterra
A. Blankena	Alterra
R. Kemmers	Alterra
M. Bogers	Alterra
S. Hennekens	Alterra
E. Weeda	Alterra

DRUK Kruyt Grafisch Advies Bureau

STOWA Rapportnummer 2004-16
ISBN 90-5773-252-1

Dit onderzoek werd mede mogelijk gemaakt door een bijdrage van het Ministerie van LNV via programma 417 (Waterbeheer).

DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. In 2004 zijn dat alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen, de provincies en Rijkswaterstaat.

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van behoefte-inventarisaties bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. Het onderzoek wordt begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n vijf miljoen euro.

STOWA onderzoeksvelden:

- Afvalwateronderzoek
- Watersysteemonderzoek
- Waterketenonderzoek
- Waterweren

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: +31 (0)30-2321199

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB UTRECHT

Email: stowa@stowa.nl

Website: www.stowa.nl

WATERBERGING EN NATUUR

INHOUD

TEN GELEIDE
VOORWOORD
SAMENVATTING
LEESWIJZER
STOWA IN HET KORT

1	INLEIDING	1
1.1	Achtergrond, doelstelling	1
1.2	Vasthouden en bergen, overstroming en inundatie	1
1.3	Toepassingsbereik	3
1.4	Opzet onderzoek	3
1.5	Begeleiding	4
1.6	Opzet rapport	4
2	EFFECTEN OP VEGETATIE EN FAUNA	5
2.1	Inleiding	5
2.2	Effecten op standplaatscondities en vegetatie in terrestrische ecosystemen	6

2.3	Effecten op fauna (terrestrisch)	20
2.4	Effecten op aquatische ecosystemen	32
2.5	Temporele en ruimtelijke aspecten van overstroming.....	38
3	OVERZICHT PER GEBIEDSTYPE	40
3.1	Inleiding	40
3.2	Dekzand- en stuwwalgebieden	40
3.3	Laagveengebied	45
3.4	Kleigebieden	50
3.5	Heuvelland.....	51
4	SCHATTING KANSRIJKDOM FUNCTIECOMBINATIES EN MOGELIJKE RISICO'S	52
4.1	Inleiding	52
4.2	Kansrijkdom functiecombinaties in relatie tot inundatie (verdrinking).....	55
4.3	Kansrijkdom functiecombinaties in relatie tot nutriëntenaanvoer.....	60
4.4	Risico op interne eutrofiëring	63
4.5	Risico op vorming toxisch waterstofsulfide	67
4.6	Kansrijkdom functiecombinaties in relatie tot de zuurgraad van natuurdoeltypen.....	68
4.7	Kansrijkdom functiecombinatie in relatie tot aanvoer zout.....	68
4.8	Toepassing kansrijkdomtabellen	69
5	WATERBERGING EN NATUURONTWIKKELING	72
5.1	Inleiding	72
5.2	Waterberging en natuurontwikkeling.....	72
5.3	Combinaties met andere functies.....	74
6	DISCUSSIE.....	75
6.1	Combineerbaarheid waterberging en natuur	75
6.2	Bergen en vasthouden	77
6.3	Hydrologische aspecten	77
6.4	Benadering via natuurdoeltypen.....	78
6.5	Kennishiaten	79
7	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	81
8	LITERATUUR	84
	Bijlage 1 Begrippenlijst	
	Bijlage 2 Indeling natuurdoeltypen naar voor overstroming relevante kenmerken	
	Bijlage 3 Afleiding inundatietolerantie natuurdoeltypen op basis flora	
	Bijlage 4 Afleiding inundatietolerantie natuurdoeltypen op basis fauna	
	Bijlage 5 Afleiding hersteltijd natuurdoeltypen	
	Bijlage 6 Verslag workshop met deskundigen	

1

INLEIDING

1.1 ACHTERGROND, DOELSTELLING

Door verandering in klimaat en intensivering van het grondgebruik neemt de kans op extreme afvoeren van beken en rivieren toe. De overstromingen in 1995 en 1998 van de grote rivieren en de regionale wateroverlast in een aantal gebieden waren aanleiding voor het instellen van de Commissie Waterbeheer 21^e eeuw. De belangrijkste beleidsaanbeveling voor waterbeheerders is samen te vatten in het credo: vasthouden, bergen en daarna pas afvoeren van water om de hoofdsystemen zo min mogelijk te belasten.

Op grond van de door de commissie gedane aanbevelingen zijn waterschappen en provincies op zoek gegaan naar mogelijkheden voor berging. Hoe en waar dat het beste kan gebeuren is echter niet altijd duidelijk. Bij de waterbeheerders is grote behoefte aan inzichtelijke informatie over de effecten van waterberging om op grond daarvan te kunnen komen tot een onderbouwde keuze voor de aanwijzing van bergingsgebieden en de inrichting van deze gebieden. Naar effecten op de landbouw is reeds eerder door Cornelissen e.a. (2003) in opdracht van de STOWA een studie uitgevoerd. Een voor de waterbeheerders bruikbaar overzicht van de effecten op de natuur ontbrak nog. Waar het gaat om de rijkswateren, en dan met name de grote rivieren, is er relatief veel bekend over de effecten van overstroming op de fauna en vegetatie. In regionale systemen is veel minder goed bekend wat de effecten zijn. In veel van de voorgenomen bergingsgebieden zijn de waterlopen al vele decennia tot een eeuw geleden gereguleerd en heeft de aanwezige natuur zich ingesteld op een situatie zonder of met beperkte overstroming.

Vragen zijn wat zal gebeuren als in het kader van regionale waterberging dergelijke gebieden weer overstroomd raken, en welke ontwikkelingen te verwachten zijn in gebieden waar natuurontwikkeling is gepland in combinatie met waterberging.

In dit kennisoverzicht wordt getracht een antwoord te geven op de bovenstaande vragen. Omdat er nog veel hiaten zijn in onze kennis over de effecten van waterberging op de natuur is bij het opstellen van het overzicht veelvuldig gebruikt gemaakt van de inzichten van deskundigen. Dit kennisoverzicht moet daarom beschouwd worden als een voorlopig overzicht waarin wordt aangegeven wat naar de huidige inzichten te verwachten is bij de combinatie van waterberging en natuur. Verder beperkt deze studie zich tot de regionale wateren. Waterberging langs de grote rivieren en waterberging in grote meren en afgesloten zee-armen worden hier niet in beschouwing genomen.

1.2 VASTHOUDEN EN BERGEN, OVERSTROMING EN INUNDATIE

Vasthouden en bergen zijn kernbegrippen uit de Nota Waterbeheer 21^e eeuw. Het lastige is echter dat het gaat om relatieve begrippen, waarvan de betekenis mede afhankelijk is van de schaal waarop wordt gekeken. Het opslaan van een tijdelijk teveel aan water in de overstromingsvlakte van een beekdal kan vanuit het terreinperspectief worden gezien als een vorm van waterberging, maar op het schaalniveau van een stroomgebied als een methode

om water in het stroomgebied vast te houden. Vaak wordt ook de opslag van water in de bodem gedefinieerd als een vorm van berging, terwijl dit vanuit de drietrap 'Vasthouden-bergen-afvoeren' toch eerder als een vorm van vasthouden zou moeten worden beschouwd. Dit is aanleiding voor misverstanden. Daarom is het belangrijk om bij een studie naar de effecten van waterberging duidelijk aan te geven wat onder berging wordt verstaan.

In deze studie is het begrip **waterberging** gedefinieerd als 'een situatie waarbij van elders aangevoerd oppervlaktewater tijdelijk wordt geborgen met als doel om benedenstrooms gelegen gebieden te vrijwaren van wateroverlast'. In een aantal opzichten zijn de effecten van berging te vergelijken met de effecten van het **vasthouden** van water. In beide gevallen is een resultaat dat een gebied of delen van een gebied onder water komen te staan. Een belangrijk verschil is echter dat het bij vasthouden van water geen aanvoer van nutriënten of andere stoffen plaats vindt, en bij berging wel. Ook zal de dynamiek bij berging meestal groter zijn dan bij vasthouden.

De in deze studie gebruikte definitie van waterberging sluit aan bij de manier waarop de term door de Unie van Waterschappen wordt gebruikt: 'Bergen [...] betekent dat het water via het stelsel van watergangen naar een gebied geleid wordt en dat het daar wordt geborgen. Dit is van korte duur (enkele dagen tot enkele weken) en is bedoeld om overbelasting van het afvoersysteem te voorkomen.'

Begrippen die in deze studie ook veel gebruikt zullen worden zijn 'overstroming' en 'inundatie'. Daarbij wordt **inundatie** gebruikt als brede term om aan te geven dat een gebied onder water komt te staan, waarbij in het midden wordt gelaten of het daarbij gaat om regenwater, oppervlaktewater of grondwater. **Overstroming** wordt gebruikt als specifieke term om aan te duiden dat een gebied onder water komt te staan met van elders aangevoerd oppervlaktewater. In tabel 1.1 is aangegeven wat de relatie is tussen inundatie en overstroming, waterberging en vasthouden.

TABEL 1.1

RELATIE TUSSEN WATERBERGING, VASTHOUDEN, INUNDATIE EN OVERSTROMING.

ingreep	gekenmerkt door	leidt tot
waterberging	aanvoer van oppervlaktewater van elders	overstroming (=inundatie met aangevoerd oppervlaktewater)
vasthouden	vasthouden van water in een gebied	inundatie met regenwater (al dan niet vermengd met reeds in gebied aanwezige oppervlakte- en grondwater)

In deze studie wordt in principe alleen ingegaan op de effecten van waterberging. Een uitzondering wordt echter gemaakt voor zeer grootschalige vormen van water vasthouden, zoals bijvoorbeeld bij het vasthouden van regenwater in zomerpolders. In de tekst wordt dan echter wel aangegeven dat het daarbij gaat om vasthouden in plaats van bergen. Omgekeerd worden zeer kleinschalige vormen van waterberging, bijvoorbeeld door de aanleg van retentiebekkens en zandvangen aan de voet van heuvels, in dit rapport niet behandeld. Hoewel door terreinbeheerders ook aangeduid als berging zal in deze studie niet worden ingegaan op maatregelen gericht op het vasthouden van water in infiltratiegebieden als natte heiden en hoogvenen met als doel deze gebieden te vernatten. In de hier gebruikte definitie vallen die maatregelen onder water vasthouden. Voor de mogelijkheden om vasthouden en natuur te combineren wordt verwezen naar het handboek 'Herstel van natte en vochtige ecosystemen' (Runhaar e.a. 2000).

1.3 TOEPASSINGSBEREIK

Deze studie is bedoeld om aan te geven wat er bekend is over de effecten van waterberging op de natuur, aan welke eisen waterberging moet voldoen om het te kunnen combineren met natuur, en welke mogelijkheden er zijn om waterberging en natuur te combineren.

Daarmee worden niet alle vragen van de regionale waterbeheerders beantwoord. Met name op het gebied van de hydrologie en de werking van watersystemen zijn er nog veel vragen. Bijvoorbeeld de vraag wat vanuit de bestrijding van wateroverlast de meest effectieve manier is om bergingsgebieden in te zetten, en in welke mate dat aansluit op de vereisten vanuit natuurdoelstellingen. En de vragen of vasthouden en bergen in een stroomgebied zodanig kunnen worden gecombineerd dat zowel watertekorten als wateroverlast wordt tegengegaan, en wat daarbij de optimale ruimtelijke configuratie is.

Hoewel dit wezenlijke vragen zijn hebben we ons in deze studie beperkt tot de vragen wat de effecten van waterberging op de natuur zijn en in welke mate natuurdoelstellingen te combineren zijn met waterberging, in het besef dat deze vragen al lastig genoeg zijn te beantwoorden.

Deze studie sluit aan op eerdere studies waarin wordt aangegeven in welke mate provinciale of landelijke natuurdoeltypen te combineren zijn met waterberging (Massop e.a. 2003, van der Molen 2002). Een verschil is dat dieper is ingegaan op de fyssich-chemische processen die een rol spelen bij waterberging. Dat maakt het mogelijk om niet alleen aan te geven welke typen meer of minder gevoelig zijn voor waterberging, maar ook welke eigenschappen van de waterberging (frequentie, tijdstip e.d.) bepalend zijn voor de te verwachten effecten, en onder welke omstandigheden natuurdoeltypen wel of niet te combineren zijn met waterberging.

1.4 OPZET ONDERZOEK

Om de gestelde vragen te beantwoorden zijn een aantal stappen doorlopen:

- a) Vooraf zijn een aantal interviews afgenomen met waterschappers en terreinbeheerders om een beeld te krijgen van het type gebieden waar plannen spelen voor waterberging en van het soort waterberging waar aan wordt gedacht. De interviews werden afgenomen door Annelies Blankena.
- b) Op basis van literatuur is samengevat wat er bekend is over de effecten van waterberging op de natuur. Hieraan is gewerkt door Han Runhaar (standplaatscondities en vegetatie in terrestrische ecosystemen), Wim Knol (fauna terrestrisch), Gerti Arts (aquatische ecosystemen), Nico van de Brink (ecotoxicologische aspecten) en Bart Makaske (erosie en sedimentatie). Francisca Sival en Rolf Kemmers hebben gegevens aangeleverd voor het onderdeel over standplaatscondities, Harry Massop heeft gegevens aangedragen over het historische waterbeheer. Eddy Weeda heeft geholpen met opstellen van een tabel met overstromingsafhankelijke soorten in regionale systemen (tabel 3.2).
- c) Op basis van de beschreven kennis is ingeschat wat de mogelijkheden zijn om bepaalde vormen van waterberging te combineren met bepaalde vormen van natuur. De resultaten zijn vastgelegd in de vorm van kennistabellen.
- d) De conclusies uit de literatuurstudie en de daaruit afgeleide kennistabellen zijn voorgelegd aan een groep deskundigen op het gebied van natuurbeheer. Daarvoor is gebruik gemaakt van een zogenaamde 'group-decision room', waarbij alle deelnemers via een lokaal netwerk met elkaar in verbinding staan en direct kunnen reageren op elkaars inschattingen en commentaren. Interactieve sessies via het netwerk zijn afgewisseld met plenaire discussies. De organisatie en leiding van de workshop waren in

handen van Jos Schouwenaars in zijn functie als wetenschappelijk medewerker bij de WUR. Technische ondersteuning bij dit onderdeel werd geleverd door Marion Bogers.

- e) De resultaten van de studie zijn vastgelegd in het rapport dat voor u ligt.
- f) Daarnaast is een website ontwikkeld waarop de geproduceerde kennistabellen interactief zijn te raadplegen. De website is gemaakt door Stephan Hennekens en is te vinden onder www.stowa.nl (onder thema's -> waterberging -> waterberging en natuur -> rapport en digitale applicatie)

1.5 BEGELEIDING

Het project is begeleid door een commissie bestaand uit de volgende leden:

Anita van der Looy	Waterschap de Dommel
Ben Eenkhoorn	Hoogheemraadschap Holands Noorderkwartier
Berendien Spiers	Unie van Waterschappen
Bert Moonen	Waterschap Groot Salland
Jan Huinink	EC-LNV
Suzanne Stuijtzand	RIZA
Michelle Talsma	STOWA
Thomas de Meij	Waterschap Velt en Vecht
Jos Schouwenaars	Wetterskip Fryslan

1.6 OPZET RAPPORT

In het volgende hoofdstuk zal allereerst worden ingegaan op de processen die een rol spelen bij waterberging en de effecten van waterberging op flora en fauna. Dit hoofdstuk heeft niet alleen als functie om de lezers begrip bij te brengen over deze processen, maar dient tevens als verantwoording voor de schatting van de verwachte effecten zoals die in hoofdstuk 4 in vuistregels en tabellen zijn samengevat. Omdat de effecten van waterberging afhankelijk zijn van de omgeving waarin waterberging plaats vindt zal in hoofdstuk 3 worden ingegaan op de meer specifieke effecten die te verwachten zijn in bepaalde gebieden. In de hoofdstukken zijn de belangrijkste conclusies per paragraaf samengevat.

In hoofdstuk 4 is op grond van de in de voorgaande hoofdstukken beschreven kennis, aangevuld met het oordeel van deskundigen, geschat wat de mogelijkheden zijn om natuurdoelen te combineren met waterberging. Afhankelijk van het natuurdoeltype en het type berging wordt aangegeven wat de kansrijkdom is van de functiecombinatie waterberging-natuur.

Met de tabellen uit hoofdstuk 4 kan worden nagegaan in hoeverre bepaalde natuurtypen wel of niet combineerbaar zijn met een geplande vorm van waterberging en wat mogelijke negatieve gevolgen van de waterberging zijn voor die natuurtypen. In gebieden waar sprake is van natuurontwikkeling is er meer ruimte is om natuur en waterberging ruimtelijk op elkaar af te stemmen. In die situaties is er ook behoefte aan algemene regels om waterberging en natuurontwikkeling te combineren, waarbij rekening wordt gehouden met ruimtelijke aspecten. Hierop wordt ingegaan in hoofdstuk 5.

Het rapport wordt afgesloten met een discussie (hoofdstuk 6) en conclusies en aanbevelingen (hoofdstuk 7).

Het verslag van de workshop met deskundigen is te vinden in bijlage 6.

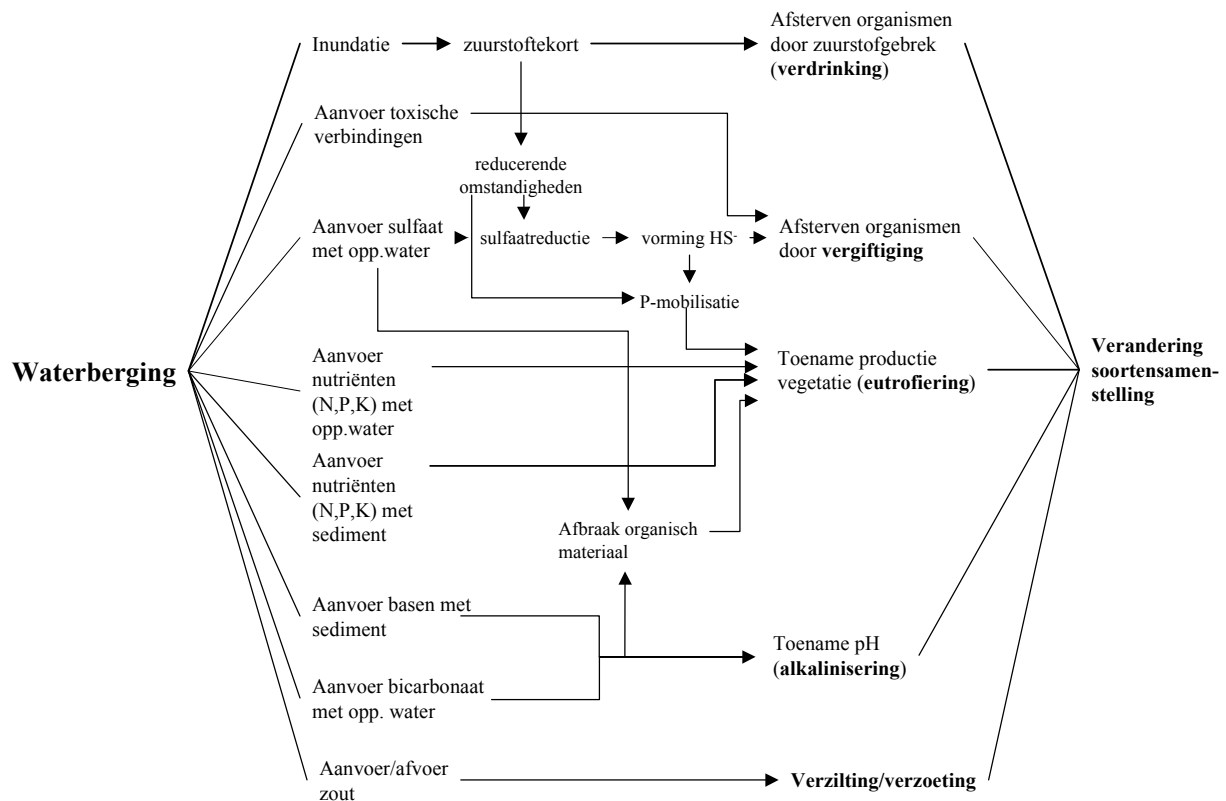
2

EFFECTEN OP VEGETATIE EN FAUNA

2.1 INLEIDING

De overstroming met oppervlaktewater die gepaard gaat met waterberging kan vegetatie en fauna op een aantal manieren beïnvloeden. In de eerste plaats is er sprake van fysieke beïnvloeding doordat organismen *verdrinken* of door de stroming worden meegevoerd, of bedekt raken met aangevoerd zand en slib. Daarnaast worden met het water tal van stoffen aangevoerd die de aanwezige organismen direct of indirect beïnvloeden (figuur 2.1).

FIGUUR 2.1 PROCESSEN DIE BEPALEND ZIJN VOOR DE EFFECTEN VAN OVERSTROMING OP DE SOORTSAMENSTELLING VAN ECOSYSTEMEN



Met het water worden voedingsstoffen (N, P en K) aangevoerd die de productiviteit van de systemen doen toenemen en daarmee leiden tot eutrofiëring. De nutriënten kunnen zowel in opgeloste vorm als gebonden aan slib worden aangevoerd. Naast deze *externe eutrofiëring* kan ook *interne eutrofiëring* optreden doordat in het systeem aanwezige voedingsstoffen worden gemobiliseerd. Dat kan onder meer gebeuren doordat de afbraak van organisch materiaal wordt gestimuleerd door verhoging van de pH, of door de aanvoer van oxidatoren in de vorm van nitraat en sulfaat. Bij de afbraak van het organische materiaal komen de daarin opgeslagen nutriënten weer ter beschikking van de plantengroei. Daarnaast kan

inundatie ook leiden tot het ontstaan van gereduceerde omstandigheden waarbij anorganisch gebonden fosfaat in oplossing gaat.

Zoals hierboven zijdelings al genoemd, kan de aanvoer van kalk en calcium-bicarbonaat met overstroming leiden tot een toename van de zuurbuffering en een stijging van de pH (*alkalinisering*). Ook kan bij de reductie van sulfaat toxisch waterstofsulfide worden gevormd. Naast deze interne vergiftiging kan externe *vergiftiging* optreden doordat met het oppervlaktewater en sediment toxische stoffen als zware metalen en resten van bestrijdingsmiddelen worden aangevoerd. Tenslotte kan door de aanvoer en afvoer van zout (NaCl) *verziltting* dan wel *verzoeting* van het ecosysteem optreden.

In de volgende paragrafen zal worden aangegeven op welke manieren deze processen van invloed zijn op standplaatscondities en organismen in respectievelijk terrestrische en aquatische ecosystemen, en wat bekend is over de resulterende effecten op de soortensamenstelling.

Voor het beoordelen van de effecten van overstromingen op milieucondities en organismen, zijn frequentie, duur en amplitudo van de overstroming alsmede de kwaliteit van het binnenkomende water belangrijke aspecten (Wienk e.a., 2000). Ook de periode van het jaar waarin berging plaats vindt is belangrijk. Effecten van winter- en zomerberging zijn verschillend. In de paragrafen over de effecten op terrestrische en aquatische ecosystemen zal worden ingegaan op de invloed van de diepte, duur en tijdstip van overstromingen. In de laatste paragraaf zal verder worden ingegaan op de invloed van de frequentie van overstromingen.

2.2 EFFECTEN OP STANDPLAATSCONDITIES EN VEGETATIE IN TERRESTRISCHE ECOSYSTEMEN

2.2.1 ZUURSTOFHUISHOUDING EN REDOXPOTENTIAAL

Een eerste gevolg van het onder water komen te staan van terrestrische systemen is dat de beschikbaarheid van zuurstof afneemt omdat het zuurstofgehalte en de diffusiesnelheid van zuurstof in water veel kleiner is dan in lucht. Wanneer overstroming plaatsvindt in het groeiseizoen kan dit leiden tot het zuurstofloos worden van de bodem en uiteindelijk het afsterven van planten. Veel plantensoorten van permanent natte standplaatsen zijn aangepast aan lage zuurstofspanningen in het wortelmilieu door het bezit van luchtweefsels, waarmee ze zuurstof uit de lucht kunnen transporteren naar de wortels. Voorbeelden zijn Riet, Zeggen en Biezen. In hoeverre de aanwezigheid van luchtweefsels ook bij overstroming een oplossing is om zuurstoftekorten te voorkomen hangt af van de diepte van overstroming. Zo lang de bladeren boven water uitsteken kan transport naar de wortels plaatsvinden. Veel overstromingstolerante planten vertonen een grote strekkingsgroei wanneer ze onder water komen te staan. Deze aanpassing werkt niet bij zeer diepe en plotselinge inundaties. Van Riet, een moerasplant bij uitstek, is bekend dat hij vanwege de hoge voorjaarswaterstanden minder voorkomt langs de rivierdelen met grote peilfluctuaties, met name langs de Waal. Doordat de plant in het voorjaar verder door moet groeien voordat de bovenste delen boven water uitsteken en zuurstof uit de lucht kan worden opgenomen, neemt de vitaliteit van de soort af (Graveland & Coops, 1997).

Andere mogelijke aanpassingen aan natte milieus zijn een verminderde gevoeligheid voor de afbraakproducten die ontstaan bij anaërobe verbranding (zoals ethanol) en/of een oppervlakkig wortelstelsel, waardoor alleen de bovenste relatief zuurstofrijke bodemlaag wordt

doorworteld. Op plekken met sterke peilwisselingen, zoals bijvoorbeeld in strangen in de uiterwaard, komen daarnaast veel eenjarige soorten voor die zijn aangepast aan de dynamiek doordat ze pas laat in het jaar kiemen op de drooggevalven slibbodems.

Hoe snel het zuurstofgehalte na overstroming afneemt hangt vooral af van de temperatuur en de hoeveelheid makkelijk afbreekbaar organisch materiaal. Bij temperaturen boven de 5°C nemen bacteriële afbraakprocessen en de wortelactiviteit van planten, en daarmee ook het zuurstofverbruik, snel toe. De aanwezigheid van makkelijk afbreekbaar organisch materiaal kan de afbraakprocessen en daarmee het zuurstofverbruik bevorderen. De temperatuur is bovendien van invloed op de hoeveelheid zuurstof die maximaal kan zijn opgelost in water; in koud water is de hoeveelheid zuurstof die kan zijn opgelost groter dan in warm water.

Ook de snelheid waarmee inundaties optreden is van belang. Bij plotselinge inundaties kan zuurstof worden ingesloten als water van bovenaf het profiel indringt, zodat bodemorganismen en planten nog enige tijd van zuurstof kunnen worden voorzien.

Ook de aanwezigheid van stroming is van belang. Uit onderzoeken aan ooibossen is bekend dat de mate van stroming zeer bepalend is voor de overlevingsduur van bomen. Zo geeft Späth (1988) aan dat bij langdurige zomeroverstromingen van de Rijn op een plek met sterke stroming de Essen na 128 dagen nog in leven waren, terwijl ze op plekken met vrijwel stilstaand water al vanaf een overstromingsduur van 66 dagen waren afgestorven.

Bij langdurige stagnatie kan het zuurstofgehalte zover afnemen dat anaërobe afbraakprocessen gaan optreden. Een gevolg is onder meer dat voor planten potentieel giftige gereduceerde verbindingen als NH_4^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} en H_2S worden gevormd. Planten die op permanent natte plekken voorkomen, de zogenaamde hygroyten, hebben diverse mechanismen ontwikkeld om met de aanwezigheid van deze potentieel toxische stoffen om te gaan. Zo zijn soorten met luchtweefsels waarschijnlijk in staat om de directe omgeving van de wortels van zuurstof te voorzien, zodat toxische gereduceerde stoffen door oxidatie onschadelijk worden gemaakt.

Omdat waterberging tijdelijk van aard is zal het effect van gereduceerde toxische verbindingen op de vegetatie over het algemeen beperkt zijn. Op overstroomde vochtige en droge standplaatsen vormt de zuurstofvoorziening naar verwachting een kritische factor, en zijn plantenwortels door zuurstofgebrek afgestorven voordat toxische verbindingen nadelige effecten kunnen hebben. En op natte standplaatsen zijn de meeste aanwezige soorten aangepast aan gereduceerde omstandigheden en aan de aanwezigheid van potentieel toxische, gereduceerde verbindingen. Een uitzondering hierop is mogelijk het zeer giftig waterstof-sulfide dat onder bepaalde omstandigheden ontstaat. Hierop wordt teruggekomen in paragraaf 2.2.4. In die paragraaf wordt ook ingegaan op de invloed die de redoxpotentiaal heeft op het beschikbaar komen van reeds aanwezige nutriënten

Inundatie kan ook leiden tot een afname van grondwaterinstroming (Boxman & Stortelder, 2000, Runhaar e.a. 2000, Lucassen 2004). Omdat het bij waterberging gaat om tijdelijke verhoging in de peilen mag worden aangenomen dat -anders dan bij waterconservering- de invloed op de grondwateraanvoer zeer beperkt is.

CONCLUSIES

- in hoeverre inundatie leidt tot zuurstofgebrek en het afsterven van planten is afhankelijk van het tijdstip, de duur, de diepte en de mate van stroming.
- belangrijkste is het tijdstip; bij overstroming in de winter zijn planten (en bodemfauna) niet actief en zal geen zuurstofgebrek ontstaan; bij overstroming gedurende het groeiseizoen zijn wel zuurstoftekorten te verwachten als gevolg van hogere temperaturen en grotere biologische activiteit.
- ook de diepte en de mate van stroming zijn van belang; bij ondiepe inundaties kunnen planten als Biezen en Zeggen profiteren van het feit dat ze boven water uitsteken en zuurstof naar hun wortels kunnen transporteren; bij stromende berging zal het zuurstofgehalte van de waterlaag groter zijn en zal het langer duren voordat zuurstoftekorten optreden.

2.2.2 SEDIMENTATIE

Een belangrijk verschil tussen water bergen en water vasthouden is dat bij bergen het water van elders wordt aangevoerd. Samen met het water wordt ook in meerdere of mindere mate gesuspendeerd materiaal aangevoerd dat (deels) afgezet zal worden in het bergingsgebied. De totale hoeveelheid afgezet sediment is van veel zaken afhankelijk en doorgaans ruimtelijk sterk variabel. Naast de hoeveelheid is ook de textuur van het afgezette sediment van groot belang voor de vegetatie. Evenals de hoeveelheid, vertoont ook de textuur van sedimenten meestal een sterke ruimtelijke variatie.

Wanneer een gebied onderloopt vanuit een beek of rivier slaat op korte afstand van de waterloop relatief veel grof (meestal sterk zandig) sediment neer. Dit wordt veroorzaakt door de afnemende stroomsnelheid van het water, die het gevolg is van wrijving langs de bodem en het feit dat de stroming vaak uitwaaiert. Langzame stroming kan minder en kleinere sedimentdeeltjes transporteren dan snelle stroming en derhalve slaan de grovere delen niet ver van de waterloop neer. Onder deze condities neemt de hoeveelheid en gemiddelde korrelgrootte van het afgezette sediment vaak sterk af met een toenemende afstand tot de waterloop.

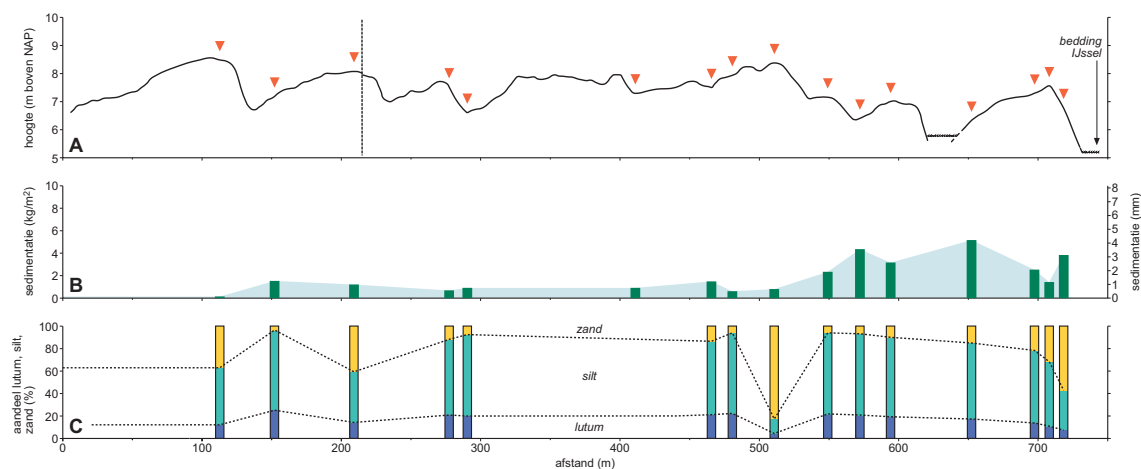
Wanneer er over langere afstand langs een waterloop een uitwisseling tussen waterloop en naastliggend bergingsgebied mogelijk is, zal op de lange duur een oeverwal gevormd worden: een zandige verhoging langs de geul die geleidelijk afhelt naar een lager, verder van de waterloop gelegen, komgebied. Indien er sprake is van een beperkte instroomopening van het bergingsgebied vormt zich direct hierachter een zandige sedimentwaaier. In geval van een dijkdoorbraak wordt zo'n waaier een overslag genoemd. Bij dergelijke catastrofale overstromingen is de samenstelling van de waaier, hoewel gemiddeld grof, ook heterogeen. In meer natuurlijke situaties, bijvoorbeeld door een beperkte doorsnijding van de oeverwal (een crevasse) wordt de sedimentafzetting een crevassewaaier genoemd.

Uiteraard kan het water ook veel fijnere sedimenten bevatten die bij een afnemende stroomsnelheid makkelijk in transport kunnen blijven. Afzetting van deze, kleiige en siltige fracties onder rustige stromingscondities is vooral een kwestie van tijd. De valsnelheid van sedimentdeeltjes in een waterkolom is kwadratisch afhankelijk van de diameter van die deeltjes. Zeer kleine sedimentdeeltjes hebben dus zeer lange tijd nodig om te bezinken. Het proces van vlokvorming (waarbij deeltjes in rustig water aggregeren tot vlokken die vele malen de diameter van individuele deeltjes hebben) bespoedigt echter wel de sedimentatie. De patronen in de hoeveelheid afgezet fijn materiaal zijn vooral gerelateerd aan de topo-

grafie van het oppervlak. Hoe lager de locatie, hoe groter de waterkolom en hoe meer sediment. Bovendien blijven lage plaatsen het langste nat en is er dus het meeste tijd beschikbaar om zelfs de fijnste fracties te laten bezinken.

In de praktijk spelen de verschillende ruimtelijke trends in sedimentatie door elkaar heen, hetgeen geïllustreerd kan worden met Figuur 2.1. In deze figuur is een topografisch profiel van een uiterwaard met veel reliëf te zien. De oriëntatie van het profiel is loodrecht op de bedding van de IJssel. Op de gemarkeerde locaties is de sedimentatie tijdens een hoogwaterperiode gemeten. Van de opgevangen sedimentmonsters is niet alleen de hoeveelheid bepaald maar ook de korrelgroottesamenstelling. In de figuur is de trend van afnemende sedimentatie met toenemende afstand tot de bedding van de IJssel duidelijk te zien. Daarnaast is echter ook te zien dat de laagtes meer sediment invangen dan de naastgelegen ruggen. Verder is ook de trend van sterk afnemende zandgehalten met toenemende afstand tot de IJssel duidelijk te zien. De overige pieken in zandgehalte (locaties 108, 114 en 116) zijn gerelateerd aan, lokaal aanwezige, zandige molshopen op de hoogste ruggen.

FIGUUR 2.1 (A) TOPOGRAFIE VAN EEN TRANSECT DOOR DE UITERWAARD BIJ CORTENOEVER. DE DRIEHOEKJES MARKEREN DE LOCATIES VAN SEDIMENTATIEMETINGEN. (B) GEMETEN SEDIMENTATIE IN HET TRANSECT GEDURENDE DE HOOGWATERPERIODE VAN 2001. (C) AANDELEN ZAND, SILT EN LUTUM VAN OPGEVANGEN SEDIMENTMONSTERS (NAAR MAAS & MAKASKE, 2003)



Figuur 2.1 geeft ook een beeld van de absolute hoeveelheden sediment die verwacht kunnen worden bij overstroming met rivierwater. Ruwweg is de sedimentatie langs grote rivieren in zandige oeverwalmilieus in de orde van een centimeter per jaar, overeenkomende met ruim 10 kg/m^2 (ca 11-14 kg). Op de kleiiger uiterwaardvlakte is het reëel om rekening te houden met een sedimentatie in de orde van één tot enkele mm's per jaar, overeenkomend met enkele kilogrammen per vierkante meter (Maas e.a. 2003). Uiterwaarden zijn echter relatief snel opslibbende milieus, vanwege hun ligging dicht bij de rivieren, hun frequente overstroming en de hoeveelheden overstromingswater.

In gebieden met stilstaand water is veel minder sedimentatie te verwachten vanwege het geringe sedimenttransport. De Leeuw en Wymenga (2003) meten bij een experimentele inundatie van de Blokslaetpolder in Friesland in het eerste jaar een gemiddelde sedimentatie van 20 g/m^2 , en in de daaropvolgende jaren van 4 tot 6 g/m^2 . Dat is dus enkele orden lager dan de sedimentatie zoals die langs stromende wateren wordt gemeten. Bij de Tusschenklappolder in Groningen werden in 1988 veel grotere hoeveelheden slib afgezet

(0.5-15 cm) (Bijkerk & Hunink 2002) maar dat was na een dijkdoorbraak waar door sterke waterstroming veel sediment werd opgewerveld.

Recente waarnemingen van centimeters dikke verse zandpakketten langs de Dommel na een hoogwater in januari 2003 (Maas & Makaske, ongepubliceerde gegevens), tonen aan dat beeksystemen qua oeverwalsedimentatie niet onder hoeven te doen voor grote rivieren. Minder duidelijk is hoeveel kleiige sedimentatie er plaatsvindt in de beekdalen buiten het oevermilieu. Dit was in het veld slecht waarneembaar. Gezien het feit dat het stroomgebied van de Dommel, en dat van veel andere beken, hoofdzakelijk een zandondergrond heeft, is het de vraag of er kleiig materiaal voor transport en afzetting beschikbaar is. In beekdalen wordt in de bovengrond vaak wel beekleem aangetroffen, maar wanneer deze leem is aangevoerd en hoeveel er per overstroming wordt afgezet is onbekend. Lopend onderzoek, waarin hoeveelheid en textuur van afgezet sediment bij hoogwater in beekdalen gemeten zal worden, geeft hierover waarschijnlijk meer duidelijkheid (Sival e.a., 2003).

Op verschillende manieren heeft sedimentatie invloed op vegetatie door het creëren van verschillende standplaatscondities. Voor bijvoorbeeld stroomdalgraslanden in uiterwaarden zijn deze relaties uitvoerig onderzocht door Maas e.a. (2003). Allereerst zorgen de ruimtelijke verschillen in sedimentatie voor morfologische ontwikkeling van het overstromingsgebied. De hieruit resulterende verschillen in hoogteligging zorgen voor verschillen in overstromingsduur en grondwaterhydrologie. Voorts zorgen ruimtelijke verschillen in textuur van het afgezette sediment voor substraatdiversiteit. Verder is er in milieus met een hoge sedimentatiesnelheid natuurlijk ook de directe invloed van periodieke begraving van planten onder sedimentpakketten die in één keer worden afgezet. Naast bovengenoemde fysische invloeden, bestaat een ander belangrijk effect van sedimentatie uit de toevoer van nutriënten die vooral gebonden zijn aan de lutumfractie van het sediment. Hierop zal in de volgende sectie worden ingegaan.

2.2.3 AANVOER NUTRIËNTEN

Met het sediment worden voedingsstoffen aangevoerd. Het gaat daarbij om organisch gebonden stikstof en fosfor, en aan roest en kleideeltjes gebonden fosfaat. De hoeveelheid voedingsstoffen is niet alleen afhankelijk van de hoeveelheid sediment die wordt afgezet, maar ook van het type sediment. Het groffe zand dat bij een beekoverstroming langs de oevers wordt afgezet bevat per volume-eenheid sediment veel minder voedingsstoffen dan het fijne slib dat verderop in de kommen bezinkt¹. Hoeveel voedingsstoffen met het sediment worden aangevoerd is moeilijk te zeggen omdat hiernaar in regionale wateren nog maar weinig onderzoek is gedaan. Onderzoek in Denemarken (Kronvang 2003) laat zien dat bij overstroming met het sediment vele tientallen kilogrammen fosfaat per hectare (tot 65 kg P/ha) kunnen worden afgezet. Mitsch e.a. (1979) vonden een aanvoer van 36 kg P/ha in een moerasgebied aan de Cache-river, een zijrivier van de Ohio. Olde Venterink e.a. (2002) noemen hoeveelheden van 5 tot 20 kg P/ha en 11 tot 45 kg N/ha die bij een overstroming van de IJssel met het slib werden aangevoerd (tabel 2.1). Daarbij werden de grootste hoeveelheden gemeten op plekken met een structuurrijke vegetatie waar veel slib wordt ingevangen.

¹ Kronvang 2003 noemt een toename van het fosfaatgehalte in het sediment van 0.41% op 20 m van de rivier tot 0.72% op een afstand van 60 m van de rivier.

TABEL 2.1 HOEVEELHEDEN N EN P DIE BIJ EENMALIGE OVERSTROMING VAN DE IJSSEL MET HET SLIB WERD AANGEVOERD (UIT: OLDE VENTERINK E.A. 2002)

Structuurtype	N (kg/ha)	P (kg/ha)
Landbouw grasland	11	4.6
Semi-landbouw grasland	16	8.4
Riet	45	19.1
Bos	16	6.8

Behalve met het slib worden ook in het water opgeloste voedingsstoffen aangevoerd in de vorm van nitraat, ammonium en fosfaat. De hoeveelheden die op deze manier worden aangevoerd zijn echter beperkt, zeker wanneer rekening wordt gehouden met het feit dat slechts een deel van deze nutriënten in het gebied achterblijft. Het merendeel zal bij het leeg stromen van een gebied weer worden afgevoerd. Door Oldeventerink wordt voor een aantal beekdalgraslanden langs de Dommel en de Zwarte Beek een maximale jaarlijkse input van 0.1 tot 4.3 kg N/ha en 0.01 tot 0.71 kg P/ha berekend in een situatie waarin al het water in het gebied achterblijft. Omdat een groot deel van het water na de overstroming weer wordt afgevoerd zal de hoeveelheid in werkelijkheid nog lager zijn. Door Kemmers en Sival (2004) worden voor bevloeiingen langs de Reest en de Dommel en bij de Zijdebrug (Krimpenerwaard) aanvoeren berekend van 0.05 tot 0.2 kgP/ha en iets meer dan 1 kg N/ha bij waterdiepte van 10 cm.

Een vergelijkend onderzoek door Runhaar en Jansen (2004 in prep) naar de productiviteit van nog steeds regelmatig overstroomde hooilandlocaties laat zien dat ook bij nutriëntengehaltes die ver boven de natuurlijke waarden en ook boven de normwaarden liggen (max. 2.2 mg N-tot/l en 0.15 mg P-tot/l volgens MTR-normen 4e Nota Waterhuishouding) nog goed ontwikkelde matig productieve dotterbloemhooilanden kunnen voorkomen. In tabel 2.2 is gemiddelde waterkwaliteit en de productiviteit van de hooilanden (bemonsterd in gradiënt van beek tot rand overstromingsvlakte) in de vijf locaties weergegeven. Vergelijking tussen de gebieden laat zien dat er geen relatie is tussen waterkwaliteit en gemiddelde productiviteit. Met uitzondering van de Malpiebeemden worden in alle locaties meer of minder goed ontwikkelde dotterbloemhooilanden en grote-zeggenvegetaties aangetroffen. Laag-productieve vegetaties (productie < 3 ton ds/ha; blauwgraslanden, trilvenen en kleine-zeggenvegetaties) worden alleen aangetroffen op plekken ver van de beek waar weinig sedimentatie optreedt (figuur 2.2).

TABEL 2.2 WATERKwaliteit¹, Fosfaatbeschikbaarheid² Waterbodem en Productiviteit³ van Hooilanden in nog steeds regelmatig overstroomde natuurgebieden langs Nederlandse beken (UIT: RUNHAAR EN JANSEN, 2004 IN PREP.)

Beek-natuurgebied	oppervlaktewater			water-bodem P-al mg/kg ²	Productiviteit (ton d.s/ha) ³	
	P-tot mg P/l ¹	N-tot mg N/l ¹	N-amm mg N/l ¹		gem	range
Reestdal-Havixhorst	0.2	>1.9	0.4	33	4.0	(2.2-5.7)
Vecht-Rheezermaten	0.2	6.7	0.3	165	5.1	(3.5-6.4)
Drentse Aa-Kappersbult	0.4	>4.9	0.4	121	4.6	(1.8-9.0)
Dommel-Dommelbeemden	0.6	5.9	0.9	419	2.8	(2.0-4.5)
Dommel-Malpiebeemden	0.6	5.9	1.1	248	5.1	(2.8-8.9)

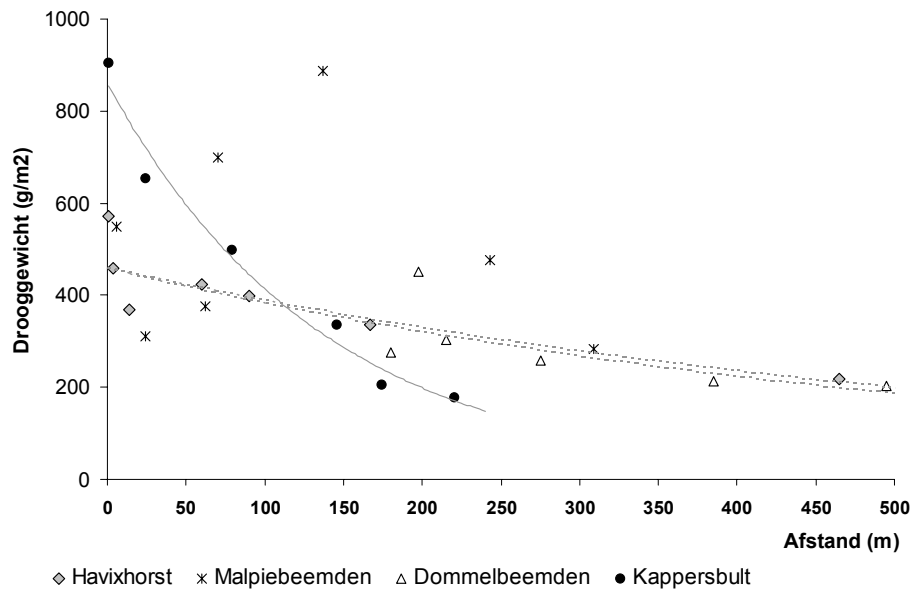
¹ gemiddelden zomerhalffjaar (mei t/m september) op basis gegevens waterschappen

² eenmalige enkelvoudige bemonstering onderwaterbodem juni 2003

³ standing crop hooilanden juni 2003

FIGUUR 2.2

AFNAME IN PRODUCTIVITEIT MET AFSTAND TOT DE RIVIER VOOR VIER VAN DE VIJF OVERSTROMINGSLOCATIES. ONDERZOCHE LOCATIES IN DE RHEEZERMATEN LIGGEN ALLE MEER DAN 500 METER VAN DE RIVIER EN ZIJN HIER NIET WEERGEGEVEN (BRON: RUNHAAR EN JANSEN, 2004 IN PREP.)



De voorlopige onderzoeksresultaten doen vermoeden dat sedimentatie en het al dan niet aanwezig zijn van kwel veel bepalender factoren zijn dan de waterkwaliteit. In figuur 2.2 is de afname in productiviteit met de afstand tot de rivier aangegeven. Bij de Havixhorst, Kappersbult en Dommelbeemden is er een duidelijke gradiënt in productiviteit met de afstand. In de Malpiebeemden is er geen relatie met de afstand, wat waarschijnlijk samenhangt met het feit dat de sedimentatiepatronen hier veel grilliger zijn. Waar bij de andere locaties sprake is van een geleidelijke afname in hoeveel sediment met de afstand tot de rivier is er in de Malpiebeemden sprake van duidelijke stroombanen. Vlak bij de beek komen plekken voor met nauwelijks sedimentatie, en verder van de beek plekken met sterke sedimentatie doordat hier bij overstroming als gevolg van kortsluiting tussen beekmeanders een sterke sedimentatie optreedt. In alle gebieden, met uitzondering van de Malpiebeemden, is er een duidelijke relatie tussen de afstand vanaf de rivier en met sedimentatie samenhangende variabelen als gehalten aan zware metalen (zink en koper), textuur (gehalte klei en silt) en gehalten aan voedingsstoffen (Pen K).

CONCLUSIES

- Met het sediment worden voedingsstoffen aangevoerd. In riviervlakten kan het gaan om zeer aanzienlijke hoeveelheden; in regionale systemen is minder bekend welke aanvoer van voedingsstoffen te verwachten is.
- De hoeveelheid in het water opgeloste voedingsstoffen is waarschijnlijk minder belangrijk omdat het gaat om vrij geringe hoeveelheden en een groot deel met het terug stromende water weer wordt afgevoerd.

DE STAATSCOMMISSIE DER BEVLOEIINGEN, RAPPORT UIT 1897

Bij koninklijk besluit werd in 1893 een Staatscommissie ingesteld die moest onderzoeken 'welke gronden hier ter lande voor bevoeiing in aanmerking zouden komen'. Doel hierbij was in de eerste plaats om na te gaan op welke wijze 'voor de bevoeiing partij zou kunnen worden getrokken van de zogenaamde kleine rivieren', waarbij dan met name werd gedacht aan de bemestende werking van bevoeiing. Over de werking van het bevoeiingswater schrijft de commissie in een rapport uit 1897 het volgende:

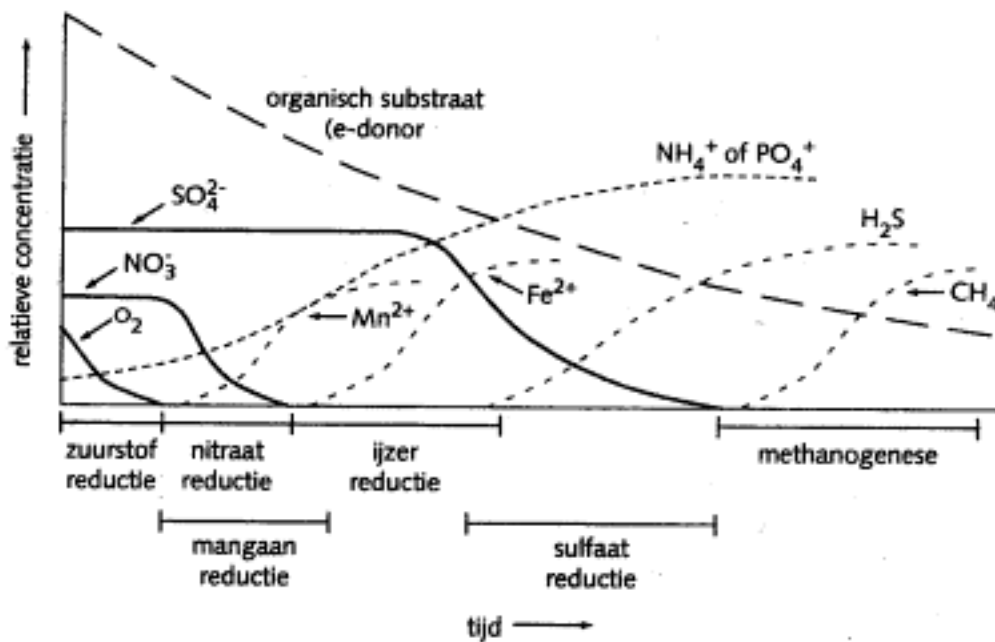
- a. Bemestend door de werking der slib, die op het land achterblijft. Op sommige vloeiveiden is het sliblaagje na eene bevoeiing zoo dik, dat men het kan waarnemen; elders blijft minder slib achter, doch steeds wordt een groot deel der in het bevoeiingswater zwevende stoffen op de velden achtergelaten
- b. Rechtstreeks voedend. Deze werking treedt in sommige streken, waar beken vloeien door oplosbare gesteenten, meer op den voorgrond dan hier ten lande. Toch mag deze werking ook bij ons, waar de beken somtijds met faecaliën uit bewoonde centra of met bevruchtend fabriekswater bezwangerd zijn, niet over het hoofd worden gezien.
- c. Door absorptie van de opgeloste voedende bestanddeelen van het water door den grond. In welke mate de gecombineerde werking van b en c geschiedt, wordt o.a. aangetoond door een analyse van Dr. A.J. Swaving[...]
- d. Oxydeerend doordat het bevoeiingswater zuurstof uit de lucht medevoert en aan den grond zowel als aan de planten afgeeft
- e. Oplossend. Het kan voorkomen dat er ijzerhoudende lagen of organische stoffen in den grond zijn, die den plantengroei belemmeren. Die stoffen worden langzamerhand door het vloeiwat er opgelost en weggespoeld, waardoor de vruchtbaarheid van den bodem wordt verhoogd.
- f. Bevochtigend. Deze werking kan in droge zomers van groot belang zijn, indien slechts het water naar de graswortels wordt geleid, zij het ook dat de wortels van goede grassoorten niet de voortdurende aanraking met het water kunnen verdragen.
- g. Verwarmend. In den herfst beschermt het den grond tegen vorst en warmte-uitstraling, in het voorjaar tegen de nadelige gevolgen der nachtvorsten. [...]

Over de gunstige werking van bevoeiing wordt verder aangegeven dat 'Uit hetgeen wat boven werd aangevoerd aangaande de verschillende werkingen van water reeds voldoende blijkt dat het om nuttig te werken niet volstrekt noodzakelijk is dat het vaste stoffen in zwevende toestand bevat, doch tevens dat het bevatten van dergelijke stoffen meestal eene aanwijzing is in dezen zin, dat bij zoodanig water minder vrees voor teleurstelling behoeft gekoesterd te worden.'

2.2.4 VERANDERINGEN IN NUTRIËNTENBESCHIKBAARHEID EN VORMING SULFIDE ALS GEVOLG VAN REDUCTIEPROCESSEN

Overstroming kan ook indirect leiden tot veranderingen in de beschikbaarheid van nutriënten. En wel als gevolg van de biologische en chemische processen die optreden wanneer een gebied geïnundeerd raakt en zuurstofloze, reducerende omstandigheden ontstaan (Figuur 2.3). Wanneer een bodem onder water komt te staan wordt eerst de nog aanwezige zuurstof verbruikt voor de oxidatie van organisch materiaal. Nadat de zuurstof is verdwenen, nemen andere stoffen de rol van zuurstof als oxidator over. Dat is in de eerste plaats nitraat, dat door denitrificerende bacteriën in plaats van zuurstof wordt gebruikt als electronenacceptor en daarbij wordt omgezet in stikstofgas. Wanneer nitraat is opgebruikt neemt sulfaat de rol van oxidator over. Bij de reductie van sulfaat wordt sulfide gevormd, dat zich met ijzer bindt tot ijzersulfide (FeS), de stof die sommige permanent natte bodems -zoals kwelderbodems- een karakteristiek zwarte kleur geeft.

FIGUUR 2.3 REDUCTIEPROCESSEN DIE BIJ VOLDOENDE AANWEZIGHEID VAN MAKKELIJK AFBREEKBAAR ORGANISCH MATERIAAL TE VERWACHTEN ZIJN BIJ INUNDATIE, EN DE RELATIEVE CONCENTRATIES VAN STOFFEN DIE BIJ DEZE REDOXPROCESSEN BETROKKEN ZIJN (GEGEVENS: R. REDDY, GEPUBLICEERD IN MITSCH EN GOSSELINK 1993)



De reductieprocessen en daarmee gepaard gaande verschuivingen in chemische evenwichten hebben grote invloed op de hoeveelheid en de beschikbaarheid van nutriënten. Voor stikstof kan het ontstaan van anaërobe omstandigheden leiden tot een afname, omdat daarbij nitraat wordt omgezet tot stikstofgas (denitrificatie). Onderzoek in Denemarken (Andersen 2003) lijkt er op te wijzen dat dit proces al bij relatief lage temperaturen (rond de 0 °C) leidt tot vermindering van de hoeveelheid stikstof in het overstromingswater. Volgens Stanford e.a. echter neemt de denitrificatie sterk af beneden de 10 °C en is denitrificatie bij 0°C vrijwel volledig gestopt. (Stanford e.a. in Hénault en Germon, 2000). Door overstroming kan een aanzienlijke reductie in nitraat-hoeveelheden in het oppervlaktewater optreden: in twee wetland-herstelprojecten in Denemarken werd een nitraatreductie van 50 tot 150 kg $NO_3-N/ha, jr$ gemeten (Hoffman 2003). Het is echter niet duidelijk hoe representatief deze uitkomsten zijn voor overstromingssystemen.

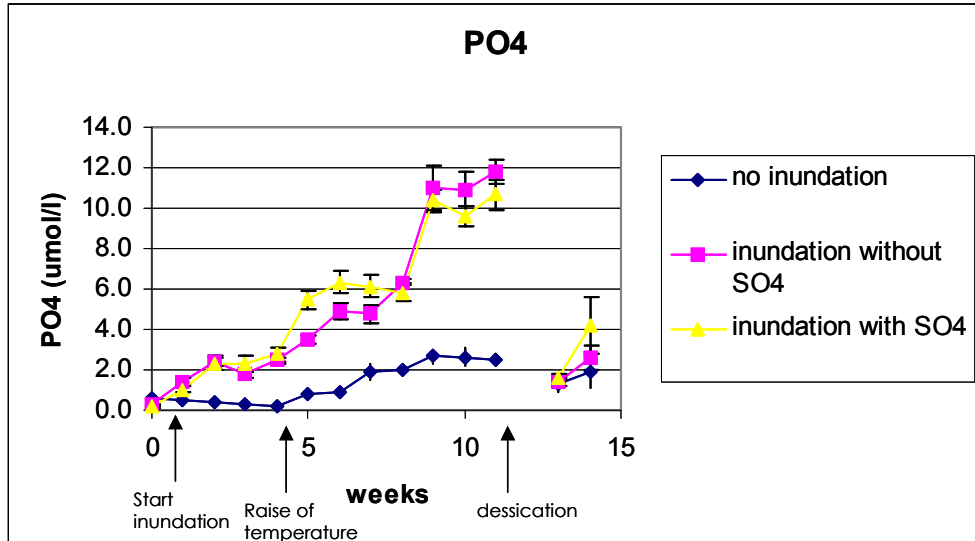
Bij fosfaat leidt inundatie juist tot een groter nutriëntenaanbod omdat de in de bodem aanwezige fosfaat in oplossing gaat. Op welke manier dat gebeurt, is niet geheel duidelijk. Omdat in veel bodems fosfaat is geadsorbeerd aan, en vastgelegd in slecht oplosbare ijzer(hydr)oxiden, wordt daarbij met name gedacht aan processen die van invloed zijn op de beschikbaarheid van ijzer en de vorm waarin het voorkomt. De meest genoemde verklaring is de reductie van driewaardig ijzer (Fe^{3+}) tot tweewaardig ijzer (Fe^{2+}) die samenhangt met de lage redoxpotentiaal als gevolg van anaërobe afbraakprocessen. De grotere mobiliteit van tweewaardig ijzer ten opzichte van driewaardig ijzer zou leiden tot het in oplossing gaan van aan ijzer(hydr)oxiden gebonden fosfaat. Ook zou de reductie van sulfaat en de daaropvolgende vorming van ijzersulfide leiden tot het onttrekken van ijzer, en daarmee het in oplossing gaan van aan ijzer gebonden fosfaat. Maar ook de toename van de pH die het gevolg is van reductieprocessen kan leiden tot een toegenomen mobiliteit: bij neutrale omstandigheden is fosfaat mobieler dan bij zure of basisch omstandigheden. Ponnampuruma (1972) geeft aan dat de mate waarin fosfaat vrijkomt sterk bodemafhankelijk is, waarbij hij de grootste toename vond in kalkrijke zandige gronden en het minste in zure kleigrond. Omdat er zoveel processen van invloed zijn op de fosfaatbinding, en fosfaat in zoveel vormen in de bodem aanwezig kan zijn, is het moeilijk te achterhalen welke van deze processen in welke omstandigheden bepalend zijn. Belangrijkste is echter de constatering dat inundatie vrijwel altijd leidt tot de mobilisatie van fosfaat.

Inundatie-experimenten met bodemmonsters uit overstromings/bevloeings-gebieden (Reest, Dommel, Zijdebrug; Kemmers e.a. 2003) (Overijsselse vecht, Loeb en Lamers 2003) laten zien dat inundatie bij temperaturen van 15 tot 20 °C binnen enkele dagen tot enkele weken leidt tot een duidelijke stijging van ijzer- en fosfaatconcentraties in het bodemvocht. De fosfaatmobilisatie als gevolg van het ontstaan van reducerende omstandigheden is sterk temperatuurafhankelijk is. Bij een temperatuur van 5 °C is er slechts een gering effect van inundatie op ijzer- en fosfaatconcentraties (fig. 2.4).

In hoeverre en onder welke omstandigheden de aanwezigheid van sulfaat leidt tot extra fosfaatmobilisatie door de onttrekking van ijzer is niet duidelijk. Waar in aquatische systemen toevoeging van sulfaat vrijwel altijd leidt tot meer mobilisatie (zie par. 2.5), zijn de resultaten in terrestrische systemen wisselend. Lamers e.a. vonden dat inundatie met water met sulfaatgehalten van 200 en 400 mg SO_4/l leidde tot extra mobilisatie van P uit vegetatieplaggen afkomstig van een schraalland (Lamers e.a., 1996; Lamers e.a., 2001a) en in Kleine-zeggengemeenschappen en Blauwgraslanden (Lamers et al, 1999). Het onderzoek van Kemmers e.a. (2003) laat echter in de meeste gevallen geen verschil zien tussen inundatie met sulfaatrijk of sulfaatloos water. Uitzondering vormde een locatie op een ijzer- en zwavelarme zandgrond, waar wel een duidelijk sterkere fosfaatmobilisatie werd gemeten bij bevloeiing met sulfaatrijk water (de Plateaux, Kemmers e.a. 2003). Het is niet duidelijk of dit komt door het ontbreken van ijzer in de Plateaux (waardoor het gevormde sulfide ijzer wegvangt uit ijzer-fosfaatcomplexen) of door de aanwezigheid van zwavel in de andere locaties (waardoor de extra toevoeging van sulfaat geen rol meer speelt). Ook het inundatie-experiment met zoden uit een Kievitsbloemgrasland langs de Overijsselse Vecht door Loeb en Lamers (2003) laat geen verschil zien tussen sulfaatrijk en sulfaatarm water (figuur 2.4).

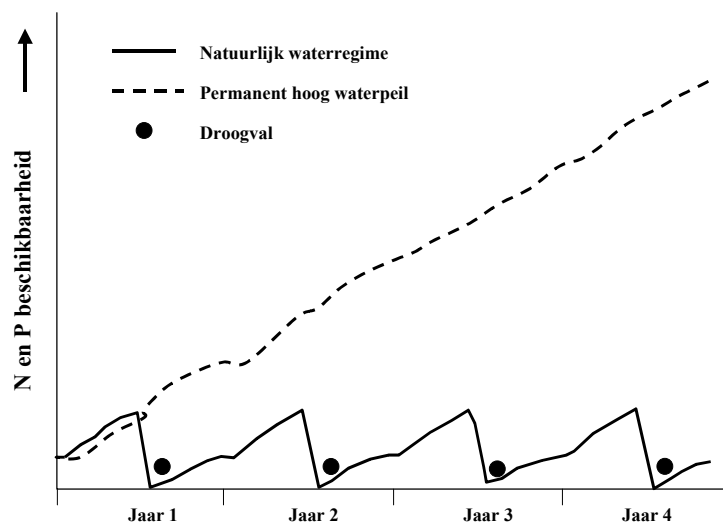
FIGUUR 2.4 TOENAME VAN HET FOSFAATGEHALTE BIJ INUNDATIE MET AL DAN NIET SULFAATHOUDEND WATER. TEMPERatuur GEDURENDE EERSTE 4 WEKEN 5 °C, DAARNA 15-20 °C. MONSTER UIT KIEVIETSBLOEM-GRASLAND AAN DE BENEDENLOOP VAN DE OVERIJSSELSE VECHT (UIT: LOEB EN LAMERS, 2003)

Of fosfaatmobilisatie een reëel gevaar vormt bij overstroming van terrestrische ecosystemen



is de vraag. Bij natuurgebieden die in het kader van verdrogingsbestrijding zo sterk zijn vernat dat het grondwater tot in de zomer aan of boven maaiveld staat, is bekend dat er vaak sterke eutrofiëring optreedt die waarschijnlijk veroorzaakt wordt fosfaatmobilisatie (Koelbroek, Wyldlanden, Wijstgronden). Bij overstroming is echter sprake van een tijdelijk verschijnsel, en naar verwachting wordt het merendeel van het vrijgekomen fosfaat afgevoerd dan wel na het droogvallen weer vastgelegd. Smolders e.a. (2003) geven aan dat tijdelijk droogvallen gedurende de zomer vaak al voldoende is om er voor te zorgen dat het fosfaat immobiel blijft (figuur 2.5).

FIGUUR 2.5 EFFECTEN VAN TIJDELIJK DROOGVALLEN VAN REDUCTIEVE SEDIMENTEN OP BESCHIKBAARHEID VAN STIKSTOF EN FOSFAAT (UIT: SMOLDERS E.A. 2003)



Onduidelijk is ook hoeveel nutriënten maximaal uit de bodem vrij kunnen komen bij tijdelijke inundaties zoals die bij waterberging plaatsvinden. Kemmers en Sival (2004) geven voor bevoeiingen van enkele weken langs de Reest, Dommel en een perceel bij de Zijdebrug (Krimpenerwaard) op dat door interne eutrofiëring 0.08 tot 0.19 kg P en 5 tot 12 kg N per hectare vrij kwam. Hoe representatief dit is voor overstromingsgebieden is echter niet bekend.

Als gevolg van reducerende omstandigheden kunnen een aantal potentieel toxische stoffen gevormd worden, waarvan waterstofsulfide (H_2S) waarschijnlijk de meest giftige is. Volgens Smolders en Roelofs (1996) zijn gehalten van 10 $\mu\text{Mol/l}$, ca 0.3 mg/l, al giftig voor de wortels van Krabbescheer. Of wel of niet waterstofsulfide wordt gevormd is afhankelijk van het ijzergehalte van de bodem. Zo lang reactief ijzer aanwezig is zal het gevormde sulfide gebonden worden aan ijzer, alleen bij het ontbreken van ijzer wordt waterstofsulfide gevormd (Lamers 2001). Omdat waterstofsulfide zeer giftig is, kan dit voor niet aangepaste soorten leiden tot het afsterven van de wortels en uiteindelijk de gehele plant. Naast waterstofsulfide worden onder reducerende omstandigheden nog een aantal andere potentieel toxische stoffen gevormd zoals tweewaardig ijzer en mangaan.

De aanvoer van bicarbonaat, nitraat en sulfaat kan ook via de afbraak van organisch materiaal leiden tot een extra beschikbaarheid van nutriënten. Bicarbonaat doordat het zorgt voor zuurbuffering tot pH's van ongeveer 7: een pH waarbij de bacteriële afbraak sterk wordt gestimuleerd. En nitraat en sulfaat doordat ze onder zuurstofloze omstandigheden de afbraak van organisch materiaal stimuleren waarbij ze de rol van zuurstof als oxidator overnemen. Daar bij waterberging sprake is van relatief kortdurende overstromingen, die bovendien meestal in de winterperiode optreden, is het niet waarschijnlijk dat waterberging op deze manier een belangrijke bijdrage levert aan een toegenomen beschikbaarheid van nutriënten in terrestrische systemen.

In hoeverre aanvoer met oppervlaktewater bij waterberging leidt tot interne eutrofiëring en de vorming van toxisch waterstofsulfide is mede afhankelijk van de hydrologie. Op plekken met opkwellend grondwater is het risico waarschijnlijk gering. Met het opkwellende grondwater wordt vrijwel altijd ijzer aangevoerd dat in staat is eventueel vrijkomend fosfaat en sulfide te binden. Bovendien kan het oppervlaktewater op kwelplekken nauwelijks doordringen in de bodem. In het veld worden grote verschillen waargenomen in interne eutrofiëring en productiviteit op nabijgelegen plekken met en zonder kwel (mond. med. Roelofs, workshop Waterberging en Natuur, maart 2004).

CONCLUSIES

- Langdurige inundaties leiden tot een mobilisatie van fosfaat wat met name in bodems met veel (aan ijzer gebonden) fosfaat kan leiden tot eutrofiëring.
- De risico's op fosfaatmobilisatie zijn het grootst bij overstroming in de zomerperiode omdat dan de biologische activiteit het grootst is en dus de sterkste invloed op bacteriële redoxprocessen te verwachten is.
- Voor stikstof kan het ontstaan van anaërobe omstandigheden leiden tot een afname, omdat daarbij nitraat wordt omgezet naar stikstofgas.
- In hoeverre en onder welke omstandigheden sulfaat in terrestrische systemen leidt tot extra fosfaatmobilisatie door de onttrekking van ijzer is niet duidelijk.
- Bij kortdurende inundaties zoals die meestal optreden bij waterberging zijn waarschijnlijk weinig eutrofiëringproblemen te verwachten.

- In geval van ijzerarme substraten kan de aanvoer van sulfaatrijk water leiden tot het ontstaan van zeer toxisch waterstofsulfide.
- Op kwelplekken is het risico op interne eutrofiëring en de vorming van toxisch waterstofsulfide gering.

2.2.5 AANVOER BASEN

Overstroming kan in weinig gebufferde natuurlijke systemen, met name in arme zand- en veengronden, een bijdrage leveren aan het tegengaan van verzuring. Omdat het water vaak rijk is aan basen (in de vorm van in het water opgelost bicarbonaat of aan slibdeeltjes gebonden calcium) heeft het een pH-bufferende werking. Uit onderzoek aan oeverwallen langs de Dinkel blijkt dat incidentele overstroming een voorwaarde is voor het instandhouden van de zwak gebufferde omstandigheden waarbij voor deze droge oeverwallen kenmerkende soorten voorkomen. Volgens Hommel e.a. (1996) komen soortenrijke droge graslanden met Steenanjer, Kleine bevernel, Grote tijm en Geel walstro alleen voor in een smalle zone die gemiddeld eens in de 2 jaar overstroomt en waar relatief veel ijzerrijk zand wordt afgezet. De lagere delen zijn te voedselrijk en te vochtig, de hogere delen zijn te zuur. In natte schraalgraslanden wordt bevloeiing met kalkrijk water soms toegepast als beheersmaatregel om verzuring tegen te gaan. Zoals bijvoorbeeld in de Plateaux in Brabant, dat gedurende enkele weken in het jaar wordt bevoeid met aangevoerd Maaswater. In het verleden, voor de introductie van de kunstmest, werd bevloeiing op grote schaal toegepast om de vruchtbaarheid van de graslandpercelen te verbeteren (Baaijens e.a. 2001).

Of de mate van buffering vooral afhankelijk is van de aanvoer van basenhoudend sediment, of dat ook het met oppervlaktewater aangevoerd (calcium)bicarbonaat een significante bijdrage levert, is onduidelijk. De hoeveelheden bicarbonaat die met overstroming worden aangevoerd zijn meestal ruimschoots voldoende om de zuurbelasting te compenseren: bij matig hard water met 1 mMol HCO₃ per liter wordt bij een inundatie van een halve meter 5000 Mol/ha aangevoerd, ruimschoots voldoende om een gemiddelde zuurbelasting in Nederlandse natuurgebieden van ruim 2000 Mol/ha te compenseren. Het is echter de vraag of bicarbonaat voldoende snel naar de bodem diffundeert en het bij buffering gevormde koolzuur weer voldoende snel kan ontsnappen om een daadwerkelijke bijdrage aan de buffering te leveren.

CONCLUSIES

- Met overstroming worden ook basen in de vorm van kalk en basenrijk sediment aangevoerd. In gebieden met kalkarme bodems kan dit een belangrijk mechanisme zijn voor de instandhouding van gebufferde systemen.
- Of de buffering afhankelijk is van de aanvoer van sediment, of dat ook in het water opgelost bicarbonaat een wezenlijke bijdrage kan leveren aan de zuurbuffering, is onduidelijk.

TABEL 2.3

REACTIE VAN GRASLANDSOORTEN OP HET ONDER WATER ZETTEN (PROEFLAKKEN 4 X IN ZOMERPERIODE GEDURENDE GEMIDDELD 8 DAGEN 8 CM ONDER WATER GEZET) (AFGELEID UIT STOFFERS & KNAPP, 1962)

Type grasland	<i>Droog schraal- grasland met Schapegras</i>	<i>Matig vochtig Glanshaver-hooiland</i>	<i>Zeer vochtig grasland met Moerasrol- klaver en Penningkruid</i>	<i>Nat grasland met Floringras</i>
Aantal soorten dat:				
Verdwijnt	5	1	2	2
Achteruit gaat	5	10	8	3
Ongeveer gelijk blijft	2	2	5	4
Vooruit gaat	-	-	2	1

2.2.6 EFFECTEN OP DE SOORTENSAMENSTELLING VAN DE VEGETATIE

Inundaties in de winterperiode hebben weinig invloed op het overleven van planten omdat ze in de winter niet actief zijn. Waterberging gedurende het groeiseizoen zal in eerste instantie een nadelige invloed hebben op planten die gevoelig zijn voor zuurstoftekorten en die een gering regeneratievermogen hebben. Dat zullen vaak planten van vochtige en droge milieus zijn, omdat die het minste zijn aangepast aan zuurstofgebrek. Onderzoek door Stoffers & Knapp (1962) bevestigt dit beeld: in droge graslanden verdwijnen meer soorten bij onder water zetten dan in natte graslanden (tabel 2.3). Het verband is echter niet eenduidig. Er zijn 'droge' soorten die moeiteloos enkele dagen inundatie overleven, en er zijn ook 'natte' soorten die groeien op zeer drassige standplaatsen maar al bij een geringe inundatie afsterven (zoals in het genoemde onderzoek de Moesdistel).

Bij langdurige en diepe inundaties gedurende het groeiseizoen zullen uiteindelijk vrijwel alle planten afsterven. Wat dan resteert zijn soorten met een groot regeneratievermogen (bijvoorbeeld moerasplanten met dikke wortelstokken als Gele plomp en Lisdodde) en soorten die zich via aangevoerd zaad weer snel kunnen vestigen (zoals bijvoorbeeld diverse Tandzaad- en Ganzevoetsoorten).

Wanneer inundaties regelmatig optreden en niet te langdurig zijn kunnen ze positief inwerken op planten die relatief goed tegen zuurstofgebrek kunnen en die door overstroming een betere concurrentiepositie hebben tegenover andere soorten. Dit geldt onder meer voor veel zeggensoorten. Ook kan overstroming positief uitwerken op soorten die voor de verspreiding van hun zaden afhankelijk zijn van transport via water. Een aantal soorten heeft zaden die door drijfweefsels of luchtkamers zijn aangepast aan verspreiding door water. Voorbeelden zijn Dotterbloem, Gele lis, Waterdriblad, Waterzuring, Els, Blaaszegge, Mattenbies, Waterlelie en Gele Plomp (Bouman e.a. 2000).

Er zijn ook soorten die voordeel hebben bij inundaties vanwege een toename van de waterdynamiek. Daardoor behoren pioniersoorten die zijn gespecialiseerd in het groeien op de bodem van in de zomer droogvallende plasjes. Vooral langs de grote rivieren komen veel van dergelijke pionierplanten voor, waaronder bijvoorbeeld de soort met de voor zich zelf sprekende naam 'Slijkgroen'. In de regionale wateren komen minder soorten voor die specifiek zijn aangepast aan 's zomers droogvallende slibrijke milieus. Het gaat daarbij vooral om Sterrekroos- en Glaskroos-soorten, en –in kleigebieden- de internationaal vrij zeldzame

Moerasandijvie. Daarnaast zijn er veel moerasplanten –waaronder Riet- die alleen kiemen op natte bodem en waarvoor dus tenminste incidentele droogval een vestigingsvoorwaarde vormt. Voor deze moerassoorten zijn inundaties tot in het voorjaar gecombineerd met droogval in de zomer de meest gunstige condities.

Daarnaast kunnen soorten ook indirect, via de standplaatscondities voedselrijkdom en zuurgraad, profiteren van overstromingen. In de beekdalen en boezemlanden zijn de relatief productieve dotterbloemhooilanden en grote-zeggenvegetaties in natuurlijke situaties afhankelijk van de nutriëntenaanvoer met oppervlaktewater. Ook zijn overstromingen belangrijk voor de instandhouding van droge soortenrijke graslanden zoals die bijvoorbeeld langs de Vecht en Dinkel nog sporadisch voorkomen en waar aanvoer van basenhoudend sediment nodig is voor de buffering tegen verzuring. In hoofdstuk 3, in de behandeling per gebiedstype, wordt verder ingegaan op de aanwezigheid van dergelijke overstromingsafhankelijke vegetatiepatronen.

2.2.7 LITERATUUR

Hoewel niet altijd gericht op de effecten van overstromingen is er veel literatuur over bodemchemische processen in al dan niet periodiek natte bodems, en over de aanpassing van planten aan de bijzondere omstandigheden op deze standplaatsen. Aanbevolen naslagwerken op dit gebied zijn Etherington 1982, Mitsch & Gosselink 1993 en Baird en Wilby 1999.

2.3 EFFECTEN OP FAUNA (TERRESTRISCH)

2.3.1 ALGEMEEN

Effecten van waterberging op de flora vallen nog enigszins aan te geven omdat het gaat om beperkte en relatief homogene taxonomische groep waarvan de relatie met standplaatscondities redelijk bekend zijn. Het aantal soorten en de variatie aan levensvormen is binnen de fauna vele malen groter dan bij de flora. Diersoorten hebben bovendien een veel grotere mobiliteit, manoeuvreren in een voedselweb en stellen uiteenlopende ruimtelijke eisen aan hun leefgebied gedurende het jaar. Soorten zijn meestal niet één op één gekoppeld aan vegetatietypen of natuurdoelen.

Het beschrijven van effecten van waterberging op de complete fauna is dus lastig, zeker binnen de beperkte hoeveelheid tijd die in deze studie beschikbaar was. Voor een globale effectbepaling voor waterbeheerders is daarom aangesloten bij beleidsmatig relevante soorten volgens de systematiek van natuurdoeltypen en doelsoorten (Bal et al., 2001). Er is gekozen voor een beperkte indeling in functionele taxonomische groepen met een overeenkomstig gedrag bij inundatie (tabel 2.5).

Inundatie kan effect hebben op de aantallen individuen, of op complete (deel)populaties. Vrijwel altijd hebben inundaties effect op de aantallen van een soort en op de tijdelijke verspreiding hiervan. Minder vaak zijn bij waterberging complete (deel)populaties in het geding, waardoor soorten lokaal of regionaal uitsterven. Ook in natuurlijke overstromingsvlakten is er sprake van fluctuaties in aantallen (Lammertsma, 2001). Voor zover er kennis aanwezig is over de effecten van overstromingen hebben deze meestal betrekking op veranderingen in de aantallen per soort, over de lange-termijn-effecten op de soortensamenstelling in een gebied is veel minder bekend.

Voor bestaande natuur zijn de effecten van waterberging meestal groter dan voor nieuw te ontwikkelen natuur. Door ontginning van natuur, isolatie van gebieden en decennialange drooglegging hebben zich in de huidige natuurgebieden soorten kunnen handhaven en vestigen in vegetaties die al lang niet meer zijn overstroomd. Deze soorten kunnen zich lang niet altijd aanpassen aan het nieuwe hydrologische regime. Juist in het regionale systeem kan te snel herstel van de hydrologische randvoorwaarden leiden tot negatieve effecten (Vlinderstichting, 2004). Dat geldt vooral bij grootschalige inundatie en kleine populaties.

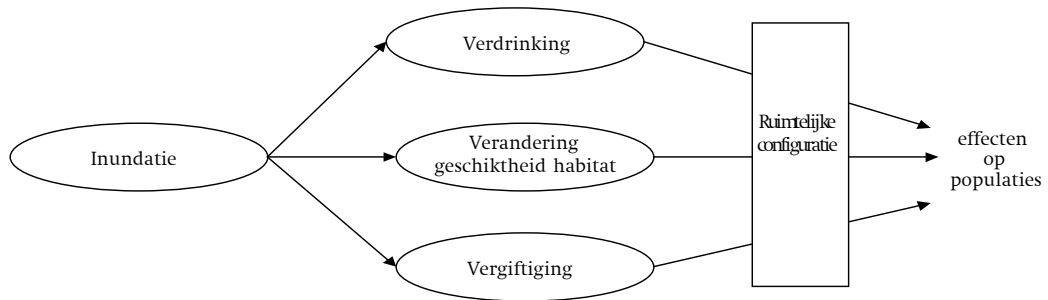
Bij nieuwe natuur wordt vaak gestart vanuit een ecologisch vrijwel blanco situatie, bijvoorbeeld door omvorming van landbouwgrond naar natuur. Voor deze situatie wordt er vanuit gegaan dat zich hier vooral diersoorten zullen vestigen die zijn aangepast aan de overstromingsdynamiek. Ook in nieuwe natuurgebieden met een functie voor waterberging kunnen zich soorten vestigen die slecht tegen inundatie bestand zijn. Dat geldt vooral voor bergingsgebieden met een geringe inundatiefrequentie.

Er is maar weinig onderzoek gepubliceerd over en verricht naar de feitelijke effecten van inundatie op de fauna. Vaak is ze anekdotisch van aard. Het meeste onderzoek spitst zich toe op de uiterwaarden of op de buitendijkse kustgebieden (Bosman, 1995; Lammertsma et al., 2001). Kennis over inundatiegevoeligheid kan soms worden herleid uit de (historische) aan- of afwezigheid van overstromingsgevoelige soorten in dynamische beekdalen of uiterwaarden. De effecten op de fauna zijn in het regionaal systeem vaak groter dan in de uiterwaarden omdat hier veel diersoorten voorkomen die afkomstig zijn uit weinig overstromingstolerante milieu's. Kennis uit het riviersysteem of uit buitendijkse gebieden is daarom niet altijd bruikbaar voor het regionaal systeem.

Inundatie kan directe en indirect effecten hebben op de aanwezige fauna (Van den Brink, in Stuyt et al, 2002). Onder directe effecten worden verstaan verdrinking door zuurstofgebrek en verjaging uit het leefgebied door het opkomend water. Indirecte effecten omvatten veranderingen in het habitat als gevolg van inundatie, bijvoorbeeld veranderingen van vegetatie en oriëntatie, (tijdelijk) verdwijnen van voedsel en nestgelegenheid, maar ook het vrijkomen van toxische stoffen en nutriënten als gevolg van veranderingen in de zuurstofhuishouding van de bodem (zie paragraaf 2.2.4).

Een bijkomend effect van inundatie is dat predatie en concurrentie tijdelijk sterk toenemen. Soorten zijn beter zichtbaar en kunnen geconcentreerd op een plek voorkomen. Dit aspect is hier niet uitgewerkt.

FIGUUR 2.6 DE BELANGRIJKSTE EFFECTEN VAN INUNDATIE OP DE FAUNA



2.3.2 VERDRINKING VAN SOORTEN

Voor de meest diersoorten die niet zijn aangepast aan open water is verdrinking de meest rechtstreekse bedreiging van waterberging. Verdrinking door zuurstoftekort is voor zoogdieren evident, maar speelt vroeg of laat ook een rol bij de koudbloedige soorten, waaronder de bodemfauna.

.....Van de 140 hectare van de Millingerwaard zijn er nog maar een paar begaanbaar. Toppen van glooiingen zijn snel slinkende eilanden geworden met radeloze konijnen erop. Alleen op de terpen van twee voormalige steenfabrieken ben je echt veilig, althans voor het water. Achter elke graspol zit daar een konijn of een haas. De meeste blijven doodstil zitten als je ze nadert. Tot op twee, drie meter kun je komen, dan sprinten ze weg op zoek naar nieuwe dekking - die ze niet makkelijk vinden. Paniek. Sommige zijn zo moe, nat, koud en hongerig dat ze elke voorzichtigheid uit het oog verliezen. Je kunt ze gewoon op de top van een heuveltje zien scharrelen. Roofdieren hebben nu vrij spel, voor zover ze zelf niet zijn verzopen.....

Uit: Ongeremd wreed, NRC 27-12-1993 (© H. Blankesteyn)

Verdrinking door inundatie wordt vooral bepaald door de volgende factoren:

- inundatieduur
- frequentie
- inundatiediepte
- periode van inundatie (zomer- en winterinundatie)
- areaal waterberging en het aandeel hoogwatervrije plekken
- stroomsnelheid van het water
- aard en snelheid van inundatie
- watertemperatuur
- zuurstofgehalte van de bodem

INUNDATIEDUUR

De duur van de inundatie is het meest bepalend voor de effecten op de fauna. Uit het rivierengebied zijn de beelden bekend van konijnen, mollen, hazen en marterachtigen die ingesloten raken door het water of in bomen vluchten. Hoewel een groot aantal soorten prima kan zwemmen, geldt vooral voor de kleinere soorten dat ze door een combinatie van uitputting, onderkoeling en gebrek aan voedsel binnen enkele dagen verdrinken. Soorten met een

snelle stofwisseling, zoals spitsmuizen, kunnen soms maar enkele uren zonder voedsel overleven.

Bij vogels speelt verdrinking alleen een rol bij niet vliegvlugge juvenielen (Bakker, 1950). Hiervoor geldt dat zeer kortdurende inundaties van enkele uren al fataal zijn. In natuurlijke ecosystemen kan ook massale sterfte van jonge dieren optreden door inundatie. Een voorbeeld daarvan is de recente inundatie van de kwelders in 2004 (Volkskrant 25 juni 2004) met als gevolg duizenden verdrinkingsgevallen onder jonge vogels. Dit verschijnsel treedt ook in andere jaren op (SOVON, 2000), maar is in het algemeen slecht gedocumenteerd.

Bij langdurige winterberging kan ook verdrinking optreden van reptielen en amfibieën. Een groot aantal van deze soorten overwintert op hoogwatervrije plekken (Bosman, 1995). Door de verlaagde lichaamstemperatuur is de zuurstofopname gering en kunnen kortdurende overstromingen van amfibieën vermoedelijk goed worden overleefd. Reptielen zijn minder tolerant voor inundatie dan amfibieën vanwege het ontbreken van een huidademhaling.

Voor insecten en andere ongewervelden in de vegetatie of in de bodem kunnen kortere en langdurige inundaties leiden tot verdrinking. Indirecte effecten van inundatie zijn bijvoorbeeld sterfte door schimmelaantasting vanwege permanent vochtige omstandigheden. Soms zijn insecten en andere ongewervelden zeer persistent en kunnen als ei, pop of als cyste langdurige overstroming doorstaan. Van het bietenaaltje is bekend dat deze een inundatie van een jaar kan overleven (Bakker, 1950). De toepassing van inundatie als middel om bollengronden te ontsmetten, laat zien dat tal van bodemdieren na 6 weken inundatie nog aanwezig zijn (VWG Schagen, 1996). Adulte insecten kunnen bij hogere temperaturen een inundatie overleven door in bomen en struiken te klimmen die nog boven het water uitsteken. Soms overleven ze op rondrijvend materiaal.

In geval van langdurige inundatie kan in de bodem zuurstofloosheid optreden, afhankelijk van temperatuur, stroomsnelheid en wind. Wormen bijvoorbeeld, kunnen inundatie redelijk doorstaan. Uit anekdotische waarnemingen blijkt soms dat er na enkele weken hoog water toch een zekere sterfte onder regenwormen optreedt (Blankesteyn, 1994). Van ondermeer loopkevers is bekend dat ze al snel kunnen verdrinken. Een indicatie hiervoor zijn ingegraven vangbekers die na een regenbui vaak veel verdronken kevers, spinnen of andere bodemdieren bevatten. Kolonievormende soorten zoals mieren zijn gevoelig voor langdurige overstroming (Vlinderstichting, 2004). Door luchtinsluiting kan de bodemfauna een kortdurende inundatie vaak overleven. Dat geldt vooral voor lutumhoudende gronden. Een strategie om inundatie te doorstaan is bijvoorbeeld het ingaan van een diapauze, waarbij de stofwisseling zeer laag is, of het vormen van bijvoorbeeld cocons in geval van regenwormen. Deze hebben een grotere persistentie tegen zuurstofloosheid, en wanneer de adulte regenwormen wegvallen, is het mogelijk dat de populatie zich ter plekke kan herstellen vanuit cocons.

INUNDATIEFREQUENTIE

De herhalingsperiode van een inundatie bepaalt de mate waarin populaties zich kunnen herstellen. Frequente inundaties, bijvoorbeeld meerdere malen per jaar, belemmeren het herstel van populaties. Ze veroorzaken een omslag naar een ander type ecosysteem waarin ook soorten verschijnen die juist erg goed zijn aangepast aan inundatie. Het effect van frequente inundaties op het herstel van de fauna wordt sterk bepaald door de mogelijkheden van hervestiging vanuit de omgeving en de veranderingen in het leefgebied door inundatie.

Laag frequente inundaties, minder dan eens per 10 jaar, leiden vermoedelijk tot grotere kansen op herstel van populaties indien hervestiging vanuit aangrenzende gebieden mogelijk is. Hoog frequente inundaties korter dan eens per 2 jaar leiden vermoedelijk tot een omslag in het ecosysteem en het verschijnen van nieuwe (pionier)soorten. De gemiddelde inundatiefrequentie kan op korte termijn negatiever uitpakken wanneer er kort na elkaar twee inundaties plaatsvinden.

WATERDIEPTE

De waterdiepte bepaalt of soorten nog lopend kunnen vluchten of zwemmend drogere gebieden moeten bereiken. Grotere soorten als reeën, herten en zwijnen zijn daarbij uiteraard in het voordeel. Ze kunnen over grote afstanden zowel lopend als zwemmend inundatiegebieden oversteken en ontvluchten. Een aanwijzing hiervoor is de spontane vestiging van deze soorten op (Wadden)eilanden en hun voorkomen in schijnbaar onbegaanbare delen van moerasgebieden. Voor deze grote soorten geldt dat een waterdiepte van een halve meter over grote afstand nog overbrugbaar is. Voor kleinere soorten als haas, konijn, vos, das en bunzing zijn waterstanden minder dan 25 cm nog goed overbrugbaar zonder te verdrinken. Kleinere zoogdieren zoals muizen en mollen, maar ook reptielen (uitgezonderd de goed zwemmende ringslangen) kunnen waterdieptes van net boven maaiveld overbruggen. Voor veel insecten die aan de oppervlakte of in de vegetatie leven zijn dergelijke waterdieptes een probleem om zich te verplaatsen. Dat betekent nog niet dat ze direct verdrinken. Voor veel kleinere soorten geldt dat ze zich enige tijd kunnen ophouden in de vegetatie die nog boven het water uitsteekt. Ze zijn daarbij wel beter bereikbaar voor natuurlijke vijanden en vaak buiten bereik van voedsel.

PERIODE VAN BERGING EN WATERTEMPERatuur

Er is een groot verschil in effecten op de fauna tussen zomer- en winterinundatie. Zomerinundaties hebben grotere effecten omdat er meestal reproductie optreedt, soorten niet meer in een rustfase verkeren en biologische processen sneller verlopen door hogere temperaturen. Tijdens een zomerperiode kunnen juvenielen massaal verdrinken daar waar de adulten een hoogwatervrije zone kunnen vinden. Zelfs in natuurlijke overstromingsgebieden is dit een gevaar. Voorbeelden zijn te vinden langs de Waddenkust (Volkskrant 25 juni 2004), maar ook in het IJsselmeer voor de kust van Friesland, waar legsels van pioniervogels als visdiefje en kluut soms verloren gaan. Ook binnendijks kunnen nesten van soorten verloren gaan door overstroming, maar dan zijn het veelal geen pioniersoorten die hun levenswijze hieraan hebben aangepast. Afhankelijk van de soort en het tijdstip worden soms vervolglegsels geproduceerd. Voor soorten die in bomen of struiken broeden blijven nesten weliswaar gespaard, maar kunnen de jongen verhongeren door het ontbreken van voedsel. Bij steenuilen is bijvoorbeeld gesignaleerd dat bij inundatie van het territorium de datum van eileg naar achteren wordt verschoven wat in het algemeen tot een lager broedsucces leidt (Groen e.a., 2000). Voor soorten met een duidelijke generatiewisseling (waarbij de populatie een deel van de tijd alleen uit eieren of juvenielen bestaat) kan in het slechtste geval door inundatie niet alleen een hele generatie, maar ook een hele populatie verdwijnen. Dat geldt bijvoorbeeld voor zeer honkvaste vlinders als het heidegentiaanblauwtje (Vlinderstichting, 2004). Hierdoor kan in 1 dag een groot deel van een nieuwe generatie uit een gebied verdwijnen. Voorbeelden daarvan zijn de Zilveren Maan en het Pimpernelblauwtje waarbij zowel de adulte exemplaren als de ei-afzetting kan verdwijnen. Voor algemene, mobiele, langlevende of pioniersoorten geldt dit minder. Vaak is er sprake van een langere periode waarover reproductie plaatsvindt of kunnen soorten uitwijken naar

aangrenzende gebieden. Voor deze soorten geldt dat het wegvallen een reproductieseizoen vermoedelijk geen noemenswaardig invloed heeft op de populatie.

Voor amfibieën geldt dat adulten weliswaar langdurig in het water kunnen overleven, maar dat eieren en juvenielen met het water worden meegevoerd. Sommige amfibieën, zoals gewone pad en rugstreeppad, blijken ook gevoelig voor jaarlijkse winteroverstromingen (Bosman, 1994). Voor veel insecten, waaronder vlinders, geldt dat de goed vliegende soorten als adult weinig problemen zullen ondervinden. De slecht vliegende soorten zullen daar meer moeite mee hebben. Het grootste probleem doet zich voor bij de juveniele insecten zoals larven, rupsen en poppen. Deze kunnen verdrinken, verhongeren of geïnfecteerd raken met schimmels.

TABEL 2.4 MAANDEN WAARIN EEN AANTAL DIERGROEPEN EXTRA KWETSBAAR ZIJN VOOR INUNDATIE DOOR DE AANWEZIGHEID VAN JONGEN

	ja	fe	ma	ap	me	ju	jl	au	se	ok	no	de
zoogdieren		+	+	+	+	+	+	+	(+)			
weidevogels			+	+	+	+						
overige broedvogels			(+)	+	+	+	+					
amfibieën		(+)	+	+	+	+						
reptielen				+	+	+	(+)					
vlinders				+	+	+	+	+	+			

De watertemperatuur speelt vermoedelijk ook rol bij verdrinking. Warmbloedige soorten zullen eerder verkleumen bij lage temperaturen en daardoor ook eerder verdrinken. Bij koudbloedige soorten is het effect omgekeerd en vertraagt de stofwisseling verder. De overlevingskansen worden daardoor dus groter.

AREAAL VAN DE INUNDATIE EN AANWEZIGHEID HOOGWATERVRIJE PLEKKEN

De omvang van de inundatie is mede bepalend voor het effect op verdrinking. Grootschalige inundaties zoals die in voorgaande eeuwen binnendijks zijn opgetreden in het rivierengebied, rondom de Zuiderzee, de benedenlopen van beken en bij het doorsteken van dijken in Zeeland en de Wieringermeer leiden tot grootschalige effecten. Deze zijn soms decennia later nog van invloed op de soortensamenstelling door het ontbreken van soorten. Dat geldt dan ook voor soorten die redelijk mobiel zijn (Bakker, 1950). Bij kleinschalige inundaties zijn veel soorten in staat naar droge plekken te vluchten. Dekzandruggen, dijken of kunstmatige hoogten blijken bij overstroming al snel een (tijdelijk) geschikte vluchtplaats. Daarnaast kunnen hoogopgaande begroeiingen zoals bomen of bossen voor enkele soorten als tijdelijke vluchtplek dienen. Bij grootschaliger waterberging raken ook de vluchtplekken geïsoleerd en bij verder stijgend water lopen ze ook onder waardoor soorten alsnog kunnen verdrinken. Ook treedt op deze vluchtplekken verhoogde voedselconcurrentie en predatie op, waardoor soorten alsnog sterven.

De bodemfauna kan zich meestal maar beperkt verplaatsen. Hiervoor maakt de omvang van de inundaties maar weinig uit voor het al dan niet verdrinken. Voor de hervestiging van bodemfauna-soorten is de schaal waarop inundatie plaatsvindt uiteraard wel van belang.

AARD EN SNELHEID VAN INUNDATIE

Het geleidelijk onderlopen van terreinen biedt trage soorten de gelegenheid om zich uit de voeten te maken. Een bekend voorbeeld zijn de mollen, die bij stijgende grondwaterstanden geleidelijk opschuiven naar steeds hoger gelegen gronden. Bij sneller stijgend water ver-

plaatsen ze zich bovengronds en desnoods zwemmen ze over korte afstanden. Bij zeer snelle stijging van het water treedt er sterfte op omdat soorten ingesloten raken of worden overvallen door het stijgende water. Dit proces wordt beïnvloed door maaiveldverschillen en de snelheid en omvang van de inlaat. In zeer vlakke terreinen is dit risico het grootst. Wanneer de berging sneller verloopt dan de verplaatsingssnelheid van soorten, bestaat er dus grote kans op verdrinking. Dit pleit ervoor om te verkennen of het zinvol is bergingsgebieden geleidelijker te laten vollopen. Hierdoor komen ze wel langer onder water te staan, maar het effect hiervan is vermoedelijk geringer.

STROOMSNELHEID

Zelfs bij relatief ondiepe inundatie kan een sterke stroming leiden tot verdrinking. Voorbeelden daarvan zijn bekend van overstromingen langs de rivieren. Hier blijken edelherten te verdrinken bij hoge stroomsnelheden. In het regionaal systeem zal dit vooral voorkomen bij kleinere soorten, indien er sprake is van meestromende berging (beken) of snelle inlaat van water in poldergebieden (noodretentie).

In tabel 2.5 zijn de geschatte effecten van overstroming op de fauna aangegeven voor de belangrijkste taxonomische groepen. De effecten zijn weergegeven voor het winterhalfjaar als het zomerhalfjaar en uitgesplitst naar inundatieduur. Hierin is het netto effect op aantallen adulte en juveniele dieren opgenomen.

CONCLUSIES

- Het belangrijkste effect van inundatie op de fauna is verdrinking;
- Verdrinking treedt vooral op bij diepe en langdurige inundatie, grootschalige inundatie en in het zomerhalfjaar;
- de aanwezigheid van hoogwatervluchtplaatsen kan verdrinking beperken;
- weinig mobiele soorten en de bodemfauna zijn het meest gevoelig voor inundatie;
- behalve verdrinking treedt ook extra predatie op omdat soorten uit hun leefgebieden worden verdreven;
- door luchtinsluitingen in de bodem treedt verdrinking bij de bodemfauna pas op bij langdurige inundatie.

TABEL 2.5 GEVOELIGHEID VOOR VERDRINKING VAN UITEENLOPENDE SOORTENGROEPEN BIJ ZOMER- EN WINTERINUNDATIE EN UITEENLOPENDE INUNDATIEDUUR

soortengroepen	Gevoeligheid voor verdrinking bij volledige inundatie binnen het groeizeizoen				
	<1 dag	1-2 dagen	1-2 weken	2-4 weken	>4weken
grote zoogdieren	gering (juvenile)	gering (juvenile)	gering	gering	gering
semi aquatische zoogdieren	alleen juvenile	alleen juvenile			
kleine zoogdieren	groot	groot	zeer groot	zeer groot	zeer groot
watervogels	alleen juvenile/nesten)	idem	idem	idem	idem
weidevogels	alleen(juvenile/nesten)	idem	idem	idem	idem
overige broedvogels	zeer gering (grondbroeders)	idem	idem	idem	idem
reptielen	matig groot	groot	zeer groot	zeer groot	zeer groot
amfibieën	geen	geen	geen	geen	geen
weinig mobiele insecten	groot	zeer groot	zeer groot	zeer groot	zeer groot
mobiele insecten	gering	matig	matig	matig	matig
bodemfauna	gering	matig	groot	zeer groot	zeer groot
regenwormen	geen	gering	matig	groot	zeer groot

	Gevoeligheid voor verdrinking bij volledige inundatie buiten het groeizeizoen				
	<1 dag	1-2 dagen	1-2 weken	2-4 weken	>4weken
grote zoogdieren	gering	gering	gering	gering	gering
sem. aq. zoogdieren	geen	geen	geen	geen	geen
kleine zoogdieren	groot	groot	zeer groot	zeer groot	zeer groot
watervogels	geen	geen	geen	geen	geen
weidevogels	geen	geen	geen	geen	geen
overige broedvogels	geen	geen	geen	geen	geen
reptielen	groot	zeer groot	zeer groot	zeer groot	zeer groot
amfibieën	geen	gering	matig	groot	groot
weinig mobiele insecten	matig	groot	groot	zeer groot	zeer groot
mobiele insecten	matig	groot	groot	zeer groot	zeer groot
bodemfauna	gering	gering	matig	groot	groot
regenwormen	geen	gering	matig	groot	groot

2.3.3 VERANDERINGEN IN DE GESCHIKTHEID VAN HET HABITAT

Behalve door verdrinking kunnen inundaties ook indirect van invloed zijn, doordat het habitat of leefgebied meer of minder geschikt wordt voor overleving en voortplanting van de soort. De veranderingen kunnen zich voordoen in het hele leefgebied van de soort, maar kunnen zich ook beperken tot delen ervan, de zogenaamde functiegebieden. Functiegebieden zijn gebieden die voor soorten een specifieke betekenis in de levenscyclus hebben. Vaak zijn ze, op een zeker schaalniveau, in tijd en ruimte min of meer gescheiden. Voor soorten of soortengroepen waarin deze scheiding niet is aan te brengen wordt gesproken van leefgebieden. De belangrijkste functiegebieden voor de fauna zijn: broed- of voortplantingsgebied, foerageergebied, overwinteringsgebied, migratiegebied en rust- of slaapgebied.

Meestal vluchten vogels uit de ondergelopen gebieden omdat het leefgebied onder water staat en voedselbronnen onbereikbaar zijn. Soms worden ze er door aangetrokken (water- en moerasvogels) vanwege voedsel en rust (SOVON, 1987; SOVON, 2003).

EFFECTEN OP HET LEEFGEBIED ALS GEHEEL

Voor soorten waarvan het hele leefgebied binnen een inundatievlakte ligt zijn de effecten het grootst. Door inundatie raakt het habitat van soorten tijdelijk of permanent ongeschikt. Voor soorten die hun hele levenscyclus op de plek van de inundatie doorlopen zijn effecten

het grootst, ook al doorstaan ze zuurstofgebrek. Bij kortdurende inundaties zal het habitat tijdelijk ongeschikt raken. Langdurige inundatie leidt zowel tot verandering in de vegetatie(structuur), het verdwijnen van voedsel en oriëntatiepunten, een toegenomen kans op predatie en daardoor tot verandering in de concurrentieverhoudingen. Uit verspreidingsgegevens (SOVON, 1987; Tax, 1989; Bergmans, 1986; Broekhuizen, 1992) blijkt dat uiterwaarden, maar ook frequent overstroomde beekdalen relatief arm zijn aan plekgebonden reptielen, vlindersoorten en weinig mobiele zoogdieren.

Een voorbeeld van ingrijpende veranderingen in het habitat zijn de inundaties in Zeeland in 1944. Na het droogvallen van deze gebieden duurde het decennia voordat hier weer geschikte leefgebieden voorkwamen (Bakker, 1950). Voor de vaak algemeen voorkomende pioniersoorten en opportunisten is de periode direct na een inundatie zeer geschikt voor uitbreiding van de aantallen (Bakker, 1950). Voor sommige vogelsoorten geldt dat het habitat na inundatie in kwaliteit toeneemt. Dat geldt vooral voor moeras en watervogels zoals kwartelkoning en porseleinhoen (SOVON, 1987). Bij kortdurende inundaties zijn deze effecten veel beperkter. In vrijwel alle gevallen zullen de effecten van inundatie op de fauna groter zijn dan die voor de vegetatie.

VERANDERINGEN IN DE GESCHIKTHEID ALS FOERAGEERGEBIED

Waterberging kan zowel positieve als negatieve effecten hebben op foerageergebieden. Kortdurende inundatie heeft vooral effect op de beschikbaarheid van voedsel op korte termijn. Langdurige inundatie kan nog jaren doorwerken in de beschikbaarheid van voedsel.

Ondergelopen gebieden zijn uitermate aantrekkelijk voor water- en moerasvogels, steltloper en foeragerende weidevogels. Kennelijk komen daarbij massaal bodemdieren beschikbaar (wormen, emelten etc.). Vooral ondiepe inundatie van enkele decimeters kan tot explosieve aantallen vogels leiden (De Leeuw & Wymenga, 2003). Sommige watervogels zoals kleine zwanen komen zeer frequent voor op graslanden die in de winter onderlopen. Dat geldt ook voor weidevogels en steltlopers op doortrek in voor- en najaar. Diepere inundaties van meer dan een meter zijn minder geschikt als foerageergebied en functioneren vooral als rust- en slaapgebied voor eenden en ganzen.

Tegenover deze positieve effecten staat dat inundatiegebieden niet meer beschikbaar zijn als voedselbron voor veel andere diersoorten. Dat geldt vrijwel voor alle andere soorten, vooral bij zomerinundaties. Soorten zullen daardoor elders alternatieve foerageergebieden moeten vinden. Ze krijgen bovendien te maken met soortspecifieke concurrentie omdat ze andere voedselterritoria betreden. Voor zoogdieren als de das kan bij grotere inundaties een fors areaal foerageergebied wegvallen. Dat geldt ook voor roofvogels als torenvalk en steenuil die zijn aangewezen op de bodemfauna, mollen en muizen. Het verdwijnen van mollen en muizen leidt onherroepelijk tot (tijdelijke) afname van aantallen roofvogels (Groen e.a., 2000). Afname van de biomassa aan bodemfauna maakt gebieden minder geschikt als foerageergebied voor weidevogels. Vooral bij frequente inundatie zal het aantal regenwormen afnemen en daardoor ook het broedsucces aantal weidevogels (Beintema et al., 1995).

De Leeuw en Wymenga (2003) vonden bij experimentele jaarlijkse inundaties in de Blokslaetpolder na de eerste inundatie in 2001 geen afname van het aantal regenwormen, wel van emelten en overige bodemfauna. Na de derde inundatie in 2003 werd echter een afname tot ongeveer een kwart van de oorspronkelijke biomassa aan regenwormen gemeten. Andere studies laten zien dat regenwormen als soort wel langdurig kunnen overleven bij

inundatie, maar dat de dichtheden drastisch afnemen en herstel langzaam plaatsvindt, en wel een of twee jaren kan duren (Ausden 2001 en Van de Bund 1998 in De Leeuw en Wymenga).

Specifieke knelpunten ontstaan er voor soorten met een afhankelijkheid van de op dat moment bloeiende plantensoorten, zoals bij dagvlinders. Deze zijn gedurende de inundatie niet voorhanden, hetgeen vooral problemen geeft bij zomerinundaties. Deze effecten kunnen zich ook voordoen bij frequente winterinundaties, wanneer hierdoor de samenstelling van de vegetatie verandert.

VERANDERINGEN IN DE GESCHIKTHEID ALS BROED- EN VOORTPLANTINGSGBIED

Deze gebieden kunnen door inundatie tijdelijk buiten gebruik raken omdat er water staat of omdat de vegetatiestructuur of floristische samenstelling verandert. Veel diersoorten kennen een beperkte periode in het jaar waarin ze nageslacht produceren. Dat is in veel gevallen de periode maart-september.

Zoogdieren die voor hun voortplanting van ondergrondse holen gebruik maken zoals das, mol, konijn, hermelijn, muizen, vos en bunzing zullen als eerste te maken krijgen met ongeschikt voortplantingsgebied. Grondbroeders onder de vogels en veel andere zoogdier-soorten zullen bij zomerberging ook een ongeschikt broedgebied aantreffen. Vroegbroedende vogelsoorten kennen vaak nog wel een vervolglegsel. In geval van amfibieën kan inundatie op twee manieren doorwerken op de geschiktheid van voortplantingsgebieden. Inundatie kan leiden tot introductie van predatoren (vis) in voorheen geïsoleerde wateren (poelen e.d.). Daarnaast kunnen eieren of juvenielen wegspoelen naar ongeschikte gebieden die na de inundatie droogvallen.

Vooraf voor kortlevende soorten, waaronder veel insectensoorten, kan door inundatie een hele generatie wegvallen omdat er geen ei-afzetting mogelijk is (Vlinderstichting, 2004). Dat geldt vooral voor weinig mobiele soorten.

VERANDERINGEN IN DE GESCHIKTHEID ALS RUST- EN SLAAPGBIEDEN

Voor de meeste soorten geldt dat deze functiegebieden het minst kwetsbaar zijn voor inundatie. Ze zijn vooral bekend van vogelsoorten en vaak zijn er wel alternatieven beschikbaar. Voor water- en moerasvogels geldt dat inundatiegebieden juist het aantal rust- en slaapgebieden kunnen vergroten. Dat geldt bijvoorbeeld voor ganzen, meeuwen en eenden (De Leeuw & Wymenga, 2003; SOVON, 1987). Dit belang neemt toe wanneer gebieden langer onder water staan en enige omvang hebben. Ondiepe inundaties zijn aantrekkelijk voor een breed scala aan moerasvogels, eenden en steltlopers. Diepe inundaties zijn vooral aantrekkelijk voor eenden, zwanen en ganzen.

VERANDERING IN DE GESCHIKTHEID VAN OVERWINTERINGSGBIEDEN

Overwinteringsgebieden zijn vooral bekend van soorten met een langdurige winterrust. Dit betreft vooral reptielen, amfibieën en insecten. Ook vogels kennen overwinteringsgebieden, maar dit zijn vaak foerageer- of slaapgebieden.

Vooraf reptielen en de meeste amfibieën zoeken 's winters afzonderlijke overwinteringsplekken op die vaak gevrijwaard blijven van inundatie of hoge grondwaterstanden. Inundatie van overwinteringsgebieden leidt meestal tot aantalsreductie. Onbekend is welke kritische grenzen hier gelden omdat er zeer beperkt waarnemingen worden gedaan aan overwinterende soorten.

CONCLUSIES

- Door langdurige en frequente inundatie kunnen leefgebieden (tijdelijk) verdwijnen. Het effect op de fauna is het grootst bij inundatie in het zomerhalfjaar.
- behalve permanente leefgebieden, kunnen ook foerageergebieden, voortplantingsgebieden en migratiegebieden (corridors) tijdelijk buiten gebruik raken.
- Voor soorten van semi-aquatische milieus, watervogels en steltlopers kunnen door inundatie tijdelijke zeer geschikte foerageer- en rustgebieden ontstaan.

2.3.4 RUIMTELIJKE ASPECTEN EN HERVESTIGING SOORTEN

De effecten van overstromingen op de populatiesamenstelling zijn afhankelijk van ruimtelijke aspecten. Door inundatie kunnen leef- of functiegebieden van soorten worden doorsneden. Ondergelopen terreinen kunnen daardoor als barrière werken. Ook ecologische corridors kunnen tijdelijk hun functie voor de fauna verliezen. Voorbeelden van soorten met migratieroutes zijn de dassen die in beekdalen of uiterwaarden foerageren, maar hun burchten op de hogere gelegen gronden hebben liggen. Daarnaast kunnen door inundatie leef- of functiegebieden kleiner worden. Bij korte inundaties zal dit niet zo'n groot probleem zijn, bij langdurige inundatie kan voedseltekort optreden en de concurrentie tussen soorten sterk toenemen.

Een positief effect van inundatie kan zijn dat soorten worden gedwongen zich buiten hun leefgebieden te verspreiden. Hierdoor kunnen ze zich vestigen in gebieden die daarvoor nog niet bezet waren. Een aardig voorbeeld van een succesvolle vestiging in nieuw gebied door calamiteiten geldt de lepelaar. Deze soort heeft zich o.a. door stressfactoren (predatie door vossen in het Naardermeer) massaal gevestigd op de Waddeneilanden. Het is goed voorstelbaar dat waterberging ook dergelijke effecten teweeg kan brengen. Een voorwaarde voor een succesvolle alternatieve vestiging is dat geschikte leefgebieden binnen de reikwijdte van een soort voorkomen. Dit effect zal vooral optreden bij semi-aquatische soorten. Voor de meeste soorten en individuen geldt dat ze door gedwongen 'verhuizing' in marginale of ongeschikte leefgebieden terechtkomen. Ze kunnen hierdoor in territoria van soortgenoten belanden waaruit ze vervolgens weer worden verdreven.

Na de inundatie wordt het bergingsgebied weer bezet. Door sterfte en soms ook door vernietiging van het oorspronkelijk leefgebied zal hervestiging van soorten verschillend verlopen. Ook hier geldt dat mobiele soorten en pioniersoorten de inundatiegebieden het snelst zullen koloniseren. Dit proces verschilt per soortengroep. Zo kunnen kleine zoogdieren als muizen zich na korte tijd hervestigen terwijl weinig mobiele soorten daar langer voor nodig hebben. Bakker (1950) beschrijft de hervestiging van soorten na langdurige inundatie in Zeeland. Daaruit blijkt dat vogelsoorten van akkers en rietland zich al weer snel vestigden (kwartel, patrijs, tureluur, Kievit, kluut, grasmus, rietzanger). Mobiele (trek)vindersoorten als gele en oranje lucernevlinder werden ook al snel waargenomen. Daarnaast traden er na inundatie ook plaagsoorten op zoals de zwarte rat, huismuizen en de nachtvlinder het gamma-uiltje. Zijn conclusie is dat na langdurige inundatie de fauna soortenarm is en arm aan individuen, uitgezonderd de plaagsoorten. Dergelijke plagen zijn niet te verwachten bij kleinere bergingen.

Wanneer het leefgebied van een soort in een inundatiegebied sterk geïsoleerd ligt ten opzichte van vergelijkbare andere gebieden kan inundatie leiden tot het duurzaam verdwijnen van soorten. Decler (2003) geeft het voorbeeld van de inundatie van een moerasgebiedje in de Yzervallei in west-Vlaanderen. Door de inundatie verdwenen tal van voor dit

gebied kenmerkende ongewervelde soorten. Na de inundatie werd het gebied snel gekoloniseerd, maar dan vooral door weinig kieskeurige soorten die in het omliggende landbouwgebied talrijk aanwezig waren. Een dergelijk fenomeen is ook beschreven voor de inundatiegebieden in Zeeland (Bakker, 1950).

Bij de inrichting en het gebruik van vooral grotere bergingsgebieden waarin natuurgebieden voorkomen is het van belang dat er uitwijkgebieden zijn voor de fauna. Dat kan gaan om aangrenzende gebieden, maar ook om delen van natuurgebieden die niet worden geïnundeerd.

CONCLUSIES

- Door inundatie wordt er door soorten een beroep gedaan op de bredere omgeving. De aanwezigheid van aangrenzende natuurgebieden leidt sneller tot hervestiging van inundatiegebieden. De afwezigheid van aangrenzende natuur zal hervestiging van soorten sterk bemoeilijken.
- Inundatie heeft zowel beperkende als positieve effecten op de verspreiding van soorten. Voor soorten van semi-aquatische milieus kunnen nieuwe leefgebieden worden verbonden en kan inundatie leiden tot verspreiding van soorten.
- Weinig mobiele soorten en de bodemfauna zijn het meest gevoelig voor inundatie.

2.3.5 TOXISCHE STOFFEN

Blootstelling aan toxische stoffen kan voor organismen negatieve effecten hebben doordat met het inundatie water stoffen aangevoerd worden van elders. Ook is het mogelijk dat aanwezige stoffen door inundatie in min of meerdere mate beschikbaar komen voor organismen.

AANVOER VAN TOXISCHE STOFFEN

Bij inundatie als gevolg van waterberging wordt gebiedsvreemd water ingelaten. Dit water kan een slechtere milieuhygiënische kwaliteit hebben dan in het gebied zelf, wat tot gevolg heeft dat het bergingsgebied verontreinigd wordt. Welke stoffen aangevoerd worden is afhankelijk van de locatie. Bij waterberging langs rivieren en benedenlopen van beken zullen met name stoffen aangevoerd worden die gebonden zijn aan slib. Gedurende hoogwaters is de slibvracht over het algemeen groot (Middelkoop 1997) en kan in het bergingsgebied lokaal veel sediment afgezet worden. (zie §2.2.2). Over het algemeen is dit sediment in beeksystemen lokaal in suspensie gegaan (Rang & Schouten, 1988), echter bij andere systemen kan het ook van elders komen. Bij herhaaldelijke overstromingen kunnen verontreinigingen in de bodem van het bergingsgebied accumuleren, waardoor lokaal de concentraties kunnen oplopen. In het geval van waterberging lijken de volgende factoren van belang te zijn: de concentraties in het zwevend sediment, de concentraties zwevend sediment in het water, en de frequentie van inundatie. De samenstelling van het sediment (bijvoorbeeld korrelgrootte) kan in de ruimte variëren, waarvoor ook ruimtelijke variatie in de hoeveelheid aangevoerde stoffen kan ontstaan. Stoffen als organische microverontreinigingen zitten vooral aan organisch materiaal, geassocieerd met fijn sediment. In het Geulsal bleken de zware metalen meer aan de zandfractie gekoppeld te zijn (Leenaers et al. 1988), al kan dat laatste een lokaal fenomeen zijn.

Bij het bergen van water uit weinig tot niet stromende wateren, zoals bijvoorbeeld in poldergebieden, spelen aan sediment gebonden stoffen een beperkte rol. Hier gaat het meer om in het water opgeloste stoffen die lokaal met het grondwater uitspoelen en in het oppervlaktewater terecht komen. Om welke stoffen het gaat is afhankelijk van lokaal land-

gebruik. In het landelijk gebied zijn in tijden van hoge regenafvoer overstorten van het rioolsysteem mogelijk. Hiermee zijn allerlei stoffen geassocieerd, maar ook bijvoorbeeld pathogenen. Tevens is het mogelijk dat in rioolwater hormoon actieve stoffen of geneesmiddelen aanwezig zijn (Vethaak et al. 2002), die effecten kunnen hebben op bijvoorbeeld de voortplanting van organismen. In meer agrarische gebieden kunnen ook diergeneesmiddelen met het water worden aangevoerd (zie voor een overzicht van humane en diergeneesmiddelen bijvoorbeeld Kümmerer 2001). De groep diergeneesmiddelen is omvangrijk (van antibiotica tot antiparasitica en veevoederadditieven) en er is nog maar weinig bekend over hun gedrag in het milieu (Lahr 2004). Gezien het feit dat ze in grote hoeveelheden worden toegepast is het mogelijk dat negatieve effecten optreden bij het vasthouden van (gebiedsvreemd) water.

BIOLOGISCHE BESCHIKBAARHEID VAN TOXISCHE STOFFEN

Bij bodems die verontreinigd zijn met toxische stoffen zijn in het algemeen alleen die stoffen van belang die biologisch beschikbaar zijn. Een deel van de voorkomende stoffen kan zo sterk aan gronddeeltjes gebonden zijn dat ze niet opneembaar zijn voor organismen, of ze komen voor in een niet opneembare vorm (in de vorm van metaaloxides bijvoorbeeld). Inundatie van een gebied kan gevolgen hebben voor de biologische beschikbaarheid van verontreinigingen. Bij inundatie veranderen namelijk de fysisch/chemische omstandigheden in de bodem. Bij een langer durende inundatie kan zuurstofloosheid optreden, kan de redox-potentiaal verlagen (zie ook 2.2.4) en kunnen sulfides gevormd worden (bij aanwezigheid van sulfaat). Dit heeft met name gevolgen voor de beschikbaarheid van zware metalen. Bij verlaging van de redox-potentiaal worden sommige zware metalen, zoals bijvoorbeeld zink, cadmium en nikkel minder oplosbaar in het poriewater, en zijn daarmee gedurende de inundatie minder beschikbaar voor organismen (Kashem & Singh, 2001). Andere metalen, zoals arseen en mogelijk ijzer, kunnen versterkt in oplossing gaan. Onder anaërobe omstandigheden kan kwik door micro-organismen gemethyleerd worden, waarbij vluchtige en toxische organokwikverbindingen gevormd kunnen worden (Stuyt et al. 2001). Over de veranderingen van de biobeschikbaarheid van metalen in relatie tot inundatie is weinig bekend. Het lijkt erop dat tijdens de inundatie de beschikbaarheid van enkele, maar niet alle metalen terugloopt. Gegevens over de beschikbaarheid ná inundatie, op het moment dat de redox-potentiaal weer toeneemt, zijn niet bekend. In geval van organische microverontreinigingen, zoals PCBs en PAKs zijn niet zoveel effecten te verwachten op de beschikbaarheid voor organismen. Deze stoffen blijven gebonden aan het organisch stof in de bodem.

CONCLUSIE

- Anders dan in het rivierengebied is in regionale systemen weinig bekend over de potentiële risico's van aanvoer van toxische stoffen op de aanwezige fauna.

2.4 EFFECTEN OP AQUATISCHE ECOSYSTEMEN

Bij de effecten van waterberging wordt meestal vooral gedacht aan de effecten op terrestrische systemen, omdat die de grootste oppervlakte innemen en de hier aanwezige organismen het minst zijn aangepast aan het (over)leven in water. Echter ook in aquatische systemen kunnen effecten optreden, en dan met name in kleine en relatief geïsoleerde systemen als vennen en poelen. Hier kan de aanvoer van opgeloste stoffen, slib en organismen leiden tot ingrijpende en moeilijk omkeerbare veranderingen. In de volgende paragrafen wordt aangegeven om welke veranderingen het daarbij gaat.

2.4.1 AANVOER VAN NUTRIËNTEN

Oppervlaktewater in Nederland is over het algemeen rijk aan voedingsstoffen (stikstof en fosfor) en macro-ionen (sulfaat, chloride, bicarbonaat). Een groot deel van het oppervlaktewater in Nederland wordt beïnvloed door voedselrijk rivierwater dat gebruikt om waterlopen door te spoelen en watertekorten tegen te gaan. En ook emissies vanuit de landbouw zorgen voor een verrijking met nutriënten. Overstroming met oppervlaktewater is dan ook meestal een bron van voedingsstoffen. Aanvoer van voedingsstoffen vindt plaats in opgeloste vorm en gebonden aan bodemdeeltjes. Tijdens verblijf van het water in het aquatische systeem vinden processen plaats, waardoor nutriënten worden opgenomen in de compartimenten van het systeem (sediment, waterplanten), dan wel verwijderd worden uit het systeem (nitrificatie-denitrificatie). Belangrijke processen zijn bezinking van gesuspendeerd materiaal met daaraan gehechte stoffen, nitrificatie-denitrificatie en andere gasemissies, adsorptie en opname/vastlegging van stoffen in de vegetatie. Tenminste tijdens het groeiseizoen kunnen planten een belangrijke sink vormen voor N en P (Meuleman, 1999). Door deze processen kan de kwaliteit van het water een verandering ondergaan als gevolg van verblijf in het systeem (Wienk e.a., 2000). De kwaliteit van het uitstromende water kan sterk verschillen van de kwaliteit van het instromende water. Helofytenfilters worden al tientallen jaren gebruikt voor verbetering van de waterkwaliteit (Meuleman, 1999). Het sediment en de helofyten spelen daarin een belangrijke rol. Het voorgaande betekent dat ook de aquatische systemen die voor de waterberging worden gebruikt, een verandering ondergaan. Hoe groter het verschil is tussen de voedselrijkdom en macro-ionensamenstelling van het inlaatwater en die van het water in het aquatische systeem, hoe groter de impact van de overstroming. Wateren die van nature voedselarm zijn, zijn gevoelig voor eutrofiëring (bijv. zwak gebufferde wateren, zie Arts e.a., 1990). Eutrofiëring zal in deze systemen leiden tot een toename van de gehalten aan voedingsstoffen (stikstof, fosfor en koolstof) en ophoping van organisch materiaal in en op het sediment. In uiterwaardplassen is aangetoond dat met een toename van het aantal inundaties, het trofisch niveau en het chloridegehalte van deze wateren toenemen (Van den Brink & van der Velde, 1991a). Roozen e.a. (2003) vonden een positieve correlatie tussen de concentraties totaal-fosfaat en de inundatieduur.

Sedimentatie van slib is een belangrijk fysisch proces bij waterberging. Het slib bezinkt en blijft achter nadat het oppervlaktewater weer wordt afgevoerd. Bij lage stroomsnelheden en een hoge ruwheid van de vegetatie, zullen slibdeeltjes sedimenteren, waardoor de aard van het sediment verandert. Aan slib gebonden nutriënten worden aangevoerd en de dikte van de aërobe laag wordt beïnvloed. Slibdepositie kan plaatselijk erg groot zijn, afhankelijk van de wijze van inlaat en het terreintype (Bijkerk & Hunink-van Leeuwen, 2002). In aquatische systemen is verwijdering van het slib niet mogelijk of alleen door forse ingrepen in het systeem (baggeren). De aanwezige vegetatie in het systeem heeft invloed op de sedimentatie van slib. Helofyten vertragen de doorstroming van oppervlaktewater. Daardoor neemt de stroomsnelheid van het water af, hetgeen de sedimentatie bevordert.

2.4.2 INTERNE EUTROFIËRING EN VORMING TOXISCH WATERSTOFSULFIDE

Interne eutrofiëring is het proces waarbij door toevoer van sulfaatrijk en bicarbonaatrijk oppervlaktewater de nutriëntenconcentraties toenemen door afbraak van organisch materiaal en de mobilisatie van anorganisch fosfaat. Bij lage ijzerbeschikbaarheid kan sulfaatreductie bovendien leiden tot vergiftiging met waterstofsulfide.

INVLOED SULFAAT

Onder anaërobe omstandigheden kan sulfaat de rol van zuurstof overnemen als electronen-acceptor. Aanvoer van sulfaatrijk water kan er dus toe leiden dat de afbraak van organisch materiaal ook onder anaërobe omstandigheden doorgaat, en dat daarmee in organisch materiaal opgeslagen voedingsstoffen vrij komen. Juist venen, waarin naast koolstof ook een enorme hoeveelheid andere voedingsstoffen ligt opgeslagen, zijn erg gevoelig voor dit type eutrofiëring (Lamers, 2001).

De mate waarin sulfaatreductie optreedt, is afhankelijk van de beschikbaarheid van gemakkelijk afbreekbaar organisch materiaal in de bodem (Lamers e.a., 1996; Lamers e.a., 1999). In veengebieden zal het probleem groter zijn dan in gebieden met een meer minerale bodem. De rol van organische stof is nog in onderzoek (Kemmers, 1996). Uit een experiment met vensedimenten bleek dat sulfaatreductie in het al geruime tijd door rivierwater beïnvloede sediment niet meer optrad. Dit sediment bevatte nauwelijks gemakkelijk afbreekbaar organisch materiaal meer, waardoor interne eutrofiëring door sulfaat achterwege bleef. Bij het minder door rivierwater beïnvloede sediment trad wel een verhoogde afbraak van organisch materiaal op (Lamers e.a., 1996).

Als gevolg van de inlaat van rivierwater, bemesting, verdroging en oxidatie van ijzersulfide onder invloed van uitspoelend nitraat is veel sulfaat in oppervlaktewater en grondwater terechtgekomen (Lamers, 2001; Lamers et al, 1996). Volgens Roelofs (1991), Smolders en Roelofs (1993), Lamers e.a. (1998a) en Lamers (2001) zullen sulfaatconcentraties van 50 mg/l of hoger fosfaateutrofiëring in laagvenen en moerassen veroorzaken. Concentraties van 50 tot 190 mg/l zijn algemeen in Rijn- en IJsselmeerwater in Nederland (Lamers e.a., 2001b). In regionale wateren onder invloed van gebiedsvreemd water zijn waarden tussen 50 en 100 mg sulfaat per liter algemeen (zie bijv. Waterschap Vallei en Eem, 2002).

Zoals aangegeven in par. 2.2.4 is in gebieden met een lage concentratie aan opgelost ijzer in de bodem de kans groot dat bij sulfaataanvoer ook vorming van toxisch waterstofsulfide optreedt. Aanvoer van ijzer met kwel vermindert het risico op vorming van waterstofsulfide sterk. Door verdroging is de aanvoer van ijzerrijk water echter op veel plaatsen verdwenen (Lamers, 2001). Verschillende plantensoorten zijn zeer gevoelig voor sulfidotoxiciteit, zoals Riet (Fürtig e.a., 1996) en Krabbescheer (Roelofs, 1991, Smolders e.a., 1996). Planten die zuurstof naar de wortels en de directe omgeving van de wortel kunnen transporteren, zoals Liesgras, hebben weinig last van waterstofsulfide omdat ze deze stof buiten de wortels oxideren. Wanneer planten onder anaërobe omstandigheden geen geoxideerde rhizosfeer creëren kan sulfide echter de plant binnendringen (Blom & Voeselek, 1996). De ophoping van het giftige sulfide wordt zeer sterk bepaald door de beschikbaarheid van vrij ijzer in de bodem. Fe en P zijn de sleutelfactoren in de respons van wetlandsedimenten op sulfaatverontreiniging (Lamers, 2001). Ook hoge sulfaatgehalten in brakke wateren kunnen in combinatie met een hoge waterstand resulteren in een lage redoxpotential en in hoge sulfideconcentraties (Fogli e.a., 2002).

INVLOED VAN BICARBONAAT

De afbraak van organisch materiaal is afhankelijk van de zuurgraad, en verloopt het beste bij neutrale tot basische condities. In niet of weinig gebufferde systemen is de afbraaksnelheid gering. Als de afbraak van organisch materiaal wordt gestimuleerd door de toestroom van water met een hoog gehalte aan bicarbonaat kunnen ook andere nutriënten zoals ammonium en kalium in concentratie toenemen (Lamers, 2001; Lamers e.a., 1996). Door harder water, d.w.z. water dat meer bicarbonaat (kalk) bevat, worden afbraakrem-

mende zuren in de bodem beter gebufferd. Verharding van het water leidt op deze manier tot versnelde veenafbraak (Lamers, 2001) en tot een hogere beschikbaarheid van ammonium en fosfaat (Smolders & Roelofs, 1995; Smolders e.a., 1995). Vergelijkende studies in Nederlandse veenwateren laten zien dat een hoger bicarbonaatgehalte gepaard gaat met hogere fosfaatconcentraties in de waterlaag en hogere fosfaat- en ammoniumconcentraties in het interstitiële bodemvocht (Smolders, 1995). De microbiële afbraak van organisch materiaal neemt toe en komen meer nutriënten beschikbaar (Brock e.a., 1985; Kok & van de Laar, 1991).

Bij de reductie van sulfaat tot sulfide wordt bicarbonaat gegenereerd, hetgeen bovenstaand proces van interne eutrofiëring verder stimuleert.

In aquatische ecosystemen met een minerale bodem (zand of klei) leidt verharding (alkalinisering) niet tot een afname in helderheid van het bovenstaande water. Wel verschuift de soortensamenstelling van de vegetatie doordat soorten kenmerkend voor zwak gebufferde wateren worden vervangen door ondergedoken waterplanten kenmerkend voor hard water (Arts e.a., 1990).

CONCLUSIES

- Voedselarme en zwak gebufferde aquatische ecosystemen worden door overstroming met voedselrijk, hard en sulfaatrijk water blijvend veranderd. Via overstroming worden nutriënten en slibdeeltjes aangevoerd, hetgeen leidt tot eutrofiëring. Toevoer van sulfaat en bicarbonaat leidt tot mobilisatie van fosfor, ammonium en kalium (interne eutrofiëring). Stikstof kan uit het systeem worden verwijderd via nitrificatie en denitrificatie bij afwisselend droogval en inundatie. Fosfaat kan niet blijvend uit het systeem worden verwijderd.
- Aquatische ecosystemen die al geruime tijd onder invloed staan van hard oppervlaktewater zijn niet of veel minder gevoelig voor interne eutrofiëring door sulfaat vanwege de afwezigheid van makkelijk afbreekbaar organisch materiaal.
- Hoe groter het verschil in voedselrijkdom en macro-ionensamenstelling is tussen het gebiedseigen water en het overstromingswater, hoe groter de effecten van overstroming zullen zijn. Ook onregelmatige of incidentele overstromingen met gebiedsvreemd water zijn zeer nadelig voor alle voedselarme alsmede zure, zwak zure en zwak gebufferde aquatische ecosystemen.
- Voor de meeste aquatische natuurdoeltypen brengt overstroming met voedselrijk oppervlaktewater een verandering in de milieucondities van het natuurdoeltype teweeg. In voedselarme en matig voedselrijke aquatische natuurdoeltypen werkt overstroming met voedselrijk oppervlaktewater sterk eutrofiërend, maar ook in van nature voedselrijke natuurdoeltypen zal vaak een verschuiving plaatsvinden in de richting van een hypertrofe situatie.

2.4.3 VERSCHILLEN MET TERRESTRISCHE SYSTEMEN WAT BETREFT EFFECTEN OP DE NUTRIENTENHUISHOUDING

De mate waarin waterberging van invloed is op de standplaatscondities verschilt in aquatische systemen van die in terrestrische systemen. Dat hangt samen met verschillen in mate van droogval en zuurstofvoorziening.

Droogval gedurende de zomerperiode is belangrijk voor het optreden van oxidatiereacties in het systeem, waardoor nutriëntengehalten worden verlaagd. Zo wordt ammonium onder invloed van zuurstof geoxideerd tot nitraat. Dit nitraat wordt dieper in de bodem gedenitrificeerd waardoor een netto verlies van stikstof optreedt (gekoppelde nitrificatie-denitrificatie). Bovendien zal in een droogvallende bodem het fosfaat weer binden aan het beschikbare geoxideerde ijzer en metaalcomplexen (Wienk e.a., 2000). Na overstroming zal in de droogvallende delen en droogvallende oeverzones immobilisatie van fosfaat optreden. In permanente waterlichamen treedt dit proces niet op.

In aquatische systemen is de invloed van winteroverstromingen bovendien groter dan in terrestrische systemen. In terrestrische systemen wordt een groot deel van de in het water opgeloste stoffen en van het aangevoerde bicarbonaat en sulfaat weer afgevoerd wanneer de waterpeilen zakken en het water wordt afgevoerd. In aquatische systemen blijft met het water ook een deel van de in het water opgeloste stoffen achter.

Als gevolg van deze verschillen zijn aquatische systemen over het algemeen gevoeliger voor de aanvoer van stoffen bij overstroming dan terrestrische systemen.

CONCLUSIE

- Aquatische ecosystemen zijn in vergelijking met terrestrische systemen gevoeliger voor de aanvoer van stoffen doordat meer opgeloste stoffen met het water achterblijven. Doordat minder of geen perioden met droogval optreden worden nutriënten bovendien minder vastgelegd (P) of verwijderd (N).

2.4.4 EFFECTEN VIA EROSIE EN TROEBELING

Overstroming met oppervlaktewater brengt fysische effecten te weeg als gevolg van de overstroming zelf. Overstroming veroorzaakt een toename in de dynamiek van het systeem. De grootte van deze dynamiek is onder meer afhankelijk van de frequentie van overstroming en de geomorfologische condities. Erosie is groot in rechte, vroeger vervlochten stroomgeulen, hetgeen resulteert in afslag van sediment en verwijdering van waterplanten. In contrast hiermee staan oude rivierarmen met meestal een sinusoïde vorm. Hierin treden matige erosiekrachten op, waardoor het substraat vooral bestaat uit zacht, organisch materiaal (Henry e.a., 1996). Indien het oppervlaktewater met hoge snelheden wordt ingelaten, veroorzaakt dit sterke erosie bij inlaatpunten (Bijkerk & Hunink-van Leeuwen, 2002). Daarnaast zal dit ook leiden tot een toename van de troebeling in de waterlaag door opwerveling van bodemdeeltjes en aanvoer van slib. Dit uit zich in effecten op de lichtbeschikbaarheid (Wienk e.a., 2000).

CONCLUSIES

- Overstroming leidt in aquatische ecosystemen tot een toename van de dynamiek en een toename van de troebeling van de waterlaag.
- Afhankelijk van geomorfologische condities en de snelheden waarmee water wordt ingelaten, leidt inlaat van water tot erosie.

2.4.5 EFFECTEN OP DE SOORTENSAMENSTELLING VEGETATIE EN FAUNA

Kennis over de relaties tussen overstromingsduur en overstromingsfrequenties enerzijds en de samenstelling van waterplanten- en oevervegetaties is alleen beschikbaar voor het rivierengebied. Overstromingsduur en overstromingsfrequenties zijn negatief gecorreleerd met het aantal soorten waterplanten (Van den Brink, 1994). Van den Brink e.a. (1991b) en Van

Geest e.a. (2003) vinden een negatieve relatie tussen de dominantie van ondergedoken waterplanten en de lange-termijn gemiddelde jaarlijkse inundatie door de rivier. Laatstgenoemde auteurs vonden niet zulke grote effecten van inundatie door de rivier op de abundantie van de vegetatie in wateren gelegen in de uiterwaarden als Van den Brink e.a. (1991b). De redenen zijn waarschijnlijk dat de bestudeerde wateren niet onder invloed staan van zomer-hoogwaters en dat de overstromingen gepaard gaan met matige stroomsnelheden. Van den Brink e.a. (1991b) geeft van een aantal soorten de frequentie van voorkomen in rivierbegeleidende wateren in relatie tot de frequentie van inundatie. Hoge inundatiefrequenties en zomeroverstromingen lijken ondergedoken en drijvende waterplanten meer te beïnvloeden dan helofyten. De eerste groep werd sterker gereduceerd in soortenrijkdom bij toenemende inundatiefrequentie (Van den Brink e.a., 1991b). De meeste moeras- en oeverplanten zijn goed in staat om langdurige inundaties te doorstaan. Totale onderdompeling zullen zij echter niet lang overleven. Het frequent voorkomen van langdurige overstromingen per jaar (> 80 dagen) doet soortenarme rompgemeenschappen ontstaan (Liesgras, Kalmoes, Riet).

In een aantal publicaties wordt gewezen op de sterk nadelige gevolgen van overstromingen in het zomerseizoen. Dit is het groeiseizoen voor planten. Zomerinundaties zijn desastreus voor waterplanten, omdat niet-wortelende en zwak-gehechte waterplanten worden weggespoeld (Van den Brink e.a., 1991b). Bovendien wordt de primaire productie van ondergedoken planten en plantendelen belemmerd door een toename in troebelheid als gevolg van bodemdeeltjes die zijn opgewerveld en de algengroei die het gevolg is van aanvoer van voedingsstoffen tijdens overstromingen (Brock e.a., 1987). Als de waterstand plotseling erg verhoogd wordt, dan heeft dit grote gevolgen voor de aanwezige vegetatie. Als deze overstroming lang duurt in combinatie met een verminderde lichtbeschikbaarheid, zal grote sterfte optreden van ondergedoken, wortelende waterplanten en helofyten. Interne eutrofiëring leidt tot een toename van onder meer Kroos (*Lemna minor*), Liesgras (*Glyceria maxima*) en Mannagras (*Glyceria fluitans*) (Lucassen, 2004).

Effecten van overstroming op macrofauna in kleine aquatische ecosystemen (regionale wateren) zijn nauwelijks onderzocht. Wel is onderzoek gedaan in uiterwaardplassen in het rivierengebied naar de relatie tussen overstromingsfrequentie en soortensamenstelling en tussen overstromingsfrequentie en functionele voedingsgroepen van macro-invertebraten (Van den Brink, 1994). Met toenemend aantal inundaties worden tolerante en opportunistische macro-evertebraten bevoordeeld (Van den Brink & van der Velde, 1991a). In vaak en zeer vaak overstroomde wateren is de frequentie aan soorten die het water filtreren, het hoogst. Dat hangt samen met het beschikbare voedsel voor macro-evertebraten. In niet-overstroomde wateren zijn waterplantenvegetaties goed ontwikkeld. Hierdoor is organisch materiaal in de vorm van partikels voldoende voor handen als voedsel voor knippers zoals bijvoorbeeld kokerjuffers. In frequent overstroomde wateren (inundatieduur > 20 dagen) zijn waterplantenvegetaties spaarzamer aanwezig. Deze wateren worden gekenmerkt door groei van algen in de waterlaag, hetgeen voedsel levert voor soorten die het water filtreren (Van den Brink & van der Velde, 1991a).

CONCLUSIES

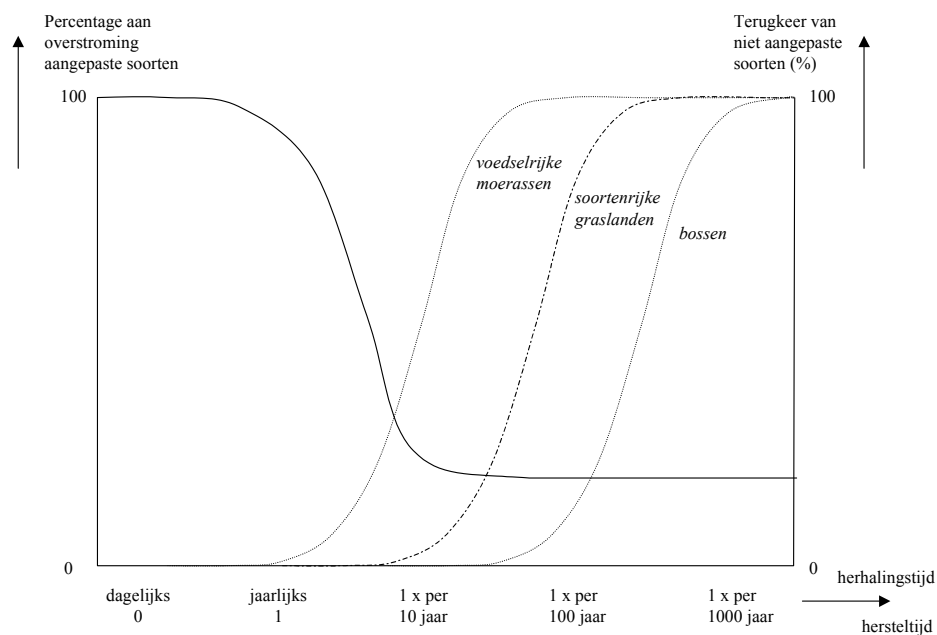
- Overstromingsduur en overstromingsfrequenties zijn negatief gecorreleerd met het aantal soorten waterplanten en met de dominantie van ondergedoken waterplanten. Deze relaties zijn onderzocht in het rivierengebied.
- Zomerinundaties hebben nadelige effecten op waterplanten in het rivierengebied.

- Met toenemend aantal inundaties worden in het rivierengebied tolerante en opportunistische macro-evertebraten bevoordeeld.
- Er is weinig kennis over de effecten van overstromingen op de macrofauna in regionale aquatische systemen.

2.5 TEMPORELE EN RUIMTELIJKE ASPECTEN VAN OVERSTROMING

In welke mate ecosystemen zich kunnen aanpassen aan inundatie is afhankelijk van de frequentie waarmee deze optreedt. Bij frequente inundaties, die zich dagelijks of jaarlijks voordoen, zullen vooral soorten voorkomen die zijn aangepast aan overstroming (figuur 2.7). Voorbeelden zijn kweldervegetaties en uiterwaardgraslanden. Bij lange herhalingsstijden zal geen selectie op inundatietolerante soorten optreden, maar krijgen inundatiegevoelige soorten wel de kans om tussentijds terug te keren. Hoeveel tijd er nodig is voor de terugkeer van soorten verschilt per natuurtype. Als het gaat om dynamische systemen met veel algemeen voorkomende pioniersoorten, zoals bij voedselrijke moerassen, dan zullen ook na volledig te zijn uitgestorven veel soorten al binnen enkele jaren terugkeren en is een volledig herstel binnen enkele tientallen jaren waarschijnlijk. Wanneer het gaat om weinig dynamische, geïsoleerd voorkomende systeemtypen met soorten met een geringe verspreiding, zoals bijvoorbeeld bij sommige bostypen, dan kan volledig herstel eeuwen vergen.

FIGUUR 2.7 VOLLEDIGHEID VAN ECOSYSTEMEN ALS FUNCTIE VAN HERHALINGSFREQUENTIE VAN INUNDATIES. BIJ REGELMATIGE INUNDATIES (DAGELIJKS OF JAARLIJKS) IS HET MERENDEEL VAN DE SOORTEN AANGEPAST AAN INUNDATIES. BIJ ZEER ZELDEN OPTREDENDE OVERSTROMINGEN KUNNEN SOORTEN ZICH TUSSEN DE INUNDATIES HERSTELLEN. BIJ TUSSENLIJGGENDE FREQUENTIES KRIJGEN ECOSYSTEMEN GEEN TIJD OM ZICH TE HERSTELLEN VÓÓR DE VOLGENDE INUNDATIE



Uit deze theoretische beschouwing kan worden afgeleid dat de mogelijkheden om waterberging en natuur te combineren het grootst zijn bij zeer frequente óf zeer infrequente inundaties: in het eerste geval kunnen zich aan inundatie aangepaste ecosystemen ontwikkelen, in het tweede geval krijgen ecosystemen tussendoor de tijd om zich te herstellen

van inundaties. Voorwaarde is dan wel dat de herhalings-tijd van de inundaties groter is dan de hersteltijd van de betrokken ecosystemen.

De mate waarin ecosystemen zich na inundaties kunnen herstellen, door de hervestiging van soorten en herstel van populaties, is niet alleen afhankelijk van de frequentie en diepte van overstroming, maar ook van een aantal ruimtelijke aspecten. Zo bestaat er in reliëfrijke gebieden meer kans op het overleven van restpopulaties, en is de kans op hervestiging groter wanneer in directe omgeving nog populaties van de soort voorkomen. In geïsoleerde en reliëfarm gebieden bestaat er een grote kans op het uitsterven van populaties. Hierop zal in hoofdstuk 5 verder worden ingegaan.

CONCLUSIES

- de mogelijkheden om waterberging en natuur te combineren zijn het grootst bij zeer frequente óf zeer infrequente inundaties: in het eerste geval kunnen zich aan inundatie aangepaste ecosystemen ontwikkelen, in het tweede geval krijgen ecosystemen tussen-door de tijd om zich te herstellen van inundaties.
- De snelheid waarmee ecosystemen zich herstellen is sterk afhankelijk van ruimtelijke aspecten: In geïsoleerde en reliëfarme gebieden bestaat er een grote kans op het uitster-ven van populaties.

3

OVERZICHT PER GEBIEDSTYPE

3.1 INLEIDING

Welke effecten te verwachten zijn bij waterberging, en welke kansen en risico's dat met zich meebrengt, is per gebied verschillend. In dit hoofdstuk wordt kort per gebiedstype ingegaan op de kenmerken van het gebied, de mate waarin overstromingen nu en in het verleden voorkomen dan wel voorkwamen, vegetatiepatronen die samenhangen met overstroming, de plannen die bestaan voor waterberging, en de kansen en risico's voor de natuur. Behandeld worden dekzand- en stuwwalgebieden, laagvenen, kleigebieden en het heuvel-land. Het rivierengebied en het kustgebied worden buiten beschouwing gelaten omdat het gaat om niet-regionale watersystemen. Ook de duinen en de binnenduinrand worden beschouwing gelaten omdat hier geen plannen voor waterberging bestaan (wel voor water vasthouden, maar niet voor berging zoals gedefinieerd in deze studie).

3.2 DEKZAND- EN STUWWALGEBIEDEN

3.2.1 GEBIEDSKENMERKEN, VEGETATIEPATRONEN IN RELATIE TOT OVERSTROMING

Een groot deel van hoog-Nederland bestaat uit vrij afwaterende dekzand- en stuwwalgebieden. Afwatering vindt plaats door beken en kleine riviertjes zoals de Dommel en Overijsselse Vecht. Van oudsher overstroonden grote delen van de beekdalen in de winter. Dat laatste was niet altijd ongewenst omdat de overstromingen zorgden voor de aanvoer van nutriënten en dus belangrijk waren om de productiviteit van de graslanden in stand te houden (Baayens e.a. 2001). In Drenthe was er aan het einde van de 19e eeuw een groot aantal zogenaamde bevoeiingswaterschappen actief, waarvan de voornaamste taak was om door het aanleggen van keerschutten of tijdelijke dammen het water zo ver op te stuwen dat de graslanden overstroonden (Massop en Knol 2004, in prep.). Ook in de andere delen van Nederland is bekend dat overstromingen bewust werden bevorderd om zo de vruchtbaarheid van de hooilanden te verbeteren. De Staatscommissie voor de bevoeiingen (1897) noemt vele tientallen gebieden waar bevoeiing werd toegepast en vermeld ook dat langs de Tjonger de productiviteit van de graslanden sterk was afgenomen omdat sedert de kanalisatie in 1888 geen overstromingen meer hadden plaatsgevonden: "een ingezeten van Donkerbroek deelde mede dat voor de kanalisatie van de Tjonger, toen die winterbevoeiing geregeld jaarlijks plaats had, elk jaar van een stuk land twee flinke sneden gras maaide, en dat ditzelfde stuk land thans nagenoeg geen gras, doch slechts verschillende soorten riet en onkruid oplevert".

Met de komst van kunstmest werd de noodzaak van slibaanvoer minder en werden de winterse overstromingen door de boeren niet langer als een lust maar als een last ervaren. De nadruk lag sindsdien op het tegengaan van overstromingen, zowel 's winters als 's zomers. Illustratief is de regulatie van de Regge. Tussen 1893 en 1913 zijn daar tal van werken uitgevoerd om de afvoer van de Regge te verbeteren en zo zomer-overstromingen

tegen te gaan. Uitgangspunt was daarbij dat de overstromingen in de winter behouden moesten blijven. Al bij afronding van de verbeteringswerken werden echter vraagtekens gezet bij winteroverstromingen, omdat de noodzaak vanwege het toenemende gebruik van kunstmest snel minder werd. Vanaf 1925 werd daarom een nieuw verbeteringsplan uitgevoerd dat er op gericht was om nu ook aan de winteroverstromingen een einde te maken (Yzerman 1934).

TABEL 3.1 STERK VEREENVOUDIGD SCHEMA VAN AAN KWEL EN OVERSTROMING AANGEPASTE GEBUFFERDE NATTE ECOSYSTEMEN IN BEEKDALEN EN LANGS LAAGLANDRIJERTJES, WAARBIJ IN DE BOVENLOOP KWEL EN IN DE BENEDENLOOP OVERSTROMING DE DOMINANTE HYDROLOGISCHE FACTOR IS

	Overstroming	Kwel	Bodem	Vegetatietype
Bovenloop	weinig overstromd	lokale kwel	gooreerdgrond	Veldrushooiland
Middenloop	weinig overstromd	regionale kwel	beekeerdgronden	Blauwgrasland
	regelmatig overstromd, nat	(regionale kwel)	beekeerdgronden, madeveengronden	Dotterbloem-hooiland
	regelmatig overstromd, zeer nat	(regionale kwel)	madeveengronden	Grote-zeggenvegetaties
Benedenloop	regelmatig overstromd, vochtig-nat	-	koopveengronden, drechtvaaggronden, poldervaaggronden	Kievietsbloem-hooilanden, Zilverschoon-graslanden
	regelmatig overstromd, nat-zeer nat	-	koopveengronden, drechtvaaggronden	Dotterbloem-hooilanden, Moeras

In beekdalen die door de mens weinig zijn beïnvloed is van bovenstrooms naar benedenstrooms een duidelijke zonering in bodemopbouw en vegetatie aanwezig die samenhangt met de kwaliteit van het oppervlakte- en grondwater en de mate van overstroming (tabel 3.1). In de bovenlopen en brongebieden van de beek vinden geen echte overstromingen plaats en is het grondwater vaak van lokale herkomst en daardoor relatief voedselarm en slechts licht gebufferd. Kenmerkend voor deze situaties zijn bijvoorbeeld veldrushooilanden en elzenbroekbossen met bronsoorten als Goudveil en Bittere veldkers. Meer benedenstrooms neemt de frequentie van overstroming en vaak ook de invloed van regionale, basenrijke kwel toe. Op plekken waar regelmatig overstroming plaatsvindt komen relatief productieve vegetaties als dotterbloemhooilanden en grote-zeggenvegetaties voor. De grote-zeggenvegetaties zijn kenmerkend voor de plekken die in het voorjaar het langst onder water staan, en waar dus vrijwel alleen soorten met luchtweefsels als zeggen en biezen kunnen groeien. Dotterbloemhooilanden zijn kenmerkend voor plekken die minder diep onder water staan en al eerder in het voorjaar droogvallen. Op plekken waar weinig of geen overstromingen plaatsvinden en waar kwel met basenrijk water optreedt komen tenslotte soortenrijke blauwgraslanden voor, rijk aan allerlei zeggen- en orchideeënsoorten. Dergelijke plekken komen vooral voor in de middenloop van de beken, en dan met name aan de minder of niet overstromde randen van de beekdalen.

Door landbouwontginning en beek-regulatie zijn bovengeschetste zoneringen vrijwel geheel verdwenen. De bodem geeft soms nog wel informatie over de vroegere situatie. De aanwezigheid van madeveengronden en drechtvaaggronden is vaak indicatief voor de vroeger permanent natte en vaak overstromde plekken waar grote-zeggenvegetaties en dotterbloemhooilanden voorkwamen. De plekken met regionale of lokale kwel, waar dotterbloemhooilanden en blauwgraslanden voorkwamen, zijn te herkennen aan de aanwezigheid van ijzerrijke beekeerdgronden, waarvan het gehalte aan beekleem weer een aanduiding vormt voor de frequentie van overstroming. En in voormalige bovenlopen met lokale kwel komen vaak nog gooreerdgronden voor.

Bij de meeste beken en riviertjes zijn verhang en stroming te gering om duidelijke oeverwallen en rivierduintjes te laten ontstaan. Uitzonderingen vormen de Dinkel en de Overijsselse Vecht waar (deels fossiele) rivierduintjes voorkomen. Hoewel het zand niet kalkrijk is, zoals bij de oeverwallen langs de grote rivieren, treedt er door de aanvoer van ijzerrijk sediment voldoende buffering op om soortenrijke droge schraalgraslanden met Steenanjer en Geel walstro te laten ontstaan. Op kleine schaal komen dergelijke schraalgraslandjes nog voor in natuureservaten langs de Dinkel en Vecht (Hommel e.a. 1996).

Waar de beekdalen grenzen aan dekzandruggen en stuifzanden kwamen in het verleden ook vennen voor die af en toe werden overstroomd of in contact stonden met het beekwater. Voorbeelden zijn het Belversven lang de Rozep en het Winkelsven langs de Beerze. Daarnaast werd in veel vennen ook bewust beekwater ingelaten om de productiviteit en daarmee de visgroei te bevorderen. Zo lang de waterkwaliteit nog goed was leverde dit vaak een verrijking op van de flora en fauna, door de aanvoer van bufferstoffen (bicarbonaat) en de (beperkte) aanvoer van nutriënten. Door vermenging van regenwater en beekwater konden gradiëntrijke situaties ontstaan. Lopend van zeer licht met beekwater aangerijkte situaties met Waterlobelia en Moerashertshooi, tot laagveenvegetaties en trilvenen met Galigaan en Krabbescheer die voorkwamen op plekken waar de vennen en oude beekarmen in direct contact stonden met hard beekwater. Vanaf de jaren 60 van de vorige eeuw is in dergelijke situaties, voor zover na beekregulatie nog bestaand, de inlaat van beekwater door terreinbeheerders actief beëindigd om eutrofiëring van de vennen als gevolg van de verslechterde waterkwaliteit tegen te gaan. Veel van de vennen zijn daarna sterk verzuurd. Op een aantal plekken, zoals bij het Beuven, is de inlaat van oppervlaktewater weer hersteld, zij het gedoseerd en na voorzuivering via een inlaatbekken/helofytenfilter.

De benedenlopen van de Mark en de Overijsselse Vecht vormen een overgang naar laag-Nederland en lijken met hun uiterwaarden veel op de grote rivieren. Kenmerkend voor de uiterwaarden langs de benedenloop van de Overijsselse Vecht en het Zwarte Water zijn dotterbloem- en grote-vossestaartgraslanden met daarin Kievitsbloemen.

Door het rechtekken en uitdiepen van beken en riviertjes en door het aanleggen van nieuwe afwateringen is de afvoer sinds de jaren vijftig van de vorige eeuw sterk vergroot en treden overstromingen nog maar weinig op. Plekken waar nog regelmatig overstromingen plaatsvinden liggen onder meer in het Dinkeldal, langs de Overijsselse Vecht, de Dommel, de benedenloop van de Mark en op kleine schaal langs de benedenlopen van een aantal beken/riviertjes die van het Drentse plateau afkomen (Drentse Aa, Tjonger en Koningsdiep). Hoewel de beekregulatie en het tegengaan van overstromingen primair was ingegeven door landbouwkundige belangen speelde soms ook de angst voor eutrofiëring van natuurgebieden een rol. Op veel plekken vinden tegenwoordig beekherstelprojecten plaats, die er op gericht zijn gekanaliseerde beken weer te laten meanderen.

Anders dan in het rivierengebied zijn er maar weinig soorten aan te wijzen die vanwege hun tolerantie voor overstroming en/of de aanvoer van zaad een duidelijke binding hebben met overstromingsvlakten. Het gaat dan meestal om soorten die voorkomen langs de wat grotere en meer dynamische systemen. Tot de meest kenmerkende soorten behoort waarschijnlijk de Langbladige ereprijs die voorkomt langs de Dommel en de Overijsselse Vecht. Daarbij moet echter de kanttekening worden gemaakt dat er nu nog maar op weinig plekken regelmatig overstromingen plaatsvinden. Wordt gekeken naar het vroegere voorkomen van soorten dan blijken er veel meer soorten te zijn die met name op regelmatig over-

stroomde plekken in de beekdalen en dalen van kleine riviertjes voorkwamen (tabel 3.2, volgens opgave E. Weeda). Veel van deze soorten zijn echter verdwenen of teruggedrongen tot marginale plekken.

TABEL 3.2 VOORKOMEN VAN SOORTEN DIE IN MEERDER OF MINDERE MATE GEBONDEN ZIJN AAN EEN HOGE RIVIERDYNAMIEK, UITGESPLITST NAAR DE GROTE RIVIEREN (MAAS, WAAL, NEDERRIJN EN IJSSEL) EN REGIONALE WATEREN

Soortengroep	Grote rivieren	Beken en kleine rivieren
Stroomdalplanten: soorten die voor gebufferde droge standplaatsen en aanvoer van zaden afhankelijk zijn van rivierdynamiek	Veldsalie, Kleine pimpernel, Sikkellaver, Beemd kroon, Kattedoorn, Kruisdistel, Brede ereprijs, Zacht vetkruid, Wit vetkruid, Geoorde zuring, Ruige weegbree, Ruige leeuwetand, Geel walstro, Tripmadam, Voorjaarsganzerik, Voorjaarszegge	Steenanjer, Geel walstro, Tripmadam, Overblijvende hardbloem, Voorjaarsganzerik, Voorjaarszegge
Pioniers van droogvallende plaatsen die afhankelijk zijn van grote hydrodynamiek	Slijkgroen, Klein vlooiënkruid, Klein glaskroos, Druifkruid, Liggende ganzevoet, Vlieszaad, Kleine majer, Nerfamarant, Witte amarant, Stekelnoot, Glansbesnachtschade, Zonnebloem, Klein sterrekroos, Polei	Gesteeld glaskroos, Klein sterrekroos, Kruipende moerasscherm, Waterlepelkje, Platte bies, Polei
Soorten van moerasruigten en vochtige-natte graslanden met zwaartepunt in stroomgebieden vanwege hydrodynamiek of aanvoer van zaden	Engelse alant, Rivierkruiskruid, Aartsengelwortel, Reuzenbalsemien, Weidekervel, Moeraskruiskruid, Hertsmunt, Grote pimpernel, Genadekruid, Voszegge	Langbladige ereprijs, Draadrus, Grote pimpernel, Moeraskruiskruid, Kievitsbloem, Zomerklodje, Stijf barbarakruid, Blaaszegge, Draadrus, Melkvioltje

3.2.2 PLANNEN VOOR WATERBERGING

In het kader van de aanbevelingen door de Commissie ‘Waterbeheer 21e eeuw’ bestaan er veel plannen om beekdalen of delen van beekdalen te benutten voor waterberging. Tabel 3.3 geeft een overzicht van bestaande of geplande situaties waar volgens opgaven van waterschappen en terreinbeheerders waterberging en natuur worden gecombineerd. Er is niet altijd sprake van waterberging zoals dat in deze studie is gedefinieerd. In de beekdalen is soms alleen sprake van het vasthouden van water door het opzetten van peilen zoals in het Friese Tjongeradellen-Noord, waar in de middenloop van het beekdal van de Tjonger al sinds 15 jaar het waterpeil is verhoogd. Bij de door de natuurbeheerders aangedragen situaties buiten de beekdalen gaat het vrijwel alleen om gebieden waar sprake is van het vasthouden van (regen)water. Deze situaties vallen dus buiten de reikwijdte van deze studie. Voorbeelden van projecten waar sprake is van waterberging zijn het Voltherbroek (retentiegebied Peiingsbeek) en 't Woolde in Overijssel, het Starkriet en de Logtse Baan / Logtse Velden in Brabant, en verschillende retentiegebiedjes langs beken in de Veluwe (bv Hierdense beek) (opgave S. Stuijzand, RIZA, op basis gegevens Pilotprogramma Waterberging en Natuur).

TABEL 3.3 OVERZICHT VAN LOCATIES WAAR VOLGENS WATER- EN TERREINBEHEERDERS SPRAKE IS VAN FUNCTIECOMBINATIES WATERBERGING-NATUUR

relevante subgebieden	Locaties	Natuurdoeltypen	Maatregelen
beekdalen, bovenlopen	(Dr), Aalderstroom, Geesterstroom, Reest (O), Beekbergerbeek, Emst, Eperbeken, Hierdense Beek, Buurserbeek, Voltherbroek, Snoeyinksbeek (Gl), Tjongeradellen-Noord (Fr), Oude Graaf, Swartbroek, Leudal (L)	Oligo-mesotroof: vochtige schraallanden, natuur schraallanden, natte heide, schrale vochtige hooilanden Beekdalgrasland met veenbodem In de middenloop dotterbloemhooilanden en grote zeggenvegetatie (Fr) Vasthouden in middenloop: elzenbroekbos, vochtig schraal grasland, kamgrasweide (L)	Opstuwing van boezempeil (Tjonger) Calamiteitenberging (Tjonger, Swartbroek) retentieberging (Swartbroek) Vasthouden (Leudal) Vermindering afvoercapaciteit door hermeanderen en/of verkleinen beekprofielen en of verminderen/ stoppen onderhoud. Daardoor neemt de kans op inundatie lokaal toe en worden afvoertoppen benedenstrooms verkleind Verruiming van inundatiecapaciteit door voormalige overstromingsvlakte te herstellen (SBB)
beneden lopen beekdalen/ kleine rivieren	Soeslo, Grote Hagen, Oosterbroekswaterleiding, Rouveen, Herfterwetering, Nieuw Leuse-Ruiteveen (Ov), Bossche Broek, Viermannekesbrug en Logtse Velden (NB), Van Oorts Merskens (Fr), Reest (O) Beneden-Geuldal (L), Overijsselse Vecht – Zwarte Water (O)	Natte schraallanden en vochtige schaalgraslanden en ganzengebied (Fr), Kievitsbloemhooilanden (O), Bloemrijk grasland met dotterbloemhooilanden (O), Riet en ruigte	Noodberging en inundatie beekwater
natuurlijke laagtes en veenontginnings gebieden	Bargerveen (Dr), Rolkepolder en Westerbroekstermadepolder (Gr)	Complex van bos, ruigten, gras en water op vergraven hoogveen	Reguliere berging en bufferzone, noodberging / jaarlijkse inundatie vanuit beek
Hoogveen gebieden	Bargerveen, Fochtelooërveen (Dr)	Hoogveen en moerasheide Hoogveenvennen	Retentie op maaiveld door intern waterlopen te dempen en extern bufferzones aan te leggen met retentie op het maaiveld Kansrijke gebieden: De Witten (Dr), Engbertdijksvenen, Haaksberger Veen (O), (Gld), Grote Peel, Mariapeel, Deurnse Peel (NB)

3.2.3 KANSEN EN BEDREIGINGEN

De plannen voor het vasthouden en bergen van water geven mogelijkheden voor de ontwikkeling of herstel van systemen die kenmerkend zijn voor de overstromingsvlakten van midden- en benedenlopen, waaronder dotterbloemhooilanden en grote-zeggenvegetaties. Aan de randen van overstromingsgebieden en in de hoger gelegen delen van de overstromingsvlakten kunnen incidenteel optredende overstromingen zorgen voor de buffering van vennen en droge graslanden, en daarmee voor het ontstaan van nieuwe gradiënten in een overwegend niet-gebufferde omgeving met zure bodems en wateren.

Een bedreiging vormt echter de waterkwaliteit, die meestal sterk afwijkt van die in natuurlijke situaties. Verdonshot e.a. (2002) noemen mediane waarden van 0,05 mg P-tot en 0.06 mg N-ammonium voor natuurlijke en bijna-natuurlijke beken in de Noordduitse laagvlakte. De Staatscommissie voor de Bevoelingen (1897) liet eind 19e eeuw een vijftigtal beken en kleine riviertjes analyseren op voedingsstoffen en kwam daarbij op een gemiddeld N-gehalte van 0.68 mg/l en een fosforzuurhalte van 0.32 mg/l (= P gehalte van 0.10 mg/l). In de huidige situatie liggen de waarden aan fosfor en stikstof meestal beduidend hoger (zie tabel 2.2). Het is daarom de vraag of herstel van overstromingen inderdaad zal leiden tot herstel van natte dotterbloemhooilanden.

Omdat er nog maar weinig plekken zijn waar nog overstroming plaatsvindt en er nog weinig bekend is over de mechanismen via welke overstroming leidt tot productieverhoging, is het niet goed mogelijk om de risico's goed in te schatten. Een verkennend onderzoek door Runhaar en Jansen (2004 in prep.) naar de productiviteit van nog steeds regelmatig (jaarlijks) overstroomde hooilandlocaties laat echter zien dat ook bij nutriëntengehaltes die ver boven de natuurlijke waarden en ook boven de normwaarden liggen (max. 2.2 mg N-tot/l en 0.15 mg P-tot/l volgens MTR-normen 4e Nota Waterhuishouding) nog goed ontwikkelde dotterbloemhooilanden kunnen voorkomen (tabel 2.2). De voorlopige onderzoeksresultaten doen vermoeden dat sedimentatie en de aanvoer van nutriënten met sediment veel bepalender factoren zijn dan de hoeveelheid in het water opgeloste stoffen. Omdat het nutriëntengehalte van het sediment echter weer samenhangt met de oppervlaktewaterkwaliteit blijft de slechte waterkwaliteit een risicofactor.

Een andere risicofactor is de vorm waarin waterberging optreedt. In natuurlijke situaties is er in de overstromingsvlakten sprake van regelmatig optredende, ondiepe overstromingen. Vanwege de regelmaat kunnen zich ecosystemen ontwikkelen met soorten die zijn aangepast aan overstroming. Vanuit het waterbeheer is er echter vaak behoefte aan bergingsgebieden die alleen worden ingezet in perioden met extreem veel neerslag, waardoor inundatie weinig frequent optreedt. Zoals aangegeven in par. 2.5 biedt dit weinig mogelijkheden voor de ontwikkeling van evenwichtige en soortenrijke ecosystemen, tenzij de periode tussen de bergingen zo lang is dat tussentijds herstel van de betreffende ecosystemen kan optreden.

CONCLUSIES

- In dekzandgebieden biedt waterberging mogelijkheden voor de ontwikkeling of herstel van systemen die kenmerkend zijn voor de overstromingsvlakten van midden- en benedenlopen, waaronder dotterbloemhooilanden en grote-zeggenvegetaties.
- Een risicofactor is dat vanuit het waterbeheer vaak behoefte is aan vormen van waterberging die qua frequentie slecht aansluiten bij een natuurlijke dynamiek.
- In hoeverre de slechte waterkwaliteit een belangrijke risicofactor vormt is slecht na te gaan omdat onvoldoende bekend is in hoeverre de waterkwaliteit van invloed is op de productiviteit van de overstroomde (terrestrische) systemen.

3.3 LAAGVEENGEBIED

3.3.1 GEBIEDSKENMERKEN, VEGETATIEPATRONEN IN RELATIE TOT OVERSTROMING

Het laagveengebied vormt het restant van het vroegere veengebied dat zich na de laatste ijstijd gevormd heeft in het laaggelegen hafgebied tussen de Pleistocene zandgronden in het oosten en de strandwallen en de duinen in het westen. Aanvankelijk gevormd onder relatief eutrofe omstandigheden in zoet tot brak oppervlaktewater, vormden zich later regenwaterlenzen en ontwikkelden zich regenwatergevoede hoogvenen. Aan het begin van de jaartelling is er waarschijnlijk een grote variatie geweest aan veentypen, met regenwatergevoede hoogvenen in de kernen van het gebied en regelmatig overstroomde laagvenen en klei-op-veengebieden langs de rivieren. Langs de rand van de hogere zandgronden vormden zich kwelgevoede laagvenen en langs de kust lokaal brakwatervenen.

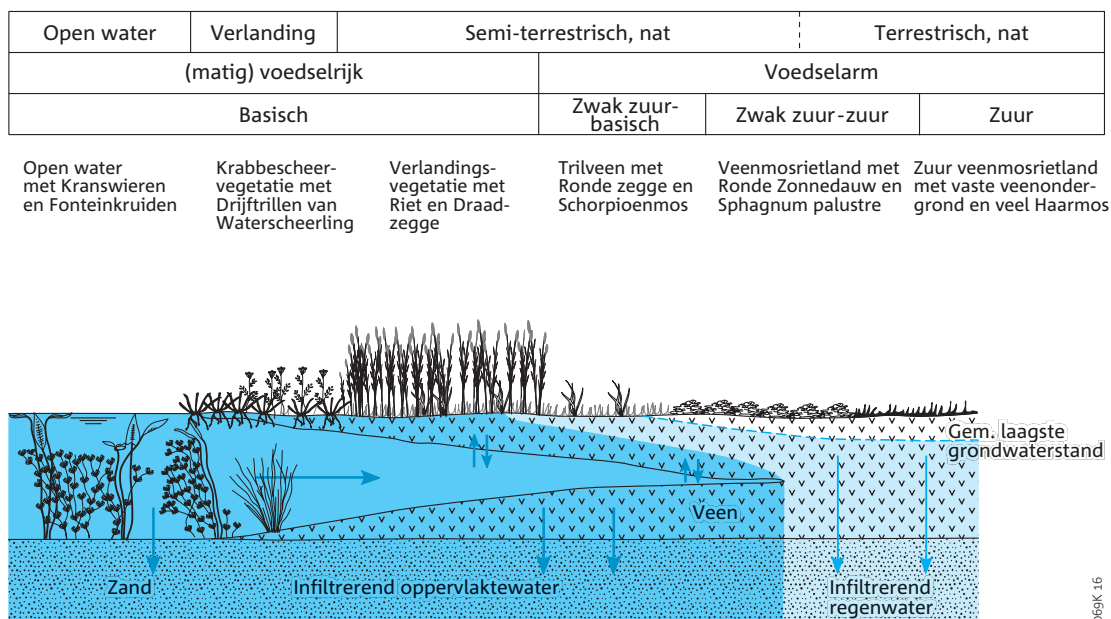
Als gevolg van zee-inbraken en verveningen is een groot deel van het veen verdwenen. Het resterende deel is grondig van karakter veranderd als gevolg van ontwatering en veen-

inklinking en wordt nu onder de verzamelnaam 'laagveen' aangeduid, ook al is de aard van het veen en de ontstaansgeschiedenis zeer divers.

Door ontwatering, zetting en oxidatie is het maaiveld sterk, soms meters, gedaald (Baas, 2001). Uitzonderingen vormen de boezemgebieden waar een hoger peil werd gehandhaafd en waar dus minder bodemdaling is opgetreden. De grootste en meest bekende natuurgebieden in het laagveengebied maken deel uit van de boezem. Het gaat daarbij om laagveenmoerasgebieden als de Wieden en Weerribben, de Nieuwkoopse Plassen, De Alde Feanen, het Naardermeer, de Ankeveense Plassen en het Botshol. Doordat deze gebieden hoger liggen dan de omgeving is er sprake van wegzijging van water, die wordt gecompenseerd door de aanvoer van oppervlaktewater.

De botanisch meest waardevolle systemen in de laagveenmoerassen zijn de trilvenen, bestaand uit een drijvende laag van wortels en plantenresten. Door de menging van basenrijk oppervlaktewater onder de veenlaag met infiltrerend regenwater ontstaan voedselarme gebufferde omstandigheden waar plantensoorten voorkomen die normaliter alleen op grondwatergevoede plekken voorkomen. Daartoe horen zeldzaamheden als Draadzegge, Ronde zegge, Groenknolorchis en Schorpioenmos. Waar de veenlaag dikker is gaat het regenwater overheersen en ontstaan minder soortenrijke veenmosrietlanden waarvan de moslaag wordt gedomineerd door veenmossen (figuur 3.1).

FIGUUR 3.1 DENKBEELDIG DWARSPROFIEL DOOR EEN LAAGVEENMOERAS IN EEN WEGZIJGINGSITUATIE MET ALLE SUCCESSIESTADIA VAN OPEN WATER NAAR ZUUR VEENMOSRIETLAND. ZO LANG ER SPRAKE IS VAN EEN DRIJVENDE VEENLAAG WORDEN DE DE VOEDSELRIJKDOM EN DE ZUURGRAAD GEBUFFERD DOOR DE MENGING VAN REGENWATER EN OPPERVLAKTEWATER. WANNEER ZICH EENMAAL EEN MIN OF MEER VASTE VEENLAAG HEeft GEVORMD NEMEN DE GRONDWATERSTANDSFLUCTUATIES TOE EN DALEN DE PH EN DE VOEDSELRIJKDOM DOOR DE INVLOED VAN HET INFILTRERENDE REGENWATER (UIT: RUNHAAR E.A. 2000)



Door de verrijking van het oppervlaktewater met stikstof, fosfaat en sulfaat zijn in de periode 1960-1970 veel waterplantenvegetaties in de plassen en petgaten van de moerasgebieden verdwenen en vervangen door algengroei. Als gevolg daarvan is ook het verlandingsproces gestopt en worden geen nieuwe trilvenen meer gevormd.

De in de laagveenpolders gelegen natuurgebieden bestaan deels uit extensief gebruikte weilandgebieden met een weidevogelstelling, zoals bijvoorbeeld Waterland. Op kleine schaal komen in de laagveenpolders ook schraalgraslandreservaten voor die zijn ingesteld vanwege de bescherming van de hier voorkomende blauwgraslanden. Doordat de blauwgraslanden niet meer overstromen en alleen nog gevoed worden door regenwater zijn ze echter meestal sterk verzuurd en dichtgegroeid met Pijpestrootje en andere zuurminnende soorten. Door middel van gecontroleerde inlaat van oppervlaktewater -via een verlengde aanvoerweg of via een helofytenfilter- en door een intensieve begreppeling wordt getracht verzuring tegen te gaan en gelijktijdig eutrofiëring te voorkomen, tot nu toe echter met weinig succes. Alleen langs de randen van de hogere zandgronden, zoals in polder Tienhoven langs de Utrechtse Heuvelrug, komen nog veengebieden voor waar voeding door grondwater plaatsvindt en verzuring dus geen probleem vormt.

Zoals hierboven aangegeven worden de peilen in het laagveengebied momenteel sterk gereguleerd en treden inundaties nauwelijks op. In het verleden was de bemalingscapaciteit minder groot en waren dus de peilschommelingen veel groter. Dat kan worden geïllustreerd aan de hand van de veranderingen in de Friese boezem. Daar bedroeg aan het einde van de 19e eeuw het verschil tussen zomer- en winterpeil in de boezem nog meer dan een meter (Coops en Van Vliet 2002). In die tijd was er sprake van één groot boezemgebied dat bij laag water afwaterde op de Zuiderzee en de Waddenzee. Pas in 1920 veranderde die situatie door de bouw van het Wouda-gemaal bij de Lemmer.

In 'De Lage Midden', de laaggelegen streek tussen de zandgebieden in het oosten en de kleigebieden in het westen, kwam in 1823 nog zo'n 100.000 ha boezemland voor (Bouma, 1984). Door inpoldering is de boezem daarna steeds verder verkleind. Volgens Bouma werd vooral kort voor en tijdens de eerste wereldoorlog een groot deel van de boezem ingepolderd. Dit werd ingegeven door de angst voor een besluit van de Friese Staten om ten behoeve van de scheepvaart het zomerpeil in de boezem te verhogen. Veel boeren waren bang dat daardoor zomeroverstromingen toe zouden nemen, en gingen over tot inpoldering. Mede als gevolg daarvan was het areaal aan boezemlanden in 1923 afgenomen tot 16.000 ha. De omzetting van de boezemlanden in polders was overigens aanvankelijk geen succes. De grond was zo arm dat het wegvallen van overstromingen en een betere ontwatering in eerste instantie leidden tot het ontstaan van laagproductieve borstelgraslanden met Borstelgras, Moerasstruisgras en Schapengras (Bouma 1984).

Na 1950 kwamen in het lage Midden nog wel veel zomerpolders voor, polders die alleen in het zomerhalfjaar werden bemalen. In deze zomerpolders kwamen op grote schaal laagproductieve blauwgraslanden voor, met relatief veel zuurminnende soorten (Altenburg en Wymenga, 1994). Dit wijst er op dat het water in de winter voor een groot gedeelte uit regenwater bestond en dus een vrij arm en zuur karakter had. Na 1950 is ook aan het systeem van zomerpolders een einde gekomen en vinden geen inundaties meer plaats.

3.3.2 PLANNEN VOOR WATERBERGING

In tabel 3.4 wordt een overzicht gegeven van door water- en terreinbeheerders genoemde bestaande of geplande combinaties van waterberging en natuur. Het gaat om:

- de inzet van zomerpolders, t.b.v. van vergroting van de berging/vd boezem;
- grotere peilfluctuaties in de boezem (alleen nog ideeën);
- aanleggen nieuw moerasgebieden (alleen nog ideeën).

Zoals blijkt gaat het dus meestal om plannen die volgens de definitie uit hoofdstuk 1 betrekking hebben op het vasthouden van water. Omdat het gaat om grootschalige vormen van water vasthouden waarvan effecten veel lijken op die van berging zullen ze in de volgende paragraaf toch behandeld worden.

TABEL 3.4 OVERZICHT VAN LOCATIES IN HET LAAGVEENGEBIED WAAR VOLGENS WATER- EN TERREINBEHEERDERS SPRAKE IS VAN FUNCTIECOMBINATIES WATERBERGING-NATUUR

Relevante subgebieden	Locaties	Natuurdoeltypen	Maatregelen
Laagveen moeras	Rottige Meente (Fr), Drentse Aa benedenloop (Dr), Bloksleatpolder (Fr), Polder Peizer- en Eeldermeden (Gr), Schardammerkoog, Ilperveld, Wormer- en Jisperveld (NH)	Weidevogelgebied <i>Van eutroof tot mesotroof</i> : ruige gras- en rietlanden, veenmosrietland, zilverschoongraslanden, kamgrasweiden <i>Van mesotroof tot zeer voedselarm</i> : Jonge verlanding, Oude riet ruitgen, Broekbossen op laagveen, Veenmosrietland en trilveen, Natte schraallanden, Vochtig schraalgrasland Broekbossen op zure venen, hoogveen en moerasheide	Noodberging en voorraadberging (freq. >10 jr), bergboezem en flexibel peilbeheer. Volgens SBB: Onder water zetten van droogmakerijen of verveende polders. en flexibeler peilbeheer in polder en boezemwateren. Kansrijke gebieden volgens SBB: Van Oorts Merskens, De Deelen, Terkaplesterpuolen, Snitsermar, Witte en Swarte Brekken (Fr), Weerribben, Oldematen, Veerslootlanden (O), Bethunepolder, Molenpolder, Gagelpolder, Polder Mijden, De Meije, Bovenlanden Wilnis (U), Varkensland, Waterland, Oostzanerveld, Het Twiske, Guisveld, De Reef (NH)
Boezem	Bloksleatpolder, Pinepolder, Lemsterpolder (Fr) Bergboezem Lettelbert (Gr)	Weidevogel grasland en botanisch grasland, moerasgebied	In Friesland zijn zomer- en winterpolders met agrarisch medegebruik en weidevogelstelling voor berging van boezemwater
Polder	Bloksleatpolder, Pinepolder, (Fr) Oeverlanden Leekstermeer (Gr)	Weidevogel grasland en botanisch grasland	Polders worden soms weer bij de boezem getrokken Droogmakerijen en nieuwe polders

3.3.3 KANSEN EN BEDREIGINGEN VOOR DE NATUUR

De plannen voor waterberging –en water vasthouden- bieden zowel kansen als risico's voor natuur. De plannen voor het vasthouden van water zijn er met name op gericht om de inlaat van water te verminderen en zo de oppervlaktewaterkwaliteit te verbeteren. Dat daarbij grotere peilfluctuaties ontstaan wordt als positief ervaren, omdat daarmee een natuurlijker waterregime ontstaat, met hoge peilen in de winter en lage peilen in de zomer. Daarnaast kunnen zowel waterberging als water vasthouden bijdragen aan het tegengaan van de verzuring die in veel blauwgraslanden en veenmosrietlanden een probleem vormt. Daarbij is de mate van buffering mede afhankelijk van de aard van het water. Wordt voornamelijk regenwater vastgehouden dan zal de bufferende werking minder zijn dan wanneer het inunderende water voor tenminste een deel bestaat uit van elders aangevoerd basenrijk oppervlakte- of grondwater.

Daarnaast zijn er ook risico's. In de eerste plaats zijn de botanisch meest waardevolle ecosystemen, de trilvenen, veenmosrietlanden en schraalgraslanden momenteel aangepast aan een zeer stabiele waterhuishouding waarbij de standplaats wel permanent nat is, maar zelden of nooit onder water staat. Door de aanwezigheid van plekken die direct onder invloed staan van regenwater, plekken die worden gevoed door regenwater en tussengelegen plekken waar menging van regenwater en oppervlaktewater plaatsvindt, zijn er op korte afstand sterke gradiënten in zuurgraad en voedselrijkdom aanwezig die bepalend zijn voor de soortenrijkdom van deze systemen (figuur 3.1). Het is moeilijk te voorspellen welke effecten op zullen treden als wordt overgegaan op een dynamisch peilbeheer, maar ongetwijfeld zullen er soorten zijn die negatief reageren op inundaties, en zullen inundaties met oppervlaktewater leiden tot een vervlakking van de aanwezige gradiënten.

In de tweede plaats zijn juist in het laagveengebied, vanwege de grote hoeveelheden on-
veraard organisch materiaal en het vaak ontbreken van ijzer, de risico's op interne eutrofië-
ring groot. Interne eutrofiëring kan ook optreden als gevolg van toegenomen aeratie in de
zomer zoals ervaringen in het Naardermeer in de periode 1970-1985 aangeven. Na het
stoppen van de inlaat van (vervuild) Vechtwater traden hier door door grote peilfluctuaties
verdrogings- en eutrofiëringsverschijnselen op (Gieske e.a. 1994, Barendregt 1993). Een
ander gebied waar geëxperimenteerd is met het toestaan van grotere peilfluctuaties om de
inlaat van oppervlaktewater tegen te gaan is het Oosterschar in Friesland (waar inmiddels is
overgegaan op inlaat van water via helofytenfilter), en sinds 2003 ook de Deelen waar een
peilfluctuatie van 50 cm wordt toegestaan (schriftmeded. Theo Claassen, Wetterskip Frys-
lân).

In het geval van berging van aangevoerd oppervlaktewater kan ook externe eutrofiëring
optreden als gevolg van de aanvoer van stikstof en fosfaat, en interne eutrofiëring door de
aanvoer van bicarbonaat en sulfaat. En in de laatste plaats kan in weidevogelreservaten het
's winters onder water zetten leiden tot een afname van de hoeveelheid regenwormen, en
daarmee tot een daling in de hoeveelheid weidevogels (par. 2.3.3). En hoewel daarmee
ongetwijfeld een natuurlijker situatie ontstaat, zal dit niet door alle natuurbeschermers als
wenselijk worden ervaren.

TABEL 3.5 KANSEN EN RISICO'S BIJ BERGING EN VASTHOUDEN IN LAAGVEENGEBIEDEN

	Vasthouden	Bergen
Kansen	verbetering waterkwaliteit door verminderde inlaat tegengaan verzuring (afhankelijk van aandeel regenwater) natuurlijker peilregime	tegengaan verzuring natuurlijker peilregime
Risico's	afname gradiënten in trilvenen en veenmosrietlanden risico interne eutrofiëring afname dichtheid weidevogels	afname floristische rijkdom trilvenen en veenmosrietlanden risico interne eutrofiëring en vorming giftig waterstofsulfide afname dichtheid weidevogels verslechtering waterkwaliteit door aanvoer nutriënten

CONCLUSIES

- Het vasthouden van water kan in laagveengebieden bijdragen aan verbetering van de waterkwaliteit, het doen ontstaan van een meer natuurlijke peildynamiek en het tegen-
gaan van verzuring.
- Omdat de huidige ecosystemen zijn aangepast aan een weinig veranderlijk waterregime
zijn de risico's van peilfluctuaties echter groot. Deze dienen eerst nader onderzocht te
worden.
- Bij de berging van water kan eutrofiëring en vergiftiging optreden door de met het
oppervlaktewater aangevoerde nutriënten, bicarbonaat en sulfaat.
- Omdat juist laagveengebieden gevoelig zijn voor interne eutrofiëring en vorming van
giftig waterstofsulfide is waterberging hier riskant.

3.4 KLEIGEBIEDEN

De kleigebieden in west- en noord-Nederland zijn ooit ontstaan als gevolg van overstroming door de zee of de grote rivieren, maar na de inpoldering is er met uitzondering van dijk-doorbraken geen sprake meer van regelmatige overstroming. Omdat de bodemvruchtbaarheid veel groter is dan in zand- en veengebieden was er ook minder noodzaak voor het toepassen van bevoeiingen. Desondanks werden in een ver verleden ook hier incidenteel wel bevoeiing toegepast. Zo werd in 1689 de Bandijk tussen Giesbeek en Doesburg verlaagd tot zomerkade, met de verwachting dat slibrijk water over de kade zou binnenstromen en daar achter liggende rivierklei- en zandgebieden zou bemesten. In de Arnhemse en Velpse Broek werden 's winters (tussen 11 november en 22 februari) de sluizen open gezet om slibrijk rivierwater in te laten (Driessen e.a. 2000).

Omdat er weinig natuurterreinen voorkomen in de voornamelijk voor landbouw gebruikte kleipolders, en omdat er al lang geen overstromingen meer plaats vinden, is het nauwelijks mogelijk op basis van bestaande situaties aan te geven welk type natuur hier ontwikkeld zou kunnen worden in combinatie met waterberging. De Oostvaardersplassen in Flevoland vormen hierop een uitzondering. Hier heeft zich na de inpoldering een uitgestrekt moerasgebied ontwikkeld dat botanisch minder interessant is, maar wel zeer rijk is aan watervogels. Omdat een vast peil zou resulteren in een scherpe grens tussen land en water (veel moerasplanten kunnen alleen kiemen op drooggevalen bodem) wordt gewerkt met een dynamisch peilbeheer, waarbij zomerpeilen een paar decimeter lager zijn dan de winterpeilen en 'natte' en 'droge' jaren worden gesimuleerd (Van Eerden e.a. 1995).

TABEL 3.6 OVERZICHT VAN LOCATIES IN HET KLEIGEBIED WAAR VOLGENS WATER- EN TERREINBEHEERDERS SPRAKE IS VAN FUNCTIECOMBINATIES WATERBERGING-NATUUR

Relevante subgebieden	Locaties	Natuurdoeltypen	Maatregelen
Boezem	Arkemheen en Oosterwolde (Gld), Schelphoek (Z)	Weidevogelgebied en veenweide Open water en multifunctioneel bos	Schelphoek is een bestaande reguliere berging met gebiedsvreemd water SBB stelt voor: Retentie op maaiveld met "gebiedseigen" water door maalstop
Polder	Prunje (Z), Koploperstudie, Twisk, Obdam, Goene Paden, Kromme Leek, Veersloot, Hensbroek (NH), Lijnerwijk, Winschoten, Meerstad, Binnen-Aa, Blauwe Stad (Gr), Oostvaardersplassen, Harderbos, Harderbroek (Fl)	Kleimoeras, gesloten rietmoeras, moerasverbinding met kleine en grote moerasjes, open water (zoetwatergemeenschap), rietlanden, nat schraalland, bloemrijk grasland, weidevogelgebied, druigte en struweel, elzenrijk, essen-iepenbos, bos op zeeklei, kreken	Reguliere berging en piekberging t.b.v. regenwateroverlast en veiligheid. Afgraven en vernatting t.b.v. natuur (diverse projecten in Noord-Holland)

Er zijn in kleigebieden minder plannen voor waterberging dan in de dekzand- en laagveenbieden, maar het gaat wel vaak om relatief grootschalige projecten. In Groningen is er een aantal plannen voor waterberging in bestaande landbouwgebieden in combinatie met onder meer natuurontwikkeling. Daarbij wordt vooral gedacht aan robuuste/ dynamische natuur. Daarnaast zijn er plannen voor uitbreiding van de boezem of de bergingscapaciteit van boezems.

Omdat het in kleigebieden meestal gaat om ontwikkeling van natuur, en daarbij in eerste instantie wordt gedacht aan productieve moerasvegetaties, is er voornamelijk sprake van kansen en niet van bedreigingen. Mogelijke uitzonderingen vormen de kreekrestanden op

de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden die vaak nog brak of zout zijn en waar berging van zoet oppervlaktewater negatieve effecten kan hebben, en met park- en stinzenbossen. Ook bij de reservering van de Ooijpolder en IJsselstrangen als noodoverloophoegebieden is er sprake van een vorm van waterberging waarbij risico's bestaan voor de aanwezige natuur. Dit valt echter buiten het bestek van deze studie omdat het gaat om problemen die spelen op het niveau van het landelijk waterbeheer.

CONCLUSIE

- In kleigebieden is er bij waterberging voornamelijk sprake van kansen en niet van bedreigingen.

3.5 HEUVELLAND

In het Heuvelland zijn er door het sterk hellende karakter van het gebied weinig mogelijkheden om water te bergen, en is vanwege de goede afvoer ook de noodzaak minder. De nadruk ligt op het vertragen van de afvoer om wateroverlast benedenstrooms te voorkomen ('stromende berging') en kleinschalige maatregelen die er op gericht zijn om erosie door afstromend water tegen te gaan, onder meer door de aanleg van retentiebekkens.

4

SCHATTING KANSRIJKDOM FUNCTIE- COMBINATIES EN MOGELIJKE RISICO'S

4.1 INLEIDING

Ten behoeve van toepassingen in het waterbeheer is de kennis over de effecten van waterberging in dit hoofdstuk zo veel mogelijk samengevat in de vorm van vuistregels en tabellen. In de tabellen wordt aangegeven in hoeverre bepaalde typen natuur te combineren zijn met bepaalde vormen van waterberging. Omdat er nog weinig bekend is over het relatieve belang van de verschillende processen en over de precieze kwantitatieve relaties zijn de vuistregels en de inhoud van de tabellen voor een groot gedeelte gebaseerd op deskundigen-schattingen. Door de auteurs is een eerste schatting van de kansrijkdom voor de verschillende functiecombinaties natuur-waterberging gemaakt, uitgaande van de kennis over onderliggende processen zoals beschreven in de hoofdstukken 2 en 3. De gebruikte vuistregels en tabellen zijn ter becommentariëring voorgelegd aan externe deskundigen. Daartoe is een workshop georganiseerd waarvan een verslag is te vinden in bijlage 6. Op basis van het commentaar zijn de tabellen op een aantal punten aangepast. In de bijlage wordt aangegeven om welke aanpassingen het gaat.

Met de hier gepresenteerde vuistregels en tabellen kan voor elke mogelijke combinatie van natuurtype en waterbergingsvariant kan worden nagegaan hoe kansrijk die combinatie is. Voor de omschrijving van de natuurtypen is uitgegaan van de indeling in natuurdoeltypen door Bal e.a. (2001), omdat dit de eenheden zijn waarin natuurdoelen doorgaans door beleidsmakers worden aangegeven. Daarbij is geen onderscheid gemaakt tussen bestaande of geplande natuur.

Niet alle doeltypen zijn behandeld. Er is een selectie gemaakt van die typen die bij regionale waterberging mogelijk inunderen met van elders aangevoerd oppervlaktewater. Natuurdoeltypen kenmerkend voor buitendijkse gebieden (uiterwaarden, getijdenwateren), duinen en hoger gelegen delen van het Heuvelland zijn buiten beschouwing gelaten. Ook de grotere wateren en de stromende wateren zijn niet meegenomen. Waar het natuurdoeltype heterogeen is ten aanzien van de voor overstroming relevante kenmerken is uitgegaan van de subdoeltypen zoals die in het Handboek worden onderscheiden. Bovendien zijn een aantal extra (sub)doeltypen onderscheiden. Een overzicht van de in deze studie gebruikte doeltypen is te vinden in bijlage 4.

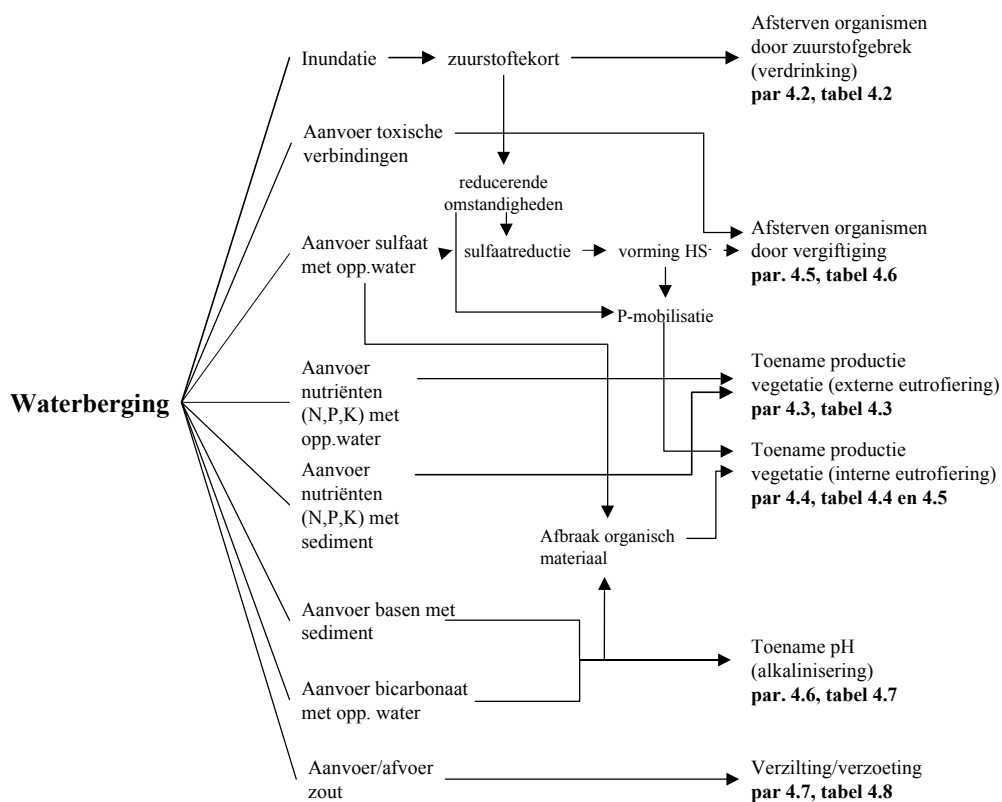
Een probleem bij het opstellen van de kennistabellen is dat er veel natuur(doel)typen zijn die potentieel relevant zijn voor regionale waterberging (ca 70), en er veel overstromingskenmerken zijn die bepalend zijn voor de effecten op flora en fauna (frequentie, tijdstip, duur, diepte, stroming, waterkwaliteit, sedimentatie, sulfaatgehalte, ijzergehalte). Het is dus niet mogelijk om, zoals eerder gebeurd is voor het kennisoverzicht 'Waterberging op landbouwgronden' (Vermaat en Bos 2003, Cornelissen e.a. 2003), een enkele tabel te maken waarin voor alle combinaties de kansrijkdom wordt aangegeven. Dit zou een tabel met

enkele tienduizenden cellen opleveren. In plaats daarvan is er voor gekozen om de natuurdoeltypen te karakteriseren naar kenmerken die de gevoeligheid voor overstroming bepalen (inundatietolerantie, productiviteit, hersteltijd, zuurgraad en saliniteit), en deeltabellen op te stellen die per deelproces de kansrijkdom van de functiecombinatie weergeven. Daarbij worden de volgende deelprocessen onderscheiden (figuur 4.1):

- de invloed van inundatie via de zuurstofbeschikbaarheid op organismen (*verdrinking*);
- de invloed van overstroming via de aanvoer van sedimenten op de productiviteit van de vegetatie (*externe eutrofiëring*);
- de invloed van overstroming via de aanvoer van basen op de zuurgraad van de standplaats (*alkalinisering*);
- de invloed van overstroming via de aanvoer/afvoer van zout op het zoutgehalte van de standplaats (*verzilting/verzoeting*).

Daarnaast wordt nog aandacht besteed aan de invloed die lage zuurstofbeschikbaarheid en de aanvoer van sulfaat kunnen hebben op de mobilisatie van fosfaat (*interne eutrofiëring*) en de vorming van toxisch waterstofsulfide (*vergiftiging*).

FIGUUR 4.1 BELANGRIJKSTE MECHANISMEN VIA WELKE OVERSTROMING VAN INVLOED IS OP STANDPLAATSCONDIÏES EN ORGANISMEN IN NATUURLIJKE ECOSYSTEMEN EN DE PARAGRAFEN/TABELLEN WAARIN DE BETREFFENDE EFFECTEN BESCHREVEN WORDEN



TABEL 4.1 DEELPROCESSEN WAAROP DE KANSRIJKDOM VAN FUNCTIECOMBINATIES WORDT BEOORDEELD EN DE PARAGRAAF WAARIN DE SCHATTING VAN DE COMBINEERBAARHEID WORDT TOEGELICHT

Ingreep	Leidt tot:	Relevante overstromingskenmerken	Relevante doeltypekenmerken/ standplaatskenmerken	Par.
Inundatie	verdrinking	Frequentie, duur, diepte, tijdstip, (stroming)	Inundatiegevoeligheid, hersteltijd	4.2
Aanvoer nutriënten	eutrofiëring	Sedimentatie, waterkwaliteit, frequentie	Productiviteit	4.3
Inundatie, aanvoer carbonaat en sulfaat	interne eutrofiëring	Tijdstip, duur, sulfaatgehalte, carbonaatgehalte (hardheid)	Productiviteit, aard organisch materiaal, aanwezigheid anorganisch fosfaat, waterregime	4.4
	vergiftiging door H ₂ S	Tijdstip, sulfaatgehalte	IJzergehalte substraat	4.5
Aanvoer basen	alkalini-sering	Hardheid, frequentie	Zuurgraad	4.6
Aanvoer/ afvoer zout	verzilting / verzoeting	Zoutgehalte bergingswater	Zoutgehalte bodem en water	4.7

In tabel 4.1 wordt per deelproces aangegeven welke overstromingskenmerken en welke eigenschappen van het natuurdoeltype en de standplaats bepalend zijn voor de effecten op flora en fauna. In de kaders 1 t/m 3 worden de relevante overstromingskenmerken beschreven en wordt aangegeven welke kenmerkklassen worden onderscheiden. In kader 4 wordt de indeling van de standplaats naar ijzergehalte, fosfaatgehalte en type organisch materiaal beschreven. En in bijlage 2 wordt informatie gegeven over de voor overstroming relevante kenmerken van de doeltypen, zoals inundatietolerantie en productiviteit.

In de tabellen 4.2, 4.3, 4.4, 4.7 en 4.8 wordt per deelproces en per combinatie van overstromingskenmerken en doeltypekenmerken aangegeven wat de kansrijkdom is voor de functiecombinatie waterberging en natuur. Daarbij wordt de volgende schaal gebruikt:

- 0** niet combineerbaar
- 1** slecht combineerbaar
- 2** matig combineerbaar
- 3** goed combineerbaar

Daarnaast wordt aangegeven hoe zeker de uitspraken zijn. Met een enkel vraagteken wordt aangegeven dat een relatie onzeker is omdat er te weinig basiskennis is, met twee vraagtekens wordt aangegeven dat een uitspraak speculatief is omdat er weinig basiskennis is en ook de schattingen van deskundigen uiteenlopen.

In de volgende paragrafen wordt per deelproces aangegeven welke vuistregels zijn gebruikt om de kansrijkdom van de functiecombinaties in te schatten. Deze paragrafen zijn vooral bedoeld als achtergrondinformatie en als verantwoording. Voor toepassing van de in de tabellen samengevatte kennis kan beter gebruik worden gemaakt van de daartoe ontwikkelde webapplicatie. In de laatste paragraaf (par. 4.8 is aangegeven waar deze applicatie te vinden is. Tevens is daar aangegeven hoe de kansrijkschattingen per deelproces zijn gecombineerd om tot tot een uiteindelijke schatting van de kansrijkdom te komen, en welke beperkingen er zijn aan het gebruik van de applicatie.

4.2 KANSRIJKDOM FUNCTIECOMBINATIES IN RELATIE TOT INUNDATIE (VERDRINKING)

De invloed die inundatie (=het onder water komen te staan) van standplaatsen heeft op het verdrinken van organismen is afhankelijk van:

- de inundatiefrequentie;
- het inundatietijdstip;
- de inundatieduur;
- de inundatiediepte.

Stroming kan zorgen voor extra zuurstoftoevoer en is dus relevant voor de overleving van sommige organismen bij overstroming. Omdat er weinig bekend is over het belang van stroming bij regionale waterberging is deze factor buiten beschouwing gelaten.

In tabel 4.2 is afhankelijk van de frequentie, tijdstip, duur en diepte van overstroming aangegeven wat de mogelijkheden zijn om waterberging te combineren met natuurtypen die respectievelijk weinig, matig en zeer gevoelig zijn voor inundatie. De beschrijving van de klassen waarin de overstromingskenmerken worden weergegeven is te vinden in tekstkader 1, de inundatiegevoeligheid van natuurdoeltypen is te vinden in bijlage 2. Bij natuurdoeltypen die vooral in het voorjaar gevoelig zijn voor inundatie (in bijlagen 2 en 4 aangegeven met een sterretje) dient de mate van combineerbaarheid bij inundatie in het zomerhalfjaar met één klasse te worden verlaagd.

Bij de invulling van de tabel is uitgegaan van de volgende vuistregels:

- overstromingen in de winterperiode hebben slechts een beperkte invloed op de kansrijkdom; alleen bij langdurige en diepe overstromingen zijn negatieve effecten te verwachten op matig en zeer inundatiegevoelige natuurtypen.
- zeer inundatiegevoelige typen zijn niet combineerbaar met langdurige inundatie in de zomerperiode, met uitzonderingen van typen met een korte hersteltijd in combinatie met onregelmatige of incidentele inundatie (zijn tenminste gedurende een deel van de tijd te combineren met waterberging en zijn dus minimaal matig tot slecht combineerbaar).
- zeer inundatiegevoelige typen zijn niet combineerbaar met kortdurige inundatie in de zomerperiode met uitzonderingen van typen met een korte hersteltijd in combinatie met onregelmatige of incidentele inundatie en met uitzondering van onregelmatige tot incidentele ondiepe overstromingen.
- matig inundatiegevoelige typen zijn niet combineerbaar met langdurige inundatie in de zomerperiode met uitzonderingen van typen met een korte hersteltijd in combinatie met onregelmatige of incidentele inundatie en met uitzondering van regelmatig tot incidentele ondiepe overstromingen.
- in hoeverre matig inundatiegevoelige typen combineerbaar zijn met kortdurige inundatie in de zomerperiode is afhankelijk van zowel de frequentie en de diepte van de overstroming als van de hersteltijd van het natuurtype.
- weinig inundatiegevoelige typen zijn matig tot goed combineerbaar met korte ondiepe inundaties in de zomerperiode en slecht tot matig combineerbaar met frequent tot regelmatig optredende korte diepe inundaties in de zomerperiode.
- in hoeverre weinig inundatiegevoelige typen combineerbaar zijn met langdurige inundatie in de zomerperiode is afhankelijk van zowel de frequentie en de diepte van de overstroming als van de hersteltijd van het natuurtype.

OVERSTROMINGSKENMERKEN: DYNAMIEK**Inundatiefrequentie / overstromingsfrequentie**

De inundatiefrequentie / overstromingsfrequentie is bepalend voor de overleving van soorten en mede bepalend voor de aanvoer van stoffen. Voor de inundatiefrequentie / overstromingsfrequentie worden vier klassen onderscheiden lopend van frequent (meer malen per jaar tot eens in de twee jaar) tot incidenteel (minder dan 1x per 50 jaar).

Indeling naar inundatiefrequentie

Frequentieklasse	Omschrijving
Frequent	meerdere malen per jaar tot 2-jaarlijks
Regelmatig	eens in de 3-10 jaar
Weinig:	minder dan eens in de 10 jaar:
<i>Onregelmatig</i>	eens in de 11-50 jaar
<i>Incidenteel</i>	minder dan eens in de 50 jaar

Inundatietijdstip / overstromingstijdstip

Voor het inundatietijdstip / overstromingstijdstip wordt onderscheid gemaakt tussen inundaties in de winterperiode (november t/m maart) wanneer de temperatuur laag is en de biologische activiteit gering, en de zomerperiode (april t/m oktober). De maanden september en oktober zijn nog tot de zomerperiode gerekend omdat bodem en oppervlaktewater dan nog vrij warm zijn. Overigens zijn in deze periode weinig inundaties te verwachten omdat de grondwaterstanden dan op hun laagst zijn.

Indeling naar Inundatietijdstip / overstromingstijdstip

Overstromingsperiode	
winterhalfjaar	overstroming alleen in de periode november t/m maart
zomerhalfjaar	overstroming ook in de periode april t/m oktober

Inundatiediepte

Voor de inundatiediepte is een tweedeling aangehouden tussen ondiep (minder dan 0.5 m) en diep (>0.5 m). Deze grens is relevant omdat bij een diepte van minder dan een halve meter nog plantendelen boven water uitsteken wat voor insecten vluchtmogelijkheden biedt en voor planten met luchtweefsels de mogelijkheid biedt om de wortels van zuurstof te voorzien.

Inundatieduur

Voor de inundatieduur wordt een tweedeling aangehouden tussen korte inundaties (< 2 weken) en langdurige inundaties (> 2 weken). Bij de schatting van het risico op interne eutrofiëring is de laatste klasse weer onderverdeeld in matig lang (2-6 weken) en zeer lang (>6 weken). Een inundatieduur van meer dan 6 weken is bij waterberging zoals gedefinieerd in deze studie nauwelijks te verwachten, maar kan wel optreden bij het vasthouden van water.

Indeling naar inundatieduur en inundatiediepte

Inundatieduur		Inundatiediepte	
kort	< 2 wk	ondiep	< 0.5 m
lang:	> 2 wk	diep	> 0.5 m
<i>matig lang</i>	2-6 wk		
<i>zeer lang</i>	> 6wk		

TABEL 4.2A COMBINEERBAARHEID VAN QUA VEGETATIE WEINIG TOT ZEER INUNDATIEGEVOELIGE NATUURTYPEN MET WATERBERGING ALS FUNCTIE VAN HET TIJDSTIP, DE DUUR EN DE DIEPTE VAN INUNDATIE

Tijdstip	Duur	Frequentie	inundatietolerantie hersteltijd Diepte	groot				matig				gering						
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
Winter (nov-mrt)	kort (< 2 wk)	frequent (> 1 x per 3 jaar)	ondiep															
			diep															
		regelmatig (1 x per 3-10 jaar)	ondiep															
			diep															
		onregelmatig (1 x per 11-50 jaar)	ondiep															
			diep															
	incidenteel (<1 x per 50 jaar)	ondiep																
		diep																
	lang (> 2 wk)	frequent (> 1 x per 3 jaar)	ondiep															
			diep															
		regelmatig (1 x per 3-10 jaar)	ondiep															
			diep															
onregelmatig (1 x per 11-50 jaar)		ondiep																
		diep																
incidenteel (<1 x per 50 jaar)	ondiep																	
	diep																	
Zomer (apr-okt)	kort (< 2 wk)	frequent (> 1 x per 3 jaar)	ondiep	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
			diep	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
		regelmatig (1 x per 3-10 jaar)	ondiep	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
			diep	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
		onregelmatig (1 x per 11-50 jaar)	ondiep					?	?	?	?							
			diep	?	?	?	?											
	incidenteel (<1 x per 50 jaar)	ondiep									?							
		diep																
	lang (>2 wk)	frequent (> 1 x per 3 jaar)	ondiep	?	?	?	?											
			diep															
		regelmatig (1 x per 3-10 jaar)	ondiep	?	?	?	?											
			diep	?	?	?	?											
onregelmatig (1 x per 11-50 jaar)		ondiep	?	?	?	?												
		diep	?	?	?	?												
incidenteel (<1 x per 50 jaar)	ondiep			?	?													
	diep																	

	niet combineerbaar (0)	-	(vrij) zeker
	slecht combineerbaar (1)	?	onzeker
	matig combineerbaar (2)	??	speculatief
	goed combineerbaar (3)		

TABEL 4.2B COMBINEERBAARHEID VAN QUA FUANA WEINIG TOT ZEER INUNDATIEGEVOELIGE NATUURTYPEN MET WATERBERGING ALS FUNCTIE VAN HET TIJDSTIP, DE DUUR EN DE DIEPTE VAN INUNDATIE

Tijdstip	Duur	Frequentie	inundatietolerantie hersteltijd Diepte	groot				matig				gering				
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Winter (nov-mrt)	kort (< 2 wk)	frequent (> 1 x per 3 jaar)	ondiep				?		?	?						
			diep				?		?							
		regelmatig (1 x per 3-10 jaar)	ondiep						?	?					?	
			diep						?	?						
		onregelmatig (1 x per 11-50 jaar)	ondiep							?	?				?	?
			diep							?	?	?	?	?	?	?
	incidenteel (<1 x per 50 jaar)	ondiep								?				?	?	
		diep								?	?	?	?	?		
	lang (> 2 wk)	frequent (> 1 x per 3 jaar)	ondiep		?	?			?	?						
			diep													
		regelmatig (1 x per 3-10 jaar)	ondiep			?	?	?								
			diep													
		onregelmatig (1 x per 11-50 jaar)	ondiep			?	?	?	?	?		?				
			diep			?	?			?						
incidenteel (<1 x per 50 jaar)	ondiep						?	?		?	?					
	diep				?											
Zomer (apr-okt)	kort (< 2 wk)	frequent (> 1 x per 3 jaar)	ondiep	?	?	?	?	?	?	?	?					
			diep	?	?	?	?									
		regelmatig (1 x per 3-10 jaar)	ondiep	?	?	?	?	?	?	?	?					
			diep	?	?	?	?									
		onregelmatig (1 x per 11-50 jaar)	ondiep					?	?	?	?					
			diep	?	?	?	?									
	incidenteel (<1 x per 50 jaar)	ondiep						?	?							
		diep														
	lang (>2 wk)	frequent (> 1 x per 3 jaar)	ondiep	?	?	?	?									
			diep													
		regelmatig (1 x per 3-10 jaar)	ondiep	?	?	?	?									
			diep	?	?	?										
		onregelmatig (1 x per 11-50 jaar)	ondiep	?	?	?	?									
			diep	?	?	?										
incidenteel (<1 x per 50 jaar)	ondiep			?	?											
	diep															

	niet combineerbaar (0)	-	(vrij) zeker
	slecht combineerbaar (1)	?	onzeker
	matig combineerbaar (2)	??	speculatief
	goed combineerbaar (3)		

OVERSTROMINGSKENMERKEN: SEDIMENTATIE EN WATERKWALITEIT (NUTRIËNTENGEHALTE)**Mate van sedimentatie**

De mate van sedimentatie is voorlopig alleen kwalitatief omschreven. Op dit moment is onvoldoende bekend wat kritische grenzen zijn en hoe de mate van sedimentatie voorspeld kan worden op basis van stroming, verhang, geologisch substraat en morfologie. Onderscheiden worden de klassen gering, matig en groot. Een geringe sedimentlast is te verwachten in laagveen- en kleigebieden waar -calamiteiten als dijk-doorbraken nagelaten- geen of weinig stroming optreedt en er dus ook weinig sedimenttransport plaats vindt. Een matige sedimentlast is te verwachten in overstromingsvlakten van langzaam stromende benedenlopen van beken en riviertjes, en op plekken die verder van de overstromingsbron af liggen. Een grote sedimentlast is te verwachten op plekken die dicht bij de overstromingsbron liggen (< 15 m) en waar een sterke afname in stroming optreedt. De grootste gradiënten in stroming en de meeste sedimentatie is te verwachten langs actief meanderende en relatief snelstromende beken en riviertjes zoals langs de Dinkel of de bovenloop van de Dommel. Bij de sedimentlast gaat het om de gemiddelde aanvoer van sediment per overstromingsgebeurtenis. Daarbij moet er rekening mee worden gehouden dat niet alleen de hoeveelheid sediment, maar ook de samenstelling van het sediment van belang is. De meeste nutriënten zijn immers gebonden aan de kleideeltjes en organische stof in de lutum-fractie (<2 µ). In plaats van sedimentlast zou het daarom misschien beter zijn om te spreken van sliblast.

Indeling naar sedimentatie

<i>Sedimentatieklasse</i>	<i>stroming</i>	<i>afstand tot overstromingsbron</i>
<i>Gering</i>	<i>stilstaand water</i>	<i>n.v.t</i>
<i>Matig</i>	<i>stromend water</i>	<i>ver van inlaat/overlaat, geringe stromingsgradiënt</i>
<i>Groot</i>	<i>stromend water</i>	<i>dicht bij inlaat/overlaat, met sterke stromingsgradiënt</i>

Waterkwaliteit

Voor de aanvoer van nutriënten is naar verwachting de hoeveelheid nutriënten gebonden aan het sediment belangrijker dan de hoeveelheid opgeloste nutriënten (par. 2.2.2). Over de sedimentkwaliteit is echter weinig bekend. Daarom is voor de kansrijkdombepaling de oppervlaktewaterkwaliteit als ingang genomen, er van uitgaande dat de hoeveelheid nutriënten in het sediment gecorreleerd is aan die in het oppervlaktewater. Voor de indeling naar oppervlaktewaterkwaliteit wordt uitgegaan van het totaal-fosfaatgehalte van het water, waarbij de streef- en grenswaarden uit de 4e Nota Waterhuishouding als uitgangspunt zijn genomen. De kwaliteit wordt 'zeer goed' genoemd als het water minder dan 0.05 mg P/l bevat, overeenkomend met de streefwaarde (VR, verwaarloosbaar risico). Dit komt ongeveer overeen met de mediane fosfaatgehalten in natuurlijke of vrijwel natuurlijke beken volgens Verdonschot e.a. (2002). De kwaliteit is goed wanneer het gehalte minder dan 0.15 mg P/l is, overeenkomend met de norm volgens het Maximaal Toelaatbaar Risico. Bij waarden daarboven kan de kwaliteit als matig tot slecht worden omschreven. Het stikstofgehalte is hier buiten beschouwing gelaten. Omdat bij inundatie een groot deel van het anorganische stikstof door denitrificatie verdwijnt is aangenomen dat de hoeveelheid stikstof minder kritisch is.

Indeling naar oppervlaktewaterkwaliteit

	<i>P-tot mg/l, zomergem</i>	<i>omschrijving</i>
<i>zeer goed</i>	<i><0.05</i>	<i>voldoet aan streefwaarde (VR)</i>
<i>goed</i>	<i>0.05 - 0.15</i>	<i>voldoet aan norm (MTR)</i>
<i>matig</i>	<i>0.15 - 0.60</i>	<i>boven de norm</i>
<i>slecht</i>	<i>>0.60</i>	<i>zeer ver boven de norm</i>

4.3 KANSRIJKDOM FUNCTIECOMBINATIES IN RELATIE TOT NUTRIËNTENAANVOER

De invloed die waterberging via de externe aanvoer van nutriënten heeft op de productiviteit van aquatische en terrestrische ecosystemen is afhankelijk van:

- de mate waarin sediment wordt aangevoerd;
- de hoeveelheid nutriënten in het sediment;
- de waterkwaliteit van het te bergen water;
- de frequentie van overstroming.

Een probleem is dat een van de meest bepalende factoren, de aanvoer van nutriënten met slib, op dit moment nauwelijks gekwantificeerd kan worden. In kader 1 staat kwalitatief aangegeven hoe de mate van sedimentatie geschat kan worden op basis van de stroming en de afstand tot de inlaatbron. De slibkwaliteit is niet als factor in de tabel meegenomen, er van uitgaande dat deze meestal gecorreleerd zal zijn aan de waterkwaliteit.

De aanvoer van bicarbonaat en sulfaat met het overstromingswater kan ook leiden tot interne eutrofiëring als gevolg van afbraak van organisch materiaal en fosfaatmobilisatie. In de volgende paragraaf wordt aangegeven hoe het risico op interne eutrofiëring kan worden geschat.

In tabel 4.3 wordt de kansrijkdom van laag-, matig- en hoog-productieve ecosystemen aangegeven als functie van de mate van sedimentatie, waterkwaliteit en overstromingsfrequentie. De beschrijving van de klassen waarin de overstromingskenmerken worden weergegeven is te vinden in de tekstkaders 1 en 2, de productiviteit van natuurdoeltypen is te vinden in bijlage 2.

Bij de invulling van de tabel is uitgegaan van de volgende vuistregels:

- hoog-productieve ecosystemen zoals rietland en moeras zijn niet gevoelig voor de aanvoer van nutriënten met overstroming;
- matig productieve terrestrische systemen zoals dotterbloemhooilanden en grote-zeggenvegetaties zijn over het algemeen goed te combineren met waterberging; alleen op locaties met een slechte oppervlaktewaterkwaliteit en matig tot veel sedimentatie is de functiecombinatie waarschijnlijk minder kansrijk.
- laag-productieve terrestrische systemen als blauwgraslanden zijn over het algemeen slecht combineerbaar met waterberging; alleen als de waterkwaliteit zeer goed en de mate van sedimentatie gering is, zijn laag-productieve systemen te handhaven of te ontwikkelen in combinatie met waterberging.
- laag productieve aquatische ecosystemen als vennen en matig productieve aquatische systemen als zwak gebufferde sloten en petgaten zijn nauwelijks te combineren met waterberging.

TABEL 4.3 COMBINEERBAARHEID VAN LAAG-, MIDDEL- EN HOOGPRODUCTIEVE NATUURDOELEN MET WATERBERGING ALS FUNCTIE VAN SEDIMENTATIE, OPPERVLAKTEWATERKWALITEIT EN OVERSTROMINGS-FREQUENTIE IN RESP. ACQUATISCHE (ACQ.) EN TERRESTRISCHE (TERR.) SYSTEMEN

Sedimentlast	Waterkwaliteit	Frequentie	Productiviteit					
			laag		matig		groot	
			acq.	tterr.	acq.	tterr.	acq.	tterr.
Gering	zeer goed (< 0.05 mg P)	frequent	?	?	?			
		regelmatig	?	?	?			
		weinig		?				
	goed (< 0.15 mg P)	frequent	?	?	?			
		regelmatig	?	?	?			
		weinig		?				
	matig (< 0.6 mg P)	frequent						
		regelmatig						
		weinig		?				
		frequent				?		
		regelmatig				?		
		weinig				?		
Matig	zeer goed (< 0.05 mg P)	frequent	?	?	?			
		regelmatig	?	?	?			
		weinig	?	?	?			
	goed (< 0.15 mg P)	frequent	?		?			
		regelmatig	?		?			
		weinig	?	?	?			
	matig (< 0.6 mg P)	frequent						
		regelmatig						
		weinig						
	slecht (> 0.6 mg P)	frequent				?		
		regelmatig				?		
		weinig				?		
Groot	zeer goed (< 0.05 mg P)	frequent						
		regelmatig		?				
		weinig		?				
	goed (< 0.15 mg P)	frequent						
		regelmatig						
		weinig		?				
	matig (< 0.6 mg P)	frequent				?		
		regelmatig						
		weinig						
	slecht (> 0.6 mg P)	frequent				?		
		regelmatig				?		
		weinig				?		

	niet combineerbaar (0)
	slecht combineerbaar (1)
	matig combineerbaar (2)
	goed combineerbaar (3)

-	(vrij) zeker
?	onzeker
??	speculatief

OVERSTROMINGSKENMERKEN: OVERIGE STOFFEN**Sulfaatgehalte**

Het sulfaatgehalte van het oppervlaktewater is van belang omdat sulfaat (1) de anaërobe afbraak van organisch materiaal kan stimuleren, (2) daarbij bicarbonaat wordt gevormd, en (3) in ijzerarme situaties de aanvoer van sulfaat leidt tot het ontstaan van zeer toxisch waterstofsulfide.

De indeling naar sulfaatgehalte is tamelijk arbitrair omdat er weinig kwantitatieve gegevens zijn over de effecten van sulfaat bij gehalten lager dan 100 mg/l. Lamers (2001) vond in een petgat in Tienhoven dat er bij gehalten van 100 tot 200 mg sulfaat (zeer sulfaatrijk) de effecten qua fosfaatmobilisatie vergelijkbaar zijn (maximaal effect), maar er bij gehalten van 50 mg sulfaat (matig sulfaatrijk) duidelijk minder fosfaatmobilisatie optreedt.

Indeling naar sulfaatgehalte oppervlaktewater

Sulfaatgehalte	sulfaat (mg/l)
zeer sulfaatrijk	>80
sulfaatrijk	20-80
sulfaatarm	<20

Hardheid/bicarbonaatgehalte

De hardheid van het water wordt vooral bepaald door het bicarbonaatgehalte. Wateren met veel bicarbonaat zijn sterk gebufferd (pH > 7). In aquatische systemen vormt bicarbonaat ook een belangrijke bron van koolzuur voor de groei van waterplanten.

Indeling naar hardheid van het oppervlaktewater

Indeling naar hardheid	bicarbonaatgehalte	
	mMol/l	mg/l
zacht	<0.5	< 30
matig hard	0.5-2	30-120
hard	> 2	> 120

Zoutgehalte

Het zoutgehalte van het water is van belang omdat (1) Na en Cl in hoge concentraties toxisch kunnen zijn, en (2) het gehalte aan NaCl zeer bepalend is voor de osmotische waarde van oppervlaktewater en bodemvocht. Planten die zeer gevoelig zijn voor zout (waaronder veel soorten fonteinkruiden) ondervinden al problemen bij chloridegehalten van meer dan 200 mg/l, terwijl echte zoutminnende soorten pas beginnen op te treden bij zoutgehalten van meer 1000 mg/l. Het tussengelegen traject (200-1000 mg/l) is vooral negatief gekenmerkt door het ontbreken van soorten.

Indeling naar zoutgehalte van het oppervlaktewater

Zoutgehalte	mg Cl/l
Zeer zoet	0-200
Licht brak	200-1000
Brak tot zout	> 1000

4.4 RISICO OP INTERNE EUTROFIËRING

Bij inundatie in de zomer bestaat het risico op interne eutrofiëring als gevolg van ijzer-mobilisatie en de toename van de afbraak van organisch materiaal door de aanvoer van bicarbonaat en sulfaat. Aangenomen is dat in de periode april t/m oktober de bodem- en watertemperatuur voldoende hoog zijn om te leiden tot het ontstaan van reducerende omstandigheden en de afbraak van organisch materiaal. De aanwezigheid van sulfaat kan bovendien een extra bijdrage leveren aan de fosfaatmobilisatie, doordat bij de vorming van ijzersulfide ijzer wordt weggevangen uit de bodemoplossing.

In tabel 4.5 wordt het risico op interne eutrofiëring aangegeven als functie van de inundatieperiode, de inundatieduur, de hardheid van het water, het sulfaatgehalte, de aard van het organische materiaal, de aanwezigheid van fosfaat, het type systeem (aquatisch, semi-terrestrisch en terrestrisch) en, binnen semi-terrestrische systemen, de al dan niet aanwezigheid van kwel. De beschrijving van de klassen waarmee de overstromingskenmerken en substraatkenmerken worden beschreven is terug te vinden in tekstkaders 1, 3 en 4, het type systeem waartoe het natuurdoeltype behoort is aangegeven in bijlage 2.

Bij de indeling naar overstromingsduur is ten opzichte van tabel 4.2 een extra klasse onderscheiden, te weten 'zeer lang' (>6 weken). Een dergelijke overstromingsduur is bij waterberging zoals gedefinieerd in deze studie nauwelijks te verwachten, maar kan wel optreden bij maatregelen gericht op het vasthouden van water. Omdat de grens tussen water bergen en water vasthouden niet zeer duidelijk is, is voor de zekerheid een extra klasse onderscheiden. Daarmee kan worden voorkomen dat bij een onbedoelde toepassing op situaties met waterconservering ten onrechte de conclusie wordt getrokken dat er geen risico bestaat op interne eutrofiëring.

Voor terrestrische systemen zijn de volgende vuistregels aangehouden:

- langdurige inundatie in de zomerperiode levert in bodems rijk aan anorganisch fosfaat een groot risico op eutrofiëring door fosfaatmobilisatie.
- het risico op interne eutrofiëring door afbraak van organisch materiaal is het grootst bij overstroming van bodems met niet veraard, oligotroof organisch materiaal met carbonaat- en/of sulfaatrijk water in de zomerperiode.
- bij korte tot matig langdurige inundaties in de winter en bij korte inundaties in de zomer is er geen risico op interne eutrofiëring.
- bij langdurige inundaties in de winter en bij kortdurende inundaties in de zomer zijn alleen bij zeer hard en sulfaatrijk water risico's te verwachten.

Voor aquatische systemen zijn de volgende vuistregels aangehouden:

- In minerale bodems of bij afwezigheid van gemakkelijk afbreekbaar organisch materiaal vindt sulfaatreductie niet of nauwelijks plaats.
- Langdurige inundatie met matig hard tot hard en sulfaatrijk tot zeer sulfaatrijk water in de zomerperiode levert een groot risico op voor interne eutrofiëring. In het geval van de inlaat van zacht water en water arm aan sulfaat zijn de risico's voor interne eutrofiëring als minder groot beoordeeld.
- Korte en matig lange inundatieduur in de zomerperiode zijn hetzelfde beoordeeld als lange inundatieduur. In aquatische systemen blijft namelijk toegevoerd bicarbonaat en sulfaat achter, waardoor interne eutrofiëring wordt gestimuleerd.

NATUURDOELKENMERKEN EN SUBSTRAATKENMERKEN

Natuurdoelkenmerken

Of een bepaald natuurdoeltype wel of niet te combineren valt met waterberging hangt af van de inundatietolerantie van het type (in welke mate zijn de aanwezige organismen bestand tegen inundatie), de productiviteit (in welke mate is het type gevoelig voor eutrofiëring), de hersteltijd (hoe snel herstellen populaties van kenmerkende soorten zich na inundatie), de zuurgraad (hoe gevoelig is type voor aanvoer hard water) en saliniteit (hoe gevoelig is type voor aanvoer van zoet of zout water). Informatie over deze kenmerken is te vinden in bijlage 2.

Substraatkenmerken

De gevoeligheid van ecosystemen voor waterberging hangen mede af van eigenschappen van het substraat, te weten de aard van het aanwezige organische materiaal en de aanwezigheid van anorganisch fosfaat. Deze kenmerken zijn niet af te leiden uit het natuur(doel)type, maar moeten op basis van bodemkenmerken en hydrologische gegevens worden bepaald.

Aanwezigheid goed afbreekbaar organisch materiaal

De kans op interne eutrofiëring door aanvoer van bicarbonaat en sulfaat is het grootste wanneer goed afbreekbaar organisch materiaal aanwezig is in de vorm van strooisel of niet veraard veen. De kans is gering bij minerale gronden met weinig organisch materiaal en bij gronden waarbij het organisch materiaal sterk is veraard (eerdgronden).

Indeling	omschrijving
goed afbreek org. materiaal aanwezig	niet veraard veen, bodems met een dikke strooisellaag, waterbodems met veel organisch sediment gevormd in omstandigheden met zacht water
goed afbreek org. materiaal afwezig	minerale gronden of eerdgronden met goed veraarde bovengrond, waterbodems met weinig organisch sediment of organisch sediment gevormd in hard water

Gehalte aan anorganisch fosfaat

Langdurige stagnatie kan in bodems waarin veel anorganisch fosfaat voorkomt in de vorm van verbindingen met ijzer(hydr)oxiden leiden tot interne eutrofiëring als gevolg van fosfaatmobilisatie. Het risico is het grootst in bodems die zijn gevormd onder invloed van kwel en overstroming. Met name in ijzerrijke bekeerdgronden kunnen grote hoeveelheden fosfaat zijn vastgelegd in de vorm van ijzer(hydr)oxiden.

Indeling	omschrijving
rijk	bodems rijk aan met name aan ijzerfosfaten, met name in bodems die gevormd zijn onder invloed van kwel en overstroming
arm	bodems arm aan fosfaat of fosfaat gebonden in slecht verweerbare mineralen

Ijzergehalte

Bij de sulfaatreductie kan toxisch waterstofsulfide ontstaan. Of dit wel of niet gebeurt hangt vooral af van de beschikbaarheid van ijzer. Als er -reactief ijzer beschikbaar is zal het gevormde sulfide zich met ijzer verbinden tot ijzersulfide. Bij afwezigheid van ijzer wordt waterstofsulfide gevormd. Ijzerarme gronden zijn met name zandgronden die gevormd zijn onder de invloed van infiltratie van regenwater (podzolgronden) en niet-kwelgevoede kleiloze veengronden.

Indeling	omschrijving
ijzerarm	podzolgronden, veengronden in infiltratiegebieden zonder kleidek
ijzerrijk	overige gronden

Bij inundaties in de winterperiode zijn inundaties met zacht water of inundaties met water dat arm is aan sulfaat als minder risicovol beoordeeld. De risico's van deze situaties zijn als minder groot beoordeeld, omdat sulfaatreductie en mineralisatie microbiële processen zijn die afhankelijk zijn van temperatuur. De invloed van deze processen is vooral groot naarmate de temperatuur hoger is en de hoeveelheden toegevoerd bicarbonaat en sulfaat groter zijn.

- Lange en matig lange inundaties in de winterperiode zijn gelijk beoordeeld.
- Korte inundaties in de winterperiode met zacht en sulfaatarm water zijn als niet risicovol beoordeeld met betrekking tot interne eutrofiëring.
- Een P-rijk sediment geeft meer risico als een P-arm sediment. Een P-arme bodem in combinatie met de inlaat van zacht water en sulfaatarm water geeft minder risico.
- Een P-arme, minerale bodem geeft geen risico.

Voor semi-terrestrische systemen is uitgegaan van de volgende regels:

- onder kwel-omstandigheden is het risico op interne eutrofiëring verwaarloosbaar doordat carbonaat en sulfaat niet doordringen in de bodem.
- onder infiltratie-omstandigheden zijn de effecten intermediair tussen die in aquatische en terrestrische systemen.

In hoeverre interne eutrofiëring leidt tot nadelige effecten hangt mede af van de productiviteit van het natuurdoeltype. In tabel 4.4 is aangegeven in welke mate het risico op interne eutrofiëring van invloed is op de combineerbaarheid van de functies waterberging en natuur, in afhankelijkheid van de productiviteit van het natuurdoeltype (zie bijlage 2 voor indeling naar productiviteit). Omdat er weinig bekend is over de kwantitatieve bijdrage van interne eutrofiëring aan de nutriëntenbalans in het geval van overstromingen (zie par. 2.2.4) is de onzekerheid relatief groot.

TABEL 4.4

COMBINEERBAARHEID VAN LAAG-, MIDDEL- EN HOOGPRODUCTIEVE NATUURDOELEN IN AFHANKELIJKHEID VAN HET RISICO OP INTERNE EUTROFIËRING

risico	productiviteit natuurdoeltype		
	laag	matig	hoog
gering			
vrij groot	??	??	??
groot	?	?	?

	niet combineerbaar	-	(vrij) zeker
	slecht combineerbaar	?	onzeker
	matig combineerbaar	??	speculatief
	goed combineerbaar		

TABEL 4.4

RISICO OP INTERNE EUTROFIËRING DOOR AFBRAAK ORGANISCH MATERIAAL EN FOSFAATMOBILISATIE

Type systeem (hydrologie)				Aquatisch				Semi-terrestrisch				Terrestrisch							
								Infiltratie											
Aanwezigheid makkelijk afbreek organisch materiaal				+		-		+				-		+				-	
fosfaatgehalte substraat				P- arm	P- rijk	P- arm	P- rijk	P- arm	P- rijk	P- arm	P- rijk	kwel	P- arm	P- rijk	P- arm	P- rijk			
Periode	Duur	Hardheid	Sulfaat																
zomer (apr-okt)	zeer lang (> 6 wk)	hard	Zeer rijk	3	3	1	3	3	3	1	3	1	3	3	1	3			
			Rijk	3	3	1	3	3	3	1	3	1	3	3	1	3			
			Arm	3	3	1	3	3	3	1	3	1	3	3	1	3			
		matig hard	Zeer rijk	3	3	1	3	3	3	1	3	1	3	3	1	3			
			Rijk	3	3	1	3	3	3	1	3	1	3	3	1	3			
			Arm	2	3	1	3	2	3	1	3	1	2	3	1	3			
		zacht	Zeer rijk	2	3	1	2	2	3	1	2	1	2	3	1	2			
			Rijk	2	3	1	2	2	3	1	2	1	2	3	1	2			
			Arm	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2			
	matig lang (2-6 wk)	hard	Zeer rijk	3	3	1	3	2	3	1	2	1	2	2	1	1			
			Rijk	3	3	1	3	2	3	1	2	1	2	2	1	1			
			Arm	3	3	1	3	1	2	1	2	1	1	1	1	1			
		matig hard	Zeer rijk	3	3	1	3	2	2	1	2	1	2	2	1	1			
			Rijk	3	3	1	3	1	2	1	2	1	1	1	1	1			
			Arm	2	3	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1			
		zacht	Zeer rijk	2	3	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1			
			Rijk	2	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1			
			Arm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	kort (< 2 wk)	hard	Zeer rijk	3	3	1	2	2	2	1	2	1	2	2	1	2			
			Rijk	3	3	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1			
			Arm	3	3	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1			
		matig hard	Zeer rijk	3	3	1	2	2	2	1	2	1	2	2	1	2			
			Rijk	3	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
			Arm	2	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
zacht		Zeer rijk	2	3	1	2	2	2	1	2	1	2	2	1	2				
		Rijk	2	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1				
		Arm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
winter (nov-mrt)	zeer lang (> 6 wk)	hard	Zeer rijk	3	3	1	3	2	2	1	2	1	2	2	1	1			
			Rijk	3	3	1	3	2	2	1	2	1	2	2	1	1			
			Arm	1	2	1	3	1	2	1	3	1	1	1	1	1			
		matig hard	Zeer rijk	3	3	1	3	2	2	1	2	1	2	2	1	1			
			Rijk	3	3	1	3	2	2	1	2	1	1	1	1	1			
			Arm	1	2	1	3	1	2	1	2	1	1	1	1	1			
		zacht	Zeer rijk	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
			Rijk	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
			arm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	matig lang (2-6 wk)	hard	zeer rijk	3	3	1	3	2	2	1	2	1	1	1	1	1			
			rijk	3	3	1	3	2	2	1	2	1	1	1	1	1			
			arm	1	2	1	3	1	2	1	3	1	1	1	1	1			
		matig hard	zeer rijk	3	3	1	3	2	2	1	2	1	1	1	1	1			
			rijk	3	3	1	3	2	2	1	2	1	1	1	1	1			
			arm	1	2	1	3	1	2	1	2	1	1	1	1	1			
		zacht	zeer rijk	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
			rijk	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
			arm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	kort (< 2 wk)	hard	zeer rijk	3	3	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1			
			rijk	3	3	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1			
			arm	1	2	1	2	1	2	1	3	1	1	1	1	1			
		matig hard	zeer rijk	3	3	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1			
			rijk	1	2	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1			
			arm	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
zacht		zeer rijk	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
		rijk	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
		arm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				

1 gering, 2 vrij groot, 3 groot

4.5 RISICO OP VORMING TOXISCH WATERSTOFSULFIDE

Bij aanvoer van sulfaatrijk water bestaat ook het risico op de vorming van waterstofsulfide doordat als gevolg van zuurstofloosheid en anaërobe afbraakprocessen sulfide wordt gevormd. Wanneer ijzer aanwezig is slaat dit neer als ijzer-sulfide (FeS), maar bij afwezigheid van ijzer wordt giftig waterstofsulfide gevormd (HS⁻, bekend van de rotte-eiergeur). Voorwaarden voor het optreden van dit proces zijn dat de overstroming plaatsvindt in het zomerhalfjaar, en dat het substraat arm is aan ijzer. Waar kritische grenzen liggen voor het sulfaatgehalte is niet duidelijk. Door Lamers worden in een ijzerarme omgeving al ruimschoots toxische waterstofsulfide-concentraties van meer dan 1 mMol HS⁻ aangetroffen bij sulfaatgehalten van ca 50 mg SO₄/l. Daarom is aangenomen dat de kans op vorming van waterstofsulfide al plaats kan vinden bij relatief lage hoeveelheden sulfaat in het oppervlaktewater.

In tabel 4.6 is het risico op toxisch waterstofsulfide aangegeven als functie van het sulfaatgehalte van het oppervlaktewater, het ijzergehalte van het substraat en de periode waarin overstroming plaatsvindt. Voor het ijzergehalte is een tweedeling aangehouden tussen ijzerhoudend en ijzerloos. Ijzerloos zijn zandgronden waaruit als gevolg van podzoliatie het ijzer is verdwenen (podzolen, gooreerdgronden) en klei-arme veengronden die niet onder invloed staan van kwel. De beschrijving van de klassen voor sulfaatgehalte, overstromingsperiode en ijzergehalte is te vinden in tekstkaders 1, 3 en 4.

Bij de schatting van het risico op vorming van waterstofsulfide is uitgegaan van de volgende vuistregels:

- vorming van waterstofsulfide kan in terrestrische systemen optreden bij inundatie met sulfaatrijk water in het zomerhalfjaar in een ijzerloze omgeving.
- vorming van waterstofsulfide kan in aquatische systemen optreden bij inundatie met sulfaatrijk water in een ijzerloze omgeving.

TABEL 4.6 RISICO OP VORMING TOXISCH WATERSTOFSULFIDE ALS FUNCTIE VAN SULFAATGEHALTE OPPERVLAKEWATER, PERIODE VAN OVERSTROMING EN IJZERRIJKDOM SUBSTRAAT

Sulfaatgehalte oppervlaktewater	Overstromingsperiode	Substraat		
		ijzerhoudend	ijzerloos	
			aquatisch	semi-aquatisch, terrestrisch
sulfaatrijk	zomerhalfjaar	1	3	3
	winterhalfjaar	1	3	1
matig sulfaatrijk	zomerhalfjaar	1	3	3
	winterhalfjaar	1	2	1
sulfaatarm	zomerhalfjaar	1	2	2
	winterhalfjaar	1	1	1

1 gering, 2 vrij groot, 3 groot

4.6 KANSRIJKDOM FUNCTIECOMBINATIES IN RELATIE TOT DE ZUURGRAAD VAN NATUURDOELTYPEN

De kansrijkdom in relatie tot buffering is afhankelijk van de frequentie van overstroming en de hardheid van het water. Voor de indeling naar hardheid en overstromingsfrequentie wordt verwezen naar de tekstkaders 4 en 1. Voor de zuurgraad van de natuurdoeltypen wordt verwezen naar bijlage 2.

In tabel 4.7 is de kansrijkdom van de functiecombinatie ten aanzien van zuurbuffering aangegeven. Daarbij is uitgegaan van de volgende vuistregels:

- aan zure standplaatsen gebonden natuurtypen zijn niet te combineren met overstroming, met uitzondering van onregelmatige tot incidentele overstromingen met zacht tot matig hard water.
- aan zwak zure standplaatsen gebonden natuurtypen zijn alleen gevoelig voor de aanvoer van basen bij frequente overstromingen met hard water.
- aan neutrale tot basische standplaatsen gebonden natuurtypen zijn niet gevoelig voor de aanvoer van basen met oppervlaktewater.

TABEL 4.7 COMBINEERBAARHEID VAN AAN ZURE, ZWAK ZURE EN NEUTRAAL TOT BASISCHE STANDPLAATSEN GEBONDEN NATUURDOELTYPEN MET WATERBERGING ALS FUNCTIE VAN DE HARDHEID VAN HET OVERSTROMINGSWATER EN DE FREQUENTIE VAN OVERSTROMING

Hardheid water	Overstromingsfrequentie	Zuurgraad natuurdoeltype				
		zuur		zwak zuur		neutraal-basisch
		aquatisch	terrestrisch	acquatisch	Terrestrisch	
zacht	incidenteel					
	onregelmatig					
	regelmatig					
	frequent					
matig hard	incidenteel					
	onregelmatig					
	regelmatig					
	frequent					
hard	incidenteel					
	onregelmatig					
	regelmatig					
	frequent					

	niet combineerbaar	-	(vrij) zeker
	slecht combineerbaar	?	onzeker
	matig combineerbaar	??	speculatief
	goed combineerbaar		

4.7 KANSRIJKDOM FUNCTIECOMBINATIE IN RELATIE TOT AANVOER ZOUT

Omdat het te bergen water meestal voor een groot deel bestaat uit regenwater zal het chloridegehalte meestal geen probleem vormen. Een uitzondering vormen systemen die juist gebonden zijn aan brakke tot zoute omstandigheden, zoals die bijvoorbeeld langs de kust voorkomen op plekken waar zoute kwel optreedt of waar zich nog zout in de bodem bevindt. Berging van zoet water kan hier nadelige effecten hebben op standplaatscondities en vegetatie. Het gaat om de natuurdoeltypen 'brak stilstaand water' en 'binnendijks zilt grasland' (bijlage 1).

In zoete ecosystemen zijn problemen te verwachten wanneer het te bergen water vermengd is met rivier- of zeewater en als gevolg daarvan een chloridegehalte van meer dan 150 à 200 mg/l heeft. Bij deze gehalten zijn nadelige effecten op de soortenrijkdom te verwachten omdat sommige planten zo gevoelig zijn dat ze zelfs bij deze lage gehalten al achteruit gaan. Voor watervegetaties is in Runhaar e.a. (1997) terug te vinden welke soorten in het bijzonder gevoelig zijn voor licht verhoogde chloridegehalten. Uit het natuurdoeltype kan de

gevoeligheid voor licht verhoogde chloridegehalten niet of nauwelijks worden afgelezen. Met uitzondering van aan regenwater of zoet grondwater gebonden systemen kunnen de overige doeltypen zowel onder zeer zoete (chloridegehalte < 200 mg/l) als licht brakke omstandigheden (200-1000 mg/l) voorkomen, waarbij de soortenrijkdom onder zeer zoete omstandigheden gemiddeld genomen groter is dan onder licht brakke omstandigheden.

In tabel 4.8 wordt de kansrijkdom van de functiecombinaties met zoete en brakke natuurdoelen weergegeven als functie van het zoutgehalte van het te bergen water. Voor een beschrijving van de zoutklassen waarmee het bergingswater wordt gekarakteriseerd wordt verwezen naar tekstkader 3. Voor de indeling van de natuurdoeltypen naar zoutgraad wordt verwezen naar bijlage 2.

TABEL 4.8 KANSRIJKDOM FUNCTIECOMBINATIES I.R.T. ZOUTGEHALTE

zoutgehalte water	Saliniteitsindeling natuurdoeltype			
	1 zeer zoet	2 zoet- licht brak	3 licht brak	4 brak tot zout
zeer zoet				
licht brak				
brak tot zout				

	niet combineerbaar	-	(vrij) zeker
	slecht combineerbaar	?	onzeker
	matig combineerbaar	??	speculatief
	goed combineerbaar		

4.8 TOEPASSING KANSRIJKDOMTABELLEN

De kennistabellen zijn bedoeld om na te gaan in hoeverre bestaand of geplande natuur (doel)typen te combineren zijn met geplande vormen van waterberging, en als dat niet het geval is, duidelijk te maken aan welke factoren dat te wijten is.

Om de kansrijkdom van een bepaalde combinatie van waterberging en natuurdoeltype vast te stellen is het nodig om eerst op basis van de tabellen 4.2, 4.3, 4.7 en 4.8 de combineerbaarheid vast te stellen op basis van respectievelijk:

- de inundatie in de winterperiode (verdrinking);
- de inundatie in de zomerperiode (verdrinking);
- de aanvoer van nutriënten (externe eutrofiëring);
- de aanvoer van basen (alkalinisering);
- de aanvoer van zout (verzilting/verzoeting).

De uiteindelijke kansrijkdom van de functiecombinatie kan vervolgens worden afgeleid uit de minimale combineerbaarheid uit bovenstaande rijtje, er van uitgaande dat wanneer een van de factoren (zuurstof, nutriënten, basen, zout) beperkend is dit niet gecompenseerd kan worden door een van de andere factoren. Wanneer de combinatie met overstromingen positief uitpakt voor het type en het type volgens bijlage 1 (vaak) afhankelijk is van de hydrodynamiek die met inundaties samenhangt, kan dat reden zijn om de kansrijkdom van de functiecombinatie hoger in te schatten. Datzelfde geldt voor de aanvoer van nutriënten en basen in het geval het type (vaak) van overstroming afhankelijk is voor de aanvoer van nutriënten en basen. Het kan echter ook zijn dat er risico bestaat op interne eutrofiëring en/of de vorming van giftig waterstofsulfide. In de tabellen 4.5 en 4.6 kan worden nagegaan hoe groot het risico hierop is, en in tabel 4.4 wat het effect op de combineerbaarheid is in situaties waar interne eutrofiëring te verwachten is.

Om de combineerbaarheid van waterberging en natuur te bepalen dient met alle bovenstaande aspecten rekening te worden gehouden. HET IS DUS NIET DE BEDOELING dat op basis van één van de deeltabellen (bv. kansrijkdom in relatie tot inundatie, tabel 4.2) conclusies worden getrokken over de mate waarin het natuurdoeltype valt te combineren met waterberging.

Door de grote hoeveelheid deeltabellen is het lastig om mate van combineerbaarheid te bepalen. Vandaar dat is besloten de tabellen via de STOWA-site raadpleegbaar te maken (www.stowa.nl -> Thema's -> waterberging -> waterberging en natuur -> rapport en digitale applicatie), waarmee toegang wordt geboden tot een invulscherm zoals dat in figuur 4.1 is weergegeven.

In figuur 4.1 zijn de resultaten weergegeven voor een hypothetisch voorbeeld waarbij het bestaande of geplande natuurtype 3.30 (dotterbloemgrasland van de beekdal) gecombineerd moet worden met twee verschillende vormen van waterberging. In de bovenste situatie levert berging geen problemen omdat het gaat om korte overstromingen, die voornamelijk optreden in de winter, en het type redelijk overstromingstolerant is. Enige aanvoer van nutriënten en basen kan gunstig zijn voor het type, zodat de uiteindelijke kansrijkdom van deze functiecombinatie is ingeschat als 'kansrijk'.

In de onderste situatie is de combineerbaarheid van functies veel lager ingeschat. Doordat er regelmatig overstromingen plaatsvinden in de zomer zijn er zowel bij de fauna als bij de flora nadelige effecten van overstromingen te verwachten. Doordat de overstromingsduur in de winter meer dan twee weken bedraagt zijn ook dan voor de fauna nadelige effecten te verwachten. Doordat er anders dan in de bovenste situatie geen sprake is van kwel is er bovendien een risico op interne eutrofiëring door de aanvoer van sulfaatrijk hard water.

FIGUUR 4.1 VOORBEELD VAN DE TOEPASSING VAN DE KANSRIJKDOMTABELLEN OM DE KANSRIJKDOM VOOR HET DOELTYPE 3.30, 'DOTTERBLOEMGRASLAND VAN BEEKDALEN', VAST TE STELLEN

The screenshot shows a web application titled 'Waterberging en Natuur'. The main content area is titled 'Doeltype 3.30 - Dotterbloemgrasland van beekdalen'. It contains several sections for inputting characteristics:

- Doeltypekenmerken:** Includes dropdowns for 'productiviteit' (matig hoog), 'invalselasticiteit' (groot), 'invalselasticiteit' (groot), 'hardheids' (12-50 [per]), 'zuurgraad' (neutraal-kalkrijk), and 'saliniteit' (zeer zacht (= 0 mg/l)).
- Eventueeltypekenmerken:** Includes dropdowns for 'frequentie' (frequent), 'duur' (kort), 'diepte' (shallow), 'aanvalselasticiteit' (overgevoelig), 'mate van sedimentatie' (matig), 'waterkwaliteit' (matig), 'sulfaatgehalte' (n.l.), 'zandgehalte' (zeer zacht), and 'hardheid' (hard).
- Substratekenmerken:** Includes dropdowns for 'zandgehalte' (groot), 'aanwezigheid nadelig afbrekend organisch materiaal' (aanwezig), 'nadeliggehalte bodem' (n.l.), and 'smaltheitsindex' (zeer).
- Beperkende combineerbaarheid:** Shows 'exclusief risico' as 0 - kansloos and 'inclusief risico' as 4 - kansrijk.

On the right side, there is a table titled 'Kansrijke functiecombinatie in relatie tot' with columns for 'Flora' and 'Fauna'.

	Flora	Fauna
interne eutrofiëring (overstroming)	3	3
aanvoer van nutriënten (overstroming)	3	2
aanvoer van basen (extreme overstroming)	3	
aanvoer van zout (zandoverstroming)	3	
aanvoer van zout (overstromingsvervalsing)	3	
interne eutrofiëring	3	
Misco's		
risico op interne eutrofiëring	groot	
risico op vorming sulfide	groot	

At the bottom, there are two buttons: 'exclusief risico' (0 - kansloos) and 'inclusief risico' (4 - kansrijk).

The screenshot shows a web application interface for 'Waterberging en Natuur'. The main content area is divided into several sections:

- Doeltypeparameters:** Includes fields for 'productiviteit' (matig hoog), 'overstromingsfrequentie' (matig hoog), 'overstromingsduur' (matig lang), 'overstromingsdiepte' (matig laag), 'overstromingsomvang' (regelmatig), 'max. vol. overstroming' (matig), 'waterdruk' (matig), 'aanslagkracht' (hög), 'schok' (sterk), and 'hardheid' (hard).
- Substratparameters:** Includes 'overstromingsfrequentie' (matig), 'overstromingsduur' (matig), 'overstromingsdiepte' (hög), 'schok' (sterk), and 'hardheid' (hard).
- Substratparameters (continued):** Includes 'overstromingsfrequentie' (matig), 'overstromingsduur' (matig), 'overstromingsdiepte' (hög), 'schok' (sterk), and 'hardheid' (hard).
- Substratparameters (continued):** Includes 'overstromingsfrequentie' (matig), 'overstromingsduur' (matig), 'overstromingsdiepte' (hög), 'schok' (sterk), and 'hardheid' (hard).
- Substratparameters (continued):** Includes 'overstromingsfrequentie' (matig), 'overstromingsduur' (matig), 'overstromingsdiepte' (hög), 'schok' (sterk), and 'hardheid' (hard).

On the right side, there is a table titled 'Natuurdoeltype 1.00 - Dotterbloemgrasland van beschelde' and a table titled 'Kenmerkende faunacombinaties in relatie tot'.

Kenmerkende faunacombinaties in relatie tot	Waarde	Waarde
wateroverstroming (vrijwel altijd)	3	31
overstromingsfrequentie (regelmatig)	21	21
overstromingsduur (matige overstroming)	3	
overstromingsdiepte (matige overstroming)	3	
overstromingsomvang (regelmatig)	3	
interne overstroming	31	

Below the table, there are sections for 'Waarde's' and 'Resulterende combineerbaarheid'.

Waarde's:

- Waarde op interne overstroming: groot
- Waarde op vorming veld: gering

Resulterende combineerbaarheid:

- evaluatie waarden: 2 - matig combineerbaar t/m
- actuele waarden: 1 - slecht combineerbaar t/m

Bij toepassing van de tabellen en de applicatie dient met de volgende beperkingen rekening te worden gehouden:

- Omdat er nog veel onzekerheden zijn over de lange-termijn effecten van waterberging op populaties van planten en dieren moeten de tabellen met enige voorzichtigheid worden gebruikt. Ze geven een eerste schatting op basis van de huidige, vaak zeer onvolledige kennis, en zullen in de toekomst ongetwijfeld nog enkele malen moeten worden aangevuld en bijgesteld op basis van nieuwe kennis.
- Voor fauna is de combineerbaarheid met waterberging slechts zeer ten dele in te schatten op basis van bovenstaande tabellen, omdat het voorkomen van soorten slechts in beperkte mate wordt bepaald door het natuurdoeltype en omdat over de lange-termijneffecten van overstromingen op de fauna slechts weinig bekend is. Volgens de geraadpleegde deskundigen zijn effecten van waterberging vrijwel altijd negatief voor de fauna, in de hier gepresenteerde tabellen is uitgegaan van een iets optimistischer schatting waarbij in productieve en dynamische natte natuur de effecten ook neutraal tot positief kunnen zijn. Het is echter mogelijk dat ook deze schattingen nog te pessimistisch (of juist te optimistisch) zijn.
- De tabellen zijn met name bedoeld voor situaties waarin inundaties met enige frequentie optreden. Over de effecten van zeer infrequente inundaties zoals die optreden bij calamiteitsberging is zo weinig bekend dat het zeer moeilijk is aan te geven in welke situaties waterberging en natuur wel of niet te combineren zijn.
- In de tabellen wordt aangegeven of een natuurdoeltype te combineren is met waterberging, zonder onderscheid te maken tussen bestaande of geplande natuur. Bij toepassing voor bestaande natuur moet bedacht worden dat ook bij natuurdoeltypen die in principe goed te combineren zijn met waterberging, zoals dotterbloemhooilanden en moeras, in eerste instantie negatieve effecten kunnen optreden. Dit als gevolg van het feit dat in de betreffende ecosystemen al lang geen overstromingen meer hebben plaatsgevonden en als gevolg daarvan soorten voorkomen die niet zijn aangepast aan overstroming.

5

WATERBERGING EN NATUURONTWIKKELING

5.1 INLEIDING

Met behulp van de voorgaande kansrijkdomtabellen kan voor de bestaande natuur worden beoordeeld wat de effecten van waterberging zullen zijn en kan worden nagegaan of bepaalde vormen van natuur wel of niet verenigbaar zijn met waterberging. Als het bestaande natuurtype niet verenigbaar is met de geplande vorm van waterberging zijn er weinig andere mogelijkheden dan af te zien van waterberging of te accepteren dat het bestaande natuurtype zal verdwijnen. In natuurontwikkelingsgebieden zijn er vaak nog mogelijkheden om het geplande type natuur aan te passen of te schuiven met de ligging van natuurdoeltypen. Behalve aan informatie over de mogelijkheden om bepaalde natuurtypen al dan niet te combineren met waterberging is er in die situaties ook behoefte aan meer algemene richtlijnen ten aanzien van bergingsdynamiek en ruimtelijke inrichting. In dit hoofdstuk worden een aantal algemene overwegingen gegeven die gebruikt kunnen worden in de planning van waterbergingsprojecten waarin sprake is van combinatie met natuur.

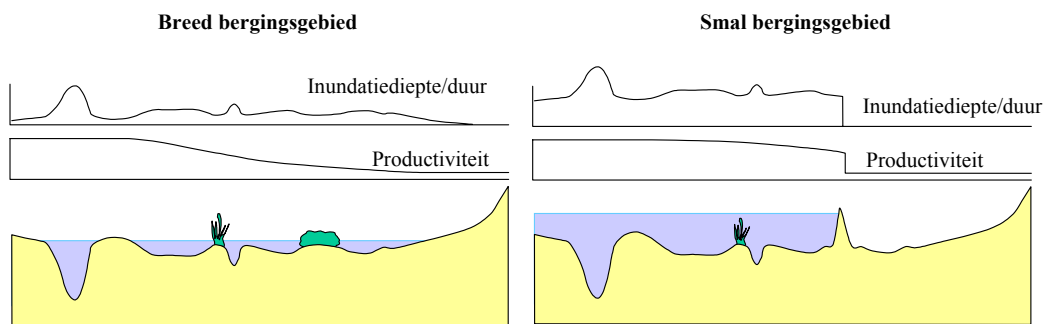
5.2 WATERBERGING EN NATUURONTWIKKELING

In het geval dat wordt gekozen voor een combinatie met aan overstroming aangepaste natte natuur zijn de mogelijkheden om waterberging en natuurontwikkeling te combineren groter naarmate de waterberging meer aansluit bij een natuurlijke dynamiek. Dat wil zeggen dat inundaties vooral in de winter en in het vroege voorjaar optreden, ze een regelmatig terugkerend karakter hebben, en de inundatiediepte beperkt is. De mogelijkheden om een dergelijke meer natuurlijke dynamiek te realiseren zijn het grootst in bovenstrooms gelegen delen van stroomgebieden. In benedenstrooms gelegen delen zijn de hoeveelheden te bergen water en de daaruit voortvloeiende risico's voor andere functies vaak zo groot dat er behoefte is aan meer gecontroleerde vormen van berging waarbij een grote hoeveelheid water in een korte tijd kan worden geborgen. Daarom is in laag-Nederland de berging van aangevoerd oppervlaktewater met als doel wateroverlast elders te voorkomen niet altijd te combineren met de wens voor een meer natuurlijke peildynamiek. Mogelijkheden voor het herstel van een meer natuurlijke peildynamiek liggen daar vooral in het vasthouden van water (zomerpolders, verbreding sloten, peilfluctuaties in boezemgebieden). Het vasthouden van water valt echter buiten het bestek van deze studie.

Om aan te sluiten bij een natuurlijke dynamiek zouden overstromingen het liefst regelmatig (jaarlijks of twee-jaarlijks) moeten optreden, zodat flora en fauna de kans krijgen zich aan te passen. Verder is het van belang dat het bergingsgebied voldoende groot is. In de eerste plaats omdat dan bij een geringe waterdiepte al relatief veel water kan worden geborgen, en peilfluctuaties dus beperkt kunnen blijven. Bij een geringe waterdiepte zijn er meer mogelijkheden voor dieren en planten om de inundaties te overleven. Bij waterberging in reliëfrijke gebieden in hoog-Nederland bieden grotere bergingsgebieden ook

meer mogelijkheden om gradiëntsituaties te creëren. Zoals aangegeven in hoofdstuk 3 is er in natuurlijke beek- en rivierdalen een duidelijke gradiënt aanwezig, met productieve en sterk gebufferde systemen dicht langs de rivier, waar de meeste sedimentatie plaats vindt, en overgangen naar zwak gebufferde en laag-productieve systemen op de overgangen naar de hoger gelegen infiltratiegebieden. Een dergelijke zonering is alleen te realiseren in grotere, liefst reliëfrijke gebieden met een breedte van tenminste enkele honderden meters (figuur 5.1). In kleine gebiedjes met weinig reliëf is het risico groot dat inundatie leidt tot het uitsterven van populaties van soorten en dat door de aanvoer van sediment alleen productieve systemen ontstaan.

FIGUUR 5.1 BIJ GROTERE BERGINGSGBIEDEN (LINKS) ZIJN WATERDIEPTES GERINGER EN ZIJN ER MEER MOGELIJKHEDEN VOOR HET ONTSTAAN VAN GRADIËNTEN DAN IN KLEINE GEBIEDEN (RECHTS)



Zoals hierboven aangegeven zijn de effecten van inundatie op flora en fauna het kleinst wanneer inundatie optreedt in het winterhalfjaar. Bij overstromingen later in het jaar, vanaf maart, is de kans op sterfte van organismen het grootst. Incidenteel optredende overstromingen in de zomerperiode zijn op zich niet dramatisch en komen ook in natuurlijke situaties voor. Voorwaarde is echter wel dat de herhalingsfrequentie niet te groot is, en dat er voldoende hoogteverschillen in het gebied aanwezig zijn om er voor te zorgen dat er restpopulaties overblijven om het gebied te kunnen herkoloniseren. En dat gebieden met een speciale voortplantingsfunctie, zoals voortplantingsplekken van amfibieën of gebieden met een weidevogeldeelstelling, zoveel mogelijk gevrijwaard blijven van overstromingen in de periode maart-mei. Bovendien dient er voor gezorgd te worden dat het aangevoerde water bij daling van de oppervlaktewaterpeilen weer afgevoerd kan worden, zodat -met uitzondering van laaggelegen permanent natte plekken- geen langdurige inundatie optreedt.

Een mogelijke andere strategie is om natuurontwikkeling juist te combineren met zeer infrequente waterberging (minder dan eens in de vijftig of honderd jaar) zoals die noodzakelijk is voor het voorkomen van calamiteiten. Zoals aangegeven in figuur 2.7 geeft dat de niet aan overstroming aangepaste ecosystemen tussentijds de kans zich van inundatie te herstellen. Vooral bij ecosystemen met een relatief snelle hersteltijd, zoals bij voedselrijke moerassen, is dit een optie. Deze strategie is echter niet zonder risico's. In geval van calamiteiten is de hoeveelheid te bergen water groot en zal vanwege de diepte en duur van de inundatie veel sterfte optreden. Ervaring met een proefoverstroming van een retentiepolder in 1987 langs de Rijn (Rast 2003, lezing tijdens Ecoflood Conference Polen) leert dat het draagvlak voor waterberging bij de plaatselijke bevolking sterk afneemt wanneer ze worden geconfronteerd met de sterfte van dieren en planten. Bovendien ontstaat bij deze meestal

grootschalige en langdurige vorm van waterberging het risico dat lokale populaties van plant- en diersoorten geheel uitsterven, wat de mogelijkheden voor herstel doet afnemen.

CONCLUSIES

- de mogelijkheden om natuurontwikkeling te combineren met waterberging zijn het grootst wanneer frequentie en duur van overstromingen aansluiten bij natuurlijke dynamiek: dat wil zeggen dat inundaties vooral in de winter en in het vroege voorjaar optreden en ze een regelmatig terugkerende karakter hebben.
- verder dienen de waterbergingsgebieden een zodanige omvang te hebben dat de overstromingsdiepte beperkt blijft en dienen er voldoende hoogteverschillen te zijn dat er vluchtplekken aanwezig blijven.
- incidentele (calamiteiten)berging is te combineren met natuurontwikkeling wanneer de herhalingsperiode van de inundaties vele malen langer is dan de herstelperiode van de betreffende ecosystemen; deze functiecombinatie is echter niet zonder risico's.

5.3 COMBINATIES MET ANDERE FUNCTIES

In dit rapport gaat de aandacht vooral uit naar mogelijkheden om de functie waterberging en natuur te combineren. Voor de volledigheid moet er echter op gewezen worden dat er ook nog andere functiecombinaties denkbaar zijn waarin waterberging en natuur een rol spelen.

Gedacht kan worden aan de combinatie van waterberging met biomassa-productie, waterzuivering en natuur, waarbij bergingsgebieden worden gebruikt om hoogproductieve gewassen als Riet en Wilg te telen ten behoeve van de energie-opwekking, terwijl de gebieden tevens een functie hebben voor de zuivering van het oppervlaktewater en voor de natuur (fourageer- en broedgebied van moerasvogels). In Nederland is het telen van biomassa alleen voor energie-opwekking niet rendabel. In combinatie met waterberging, waterzuivering en natuur is het mogelijk wel rendabel te maken (zie discussie Westein en van Overbeeke, 2001). In stadsranden kan ook gedacht worden aan functiecombinaties van waterberging met recreatie en natuur en waterberging met wonen en natuur (Gerritsen e.a. 2002).

De gedachtevorming over deze vormen van functiecombinaties is het op het moment van het schrijven van dit rapport nog volop in ontwikkeling zodat op dit punt nog geen concrete richtlijnen kunnen worden gegeven.

6

DISCUSSIE

6.1 COMBINEERBAARHEID WATERBERGING EN NATUUR

Een belangrijke aanleiding voor deze studie is de vraag in hoeverre natuur en waterberging zijn te combineren. Waar het gaat om *bestaande natuur* lijken deze mogelijkheden beperkt, met name waar het gaat om laag-dynamische en laag-productieve ecosystemen zoals schraalgraslanden en trilvenen. Maar ook bij meer dynamische en productievere vormen van natuur maken de kwaliteit van het te bergen water en de frequentie en intensiteit van de inundaties het niet altijd mogelijk om behoud van de bestaande natuur te combineren met waterberging. Bovendien zijn er nog veel onzekerheden over de effecten van waterberging op plant- en dierpopulaties en zijn de bestaande populaties vaak niet aangepast aan inundaties. Omdat de bestaande natuurgebieden vaak de laatste habitats en groeiplaatsen voor zeldzame soorten vormen, is in deze gebieden extra voorzichtigheid geboden.

Door de geraadpleegde deskundigen wordt waterberging in bestaande natuurgebieden unaniem afgeraden (bijlage 6). Daarbij speelt waarschijnlijk een rol dat de risico's op interne eutrofiëring en op het verdwijnen van dierpopulaties door hen zwaar worden ingeschat. Het is echter de vraag of waterberging in bestaande natuurgebieden onder alle omstandigheden nadelig is. Zeker waar het gaat om productievere ecosystemen als dotterbloemhooilanden en grote-zeggenvegetaties lijken er mogelijkheden te bestaan om deze te combineren met waterberging. Wel is duidelijk dat voorzichtigheid geboden is, en dat de mogelijkheden om waterberging en natuur te combineren groter zijn naarmate ook de overige milieucondities beter zijn. De weinige plekken waar in Nederland nog goed ontwikkelde dotterbloemhooilanden en grote-zeggenvegetaties voorkomen in combinatie met overstroming zijn niet toevallig tevens plekken met een gunstige hydrologische situatie door permanent hoge grondwaterstanden en de aanwezigheid van kwel.

Waar het gaat om nog te *ontwikkelen natuur* zijn ook de geraadpleegde deskundigen tamelijk optimistisch over de mogelijkheden om waterberging en natuur te combineren. Bij deze functiecombinatie wordt door hen vooral gedacht aan dynamische en productieve natuur in de vorm van bijvoorbeeld rietmoeras en wilgenbos. Omdat er geen sprake is van bestaande populaties van bedreigde plant- en diersoorten, en de productiviteit toch al groot is vanwege het eerdere gebruik als landbouwgrond, zijn nadelige effecten van waterberging hier minder te verwachten. In hoeverre vanuit het perspectief van natuurbeheer sprake is van winst afhankelijk van de functie van de gebieden. Waar het gaat om landbouwgebieden die een functie waterberging en natuur krijgen, is zonder meer sprake van winst omdat de dynamische hoog-productieve natuur die ontstaat met name voor de fauna veel kansen biedt, en de biodiversiteit veel hoger is dan die van de gangbare agro-ecosystemen.

Veel gebieden die zijn aangewezen voor de combinatie waterberging en natuur hebben echter al een natuurbestemming als onderdeel van de Ecologische Hoofdstructuur. De natuurdoelen voor deze gebieden zijn niet altijd te combineren met waterberging. In die gevallen zijn de opties om:

1. te volstaan met natuurtypen die wel combineerbaar zijn met waterberging en eventueel elders compensatie te zoeken voor doeltypen die in het waterbergingsgebied niet langer realiseerbaar zijn, of
2. af te zien van waterberging, of
3. de bestemming natuur te wijzigen.

Het is overigens de vraag of bij natuurontwikkeling in bestaande natuurgebieden alleen gedacht moet worden aan hoog-productieve systemen als moeras en wilgenstruweel. Zoals hiervoor aangeven lijken er wel degelijk mogelijkheden te bestaan om waterberging te combineren met matig productieve ecosystemen als grote-zeggenvegetaties en dotterbloemhooilanden. Dat biedt perspectieven om meer natuurlijke, met overstroming samenhangende gradiënten te herstellen. In hoeverre dat mogelijk is hangt af van de vraag of (a) het mogelijk is vanuit het landbouwverleden ingebrachte nutriënten te verwijderen of te immobiliseren, (b) de natuurlijke waterhuishouding in het gebied te herstellen (grondwaterstanden, kwel) en (c) de waterkwaliteit voldoende te verbeteren om eutrofiëring te voorkomen. Hoewel deze voorwaarden niet altijd op korte termijn zijn te realiseren, lijkt het verstandig om dit perspectief niet al bij voorbaat uit het oog te verliezen.

Over de mogelijkheden en de wenselijkheden om waterberging en natuur te combineren wordt door de verschillende maatschappelijke groeperingen uiteenlopend gedacht. Beleidsmakers en waterbeheerders zijn over het algemeen tamelijk optimistisch over de mogelijkheden. De Raad voor het Landelijk Gebied (2002) waarschuwt voor te groot optimisme bij beleidsmakers: "Het optimisme over het bereiken van win-win situaties lijkt soms een kritische beschouwing van de werkelijke mogelijkheden en onmogelijkheden in de weg te staan". De (landelijke) terreinbeheerders en geraadpleegde natuur-onderzoekers zijn duidelijker veel pessimistischer in hun oordeel over de mogelijkheden. Dit verschil in opvattingen hangt ongetwijfeld mede samen met de verschillen in verantwoordelijkheden. Waar beleidsmakers en waterbeheerders op zoek zijn naar mogelijkheden om waterberging te combineren met andere functies, maken terreinbeheerders en onderzoekers zich vooral zorgen over het behoud van de bestaande natuur.

In dit rapport is getracht zo veel mogelijk buiten deze discussie te blijven. Op basis van de bestaande gegevens en inzichten is zo goed mogelijk geschat aan welke voorwaarden moet worden voldaan om bestaande of geplande natuur te kunnen combineren met waterberging. Het wordt aan de waterbeheerders overgelaten om samen met de natuurbeheerders te bepalen of kan worden voldaan aan de eisen die de betreffende doeltypen stellen. Probleem is echter dat er maar beperkt empirische kennis aanwezig is. De onzekerheidsmarge is dus groot. Hoe met deze onzekerheid wordt omgegaan, is sterk afhankelijk van het type risico dat men wil nemen of juist vermijden.

Door in deze studie uit te gaan van het meest waarschijnlijke effect vindt impliciet een weging plaats. Daarbij wordt het risico dat ten onrechte waterberging plaatsvindt in gebieden met daarvoor gevoelige natuur (omdat de effecten te positief worden ingeschat) even zwaar gewogen als het risico dat mogelijkheden voor combinatie van waterberging en natuur worden gemist (omdat de effecten te negatief worden ingeschat). In de kennistabelen is geprobeerd deze onzekerheden zo goed als mogelijk aan te geven met behulp van vraagtekens. Op die manier kan de gebruiker nagaan welke effecten vrij zeker zijn, en er dus weinig discussie te verwachten is. En welke relaties onzeker zijn, en afhankelijk van het type risico dat men wenst te vermijden een meer optimistische dan wel pessimistische

inschatting mogelijk is. Uiteindelijk is het aan de gebruiker zelf om, op basis van de in dit rapport en in bijlage 6 aangedragen argumenten, te besluiten welk risico het zwaarste weegt.

6.2 BERGEN EN VASTHOUDEN

Uit de interviews die voor deze studie zijn gehouden, blijkt dat er veel verwarring bestaat over de inhoud van de begrippen bergen en vasthouden. Soms wordt de term berging gebruikt voor situaties die binnen het begrippenkader van het rapport 'Waterbeheer 21e eeuw' vallen onder vasthouden (bijvoorbeeld waar het gaat om 'ondergrondse berging'). Anderzijds worden maatregelen gericht op het bergen van aangevoerd oppervlaktewater, bijvoorbeeld retentiebekkens, vaak genoemd als mogelijkheden om water vast te houden. Deze spraakverwarring heeft mogelijk bijgedragen aan misverstanden tussen waterbeheerders en terreinbeheerders, omdat beiden praten over 'waterberging' terwijl de eersten daarbij denken aan waterberging in strikte zin (bedoeld om wateroverlast te voorkomen) terwijl terreinbeheerders daarbij (ook) denken aan vormen van waterconservering (bedoeld om verdroging tegen te gaan).

Voor de mogelijkheden om natuur te behouden of te ontwikkelen maakt het veel uit om welke vorm van 'waterberging' het gaat. In zowel gebieden met bestaande natuur als in natuurontwikkelingsgebieden geldt dat de mogelijkheden om waterberging en natuur te combineren groter zijn naarmate inundaties ten behoeve van waterberging qua frequentie en tijdstip beter aansluiten op een natuurlijke overstromingsdynamiek. Dat betekent dat overstromingen regelmatig optreden, niet te diep zijn en met name in de winter en in het vroege voorjaar optreden. Dit valt niet altijd te combineren met de wensen vanuit het waterbeheer, waar vanuit veiligheidsoverwegingen behoefte kan bestaan aan gebieden waar in extreme situaties veel water kan worden geborgen. Het vasthouden van water daarentegen staat hoog op het verlanglijstje van natuurbeheerders, omdat daarmee de verdroging van natuurgebieden kan worden tegengegaan.

In hoeverre 'waterberging' door terreinbeheerders als positief wordt ervaren, hangt sterk af van de invulling van het begrip. Momenteel ligt in het waterbeheer de nadruk vooral op het tegengaan van wateroverlast. Dit maakt 'waterberging' voor terreinbeheerders minder aantrekkelijk, omdat de daarvoor noodzakelijke vormen van waterberging vaak slecht te combineren zijn met natuur. Een meer geïntegreerde aanpak, waarbij ook aandacht wordt besteed aan het tegengaan van verdroging, en waarbij meer aandacht wordt besteed aan mogelijkheden voor vasthouden en vormen van waterberging die intermediair zijn tussen vasthouden en bergen, is beter te combineren met natuur en zou het draagvlak onder terreinbeheerders ongetwijfeld vergroten. Hiervoor zijn echter maatregelen noodzakelijk over veel grotere arealen. De combinatie van berging en conservering in grote aaneengesloten gebieden maakt het lokaal verdwijnen van soorten door overstroming ook minder bezwaarlijk door grotere kansen op hervestiging elders.

6.3 HYDROLOGISCHE ASPECTEN

Hoewel het niet het onderwerp vormt van deze studie, wordt hier signaleerd dat er ook op hydrologisch gebied veel vragen zijn over de effectiviteit van vasthouden en bergen van water en de vraag wanneer welk middel wordt ingezet. Vasthouden en bergen leiden niet automatisch tot win-win situaties waarbij alle functies in een gebied profiteren, en kunnen

soms elkaar zelfs in de weg zitten. Vasthouden van water ten einde watertekorten tegen te gaan kan extra wateroverlast ten gevolge hebben, terwijl een waterberging die volledig gericht is op het tegengaan van wateroverlast in uitzonderlijke natte perioden vaak weer niet voldoet aan de eisen die vanuit natuurbeheer worden gesteld aan het waterregime. Er is daarom behoefte aan integrale gebiedsstudies waarin wordt nagegaan of het mogelijk is een zodanige combinatie te vinden van vasthouden en bergen dat zowel wateroverlast als watertekorten effectief worden bestreden, en idealiter de maatregelen elkaar aanvullen in plaats van elkaar tegen te werken.

Behalve onzekerheden over de effecten van waterberging, zijn er ook onzekerheden over de eigenschappen van de waterberging zelf. Toevallige weersomstandigheden en eventuele klimaatsveranderingen maken het lastig om frequentie en tijdstip van overstromingen te voorspellen. Bij de keuze van bergingsgebieden zal ook met deze onzekerheid rekening dienen te worden gehouden.

6.4 BENADERING VIA NATUURDOELTYPEN

In deze studie wordt de natuur beschreven aan de hand van de natuur(doel)typen uit de landelijke indeling volgens Bal e.a. (2001). Deze keuze is gemaakt omdat het natuurdoeltype richtinggevend is voor de doelstellingen vanuit het beleid, en dus ook voor de waterbeheerders richtinggevend is. Daar zijn twee bezwaren aan verbonden:

- Natuurdoeltypen en de hieraan toegekende doelsoorten zijn een beperkte doorsnede van de Nederlandse natuur en uit het doeltype is slechts bij benadering af te leiden in hoeverre soorten voorkomen die gevoelig zijn voor overstroming.
- Door uit te gaan van natuurdoeltypen is impliciet een keuze gemaakt voor een topologische benadering, dat wil zeggen een benadering waarbij vooral wordt gekeken naar processen die spelen op een bepaalde plek (op een kaart aangeduid met een zelfde natuurdoeltype) en minder naar ruimtelijke relaties.

Voor de flora vormt een dergelijke topologische benadering slechts een geringe inperking, omdat planten weinig bewegelijk zijn en het al dan niet kunnen voorkomen van planten in de eerste plaats bepaald wordt door de eigenschappen van de standplaats. Alleen waar waterberging van invloed is op de verspreiding van soorten (door aanvoer zaad met water) of op meta-populaties (door lokaal uitsterven van geïsoleerde populaties) is aanvullende ruimtelijke informatie nodig.

Bij de fauna ligt dit echter anders omdat de meeste fauna-soorten zeer bewegelijk zijn en daarom slechts in beperkte mate gebonden zijn aan bepaalde doeltypen. Dat maakt het lastig om op basis van het natuurdoeltype de mogelijke effecten op de fauna aan te geven. Het is sterk van de ruimtelijke configuratie afhankelijk welke soorten voorkomen, en ook de reactie van soorten op overstromingen wordt sterk bepaald door de ruimtelijke configuratie. Sommige soorten zijn in staat uit te wijken naar aangrenzende gebieden, andere soorten zijn minder beweeglijk of stellen hoge eisen aan uitwijkplekken.

Een alternatief, dat wordt aanbevolen door de geraadpleegde deskundigen (bijlage 6), is om de koppeling met natuurdoeltypen los te laten en uit te gaan van functionele diergroepen. Bij de indeling naar functionele groepen zou met name moeten worden gelet op eigenschappen die bepalend zijn de effecten van waterberging. Het belangrijkste verschil met de huidige benadering is dat in het voorstel het voorkomen van soorten behorende tot bepaalde functionele groepen niet wordt afgeleid uit het natuurdoeltype maar rechtstreeks

uit gebiedsinventarisaties. Dat betekent wel dat dat er inventarisatiegegevens voor de fauna beschikbaar moeten zijn.

Bij de beoordeling van de mogelijke effecten van waterberging zal vaker dan bij de flora rekening dienen te worden gehouden met ruimtelijke aspecten zoals de aanwezigheid van verbindingen, grootte en kwaliteit van uitwijkgebieden (voedsel, verstoring) en mogelijkheden voor hervestiging na waterberging. Echter ook bij de flora is niet de bedoeling dat blindelings wordt uitgegaan van het doeltype en de in dit rapport gepresenteerde tabellen en richtlijnen, en dient er rekening wordt gehouden met de eigenschappen van het betreffende gebied en de soorten die er voorkomen.

6.5 KENNISHIATEN

Zoals aan het begin van dit hoofdstuk al aangegeven vormt het gebrek aan empirische kennis een belangrijk knelpunt om de effecten van waterberging op natuur aan te kunnen geven. Doordat vanaf het begin van de vorige eeuw bevoeiingen niet meer nodig waren voor bemesting van landbouwgronden, en doordat er vanaf de tweede helft van de vorige eeuw nauwelijks nog overstromingen plaatsvonden in natuurgebieden, is er vanaf die tijd in Nederland nauwelijks meer onderzoek gedaan naar de effecten van overstromingen op de productiviteit en soortensamenstelling van agrarische en natuurlijke ecosystemen.

Vragen zijn er onder meer over de effecten van waterberging op de *nutriëntenhuishouding* en *productiviteit* van natuurlijke ecosystemen. In het natuurgerichte onderzoek zoals dat onder meer plaats vindt in het kader van OBN (Overlevingsplan Bos en Natuur) wordt veel aandacht besteed aan de effecten van mitigerende maatregelen als wateraanvoer en waterconservering. De ervaringen met deze beheersmaatregelen zijn echter niet zonder meer overdraagbaar naar waterbergingssituaties omdat bevoeiing en vernatting op een aantal punten wezenlijk afwijken van overstromingen zoals die optreden bij waterberging. Kenmerken van overstromingen ten behoeve van waterberging zijn onder meer dat er geen mogelijkheden zijn om de input van nutriënten te beperken, bijvoorbeeld door de keuze van het inlaatmoment en door het gebruik van technische maatregelen (verlengde aanvoerweg, helofytenfilters), en dat het meestal gaat om veel grotere hoeveelheden water. Onbeantwoorde vragen zijn er met name rond de aanvoer van nutriënten, zoals de vraag wat de relatieve bijdrage van de met sediment aangevoerde voedingsstoffen is. Experimenteel onderzoek lijkt de meest aangewezen weg om deze vragen te beantwoorden.

Bij de *fauna* is er in eerste instantie behoefte aan een methode waarmee de effecten van overstromingen beschreven kunnen worden. Daarvoor zou de hiervoor genoemde benadering via functionele faunagroepen verder uitgewerkt en uitgetest kunnen worden. De indeling in functionele groepen zou vervolgens gebruikt kunnen worden om hypothesen op te stellen over de gevoeligheid van groepen. Door vergelijkend onderzoek in de ruimte (vergelijking gebieden met en zonder overstroming) en in de tijd (gebieden voor en na overstroming) zouden deze hypothesen getoetst kunnen worden.

Waar het gaat om waterberging in combinatie met *natuurontwikkeling* is er vooral behoefte aan experimenten om na te gaan of bepaalde vormen van natuurontwikkeling inderdaad te combineren zijn met waterberging. Daarbij kan gedacht worden aan de ontwikkeling van productieve rietmoerassen en broekbossen, waarbij de vragen onder meer zijn welke eisen

dergelijke systemen stellen aan de waterberging, en welke bijdrage ze leveren aan biodiversiteit en aan andere functies (veenvorming, koolstofvastlegging).

Daarnaast is veel behoefte aan inzicht in de *veerkracht* van ecosystemen om te kunnen voorspellen wat de effecten zullen zijn van infrequente en diepe overstromingen zoals die plaatsvinden bij calamiteitenberging. Omdat er in Nederland weinig mogelijkheden zijn voor experimenteel onderzoek (er zijn weinig natuurbeheerders die bereid zullen zijn hun gebied ter beschikking te stellen voor experimenten), en omdat de interesse vooral uitgaat naar effecten op lange termijn (hoe snel herstellen populaties zich) zal het hier vooral gaan om modelmatige exercities op basis van populatie-ecologische kennis. Voor het toetsen hiervan liggen er mogelijkheden in historische overstromingen in Nederland (Massop en Knol, 2004 in prep.) of recente grootschalige overstromingen elders in Europa.

Door de bij de workshop aanwezige deskundigen zijn nog tal van aanvullende suggesties gedaan voor onderzoek. Hiervoor wordt verwezen naar bijlage 6.

7

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In dit hoofdstuk worden kort de belangrijkste conclusies en de daaruitvolgende aanbevelingen weergegeven. Voor conclusies ten aanzien van deelaspecten wordt verwezen naar de voorgaande hoofdstukken en voor een overzicht van de gehele studie naar de samenvatting aan het begin van dit rapport.

KENNIS OVER EFFECTEN WATERBERGING OP DE NATUUR

- De kennis over effecten van waterberging op de natuur is beperkt. Bij de vegetatie zijn er met name vragen over de invloed van waterberging op de nutriëntenhuishouding en de productiviteit, en bij de fauna over de lange-termijn-effecten van inundaties op de soortensamenstelling en de grootte van populaties.
- Anders dan in het verleden vaak aangenomen lijkt de hoeveelheid in het water opgeloste nutriënten slechts in beperkte mate van invloed op de productiviteit van de vegetatie. De aanvoer van nutriënten met slib lijkt een belangrijker factor te zijn. Dit dient verder onderzocht te worden.
- Onduidelijkheid is er over de invloed van interne eutrofiëring op de hoeveelheid nutriënten die voor de plantengroei beschikbaar is. Bij inlaat van oppervlaktewater in natuurgebieden, met als doel verdroging te bestrijden, vormt interne eutrofiëring een serieus probleem. Gezien het feit dat het bij waterberging meestal gaat om kortdurende inundaties, die voor een belangrijk deel plaatsvinden in de winterperiode en het vroege voorjaar, is aangenomen dat bij waterberging de bijdrage van interne eutrofiëring beperkt is ten opzichte van die van externe eutrofiëring door de aanvoer van nutriënten.

COMBINEERBAARHEID WATERBERGING EN NATUUR

- De mogelijkheden om waterberging en natuur te combineren zijn het grootst bij die vormen van waterberging die het meeste aansluiten bij een natuurlijk overstromingsregime. Dat wil zeggen een type berging waarbij regelmatig ondiepe overstromingen optreden, vooral in de winter en het vroege voorjaar.
- In bestaande natuurgebieden dient terughoudend te worden omgegaan met het gebruik als waterbergingsgebied. Hier komt vaak laag-dynamische en laag-productieve natuur voor, die niet of slechts in bijzondere situaties valt te combineren met waterberging. Bovendien is de bestaande flora en fauna vaak niet aangepast aan inundaties.
- In natuurontwikkelingsgebieden zijn er meer mogelijkheden om waterberging te combineren met natuur, waarbij vooral gedacht kan worden aan de combinatie met hoog-dynamische en hoog-productieve natuur. In situaties waar laag-productieve natuur gepland is, moet een afweging worden gemaakt of de plannen voor waterberging worden aangepast of een ander natuurdoel wordt geformuleerd.

- Waarschijnlijk zijn er ook mogelijkheden om waterberging in natuurontwikkelingsgebieden te combineren met matig productieve natuur (zeggenmoerassen en dotterbloemhooilanden), maar dat stelt hogere eisen aan de wijze van waterberging en aan de uitgangscodities.
- Bij zeer infrequente overstromingen, zoals die optreden bij calamiteitenberging, zijn er eveneens mogelijkheden om waterberging en natuur te combineren, mits de hersteltijd van de betreffende ecosysteemtypen veel korter is dan de herhalingsdijd van de overstroming. Nadelen zijn de risico's op het uitsterven van populaties en het verminderd draagvlak bij de bevolking als gevolg van massale sterfte van planten en dieren op het moment dat waterberging optreedt.
- In dit rapport is getracht zo goed mogelijk in te schatten in welke situaties waterberging en natuur wel en niet te combineren zijn. Uitgangspunt is daarbij dat beide typen risico's (risico op aantasting natuur door waterberging en risico dat kansen worden gemist om natuur en waterberging te combineren) even zwaar wegen.
- In die gevallen dat er onzekerheid bestaat over de combineerbaarheid van een bepaalde vorm van waterberging en een natuur(doel)type is dit in de tabellen met vraagtekens aangegeven. Op die manier kan de gebruiker nagaan of het gaat om vrij zekere of om onzekere relaties. In het laatste geval is de interpretatie afhankelijk van de vraag welke van de bovengenoemde risico's men wil vermijden. In die gevallen zullen de water- en terreinbeheerders op basis van de in dit rapport aangevoerde argumenten voor zich zelf moeten afwegen hoe groot ze het risico achten en of ze het risico aanvaardbaar vinden.

BERGEN EN VASTHOUDEN

- Er bestaat veel begripsverwarring rond de termen 'bergen' en 'vasthouden' die de communicatie tussen de verschillende actoren op het gebied van waterbeheer en natuur bemoeilijkt. Aanbevolen wordt een strikter onderscheid te maken tussen beide begrippen, waarbij de driedeling uit het rapport 'Waterbeheer 21e Eeuw' in vasthouden, bergen en afvoeren als uitgangspunt wordt genomen.
- Het zwaartepunt in het waterbeheer lijkt momenteel te liggen bij waterberging in strikte zin, gericht op het bergen van aangevoerd oppervlaktewater teneinde wateroverlast te voorkomen. Voor natuurbeheer liggen de grootste kansen echter bij het vasthouden van water gericht op het tegengaan van verdroging. Meer aandacht voor het vasthouden van water, conform het principe 'eerst vasthouden, dan bergen, en dan pas afvoeren' zou het draagvlak onder de natuurbeschermers ongetwijfeld vergroten.

GEBRUIK VAN NATUURDOELTYPEN

- Het gebruik van natuurdoeltypen als ingang om de bestaande of geplande natuur te beschrijven voldoet wel voor de vegetatie, maar niet waar het gaat om de fauna, omdat in deze benadering onvoldoende rekening kan worden gehouden met ruimtelijke aspecten.
- Voor de fauna lijkt daarom het beter om te werken met functionele groepen van soorten waarvan het voorkomen direct wordt afgeleid uit inventarisatiegegevens en niet uit het natuurdoeltype.

ONDERZOEK

- Waar het gaat om de effecten van overstromingen zijn er nog een groot aantal kennis-hiaten die een goede schatting van de effecten van waterberging bemoeilijken. Zo ontbreekt een goed inzicht in de effecten van overstroming op de nutriëntenbalans van systemen die gebruikt worden voor waterberging. Onderzocht zouden moeten worden hoeveel nutriënten worden aangevoerd via sediment en in welke situaties interne eutro-fiering een significante bijdrage levert aan de nutriëntenbalans. Andere aanbevelingen zijn:
 - Het ontwikkelen en uittesten van een methode om door middel van een benadering via functionele groepen van soorten de effecten van waterberging op de fauna te kunnen bepalen.
 - Het experimenteren met mogelijkheden om in waterbergingsgebieden dynamische vormen van natuur te ontwikkelen, met daarbij als vraag welke bijdrage ze kunnen leveren aan de biodiversiteit en aan andere functies.
 - Onderzoek naar de veerkracht van ecosystemen, nodig om de effecten van infre-quentie en diepe inundaties zoals die optreden bij calamiteitenberging in te kunnen schatten.
 - Verzamelen en analyse van gegevens uit gebieden met en zonder overstroming ten einde zicht te krijgen op de effecten van overstromingen op de soortensamenstelling van de fauna. Onderzoek in gebieden met overstroming kan tevens inzicht verschaf-fen in de natuurlijke overstromingsdynamiek en de mate waarin ecosysteemtypen hieraan zijn aangepast.
- Gezien het gebrek aan empirische gegevens wordt aanbevolen om bij de inrichting en/of aanwijzing van waterbergingsgebieden aandacht te besteden aan de monitoring van de effecten van waterberging, waarbij ook aandacht dient te worden besteed aan het vast-leggen van de uitgangssituatie.
- Vasthouden en bergen van water leiden niet automatisch tot win-win situaties waarbij alle functies in een gebied profiteren, en kunnen soms elkaar zelfs in de weg zitten. Er is daarom behoefte aan integrale gebiedsstudies waarin wordt nagegaan of het mogelijk is een zodanige combinatie te vinden van vasthouden en bergen dat zowel wateroverlast als watertekorten effectief worden bestreden, en idealiter de maatregelen elkaar aan-vullen in plaats van elkaar tegen te werken.

8

LITERATUUR

- Altenburg W. en E. Wymenga, 1994. De Blaugerzen van Akmarijp. *Gorteria* 20: 55-61.
- Andersen I.A., C.H. Hoffman & B. Kronvang, 2003. Water exchange and sedimentation during inundation of a lowland floodplain. Proceedings ECOFLOOD conference 'Toward natural flood reduction strategies', Warsaw, 6-13 sept 2003.
- Arts, G.H.P., G. van de Velde, J.G.M. Roelofs & C.A.M. van Swaay, 1990. Successional changes in the soft-water macrophyte vegetation of (sub)atlantic, sandy, lowland regions during this century. *Freshwater Biology* 24.
- Ausden, M. 2001. The effects of flooding of grassland on food supply for breeding waders. *British Wildlife*, February 2001, pp 179-187.
- Baas, W.J., 2001. Bodemdaling in veengebieden. *Landschap* 18: 109-117.
- Bakker, D., 1950. De flora en fauna van Walcheren en andere inundatiegebieden tijdens en na de inundatie. Verslagen Landbouwkundig onderzoek, Den Haag.
- Baaijens, G.J., Everts F.H en A.P. Grootjans, 2001, Traditionele bevoeiing van grasland. Een studie naar de vroeger bevoeiing van reservaten in Pleistoceen Nederland, alsmede enkele boezemlanden. Rapport OBN-18. EC-LNV, Wageningen.
- Baird, A.J. & R.L. Wilby, 1999 (eds). *Ecohydrology. Plants and water in terrestrial and aquatic environments*. Routledge, Londen.
- Bal, D., H.M. Beijer, M. Fellingier, R. Haveman, A.J.F.M. van Opstal & F.J. van Zadelhoff, 2001. *Handboek Natuurdoeltypen*. Wageningen, Expertisecentrum LNV.
- Barendregt A. (1993). *Hydro-ecology of the Dutch Polder Landscape*. Proefschrift Universiteit Utrecht.
- Bergmans, W. & A. Zuiderwijk, 1986. *Atlas van de Nederlandse amfibieën en reptielen en hun bedreiging*. KNNV, Utrecht.
- Blom, C.W.P.M. & L.A.C.J. Voeselek, 1996. Flooding: the survival strategies of plants – review. *Trends in Ecology and Evolution* 11(7): 290-295.
- Bosman, W., 1995. *Amfibieën in uiterwaarden; effecten van overstromingen op overwinterende amfibieën*. RIZA, Lelystad.

- Boxman, A.W. & A.H.F. Stortelder, 2000. Hoe natter, hoe beter? De invloed van het waterpeil bij maatregelen tegen verdroging in elzenbroekbossen. Vakblad Natuurbeheer 5: 75-77.
- Bouma, G.J.A., 1984. Geschiedenis Friese blauwgraslanden. Vanellus 37: 116-118.
- Bouman, Boesewinkel, Bregman, Deventer & Oostermeijer, 2000. Verspreiding van zaden. KNNV, Utrecht.
- Brink, F.W.B. van den, 1994. Impact of hydrology on floodplain lake ecosystems along the lower Rhine and Meuse. Proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen. 196 pp.
- Brink, F.W.B. van den, & G. van der Velde, 1991a. Macrozoobenthos of floodplain water of the rivers Rhine and Meuse in The Netherlands: a structural and functional analysis in relation to hydrology. Regulated rivers: Research and Management 6: 265-277.
- Brink, F.W.B. van den, M.M.J. Maenen, G. van der Velde & A. bij de Vaate, 1991b. 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. Limnol. 24: 2693-2699.
- Brock Th.C.M., J.J. Boon & B.G.P. Paffen, 1985. The effects of the season and water chemistry in the decomposition of *Nymphaea alba* L.: Weight loss and pyrolysis mass spectrometry of the particulate matter. Aquat. Bot. 22: 197-229.
- 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. 27: 57-73.
- Broekhuizen, S, B. Hoekstra, V. van Laar, 1992. Atlas van de nederlandse zoogdieren. KNNV, Utrecht.
- Bund, C.F. van de, 1998. Beschikbaarheid van de bodemfauna in grasland voor vogels. De Graspieper 18(1).
- Bijkerk, W. & R. Hunink-van Leeuwen, 2002. Effecten van waterberging op de ontwikkeling van natuurwaarden. Rapport Oranjewoud. In opdracht van Werkgroep Ecologische effecten waterberging. 51 pp. + Bijlagen.
- Coops, H. & K. van Vliet, 2002. Hydrologische aspecten van peildynamiek. In: Coops, H., 2003 (red): Ecologische effecten van peilbeheer: een kennisoverzicht. Rapport 2002.040. RIZA, Lelystad.
- Cornelissen, A.H.M., J. Harmsen, C. Kempenaar, W.C. Knol en W. van der Zweerde, 2003. Effecten van waterberging op plant- en dierziekten en contaminanten. Alterra Wageningen/STOWA, Utrecht.
- Decler, K. 2003. Population dynamics of marshland spiders and carabid beetles due to flooding: about drowning, air bubbling, floating, climbing and recolonization. Proceedings ECOFLOOD conference 'Toward natural flood reduction strategies', Warsaw, 6-13 sept 2003.

- Driessen A.M.A.J. , G.P. van der Ven en H.J. Wasser, 2000. Gij beken eeuwigvloeiend. Matrijs, Utrecht.
- Eerden, M.R., J.T. Vulink, G.K.R. Polman, H.J. Drost, G. Lenselink en W. Oosterberg, 1995. Oostvaardersplassen. 25 jaar pionieren op weke bodem. Landschap 12: 23- 39.
- Etherington, J.R., 1982. Environment and plant ecology. 2e ed. John Wiley & Sons, Cichester.
- Fogli, S., R. Marchesini & R. Gerdol, 2002. Reed (*Phragmites australis*) decline in a brackish wetland in Italy. Marine Environmental Research 53: 465-479.
- Fürtig, K., A. Rügsegger, C. Brunhold & R. Brändle, 1996. Sulphide utilisation and injuries in hypoxic roots and rhizomes of Common Reed (*Phragmites australis*). Folia Geobot. Phytotax 31: 143-151.
- Gieske, J.M.J. & J. Runhaar, 1994. Milieubeleidsindicator Verdroging. Fase 2b: Toepassing van de MBI-verdroging in Noord-Nederland. TNO-rapport OS 94-21B/CML-report 109. TNO-IGG, Delft.
- Geest, G.J. van, F.C.J.M. Roozen, H. Coops, R.M.M. Roijackers, A.D. Buijse, E.T.H.M. Peeters & M. Scheffer, 2003. Vegetation abundance in lowland flood plan lakes determined by surface area, age and connectivity. FRESHWATER BIOLOGY 48 (3): 440-454.
- Gerritsen, A., C. Kwakernaak, R. Bakkum & J. Icke, 2002, Blauwe Contouren. Waterberging in combinatie met wonen in de standrand. Habiforum, Gouda.
- Graveland, J & H. Coops, 1997. Verdwijnen van rietgordels in Nederland. Oorzaken, gevolgen en een strategie voor herstel. Landschap 14: 67-83.
- Groen, NM., Boudewijn, TJ & J. De Jonge, 2000. De effecten van overstromingen van uiterwaarden op de Steenuil. De Levende Natuur 5:143-148.)
- Hénault, C. en J.C. Germon, 2000. Nemis, a predictive model of denitrification on the field scale. European Journal of Soil Science 51: 257-270
- Henry, C.P., C. Amoros & C. Bornette, 1996. Species traits and recolonization processes after flood disturbances in riverine macrophytes. Vegetatio 122: 13-27.
- Hoffman, C.H., 2003. Re-establishing freshwater wetlands in Denmark. Proceedings ECOFLOOD conference 'Toward natural flood reduction strategies', Warsaw, 6-13 sept 2003.
- 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 1996: 299-316.
- Kemmers, R.H., 1996. Humusprofielen en bodemprocessen; beoordeling van mogelijkheden voor wateraanvoer. Landschap 13(3): 157-168.
- Kemmers, R.H., F.P. Sival en P.C. Jansen, 2003. Effecten van bevoeiing op de basentoestand en nutriëntenbeschikbaarheid van natte schraalgraslanden op klei- zand- en veengronden. Rapport 534. Alterra, Wageningen.

- Kemmers, R.H. & F.P. Sival, 2004. Gevolgen van waterberging voor de natuur. *H2O* 25(8): 28-31.
- Kleukers, R., E. van Nieukerken, B. Ode, L. Willemse & W. van Wingerden, 1997. De sprinkhanen en krekels van Nederland. Nationaal Natuurhistorisch Museum, Leiden.
- Kok, C.J. & B.J. van de Laar, 1991. Influence of pH and buffering capacity on the decomposition of *Nymphaea alba* L. detritus in laboratory experiments: a possible explanation for the inhibition of decomposition at low alkalinity. *Verh. Init. Verein. Limnol.* 24: 2689-2692.
- Kronvang, B., 2003. Functioning and importance of lowland river floodplains as sinks for sediment, organic matter and nutrients during flooding. Proceedings ECOFLOOD conference 'Toward natural flood reduction strategies', Warsaw, 6-13 sept 2003.
- Kümmerer, K. 2001. Pharmaceuticals in the environment, sources, fate effects and risks. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Lahr, J. 2004. Ecologische risico's van diergeneesmiddelengebruik. Alterra rapport 976.
- Lamers, L., F. Smolders, E. Brouwer & J. Roelofs, 1996. Sulfaatverrijkt water als inlaatwater? De rol van waterkwaliteit bij maatregelen tegen verdroging. *Landschap* 13(3): 169-180.
- Lamers, L.P.M., F. Smolders & J. Roelofs, 1999. Hoe gevoelig is natte natuur voor grondwaterverontreiniging? Op zoek naar sturende processen en factoren. *Landschap* 16(3): 179-189.
- Lamers, L.P.M., H.B.M. Tomassen & J.G.M. Roelofs, 1998. Sulphate-induced eutrophication and phytotoxicity in freshwater wetlands. *Environmental Science and Technology* 32: 199-205.
- Lamers, L.P.M., G.E. Ten Dolle, S.T.G. van den Berg, S.P.J. van Delft & J.G.M. Roelofs, 2001a. Differential responses of freshwater wetland soils to sulphate pollution. *Biogeochemistry*, 55(1): 87-102.
- Lamers, L.P.M., 2001. Tackling biochemical questions in peatlands. Proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen. 161 pp.
- Lamers, L., M. Klinge & J. Verhoeven, 2001b. OBN Preadvies Laagveenwateren. In opdracht van Expertisecentrum LNV, Ministerie van LNV. 126 pp. + Bijlagen.
- Lamers, L.P.M., S.J. Falla, E.M. Samborska, L.A.R. van Dulken, G. van Hegstum & J.G.M. Roelofs, 2002. Factors controlling the extent of eutrophication and toxicity in sulphate-polluted freshwater wetlands. *Limnology and Oceanography* 47(2): 585-593.
- Lammertsma, D.R., A.T. Kuiters & J.H. Faber, 2001. Een literatuurstudie naar effecten van inundatie en begrazing. Alterra, Wageningen. rapport 187.
- Leenaers, H., Schouten, C.J., Rang, M.C. 1988. Variability in the metal content of flood deposits. *Environ. Geol. water Sci.* 11:695-106.

Leeuw, C.C. de & E. Wymenga, 2003. Waterberging in de kop van de Blokslaetpolder. Verslag van een parktijkproef in een natuurgebied. Concept eindrapportage 2000-2003. Altenburg & Wymenga, Veenwoueden.

Loeb, R. en L.P.M. Lamers, 2003. The effects of river quality on the development of wet floodplain vegetations in the Netherlands. Proceedings ECOFLOOD conference 'Toward natural flood reduction strategies', Warsaw, 6-13 sept 2003.

Lucassen, E.C.H.E.T., 2004. Biochemical constraints for restoration of sulphate-rich fens. Proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen. 150 pp.

Massop H. Th. L. en W.C. Knol, 2004 in prep. Historisch Waterbeheer. Verkenning en definitie. Alterra, Wageningen.

Maas, G.J. & B. Makaske (2003) Sedimentation on embanked floodplains of the rivers Waal and IJssel. In: R.S.E.W. Leuven, A.G. van Os & P.H. Nienhuis (Eds.), Proceedings NCR-days 2002: current themes in Dutch river research. NCR-publication 20-2003, pp. 122-124

Maas, G.J., Makaske, B., Hommel, P.W.F.M., Nijhof, B.S.J. & H.P. Wolfert (2003) Verstoring en successie; rivierdynamiek en stroomdalvegetaties in de uiterwaarden van de Rijntakken. Alterra-rapport 759, Alterra, Wageningen.

Meuleman, A.F.M., 1999. Performance of treatment wetlands. Proefschrift Universiteit Utrecht.

Middelkoop, H. 1997. embanked floodplains in the Netherlands. Geomorphological evolution over various time scales. Netherlands Geographical Studies, KNAG, Utrecht.

Mitsch, W.J., C.L. Dorge & J.R. Wiemhoff, 1979. Ecosystem dynamics and a phosphorus budget of an alluvial cypress swamp in southern Illinois. Ecology 60: 116-1124.

Mitsch, W.J. & J.G. Gosselink, 1993. Wetlands. 2e ed. Van Nostrand Reinhold, New York.

Molen, P. van der, 2002. Ecologische aspecten van overstroming en inundatie. Literatuuronderzoek naar de gevolgen van overstroming en inundatie voor de Brabantse natuurdoeltypen. DLG Noord-Brabant, Tilburg.

Oldeventerink, H.G.M., 2000/ Nitrogen, phosphorus and potassium flows controlling plant productivity and species richness. Proefschrift, Univ. Utrecht.

Olde Venterink, H., J.E. vermaat, M. Pronk, F. Wiegman, G.E.M. van der Lee, M.W. van den Hoorn, L.W.G. Higler & J.T.A. Verhoeven. 2002. Importance of sedimentation and denitrification for plant productivity and nutrient retention in various floodplain wetlands along the river Rhine. In: Hoekstra, A.Y., H. Olde Venterink, E.F.W. Ruijgh en G.E.M. van der Lee (Eds.). Evaluation of floodplain management strategies: the added value of wetland rehabilitation. IRMA-SPONGE project no.8

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

Raad voor het landelijk gebied, 2002. Bergen met beleid Raad voor het landelijk gebied, Den Haag

Rang, MC., Schouten, CJ. 1988. Major obstacles to water quality management. Part 2: Hydro-inertia. *Verhandlungen Inter. Verein. Limnol.* 23:1482-1487.

Roelofs, J.G.M., 1991. Inlet of alkaline river water into peaty lowlands: effects on water quality and *Stratiotes aloides* L. stands. *Aquat. Bot.* 39: 267-293.

Roozen, F.C.J.M., G.J. van Geest, B.W. Ibelings, R. Roijackers, M. Scheffer & A.D. Buijse, 2003. Lake age and water level affect turbidity of flood plain lakes along the lower Rhine. *Freshwater Biology* 48: 519-531.

Runhaar, J., J.P.M. Witte & M. Van der Linden, 1997. Waterplanten en saliniteit. Demnat-2.1 rapport no. 5. RIZA, Lelystad.

Runhaar, J, C. Maas, A.F.M. Meuleman en L.M.L. Zonneveld, 2000. Herstel van natte en vochtige ecosystemen. Handboek. Nationaal Onderzoekprogramma Verdroging rapport 9-2. RIZA, Lelystad.

Runhaar., J. & P.C. Jansen, 2004 in prep. Overstroming en vegetatie. Vergelijkend onderzoek in vijf regelmatig overstroomde beekdallocalties. Alterra, Wageningen.

Sival, F.P., Makaske, B. & G.J. Maas (2003) The impact of floodplain sedimentation on vegetation; Quantifying nutrient input. Proceedings ECOFLOOD conference 'Toward natural flood reduction strategies', Warsaw, 6-13 sept 2003.

Smolders, A.J.P. & J.G.M. Roelofs, 1993. Sulphate-mediated iron limitation and eutrophication in aquatic ecosystems. *Aquat. Bot.* 46: 247-253.

Smolders, A.J.P., 1995. Mechanisms involved in the decline of aquatic macrophytes; in particular of *Stratiotes aloides* L. Proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen. 159 pp.

Smolders, A.J.P. & J.G.M. Roelofs, 1995. Internal eutrophication, iron limitation and sulphide accumulation due to the inlet of river Rhine water in peaty shallow waters in the Netherlands. *Arch. Hydrobiologie* 133(3): 349-365.

Smolders, A.J.P., J.G.M. Roelofs & C. Den Hartog, 1995. Internal eutrophication of aquatic ecosystems: mechanisms and possible remedies. *Acta Botanica Gallica* 142(6): 707-717.

Smolders, A., J.G.M. Roelofs & C. Den Hartog, 1996. Possible causes for the decline of the Water Soldier (*Stratiotes aloides*) in The Netherlands. *Arch. Hydrobiol.* 297.

Smolders, A.J.P. & J.G.M. Roelofs, 1996. The roles of internal iron hydroxide precipitation, sulphide toxicity and oxidizing ability in the survival of *Stratiotes aloides* roots at different iron concentrations in sediment pore water. *New Phytologist* 133: 253-260.

Smolders, A.J.P., E. Lucassen en J. G.M. Roelofs, 2003. Waterpeilregulatie in broekbossen: bron van aanhoudende zorg. *H2O* 24:17-19.

SOVON, 1987. Atlas van de Nederlandse vogels. SOVON, Arnhem.

Späth, V, 1988. Zur Hochwassertoleranz von Auenwaldbäumen. *Natur und Landschaft*, 63: 312-315.

Stanford, G., Dziena, S. & R.A. Vander Pol, 1975. Effect of temperature on denitrification rates in soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 39: 867-870.

Staatscommissie voor de bevoeiingen, 1897. Verslag van Staatscommissie benoemd bij koninklijk Besluit van 5 mei 1893, no. 16 tot het instellen van een onderzoek omtrent bevoeiingen. Den Haag.

Stoffers, A.L. & R. Knapp, 1962. Experimentelle Untersuchungen über den Einfluss von Überflutungen auf verschiedene Rasengesellschaften. *Berichte Deutschen botanische Gesellschaft* 75: 280-294.

Stuyt, LCPM, van der Bolt, FJE., de Bont, CHM, van den Brink, NW., Immink, I., Groenenberg, JE., Higler, LWG., Knol, WC., Kros, J., Koomen, AJM., Maas, GJ., Makaske, A., Runhaar, J., Sival, FP. 2001. Effecten van overstromingen op LNC-waarden, landbouw, natuur en milieu. In: *Wat als we nat gaan?* Delft Cluster.

Tax, M.H., 1989. Atlas van de Nederlandse dagvlinders. *Natuurmonumenten*, 's Graveland.

Verdonschot, P.F.M., Nijboer R.C & L.W.G. Higler, 2002. *Stromende wateren*. Hoofdstuk 6 uit: E. van Liere & D.A. Jonkers, 2002, *Watertypegerichte normstelling voor nutriënten in oppervlaktewater*. Rapport 703715002. RIVM, Bilthoven.

Vermaat, J. en L. Bos, 2003. *Gebruikershandleiding bij de hultabel 'Effecten van waterberging op plant- en dierziekten en contaminanten'*. IVM, Amsterdam/CLM, Utrecht. Aanvulling op Cornelissen e.a. 2003.

Vethaak, AD., Rijs, GBJ, Schrap, SM., Ruiten, H., Gerritsen, A. & Lahr, J. 2002. Estrogens and xeno-estrogens in the aquatic environment of The Netherlands, occurrence, potency and biological effects. RIZA/RIKZ report 2002.001 ISBN 9036954010

Vlinderstichting, 2004. *Beschermingsplan Gentiaanblauwtje*. Vlinderstichting, Wageningen.

Waterschap Vallei en Eem, 2002. *Jaarverslag oppervlaktewater 2002*.

Westein, E. en F. van Overbeeke, 2001. *Duurzame energie en waterberging*. Achtergrondnotitie bij het project *Blauwe Contouren*. In: A. Gerritsen, C. Kwakernaak, R. Bakkum & J. Icke, 2002, *Blauwe Contouren*. Waterberging in combinatie met wonen in de standrand. Habiforum, Gouda.

Wienk, L.D., J.T.A. Verhoeven, H.Coops en R. Portielje, 2000. *Peilbeheer en nutriënten*. Literatuurstudie naar de effecten van peildynamiek op de nutriëntenhuishouding van watersystemen. RIZA rapport 2000.012. 62 pp.

IJzerman, M.J., 1934. *Waterschap De Regge*. De erven J.J. Tijl, Zwolle.

BIJLAGE 1

BEGRIPPENLIJST

Deze bijlage is in de eerste plaats bedoeld om verwarring over de inhoud van de in dit rapport gebruikte begrippen weg te nemen. Dat geldt met name voor begrippen als vasthouden, bergen, retentie en conservering, die in de praktijk veel door elkaar heen gebruikt worden en waarvan de precieze inhoud sterk afhankelijk is van de context waarbinnen het begrip gebruikt wordt. Daarnaast is de bijlage bedoeld om termen die voor niet-ecologen minder bekend zijn toe te lichten..

Alkalinisering

De toename in hoeveelheid zuurbufferende stoffen (=toename in alkaliniteit). Bij overstroming met zoet water gaat het met name om de toename in de hoeveelheid bicarbonaat. Wordt meestal alleen gebruikt voor aquatische systemen, maar is hier ook gebruikt om de toename van de zuurbuffering door de aanvoer van bicarbonaat en kalk in terrestrische milieus aan te duiden.

Aquatisch

Uit water bestaand of aan water gebonden.

Aquatische ecosysteem

Een ecosysteem dat permanent of vrijwel permanent onder water staat.

*Bergen: zie water bergen**Calamiteitenberging*

Berging van water alleen in weinig voorkomende extreme situaties (minder dan eens in de 50 à 100 jaar).

Interne eutrofiëring

De toename in de productiviteit als gevolg van het ter beschikking komen van in het systeem in gebonden vorm aanwezige voedingsstoffen.

Externe eutrofiëring

De toename in de productiviteit als gevolg van de aanvoer van voedingsstoffen.

Eutrofiëring

Toename in productiviteit van natuurlijke ecosystemen. Dit leidt vaak tot een afname van de soortenrijkdom, en wordt daarom door natuurbeheerders meestal negatief beoordeeld.

Fosfaatmobilisatie

Het in oplossing gaan en daarmee voor de plantengroei beschikbaar komen van anorganisch gebonden fosfaat

Fosfaatmineralisatie

Het beschikbaar komen van fosfaat door de afbraak van organisch materiaal.

Hardheid

De hoeveelheid aan zuurbufferende stoffen in het water. In deze studie uitgedrukt in de hoeveelheid bicarbonaat.

Helofyt

Een planten die in het water groeit maar waarvan de wortels en bladeren boven water uitsteken, en die in staat is zuurstof uit de lucht naar de wortels te transporteren. Voorbeelden zijn Riet en diverse soorten Biezen en Zeggen.

Hypertroof

Situatie in aquatische systemen waarin het aanbod aan nutriënten zo groot is dat een onevenwichtige situatie ontstaat waarbij productie voornamelijk plaats vindt door algen en in warme perioden algenbloei gevolgd door sterfte optreedt.

Inundatie

Het onder water komen staan van een gebied of een deel van het gebied. Het kan daarbij zowel gaan om regenwater of grondwater van lokale herkomst als om van elders aangevoerd oppervlaktewater.

Kansrijkdom

Schatting van de mate waarin een door de gebruiker gewenste situatie gerealiseerd kan worden. In deze studie gaat het om de mogelijkheid om een combinatie van de functies waterberging en natuur te realiseren.

Mineralisatie

De afbraak van organisch materiaal waarbij de in het materiaal vastgelegde mineralen als Ca, N, P en K weer vrijkomen.

Natuurdoeltype

Een in het natuurbeleid nagestreefd type ecosysteem dat een bepaalde biodiversiteit en een bepaalde mate van natuurlijkheid als kwaliteitskenmerken heeft. In deze studie is uitgegaan van de landelijke indeling in natuurdoeltypen door Bal e.a. 2001. De natuurdoeltypen zijn in deze studie gebruikt om zowel de bestaande als de geplande natuur te karakteriseren.

Overstroming

Het onder water komen staan van een gebied met van elders aangevoerd oppervlaktewater.

Productiviteit

De productie aan biomassa van een systeem.

Saliniteit

Het gehalte van water aan zouten, in deze studie het gehalte aan keukenzout (NaCl). Omdat keukenzout vaak een groot aandeel heeft in de totale zoutlast én omdat keukenzout ook fysiologisch de meeste invloed heeft op aquatische organismen wordt de hoeveel keukenzout vaak gebruikt als maat voor de saliniteit. Ook in deze studie is dat het geval. Terminologisch is dit echter niet correct, en zou eigenlijk moeten worden gesproken van chloriniteit in plaats van saliniteit. Het gebruik van saliniteit om het gehalte aan keukenzout aan te

duiden is echter dermate ingeburgerd dat hier geen poging is gewaagd daar van af te wijken.

Sediment

Met water aangevoerd gesuspenderd materiaal dat na overstroming achterblijft. Kan zowel bestaan uit zand als klei, silt en fijn organisch materiaal. Fijn sediment wordt meestal aangeduid als slib.

Slib

Met water aangevoerd materiaal bestaand uit klei, silt en/of fijn organisch materiaal.

Semi-terrestrisch ecosysteem

Ecosysteem dat bestaat uit overgangen tussen water en land; verlandingsituaties als trilvenen of drijftillen en systemen die een deel van het jaar onder water staan.

Terrestrisch

Uit land bestaand of aan land gebonden.

Terrestrisch ecosysteem

Een ecosysteem dat niet of slechts kortstondig onder water staat.

Vasthouden: zie water vasthouden

Water bergen

Het opslaan van van elders aangevoerd oppervlaktewater teneinde benedenstrooms gelegen gebieden te vrijwaren van wateroverlast. Vindt geheel of vrijwel geheel bovengronds plaats.

Water conserveren: zie water vasthouden

Water vasthouden

Het ter plekke vasthouden van regen of via kwel aangevoerd water, teneinde verdroging tegen te gaan en/of de afvoer naar benedenstrooms gelegen gebieden te vertragen. Kan zowel ondergronds als bovengronds plaatsvinden, en leidt in het laatste geval tot inundatie.

Waterkwaliteit

De chemische samenstelling van het water, dan wel (2) de mate waarin de chemische samenstelling van het water voldoet aan bepaalde normen.

BIJLAGE 2

INDELING NATUURDOELTYPEN NAAR VOOR OVERSTROMING RELEVANTE KENMERKEN

Om de overstromingsgevoeligheid van de natuurdoeltypen in te kunnen schatten wordt in deze bijlage een overzicht gegeven van doeltypes-kenmerken die bepalend zijn voor de gevoeligheid voor overstroming. In tabel B2-1 is aangegeven welke kenmerken worden gebruikt en op welke manier ze bepalend zijn voor de gevoeligheid voor, dan wel de afhankelijkheid van, overstroming.

TABEL B2-1 OVERZICHT VAN DE KENMERKEN DIE ZIJN GEBRUIKT OM DE GEVOELIGHEID VOOR OVERSTROMINGEN TE BEPALEN.

Kenmerk	Bepalend voor:
Productiviteit + overstromingsafhankelijkheid	Gevoeligheid voor/afhankelijkheid van aanvoer nutriënten met overstroming
Zuurgraad + overstromingsafhankelijkheid	Gevoeligheid voor/afhankelijkheid van aanvoer basen met overstroming
Inundatietolerantie en hersteltijd	Gevoeligheid voor inundatie door verdrinking
Saliniteit	Gevoeligheid voor zoutgehalte van het te bergen water

Voor de indeling in natuurdoeltypen is uitgegaan van het Handboek Natuurdoeltypen (Bal e.a. 2001). Daarbij is een selectie gemaakt van die typen die bij regionale waterberging mogelijk inunderen met van elders aangevoerd oppervlaktewater. Natuurdoeltypen kenmerkend voor buitendijkse gebieden (uiterwaarden, getijdenwateren), duinen en hoger gelegen delen van het Heuvelland zijn derhalve buiten beschouwing gelaten. Ook de grotere wateren en de stromende wateren zijn niet meegenomen. Waar het natuurdoeltypes heterogeen is ten aanzien van de voor overstroming relevante kenmerken is uitgegaan van de subdoeltypen zoals die in het Handboek worden onderscheiden. Zo omvat het type 3.24 'Moeras' subdoeltypen die zodanig verschillen in overstromingsgevoeligheid dat ze apart in de lijst staan aangegeven (subdoeltypen 3.24a t/m 3.24e). In de lijst zijn alleen natuurdoeltypen opgenomen uit hoofdgroep 3 (half-natuurlijke typen). Een uitzondering is gemaakt voor de weidevogelgraslanden uit hoofdgroep 4 (Multifunctionele afgeleiden). Het gaat daarbij om cultuurgraslanden met als nevenfunctie weidevogelbescherming. Bij de gebufferde vennen is het type 3.22c, 'Beekdalven' toegevoegd zoals dat is beschreven in het achtergronddocument bij het Handboek Natuurdoeltypen (Arts, 2000).

Voor de schatting van de kenmerken is onder meer gebruik gemaakt van de informatie uit de databases 'Abiotische Randvoorwaarden Natuurdoeltypen' (Wamelink & Runhaar 2001) en 'Hydrologische Randvoorwaarden Natuur' (Runhaar e.a. 2002). Voor de indeling naar zoutgehalte is hier een versimpelde indeling gebruikt die aansluit bij de indeling die wordt gebruikt om het overstromingswater te karakteriseren (zie hoofdstuk 4, kader 3). Deze indeling wijkt af van die in Abiotische Randvoorwaarden Natuurdoeltypen en het handboek Natuurdoeltypen.

TABEL B2-2 KENMERKEN VAN NATUURDOELTYPEN BEPALEND VOOR DE OVERSTROMINGSGEVOELIGHEID EN/OF OVERSTROMINGSAFHANKELIJKHEID.

NDT	OMSCHRIJVING	Type systeem	Productiviteit	Zuurgraad	Overstromings-afhankelijkheid	Inundatietolerantie flora	Inundatietolerantie fauna	Herstetijd	Saliniteit
3.13a	Licht tot matig brak stilstaand water	1	4	5	0	3	3	2	4
3.13b	Sterk brak stilstaand water	1	4	5	0	3	3	2	4
3.14a	Gebufferde poel	1	4	5	0	3	3*	2	2
3.15	Gebufferde sloot	1	4	5	0	3	3	2	2
3.17b	Petgat	1	3	4	0	3	3	3	2
3.21	Zwak gebufferde sloot	1	3	3	0	3	3	2	2
3.22a1	'Zwak gebufferd ven'	1	2	3	0	3	3	2	1
3.22a2	'Beekdalven'	1	3	3	1	3	3	2	1
3.23	Zuur ven	1	1	1	0	3	3	3	1
3.24a	Droogvallend water en pioniermoeras	2	4	5	3	3	3	1	2
3.24b	Drijftil	1	3	4	0	2	3	3	2
3.24c	Waterriet en biezen	2	5	5	0	3	3	2	2
3.24e	Grote-zeggenmoeras	2	3	4	2	3	3	2	2
3.25	Natte strooiselruigte	3	4	4	0	3	3	2	2
3.27	Trilveen	2	1	4	0	2	3	4	1
3.28	Veenmosrietland	2	1	3	0	2	3	2	2
3.29a	Kleine zeggengrasland	2	1	3	0	2	2	3	1
3.29b	Kalkrijk schraalland	2	1	5	0	3	2	3	2
3.29c	Blauwgrasland	3	1	4	0	3	2	3	1
3.30	Dotterbloemgrasland van beekdalen	2	3	5	2	3	3	3	1
3.31	Dotterbloemgrasland van veen en klei	2	3	5	2	3	2	3	1
3.32a	Zilver schoongrasland	3	4	4	3	3	3	2	2
3.32b	Kievitsbloem- en pimpernelgrasland	3	4	5	2	3	2	3	2
3.32c	Nat, matig voedselrijk grasland	3	4	4	0	3	3*	2	2
4(3.32c)	Multifunctioneel nat, voedselrijk weidevogelgrasland	3	5	4	0	3	3*	2	2
3.33	Droog schraalgrasland van de hogere gronden	3	1	3	(1)	1	1	3	2
3.37a	Zinkweide	3	2	3	1	2	3	3	2
3.37b	Glanshaverhooiland van het heuvelland	3	3	4	0	2	2	3	2
3.37c	Kamgrasweide van het heuvelland	3	3	4	0	2	3	3	2
3.38a	Glanshaverhooiland van het zand- en veengebied	3	3	4	0	2	2	3	2
3.38b	Kamgrasweide van het zand- en veengebied	3	3	4	0	2	2	3	2
3.38c	Bloemrijk weidevogelgrasland van het rivieren- en zeeleigebied	3	4	4	0	2	2*	2	2
4(3.38c)	Multifunctioneel weidevogelgrasland van het zand- en veengebied	3	5	4	0	3	3*	3	2
3.39a	Stroomdalgrasland	3	2	4	1	2	3	3	2
3.39b	Glanshaverhooiland van het rivieren- en zeeleigebied	3	3	4	0	2	3	3	2
3.39c	Kamgrasweide van het rivieren- en zeeleigebied	3	3	4	0	2	3	3	2
3.39d	Bloemrijk weidevogelgrasland van het rivieren- en zeeleigebied	3	4	4	0	2	2*	2	2
4(3.39d)	Multifunctioneel weidevogelgrasland van het rivieren- en zeeleigebied	3	5	4	0	3	3*	2	2
3.41	Binnendijks zilt grasland	3	4	4	0	3	3*	3	4
3.42	Natte heide	3	1	1	0	2	2	3	1

NDT	OMSCHRIJVING	Type systeem	Productiviteit	Zuurgraad	Overstromings-afhankelijkheid	Inundatietolerantie flora	Inundatietolerantie fauna	Hersteltijd	Saliniteit
3.44	Levend hoogveen	3	1	1	0	2	2	3	1
3.45	Droge heide	3	1	1	0	1	1	3	1
3.50	Akker van basenrijke gronden	3	4	5	0	1	3	2	2
3.51	Akker van basenarme gronden	3	3	2	0	1	3	2	2
3.52	Zoom, mantel en droog struweel van de hogere gronden	3	3	-	0	1	1	3	2
3.53	Zoom, mantel en droog struweel van het rivieren- en zeeleigebied	3	3	4	0	2	2	3	2
3.55a	Wilgenstruweel	3	3	-	0	3	3	3	2
3.55b	Gagelstruweel	3	2	2	0	2	3	3	1
3.56	Eikenhakhout en -middenbos	3	1	-	0	1	2	4	2
3.57	Elzen-essenhakhout en -middenbos	3	3	4	0	3	2	4	2
3.59	Eiken-haagbeukenhakhout en -middenbos van zandgronden	3	2	3	0	2	2	4	2
3.60	Park-stinzenbos	3	4	4	0	2	2	4	2
3.62a	Elzenbroekbos	3	3	3	0	2	3	4	2
3.62b	Ruigt-elzenbos	3	4	4	0	2	3	4	2
3.63	Hoogveenbos	3	1	1	0	2	3	4	1
3.64	Bos van arme zandgronden	3	1	1	0	1	2	4	1
3.65	Eiken- en beukenbos van lemige zandgronden	3	1	2	0	1	2	4	1
3.66	Bos van voedselrijke, vochtige gronden	3	4	4	0	2	3	4	2
3.67a	Bronbos	3	2	3	0	2	3	4	1
3.67b	Beekbegeleidend bos	3	3	3	2	3	3	4	1
3.68	Eiken-haagbeukenbos van het heuvelland	3	2	4	0	1	2	4	1
3.69	Eiken-haagbeukenbos van zandgronden	3	2	3	0	1	2	4	1

Productiviteit

- 1 laag-productief
- 2 laag- tot matig productief
- 3 matig productief
- 4 matig tot hoog-productief
- 5 hoog-productief

Zuurgraad

- 1 zuur
- 2 zuur tot zwak zuur
- 3 zwak zuur
- 4 zwak zuur-basisch
- 5 neutraal-basisch

Overstromingsafhankelijkheid

- 0 niet afhankelijk
- 1 voor buffering afhankelijk
- (1) idem, deel van natuurdoeltype
- 2 voor nutriëntenaanvoer en buffering afhankelijk
- (2) idem, deel van natuurdoeltype
- 3 afhankelijk van hydrodynamiek

Inundatietolerantie

- 1 gering
- 2 matig
- 3 groot
- * belangrijk broedbiotoop voor amfibieën en vogels

Hersteltijd

- 1 1 à 2 jaar
- 2 3-10 jaar
- 3 11-50 jaar
- 4 > 50 jaar

Saliniteit

- 1 zeer zoet (<200 mg/l)
- 2 zoet tot licht brak (<1000 mg/l)
- 3 licht brak (200-1000 mg/l)
- 4 brak tot zout (> 1000 mg/l)

Type systeem

- 1 aquatisch
- 2 semi-terrestrisch
- 3 terrestrisch

De **productiviteit** is weergegeven in 5 klassen, lopend van 1 = laag-productief tot 5 = hoog-productief. De schatting van de productiviteit is gebaseerd op de indeling naar voedselrijkdom van de vegetatietypen die deel uitmaken van het doeltype, uitgaande van de database 'Abiotische Randvoorwaarden Natuurdoeltypen' (Wamelink en Runhaar 2001). Als de samenstellende vegetatietypen bij Wamelink en Runhaar alleen of voornamelijk zijn ingedeeld bij 'voedselarm' is het natuurdoeltype ingedeeld bij 1 (laag-productief), komen binnen het doeltype zowel vegetaties voor die kenmerkend zijn voor voedselarme standplaatsen als vegetaties die kenmerkend zijn voor matig voedselrijke standplaatsen dan is het doeltype ingedeeld bij 2 (laag- tot matig productief), etcetera. Alleen voor graslanden kan de productiviteit worden uitgedrukt in termen van droge-stofproductie. Bij afwijkende beheersvormen als plaggen of nietsdoen kan de feitelijke productie bij een zelfde nutriëntenaanbod afwijken van de hier genoemde cijfers.

TABEL B2-3 BETEKENIS VAN DE PRODUCTIVITEITSCODES

Code	Omschrijving	Productiviteit bij maaien en afvoeren (ton ds/ha)
1	laag productief	< 3
2	laag tot matig productief	<6
3	matig productief	3-6
4	matig tot hoog productief	>3
5	hoog productief	>6

Met **overstromingsafhankelijkheid** wordt aangegeven welke typen afhankelijk zijn of kunnen zijn van overstroming. Het gaat daarbij om typen die relatief vaak –maar niet noodzakelijkerwijs altijd- voor nutriëntenaanvoer, zuurbuffering en dynamiek afhankelijk zijn van overstroming met oppervlaktewater.

TABEL B2-4 BETEKENIS VAN DE CODES VOOR AFHANKELIJKHEID VAN OVERSTROMING

Code	Omschrijving
0	niet afhankelijk
1	voor buffering op arme en niet bemeste zand- en veengronden gronden afhankelijk van incidentele overstroming
(1)	idem, maar geldt slechts voor deel van natuurdoeltype
2	voor nutriëntenaanvoer en buffering op arme en niet bemeste zand- en veengronden afhankelijk van regelmatige overstroming
3	omvat veel pioniersoorten die afhankelijk zijn van hydrodynamiek (inundatie en droogval)

Met **inundatietolerantie** wordt aangegeven in hoeverre de binnen het doeltype voorkomende soorten gevoelig zijn voor het onder water komen te staan. Voor de schatting van de inundatietolerantie van de vegetatie is gebruik gemaakt van informatie over het kenmerk 'inundatietolerantie' zoals weergegeven binnen de database 'Abiotische Randvoorwaarden Natuurdoeltypen' (zie bijlage 3). Voor de fauna is de inundatietolerantie afgeleid uit het voorkomen van doelsoorten behorend tot diergroepen die wel of niet inundatietolerant zijn (zie bijlage 4).

TABEL B2-4 BETEKENIS VAN DE CODES VOOR INUNDATIETOLERANTIE

Code	Omschrijving	Betekenis
1	gering	bij inundatie langer dan enkele dagen in het groeiseizoen sterft groot deel soorten waardoor populaties (lokaal) kunnen uitsterven
2	matig	bij inundatie van enkele weken gedurende het groeiseizoen sterft groot deel soorten waardoor populaties (lokaal) kunnen uitsterven
3	groot	merendeel soorten overleeft enkele weken (ondiepe) inundatie gedurende het groeiseizoen, alleen bij zeer langdurige en diepe inundaties ontstaat risico op uitsterven populaties

Met de **hersteltijd** wordt aangegeven hoe lang het duurt voordat een systeem zich weer opnieuw ontwikkelt nadat alle of vrijwel alle soorten zijn verdwenen. Daarbij is uitgegaan van het successiestadium (van pioniervegetaties tot bossen) en van de verspreiding van de soorten (soorten met of zonder een goede kans op aanvoer via lucht en water). Het laatste is uiteraard mede afhankelijk van de omgeving (gaat het om een geïsoleerd voorkomen van het type of komt het type in de omgeving veel voor), maar daar is in de tabel geen rekening mee gehouden. Er is uitgegaan van de gemiddelde mate van isolatie van het type, en van de mate waarin soorten zich via lucht of oppervlaktewater kunnen verspreiden. In bijlage 5 wordt aangegeven hoe de hersteltijd is afgeleid uit het successiestadium en de verspreiding van soorten.

TABEL B2-5 BETEKENIS VAN DE CODES VOOR HERSTELTIJD

Code	Omschrijving
1	binnen 1 à 2 jaar
2	binnen 3-10 jaar
3	binnen 11-50 jaar
4	meer dan 50 jaar

Met het **type systeem** wordt aangegeven in welke mate en gedurende welke tijd het type normaliter in contact staat met oppervlaktewater. Aquatische systemen staan zowel in de winter- als in de zomerperiode onder water en vallen zelden droog. Semi-terrestrische systemen staan indirect in contact met het oppervlaktewater doordat de vegetatie wortelt in een drijvende veenlaag (kragge), of staan aan het begin van het groeiseizoen (april, mei) enkele weken tot enkele maanden onder water. Terrestrische systemen staan in de zomerperiode niet of slechts zeer zelden onder water. De mate waarin het systeem gedurende de zomerperiode onder invloed staat van oppervlaktewater is bepalend voor het risico op interne eutrofiëring door de aanvoer van sulfaatrijk en bicarbonaatrijk oppervlaktewater.

TABEL B2-6 BETEKENIS VAN DE CODES VOOR SYSTEEMTYPEN

Type systeem	
1	aquatisch
2	semi-terrestrisch
3	terrestrisch

BIJLAGE 3

AFLEIDING INUNDATIETOLERANTIE NATUURDOELTYPEN OP BASIS FLORA

De inundatietolerantie is afgeleid van de inundatietolerantie van de vegetatietypen die kenmerkend zijn voor het doelttype. In tabel 3-1 wordt aangegeven welke vegetatietypen kenmerkend geacht worden voor het natuurdoelttype en in hoeverre deze vegetatietypen volgens de database 'Abiotische Randvoorwaarden Natuurdoeltypen' (Wamelink en Runhaar 2000) optimaal (2) of suboptimaal (1) voorkomen op plekken die regelmatig, incidenteel of nooit inunderen. Alleen vegetatietypen die zijn opgenomen in de database staan vermeld, en er is geen onderscheid gemaakt tussen beeldbepalende vegetatietypen en overige typen.

De informatie over overstromingstolerantie uit de database is niet zonder meer overgenomen omdat in de database alleen is aangegeven of een type vaak of weinig voorkomt op overstromde plaatsen. In hoeverre dat samenhangt met de tolerantie voor inundatie zelf (het type is gevoelig voor het onder water komen te staan en de daarmee gepaard gaande geringe beschikbaarheid van zuurstof), of met de voorkeur voor nutriëntenarme en/of zure omstandigheden (de overstromde plekken zijn normaliter te voedselrijk of te basisch voor het type) wordt daarbij niet aangegeven. Omdat met de gevoeligheid voor -en de afhankelijkheid van- de aanvoer van nutriënten en basen al via de andere kenmerken rekening wordt gehouden zijn we in dit geval alleen geïnteresseerd in de tolerantie voor de inundatie op zich, los van de waterkwaliteit of de mogelijke aanvoer van nutriënten en basen met slib. Per natuurdoelttype is nagegaan of een geringe tolerantie volgens de database kan worden verklaard uit andere factoren dan de gevoeligheid voor het onder water komen te staan. Daarbij is als regel aangehouden dat een geringe inundatietolerantie te verwachten is bij weinig dynamische droge systemen, en een grote tolerantie bij dynamische natte systemen. In de laatste kolom is de inundatietolerantie weergegeven zoals die in deze studie is aangehouden. Met een * is aangegeven dat hier een hogere inundatietolerantie is aangehouden dan volgens Wamelink en Runhaar. Het gaat om vegetatietypen die wel tegen inundatie op zich kunnen, maar vanwege de gevoeligheid voor eutrofiëring weinig of niet voorkomen op plekken die overstromen.

Een aantal aquatische typen is niet in de tabel opgenomen omdat over de in deze doeltypen voorkomende vegetatietypen geen informatie wordt gegeven in de database 'Abiotische Randvoorwaarden Natuurdoeltypen' (de database is bedoeld voor toepassing in terrestrische systemen). Bij de aquatische typen die wel vermeld worden dient bedacht te worden dat overzicht van vegetatietypen incompleet is doordat puur aquatische waterplantenvegetaties ontbreken.

TABEL B3-1 VOORKOMEN VAN VOOR HET NATUURDOELTYPE KENMERKENDE VEGETATIETYPEN OP PLEKKEN DIE REGELMATIG, INCIDENTEEL OF NOOIT INUNDEREN, EN DE (ONDER MEER) HIERUIT AFGELEIDE INUNDATIETOLERANTIE VAN HET NATUURDOELTYPE

Natuurdoeltype	Vegetatietypen	Overstromings-frequentie standplaatsen			Inundatie-tolerantie doeltype
		regelmatig	incidenteel	nooit	
3.14a gebufferde poel	8Ab1 Watertorkruid-associatie	2	2	2	3
	8Ba2 Associatie van Waterscheerling en Hoge cyperzegge		1	2	
	29Aa2 Associatie van Goudzuring en Moerasandijvie		1	2	
	29Aa4 Slijkgroen-associatie	1	2	2	
3.15 gebufferde sloot	8Ab1 Watertorkruid-associatie	2	2	2	3
	8Ba2 Associatie van Waterscheerling en Hoge cyperzegge		1	2	
	29Aa2 Associatie van Goudzuring en Moerasandijvie		1	2	
3.17b petgat	8Ba2 Associatie van Waterscheerling en Hoge cyperzegge		1	2	3*
3.21 zwakgebufferde sloot	6Ab1 Associatie van Ongelijkbladig fonteinkruid				
	6Ac4 Associatie van Waterpunge en Oeverkruid		2	1	
3.22a zwak gebufferd ven	6Aa1 Associatie van Biesvaren en Waterlobelia				3*
	6Ab1 Associatie van Ongelijkbladig fonteinkruid				
	6Ac3 Associatie van Veelstengelige waterbies		2	1	
	6Ac4 Associatie van Waterpunge en Oeverkruid		2	1	
	10Ab1 Associatie van Draadzegge en Veenpluis				
28Aa1 Draadgentiaan-associatie		1	2		
3.23 Zuur ven	9Aa3 Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge		1	2	3*
	10Aa1 Waterveenmos-associatie			2	
	10Aa2 Associatie van Veenmos en Snelvbies			2	
	10Ab1 Associatie van Draadzegge en Veenpluis				
	11Aa1 Associatie van Moeraswolfsklauw en Snelvbies		1	2	
3.24a droogvallend water en pioniermoeras	8Ab1 Watertorkruid-associatie	2	2	2	3
	29Aa2 Associatie van Goudzuring en Moerasandijvie		1	2	
	29Aa4 Slijkgroen-associatie	1	2	2	
3.24b drijftil	8Ba2 Associatie van Waterscheerling en Hoge cyperzegge		1	2	2
3.24e zeggemoeras	8Bc1 Oeverzegge-associatie				3
	8Bc2 Associatie van Scherpe zegge	2	2	2	
	8Bc3 Blaaszegge-associatie				
	8Bd2 Pluimzegge-associatie				
	8Bd3 Associatie van Stijve zegge				
3.25 natte strooiselruigte	32Aa1 Associatie van Moerasspirea en Echte Valeriaan		1	2	3
	32Ba1 Rivierkruid-associatie	2	1		
	32Ba2a Moerasmelkdistel-ass.; typische subass.	1	1	2	
3.27 Trilveen	9Aa3 Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge		1	2	2
	9Ba1 Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge		1	2	
3.28 Veenmosrietland	9Aa2 Veenmosrietland		1	2	2
3.29a kleine zeggengrasland	9Aa3 Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge		1	2	2

Natuurdoeltype	Vegetatietypen	Overstromings-frequentie standplaatsen			Inundatie-tolerantie doeltype
		regelmatig	incidenteel	nooit	
3.29b kalkrijk schraalland	9Ba5 Associatie van Bonte paardestaart en Moeraswespenorchis 28Aa1 Draadgentiaan-associatie		2 1	2 2	3*
3.29c blauwgrasland	16Aa1a Blauwgrasland; subass. met Borstelgras 16Aa1d Blauwgrasland; subass. met Parnassia 16Aa1b Blauwgrasland; typische subass. 16Aa1c Blauwgrasland; subass. met Melkeppe 19Aa2 Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras 28Aa1 Draadgentiaan-associatie			2 2 2 2 1 1	3*
3.30 Dotterbloemgrasland van beekdalen	16Ab1 Veldrus-associatie 16Ab4 Associatie van Boterbloemen en Waterkruiskruid 16Ab6 Associatie van Gewone engelwortel en Moeraszegge	1	1 2 1	2 2 2	3
3.31 Dotterbloemgrasland van veen en klei	16Ab1 Veldrus-associatie 16Ab2 Associatie van Harlekijn en Ratelaar 16Ab4 Associatie van Boterbloemen en Waterkruiskruid	1	1 2	2 2 2	3
3.32b kievitsbloem- en pimpernelgrasland	16Ba1 Kievitsbloem-associatie 16Ba2 Associatie van Grote pimpernel en Weidekervel	2	2	1	3
3.33 droog schraalgrasland van de hogere gronden	14Ba1 Vogelpootjes-associatie 18Aa1 Associatie van Hengel en Gladde witbol 19Aa1 Associatie van Liggend walstro en Schapegras 19Aa3 Associatie van Maanvaren en Vleugeltjesbloem			2 2 2 2	1
3.37 bloemrijk grasland van het heuvelland	16Bb1a Glanshaver-ass.; typische subass. 16Bb1b Glanshaver-ass.; subass. met Rietzwenkgras 16Bc1b Kamgrasweide; subass. met Moerasrolklaver 16Bc2 Associatie van Ruige weegbree en Aarddistel			2	2
3.37b glanshaverhooiland van het heuvelland	16Bb1a Glanshaver-ass.; typische subass. 16Bb1b Glanshaver-ass.; subass. met Rietzwenkgras 16Bc1b Kamgrasweide; subass. met Moerasrolklaver			2	2
3.37c kamgrasweide van het heuvelland	16Bc2 Associatie van Ruige weegbree en Aarddistel			2	2
3.38a glanshaverhooiland van het zand- en veengebied	16Bb1a Glanshaver-ass.; typische subass. 16Bb1c Glanshaver-ass.; subass. met Gewone veldbies				2
3.38b kamgrasweide van het zand-veengebied	14Bc1 Associatie van Vetkruid en Tijn 16Bc1a Kamgrasweide; typische subass. 16Bc1b Kamgrasweide; subass. met Moerasrolklaver			2	2
3.38c bloemrijk weidevogelgrasland van het zand- en veengebied	16Bb1a Glanshaver-ass.; typische subass. 16Bc1a Kamgrasweide; typische subass. 16Bc1b Kamgrasweide; subass. met Moerasrolklaver				2
3.39a stroomdalgrasland	14Bc1 Associatie van Vetkruid en Tijn 14Bc2 Associatie van Sikkelklaver en Zachte haver 16Bb1d Glanshaver-ass.; subass. met Sikkelklaver	1	2	2	2
3.39b glanshaverhooiland van het rivieren- en zeekleigebied	16Bb1a Glanshaver-ass.; typische subass. 16Bb1b Glanshaver-ass.; subass. met Rietzwenkgras 16Bb1c Glanshaver-ass.; subass. met Gewone veldbies 16Bb1d Glanshaver-ass.; subass. met Sikkelklaver 17Aa1b Ass. van Dauwbraam en Marjolein; subass. met Rietzwenkgras			2	2
3.39c kamgrasweide van het rivieren- en	16Bc1a Kamgrasweide; typische subass.				2

Natuurdoeltype	Vegetatietypen	Overstromings- frequentie standplaatsen			Inundatie-tolerantie doeltype
		regelmatig	incidenteel	nooit	
zeekleigebied	16Bc1b Kamgrasweide; subass. met Moerasrolklaver 16Bc1c Kamgrasweide; subass. met Veldgerst 16Bc1d Kamgrasweide; subass. met Ruige weegbree 17Aa1b Ass. van Dauwbraam en Marjolein; subass. met Rietzwenkgras 31Ca2 Kweekdravik-associatie	2	2	2	
3.39d bloemrijk weidevogelgrasland van het rivieren- en zeekleigebied	16Bb1a Glanshaver-ass.; typische subass. 16Bc1b Kamgrasweide; subass. met Moerasrolklaver 16Bc1c Kamgrasweide; subass. met Veldgerst				3
3.41 binnendijks zilt grasland	24Aa2 Associatie van Engels slijkgras 25Aa1 Associatie van Langarige zeekraal 25Aa2 Associatie van Kortarige zeekraal 25Aa3 Schorrekruid-associatie 26Ab1 Associatie van Stomp kweldergras 26Ac1 Associatie van Zilte rus 26Ac6 Associatie van Spiesmelde en Strandkweek	1 1 1 1 1 2 1	2 2 2	2 1 1	3
3.42 Natte heide	9Aa3 Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge 11Aa1 Associatie van Moeraswolfsklauw en Snelvbies 11Aa2 Associatie van Gewone dophei 11Ba2 Moerasheide 19Aa2 Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras 28Aa1 Draadgentiaan-associatie	1 1 1 1 1	1	2 2 2 2 2	2
3.44 Levend hoogveen	9Aa3 Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge 10Aa1a Waterveenmos-ass.; typische subass. 10Aa2 Associatie van Veenmos en Snelvbies 10Aa3 Veenbloembies-associatie 10Ab1 Associatie van Draadzegge en Veenpluis 11Ba1 Associatie van Gewone dophei en Veenmos	1 1		2 2 2 2	2
3.45 droge heide	14Aa1 Associatie van Buntgras en Heidespurrie 19Aa1 Associatie van Liggend walstro en Schapegras 20Aa1 Associatie van Struikhei en Stekelbrem 41Aa2 Korstmossen-Dennenbos			2 2 2 2	1
3.50 akker van basenrijke gronden	30Aa2 Nachtkoekoeksbloem-associatie 30Ab1 Associatie van Grote ereprijs en Witte krodde 30Ab3 Associatie van Korrelganzevoet en Stijve klaverzuring			2 2 2	1
3.51 akker van basenarme gronden	30Ab3 Associatie van Korrelganzevoet en Stijve klaverzuring 30Ba1 Korensla-associatie			2 2	1
3.52 Zoom, mantel en droog struweel van de hogere gronden	17Aa1a Ass. van Dauwbraam en Marjolein; typische subass. 18Aa1 Associatie van Hengel en Gladde witbol 18Aa2 Associatie van Boshavikskruid en Gladde witbol 35Aa1 Associatie van Bronskleurige bosbraam 35Aa2 Associatie van Witte bosbraam 37Aa1 Associatie van Fluweelbraam en Sleedoom 37Ac4 Associatie van rozen en Liguster 37Ac5 Associatie van Hazelaar en Purperorchis			2 2 2 2 2 2 2 2	1

Natuurdoeltype	Vegetatietypen	Overstromings- frequentie standplaatsen			Inundatie-tolerantie doeltype
		regelmatig	incidenteel	nooit	
	41Aa1 Gaffeltandmos-Jeneverbestruweel			2	
3.53 Zoom, mantel en droog struweel van het rivieren- en zeeleigebied	17Aa1b Ass. van Dauwbraam en Marjolein; subass. met Rietzwenkgras 37Aa1 Associatie van Fluweelbraam en Sleedoorn 37Ab2 Associatie van Hondroos en Jeneverbes			2 2 2	2*
3.55a wilgenstruweel	36Aa1 Associatie van Geoorde wilg			2	3*
3.56 eikenhakhout en -middenbos	18Aa1 Associatie van Hengel en Gladde witbol 18Aa2 Associatie van Boshavikskruid en Gladde witbol 42Aa1 Berken-Eikenbos 42Aa2d Beuken-Zomereikenbos; subass. met Pijpestrootje 42Ab1 Veldbies-Beukenbos			2 2 2 2 2	1
3.62a elzenbroekbos	39Aa1 Moerasvaren-Elzenbroek			2	2
3.63 Hoogveenbos	40Aa1 Dophei-Berkenbroek 40Aa2 Zompzegge-Berkenbroek			2 2	2
3.64 bos van arme zandgronden	41Aa2 Korstmossen-Dennenbos 41Aa3 Kussentjesmos-Dennenbos 42Aa1 Berken-Eikenbos			2 2 2	1
3.65 eiken- en beukenbos van lemige zandgronden	42Aa2d Beuken-Zomereikenbos; subass. met Pijpestrootje 42Aa3 Bochtige smele-Beukenbos 42Ab1 Veldbies-Beukenbos			2 2	1
3.66 bos van voedselrijke, vochtige gronden	43Aa3 Meidoorn-Berkenbos 43Aa5 Vogelkers-Essenbos	2	2	2 2	2
3.67b beekbegeleidend bos	43Aa5 Vogelkers-Essenbos			2	3

Overstromingsfrequentie standplaatsen

regelmatig regelmatig overstroomde standplaatsen (bv laagste delen uiterwaard)
incidenteel incidenteel overstroomde standplaatsen (middelhoge delen uiterwaard)
nooit nooit of zeer zelden overstroomde standplaatsen

Voorkomen

2 optimaal voorkomend
1 suboptimaal/weinig voorkomend

Inundatietolerantie doeltype

1 gering
2 matig
3 groot

*) inundatietolerantie afwijkend van overstromingstolerantie in 'Abiotische Randvoorwaarden Natuurdoeltypen'

BIJLAGE 4

AFLEIDING INUNDATIETOLERANTIE OP BASIS FAUNA

Inundatie bij de fauna leidt vooral sneller tot sterfte door verdrinking dan bij de vegetatie, zowel in de zomer als in de winter. Hierdoor kan de inundatiegevoeligheid voor de fauna afwijken van die van de vegetatie. De gevoeligheid van de fauna is per natuurdoeltype bepaald en volgens onderstaande tabel ingedeeld naar inundatiegevoeligheid.

TABEL B4.1 INDELING FAUNA NAAR INUNDATIEGEVOELIGHEID

Code	Omschrijving	Betekenis
1	gering	bij inundatie korter dan enkele dagen sterft/verdwijnt een groot deel van de soorten waardoor populaties (lokaal) kunnen uitsterven
2	matig	bij inundatie tot enkele weken sterft/verdwijnt een groot deel van de soorten waardoor populaties (lokaal) kunnen uitster
3	groot	merendeel van de soorten overleeft enkele weken inundatie, pas bij langdurige en diepe inundatie ontstaat risico op (lokaal) uitsterven.
*	verhoogde gevoeligheid in voorjaar	in het voorjaar (maart-juni) extra gevoelig voor inundatie omdat ze een belangrijke functie vervullen bij de reproductie van amfibieën of een weidevogeldoelstelling hebben

De toedeling van de gevoeligheid voor inundatie is gebaseerd op het voorkomen van inundatiegevoelige doelsoorten per natuurdoeltype. Doelsoorten zijn soorten die in het natuurbeleid prioritair aandacht krijgen vanwege hun beperkte aanwezigheid en/of hun negatieve trend op internationaal en/of nationaal niveau. Ze zijn in het Handboek Natuurdoeltypen (Bal, e.a., 2001) bij elk natuurdoeltype genoemd waar ze in zekere mate van afhankelijk zijn. De meeste doelsoorten worden bij meer dan één type vermeld.

Bij de effectbepaling is uitgegaan van natuurdoeltypen zoals die zich onder ideale omstandigheden voordoen. Dat betekent dat voor de huidige natuurtypen de situatie wat ongunstiger zal uitpakken. Veel van de bestaande natuurgebieden zijn immers te klein en te geïsoleerd of kennen een hydrologisch regime dat niet aansluit bij de gewenste hydrologische randvoorwaarden van het natuurdoeltype. Hierdoor hebben zich in bergingsgebieden diersoorten kunnen vestigen die afkomstig zijn uit drogere milieus en die niet zijn aangepast aan het gewenste hydrologische regime. Het is een probleem dat zich ook voordoet bij andere ruimtegebruiksfuncties.

Als eerste stap in de toekenning zijn per natuurdoeltype de doelsoorten uitgesplitst naar diergroepen. Deze diergroepen geven al een indicatie van inundatiegevoeligheid. Voor de indeling in diergroepen is gebruik gemaakt van Kleukers (1997) en Tax (1989). Afhankelijk van het aantal inundatiegevoelige doelsoorten per diergroep is de inundatiegevoeligheid bepaald. Het aandeel inundatietolerante soorten is hierin niet meegewogen.

Natuurdoelen die zijn ingedeeld als zijnde gevoelig voor inundatie bevatten veel soorten van de volgende diergroepen: kleine zoogdieren, weidevogels, reptielen, weinig mobiele insecten en/of bodemfauna. Impliciet hebben een aantal andere overwegingen meegespeeld. Zo zijn hoogopgaande natuurdoeltypen (bos) als iets minder gevoelig beschouwd vanwege vluchtmogelijkheden voor veel diersoorten. Natte natuurdoeltypen die van nature voorko-

men in regelmatig geïnundeerde gebieden zijn ondanks een hoog aandeel inundatiegevoelige doelsoorten eveneens als minder gevoelig beschouwd.

Deze aanpak kent een aantal beperkingen:

- Niet alle natuurdoeltypen hebben een gelijk aantal doelsoorten;
- Doelsoorten vormen een selecte groep van diersoorten;
- De landschappelijke en ruimtelijke context kan van grote invloed zijn op de feitelijke effecten.

Hierdoor kan de inundatiegevoeligheid niet gekwantificeerd worden naar alle gevoelige soorten en is de beoordeling vooral kwalitatief en vergelijkend.

In tabel B4.2 is per natuurdoeltype het aantal soorten vermeld dat behoort tot de onderscheiden faunagroepen. De beschrijving van de groepen is aan het einde van deze bijlage te vinden. Er zijn alleen groepen onderscheiden voor landdieren of dieren die zowel in het water als op land kunnen voorkomen, aquatische deiren zijn buiten beschouwing gelaten. Bij natuurdoeltypen die zijn onderverdeeld in subtypen staan bij alle subtypen dezelfde aantallen vermeld omdat toekenning van doelsoorten alleen heeft plaatsgevonden op het niveau van de typen. In de laatste kolom is de geschatte inundatietolerantie aangegeven. Met een * zijn alle natuurdoeltypen aangegeven die in het voorjaar (maart-juni) extra gevoelig zijn voor inundatie omdat ze voor weidevogels, reptielen en amfibieën een belangrijke functie vervullen bij de reproductie.

TABEL B4.2 AANTAL DOELSOORTEN UIT DE VERSCHILLENDE FAUNAGROEPEN PER NATUURDOELTYPE, EN DE (MEDE) OP BASIS HIERVAN BEPAALDE GEVOELIGHEID VOOR INUNDATIE

Natuurdoeltype		zoogdieren	semi-aq soorten	kleine zoogdieren	watervogels	weidevogels	overige vogel	reptielen	Amfibieënd	weinig mobiele insecten	mobiele insecten	Inundatietolerantie fauna
Licht tot matig brak stilstaand water	3.13a		2		6	6						3
Sterk brak stilstaand water	3.13b		2		6	6						3
Gebufferde poel	3.14a	8	4		15	14	2	1	9		2	3*
Gebufferde sloot	3.15	4	2		9	12	3	1	7			3
Petgat	3.17b	6	3		19	7	3	1	5			3
Zwak gebufferde sloot	3.21	1			1	1	2	1	3			3
Zwak gebufferd ven	3.22a	3	2		15	7	6	1	7			3*
Zuur ven	3.23		2		4	3	3		2			3
Droogvallend water en pioniermoeras	3.24a	7	3	2	28	18	15	1	5	3	4	3
Drijftil	3.24b	7	3	2	28	18	15	1	5	3	4	3
Waterriet en biezen	3.24c	7	3	2	28	18	15	1	5	3	4	3
Grote-zeggenmoeras	3.24e	7	3	2	28	18	15	1	5	3	4	3
Natte strooiselruigte	3.25	7	3	2	9	5	10	1	4	8	4	2
Trilveen	3.27		2	2		1			1			3
Veenmosrietland	3.28		2	2		2			1	3	1	3
Kleine zeggengrasland	3.29a	4		2	1	4	8	2	2	7	4	2
Kalkrijk schraalland	3.29b	4		2	1	4	8	2	2	7	4	2
Blauwgrasland	3.29c	4		2	1	4	8	2	2	7	4	2
Dotterbloemgrasland van beekdalen	3.30	7	1	1	3	8	12	1	2	9	3	3
Dotterbloemgrasland van veen en klei	3.31	6	1	2	3	9	7	1	1	1	3	2
Kievitsbloem- en pimpernelgrasland	3.32b	7	2	2	17	14	15	1	3	4	2	2
Zilverschoongrasland	3.32a	7	2	2	17	14	15	1	3	4	2	3
Nat, matig voedselrijk grasland	3.32c	7	2	2	17	14	15	1	3	4	2	3*
Multifunctioneel nat weidevogelgrasland	4(3.32c)											3*
Droog schraalgrasland van de hogere gronden	3.33	2					23	2	2	17	4	1
Zinkweide	3.37a	5	2	1	1		18		1	5	4	3
Glanshaververbond van het heuvelland	3.37b	5	2	1	1		18		1	5	4	2
Kamgrasweide van het heuvelland	3.37c	5	2	1	1		18		1	5	4	3
Glanshaverhooiland van het zand- en veengebied	3.38a	6	2	3	8	8	34			9	5	1
Kamgrasweide van het zand- veengebied	3.38b	6	2	3	8	8	34			9	5	2
Bloemrijk weidevogelgrasland van het zand- en veengebied	3.38c	6	2	3	8	8	34			9	5	2*
Multifunctioneel weidevogelgrasland van het zand- en veengebied	4(3.38c)											3*
Stroomdalgrasland	3.39a	5	2	2	11	10	25			4	2	3
Glanshaverhooiland van het rivieren- en zeekleigebied	3.39b	5	2	2	11	10	25		1	4	2	3
Kamgrasweide van het rivieren- en zeekleigebied	3.39c	5	2	2	11	10	25		1	4	2	3
Bloemrijk weidevogelgrasland van het rivieren- en zeekleigebied	3.39d	5	2	2	11	10	25		1	4	2	2*
Multifunctioneel weidevogelgrasland van het rivieren- en zeekleigebied	4(3.39d)											3*
Binnendijks zilt grasland	3.41		1	2	6	6	9			1		3*
Natte heide	3.42	1			3	5	24	3	3	10	3	2
Levend hoogveen	3.44					1	9	2	1	3		2

Natuurdoeltype		zoogdieren	semi-aq soorten	kleine zoogdieren	watervogels	weidevogels	overige vogel	reptielen	Amfibieën	weinig mobiele insecten	mobiele insecten	Inundatietolerantie fauna
Droge heide	3.45	2				1	30	4	4	25	6	1
Akker van basenrijke gronden	3.50	2		2			13		1		2	3
Akker van basenarme gronden	3.51	3		2			14		1		2	3
Zoom, mantel en droog struweel van de hogere gronden	3.52	15	2	7			34	5	7	20	2	1
Zoom, mantel en droog struweel van het rivieren- en zeeleigebied	3.53	9	2	2			18	1	2	4	4	2
Wilgenstruweel	3.55a	8	4	2	9	3	8	1	5	1	3	3
Gagelstruweel	3.55b	8	4	2	9	3	8	1	5	1	3	3
Eikenhakhout en -middenbos	3.56	12	1	4			13	2	3	6	4	2
Elzen-essenhakhout en -middenbos	3.57	10	5	4			6		3	3	4	2
Eiken-haagbeukenhakhout en -middenbos van zandgronden	3.59	6		1			3	1	2	1	3	2
Park-stinzenbos	3.60	8	1	1			9	1	1		2	2
Elzenbroekbos	3.62a	6	4		3	1	7	1	2	2	1	3
Ruigt-elzenbos	3.62b	6	4		3	1	7	1	2	2	1	3
Hoogveenbos	3.63						6	2	1	2	1	2
Bos van arme zandgronden	3.64	8		2			25	4	4	9	2	2
Eiken- en beukenbos van lemige zandgronden	3.65	13	1	5			24	4	4	2	6	2
Bos van voedselrijke, vochtige gronden	3.66	9	4	1	3	2	13	1	2	1	4	3
Bronbos	3.67a											3
Beekbegeleidend bos	3.67b	12	3	3	1		8		2	1	5	3
Eiken-haagbeukenbos van het heuvelland	3.68	13	2	5			15	1	5	1	5	2
Eiken-haagbeukenbos van zandgronden	3.69	9	1	2	1		16	2	2	1	5	2

BESCHRIJVING VAN DE DIERGROEPEN

Grote zoogdieren

De groep grote en vliegende zoogdieren bestaat uit soorten die bij inundatie niet zo snel verdrinken door hun grootte (ree, vos, wild zwijn, das, haas), zwemvermogen of omdat ze kunnen wegvliegen (vleermuizen).

Semi-aquatische zoogdieren

Soorten die zijn aangepast aan het leven in en langs het water en een goed zwemvermogen hebben zoals bever, otter, bruine rat, muskusrat en beverrat. Ook enkele vleermuissoorten (watervleermuis, meervleermuis) zijn tot deze groep gerekend. Ze reageren positief op inundatie omdat tijdelijk het leefgebied wordt vergroot of omdat voorheen geïsoleerde gebieden worden verbonden.

Kleine zoogdieren

Zoogdiersoorten die door hun grootte bij inundatie al snel in de problemen kunnen komen. Ze kunnen goed zwemmen, maar meestal niet over lange afstanden. Ook kunnen ze bij geringe inundatie snel verdrinken vanwege hun honkvaste gedrag. Voorbeelden zijn muizen, mollen, konijnen, egels en kleine marterachtigen als wezel, hermelijn en bunzing. Wel vinden ze wat eenvoudiger dan de grotere zoogdiersoorten tijdelijke vluchtplekken in de vorm van hoogoplopende vegetatie met struiken en bomen. Hierdoor kunnen ze soms kortdurende inundaties overleven.

Water en moerasvogels

Tot deze groep behoren ganzen, eenden, reigerachtigen, meeuwen en andere water- of moerasgebonden soorten. Kenmerkend voor deze groep is dat de soorten prima kunnen zwemmen of in ondergelopen gebieden goed uit de voeten kunnen. Inundatiegebieden zijn voor deze groep aantrekkelijk als foerageer- of rustgebied.

Weidevogels en steltlopers

Hiertoe worden alle weidevogelsoorten gerekend zoals grutto, tureluur, Kievit, slobeend, zomertaling, watersnip en scholekster. Ook andere bodembroeders van graslanden en akkers behoren hiertoe zoals graspieper, veldleeuwerik en gele kwikstaart. Hoewel de weidevogels zelf inundatie kunnen vermijden door het gebied te verlaten, geldt dit niet voor jonge vogels. Nesten met eieren en jongen kunnen hierdoor verloren gaan wanneer inundatie in het voorjaar optreedt. Hoewel er sprake kan zijn van vervolglegels, conflicteert dit veelal met het intensieve landgebruik later in het voorjaar.

Omdat laaggelegen gebieden zowel voor waterberging als voor weidevogels aantrekkelijk zijn ligt hier een potentieel conflict. Zowel voor weidevogels als voor andere steltlopers zijn ondiepe inundatiegebieden in het zeer vroege voorjaar aantrekkelijk als doortrek- en foerageergebied.

Overige vogelsoorten

Deze groep bestaat overwegend uit zangvogels. Het zijn soorten die enigszins uiteenlopen in gevoeligheid voor inundatie. Soorten met kleine leefgebieden die hun voedsel op de grond zoeken zijn gevoeliger dan soorten die hun voedsel in bomen of struiken zoeken. Andere soorten, zoals kraaiachtigen, reageren tijdelijk positief op inundatie. Kenmerkend voor deze groep is dat ze geen of nauwelijks binding hebben met open water en buiten de invloedssfeer van inundaties broeden.

Reptielen

Hieronder vallen alle reptielen (hagedissen en slangen). Kenmerkend voor deze groep is dat ze overwinteren in hoogwatervrije gebieden. Uitgezonderd de Ringslang, mijden ze open water. Alle soorten kunnen zwemmen, maar vooral hagedissen houden dit niet over lange afstanden vol. Ei-afzetting vindt plaats buiten het water. Het zijn sterk warmteminnende soorten. Anders dan bij amfibieën kunnen reptielen niet overschakelen van long- naar huidademhaling. Hierdoor zijn ze gevoeliger voor verdrinking in de winterperiode.

Amfibieën

Deze groep omvat alle kikkers, padden en de meeste salamanders. Ze kunnen zich uitstekend en langdurig in het water voortbewegen. Voor de voortplanting worden vanaf eind februari al eieren in het water afgezet. De meeste amfibieën overwinteren buiten het water, maar kunnen zich via een huidademhaling aanpassen aan natte omstandigheden. Inundatie kan leiden tot het wegspoelen van eieren en verdrinking van enkele soorten die hoogwatervrij overwinteren (knoflookpad).

Niet-mobiele insecten

Insecten met slechte vliegeigenschappen of die anderszins beperkingen hebben t.a.v de verspreiding bij inundatie. Bij de beoordeling zijn vooral de groep dagvlinders, sprinkhanen en mieren betrokken. Soms zijn deze insecten deels of tijdelijk bodembewonend. In het winterhalfjaar kunnen ze als adult, maar ook als ei, larve of pop overwinteren. Ze zijn vooral als adult en pop kwetsbaar vanwege beschimmeling in natte omstandigheden. Sommige soorten vlinders, zoals enkele blauwtjes, zijn voor hun levenscyclus afhankelijk van bodembewonende mieren. Deze zijn gevoelig voor langdurige inundatie. Wanneer de weinig-mobiele soorten verdwijnen, treedt hervestiging vaak maar moeizaam op vanwege de versnippering van de specifieke leefgebieden. Veel van deze soorten komen voor in geïsoleerde populaties.

Mobiele insecten

Soorten die door zwem- of vlieggedrag relatief gemakkelijk kunnen uitwijken naar niet-geïndundeerde gebieden. Ze zijn weinig plekgebonden en kunnen zich snel over grote afstanden verplaatsen. Daarmee zijn het ook soorten die gebieden weer snel kunnen koloniseren. Het zijn vaak generalisten of pioniersoorten. Voor alle insecten geldt dat ze via hoog opschietende vegetatie, struiken, bomen en via drijvend materiaal inundatie kunnen overleven.

BIJLAGE 5

AFLEIDING HERSTELTIJD NATUURDOELTYPEN

Met de hersteltijd wordt aangegeven hoe lang het duurt voordat een systeem zich weer opnieuw ontwikkelt nadat alle of vrijwel alle soorten zijn verdwenen. Daarbij is uitgegaan van het successiestadium (pioniervegetaties tot bossen) en van de verspreiding van de soorten (soorten met of zonder een goede kans op aanvoer via lucht en water). Het laatste is uiteraard mede afhankelijk van de omgeving (gaat het om een geïsoleerd voorkomen van het type of komt het type in de omgeving veel voor) maar daar is in de tabel geen rekening mee gehouden. Er is uitgegaan van de gemiddelde zeldzaamheid en mate van isolatie van het type, en van de mate waarin soorten zich via lucht of oppervlaktewater kunnen verspreiden. Een goede verspreiding hebben soorten die algemeen voorkomen en zich via water en lucht kunnen verspreiden, een slechte verspreiding hebben soorten die zeldzaam zijn en/of een slechte verspreiding hebben (zoals bijvoorbeeld veel bossoorten).

De hersteltijd van de doeltypen staat aangegeven in de laatste kolom van het overzicht, en is als volgt afgeleid uit het successiestadium en de verspreiding van de kenmerkende soorten:

TABEL B5-1

BEPALING HERSTELTIJD

	verspreiding	
	1 goed	2 slecht
1 pioniersystemen	1	2
2 korte vegetaties	2	3
3 structuurrijk/struweel	3	3
4 bos	4	4

TABEL B5.2

HERSTELTIJD NATUURDOELTYPEN

NDT	OMSCHRIJVING	Successiestadium	Verspreing soorten	Hersteltijd
3.13a	Licht tot matig brak stilstaand water	1	2	2
3.13b	Sterk brak stilstaand water	1	2	2
3.14a	Gebufferde poel	1	2	2
3.15	Gebufferde sloot	1	2	2
3.17b	Petgat	2	2	3
3.21	Zwak gebufferde sloot	1	2	2
3.22a	Zwak gebufferd ven	1	2	2
3.22c	Beekdalven	1	2	2
3.23	Zuur ven	2	2	3
3.24a	Droogvallend water en pioniermoeras	1	1	1
3.24b	Drijftil	2	2	3
3.24c	Waterriet en biezen	2	1	2
3.24e	Grote-zeggenmoeras	2	1	2
3.25	Natte strooiselruigte	2	1	2
3.27	Trilveen	3	2	4
3.28	Veenmosrietland	3	1	2
3.29a	Kleine zeggengrasland	3	1	3
3.29b	Kalkrijk schraalland	3	2	3
3.29c	Blauwgrasland	3	2	3
3.30	Dotterbloemgrasland van beekdalen	3	1	3
3.31	Dotterbloemgrasland van veen en klei	3	1	3
3.32a	Zilverschoongrasland	2	1	2
3.32b	Kievitsbloem- en pimperlgrasland	3	1	3
3.32c	Nat, matig voedselrijk weidevogelgrasland	2	1	2
4(3.32c)	Multifunctioneel nat weidevogelgrasland	2	1	2
3.33	Droog schraalgrasland van de hogere gronden	3	2	3
3.37a	Zinkweide	3	2	3
3.37b	Glanshaverhooiland van het heuvelland	3	1	3
3.37c	Kamgrasweide van het heuvelland	3	1	3
3.38a	Glanshaverhooiland van het zand- en veengebied	3	1	3
3.38b	Kamgrasweide van het zand- en veengebied	3	1	3
3.38c	Bloemrijk weidevogelgrasland van het zand- en veengebied	2	1	2
4(3.38c)	Multifunctioneel weidevogelgrasland van het zand- en veengebied	3	1	3
3.39a	Stroomdalgrasland	3	1	3
3.39b	Glanshaverhooiland van het rivier- en zeeleigebied	3	1	3
3.39c	Kamgrasweide van het rivieren- en zeeleigebied	3	1	3
3.39d	Bloemrijk weidevogelgrasland van het rivieren- en zeeleigebied	2	1	2
4(3.39d)	Multifunctioneel weidevogelgrasland van het rivieren- en zeeleigebied	2	1	2
3.41	Binnendijks zilt grasland	3	2	3
3.42	Natte heide	3	1	3
3.44	Levend hoogveen	3	2	3
3.45	Droge heide	3	1	3
3.50	Akker van basenrijke gronden	1	2	2
3.51	Akker van basenarme gronden	1	2	2

NDT	OMSCHRIJVING	Successiestadium	Verspreing soorten	Hersteltijd
3.52	Zoom, mantel en droog struweel van de hogere gronden	3	1	3
3.53	Zoom, mantel en droog struweel van het rivieren- en zeeleigebied	3	1	3
3.55a	Wilgenstruweel	3	1	3
3.55b	Gagelstruweel	3	2	3
3.56	Eikenhakhout en -middenbos	4	1	4
3.57	Elzen-essenhakhout en -middenbos	4	1	4
3.59	Eiken-haagbeukenhakhout en -middenbos van zandgronden	4	2	4
3.60	Park-stinzenbos	4	1	4
3.62a	Elzenbroekbos	4	1	4
3.62b	Ruigt-elzenbos	4	1	4
3.63	Hoogveenbos	4	2	4
3.64	Bos van arme zandgronden	4	1	4
3.65	Eiken- en beukenbos van lemige zandgronden	4	1	4
3.66	Bos van voedselrijke, vochtige gronden	4	1	4
3.67a	Bronbos	4	2	4
3.67b	Beekbegeleidend bos	4	1	4
3.68	Eiken-haagbeukenbos van het heuvelland	4	2	4
3.69	Eiken-haagbeukenbos van zandgronden	4	2	4

Successiestadium		Verspreiding		Hersteltijd	
1	pioniervegetaties	1	goede verspreiding	1	binnen 1 à 2 jaar
2	korte structuurarme vegetaties		via lucht of water	2	binnen 3-10 jaar
3	structuurrijke korte vegetaties en struwelen	2	slechte verspreiding	3	binnen 11-50 jaar
4	bossen		via lucht of water	4	meer dan 50 jaar

BIJLAGE 6

VERSLAG VAN DE WORKSHOP
WATERBERGING EN NATUUR
26 MAART 2004 IN WAGENINGEN

INHOUDSOPGAVE VERSLAG WORKSHOP

B6-1 Inleiding

B6-2 Doel van de workshop

B6-3 Deelnemers aan de workshop

B6-4 Programma

B6-5 Resultaten deskundigen raadpleging m.b.t. de effecten op de vegetatie

5.1 Literatuurverkenning

5.2 Relevante kenmerken van overstromingsprocessen voor de vegetatie

5.3 Het inschatten van kansen en risico's van waterberging op de vegetatie

5.4 Het beoordelen van de effecten op de fauna

5.5 De mogelijkheden van waterberging in combinatie met natuurontwikkeling

5.6 Gewenst onderzoek naar combinatie van waterberging en natuur

B6-6. Nabeschuiving en slotconclusies

B6-1 INLEIDING

Op veel plaatsen in Nederland worden door waterbeheerders en terreinbeherende organisaties plannen voorbereid om inrichtings- en beheersmaatregelen te treffen voor het realiseren van waterberging in natuurgebieden. De Stichting Onderzoek Waterbeheer (Stowa) heeft in 2003 aan Alterra WUR in Wageningen opdracht gegeven voor het maken van een kennisoverzicht over waterberging en natuur. Om zo volledig mogelijk gebruik te kunnen maken van de momenteel in Nederland aanwezige kennis over dit onderwerp is door Stowa tevens opdracht gegeven voor de organisatie van een workshop van deskundigen.

Deze workshop is georganiseerd door Jos Schouwenaars, als eindgebruiker van het rapport werkzaam bij Wetterskip Fryslan, maar als hydroloog tevens verbonden aan Wageningen UR, Departement Omgevingswetenschappen. De workshop is vorm gegeven in nauw overleg en met medewerking van Alterra WUR en vond plaats op 26 maart 2004 in Wageningen.

B6-2 DOEL VAN DE WORKSHOP

De voor de workshop uitgenodigde deskundigen hadden als taak:

- om de conclusies van het door Alterra uitgevoerde literatuuronderzoek te toetsen op *juistheid* en *volledigheid*;
- deze conclusies *aan te vullen* op basis van kennis over lopend onderzoek;
- hun *mening te geven* over de door Alterra gehanteerde vuistregels voor de vertaling van bestaande kennis naar beoordeling van kansen en risico's;
- deze vuistregels *aan te vullen* op basis van ervaringskennis;
- *aanbevelingen* doen over benodigd vervolgonderzoek.

B6-3 DEELNEMERS AAN DE WORKSHOP

Er is gekozen voor een relatief kleine groep deskundigen vanuit verschillende ecologische disciplines die bovendien een vertegenwoordiging vormden van zowel de meer toonaangevende universitaire onderzoeksgroepen op dit gebied alsook van de belangrijkste terrein-beherende instanties:

Naam	Werkzaam bij:	Discipline / lidmaatschap deskundigenteam Overlevingsplan Bos en Natuur (OBN)
Dick Bal	Expertise Centrum, Ministerie van LNV	OBN team Fauna
Theo Claassen	Wetterskip Fryslan	aquatisch ecoloog
Hans Esselink	Stichting Bargerveen, Katholieke Universiteit Nijmegen (KUN)	OBN teams Fauna, Laagveenwateren
Jan Holtland	Staatsbosbeheer	OBN team Fauna
Jan Roelofs	KUN, vakgroep Aquatische Ecologie en Milieubiologie	OBN desk teams Natte Schraallanden, Laagveenwateren
Frank Saris	Stichting Onderzoek Vogels Nederland	ornitholoog
Henk Siebel	Ver. Natuurmonumenten	OBN team Bossen
Ron van 't Veer	Noordhollands Landschap	OBN team Laagveenwateren
Jos Verhoeven	Universiteit Utrecht, vakgroep Landschapsoecologie	OBN team Laagveenwateren

De leiding van de workshop was in handen van Jos Schouwenaars in zijn functie als wetenschappelijk medewerker bij de WUR. De inhoudelijke begeleiding berustte bij de samenstellers van het Alterra rapport (Han Runhaar en Wim Knol). Er is gebruik gemaakt van de Groups Decision Room bij Alterra WUR, waarbij Marion Bogers de voorbereiding en technische begeleiding verzorgde.

B6-4 PROGRAMMA

Het programma bestond uit de volgende onderdelen:

PLENAIR

- 9:00 Introductie
- 9:15 Introductie GDR
- 9:30 Resultaten literatuurverkenning

GROEP VEGETATIE

- 10:45 Uitleg beslissingstabel
- 11:05 Discussie relevante overstromingskenmerken
- 11:15 Overstromingskenmerken Hoog Nederland
- 11:20 Overstromingskenmerken Laag Nederland
- 11:25 Discussie
- 12:00 Lunch
- 13:00 Inschatten kansen en risico's

GROEP FAUNA

- 11.45 Uitleg en discussie methodiek van de verkenning
- 12.00 Lunch
- 13.00 Discussie inschatting kansen en risico's

PLENAIR

- 14:10 Plenaire terugmelding beide groepen
- 14:30 Discussie opzet tabellen
- 15:10 aanvullingen waterberging en
- 15:30 Aanbevelingen nieuw onderzoek
- 16:30 Evaluatie workshop

B6-5 RESULTATEN

B6-5.1 LITERatuurVERKENNING

Er is gereageerd op verschillende conclusies uit de literatuurverkenning zoals opgenomen in de concept Alterra rapportage. Deze conclusies zijn hieronder verwoord in stellingen.

Aan de deelnemers is gevraagd aan te geven of ze het eens zijn met de stelling, het niet weten of het oneens zijn. Men kon zich ook van een mening onthouden, wanneer men zichzelf niet voldoende deskundig acht.

STELLINGEN M.B.T. DE NUTRIENTENBELASTING BIJ WATERBERGING:

STELLING 1

Nutriënten worden vooral met het sediment aangevoerd. De hoeveelheid in het water opgeloste voedingsstoffen is waarschijnlijk minder belangrijk omdat het gaat om vrije geringe hoeveelheden en een groot deel met het afstromend water weer wordt afgevoerd.

Eens: 1 Weet niet: 0 Oneens: 7

AANVULLENDE OPMERKINGEN

Voor mobiele stoffen als nitraat geldt dit niet: deze worden aangevoerd met het water. Voor de meeste andere stoffen geldt de stelling wel.

Wisselvochtigheid leidt vaak tot een snellere turnover, wat leidt tot een hoger trofieniveau
Stelling geldt ook voor gereduceerde vormen van stikstof.

En als het gaat om in natuurgebieden te bergen water dat vooral verrijkt is met water uit landbouwgebieden, wat dan?

Voor "sediment" is onderscheid nodig tussen riviersystemen en polder/boezemsystemen. deze laatste bevatten relatief weinig sediment in zin van anorganisch materiaal.

De aanwezigheid van nitraat kan gunstig uitwerken doordat nitraat de rol van elektronen acceptor van zuurstof overneemt, waardoor ijzerreductie (en daarmee fosfaatmobilisatie) uitblijft.

Maak hier onderscheid tussen particulier gebonden nutriënten en opgeloste nutriënten. Vermijdt de term sediment omdat hier zowel organische als anorganische deeltjes bedoeld worden

REACTIE ALTERRA:

Er worden geen nieuwe argumenten aangedragen die aanleiding vormen de stelling te herzien. Wel wordt de stelling in de eindversie voorzichtiger geformuleerd ('waarschijnlijk'), huidige stelling was vooral bedoeld om reacties uit te lokken. De term 'sediment' wordt gebruikt voor aangevoerd materiaal, zowel organisch als anorganisch. Zal in tekst en in verklarende woordenlijst worden aangegeven.

STELLING 2

De risico's op fosfaatmobilisatie in terrestrische systemen zijn het grootst zijn bij langdurige overstroming in de zomer. Bij periodieke inundaties zoals die meestal plaatsvinden bij waterberging zijn waarschijnlijk geen eutrofiëringsproblemen te verwachten omdat na overstroming weer immobilisatie optreedt.

Eens: 2 Weet niet: 2 Oneens: 4

AANVULLENDE OPMERKINGEN

Bij kortdurende overstroming in de winter is de mobilisatie niet zo groot, bovendien kan bij droogvallen fosfaat weer vastgelegd worden indien voldoende ijzer aanwezig is

Er is een fractie die snel mobiliseert en een fractie die langzaam mobiliseert. De snel mobiliserende fractie is de chemisch gebonden fractie, de langzaam mobiliseerde fractie fosfaat is organisch gebonden.

REACTIE ALTERRA:

Het tweede deel van de stelling zal voorzichtiger worden geformuleerd. In de tabel met risico's op interne eutrofiëring zal bij sulfaatrijk water worden aangegeven dat ook bij korte overstroming van terrestrische systemen in de zomer risico's te verwachten zijn. Op basis van opmerkingen tijdens de workshop zal deze tabel (tabel 4.4.) verder worden aangepast door:

een driedeling te maken waarbij naast aquatische en terrestrische systemen ook een tussencategorie, semi-terrestrische systemen, wordt onderscheiden.

STELLINGEN M.B.T. DE ZUURBUFFERING BIJ WATERBERGING:**STELLING 3**

Met overstroming worden ook basen in de vorm van kalk en basenrijk sediment aangevoerd. In gebieden met kalkarme bodems kan dit een belangrijk mechanisme zijn voor de instandhouding van gebufferde systemen.

Eens: 6 Weet niet: 0 Oneens: 3

AANVULLENDE OPMERKINGEN

Sediment levert eventueel enige buffering, maar is niet bekend hoe dit verloopt (kan ook negatief uitwerken, wanneer veel ijzer aanwezig is, dat na oxidatie zuur vormend werkt).

Na de ruilverkavelingen in het rivierengebied, waarna winterinundaties niet meer voorkomen, zijn diverse orchideesoorten verdwenen ook wanneer het trofieniveau niet te hoog werd (graslanden en rietvegetaties).

REACTIE ALTERRA:

Geen reden voor aanpassing stelling

STELLING 4

Of de buffering afhankelijk is van de aanvoer van sediment, of dat ook in het water opgelost bicarbonaat een wezenlijke bijdrage kan leveren aan de zuurbuffering, is onduidelijk.

Eens: 3 Weet niet: 3 Oneens: 2

AANVULLENDE OPMERKINGEN

In natte terreinen zijn de bodems waterverzadigd, waardoor het water over en niet door de bodem stroomt. De rekensom die wordt gemaakt dat een halve meter water 5 kmol bicarbonaat aanlevert klopt daarmee niet, omdat het uitstromende water evenveel bicarbonaat bevat. Er is geen netto buffering.

Beide kunnen een rol spelen, echter bij kortdurende overstroming van (semi) terrestrische systemen zal de trage diffusie van bicarbonaat leiden tot geringe buffering.

De aanvoer van opgelost bicarbonaat is van wezenlijk belang is voor buffering. Bij sediment-input moet je maar afwachten wat de sedimentsamenstelling en -potentie tot buffering is.

REACTIE ALTERRA:

Tegengestelde argumenten bevestigen juistheid stelling

STELLINGEN M.B.T. DE AQUATISCHE ECOSYSTEMEN BIJ WATERBERGING:

STELLING 5

Onregelmatige of incidentele overstromingen met gebiedsvreemd water zijn desastreus voor alle voedselarme alsmede zure, zwak zure en zwak gebufferde aquatische ecosystemen.

Eens: 6 Weet niet: 2 Oneens: 1

AANVULLENDE OPMERKINGEN

Geldt niet voor zwakgebufferde wateren met voldoende kwelstroom. Voor inzigtgebieden of gebieden zonder kwel is het inderdaad desastreus.

Overstroming treedt vaak pas op als systemen vol en verzadigd zijn met (eigen of regen-)water. Dan kan de invloed van inlaat van water wel eens meevallen en nauwelijks schadelijk zijn.

Als er een onverzadigde zone aanwezig is en geen kweldruk, kan het oppervlaktewater in de bodem doordringen en nadelig inwerken.

REACTIE ALTERRA:

Geen reden voor aanpassing stelling. Belang van kwel zal worden aangegeven in hoofdstuk 2 en in tabel met risico op interne eutrofiering

STELLING 6

Voor voedselarme en matig voedselrijke aquatische natuur-doeltypen is overstroming met voedselrijk oppervlaktewater desastreus. Voor van nature voedselrijke natuurdoeltypen zal dit een verschuiving teweegbrengen naar een hypertrofe situatie.

Eens: 7 Weet niet: 0 Oneens: 2

AANVULLENDE OPMERKINGEN

Het is onduidelijk in hoeverre deze stelling opgaat voor de van nature licht brakke wateren ($Cl > 1000$ mg/l) of voor verzoete brakke wateren (nu 250-500 mg Cl/l, vroeger > 1000 tot > 2500 Cl mg/l).

Dit hangt nog meer af van watertype, dan van de hoeveelheid nutriënten in het aangevoerde water.

Als het water redelijk gebiedseigen is en alleen voedselrijk is het niet zo erg. Bij gebiedsvreemd water klopt dit helemaal.

REACTIE ALTERRA:

Geen reden voor aanpassing stelling, hooguit zal terminologie (desastreus) nog iets worden aangepast

STELLING 7

Aquatische ecosystemen zijn in vergelijking met terrestrische systemen gevoeliger voor de aanvoer van stoffen doordat meer opgeloste stoffen met het water achterblijven en doordat minder of geen perioden met droogval optreden.

Eens: 5 Weet niet: 2 Oneens: 1

AANVULLENDE OPMERKINGEN

Aquatische systemen zijn van nature veelal veel dynamischer, kortere "omlooptijden" of verblijftijden (van water en stoffen). Ook het (ongunstig geschatte) schokeffect zal bij de meeste terrestrische systemen groter zijn. In aquatische systemen kunnen bovendien stoffen vastgelegd worden in de waterbodem of na inundatie weer snel worden afgevoerd.

Inderdaad treden aquatische systemen meer als 'val' op (input is een stuk groter dan output met name vanwege sedimentatie). Alleen als stromingen zo sterk worden dat er erosie is ligt dit anders.

Dit geldt alleen voor de vegetatie, niet voor de fauna.

Als je water gaat bergen in het rivierstroomgebied moet je ervoor zorgen dat de rivierduinen niet overstromd raken, want juist in deze rivierduintjes heb je een gradient van voedselrijk naar voedselarm.

REACTIE ALTERRA:

Geen reden voor aanpassing stelling

STELLING 8

Overstromingsduur en overstromingsfrequenties zijn negatief gecorreleerd met het aantal soorten waterplanten en met de dominantie van ondergedoken waterplanten

Eens: 7 Weet niet: 1 Oneens: 1

AANVULLENDE OPMERKINGEN

Wat wordt hier bedoeld met de dominantie van waterplanten? Correlatie is positief met eutrofente ongevoelige soorten, echter negatief gecorreleerd met kritische soorten.

In het algemeen zal dit negatief uitwerken, maar theoretisch kan het ook anders uitpakken (intermediate disturbance hypothese).

Ook hier geldt weer dat het in zijn algemeenheid niet waar is maar voor de Nederlandse situatie (rivierengebied) met hoge onvoorspelbare overstromingen wel opgaat.

REACTIE ALTERRA:

Geen reden voor aanpassing stelling

STELLING 9

Zomerinundaties hebben nadelige effecten op waterplanten in het rivierengebied.

Eens: 4 Weet niet: 2 Oneens: 1

AANVULLENDE OPMERKINGEN

Dit is in zijn algemeenheid niet waar. Met name lage zomeroverstromingen kunnen stress-tolerante soorten bevoordelen ten opzichte van dominante soorten. Het hangt dus vooral af van het type zomeroverstromingen.

Zomerinundaties hebben wel degelijk zeer negatieve gevolgen voor waterplanten (onderzoek 1987. 15 jaar later zijn veel van deze vegetaties nog steeds niet hersteld).

In het rivierengebied zijn overstromingen veelal ofwel groot ofwel niet aanwezig vanwege het bestaan van zomerdijken. De stelling klopt voor zulke 'grote' overstromingen. In uiterwaardplassen dichtbij de rivier die ook bij relatief lage rivierstanden al kunnen overstromen zal dit minder desastreus zijn de opmerking over de uiterwaardplassen dichtbij de rivier slaat op wateren met van nature een al arme waterplantensamenstelling. Daar is dus weinig te verliezen; het betreft ook nog eens (vrijwel) geen doelsoorten.

Voor de fauna (excl. pioniersoorten) is het veelal helemaal desastreus.

REACTIE ALTERRA:

Geen reden voor aanpassing stelling

STELLINGEN M.B.T. ENKELE FAUNA ASPECTEN BIJ WATERBERGING:**STELLING 10**

Met toenemend aantal inundaties worden in het rivierengebied tolerante en opportunistische macrovertebraten beoordeeld.

Eens: 6 Weet niet: 1 Oneens: 0

AANVULLENDE OPMERKINGEN

De definitie van wat tolerant en opportunistisch is, bepaalt in hoeverre deze stelling een cirkel redentatie is.

Tenzij de frequentie een regelmaat krijgt en (opnieuw) specialisatie kan optreden. Dan gaan de opportunistische soorten er weer uit ten gunste van (overstromingskarakteristieke) specialisten.

REACTIE ALTERRA:

Geen reden voor aanpassing stelling

STELLING 11

Er is geen kennis over de effecten van overstromingen op de macrofauna in regionale aquatische systemen.

Eens: 0 Weet niet: 2 Oneens: 5

AANVULLENDE OPMERKINGEN

Jaren geleden is onderzoek uitgevoerd in buitendijkse dobben, die in wisselende mate overstroomden. Aardige resultaten inzake herkolonisatie en herstel na overstroming.

Kennis over de effecten op muizen e.d. is wel aanwezig (programma NWO systeemgericht eco-toxicologisch onderzoek), maar nog niet verwerkt in dit rapport.

Kennis over invertebraten vastgelegd in dissertatie van Fred vd Brink. In het algemeen zijn de effecten op de macro-invertebraten negatief.

Er is natuurlijk wel heel veel onderzoek gedaan in kleinere geïsoleerde systemen in het rivierengebied, maar de vraag is of deze kennis naar onderhavige systemen is over te zetten.

Er is weinig kennis. De watermacrofauna is nog weinig en systematisch op deze stressfactor geanalyseerd. Maar door gebruik te maken van kennis over de levensstrategie van soorten en/of functionele groepen kunnen voorspellingen gedaan worden over het ontstaan van bottle necks onder verschillende inundatie en waterafvoerregimes (en bijbehorende effecten) voor de verschillende ecosystemen. Er moet erg opgepast worden voor het veralgemeniseren van enkele ad hoc studies. Zie ook aangehaalde voorbeelden. Een systematische aanpak zoals hier voorgesteld ontbreekt in het rapport.

Er is in Oost Europa wel enig onderzoek gedaan in riviergerelateerde gebieden. Hieruit blijkt vooral dat soorten met goede regeneratiecapaciteit en snelle verspreiding in het voordeel zijn.

Oude gegevens kunnen mogelijk een rol spelen in licht tot zwak brakke systemen (resp. >1000 en >2500 mg Cl/l), er vanuitgaande dat een fluctuatie in chloride een belangrijke rol speelt voor het behoud van halofiele soorten. Onduidelijk is of er studies zijn die met een juist verhoogde inlaat van zoet water (Cl < 150 mg/l) leidt tot verandering v/h systeem, maar voor de hand ligt dat wel

REACTIE ALTERRA:

Geen reden voor aanpassing stelling, hooguit term 'geen' vervangen door 'weinig'

STELLINGEN M.B.T. DE MOGELIJKHEDEN VAN NATUURONTWIKKELING BIJ WATERBERGING:

STELLING 12

De mogelijkheden om waterberging en natuur te combineren het grootst zijn bij zeer frequente óf zeer infrequente inundaties: in het eerste geval kunnen zich aan inundatie aangepaste ecosystemen ontwikkelen, in het tweede geval krijgen ecosystemen tussendoor de tijd om zich te herstellen van inundaties.

Eens: 5 Weet niet: 0 Oneens: 4

AANVULLENDE OPMERKINGEN

Ik ben sceptisch over de mogelijkheden voor herstel van 'complete' ecosystemen (zelfs) na zeer infrequente inundaties, omdat het landschap zo versnipperd is: dat belemmert in sterke mate de herkolonisatie. Voor de soorten met een slechte verspreidingscapaciteit (en dat is de meerderheid van de doelsoorten) is inundatie zodoende een extra probleem (bovenop de ver-thema's).

Ik zou als strategie vooral willen kiezen voor regelmatige (jaarlijkse of eens in de 2 a 3 jaren (als cyclisch peilbeheer te zien)) overstroming. De tweede optie is nogal onzeker en risicovol, je weet nooit precies waar je aan toe bent.

Open deur. In tweede geval wel sprake van grote schade door inundatie in termen van verlies aan soorten.

Het is moeilijk om dit in zijn algemeenheid te zeggen. Er zijn ook organismen die karakteristiek zijn voor de intermediaire situatie. In rivieroverstromingsvlaktes zijn zeer veel com-

binaties van overstromingsfrequentie en duur mogelijk, waar ook plant- en diergemeenschappen aan zijn aangepast. Niet te grote isolatie zijn dan wel belangrijk.

Deze stelling is vooral interessant bij natuurontwikkelingsprojecten, bij bestaande natuurgebieden kun je er niet zo veel mee en leidt het tot aan status quo van de bestaande overstromingsfrequentie. Daarnaast is het van belang welke ecosystemen men wilt ontwikkelen dan wel behouden, hierbij bezitten fauna en flora/vegetatie andere randvoorwaarden.

Deze uitspraak klopt in deze vorm niet. De onvoorspelbaarheid van het type overstroming is belangrijker. Diverse goed ontwikkelde ecosystemen komen vooral voor als het effect van overstroming elk jaar net ietsje anders is. Als de verschillen tussen jaren heel groot worden krijgen dominante soorten met een goed herstelvermogen als b.v. Brandnetel de overhand.

In bestaande natuurgebieden betekent het t.o.v. van de situatie van nu altijd een verlies van soorten. Zelfs voor systemen die natuurlijke inundatie kennen (Zie b.v. studie van Decler)

Regelmaat in frequentie en constantie in niveau zijn belangrijk.

Geringe variatie in de tijd (hoge voorspelbaarheid) en hoge variatie in de ruimte (veel heterogeniteit) leidt in zijn algemeenheid tot een soortenrijke gemeenschap (Van Leeuwen, 1966).

REACTIE ALTERRA:

De juistheid van deze theoretische stelling wordt niet aangevochten, wel wordt gewezen op de risico's. Daarop wordt in hoofdstuk 5 (waterberging en natuurontwikkeling) al op ingegaan. Er zal een verwijzing naar dit hoofdstuk worden gemaakt met de vermelding dat de tweede strategie niet zonder risico's is.

B6-5.2 RELEVANTE KENMERKEN VAN OVERSTROMINGSPROCESSEN VOOR DE VEGETATIE

Bij het benoemen van de meest relevante processen bij een overstroming voor waterberging is door de groep deskundigen duidelijk onderscheid gemaakt tussen de situatie in het hoge deel van Nederland en in het lage deel. In laag Nederland zijn de effecten van een aantal biogeochemische processen eerder van belang.

Voor Hoog Nederland zijn de volgende processen in volgorde van belangrijkheid genoemd:

1. inundatie
2. aanvoer nutriënten met sediment
3. aanvoer basen met sediment
4. interne eutrofiëring
5. vorming waterstofsulfide
6. aan en afvoer diasporen
7. invloed microverontreinigingen
8. aan of afvoer grof organisch materiaal
9. vorming ammonium
10. invloed chloride (zout)

Voor Laag Nederland werd de volgorde van belangrijkheid als volgt aangegeven:

1. interne eutrofiëring
2. inundatie
3. aanvoer basen met sediment
4. vorming waterstofsulfide

5. aanvoer nutriënten met sediment
6. vorming ammonium
7. aan en afvoer diasporen
8. chloride (zout)
9. microverontreinigingen
10. aan- en afvoer grof organisch materiaal

Voor elk van deze verschillende overstromingsprocessen is gevraagd naar de belangrijkste kenmerken daarvan, die bekend moeten zijn om de effecten te kunnen beoordelen.

Het resultaat daarvan wordt hieronder in willekeurige volgorde genoemd:

inundatie

1. frequentie
2. duur
3. diepte
4. tijdstip
5. stroming
6. wind en golfslag
7. troebelheid
8. gebiedseigen / van elders
9. waterverzadigtheid ontvangend gebied op moment van inundaie
10. kwel / geen kwel

aanvoer nutriënten met sediment

1. sedimentatie
2. waterkwaliteit
3. frequentie
4. stroomsnelheid
5. structuur van de vegetatie
6. aard sediment
7. aanvoer basen met sediment
8. hardheid
9. frequentie
10. sedimentgehalte water
11. mate van inzijging

interne eutrofiëring

1. tijdstip
2. sulfaatgehalte
3. productiviteit
4. aard organisch materiaal
5. aanwezigheid anorganisch fosfaat
6. ijzergehalte bodem
7. historie landgebruik (bemesting)
8. duur van inundatie
9. herhaalde inundatie t.o.v. langdurige inundatie
10. kalkgehalte sediment

vorming waterstofsulfide

1. tijdstip
2. sulfaatgehalte
3. ijzergehalte substraat
4. organisch stofgehalte
5. historie van contact met sulfaatrijk water
6. gehalte reactief ijzer sediment

aan en afvoer diasporen

1. bacterien input, zoals bruinrot, botulisme die zich settelen in gebied
2. tijdstip van overstroming
3. stroomsnelheid
4. mate van verbinding/isolatie tussen andere geïnundeerde gebieden met vergelijkbare brongebieden voor flora/vegetatie
5. stroomrichting / windrichting
6. aanwezigheid van doelsoorten in zaadvoorraad
7. zaadverspreiding via natuurbeheerder

aan of afvoer grof organisch materiaal

1. ophoping strooisel, vloedmerk ed.
2. stroomsnelheid
3. structuur van vegetatie
4. structuur van strooisellaag
5. richting en dynamiek van waterbeweging

chloride (zout)

1. chloridegehalte in zoet, brak en zout, resp. kleiner 200 mg/l, 200-600 mg/l en groter
2. zachte, mesotrofe wateren (trilvenen): Cl < 75(100) mg/l
3. harde, mesotrofe wateren, verzoet of 'zoet' Cl < 250 mg/l
4. harde, oorspronkelijk licht/zwak brakke wateren brakwateren: 250-1000 mg/l niet optimaal, >1000 mg/l minimaal, >2500 optimaal
5. mate van fluctuatie in chloride, met name Cl pieken > 1000 mg/l
6. tijdstip van het jaar (zomer/winter)
7. chlorideconcentratie: conserverende werking chloride tav veenaafbraak

microverontreinigingen

1. zware metalen en organische micro's
2. bestrijdingsmiddelen
3. hormoon actieve stoffen

vorming ammonium

1. redoxpotentiaal
2. tijdstip van het jaar
3. aanvoer gereduceerde vormen van stikstof
4. aard en gehalte organische stof
5. aanwezigheid van zuurstof, nitraat, sulfaat (mineralisatie)
6. mate van doorstroming met basen en ijzer
7. duur van de overstroming en nat blijven

REACTIE ALTERRA:

Geeft tal van aanvullingen/detailleringen waarop in theoretische hoofdstuk deels al wordt ingegaan, maar het belang van de factoren die in het rapport worden gebruikt als hoofdfactoren om de combineerbaarheid van functies te bepalen wordt niet betwist (staan ook bij deskundigen bovenaan in rangorde bij de eerste 5). Met aan en afvoer van diasporen kan in de gebruikte topologische benadering geen rekening worden gehouden, hier wordt op terug gekomen in de discussie.

B6-5.3 HET INSCHATTEN VAN KANSEN EN RISICO'S VAN WATERBERGING OP DE VEGETATIE

Een essentieel onderdeel uit de concept rapportage van Alterra zijn de geformuleerde vuistregels om aan de hand van de hiervoor genoemde kenmerken van een overstroming de kansen en risico's op natuurdoelen te kunnen inschatten. Aan de deelnemers is gevraagd aan te geven of ze het eens zijn met de gehanteerde vuistregel, het niet weten of het oneens zijn. Men kon zich ook van een mening onthouden, wanneer men zichzelf niet voldoende deskundig acht.

Dit is gedaan voor de volgende 13 vuistregels:

VUISTREGEL 1

Matig productieve terrestrische systemen zoals dotterbloemhooilanden en grote-zeggen-vegetaties zijn over het algemeen goed te combineren met waterberging; alleen op locaties met een slechte oppervlaktewaterkwaliteit en matig tot veel sedimentatie is de functie-combinatie waarschijnlijk minder kansrijk.

Eens: 3 Weet niet: 0 Oneens: 3

AANVULLENDE OPMERKINGEN

Dotterbloemhooilanden en Grote Zeggen-vegetaties zijn relatief gezien hoogproductieve vegetatietypen.

De genoemde systemen zijn wel kwetsbaar indien zij geen kwelwater ontvangen die de negatieve effecten kunnen bufferen (uitspraak gaat niet overal op).

Veel dotterbloemhooilanden kenden van oorsprong ook een winterinundatie.

Inderdaad is oppervlaktewaterkwaliteit cruciaal.

Dit geldt wel voor kwelgebieden maar niet voor gebieden welke het grootste deel van het jaar inzijgingsgebieden zijn.

Zomerinundatie leidt tot het verdwijnen van b.v. diverse orchideensoorten.

Het probleem is dat de meeste van dit soort systemen thans verdroogt is of geen adequate winteroverstroming meer heeft. In het kader van piekvang willen waterbeheerders juist zoveel mogelijk berging dus geen overstroming als het in het kader van waterberging niet nodig is. Meestal is er dus juist geen goede combinatie mogelijk.

REACTIE ALTERRA:

Door wegvallen tussenkopje was niet duidelijk dat deze vuistregel betrekking had op (externe) nutriëntenaanvoer. De meeste opmerkingen hebben ws. betrekking op de invloed van kwel op invloed interne eutrofiëring (zie reactie bij stelling 2). De vuistregel is ongewijzigd gelaten.

VUISTREGEL 2

Laag-productieve terrestrische systemen als blauwgraslanden zijn over het algemeen slecht combineerbaar met waterberging; alleen als de waterkwaliteit zeer goed is en de mate van sedimentatie gering is aangenomen dat laag-productieve systemen zijn te handhaven of te ontwikkelen in combinatie met waterberging.

Eens: 4 Weet niet: 0 Oneens: 2

AANVULLENDE OPMERKINGEN

Waterberging in de winter lijkt me hier minder een probleem (denk aan vroegere vloeivelden). Waterberging in de zomer mag niet lang duren anders sterven veel planten af.

Blauwgraslanden verdragen geen inundatie in het groeiseizoen: zuurstofproblemen en trofieverhoging.

Hier geldt dat kwelssystemen veel beter en sneller herstellen dan niet-kwel gebieden. Sedimentatie en waterkwaliteit zijn dan minder relevant.

Inderdaad en dan nog alleen in de winter.

REACTIE ALTERRA:

Door wegvallen tussenkopje was niet duidelijk dat deze vuistregel betrekking had op (externe) nutriëntenaanvoer. De meeste opmerkingen hebben betrekking op andere aspecten dan externe nutriëntenaanvoer. Vraag is nog of aanwezigheid kwel ook een buffer vormt tegen aanvoer van nutriënten met sediment zoals 4e opmerking suggereert. Is nu geen rekening mee gehouden, is ook onduidelijk hoe dit zou moeten werken (immobilisatie van aangevoerd fosfaat door ijzer?). Punt voor nader onderzoek.

VUISTREGEL 3

Laag productieve aquatische ecosystemen als vennen en matig productieve aquatische systemen als zwak gebufferde sloten en petgaten zijn nauwelijks te combineren met waterberging.

Eens: 6 Weet niet: 0 Oneens: 0

Geen aanvullende opmerkingen

REACTIE ALTERRA:

Geen reden voor aanpassing

VUISTREGEL 4

Het risico op interne eutrofiëring door afbraak van organisch materiaal is het grootst bij overstroming van bodems met niet veraard oligtroof organisch materiaal met carbonaat- en/of sulfaatrijk water in de zomerperiode.

Eens: 6 Weet niet: 0 Oneens: 0

Geen aanvullende opmerkingen

REACTIE ALTERRA:

Geen reden voor aanpassing

VUISTREGEL 5

Bij korte tot matig langdurige inundaties in de winter en bij korte inundaties in de zomer is er geen risico op interne eutrofiëring

Eens: 1 Weet niet: 0 Oneens: 5

AANVULLENDE OPMERKINGEN

We kunnen er van uitgaan dat het ontvangende systeem op moment van inundatie reeds waterverzadigd is. Bovendien nemen we aan dat het water weer wordt afgevoerd.

In de winter kan de bodemtemperatuur soms relatief hoog zijn; ook bij korte inundatie gevolgd door langere plas-drassituatie in de zomer kan eutrofiëring optreden.

Een korte inundaties in de zomer leidt vaak toch tot hogere productie van de vegetatie, b.v. toename Rietgras en grote zeggen.

Afhankelijk van de waterkwaliteit van het ingelaten water, kan ook een korte inundatie in de zomer risico's met zich meebrengen, in het bijzonder bij matig voedselrijke tot matig voedselarme moerasvegetaties.

Dit hangt mede af van hoe snel de bodem na de overstroming weer doorlucht is. Kleine verschillen in ontwatering / reliëf kunnen grote effecten hebben.

De temperatuur van de bodem is relevant.

Een winterbergingsgebied is niet vanzelf ook een zomerbergingsgebied al is periode korter.

REACTIE ALTERRA:

Deze vuistregel zal worden gewijzigd: bij sulfaatrijk water ook in de zomer risico op interne eutrofiëring. Vraag is nog wel hoe groot het effect kan zijn (welke hoeveelheid nutriënten komt in de voedselkringloop terecht en draagt bij aan eutrofiëring?).

VUISTREGEL 6

Bij langdurige inundaties in de winter en bij kortdurende inundaties in de zomer zijn alleen bij zeer hard en sulfaatrijk water risico's te verwachten

Eens: 2 Weet niet: 1 Oneens: 2

AANVULLENDE OPMERKINGEN

Inderdaad, sulfaat en basen zijn de belangrijkste oorzaak van interne eutrofiëring.

Dit is zo, maar dat betekent niet vanzelfsprekend dat het omgekeerd niet geldt. Dus ook korter durende inundaties zijn niet altijd zonder gevolg. En inundatie met minder hard en minder sulfaatrijk water kan soms ook wel nadelige invloed hebben.

Voor sommige typen ecosystemen is dit juist, voor andere niet.

In de (voormalige) brakwatervenen (Noord Holland) speelt ook te weinig chloride een rol: als er te veel zoet, hard water wordt ingelaten (b.v. hard IJsselmeerwater) ontstaan er ook problemen.

Ook hier geldt dat geschikte bergingsgebieden in de winter niet vanzelf ook 's zomers als bergingsgebied mogen gelden al is de periode korter.

REACTIE ALTERRA:

Door wegvallen tussenkopje was niet duidelijk dat deze vuistregel betrekking had op risico op interne eutrofiëring, meeste genoemde aanvullingen hebben betrekking op andere aspecten.

VUISTREGEL 7

Langdurige inundatie met matig hard tot hard en sulfaatrijk tot zeer sulfaatrijk water in de zomerperiode levert een groot risico op voor interne eutrofiëring. In het geval van de inlaat van zacht water en water arm aan sulfaat zijn de risico's voor interne eutrofiëring als minder groot beoordeeld.

Eens: 4 Weet niet: 0 Oneens: 2

AANVULLENDE OPMERKINGEN

Fosfaat gebonden aan driewaardig ijzer kan toch in oplossing gaan vanwege de daling van de redoxpotentiaal. Het effect is echter veel kleiner dan bij sulfaatrijk hard water.

Dit klopt, hoewel naast interne eutrofiëring er natuurlijk ook andere effecten spelen, zoals verstikking.

REACTIE ALTERRA:

Geen reden voor aanpassing.

VUISTREGEL 8

Korte en matige lange inundatieduur in de zomerperiode zijn hetzelfde beoordeeld als lange inundatieduur. In aquatische systemen blijft namelijk toegevoerd bicarbonaat en sulfaat achter, waardoor interne eutrofiëring wordt gestimuleerd.

Eens: 4 Weet niet: 0 Oneens: 2

AANVULLENDE OPMERKINGEN

Die stoffen blijven achter. Belangrijker is dat die stoffen de oorspronkelijke concentratie van die stoffen verhogen (om effecten van interne eutrofiëring te krijgen).

Dit is niet juist, met het aflaten van het bergingswater wordt ook een groot deel van het sulfaat en bicarbonaat verwijderd

REACTIE ALTERRA:

Geen reden voor aanpassing.

VUISTREGEL 9

Bij inundaties in de winterperiode zijn inundaties met zacht water of inundaties met water dat arm is aan sulfaat als minder risicovol beoordeeld.

Eens: 6 Weet niet: 0 Oneens: 0

AANVULLENDE OPMERKINGEN

Dit geldt met uitzondering van de brakwatervenen, daar veroorzaakt dit watertype juist problemen.

REACTIE ALTERRA:**VUISTREGEL 10**

Korte inundaties in de winterperiode met zacht en sulfaatarm water zijn als niet risicovol beoordeeld met betrekking tot interne eutrofiëring.

Eens: 5 Weet niet: 0 Oneens: 1

AANVULLENDE OPMERKINGEN

Tegelijkertijd zal chloride geen probleem zijn vanwege de lage concentratie in deze situaties.

REACTIE ALTERRA:

Geen reden voor aanpassing.

VUISTREGEL 11

Een P-rijk sediment geeft meer risico als een P-arm sediment. Een P-arme bodem in combinatie met de inlaat van zacht water en water arm aan sulfaat geeft minder risico.

Eens: 5 Weet niet: 1 Oneens: 0

AANVULLENDE OPMERKINGEN

Tenzij een P rijk sediment al behoort bij een meer eutrofe situatie.

REACTIE ALTERRA:

Geen reden voor aanpassing

VUISTREGEL 12

Vorming van waterstofsulfide kan in terrestrische systemen optreden bij inundatie met sulfaatrijk water in het zomerhalfjaar in een ijzerloze omgeving.

Eens: 5 Weet niet: 0 Oneens: 1

AANVULLENDE OPMERKINGEN

Dit geldt in een bodem arm aan reactief ijzer.

REACTIE ALTERRA:

Term 'reactief' ijzer zal voor de volledigheid worden toegevoegd in omschrijving, maar levert weinig meerwaarde zo lang niet eenduidig kan worden aangegeven in welke omstandigheden reactief dan wel niet-reactief ijzer te verwachten is.

VUISTREGEL 13

Vorming van waterstofsulfide kan in aquatische systemen optreden bij inundatie met sulfaatrijk water in een ijzerloze omgeving

Eens: 5 Weet niet: 0 Oneens: 1

AANVULLENDE OPMERKINGEN

Dit geldt in systeem arm aan reactief ijzer.

REACTIE ALTERRA:

zie reactie vorige stelling.

B6-5.4 HET BEOORDELEN VAN DE EFFECTEN OP DE FAUNA

Uit de verschillende reacties van de deelnemers aan dit gedeelte van de workshop, zijn hier enkele belangrijke punten geselecteerd. Het betreffen opmerkingen en meningen die gevolgen kunnen hebben voor de wijze waarop de resultaten van de door Alterra uitgevoerde studie moeten worden geïnterpreteerd. In een apart tekstkader is de reactie van Alterra weergegeven, waarbij ook duidelijk wordt gemaakt in hoeverre de gemaakte opmerkingen hebben geleid tot aanpassingen in het rapport.

CONCEPTUEEL

De door Alterra uitgevoerde studie heeft een aanpak die geen gebruik maakt van z.g. functionele groepen. Binnen het Overlevingsplan Bos en Natuur is voortgang geboekt met de ontwikkeling van een dergelijk concept. Hierbij wordt gezocht naar de 'match' tussen enerzijds de condities van de leefomgeving (o.a. procesverloop en structuurvariatie) en anderzijds de eigenschappen van de soort (wat kan de soort, wat heeft de soort nodig?). Met deze kennis kunnen soorten worden ingedeeld in functionele groepen (soorten die naar verwachting hetzelfde reageren op een stress factor, zoals vermessing of waterberging). Met deze functionele groepen kan de grote faunadiversiteit wel hanteerbaar worden gemaakt.

REACTIE ALTERRA:

Het gebruik van functionele groepen kan een verbetering zijn om effecten te beschrijven, maar is nog onvoldoende uitgewerkt en gepubliceerd voor toepassing in deze studie. Dit concept zou ook bruikbaar moeten zijn voor andere stressfactoren dan waterberging zoals verzuring, vermessing, vernatting, verdroging en versnippering op uiteenlopende schaalniveaus. Het is nog niet te beoordelen in hoeverre daarmee ook de grote faunadiversiteit hanteerbaar wordt. De in het rapport gehanteerde aanpak heeft als voordeel dat wordt aangesloten bij de praktijk van het natuurbeleid (doelsoorten en natuurdoeltypen). Het nadeel is dat de effecten vooral indicatief zijn en op soortniveau soms slecht kunnen uitpakken. Veel opmerkingen in de workshop over lacunes in het onderdeel fauna hebben overigens betrekking op soort- of locatiespecifieke effecten. Dit wordt met een indeling in functionele groepen ook niet altijd ondervangen. Vanwege het globale karakter van deze studie was er geen ruimte om dit aspect uit te werken.

BELANGRIJKE ASPECTEN DIE GEMIST WORDEN

Er is onvoldoende rekening gehouden met:

- Omslagpunten: De indeling van de categorieën is vrij grof (kort-lang, frequent-incidenteel) en absoluut. Hiermee wordt geen recht gedaan aan het veelal niet-lineaire procesverloop in de natuur, waarbij er omslagpunten zijn, waarbij het systeem sterk verandert wanneer een drempelwaarde wordt overschreden.
- Schaal: Fauna maakt gebruik op een reeks van schaalniveaus (in ruimte en tijd). Een korte inundatie (minder dan een week) kan voor veel soorten daarom al funest zijn. Het ruimtelijk schaalgebruik bepaalt in hoeverre soorten kunnen uitwijken naar inundatievrije plekken.
- Functie natuurdoeltypen voor de soorten in kwestie (winterrustgebied, voortplanten, fourageren).
- Effecten van zowel aanvoer als afvoer: Soorten oriënteren zich op signalen vanuit de omgeving (vegetatiestructuren, waterpartijen). Bij inundatie veranderen deze signalen waardoor soorten zich op de foute informatie baseren. Dit vormt een probleem voor soorten wanneer die plek niet dezelfde functie heeft als in de natuurlijke situatie.

Hierdoor kunnen soorten in een sink terechtkomen (geen voedsel, onvoldoende calcium) of op de verkeerde plek eieren afzetten (veel waterdieren zetten de eieren af in de oever). Op deze wijze kunnen de verkeerde signalen als een fuik werken en leiden tot een gebrek aan reproductie.

- Combinaties; Er wordt te weinig rekening gehouden met combinaties van effecten. Wanneer 30% van de soorten in de knel komt door het verdwijnen van reproductiegebied, 30% door het verdwijnen van rustgebied, 30% door het verdwijnen van foerageergebied, kan dit betekenen dat 90% van de soorten hun levenscyclus niet meer kan voltooien van de verschillende
- Cumulatieve effecten: De effecten van waterberging betekenen een extra stress-factor boven op de stress-factoren (zoals verzuring, verdroging, vermesting, versnippering) die soorten reeds ondervinden. Met name de soorten die het al zwaar hebben (de zeldzame soorten, de doelsoorten) zullen hierdoor het laatste zetje krijgen.
- Er zijn per natuurdoeltype hersteltijden ingeschat, maar daarbij wordt uitgegaan van een onbelemmerde herkolonisatie. Helaas is het Nederlandse landschap zo versnipperd dat herkolonisatie een heel groot probleem is.

Op basis van bovenstaande overwegingen wordt duidelijk dat er grote onzekerheden zijn over de uiteindelijke effecten van waterberging op de fauna. Duidelijk is wel dat in bijna alle gevallen de effecten negatief zullen zijn op de aanwezige fauna. Op langere termijn kan verhoging van de dynamiek door waterberging wel gunstig zijn voor andere (fauna)soorten, maar voor zover dit al geen algemene soorten zijn betekent dit een verandering van natuurdoeltype, waarbij het oorspronkelijke natuurdoeltype verdwijnt.

REACTIE ALTERRA:

- Een fijnere indeling in de frequentie van overstroming levert voor de meeste soorten een schijnnaauwkeurigheid op. Er zijn geen gegevens beschikbaar die daar een reproduceerbare onderbouwing voor leveren. De genoemde omslagpunten van het systeem gelden meer voor de vegetatie dan voor de fauna. De indeling is daarom voor de fauna niet aangepast.
- De opmerkingen over de schaal zijn terecht, maar ook impliciet verwoord in de gehanteerde mobiliteit van soorten (tabel 2.5). Daarnaast zijn in paragraaf 2.5 de ruimtelijke effecten en het belang van hoogwatervluchtplaatsen benadrukt. Dit geldt ook voor hersteltijden. In de beoordeling is uitgegaan van voldoende mogelijkheden voor herkolonisatie van soorten bijvoorbeeld door mitigerende maatregelen of aanwezigheid van aangrenzende natuur. In de tekst zal hier extra aandacht aan worden besteed.
- De opmerking over de effecten van aan- en afvoer van bergingswater op de orientatie wordt opgenomen in het rapport.
- De verschillende functies van natuurdoeltypen voor de fauna zijn tekstueel aangeduid, maar niet in de beoordeling opgenomen (zie opmerking over functionele groepen). Functiegebieden zijn overigens schaalafhankelijk en tevens het manco van de natuurdoeltypologie. Een nat schraalgrasland van een halve hectare kan in de winter zowel een rustgebied vormen voor sommige weidevogels, een broedgebied in het voorjaar indien de omgeving bestaat uit voedselrijk landbouwgebied, maar kan ongeschikt zijn als broedgebied wanneer de omgeving uit bos bestaat of uit voedselarme heide. Voor het oplossen van deze ruimtelijke vraagstukken is de inzet van landschapsecologische GIS modellen noodzakelijk.
- Stapeling van milieu-effecten (multiple stress) leidt zeker tot grotere effecten. In dit rapport wordt echter specifiek ingegaan op de effecten van waterberging, er van uitgaande dat de overige milieucondities geschikt zijn voor handhaving of ontwikkeling van het natuurdoeltype.
- Stapeling van effecten per deelproces (bv. verdrinking + vermesting) kan inderdaad eveneens leiden tot cumulatieve effecten. Door uit te gaan van de laagste combineerbaarheid per deelproces in combinatie met een voor de fauna (mede op basis van deze workshop) vrij pessimistische inschatting is naar onze mening al sprake van een voldoende restrictieve inschatting en is er geen reden de uiteindelijke combineerbaarheid nog lager in te schatten.

TOEGEVOEGDE VUISTREGELS

Door de deelnemers aan de workshop zijn de volgende vuistregels voor de beoordeling van effecten van waterberging geformuleerd:

- Inundatie van natuurdoeltypen met kenmerken (tijdstip, frequentie, voorspelbaarheid of intensiteit/diepte, waterkwaliteit) die afwijken van de natuurlijke situatie, zal negatieve effecten hebben op de aanwezige soorten (flora en fauna). Dit komt doordat deze soorten geen aanpassingen hebben ontwikkeld om hiermee om te gaan (op het gebied van synchronisatie, reproductie, ontwikkeling, mobiliteit).
- Infrequente inundatie waarbij het systeemherstel afhankelijk is van herkolonisatie van soorten dient te worden vermeden, doordat algemene soorten of exoten de vrijgekomen niche kunnen bezetten (omslag van het systeem, b.v. grote rivieren).

REACTIE ALTERRA:

- Inundaties van natuurdoeltypen die afwijken van de natuurlijke inundatie zijn in de tabellen al negatiever beoordeeld dan die met natuurlijke dynamiek.
- De problematiek van herbezetting van bergingsgebieden is al eerder genoemd en zal in de tekst nog wat explicieter worden aangegeven.

MOGELIJKE VERBETERINGEN BIJ HET TOEPASSEN VAN DE INFORMATIE DOOR GEBRUIKERS

Het is belangrijk dat gebruikers met minder voorkennis tot de juiste inschatting komen wanneer ze de geagreerde tabellen gebruiken. Vanuit deze optiek is het beter om bij inundatietolerantie 4 klassen te definiëren (zie tabel).

huidige klassen	voorgestelde klassen	betekenis
zeer gevoelig	zeer gevoelig	groot deel soorten sterft bij korte inundatie
matig gevoelig	gevoelig	groot deel soorten sterft bij lange inundatie
niet gevoelig	matig gevoelig	meerendeel soorten overleeft
	niet gevoelig	alle soorten overleven

De klasse niet gevoelig zal slechts voor enkele systemen gelden, maar hiermee wordt de werkelijkheid beter beschreven. Daarnaast is ook de woordkeuze kansrijkdom ongelukkig. Hiermee wordt een positief effect gesuggereerd wat zich alleen bij natuurontwikkeling kan voordoen. In de meeste gevallen gaat het om een negatief effect en daarom is de term schadebeperking beter.

Aparte tabellen van de effecten van inundatie, aanvoer van nutriënten, etc. geven een te gunstig beeld. Het totale effect is namelijk een cumulatief effect van de verschillende factoren, waarbij één bottle-neck reeds voldoende is (dus niet het gemiddelde van de verschillende effecten). Voor de gebruiker zou het daarom beter zijn om per doeltype de effecten in tabelvorm weer te geven.

Om de bruikbaarheid van de tabellen met betrekking tot de kansrijkdom in het concept rapport na te gaan werden de volgende twee exercities uitgevoerd:

- vanuit een gebied werd nagegaan welke natuurdoeltypen mogelijk zijn wanneer een bepaalde inundatie werd gekozen (tijdstip, frequentie etc).
- vanuit een gegeven natuurdoeltype werd nagegaan welke type inundaties mogelijk waren om te kiezen zonder nadelige gevolgen of met geringe nadelige gevolgen.

Voor beide exercities moest vanuit de aanwezige deskundigheid worden geconcludeerd dat het aanhouden van de tabel grote nadelige gevolgen zou hebben. De reden hiervoor ligt in het feit dat de tabellen niet fijngevoelig genoeg zijn (mbt. klassegrenzen, tijdstip, combinatie van effecten, indirecte effecten). Duidelijk werd ook dat voor de vertaling naar een concreet gebied de ruimtelijke aspecten veel belangrijker worden (b.v. zijn er alternatieve natuurdoeltypen in de buurt om naar uit te wijken?). Het is dus nodig om de theoretische en typologisch geformuleerde kennis toe te passen met gebiedskennis. Pas in het concrete gebied wordt duidelijk wat de werkelijke effecten zullen zijn (en die kunnen mee- of tegenvallen, bijvoorbeeld afhankelijk van de uitwijk- en herkolonisatie mogelijkheden etc.)

REACTIE ALTERRA:

- Voor gebruikers van de tabellen zal duidelijk worden gemaakt dat de resultaten van de studie indicatief zijn en gebiedskennis noodzakelijk is om de kansen voor waterberging en schade aan de natuur te beoordelen. Daarnaast zullen de ruimtelijke randvoorwaarden nog duidelijker worden aangegeven.
- kansrijkdom heeft betrekking op de kansen voor waterberging en niet voor de fauna. In de tekst zal dit nog duidelijker worden gemaakt. De term kansrijkdom zal waar mogelijk worden vervangen door de neutralere term 'combineerbaarheid'.
- De term gevoeligheid is vervangen door de neutralere term 'inundatietolerantie', waarbij een grote inundatietolerantie niet betekent dat er geen effecten zijn op individuen, maar wel dat het risico op het uitsterven van lokale populaties bij korte en ondiepe inundaties zeer gering is.
- Een grotere gevoeligheid van de tabellen en een ruimtelijke uitwerking (zie ook eerder) zijn zeer wenselijk maar vergen ook onderbouwde kennis. Deze ontbreekt voor de fauna..
- De 'grote nadelige gevolgen' lijken vooral veroorzaakt doordat de relaties uit de deeltabel inundatie zijn geïnterpreteerd als zijnde de relaties voor de effecten van overstroming in zijn algemeen. In dit geval werd daardoor waarschijnlijk de verkeerde conclusie getrokken dat het type blauwgrasland niet gevoelig zou zijn voor overstroming (type is wel gevoelig voor aanvoer van voedingsstoffen met overstroming maar kan redelijk goed tegen onder water staan). Om misverstanden te voorkomen is in de tekst nog duidelijker het verschil tussen inundatie en overstroming aangegeven, is bij de deeltabel voor inundatie ter verduidelijking de term 'verdrinking' toegevoegd, en is in par. 4.8 uitdrukkelijk vermeld dat het niet de bedoeling is om op basis van één deeltabel uitspraken te doen over de mate van combineerbaarheid.

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Op basis van de discussie over de fauna aspecten tijdens de workshop komen de deelnemende deskundigen tot de volgende conclusies en aanbevelingen:

- Geconcludeerd moet worden dat elke systeemvreemde vorm van waterberging in natuurgebieden altijd sterk negatieve gevolgen of negatieve gevolgen heeft. Er dient zoveel mogelijk te worden aangesloten bij systeemnatuurlijke inundatie (qua overstromingsduur, tijdstip, waterkwaliteit, frequentie, voorspelbaarheid) om negatieve gevolgen te beperken. Hieruit volgt dat bijna geen natuurdoeltype in aanmerking komt voor inundatie. Een mogelijke uitzondering hierop vormt voorjaarsinundatie van dotterbloem graslanden in beekdalen.
- Kennis over de effecten van waterberging op de fauna is deels wel aanwezig, maar niet vanuit het doel van waterberging geanalyseerd. Op basis van aanwezige ecologische kennis kan echter wel een inschatting worden gemaakt van de effecten van waterberging. Vervolgens kunnen deze inschattingen met experimenten op kleine schaal worden getoetst, alvorens op grote schaal water te bergen. Het grote voordeel van een dergelijke aanpak is dat het niet ad-hoc is.
- Ontwikkel een basisdocument waarin bestaande kennis is verwerkt: Tabellen waarin per soort, per levensstadia is aangegeven welke functie de verschillende natuurdoeltypen vervullen en in hoeverre veranderingen in deze natuurdoeltypen door waterberging

invloed hebben op de overleving van de soort en de functie van het natuurdoeltype. Duidelijk is dat dit een omvangrijke klus is die zeer lang kan duren (en zeker niet voltooid had kunnen worden in de beschikbare tijd van 5 dagen). Deze uitkomsten zijn echter snel nodig. Met een start vanuit functionele groepen kan in een half jaar echter een redelijke stap worden gezet.

- Een duidelijke scheiding aan tussen enerzijds het kennisoverzicht (het hierboven bedoelde document) en anderzijds de gebruikersinterface. Deze laatste is een toegesneden agregatie van de bekende informatie. Hierbij is het belangrijk dat het eindoordeel geen gemiddelde is, maar een cumulatief effect van de effecten (één bottle neck is voldoende). Daarnaast is het belangrijk dat hierin ook onzekerheden in de basisinformatie duidelijk naar voren komen.

REACTIE ALTERRA:

- Inundaties hebben op het niveau van het individu en bij zeer grootschalige inundaties vrijwel altijd negatieve effecten op de grootte van de populatie, maar leiden meestal niet tot het verdwijnen van de populatie. Populatiedynamiek is een kenmerk van ecosystemen en leidt pas tot problemen voor een soort wanneer de zgn. fitness in het geding is. In veel gevallen zal waterberging beperkter van omvang zijn, wel leiden tot afname van individuen, maar minder snel tot het compleet verdwijnen van populaties. Een indicatie hiervoor zijn de beperkte ecologische effecten door incidentele, zeer grootschalige overstromingen in het verleden.
- Kennis over de effecten van waterberging op de fauna blijkt in de literatuur uiterst beperkt aanwezig. De in het rapport gepubliceerde effecten moeten daarom ook als een voorlopige stand van zaken worden beschouwd die verre van volledig is, maar wel aangeeft onder welke omstandigheden en voorwaarden de grootste problemen zijn te verwachten. Veel meer nog dan bij de vegetatie is een ruimtelijke uitwerking vereist. Kleinschalige experimenten zijn zeker noodzakelijk, maar geven nog geen inzicht in de eerder genoemde bezwaren van schaaleffecten, hervestiging en cumulatie van effecten. Daarvoor is een ruimtelijke multiple stress benadering voor de fauna nodig. Het lijkt onmogelijk om hiermee, zoals gesuggereerd wordt, voor alle diersoorten per levensstadia en natuurdoeltypen de effecten van stressfactoren als waterberging te bepalen. Er zullen altijd soorten zijn die tussen de wal en het schip vallen. Toepassen van waterberging vereist daarom ook toetsing met gebiedspecifieke kennis die niet via kennistabellen of modellen te bepalen is.
- In de toelichting op de gebruikersinterface zal worden aangegeven dat de effecten indicatief zijn. De onzekerheden zijn in de tabel en in de applicatie aangegeven met vraagtekens.
- In de workshop werd geconstateerd dat waterberging voor de fauna (vrijwel) altijd negatief uitpakt. Dat klopt voor de aantallen (populatiegrootte) van een populatie. Het verdwijnen van complete populaties treedt in de praktijk veel minder op omdat waterberging in het regionaal systeem meestal niet de omvang en duur heeft van die in het riviereengebied. De opmerkingen in de workshop over de veel grotere effecten van waterberging op de fauna zijn waarschijnlijk vooral ingegeven doordat is uitgegaan van het meest negatieve bergingsscenario.

B6-5.5 DE MOGELIJKHEDEN VAN WATERBERGING IN COMBINATIE MET NATUURONTWIKKELING

In de concept rapportage van Alterra wordt naast het inschatten van kansen en risico's voor bestaande natuurgebieden apart aandacht geschonken aan waterberging en natuurontwikkeling. In zijn algemeenheid geldt de opvatting dat in nieuwe natuurgebieden, waar de natuurdoelen nog niet zijn vastgelegd, ruimte aanwezig is om deze mede af te stemmen op de mogelijkheden die een gebied biedt wanneer daar ook waterberging plaats gaat vinden.

De deelnemers aan de workshop hebben gereageerd op een drietal stellingen en hebben daarop aanvullende stellingen gegeven, waarop vervolgens gereageerd is.

De 3 stellingen zoals afgeleid uit de concept Alterra rapportage waren:

STELLING 1

De mogelijkheden om natuurontwikkeling te combineren met waterberging zijn het grootst wanneer frequentie en duur van overstromingen aansluiten bij natuurlijke dynamiek: dat wil zeggen dat inundaties vooral in de winter en in het vroege voorjaar optreden en ze een regelmatig terugkerende karakter hebben.

Commentaar:

Belangrijk is regelmaat in frequentie en constantie in waterdiepte.

Zoek ruimte op bestaande landbouwgrond en ontwikkel daar natuur. Veel van die grond is P verzadigd, wat leidt tot mogelijkheden voor eutrofe systemen.

Aansluiten bij abiotische randvoorwaarden (terreincondities) voor het bedoelde type natuur.

Stel je eisen hoog in reeds begrensde natuurontwikkelingsgebieden en maak duidelijk wat er mogelijk is in nieuw te begrenzen bergingsgebieden.

STELLING 2

Waterbergingsgebieden dienen een zodanige omvang te hebben dat de overstromingsdiepte beperkt blijft en er voldoende ruimte is voor het ontstaan van gradiënten.

Commentaar:

Naast de omvang is intern relief nog belangrijker, dan ontstaan vanzelf gradiënten, uitwijkmogelijkheden, vluchtplaatsen e.d.

Combineer stelling 1 en 2 voor een optimaal effect.

STELLING 3

Incidentele (calamiteiten)berging is te combineren met natuurontwikkeling wanneer de herhalingsdij van de inundaties vele malen langer is dan de hersteldij van de betreffende ecosystemen; deze functiecombinatie is echter niet zonder risico's, en een combinatie met snel te herstellen agro-ecosystemen ligt daarom meer voor de hand.

Commentaar:

Beter reguliere bergingspolders dan naar incidentele calamiteitenpolders.

Voorkom dat systeemherstel afhankelijk wordt van herkolonisatie. Omslag naar eurytope soortensamenstelling (b.v. exoten in riviersystemen).

Probeer zo te sturen dat de regelmatig voorkomende kubieke meters in andere systemen terecht komen dan het water dat onregelmatig verschijnt.

De volgende stellingen over waterberging in combinatie met natuurontwikkeling zijn door de deelnemers aan de workshop toegevoegd:

STELLING 4

De bergingscapaciteit voor tijdelijke pieken moet goed zijn; daarom bij natuurontwikkeling in waterbergingsgebieden uitgaan van moerasbos (altijd nat, mogelijkheden voor tijdelijk sterk hogere waterstand).

Commentaar:

Hiermee kunnen andere doelen gecombineerd worden (houtproductie, CO2-reductie etc.) Dus op voormalige landbouwgronden. Zorg voor voldoende heterogeniteit (bv hoogteverschillen) op goede schaalniveaus opdat het systeem aansluit op de functies voor de verschillende potentiële faunagroepen. Het gaat bij piekberging met voedselrijk water om hoog productieve gebieden met snelle groei van bomen.

STELLING 5

Bij het creëren van nieuwe natuur bij piekberging gaat het ook om nieuwe ecosystemen. Kansen liggen hierbij voor zeer dynamische systemen met o.a. wilg zoals o.a. in het stroomgebied van de Sava en de Donau voorkomen waar nu al sprake is van grote fluctuaties en variatie tussen jaren.

Commentaar:

Dus alleen mogelijk bij riviersystemen. Betekent dat je hier ook moet zorgen voor hoge hoogwatervrije zones.

STELLING 6

Combinaties van waterberging met veenvormende ecosystemen in voormalige landbouwpolders moeten onderzocht worden

Commentaar:

Hierbij richten op de meer hoogproductieve veenvormende systemen, zoals rietgemeenschappen, natte strooiselruigten, wilgenstruweel, elzenbroek. Naast veenvorming ook denken aan andere groene producten (bv. hout als groene energie/brandstof, vogels met recreatieve aantrekkelijkheid, paaibiotop voor vis als snoek, etc.).

STELLING 7

Ook min of meer droge landbouwgebieden kunnen interessant zijn als piekbergingsgebied, maar dan slechts tijdelijk: bijvoorbeeld als fourageergebied voor doortrekkende vogels.

Geen commentaar

STELLING 8

In het groeiseizoen bergen in andere (omkade) landbouwarealen en de boer daarvoor schadeloos stellen.

Geen commentaar

STELLING 9

In laag Nederland kan een opdeling van watersystemen/ boezemsystemen (in de hoog-laag gradient) leiden tot mogelijkheden voor het opvangen van pieken in het waterbeheer. Dus meer "Lauwersmeren" benedenstrooms van de Groningse en Friese boezem.

Geen commentaar

STELLING 10

In het kader van waterberging en natuur is het verstandig om zowel gebieden voor de top-piek berging te hebben als voor de berging voor jaarlijkse perioden met veel neerslag.

Geen commentaar

STELLING 11

Kansrijke gebieden waarin regelmatig water geborgen dient te worden zijn laaggelegen pol-dergebieden met fosfaatverrijkte bodems. Planologische bestemming hiervoor is gewenst.

Commentaar:

geen spijt beleid invoeren (bv nieuwbouw tegengaan) zodat voor de toekomst aanwijzing als bergingspolder mogelijk blijft/niet lastiger wordt dan het al is.

STELLING 12

Aanleggen van traag afvoerende laagveensystemen, die hun water pas na de afvoertop afgeven. Veenvormende systemen stimuleren die vroeger langs de kust van Nederland voorkwamen (Bidentetea/ Phragmitetea/ Valeriano-Filipenduletea/ Franguletea/ Alnetea).

Commentaar:

Hierbij wordt het vasthouden van water ook sterk bevorderd en worden pieken afgevlakt.

STELLING 13

Combinatie met (afval)waterzuivering (zoals zuiveringsmoerassen bij Eversteekoog op Texel) en biomassa productie (groene energie), CO2 vaslegging. Tevens combineren met recreatie, bezoekerscentrum, vogelkijkhut, e.d.

Geen commentaar

B6-5.6 GEWENST ONDERZOEK NAAR COMBINATIE VAN WATERBERGING EN NATUUR.

Als laatste onderdeel van de workshop is geïnventariseerd waar de wensen liggen voor nader onderzoek. Alle deelnemers hebben daartoe voorstellen ingebracht. Deze zijn niet plenair bediscussieerd. Er is geprobeerd een ordening te maken in een aantal categorieën. Hieronder volgen de aanbevelingen in willekeurige volgorde.

BETER BRUIKBAAR MAKEN VAN REEDS BESTAANDE KENNIS (VERTAALKENNIS)

- Hard doorwerken met het completeren van het abiotisch randvoorwaardensysteem, inclusief de stressfactoren.
- Toepassen van seizoensindelingen in winter-zomer of in kortere perioden dec-febr. maart-mei, etc.
- Groepering van taxa en vegetatietypen in te handhaven habitattypen en soorten in het kader van de EU-Habitatrichtlijn en EU-Vogelrichtlijn en Kaderrichtlijn Water.
- Het rapport heeft nu een typologische insteek. Het zou goed zijn om na te denken (en een tool te ontwikkelen) voor een gebiedsgerichte toepassing. Daarbij moet er aandacht zijn voor de ver-thema's waar een gebied concreet mee te maken heeft en met de concrete kansen voor (doel)soorten.

EXPERIMENTEEL ONDERZOEK IN WATERBERGINGSGEBIEDEN

- Onderzoek naar combinatie van waterberging en veenvorming in voormalige landbouwpolders.
- Onderzoeken of, en welke fosfaatverzadigde gronden zich goed lenen voor omvorming tot rietmoerassen en broekbossen.
- Welke waterregimes met waterbergingsaspect zijn nodig voor het ontwikkelen van Calthion-vegetaties?
- Onderzoek naar mogelijkheden van combinatie van overstromingen en fosfaatverzadigde bodems voor natuurrealisatie.
- Onderzoek naar de lange termijn ontwikkeling van vegetaties op vernatte veenweiden met "natuurlijke peilfluctuaties".
- Experimenteel onderzoek naar de ontwikkeling (veenvorming/bodemophoging) van Riet, Lisodde, Biezen en Grote Zeggenvegetaties, in combinatie met het langzaam opzetten van het peil (bv 1-3 mm per jaar) en onregelmatige inundaties.
- Hoe kunnen grote veenweidegebieden zodanig worden ingericht dat ze bij vernatting/waterberging vegetatiegradiënten laten zien?
- Onderzoek naar de mogelijkheden van het gebruik van rietmaaisel als ondergroei in te inunderen polders om daar rietmoeras op te ontwikkelen (met langzaam stijgend gemiddeld peil, dus vegetatie groeit mee met op te zetten peil).

FUNDAMENTEEL PROCESGERICHT ONDERZOEK

- Onderzoek naar de nutriëntenbalans van ecosystemen op de langere termijn bij overstroming.
- Onderzoek naar de guanotrofiëringseffecten bij aantrekking water en moerasvogels.
- Wat is de invloed van vernatte veenweiden op de waterkwaliteit van doorstromend water? (Nalevering fosfaat? Waterkwaliteitsverbetering?)
- Onderzoek naar (blauw)algengroei en flabvorming bij zomerinundaties.
- Populatieonderzoek naar kwetsbare fauna, met aandacht voor soortisolatie en kolonisatie.

WATERDYNAMIEK EN BEHEER

- Onderzoek naar het bergingsrendement van eenmalige langdurige inundaties en herhaalde korte inundaties en naar de mogelijkheden voor combinaties (piekberging nog mogelijk bij jaarlijkse berging ?)
- De rol van kwel en wegzijging voor kwaliteitsprocessen in waterbergingsgebieden.
- Onderzoek naar gewenste vormen van waterafvoer na afloop van waterberging.
- Onderzoek naar de relatie tussen de mate van peilfluctuatie door het seizoen heen en de ontwikkeling van rietgordels.

ONDERZOEK NAAR FUNCTIONELE GROEPEN ALS BENADERING VOOR DE EFFECTEN VAN WATERBERGING OP DE FAUNA

- Onderzoek systematisch de bottlenecks bij de fauna, los van doelsoorten en andere beleidsgerichte indelingen.
- Onderzoek naar het concurrentie voordeel van nu bijna verdrongen soorten (zoals Noordse woelmuis t.o.v. veldmuis en waterspitsmuis).
- Indeling van de fauna op basis van huidige kennis in functionele groepen en analyseren op het ontstaan van bottle necks in relatie tot verschillende inundatie- en waterafvoerregimes. Tevens het omgekeerde voor waterberging in kader van natuurontwikkeling. Dus welke facilitaties moeten vervuld worden, op dat de verschillende functionele groepen juist gefaciliteerd worden.
- Onderzoek naar levensstrategieën van fauna voor een inschatting van de effecten van inundatie. Welke functies vervullen de verschillende gebiedsonderdelen en voor welke soorten komt deze functie in de knel als gevolg van de effecten van waterberging?

ONDERZOEK IN REFERENTIEGEBIEDEN

- Onderzoek referenties elders, bijv. de binnendelta van Donau en Drava, een zeer soortenrijk systeem met een onregelmatige en zeer diepe overstromingsregime.
- Historisch-ecologisch onderzoek, gericht op de mate van peilfluctuatie die vroeger voorkwam in de polders van het veenweidegebied in West-Nederland (oude maalstaten, e.d., gerelateerd aan polders waar 's zomers water werd ingelaten, of waar 's winters waterberging plaatsvond om dijkdoorbraken te voorkomen).

STRATEGISCH BELEIDSONDERZOEK

- Verkenning van mogelijkheden om aan structurele oplossingen (vasthouden) te werken en niet steeds te vervallen in paniecreacties.

B6-6. NABESCHOUWING EN SLOTCONCLUSIES

Een algemene opmerking die gemaakt is door de deelnemers betreft het tijdstip van deze workshop. De deelnemers zijn van mening dat deze consultatie in een eerdere fase zinvoller was geweest omdat die had kunnen leiden tot bijstellingen in de methodiek en aanpak van de studie.

Belangrijke conclusie uit de workshop is, dat er bij de deelnemers consensus is over de verwachting dat waterberging in natuurgebieden in vrijwel alle gevallen schade toebrengt aan de natuurwaarden. In slechts beperkte gevallen zal dit niet het geval zijn.

Op basis van de huidige kennis worden de mogelijkheden om nieuwe waardevolle natuur te ontwikkelen in combinatie met waterberging gering geschat. Uitzondering zijn de dynamische en hoog productieve ecosystemen in Laag Nederland. Toepassingen met de minste schade aan natuurwaarden en eventueel winst voor de natuur achten de deelnemers mogelijk in huidige landbouwgebieden met een functiewijziging naar waterberging.

Gepleit wordt voor terughoudendheid bij de inrichting van natuurgebieden voor waterberging en daar waar er wel toe wordt besloten, uiterst zorgvuldig te werk te gaan bij inrichting en beheer. Het advies van de deelnemers is om bij voorkeur alleen waterberging te realiseren in gebieden waar geen risico's voor het verminderen van natuurwaarden aanwezig zijn of waar deze uiterst gering zijn.

Het goed kunnen schatten van die risico's vraagt ook om aanvullend onderzoek. Er wordt gepleit voor meer procesmatig- en experimenteel onderzoek, waarbij met name wat betreft de fauna-aspecten een methodiek gericht op de effecten op z.g. functionele groepen gewenst is.

De deelnemers vinden het gewenst de resultaten van de workshop een ruimere verspreiding te geven dan als bijlage in een Stowa rapport. Dit zou ook kunnen in de vorm van een artikel in een vakblad over de resultaten van de workshop.

Wat betreft de organisatie vonden de deelnemers de opzet en het programma goed en werd ook het gebruik van de Group Decision Room van als positief ervaren.