

## Effect van moerassen op het ecologisch functioneren van meer ecosystemen

### Ruurd Noordhuis (Deltares)

Moerassen zijn belangrijke onderdelen in de vloedvlaktes en oeverzones van meren, maar zijn door compartimentering en een sterk gereguleerde peilvariatie grotendeels verdwenen. Deze factsheet schetst de rol en het functioneren van moerassen, hun bijdrage aan de waterkwaliteit, hotspots voor biodiversiteit, de oorzaken van de achteruitgang en de inrichtings- en beheermaatregelen om ze te herstellen.

Inleiding .....	2
Habitatdiversiteit, ecologische kwaliteit en veerkracht .....	3
<i>Moeras in de vegetatiekundige benadering</i> .....	3
<i>Moeras vanuit een beheerperspectief</i> .....	4
<i>Relatie met waterplantenzone</i> .....	5
<i>Samenhang met dynamiek en connectiviteit</i> .....	5
Uitwisseling van stoffen, productiviteit .....	8
<i>Relatie met eutrofiëring</i> .....	8
Soortdiversiteit .....	10
Ruimtelijke verdeling en kwaliteit van moerassen .....	11
<i>Hoeveel areaal moeras en ondiepe oeverzones is nodig?</i> .....	11
<i>Habitatkwaliteit</i> .....	12
<i>Gebiedsoverstijgende functie</i> .....	13
Mogelijkheden voor beheer .....	13
<i>Maatregelen in bestaande moerasgebieden</i> .....	13
<i>Kwaliteitsherstel van bestaand moeras</i> .....	14
<i>Aanleg van moeras</i> .....	15
Gerelateerde KIWK kennisdocumenten .....	16
Literatuur .....	16
Colofon .....	19

## Inleiding

Deze factsheet gaat in op de relatie tussen meren en de omringende moerassen. Door vervening en drooglegging is een groot deel van de moerassen in Nederland verdwenen en veel van het resterende moeras is door compartimentering van de meren gescheiden geraakt (zie kader). Waar nog contact mogelijk is wordt de kwaliteit van overgangszones door peilfixatie en beteugeling van golf- en peildynamiek sterk gereduceerd.

Moeras is een begrip dat voor diverse interpretaties vatbaar is. In sommige interpretaties zijn broekbossen, zones met waterplanten, natte graslanden of veengebieden inbegrepen, in andere wordt een meer beperkte omschrijving gehanteerd. In deze factsheet heeft het begrip moeras betrekking op gebieden met opgaande (emergente) vegetatie waar de waterspiegel ten minste een deel van het jaar boven het maaiveld staat. Kruidachtige planten zijn dominant. De emergente vegetatie bestaat vaak uit helofyten, dit zijn meerjarige planten die de winter overleven met behulp van knoppen of wortelstokken onder water, maar die in de zomer boven water uitkomen, zoals riet en lisdodde.

Moerassen hebben diverse functies in een watersysteem. De eerste is een bijdrage aan de habitatdiversiteit, die verder toeneemt waar dynamische overgangen kunnen bestaan en waar sprake is van een ruimtelijke variatie aan verschillende leefgebieden, bijvoorbeeld op basis van variatie in hoogteligging of sedimenttype (zie factsheet habitatheterogeniteit). De overgangen van het moeras naar de ondiepe oeverzones van het meer zijn gebaat bij peildynamiek. Naar mate de amplitude van de peilfluctuaties groter is, zijn deze zones breder en zijn de overgangen van land naar water meer geleidelijk. In een (historische) niet geëutrofiëerde situatie draagt het moeras via stromen van organisch stof en voedingsstoffen bij aan de productie van het meer (Tabel 1). Als deze omstandigheden aanwezig zijn, dan is ook de bijdrage aan de soortdiversiteit groot. Niet zo zeer vanwege de verhoogde productie, maar omdat veel soorten een combinatie van verschillende habitats vereisen voor de voltooiing van hun levenscyclus. Als de externe nutriëntbelasting toeneemt en/of de peilvariatie en de daarmee gepaarde dynamiek wegvalt, dan neemt de soortdiversiteit af (ondanks de eventuele habitatheterogeniteit).

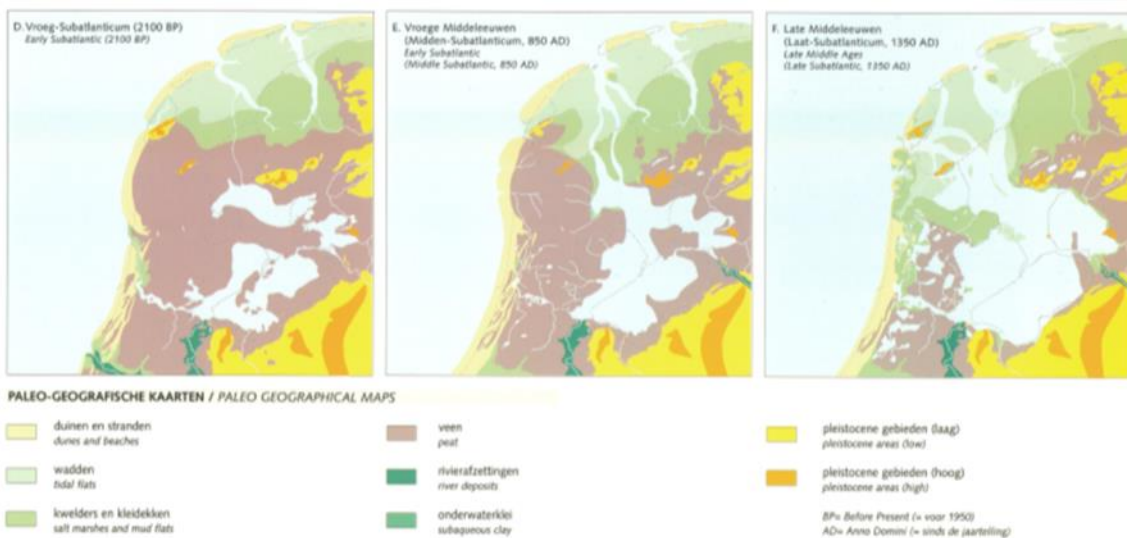
Tabel 1 Rol van moerassen voor habitatdiversiteit, stofstromen en soortdiversiteit

	Bijdrage	Optimaal bij ...
<b>Habitatdiversiteit</b>	Toevoeging arealen diverse moeras habitats (rietmoeras, nat grasland, ruigte, wilgen) met overgangen	Peildynamiek; seizoen ritmiek en verschillen tussen jaren
<b>Stofstromen</b>	Productie in het meer blijft op peil ondanks afname eutrofiering	Peildynamiek; waterbeweging van moeras naar meer
<b>Soortdiversiteit</b>	Soorten van genoemde moeras habitats + soorten die combinaties van habitats vereisen	Peildynamiek; toegang van water tot moeras en grasland, incl. seizoen ritmiek.

## Historische achtergrond:

### Ontstaan van onze grote meren in uitgestrekt moeras

De vraag naar het effect van moerassen op meer-ecosystemen is in Nederland een interessante vraag, omdat het open water van de meeste meren hier door bedijkingen en peilfixatie in de loop der tijden zijn losgekoppeld van de uitgestrekte, moerassige veengebieden waarin veel van onze meren zijn ontstaan. Ook door vervening of door het wegslaan van veenpakketten tijdens stormvloed en uit dat moeras meren ontstaan met een relatief harde overgang tussen land en water. Zolang natuurlijke peilfluctuaties in stand bleven, rond beek- en riviermondingen versterkt door fluctuaties in afvoer, bleef door periodieke overstroming van buitendijkse oeverlanden interactie tussen de moerassen en het open water nog wel in stand. Wat van het veenmoeras overbleef werd echter eveneens verveend voor turfwinning of ontwaterd en in cultuur gebracht. Door afslag van buitendijks land tijdens stormvloed en later door compartimentering en peilfixatie in de meren werden de land-water overgangen verder verhard en werd het open water gescheiden van de moeraszones.



*Ontstaan van de meren in laag Nederland: wisselwerking van vervening en stormvloed. Uit Lenselink & Menke 1995.*

## Habitatdiversiteit, ecologische kwaliteit en veerkracht

### Moeras in de vegetatiekundige benadering

Moeras is gezien vanaf de waterscheiding de tweede van vijf onderdelen van een goed functionerend meer ecosysteem, na de landzone en voor de waterplantenzone, het open water en de bodem (Verdonschot 2019). Moerasvegetatie kan zich op verschillende manieren ontwikkelen. Floristen verdelen plantengemeenschappen in een hiërarchisch systeem met (van grof naar fijn) klassen, orden, verbonden en associaties. Moeras is in dit systeem met name vertegenwoordigd door twee vegetatieklassen: de riet-klasse en de klasse van kleine zeggen (Weeda et al. 2000). Deze klassen worden ook genoemd als dominante klassen in laagveen. Het

onderscheid tussen moeras en laagveen is dan ook vooral gradueel. Onder beide vegetatieklassen vallen weer verschillende verbonden en associaties. De Riet-klasse is zeer divers met 19 associaties, met behalve de riet-associatie gemeenschappen rond allerlei grotere zeggesoorten, mattenbies, lidsteng, egelskop en pijlkruid, waterweegbree etc. Het zijn vooral grote moerasplanten die op voedselrijke plaatsen in een neutraal tot basisch milieu groeien. Ruimtelijke variatie aan gemeenschappen binnen de rietklasse beantwoordt aan de habitatheterogeniteit in het gebied, bijvoorbeeld aan ruimtelijke verschillen in zoutgehalte of de aanwezigheid van kwel. Op groter schaalniveau kan de klasse als geheel voorkomen op de natste plaatsen binnen een broekbos. Veel gemeenschappen van de rietklasse reageren negatief op verslechtering van de waterkwaliteit waarbij tolerante soorten zoals Liesgras meer gevoelige soorten gaan verdringen (Weeda et al. 2000).

De klasse van de kleine zeggen omvat 8 associaties, waaronder veenmosrietland. Deze gemeenschappen komen voor in mesotrofe moerassen (d.w.z. niet te rijk, niet te voedselarm), op plaatsen waar grond- of oppervlaktewater in contact komt met het zuurdere regenwater. In het laagveenplassengebied komt de klasse van kleine zeggen vooral voor in de vorm van "kraggevenen" (trilveen), dat ook door associaties uit de rietklasse kan worden gevormd.

#### *Moeras vanuit een beheerperspectief*

In het kader van het beheer en management van meren wordt meestal gebruik gemaakt van een grovere, meer praktische indeling, met termen zoals helofytenmoeras, waterrietzone en overstromingsgrasland. De Bij12 (uitvoeringsorganisatie provincies) onderscheidt een aantal natuurtypen, die weer zijn onderverdeeld in beheertypen. Het natuurtype "moeras" is verdeeld in drie beheertypen: veenmoeras, dynamisch moeras en gemaaid rietland ([www.bij12.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/index-natuur-en-landschap/natuurtypen/n05-moerassen](http://www.bij12.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/index-natuur-en-landschap/natuurtypen/n05-moerassen)). Veenmoeras heeft volgens hun definitie een weinig dynamisch, soms zelfs tegengesteld peil, waardoor het relatief snel verbost en verzuurt, hetgeen veel onderhoud vergt om het in stand te houden. Dynamisch moeras wordt periodiek overstroomd en vergt daarom minder onderhoud, omdat het minder snel verruigt. Gemaaid rietland is vooral gericht op rietoogst.

Overstromingsgrasland wordt vaak, bijvoorbeeld bij inrichtingsvoorstellen voor PAGW, genoemd in combinatie met een (helofyten)moeras. In de indeling van Bij12 is het echter een afzonderlijk beheertype binnen een ander natuurtype, namelijk "rijke graslanden en akkers". Dit type grasland wordt in het voorjaar langdurig overstroomd door oppervlakte- of kwelwater. Vegetatiekundig kan het bestaan uit trilveen van de klasse kleine zeggen, maar ook uit gemeenschappen uit de klasse van de matig voedselrijke graslanden. Gemeenschappen uit deze klasse, die een deel van het jaar geïnundeerd kunnen zijn, zijn het Dotterbloem verbond op matig voedselrijke, venige tot kleiige bodems, de associatie van blauwgrasland op voedselarme, zandige tot venige bodems of het verbond van de Grote Vossenstaart op voedselrijke, kleiige

grond. Bij het laatstgenoemde type horen ook de Kievitsbloem hooilanden van NW Overijssel (Zwarte Water, Overijsselse Vecht, IJsselmonding).

#### *Relatie met waterplantenzone*

Er is een nauwe relatie met de zone met waterplanten, waarvan de verschillende verlandingsstadia kunnen leiden tot het hiervoor beschreven moeras. In de meren zijn in die zone aanvankelijk vooral de kranswierklasse en de fonteinkruidklasse van belang, ook weer met meerdere gemeenschappen (associaties). Onder de laatste vallen ook gemeenschappen als die van waterlelie en gele plomp, die zich via successie kunnen ontwikkelen uit een gemeenschap van (glanzig) fonteinkruid, en zich verder kunnen ontwikkelen via krabbenscheer tot een rietmoeras. Ook andere helofyten kunnen zich vestigen via kieming onder water, zoals lisdodde, egelskop of biezen. Deze route is relatief belangrijk in gebieden met een vast waterpeil. Andere routes naar een moeras, bij een meer fluctuerend peil, zijn de ontwikkeling van helofytenvegetaties uit zaad na droogval of vegetatieve uitbreiding vanuit de oevers.

#### *Samenhang met dynamiek en connectiviteit*

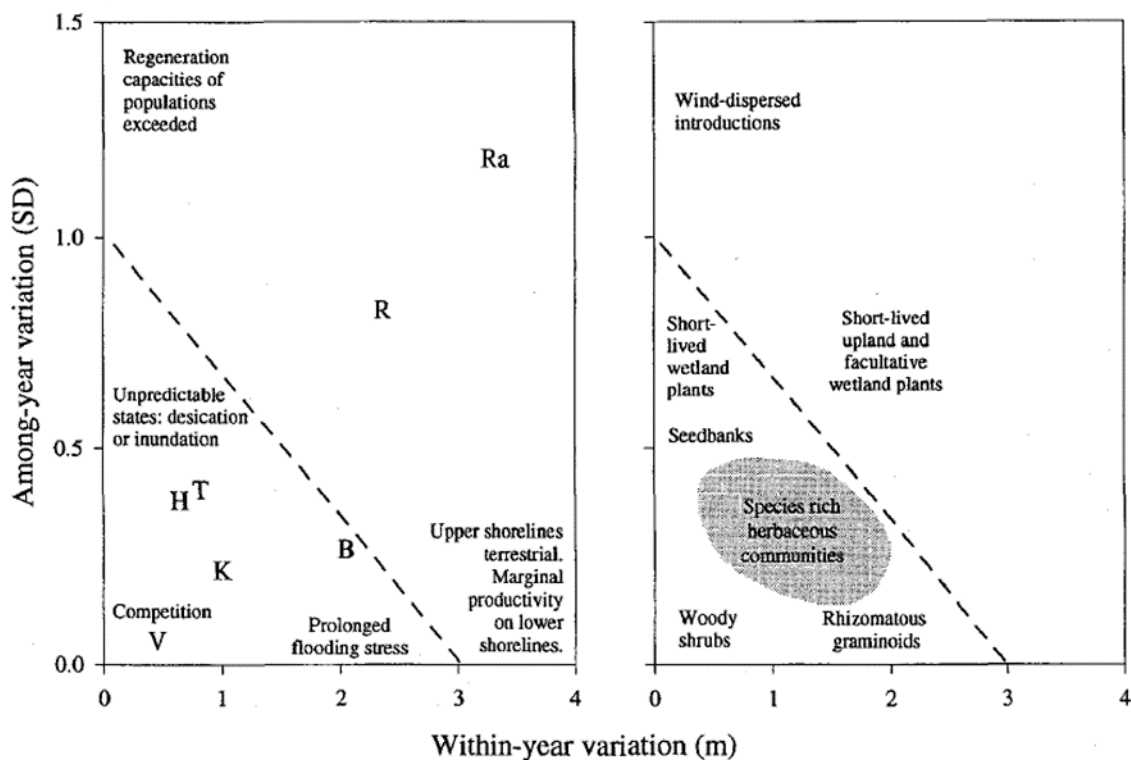
Moeras in een meer-ecosysteem heeft een tweezijdige relatie met golf- en peildynamiek. Enerzijds wordt de golfwerking door de moerasvegetatie gedempt, anderzijds is het voortbestaan van moeras in het systeem van deze dynamiek afhankelijk. Als de golfslag te sterk wordt of door peilfixatie te veel is geconcentreerd in een smalle zone, treedt schade op aan het moeras.

De remming van de golfwerking resulteert in sedimentatie van zwevend materiaal en helderder water. Dit wordt verder versterkt door de vestiging van "filter feeders"; ongewervelde diersoorten die aan hun voedsel komen door zwevende deeltjes uit het water te filteren, zoals mosselen, sponzen, mosdiertjes en poliepen. Mogelijk ook versterkt door de uitscheiding van "allelopathische stoffen" door moeras- of waterplanten; dit zijn stoffen die de algengroei remmen (o.a. Bloemendaal & Roelofs 1988, maar over de betekenis hiervan bestaat nog het nodige meningsverschil). Zones met waterriet beschermen de oevers tegen afslag en bevorderen daarmee de ontwikkeling van habitats voor allerlei plant- en diersoorten (o.a. Coops 1996, Bakker 2003, Belgers & Arts 2003). Op watersysteemniveau ontstaan zo ruimtelijke gradiënten in helderheid en dynamiek die verder bijdragen aan de diversiteit (Jeppesen et al. 1997).

De andere kant is dat te weinig golfdynamiek juist verlanding bevordert. Ophoping van strooisel dat niet wordt afgevoerd leidt tot de vorming van bodems waarop zich andere plantensoorten kunnen vestigen tot een successiereeks die al snel kan leiden tot struweel- en bosvorming. Periodieke hoge waterstanden vóór aanvang van het groeiseizoen kunnen dit tegen gaan, doordat dit strooisel dan met een zekere regelmaat wordt weggespoeld. Hierdoor blijven functionele land-water overgangen op langere termijn in stand. Bij laag water in de (na)zomer kan dan uitbreiding van de moerasvegetatie plaatsvinden (Coops 2002). De balans tussen deze processen is

optimaal als de waterstand in de winter hoog is en in de (na)zomer laag en fluctueert met een zodanige amplitude dat de golfaanval op de oever over het seizoen gespreid wordt. In referentiesystemen bedraagt de seizoens-amplitude al snel een meter of meer, bijvoorbeeld in de Friese boezem in de 19<sup>e</sup> eeuw (Claassen 2008) of in het Peipsi-meer in Estland (Van Eerden et al. 2007; Noordhuis 2019). Peilverschillen tussen jaren kunnen ook resulteren in regimes waarin de vegetatie meer periodiek wordt "gereset", wat weer kan leiden tot een andere vegetatiestructuur. Volgens Hill et al. (1998) kan lage peildynamiek binnen en tussen jaren leiden tot struweelvorming (wilgenbos), veel variatie binnen jaren tot gras- en rietland, veel variatie tussen jaren tot dominantie van pionier-gewassen (Figuur 1). De hoogste diversiteit komt voor bij een combinatie van variatie binnen en tussen jaren.

De betekenis voor een meer van ondiepten met waterplanten en oeverzones met oeverplanten en moeras is afhankelijk van de hun onderlinge relatieve arealen, de kwaliteit en de onderlinge connectiviteit, die op zijn beurt afhankelijk is van de peildynamiek.

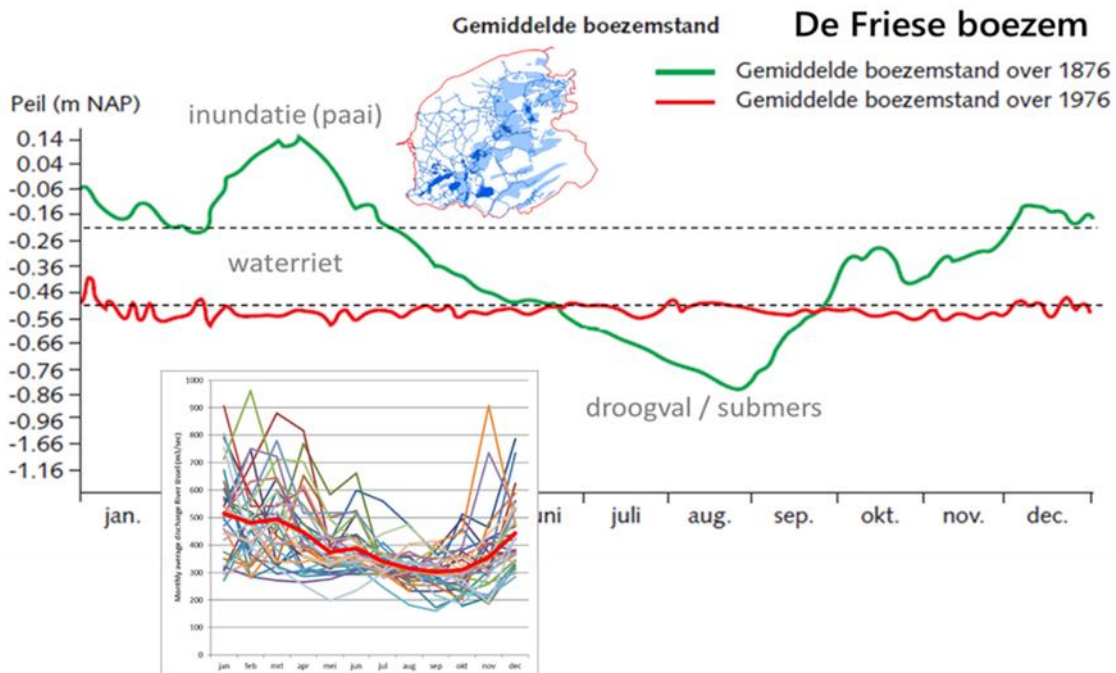


Figuur 1 Karakteristieken van oever/moerasvegetatie in relatie tot de aard van fluctuaties van de waterstand binnen en tussen jaren. Uit Hill et al. (1998).

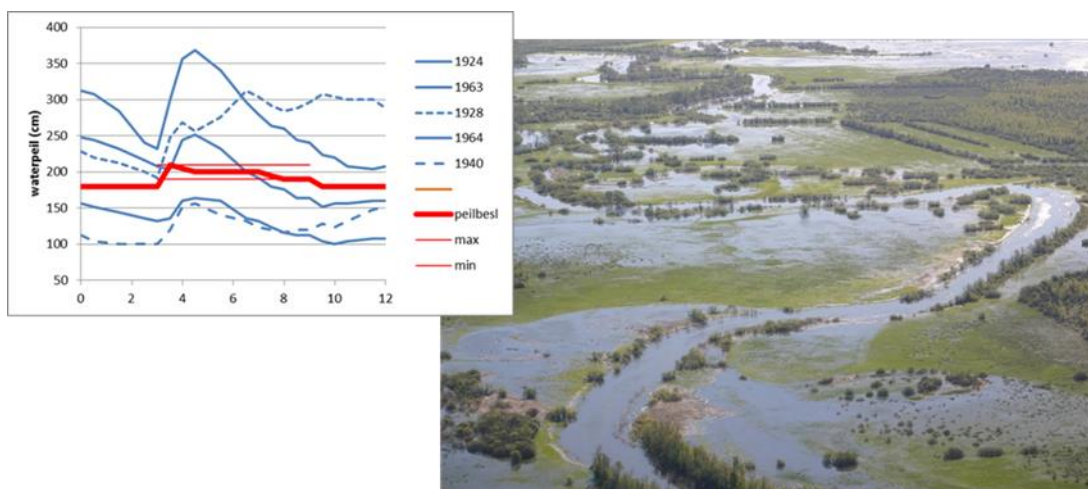
Periodieke overstromingen, onder natuurlijke omstandigheden gemiddeld het meest omvangrijk in het vroege voorjaar, maken moerasvegetaties en overstroomd grasland bereikbaar voor vis uit het open water (Figuur 2 **Error! Reference source not found.**; Figuur 3). Verschillende vissoorten gebruiken deze habitats om te paaien. Met name snoek profiteert hiervan (o.a. Grimm 1994, Klinge et al. 1995, Pierce & Tomcko 2005), maar ook brasem, karper, baars en blankvoorn paaien in ondergelopen vloedvlaktes en helofytenmoerassen (Pohnke & Klinge 2018). Vervolgens zijn



geleidelijke, gevarieerde land-water overgangen van grote betekenis voor larvale en juveniele vissen, vooral vanwege de beschutting tegen predatie en de beschikbaarheid van voedsel zoals zoöplankton (Van Emmerik & Quak 2020). Door combinaties van habitats die onderling functioneel verbonden zijn in een ruimtelijke samenhang neemt de soortdiversiteit verder toe, omdat hierdoor aan verschuivende behoeftes over de seizoenen of naar gelang de functie (foerageer-, schuil, rust- en voorplantingsgebied) kan worden voldaan.



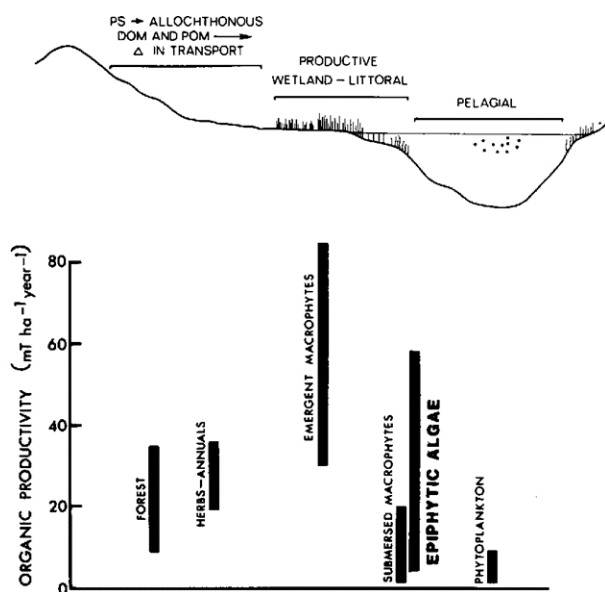
Figuur 2 Een min of meer natuurlijk verlopend seizoen-verloop van het peil van de Friese boezem en het ondergelopen areaal in het verleden (groene lijn in 1876; Claassen 2008) vergeleken met de afvoer van de IJssel (inzet) en het huidige sterk gedempte peilverloop (rode lijn).



Figuur 3. Seizoens-verloop van het peil in Lake Peipsi in Estland voor gemiddelde, natte en droge jaren (blauwe lijnen) vergeleken met het huidige peilbesluit van het IJsselmeer (rood). De foto toont het overstroomde mondingsgebied van de rivier die Lake Peipsi voedt (foto M.R. van Erden).

## Uitwisseling van stoffen, productiviteit

Bij voldoende dynamiek, bijvoorbeeld via peilfluctuaties, kan de productie in de moeraszones ook bijdragen aan de productie in het open water. De productie in de moeraszone is hoog, veel hoger dan in de andere vier onderdelen van een meer ecosysteem (Verdonschot 2019, Wetzel 2004; Figuur 4). Macro- en helofyten maken nutriënten uit de bodem beschikbaar, terwijl algengroei geremd wordt door allelopathische stoffen (Jeppesen et al. 1997). Een belangrijke bijdrage wordt geleverd door epifytische algen, die een fors onderdeel van de productie in het voedselweb kunnen leveren (Rombouts et al. 2019; Vadeboncoeur & Power 2017). De biomassa van perifyton is beperkt, maar het wordt sterk begraaasd en de productie kan oplopen tot 30% van de totale productie in de ondiepe oeverzones (Wetzel et al. 1992). Onder natuurlijke omstandigheden is dit gunstig. In grote meren blijkt op basis van isotopenonderzoek de visgemeenschap direct of indirect in belangrijke mate afhankelijk te zijn van voedselbronnen uit de ondiepe oeverzones (Vadeboncoeur et al. 2008). Daarentegen kan in geëutrofiëerde omstandigheden de fosformobilisatie bij inundatie van productief grasland of uiterwaarden soms nadelig zijn voor de waterkwaliteit in nabij gelegen meren (Loeb et al. 2008).



Figuur 4 Productiviteit van de verschillende onderdelen van een meer ecosysteem binnen het afwateringsgebied. Terrestrische organische stof met voedingsstoffen (PS) stroomt in opgeloste (DOM) en vaste vorm (POM) door oppervlakte- en grondwater naar het meer via de productieve moeraszone. Uit Wetzel 2004.

### Relatie met eutrofiëring

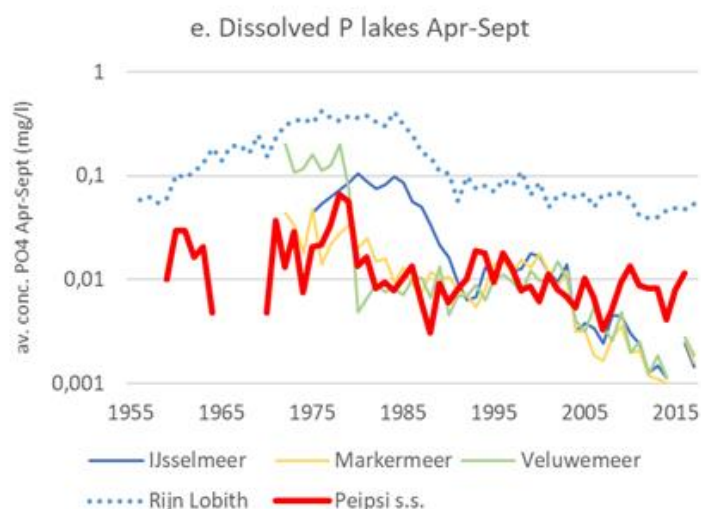
Bij sterke eutrofiëring levert de bijdrage van moerassen geen voordeel op aan de productie, omdat deze door de overmatige aanvoer van fosfaat en stikstof toch al te hoog is. Belangrijk is dan vooral de aanvoer van organisch stof vanuit de



moeraszones. In situaties zonder moeraszone en natuurlijke peildynamiek kunnen de inspanningen om de externe nutriëntbelasting met fosfaat en stikstof te verlagen als het ware hun doel voorbij schieten waardoor het beoogde herstel van diversiteit niet wordt gehaald. Zo zijn de fosfaatconcentraties in de meren van het IJsselmeergebied recent onverwacht laag geworden (0,02 mg/l) in vergelijking met de historische referentie ((0,06 mg/l; Cremer et al. 2009) en het KRW-doel (0,07 mg/l). Naar mate vooral de fosfaatconcentraties vanuit de Rijn en de IJssel de achtergrondwaarden weer naderen (Laane et al. 2005) wordt duidelijk dat, als de uitwisseling met de moeraszones ontbreekt, de productiviteit van de meren sterker daalt dan werd verwacht. Waarschijnlijk is daarbij niet de beperking van de aanvoer van fosfaat zo zeer het probleem, maar de beperkte uitwisseling van organisch stof en meer algemeen het ontbreken van voldoende peil- en stromingsdynamiek om de voedingsstoffen in het systeem circuleren. Lange tijd werd dit probleem gemaskeerd door de dominante problematiek rond de eutrofiëring van het water.

In het IJsselmeer, Markermeer en de Veluwerandmeren zijn de concentraties van voedingsstoffen die in het water worden gemeten hierdoor recent veel sterker gedaald dan in de Rijn en de IJssel. Daarmee zijn ze ook aanzienlijk lager geworden dan in het referentiemeer Peipsi in Estland (

*Figuur 5*). Productie vindt nu mogelijk meer op de bodem plaats (bodemalgen en bacteriën), maar komt nauwelijks ten goede aan de hogere niveaus in het voedselweb. In ondiepere meren, zoals de randmeren, zit een groot deel van de primaire productie inmiddels in waterplanten, waardoor een beperkte rol voor de oevermoerassen minder gevolgen heeft voor de levensgemeenschappen in het water. Deze productie komt wel ten goede aan de hogere niveaus in het voedselweb (o.a. macrofauna, vissen, vogels).



*Figuur 5* Verloop van opgelost fosfaat in het water: vergelijking van het IJsselmeergebied met de Rijn en met Lake Peipsi. Concentraties namen in het IJsselmeergebied recent sterker af en leidden tot waarden ver onder de KRW doelstelling en de waarden van referentiemeer Peipsi (Noordhuis 2019).

## Soortdiversiteit

Uit het voorgaande blijkt al dat de moeraszone onder natuurlijke omstandigheden een grote bijdrage levert aan de diversiteit van een meer. Als naast de diversiteit en ruimtelijke verdeling van habitats ook de kwaliteit goed is, in samenhang met natuurlijke dynamiek en uitwisseling van stoffen, dan is ook de diversiteit aan soorten hoog. Diverse Natura 2000 soorten zijn volledig afhankelijk van moerassen: Roerdomp, Purperreiger, Porseleinhoen en Grote Karekiet om er maar een paar te noemen, maar ook Habitatrichtlijnsoorten zoals Noordse Woelmuis, Waterspitsmuis en Otter. De Grote Modderkruiper – ook een Habitatrichtlijnsoort - is een vissoort met een uitgesproken voorkeur voor moerassen.

Veel soorten hebben echter niet genoeg aan een moeras op zich. Veel soorten die dieper in het moeras broeden, zijn voor hun voedsel in hoge mate afhankelijk van de overgangszones naar het open water, liefst met brede ondieptes en plas-dras zones met open helofytenvegetaties. De oeverzone is dan rijk aan zoöplankton en wordt veelvuldig gebruikt als paai- opgroeigebied door diverse vissoorten uit het open water. Ook de gemeenschappen van ongewervelden zijn bijzonder divers en het voedselaanbod is aantrekkelijk voor allerlei vogelsoorten. Reigers en Porseleinhoentjes foerageren bij uitstek in deze randzones en verdwijnen als de overgang te abrupt wordt of als watergangen in het moeras verdwijnen (Zwarte Meer; project "Roerdomp in het riet – A better LIFE for Bittern" [www.natuurmonumenten.nl/projecten/roerdomp-in-het-riet](http://www.natuurmonumenten.nl/projecten/roerdomp-in-het-riet)). Grote Karekieten hebben een waterrietzone met een zekere breedte nodig om aan predatie door vossen te ontsnappen (Graveland 1996). Aalscholvers, die ook dieper in moerasgebieden broeden, steken de oeverzone over en foerageren in open water. Veel soorten zijn dus afhankelijk van de combinatie van moeras en open water, waardoor de diversiteit van het gebied als geheel hoger is dan de som der delen.

Terwijl de moeraszone van een watersysteem relatief hoog scoort in productiviteit, piekt de diversiteit in de ondiepe water zones. Poikane et al. (2018) laten in een vergelijking van meer dan 500 Europese meren zien dat er een positieve relatie is tussen het relatieve areaal waterplanten en de ecologische kwaliteit (EQR). Voor ondiepe meren is de EQR met name hoog bij een bedekking van meer dan 50%. Vadeboncoeur et al. (2011) lieten zien dat in 14 grote meren gemiddeld 93% van de soorten voorkomt in de ondiepe oeverzones, waarvan 72% exclusief daar. Deze zone omvatte gemiddeld (slechts) 18,5% van het areaal. De ondieptes dragen ook bij aan de diversiteit van de vogelbevolking omdat voedsel op de bodem daar tegen beperkte duikkosten (De Leeuw 1997) en zelfs voor niet-duikende vogelsoorten bereikbaar is. Afhankelijk van de combinatie van eigenschappen vormen dergelijke gebieden vaak "hotspots" voor verschillende groepen vogelsoorten binnen het watersysteem (Van Eerden 1997, Van Eerden et al. 2005). Toch is een deel van die diversiteit ook weer afhankelijk van de nabijheid van de moeraszone, waar zich broed- en schuilhabitat bevindt. Ook de diversiteit van de ondiepe oeverzones is dus hoger in de nabijheid van moeras.

Een grotere diversiteit geeft een watersysteem meer veerkracht en weerstand tegen verschillende vormen van druk, zoals klimaatverandering, eutrofiering of toenemend gebruik. Diversiteit wordt beschouwd als één van de zeven principes van veerkracht (resilience) volgens het Stockholm Resilience Centre ([www.stockholmresilience.org](http://www.stockholmresilience.org)). Daarbij wordt ook specifiek de term “redundancy” genoemd, ofwel overtaligheid m.a.w. er meerdere soorten aanwezig zijn met vergelijkbare functies in het ecosysteem. Het voedselweb is dan ook complexer en het systeem kan beter tegen druk van buitenaf. De meerwaarde voor de diversiteit van de combinatie van moeras, ondieptes en open water met dynamische overgangen betekent dat de kans op een hoge “redundancy” veel groter is dan in een meer zonder moeras, zeker als ook de ondiepe oeverzones onderontwikkeld zijn.

Door het krimpende areaal en de slechte kwaliteit van onze moerassen doen veel van de genoemde soorten het echter slecht in Nederland. Dit geldt voor soorten uit allerlei groepen, niet alleen die van moerassen (Haas 2002; Van Turnhout et al. 2010, Van Kleunen et al. 2011), maar zeker ook voor soorten van nat grasland, zoals Grutto en Kemphaan. Hoewel dit geen moerasvogels zijn, is de problematiek sterk verwant (verdroging en vermessing), zoals ook naar voren komt in de koppeling van helofytenmoeras en overstromingsgrasland.

## Ruimtelijke verdeling en kwaliteit van moerassen

### *Hoeveel areaal moeras en ondiepe oeverzones is nodig?*

De vraag naar de relatie tussen de onderlinge verhouding van de verschillende habitats en hierboven beschreven effecten van moeras op het functioneren van een meer wordt vaak gesteld, maar is niet eenvoudig te beantwoorden (Westendorp et al. 2020). Dat begint al bij de definities van begrippen als functioneren, robuustheid, veerkracht en dergelijke. Het heeft niet zoveel zin om hier zulke definities voor te leggen, omdat de begrippen in de aangehaalde studies verschillend zijn geïnterpreteerd.

Ook het bepalen van de “natuurlijke” arealen van moeras en gerelateerde habitats is lastig. Zo laten Van Geest et al. (2003) een algemene relatie zien tussen het relatieve oppervlak van de vegetatiezones met de oppervlakte, de diepte en de leeftijd van het waterlichaam. Dat betreft zowel het areaal moeras als het areaal waterplanten, zoals blijkt uit verschillende studies. Het areaal van 50% waterplanten waarbij Poikane et al. (2018) een optimum van de ecologische kwaliteit zien, wordt ook genoemd door Janse (2005), maar dan voor moeras. Hij laat zien dat als het areaal boven de 50% komt, een meer minder gevoelig wordt voor eutrofiëring en minder snel omslaat van helder naar troebel. In Nederland halen we dat soort percentages zelden, hooguit in meren met relatief veel oeverlengte, zoals in petgatsystemen. In een analyse van Sollie et al. (2006) had het vergroten van het areaal moeras boven de 33% nauwelijks meer effect op de “robuustheid”. Het Veluwemeer toonde veerkracht nadat de bedekking van waterplanten was toegenomen tot meer dan 30% (Ibelings et al.

2007). Dit was echter "interne bedekking", ofwel het product van gemiddelde bedekking en areaal, dat eerder 70% bedroeg.

Het onderscheid tussen waterplanten, oeverzone en moeras is vaak onduidelijk in dergelijke studies, evenals de begrenzingen van de bedoelde habitats. Lagere percentages die worden genoemd hebben vaak betrekking op habitat voor vis (minimum areaal oeverzone 5% in Jaarsma et al. 2008, aannname van 10% moeras in Sollie et al. 2006, voor visgemeenschap Snoek-Ruisvoorttype 5-10% waterriet in Nagelkerke et al. 1999, eveneens 5-10% in Pohnke & Klinge 2018, naast 10-25% waterplanten).

Verdonschot (2019) noemt, mede op basis van studies als van Wetzel (o.a. 1992, 2004) een percentage van 10% voor de waterplantenzone en 40% voor moeras, maar dat heeft niet alleen betrekking op vishabitat.

De werkelijke percentages moeras bij Nederlandse meren zijn veel lager en liggen ongeveer tussen de 1 en de 5% (Sollie et al. 2006, Janse 2005). De conclusie lijkt daarmee gerechtvaardigd dat de Nederlandse meren niet in een optimale toestand zijn, wat natuurlijk past bij hun sterk veranderde of kunstmatige karakter.

### *Habitatkwaliteit*

De beoordeling van de kwaliteit van een habitat is enigszins subjectief, omdat de gemeenschap zich aanpast aan de omstandigheden. De plantengemeenschappen waaruit moeras is opgebouwd zijn echter in het algemeen gemeenschappen van pionierssoorten, die afhankelijkheid zijn van dynamiek. Die kan bestaan uit golfslag en stroming, maar ook uit beheeractiviteiten zoals maaien. Zonder die dynamiek treedt successie op naar gemeenschappen die niet meer als moeras kunnen worden gekarakteriseerd, en in die zin neemt de kwaliteit, maar eigenlijk dus het areaal van het moeras dan af. Zo wordt een rietvegetatie met een, droge, gesloten strooisellaag floristisch al niet meer tot de riet-klasse gerekend (Weeda et al. 2000).

Het reguleren en inperken van variatie in het peil betekent dat golfaanvallen voortdurend binnen een smalle zone plaatsvinden waardoor de oever erodeert (zie ook factsheet wind en golven). De buitenste zone van de oevervegetatie verdwijnt, met waterriet en oeverplanten die in het water staan (Clevering 1999; Van Der Putten, 1997; Ostendorp 1989; Den Hartog et al. 1989; Coops 1996). De land-water overgang wordt abrupter en dat wordt versterkt doordat inundatie van het moeras minder plaatsvindt. De moerasvegetatie verzuigt dan en verlandt vervolgens, totdat uiteindelijk wilgenbos ontstaat en er nauwelijks contact meer is tussen water en oever (Coops 2002). Het areaal moeras neemt aan beide kanten af, evenals de uitwisseling van stoffen en soorten tussen moeras en open water.

Na het wegvallen van een natuurlijk peilverloop door beheer- en inrichtingsmaatregelen, die gericht zijn op veiligheid en waterbeheer voor o.a. de scheepvaart en landbouw, zorgen variërende waterpeilen in de rivieren of door wind-gestuurde scheefstand en opstuwning soms nog voor een relatief goede kwaliteit van

moerassen in de oeverzones. Dat was bijvoorbeeld lange tijd het geval in de IJsseldelta. Maar ook hier verlandde het moeras uiteindelijk doordat strooisel niet meer werd afgevoerd en mede hierdoor zijn populaties van moerassoorten sterk achteruit gegaan (Kapenga et al. 1972). Een tijd lang was dit gebied een van de laatste bolwerken voor moerasbroedvogels als Purperreiger, Porseleinhoen en Grote Karekiet, maar ook hier staan hun populaties nu sterk onder druk.

De soortsaamenstelling van moeras kan ook veranderen door veranderingen in de waterkwaliteit. Gemeenschappen uit de riet-klasse komen vooral voor in voedselrijke gebieden, maar bij sterkere verrijking kunnen tolerante soorten zoals Liesgras dominant worden, waardoor de structuur van de vegetatie verandert. Daarbij verdwijnende meer specialistische "kensoorten" van de associaties waarna "rompgemeenschappen" van tolerante soorten overblijven. Hierdoor neemt ook de diversiteit af. Dit zijn indicaties voor een lage milieukwaliteit, maar niet noodzakelijkerwijs voor een slechte connectiviteit tussen moeras en open water.

#### *Gebiedsoverstijgende functie*

Naast een goede kwaliteit van moerasgebieden, is ook de absolute omvang van groot belang. Moerasgebieden moeten op zichzelf of in samenhang met omliggende moerassen (afhankelijk van benodigd areaal cq homeranges van doelsoorten) duurzame levensvatbare populaties van soorten kunnen herbergen.

Sommige moerasgebieden zijn zo groot (los van het aandeel in het totale areaal van het watersysteem) dat ze voor bepaalde diersoorten als brongebied kunnen fungeren. Populaties kunnen een zodanige overproductie leveren dat andere gebieden, soms in de wijde omgeving, gekoloniseerd worden. Dit is vanuit de Oostvaardersplassen gebeurd door diverse vogelsoorten, waaronder Blauwborst, Baardmannetje, Grote Zilverreiger en Zeearend. Vanuit de Weerribben gebeurt dit de laatste jaren bij diverse libellensoorten (Sierlijke Witsnuitlibel, Kempense Heidelberg).

## Mogelijkheden voor beheer

#### *Maatregelen in bestaande moerasgebieden*

Het gebrek aan natuurlijke en voldoende peildynamiek als motor voor ontwikkeling en onderhoud van moerassen kan voor een deel door specifiek beheer worden gecompenseerd. Mogelijkheden voor behoud en verbetering van de kwaliteit van moerasgebieden zijn onder meer:

- Tijdelijke verhoging van het waterpeil om verruiging van riet tegen te gaan (Lenssen et al. 2013)
- Tijdelijk (2-3 jaar) verlagen van de waterstand voor uitbreiding riet (bijv. "moerasreset Oostvaardersplassen", het terugbrengen van pionier-stadia, zie [www.staatsbosbeheer.nl](http://www.staatsbosbeheer.nl))

- Voorkomen van verruiging van rietland door maaien en afvoeren in de winter, bij voorkeur vóór de bladval. Afhankelijk van de productiviteit bijv. eens per 4 jaar bij lage productie of om het jaar in productieve systemen. Zelfs jaarlijks als overjarig riet geen voorwaarde is en de verlanding erg snel gaat. Branden is minder geschikt omdat alleen de toplaag van het strooisel verdwijnt, de nutriënten achterblijven, en flora en fauna worden geschaad.
- Actief verwijderen van de toplaag om de successie terug te zetten, in combinatie met tijdelijke waterstandsverlaging t.b.v. kieming van riet (Rijnstrangen; Lenssen et al. 2013).
- Terugzetten van gevorderde verruiging door baggeren, graven van geulen en evt. sedimentatiebekkens. Voorbeeld Zwarte Meer.  
(<https://www.natuurmonumenten.nl/projecten/roerdomp-in-het-riet>)

Vanuit een analyse van de relevante drukfactoren is de logische volgorde in het beheer dan om eerst te kijken wat er via wijzigingen in het peilbeheer en verbetering van de waterkwaliteit mogelijk is mede om de frequentie van het maaibeheer zo laag mogelijk te maken en alleen wanneer noodzakelijk overgaan tot afgraven van de toplaag, baggeren etc. Breder georiënteerde en meer uitgebreide lijsten of tabellen met maatregelen ter verbetering van moerassen zijn onder meer te vinden in Lamers et al. 2010.

#### *Kwaliteitsherstel van bestaand moeras*

Er zijn inmiddels veel voorbeelden van herstelprojecten, soms gericht op breed herstel van kwaliteit in functionaliteit, soms met meer specifieke doelen, zoals verbetering van de habitatkwaliteit voor moerasvogels. Enkele voorbeelden in de rijkswateren zijn al genoemd (Oostvaardersplassen, Zwarte Meer, Rijnstrangen), maar ook in de regionale wateren is al veel gebeurd. Zo is verbetering van de moeraskwaliteit in biodiversiteit hotspot Wieden-Weerribben ter hand genomen door middel van maatregelen als het graven van petgaten en greppels, plaggen van rietlanden en peilverhoging en bevoeiing (Cusell et al. 2018). Habitat eisen van de Purperreigers stonden model voor adviezen voor verbetering van moerasgebieden in het westelijke rivierengebied (Van der Winden et al, 2008). Het aanbrengen van drijvende eilandjes voor ontwikkeling van waterriet voor Zwarte Sterns en andere moerasvogels was recent onderdeel van een maatregelenpakket in de Zouweboezem ([www.zuidhollandslandschap.nl/herstel-leefgebied-moerasvogels-zouweboezem](http://www.zuidhollandslandschap.nl/herstel-leefgebied-moerasvogels-zouweboezem)). In de Reeuwijkse Plassen wordt het habitat van de Grote Karekiet verbeterd door middel van het verwijderen van bomen op de oevers en (daarna) van het aanbrengen van rasters tegen ganzenvraat (Van der Winden & Van Gemeren 2018). Ook wordt geadviseerd beschoeiingen aan te passen ten behoeve van kolonisatie van riet, door ze onder de waterlijn te plaatsen. In de oostelijke vechtplassen wordt het habitat verbeterd door de voedselrijke toplaag af te plaggen, natuurvriendelijke oevers aan te leggen en aanpassingen aan het waterbeheer uit te voeren ([www.staatsbosbeheer.nl/over-staatsbosbeheer/projecten/groene-hart-natuurherstel-oostelijke-vechtplassen](http://www.staatsbosbeheer.nl/over-staatsbosbeheer/projecten/groene-hart-natuurherstel-oostelijke-vechtplassen)). Een werkelijk effectief fluctuerend, min of meer natuurlijk peilbeheer (zie o.a. Claassen 2008) is meestal ook in de regionale



wateren nog een brug te ver, de studies hieromtrent betreffen verkenningen (bijvoorbeeld Cusell & Van 't Veer 2017).

### *Aanleg van moeras*

Op een toenemend aantal locaties zijn en worden pogingen ondernomen om via natuurontwikkeling het areaal moeras en waterplanten in de meren te vergroten. Vaak betreft dat de aanleg van ondervertegenwoordigde ondiepte en moeraszones, vooralsnog met name in of langs rijkswateren. Al in de jaren 90 van de vorige eeuw werd het bevorderen van oever- en moerasvegetatie en het vergroten van de populaties van moerasbroedvogels al als doelstelling genoemd in diverse natuurontwikkelingsprojecten (Iedema et al. 1994). In de Rijkswateren was dat vooral in het IJsselmeergebied: Onderdijk, Workumerbuitenwaard, Bocht van Molkwerum en Mirnserklif in het IJsselmeer, eilandjes in het Vossemeer en Drontermeer, Polsmaten in het Veluwemeer (Lauwaars & Platteeuw 1999). Later volgden hier projecten in het Eemmeer en het Ketelmeer. Momenteel zijn diverse natuurontwikkelingsprojecten in uitvoering in het Markermeer, bijvoorbeeld de Marker Wadden, waarbij moerasvorming eveneens een belangrijk doel is. Voorbeelden in de delta zijn onder meer te vinden op Tiengemeten en in het Volkerak. Meer en meer geschiedt de planvorming van dergelijke projecten in ruimtelijke samenhang, met name binnen de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW; <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/water-ruimte/ecologie/programmatische-aanpak-grote-wateren-pagw/> ). Het gaat dan vooral om aanleg van habitats die worden aangeduid als helofytenmoeras en overstromingsgrasland, liefst aansluitend op ondieptes met waterplanten, hetzij bestaand of aangelegd door verondieping en aanleg van nieuwe luwtezones.

Het op gang brengen van stofstromen tussen dat moeras en het open water kan tegenwoordig wenselijk zijn waar de eutrofiering succesvol is teruggedrongen (in het IJsselmeergebied en andere grotendeels door Rijnwater gevoede meren), maar is erg lastig binnen de beperkingen van de geldende peilbesluiten. Meer peilverhoging in het voorjaar en uitzakkend peil in de zomer is belangrijk, en ook verschillen daarin tussen jaren komen ten goede aan de habitatdiversiteit, omdat dit bijv. uitbreidingsmogelijkheden oplevert voor riet en van kortlevende pioniersgezelschappen (Hill et al. 1998). Als de mogelijkheden beperkt zijn kan met een goede locatiekeuze van een aan te leggen moeras soms nog optimaal gebruik gemaakt worden van op- en afwaaiing of de peilverschillen door variaties in de afvoer van de aanvoerende wateren. Ook constructies van (tijdelijke) afscheidingen waarbinnen aangepast peilbeheer kan worden gevoerd is een optie.

Een andere optie is gebruik te maken van binnendijkse gebieden waar een dynamisch peilverloop (wel) mogelijk is, met behulp van een verbinding die uitwisseling mogelijk maakt ("achteroever concept"; <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/water-ruimte/waterkwantiteit/achteroevers/> ). Die uitwisseling bestaat met name uit paaitrek van volwassen vis naar het (buitendijkse) moeras en migratie van jonge vis van het moeras naar het meer. Dit is in bepaalde gevallen succesvol gebleken, zoals

in de Koopmanspolder bij Wervershoof aan westkant van het IJsselmeer (o.a. Van Ek et al. 2017). Voor wat betreft het vervullen van een functie voor overwinterende vis en voor uitwisseling van stoffen wordt dit concept nog nader onderzocht (lopend onderzoek UvA).

## Gerelateerde KIWK kennisdocumenten

[Kennisdocument belang dispersie en connectiviteit voor macroinvertebraten en planten](#)

[Factsheet droogte](#)

Kennisdocument Natuurlijk peilbeheer (in prep.)

[Factsheet fosforbelasting](#)

[Factsheet habitatheterogeniteit](#)

## Literatuur

- Bloemendaal, F.H.J.L. & J.G.M. Roelofs (red), 1988. Waterplanten en Waterkwaliteit. Stichting Uitgeverij. KNNV, Utrecht.
- Claassen T.H.L. 2008. Historisch overzicht van het peilbeheer van de Friese boezem. *Twirre*, 19(3), 74-83.
- Clevering, O. (1999). Vitaliteit van rietbegroeiing. *Levende Natuur*, 100(2), 42-45.
- Coops, H., 1996. Helophyte zonation: impact of water depth and wave exposure. Thesis University of Nijmegen. Bachmann R.W., M.V. Hoyer & D.E. Canfield Jr. 2000. The potential for wave disturbance in shallow Florida lakes. *Lake and Reservoir Management* 16 (4): 281-291.
- Coops, H. (red.) 2002. Ecologische effecten van peilbeheer: een kennisoverzicht. Rijkswaterstaat / RIZA rapport 2002.040, Lelystad.
- Cremer H., F.P.M. Bunnik, E.P. Kirilova, E.H.R.R. Lammens & A.F. Lotter 2009. Diatom-inferred trophic history of IJsselmeer (The Netherlands). *Hydrobiologia* 631: 279-287.
- Cusell C. & R. van 't Veer 2017. Potentiële effecten van de invoering van een meer flexibel peilbeheer op de Natura 2000-doelstellingen in het Naardermeer. VBNE, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren Advies OBN-13-LZ Driebergen.
- Cusell C., B. de Haan, G. Kooijman, G. van Dijk, J.M.H. van Diggelen & A.M. Kooijman 2018. Roadmap voor herstel Weerribben-Wieden. *Landchap* 2018/2: 111-117.
- De Leeuw J.J. 1997. Demanding divers. Ecological energetics of good exploitation by diving ducks. Proefschrift RUG en Rijkswaterstaat Dir. IJsselmeergebied, Van Zee tot Land 61, Lelystad.
- Den Hartog, C., J. Kvet & H. Sukopp, 1989. Reed. A common species in decline. *Aquatic Botany* 35: 1-4.
- Graveland J. 1996. Watervogel en zangvogel: de achteruitgang van de Grote Karekiet *Acrocephalus arundinaceus* in Nederland. *Limosa* 69: 85-96.

- Grimm, M.P., 1994. The characteristics of the optimum habitat of northern pike (*Esox lucius* L.). Part II: the characteristics of an optimal habitat for northern pike. In: I. Cowx (ed.): Rehabilitation of freshwater fisheries: 235-243. Blackwell Scientific Publications Ltd. Oxford.
- Haas J.S. 2002. Historische veranderingen in het binnendijkse rietmoeras Oude Rijnstrangen. Afstudeerscriptie, Saxion Hogeschool IJsselland.
- Hill N., P.A. Keddy & I.C. Wisheu 1998. A hydrological model for predicting the effects of dams on the shoreline vegetation of lakes and reservoirs. *Environmental Management* 22 (5), 723-736.
- Ibelings, B. W., Portielje, R., Lammens, E. H. R. R., Noordhuis, R., Van Den Berg, M. S., Joosse, W., & Meijer, M. L. (2007). Resilience of alternative stable states during the recovery of shallow lakes from eutrophication: Lake Veluwe as a case study. *Ecosystems* 10: 4- 16. <https://doi.org/10.1007/s10021-006-9009-4>
- Iedema W., H. Hosper, J. Keunin, J. van Baalen & M. de Vriend (red.) 1994. *Natuur aan het werk. Een verkenning van mogelijkheden voor grootschalige natuurontwikkeling langs rijkswateren en rijkswegen.* Ministerie van V&W, Evers Litho en druk bv, Almere.
- Jaarsma N., M. Klinge en L.P.M. Lamers (2008). *Van helder naar troebel... en weer terug.* STOWA-rapportnummer 2008-04. ISBN 978.90.5773.386.4
- Janse J.H. (2005). *Model studies on the eutrophication of shallow lakes and ditches.* Proefschrift Wageningen Universiteit. Jeppesen, E., Jensen, J. P., Søndergaard, M., Lauridsen, T., Pedersen, L. J., & Jensen, L. (1997). Top-down control in freshwater lakes: The role of nutrient state, submerged macrophytes and water depth. *Hydrobiologia* 342-343: 151-164.
- Lamers L., J. Sarneel, J. Geurts, M. Dionisio Pires, E. Remke, H. van Kleef, M. Christianen, L. Bakker, G. Mulderij, J. Schouwenaars, M. Klinge, N. Jaarsma, S. van der Wielen, M. Soons, J. Verhoeven, B. Ibelings, E. van Donk, W. Verberk, H. Esselink & J. Roelofs 2010. *Onderzoek ten behoeve van het herstel en beheer van Nederlandse laagveenwateren Eindrapportage 2006-2009 (Fase 2).* Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit Rapport DKI nr. 2010/dk134-O Ede.
- Lauwaars S.G. & M. Platteeuw 1999. *Een groene riem onder het natte hart. Evaluatie van natuurontwikkelingsprojecten in het IJsselmeergebied.* Rijkswaterstaat / RIZA rapport 99.030, Lelystad
- Kapenga R., J.A.F. Koridon, A. Timmerman & J. Philippona 1972. *Kampereiland en Zwarte Meer. Schets van de landschappelijke en natuurhistorische waarde.* Kamper Almanak 1972-07: 159-174.
- Klinge, M., Grimm, M. P., & Hosper, S. H. (1995). Eutrophication and ecological rehabilitation of Dutch lakes presentation of a new conceptual framework. *Water Science and Technology*, 31: 207-218. [https://doi.org/10.1016/0273-1223\(95\)00372-T](https://doi.org/10.1016/0273-1223(95)00372-T)
- Laane, R.W.P.M., U. Brockmann, L. van Liere & R. Bovelander (2005). Immission targets for nutrients (N and P) in catchments and coastal zones: a North Sea assessment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 62: 495-505.
- Lenselink G. & U. Menke 1995. *Geologische en bodemkundige atlas van het Markermeer.* Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, Lelystad.
- Lenssen J., H. Coops, K. Buddingh & T. Wijers 2013. *Herstel van rietmoeras in de Rijnstrangen.* *De Levende Natuur* 114: 252-257.
- Loeb, R., Lamers, L. P. M., & Roelofs, J. G. M. (2008). Prediction of phosphorus mobilisation in inundated floodplain soils. *Environmental Pollution*, 156: 325-331. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.02.006>

- Nagelkerke, L. A. J., Klinge, M., Meier, M., van Scheppingen, Y., & Grimm, M. P. (1999). Waterriet en visfauna: betekenis voor ecologisch herstel van zoet water. *De Levende Natuur*, 100: 54–57.
- Noordhuis R. 2019. Recent developments of water quality and ecology in the Lake IJsselmeer area, with reference to Lake Peipsi. *Deltares / Rijkswaterstaat, Lelystad*.
- Ostendorp, W., 1989. 'Die-back' of reeds in Europe, a critical review of literature. *Aquatic Botany* 35: 5-26
- Sollie S., J.H. Janse, W.M. Mooij, H. Coops & J.T. A. Verhoeven. The contribution of marsh zones to water quality in Dutch shallow lakes: a modeling study. *Environmental Management* (2008) 42: 1002–1016 .
- Pierce, R. B., & Tomcko, C. M. (2005). Density and biomass of native northern pike populations in relation to basin-scale characteristics of north-central Minnesota lakes. *Transactions of the American Fisheries Society*, 134: 231–241. <https://doi.org/10.1577/t03-211.1>
- Pohnke, C., and M. Klinge. 2018. Bureaustudie vis in het IJsselmeergebied. Witteveen+Bos.
- Poikane, S., Portielje, R., Denys, L., Elferts, D., Kelly, M., Kolada, A., Mäemets, H., Phillips, G., Søndergaard, M., Willby, N., & van den Berg, M. S. (2018). Macrophyte assessment in European lakes: Diverse approaches but convergent views of 'good' ecological status. *Ecological Indicators*, 94: 185–197. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.056>
- Rombouts, T. A., J. A. Vonk, and H. G. van der Geest. 2019. Het belang van natuurlijke en kunstmatige land-water overgangen voor het functioneren van moeras- en meerecosystemen. Een literatuurstudie als voorbereiding op het ontwerp van de Oostvaardersoevers. Universiteit van Amsterdam.
- Vadeboncoeur Y. & M.E. Power 2017. Attached algae: the cryptic base of inverted trophic pyramids in freshwaters. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 48: 255-279.
- Vadeboncoeur, Y., McIntyre, P. B., & Vander Zanden, M. J. (2011). Borders of Biodiversity: Life at the Edge of the World's Large Lakes. *BioScience*, 61: 526–537. <https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.7.7>.
- Van der Putten, W. H. (1997). Die-back of *Phragmites australis* in European wetlands: an overview of the European Research Programme on Reed Die-back and Progression (1993/1994). *Aquatic Botany*, 59: 263–275.
- Van der Winden J. & J. van Gemeren 2018. Inventarisatie van waterrietkragen in de Reeuwijkse Plassen. Verkenning van knelpunten en oplossingen voor rietkragen als leefgebied voor de Grote Karekiet. Rapport 2018-06, Jan van der Winden Ecology, Utrecht/ Rapport 17A083, Watersnip Advies, Reeuwijk.
- Van der Winden J., A.J. Nienhuis, T.J. Boudewijn & R.G. Verbeek 2008. Moerasherstel in het westelijk rivierengebied. Nieuw leefgebied voor purperreiger en andere bedreigde moerassoorten. Bureau Waardenburg bv, rapport nr. 07-059, Culemborg.
- Van Eerden M.R. 1997. Patchwork. Patch use, habitat exploitation and carrying capacity for water birds in Dutch freshwater wetlands. Proefschrift RUG en Rijkswaterstaat Dir. IJsselmeergebied, Van Zee tot Land 65, Lelystad.
- Van Eerden, M., V. Borisov, R. Doef, L. Jans, K. Kangur, A. Kuresoo, E. Lammens, S. Lauwaars, L. Luigujõe, M. Melnik, U. Menke, R. Noordhuis, S. Timofeev, O. Zhuravkova, and O. Vassilenko. 2007. In the mirror of a lake. In: M. van Eerden, H. Bos & L. van Hulst (red.), *In the mirror of a lake*, pp. 249-257. Rijkswaterstaat Dir. IJsselmeergebied, Lelystad.

- Van Eerden M.R., S.H.M. van Rijn & M. Roos 2005. Ecologie en ruimte: gebruik door vogels en mensen in de SBZ's IJmeer, Markermeer en IJsselmeer. Rijkswaterstaat RIZA, rapport 2005.014, Lelystad.
- Van Ek, R., R. Doef, K. Bruin-Baerts & A. van Nierop, 2017. Achteroevers: Lessen uit de Koopmanspolder, Landschap 2017: 15-23.
- Van Emmerik W.A.M. & J. Quak 2020. Functies van land-waterovergangen voor vissen. Sportvisserij Nederland, Bilthoven.
- Van Geest, G. J., Roozen, F. C. J. M., Coops, H., Roijackers, R. M. M., Buijse, A. D., Peeters, E. T. H. M., & Scheffer, M. (2003). Vegetation abundance in lowland floodplain lakes determined by surface area, age and connectivity. *Freshwater Biology*, 48: 440-454. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2003.01022.x>
- Van Kleunen A., C. Hallmann & R. Vogel 2011. Analyse van trends van moerasvogels in het Rijnstrangengebied. SOVON onderzoeksrapport 2011/11.
- Van Turnhout C.A.M., E.J.M. Hagemeyer & R.P.B. Foppen 2010. Long-term population developments in typical marshland birds in The Netherlands. *Ardea* 98: 283-299.
- Verdonschot P. 2019. Nieuwe natte natuur in een urbane delta. Natuurcollege Provincie Flevoland, 22 oktober 2019: <https://www.youtube.com/watch?v=pVXWnqmSYVM> .
- Weeda E.J., J.H.J. Schaminée & L. van Duuren 2000. Atlas van plantengemeenschappen in Nederland. Deel 1: Wateren, moerassen en natte heiden. KNNV Uitgeverij, Utrecht.
- Westendorp P.J., E. Remke, J. de Fouw & R. Noordhuis 2020. Onderbouwing ecologische maatregelen IJsselmeergebied. Het areaal land-waterovergangen. Literatuurstudie. Onderzoekcentrum B-WARE, rapport RP-19.072.20.18, Nijmegen.
- Wetzel, R. G. 1992. Gradient-dominated ecosystems: sources and regulatory functions of dissolved organic matter in freshwater ecosystems. *Hydrobiologia*, 229: 181-198. <https://doi.org/10.1007/BF00007000>

## Colofon

Utrecht, maart 2021

Auteur: Ruurd Noordhuis (Deltares)

Leesgroep: Gerard ter Heerdt (Waternet), Hermen Klomp (WS Hunze & Aa's), Tom Buijse (Deltares), Gerben van Geest (Deltares)

Te citeren als: Noordhuis, R. (2021) Factsheet: Effecten van moerassen op het ecologische functioneren van meer ecosystemen. Notitie Kennisimpuls Waterkwaliteit