



Rietteelt als mogelijke bouwsteen voor een duurzaam water- en bodembeheer in natte veengebieden

H. Korevaar & A.K. van der Werf





Rietteelt als mogelijke bouwsteen voor een duurzaam water- en bodembeheer in natte veengebieden

H. Korevaar & A.K. van der Werf

© 2014 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Plant Research International. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Plant Research International, Agrosysteemkunde.

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Exemplaren van dit rapport kunnen bij de (eerste) auteur worden besteld. Bij toezending wordt een factuur toegevoegd; de kosten (incl. verzend- en administratiekosten) bedragen € 50 per exemplaar.

Onderzoek in opdracht van Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden en Provincie Utrecht



provincie ■■ *Utrecht*

Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Agrosysteemkunde

Adres : Postbus 616, 6700 AP Wageningen
: Wageningen Campus, Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
Tel. : 0317 – 48 08 63
Fax : 0317 – 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.wageningenUR.nl/pri

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1. Inleiding en doel	3
2. Riettelstsystemen	5
2.1 Groei van riet	5
2.2 Rietsystemen	7
3. Water	9
3.1 Zuivering van oppervlaktewater	9
3.2 Berging van oppervlaktewater	11
4. Bodem	13
4.1 Bodemdaling	13
4.2 Bodemopbouw	14
4.3 Beperken van bodemdaling	15
5. Broeikasgasemmissies	17
5.1 Rietvelden	17
5.2 Ander landgebruik	17
6. Natuur en landschap	19
6.1 Natuurwaarden van rietmoerassen en rietvelden	19
6.2 Invloed van beheer op natuurwaarden van rietvelden	20
6.3 Buffering van natuurgebieden	20
6.4 Landschapswaarden	22
7. Maatschappelijke aspecten	25
7.1 Acceptatie door boeren	25
7.2 Acceptatie door burgers	25
8. Kosten en baten van rietteelt	27
9. Voorwaarden voor een gebied om kansrijk te zijn voor rietteelt	29
9.1 Rietteelt als systeem	29
9.2 Randvoorwaarden en criteria voor kansrijke locaties voor rietteelt	30
10. Conclusies	33
Referenties	35
Bijlage I. Achtergrondinformatie berekening bodemdaling	1 p.
Bijlage II. Kernopgaven Natura 2000 landschap Meren en moerassen, hoofdtype Laagveenmoerassen	1 p.

Samenvatting

De teelt van riet is één van de mogelijke alternatieven voor het huidige landgebruik en systeem van waterbeheer in de veenweidegebieden en kan helpen om de bodemdaling te beperken. Deze potentie heeft geresulteerd in een onderzoeksvraag van HDSR en de provincie Utrecht aan Plant Research International of de teelt van riet een kansrijk alternatief kan zijn voor de aanpak van de bodem- en waterproblematiek in veenweidegebieden.

In deze haalbaarheidsstudie worden eerst een aantal verschillende systemen van rietteelt toegelicht, waarna vanuit de thema's water, bodem, broeikasgassen, natuur- en landschapswaarden, maatschappelijke aspecten en kosten en baten de effecten van riet worden besproken. Vervolgens worden de pro's en contra's van rietteelt voor de functies waterzuivering, waterberging, bodemdaling, buffering van natuur, oeverbescherming, biodiversiteit, biomassateelt en recreatie naast elkaar gezet en wordt ingegaan op randvoorwaarden en criteria voor kansrijke locaties voor rietteelt.

Het waterzuiverend vermogen van riet is groot. Rietvelden lenen zich goed voor tijdelijke waterberging, het zijn netto koolstofvastleggers en in combinatie met vernatting zijn ze effectief bij het afremmen van bodemdaling. Rietvelden vormen een belangrijk natuurtype in Nederland. Veel dier- en plantensoorten zijn gebaat bij het uitbreiden van het rietareaal, vooral als een deel daarvan overjarig riet is. Riet en andere helofyten zoals grote lisdodde en eendenkroos passen goed in bufferzones rond natuurgebieden vanwege hun waterzuiverend vermogen.

Riet geeft een hoge biomassaopbrengst. De marktprijs van rietbiomassa is echter te laag om momenteel rendabele rietteeltsystemen mogelijk te maken. Een knelpunt is het feit dat betaling voor ecosysteemdiensten nog niet ver genoeg ontwikkeld is om daarmee een goede beloning voor de andere functies, zoals waterzuivering, beperken van bodemdaling, klimaatadaptatie en -mitigatie en natuurwaarden, te genereren. Op grond van met name dit geringe economische perspectief hebben HDSR en provincie Utrecht besloten om nu nog geen grootschalige praktijkpilot met rietteelt te starten.

1. Inleiding en doel

Na het verschijnen in 2009 van een rapport over de kansen van de 'rieteconomie' in West-Nederland (Daatselaar *et al.*, 2009) hebben het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR) en de provincie Utrecht zich verder verdiept in het onderwerp riet. Op 13 oktober 2011 is door het Hoogheemraadschap een workshop over dit onderwerp gehouden, waarbij een groot aantal stakeholders aanwezig was.

De teelt van riet is één van de mogelijke alternatieven voor het huidige landgebruik en systeem van waterbeheer in de veenweidegebieden in Utrecht. In de huidige situatie daalt de veenbodem gemiddeld met circa 6 mm per jaar. De kosten van het waterbeheer nemen hierdoor toe. De mogelijke potentie van rietteelt heeft uiteindelijk geresulteerd in een onderzoeksvraag van HDSR en de provincie Utrecht aan Plant Research International. De vraagstelling luidt of de teelt van riet een kansrijk alternatief kan zijn voor de aanpak van de bodem- en waterproblematiek in veenweidegebieden.

Riet groeit op natte plaatsen, bijv. moerassen, sloten, langs watergangen en op laaggelegen, drassige percelen. Het heeft een groot waterzuiverend vermogen. Onderzoek op o.a. Waterpark Het Lankheet in Haaksbergen (Meerburg *et al.*, 2010) en in het buitenland (o.a. Mitsch *et al.*, 2005b) heeft dit aangetoond. Diezelfde watergangen en laag liggende percelen kunnen in tijden van wateroverlast gebruikt worden om tijdelijk water vast te houden of te bergen. In het veenweidegebied liggen sommige percelen door eeuwenlange bodemdaling inmiddels enkele meters dieper dan oorspronkelijk het geval was, waardoor ze alleen tegen hoge bemalingskosten voldoende ontwaterd kunnen worden om bruikbaar te zijn voor de melkveehouderij. Om verdere bodemdaling tegen te gaan (en mogelijk zelfs weer bodemopbouw te realiseren) en om onder meer de kosten voor beheer van dijken en kades en onderhoud van huizen (ten gevolge van verzakkingen) te beperken zou vernatten in combinatie met het telen van riet een alternatief kunnen vormen voor het gebruik van deze gronden. Op natte, voor melkveehouderij minder geschikte, percelen kan riet geteeld worden dat naar verwachting tussen 10 en 20 ton droge stof per ha zal produceren. Het geogste riet kan ingezet worden voor energieopwekking en andere toepassingen. Potentiële andere toepassingen van met name de vezels uit riet zijn bouw materiaal en grondstof voor de papier- en chemische industrie (Van Steen *et al.*, 2010). Tevens kan het dienen als vervanger van stro in stallen (Smeding & Langhout, 2006).

Het meeste riet groeit in moerassen. De oppervlakte moerassen bedroeg in 1990 in Nederland 47.000 ha, waarvan ruim 20.000 ha in de laagveengebieden. De moerassen zijn lang gebruikt voor riet, biezen en griendhout. Daartoe werden ook riet, biezen en wilgen aangeplant en kunstmatig in stand gehouden. De huidige economische betekenis van deze producten is gering. Op dit moment betreft de economische waarde van moerassen vooral het recreatieve gebruik (CBS/PBL/Wageningen UR, 2008). In moerassen komen veel, ook in Europees verband, zeldzame plantengemeenschappen voor, met name in de beginstadia van de verlanding en in veenmosrietlanden. Daarnaast komt in de moerassen een groot aandeel van de West-Europese populatie van een aantal broedvogels voor, waaronder blauwborst, aalscholver en lepelaar. Een ondersoort van de grote vuurvlieder komt zelfs alleen in Nederland voor.

In Nederland wordt op enkele duizenden hectares riet gesneden voor dakbedekking. Meestal gebeurt dit in gebieden met de bestemming natuur (AVRN, 2006). Rietteelt in Nederland vindt tot nu toe dus vooral plaats vanuit de optiek van dakriet en natuurbeheer. De waterkwaliteit speelt een grote rol bij het telen van eerste klas riet. Onder voedselarme situaties groeit het riet langzaam en wordt de structuur van het riet fijner en harder en dus van betere kwaliteit voor dakbedekking (AVRN, 2006). In veengebieden is echter vaak sprake van een voedselrijke situatie.

De laatste jaren komt er in Nederland, maar ook in ons omringende landen meer aandacht voor helofyten, waarvan riet de belangrijkste is, voor natuurlijke waterzuivering in 'constructed wetlands' en in natuurlijke systemen. Andere belangrijke motieven in dit verband waren het vernatten van veengronden om de mineralisatie van het veen af te remmen en daarmee bodemdaling en broeikasgasemissies te beperken en het telen van biomassa voor de opwekking van bio-energie. Waterpark Het Lankheet (www.hetlankheet.nl) en het InnovatieNetwerk (www.inovatiernetwerk.org) waren in Nederland belangrijke aanjagers voor onderzoek met riet.

Rietteelt kan in veengebieden een aantal functies combineren: waterzuivering, waterberging, bufferstrook langs natuurgebieden, oeverbescherming, beperken van bodemdaling, biomassateelt en grondstof voor duurzame energie en leveren van vezels. Naar deze functies van riet zijn de laatste jaren verschillende onderzoeken verricht. In dit rapport wordt deze informatie bij elkaar gebracht en gebiedsspecifiek gemaakt voor de veengebieden in het westen van de provincie Utrecht.

De vragen daarbij zijn:

1. In welke mate kan rietteelt bijdragen aan het realiseren van beleidsdoelen in het veenweidegebied? Wat is de potentie van riet in de provincie Utrecht vanuit de combinatie van functies voor waterzuivering, waterberging, het realiseren van bufferstroken om natuurgebieden en het beperken van bodemdaling bij verschillende grondwaterstanden/waterpeilen.
2. Wat zijn economisch, landschappelijk en milieukundig gezien de kosten en baten van rietteelt?
3. Aan welke voorwaarden moet een gebied voldoen om kansrijk te zijn voor rietteelt? Welke criteria zijn te benoemen op basis waarvan kansrijke gebieden voor rietteelt in het beheergebied van HDSR kunnen worden geselecteerd? Hierbij denken we niet alleen aan technische criteria maar ook aan belangen van landeigenaren, landschapsbelang, verwerkers rietteelt etc.
4. Waar zou een pilot met rietteelt in de veengebieden in het westen van de provincie Utrecht kunnen worden opgezet?

Het wel of niet beantwoorden van de vierde onderzoeksvraag, hangt af van de uitkomsten van de eerste drie vragen. Bij onvoldoende potentie wordt vraag vier niet beantwoord.

In deze haalbaarheidsstudie worden eerst in hoofdstuk 2 een aantal verschillende systemen en principes van rietteelt toegelicht, vervolgens worden in de hoofdstukken 3 t/m 8 achtereenvolgens de thema's water, bodem, broeikasgassen, natuur- en landschapswaarden, maatschappelijke aspecten en kosten en baten besproken. In hoofdstuk 9 worden vanuit bovenstaande aspecten de pro's en contra's van rietteelt voor de functies waterzuivering, waterberging, bodemdaling, buffering van natuur, oeverbescherming, biodiversiteit, biomassateelt en recreatie naast elkaar gezet. Tenslotte wordt ingegaan op randvoorwaarden en criteria voor kansrijke locaties voor rietteelt. Daarbij realiseren we ons dat in het ene gebied het accent bijvoorbeeld meer op waterzuivering zal liggen, in een ander gebied meer op recreatie en in weer een ander gebied meer op biomassateelt. Niet overal is elke functie even belangrijk en soms ook niet mogelijk.

2. Rietteltsystemen

2.1 Groei van riet

Riet (*Phragmites australis*) is een plant die tot de grassenfamilie behoort. De plant groeit in het water en op natte, zoete of brakke, meer of minder voedselrijke grond aan waterkanten, in veenmoerassen en aan de rand van vochtige graslanden en akkers. Riet kan zich op drie manieren uitbreiden: door zaad, wortelstokken en bovengrondse uitlopers, waarbij op de knopen nieuwe planten ontstaat. Door deze mechanismen kan riet zich snel uitbreiden en een stevige mat vormen.

Riet kan 1-3 m hoog worden. De stengel staat stijf rechtop en het 1-3 cm brede blad met spits toelopende top is grijsgroen met zeer ruwe randen. Op de grens van de bladschede en de bladschijf zit een tongetje in een krans van haartjes.



Figuur 1. Wortelstok met uitlopers (bron: Wikipedia).

Riet is bij uitstek een plant die past in een verlandingsproces waarbij moerassen, plassen of ondiepe meren via natuurlijke weg in land veranderen. Dit proces kan tientallen tot honderden jaren duren. Verlanding komt het meest voor bij (ondiepe) meren. Dit betekent niet dat alle meren eens zullen verdwijnen: overstromingen, stormen en ook menselijk ingrijpen houden ze in stand en doen nieuwe meren ontstaan. Een moeras is vaak een tussenfase in een verlandingsproces. Wanneer de mens niet ingrijpt zal verlanding van een plas als volgt plaats vinden (<http://nl.wikipedia.org/wiki/Verlanding>):

- Riet begint langs de oevers te groeien, en waterplanten in het water.
- Dode plantenresten veranderen in humus en vullen de plas op. Het riet breidt zich sterk uit, tot bijna in het centrum van de plas.
- Langs de voormalige oevers wordt het riet verdrongen door vegetatie die aan drogere grond is aangepast.
- Van de plas resteren nog kleine vijvertjes en slootjes, omringd door riet. Op veel plekken is de bodem inmiddels stevig genoeg voor andere planten, en zelfs voor een zogenaamd broekbos.
- De laatste plasjes verlanden. Het broekbos verandert in een normaal bos.

Als riet in augustus wordt gemaaid dan moet het maaisel eerst goed gedroogd worden, daarna kan het gebruikt worden als grof hooi of als strooisel in stallen. Vroeger werd dit ook als isolatiemateriaal voor aardappel- en voederbietenhoppen gebruikt. Rietlanden voor productie van dekriet (voor dakbedekking) of voor biomassa productie kunnen het beste gemaaid worden in de winter. Het areaal gemaaid rietland is het grootste in natte laagveen-gebieden, maar riet komt ook voor op kleigronden.

Van gemaaid rietland dat jaarlijks in het winterhalfjaar wordt gemaaid profiteren planten- en diersoorten die afhankelijk zijn van een open structuur. Gemaaid rietland wordt gedomineerd door riet, maar bevat ook een diversiteit aan mossen of moerasplanten zoals moerasvaren, kamvaren, moeraswalstro, waterzuring, watermunt, grote watereppe, moeraswederik, pluimzegge, echte koekoeksbloem en echte valerian. Bij een goede waterkwaliteit zijn de rietlanden soortenrijk met soms rietorchis en zelfs groenknolorchis. De oevers, rietranden en -stroken vormen biotoop voor rietvogels en insecten. Gemaaid rietland kan, als de kragge (drijvende wortellaag) dikker wordt, overgaan naar veenmosrietland en moerasheide. Zonder maai-beheer en watertoevoer zal gemaaid rietland verruigen en overgaan naar struweel en bos (Natuurkennis, 2011).

Oogsten van groen riet zal leiden tot een lagere productie in het volgende jaar. Op Lankheet leidde het oogsten in september tot een daling van 30-40% in productiviteit in het jaar daarop. In het najaar worden aanzienlijke hoeveelheden voedingsstoffen geremobiliseerd naar de ondergrondse wortelstokken die in het voorjaar weer gebruikt worden voor een snelle hergroei. Door voor deze remobilisatieperiode te oogsten zijn er te weinig voedingsstoffen in het volgende voorjaar voor een snelle hergroei. Indien laat in de winter geoogst wordt moet rekening gehouden worden met een aanzienlijke hoeveelheid bladval. Uit experimenten op Lankheet bleek de hoeveel droge stof gedurende de winter met ca. 25% te zijn afgenomen als gevolg van bladval. Afhankelijk van de gebruiksdoelen kan dus gekozen voor oogsten in najaar tot eind februari/begin maart.



Figuur 2. Rietland in begin september (Waterpark Lankheet).



Figuur 3. Rietland in februari.

2.2 Rietsystemen

Er zijn verschillende systemen met riet denkbaar. In onderstaande Tabel 1 worden deze weergegeven en afgezet tegen een aantal functies waarvoor riet interessant kan zijn. Niet elk rietsysteem is voor elke functie even relevant en zeker niet even effectief. In de volgende hoofdstukken zullen deze functies besproken worden, waarna we in hoofdstuk 9 de waarde van verschillende rietsystemen in dit schema zullen samenvatten.

Definitie van de verschillende in Tabel 1 genoemde rietsystemen:

Open water riet: groeit in plassen, sloten, kanalen en meren in ondiep water. Het zijn stevige, maar meestal niet erg lange stengels. De begroeiing heeft een open structuur. Breekt de golfslag en biedt daardoor de oevers een zekere bescherming. Biedt een schuilplaats voor vissen (tussen de stengels) en vogels.

Tabel 1. *Verschillende functies die rietsystemen kunnen vervullen.*

Rietsysteem \ Functie	Water-zuivering	Water-berging	Bodem-daling	Buffering	Oever-bescherming	Bio-diversiteit	Biomassa-teelt	Recreatie
Open water riet								
Oeverriet								
Rietmoerassen								
Rietteelt op natte percelen								
Constructed wetlands								
Bufferzone								

Oeverriet: groeit langs de waterkant, soms nog gedeeltelijk in het water en deels op de oever. Vormt een dichte wortelmat en beschermt daardoor de oever heel goed tegen afslag. Dit riet is stevig, staat vaak dicht opeen en kan een flinke lengte bereiken, want het krijgt zowel een goede voeding (vanuit het land) als voldoende water. Het biedt een rijk biotoop voor plant (oeverplanten) en dier (vogels, insecten en vissen).

Rietmoerassen: dit is tot nu toe veruit het grootste areaal. Riet groeit hier van nature en kan een productie van 7-10 ton ds per ha bereiken. De natuurwaarden van rietmoerassen zijn groot. In verschillende gebieden (bijv. Noordwest-Overijssel en Nieuwkoopse plassen) wordt het geoogst voor dekriet dat een hoge opbrengstprijis oplevert. Als de kwaliteit minder is (dus niet geschikt als dekriet), dan kan de biomassa goed benut worden voor andere doelen. Een nadeel van het oogsten van riet in rietmoerassen is de geringe draagkracht van de bodem, waardoor het oogstwerk vaak nog handmatig of met lichte machines moet plaatsvinden, ook om de kwetsbare natuur niet te schaden. Overigens worden de laatste jaren wel grotere machines ontwikkeld waarmee deze rietvelden machinaal geoogst kunnen worden.

Rietteelt op natte percelen: percelen waarop riet is ingezaaid, aangeplant of via spontane ontwikkeling ontstaan. Deze percelen kunnen een relatief hoge productie opleveren (als de bodem zomers voldoende vochtig blijft) tot wel 20 ton ds per ha. Het riet wordt jaarlijks geoogst voor de biomassa. In het verleden werd dit vooral benut als strooisel. In de toekomst ligt hier een potentie voor biomassaproductie voor energieopwekking, vezels etc. De bodem onder deze rietvelden is steviger waardoor machinaal oogsten eerder mogelijk is.

Constructed wetlands (helofytenfilters): zijn speciaal aangelegde rietvelden met een eigen waterbeheerssysteem om een maximale waterzuivering te realiseren. Daarnaast kunnen constructed wetlands in tijden van wateroverlast fungeren als tijdelijke waterberging. Riet en grote lisdodde (*Typha latifolia*) zijn de meest gebruikte planten in constructed wetlands. Om een optimale werking van het wetland te behouden, moet het riet jaarlijks geoogst worden, dit kan ingezet worden als biomassa.

Bufferzone: rond natte natuurgebieden worden soms bufferzones aangelegd met een hoog waterpeil, zodat het eigenlijke natuurgebied minder last heeft van waterwegzijing en dus minder verdroogt. De bufferzone wordt ook gebruikt om water te bergen dat op droge tijden in het natuurgebied kan worden ingelaten en om water dat bijvoorbeeld vanuit de rivieren wordt ingelaten eerst te zuiveren. De bufferzone vormt een overgang tussen het omringend landbouwgebied en het natuurgebied. Het biedt voor veel planten- en diersoorten een zekere mate van uitbreiding van het natuurgebied. Bufferzones zijn vaak ook een welkome aanvulling op de groen-blauwe dooradering van het agrarisch gebied.

Afhankelijk van de gewenste functie kan aangegeven worden welk rietsysteem als meest kansrijk naar voren komt. Ligt de nadruk op waterzuivering, dan is het waarschijnlijk dat constructed wetlands, waarbij de hoeveelheden en de verblijftijden van het water geoptimaliseerd kunnen worden, het meest effectief zijn. Gaat het om biomassa productie, dan zullen waarschijnlijk aangelegde rietvelden op voormalige laaggelegen percelen hoog scoren. In de volgende hoofdstukken gaan we hier dieper op in.

Schattingen van het huidige areaal riet in de provincie Utrecht lopen uiteen van 67 ha (Warmerdam *et al.*, 2011) tot ca. 150 ha (Roemaat, 2010). De laatste auteur baseert zich daarbij op het areaal rietvelden dat in beheer is bij Natuurmonumenten (120 ha) en Staatsbosbeheer (enkele tientallen ha). Dit zijn vooral rietvelden in de hierboven genoemde categorie 'rietmoerassen'. Over de oppervlakte riet in de andere systemen is geen informatie beschikbaar, maar gevoelsmatig verwachten we dat het totale oppervlakte riet langs oevers en in sloten in het Utrechtse veengebied aanzienlijk groter zal zijn dan de hierboven genoemde 150 ha.

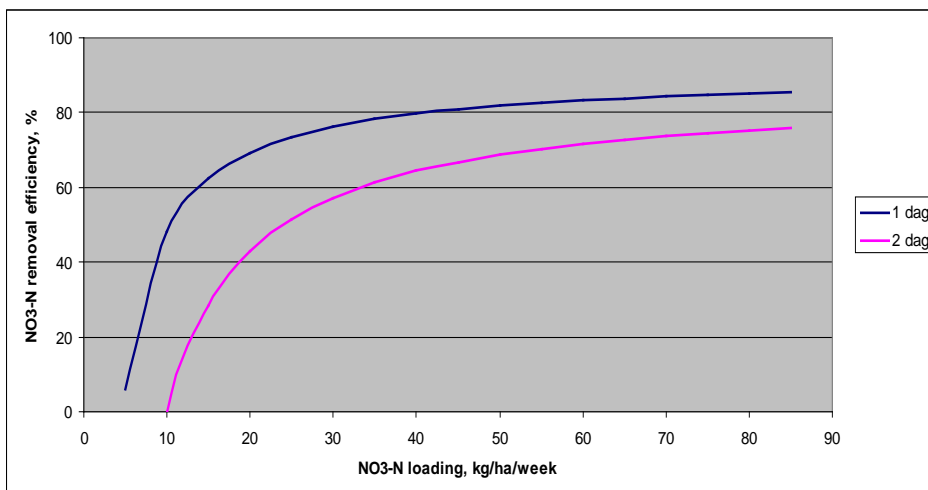
3. Water

De Nederlandse oppervlaktewateren bevatten nog vaak te veel stikstof (N) en fosfor (P) om te kunnen voldoen aan de Kaderrichtlijn Water (KRW) normen. Rietvelden kunnen aanzienlijke hoeveelheden N en P uit het oppervlaktewater zuiveren (D'Angelo & Reddy, 1994, Jing et al., 1991). Door de zuiverende werking van rietteelt kunnen kosten voor waterzuivering worden bespaard. Rietvelden kunnen ook een functie vervullen bij waterberging.

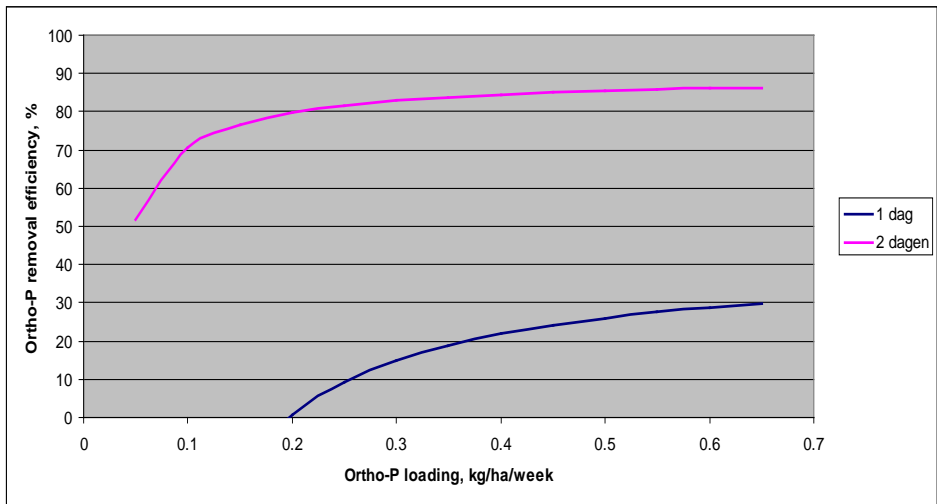
3.1 Zuivering van oppervlaktewater

Wageningen UR test sinds 2006 de zuiverende werking van helofytenvelden op een 3,5 ha groot constructed wetland op Waterpark Het Lankheet (www.waterparkhetlankheet.nl) nabij Haaksbergen. Het is een constructed wetland dat aangelegd is op een voormalige maisakker waarvan de bouwvoor tot op het gele zand is verwijderd. Hierna worden enkele resultaten van het meerjarig onderzoek besproken. Tussen 2007-2009 is geëxperimenteerd met verschillende verblijftijden van water uit de Buurserbeek in de constructed wetlands: 6 uur, 24 uur en 48 uur. In 2009 varieerde de aanvoer van totaal stikstof in het constructed wetland tussen de 15-90 kg N per hectare per week. Boven een aanvoer van ca. 40 kg/ha/week werd tussen de 60-80% van de aangevoerde stikstof verwijderd uit het beekwater, bij een verblijftijd van 24 of 48 uur. Bij een verblijftijd van 6 uur lag de zuiveringsefficiëntie aanzienlijk lager (40-60%; voor meer informatie wordt verwezen naar (Meerburg *et al.*, 2010) en De Klein & Van der Werf (2013)). Voor nitraat-stikstof liggen de zuiveringsefficiënties nog iets hoger (75-85%). Uit broeikasmetingen op Lankheet bleek dat ca. 45% van alle gezuiverde N in de rietvelden op conto geschreven kan worden van denitrificatieprocessen (De Klein & Van der Werf 2013).

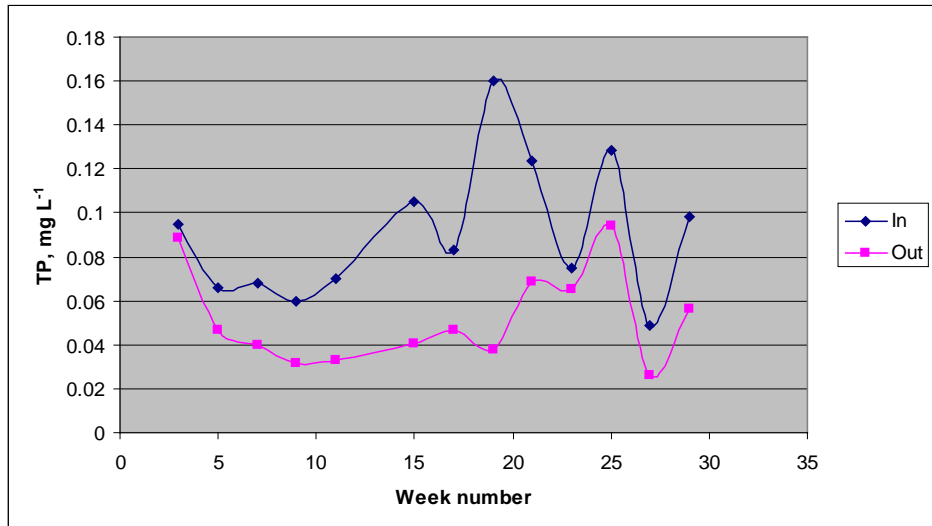
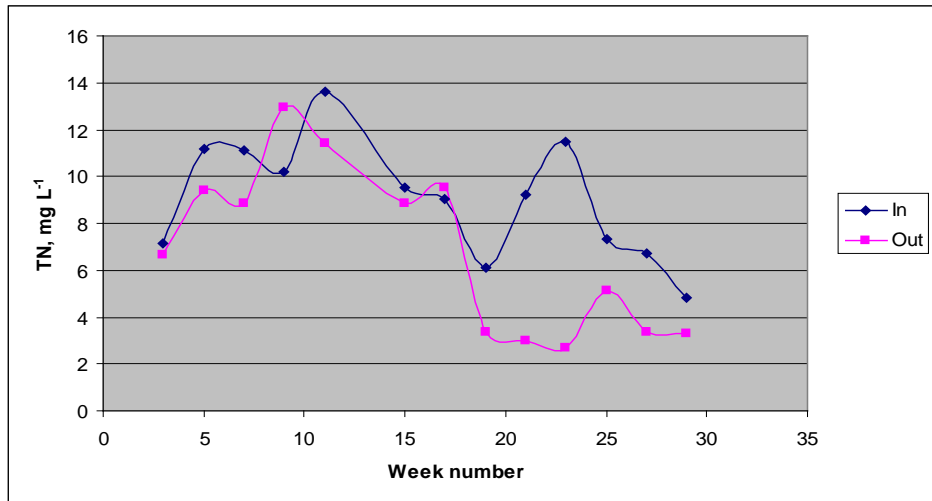
Voor totaal-P werd bedroeg de zuiveringsefficiëntie 30% en 60% bij een verblijftijd van respectievelijk 24 en 48 uur. Figuren 4 en 5 geven een voorbeeld van de relatie tussen de aangevoerde hoeveel totaal-N en totaal-P en de zuiveringsefficiëntie in de constructed wetlands op zandgrond. De aanvoersnelheid van N bereikte op Lankheet een maximale waarde van 90 en 80 kg per ha per week voor respectievelijk totaal-N en nitraat-N. Voor beide stoffen wordt 80% van de maximale efficiëntie bereikt boven een aanvoersnelheid van ca. 40 kg N per ha per week. Aangezien het aangevoerde volume op Lankheet beperkt was door de dimensionering van de aanvoersloten blijft het onzeker bij welke lading de hoeveelheid gezuiverde N (kg N/ha/week) niet meer toeneemt. Ook voor fosfor was de aanvoer nog niet verzadigend.



Figuur 4. Zuiveringsefficiëntie van totaal nitraat in relatie tot de verblijftijd van water in de helofytenvelden van Waterpark Het Lankheet (blauw 1 dag; roze 2 dagen).



Figuur 5. Zuiveringsefficiëntie van ortho-fosfaat in relatie tot verblijfstijd van water in de helofytenvelden van Waterpark Het Lankheet (blauw 1 dag; roze 2 dagen).



Figuur 6. Verloop van de concentratie stikstof en fosfor in 2009 van inkomend en uitgaand oppervlaktewater op Waterpark Het Lankheet (blauw inkomend water; roze uitgaand water).

Metingen gedurende de eerste 30 weken van 2009 laten zien dat fosfor ook in de winterperiode gezuiverd wordt en dat N pas gezuiverd wordt vanaf begin mei (Figuur 6). Dit valt te verklaren uit het feit dat stikstof verwijdering grotendeels een biologisch proces is, terwijl P vastlegging een combinatie van biologische en fysisch chemische processen is, zoals complexering van fosfaat aan ijzer. In de winterperiode wordt dus wel fosfor vastgelegd maar geen stikstof, daarom wordt aanbevolen het water in de winterperiode rechtstreeks af te voeren naar een rivier en niet te gebruiken voor bijvoorbeeld vernatting van het achterland ten behoeve van natuurherstel in verband met N-eutrofiering.

In het algemeen worden zuiveringsefficiënties gevonden tussen 30-80% afhankelijk van het type helofytensysteem en de lading van nutriënten (kg/ha/week; o.a. Li *et al.*, 2008 & Kadlic & Hey 1994, Vymazal, 2005). In een vergelijkbaar experiment als dat van Lankheet vonden (Mitsch *et al.*, 2005a) 10 jaar na aanleg nog steeds goede zuiveringswaarden. Al met al kan gesteld worden dat helofytenvelden aanzienlijke hoeveelheden stikstof en fosfor uit het oppervlaktewater kunnen zuiveren en dat in veel gevallen het uitgaande water van voldoende kwaliteit is om natte natuur te herstellen. Van belang is wel dat de aanvoer van nutriënten met het oppervlaktewater afgestemd wordt op de verwachte zuiveringscapaciteit van de helofytenvelden. Daarnaast zal meer onderzoek gedaan moeten worden naar de maximale lading van nutriënten uit het oppervlaktewater.

De kans op extra P uitspoeling ten gevolge van vroegere bemesting bij verhoging van waterstanden zal op veengronden die voor rietteelt in aanmerking komen in het algemeen gering zijn, mits dit de al nattere percelen zijn waar in het verleden weinig mest op uitgereden is (zie ook paragraaf 6.3). Dit zijn dus heel andere omstandigheden dan voormalige bouwlanden en intensief gebruikte graslanden op zand- en kleigrond die in het kader van natuurherstel vernat worden (Chardon, 2008). (Wild *et al.*, 2001) toonden aan dat constructed wetlands op verdroogde veengronden aanzienlijke hoeveelheden N (zuiveringsefficiëntie 40%) en P (zuiveringsefficiëntie 70%) uit het drainage water vanuit 2 stroomgebieden konden zuiveren om zodoende het achterliggende veengebied weer te vernat met gezuiverd water. Ook op Lankheet wordt dit principe herstel van natte natuur toegepast. De eerste bodemchemische analyses laten zien dat met het gezuiverde water natte broekbossen weer langzaam herstellen.

De concentraties van N in veensloten zijn over het algemeen aanzienlijk lager dan die van Buurserbeek nabij Lankheet. Meer onderzoek zal nodig zijn naar de natuurlijke processen in veengronden waarbij veengrond onder bepaalde omstandigheden leverend kan worden voor N en P. Hoe de zuivering zal verlopen kan dus vanuit de data van Lankheet niet precies voorspeld worden en verdient dus onderzoek op kleine pilotschaal. Concentratie van P in veensloten ligt op min of meer hetzelfde niveau als dat van de Buurserbeek (Figuur 6).

In Tabel 2 staat een inschatting van de waterzuiveringspotentie van de verschillende rietsystemen.

Tabel 2. Inschatting van de potentie van verschillende rietsystemen voor de functie waterzuivering (+ tot +++ geeft mate van een positief effect).

Functie	Open water riet	Oeverriet	Rietmoerassen	Rietteelt op natte percelen	Constructed wetlands	Bufferzone
Waterzuivering	+	+	++	+	+++	++

3.2 Berging van oppervlaktewater

Volgende waterberging is van belang voor het goed functioneren van het watersysteem en het voorkomen van wateroverlast. Afhankelijk van de inrichting/ontwerp van het rietteeltsysteem kan water worden geborgen. Rietteelt ondervindt hiervan geen schade mits de inundatie in de orde van dagen ligt. Hierbij kan peil zonder probleem 1 m opgezet worden.

Helofytenvelden kunnen, mits goed geconstrueerd, aanzienlijk hoeveelheden water bergen ten tijde van dreigende overstromingen. Zo heeft het Lankheet in 2010 bijgedragen aan voorkoming van de overstroming van de Buurserbeek. Op verzoek van Waterschap Rijn & IJssel zijn indertijd alle sluisen opengezet en kon binnen afzienbare tijd ca. 40.000 m³ oppervlaktewater tijdelijk geborgen worden in de rietvelden (oppervlakte ca. 3,5 ha) en de bijbehorende aan- en afvoersloten en deels in het achterliggende bos. Tijdelijk opzetten van het peil met 1 meter heeft nauwelijks of geen effect op de vitaliteit van de rietvelden. Wel is het raadzaam om het geborgen water weer terug te voeren naar de rivier aangezien de zuiverende werking van een dergelijke grote hoeveelheid oppervlaktewater nihil is. Volledige inundatie voor langere tijd kan in het bijzonder voor jonge rietspruiten funest zijn aangezien de zuurstofaanvoer vanuit de spruit naar de wortels geblokkeerd wordt. Daarnaast zal CO₂-opname via fotosynthese sterk gereduceerd worden. Tevens kunnen bij langere inundatieperiodes fytotoxines gevormd worden via o.a. algenafbraak die de levensvatbaarheid van de plant verder reduceren. In het geval van stilstaand water en een volledige inundatieperiode van 30 dagen in aanwezigheid van algen bleek slechts een gering percentage van de spruiten het te overleven, zonder algen herstelden de spruiten zich goed (Armstrong *et al.*, 1999). Peak-flows van 30 dagen zijn zeldzaam, in de meeste gevallen duren die in Nederland slechts enkele dagen. Bij een volledige inundatie van jonge spruiten gedurende enkele dagen is de kans op overleving dus aanzienlijk.

Uit een studie van (Mueller *et al.*, 2005) blijkt dat de water use efficiency (g drogestof geproduceerd per l gebruikt water) van riet op veengronden aanzienlijk lager is (1,3) dan van hoog productieve veenweide graslanden (2,2). Uitgaande van een productie van 15 ton drogestof per ha per jaar voor zowel riet als gras, verdampt een rietveld ca. 11,5 mlj. l per ha tegen 6,7 mlj. l voor de hoog productieve grassen. Indien we uitgaan van een rietveld van 1 ha waar iedere dag het peil 25 cm wordt opgezet, wordt er ca. 912 mlj. l water per jaar ingelaten in een rietveld. Hiervan verdwijnt dus ca. 1,3%. Omzetting van grasland in rietland leidt er toe dat er meer water uit het systeem verloren gaat voor eenzelfde drogestof productie. Hoe erg dat dit is voor natte veengronden is niet goed te overzien.

In Tabel 3 staat een inschatting van de waterbergingspotentie van de verschillende rietsystemen.

Tabel 3. Inschatting van de potentie van verschillende rietsystemen voor de functie waterberging (+ tot +++ geeft mate van een positief effect; 0 betekent geen effect verwacht).

Functie	Open water riet	Oeverriet	Rietmoerassen	Rietteelt op natte percelen	Constructed wetlands	Bufferzone
Waterberging	+++ ¹⁾	0	+++ ¹⁾	++	+	+++

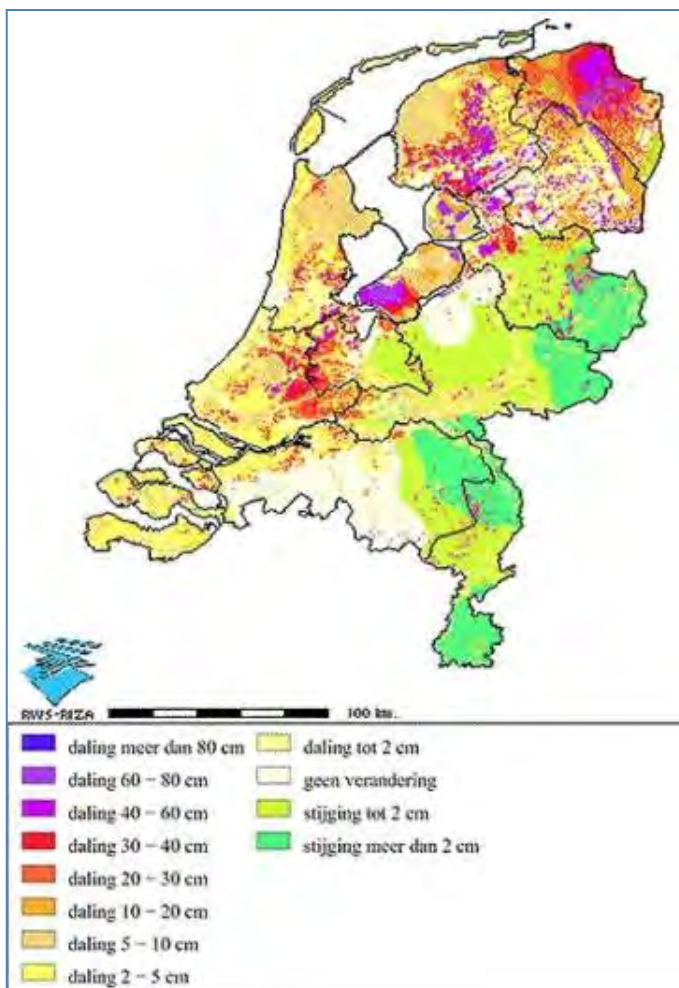
¹⁾ Potentie is sterk afhankelijk van bergingscapaciteit van meer en moeras.

4. Bodem

Eén van de grootste problemen van veengebieden is de voortdurende bodemdaling. Het verwachte effect van rietteelt is dat het kan bijdragen aan het afremmen van de bodemdaling. Riet is een gewas dat zich bij een hoog grondwaterpeil goed kan ontwikkelen. Het verhogen van het grondwaterpeil op zich is al een belangrijke factor voor het afremmen van de bodemdaling. Daarbij komt het effect van bodemopbouw door het riet.

4.1 Bodemdaling

In de inventarisatie van de kennisvragen voor de Onderzoekagenda Westelijke veenweiden 2012-2015 (Korevaar, 2011) werd bodemdaling als één van de grootste knelpunten in het veenweidegebied genoemd, waarbij aangegeven werd dat er de komende jaren gezocht moet worden naar methoden en bedrijfssystemen om de bodemdaling te beperken. Ontwatering van de veenbodem is de aanjager van de bodemdaling. De ontwatering zorgt dat meer zuurstof in het veen kan binnendringen, waardoor de biologische afbraak (oxidatie) versnelt. Geschat wordt dat ongeveer 60% van de bodemdaling in veengebieden veroorzaakt wordt door oxidatie (Schothorst, 1982). Daarnaast vindt er inklinking en krimp van de veengrond plaats.



Figuur 7. De verwachte bodemdaling of bodemstijging voor 2050 in Nederland (bron: Werkgroep Klimaatverandering en Bodemdaling, 1997; zie ook Bijlage I voor nadere toelichting op de gehanteerde methodiek).

Voor de Vierde Nota Waterhuishouding is een studie gedaan naar de verwachte bodemdaling of bodemstijging voor 2050. De kaart van Nederland in Figuur 7 geeft de uitkomsten weer (Werkgroep Klimaatverandering en bodemdaling, 1997). In de kaart is rekening gehouden met drie oorzaken van bodembewegingen: dalingen als gevolg van klink en oxidatie van holocene afzettingen (vooral in veen- en kleigebieden); dalingen als gevolg van aardgaswinning in Groningen en Friesland; en dalingen en stijgingen als gevolg van tektonische bewegingen, waarbij het noordwesten van Nederland daalt en het zuidoosten stijgt (zie ook Bijlage I voor verdere toelichting)

Schothorst (1982) komt in een 10-jarig onderzoek (1969-1979) op drie locaties in het westelijk veenweidegebied (Zegveld, Hoenkoop en Bleskensgraaf) uit op een bodemdaling door oxidatie van 2 mm per jaar bij het in die jaren in het westelijk veenweidegebied gangbare slootwaterpeil van 20 tot 40 cm beneden maaiveld. De bodemdaling door oxidatie neemt toe tot ca. 6 mm per jaar als de ontwatering 50 cm verdiept wordt. In het HDSR-gebied is een drooglegging van 50-60 tegenwoordig gangbaar.

Een hogere temperatuur (zoals bij doorzettende klimaatsverandering verwacht mag worden) zorgt door verhoogde activiteit van micro-organismen in het veen voor extra oxidatie. Voor de Vierde Nota Waterhuishouding is een scenario-studie verricht naar de gevolgen van hogere temperaturen bij klimaatverandering voor veenafbraak. De bodemdaling die in de huidige situatie optreedt, moet voor de verschillende klimaatscenario's met een correctiefactor vermenigvuldigd worden. Deze correctiefactor wordt geschat op ca. 1,05 en 1,1 bij een temperatuurstijging t.o.v. 1995 van 1^o C resp. 2^o C (Kors *et al.*, 2000).

4.2 Bodemopbouw

Veen bestaat uit halfverteerde plantenresten. Dode plantenresten zijn onder water terechtgekomen. In veenwater heerst een zuur milieu doordat bij de afbraak van dode planten humuszuren vrijkomen. In deze zure omgeving kunnen bacteriën en schimmels niet goed gedijen, waardoor de afbraak van planten en ander organisch materiaal heel langzaam verloopt en in de diepere lagen van het veen de afbraak zelfs volledig tot stilstand komt. De toch al weinig aanwezige zuurstof wordt in die diepere lagen helemaal verbruikt, waardoor anaerobe (zuurstofloze) omstandigheden ontstaan. Bij de afwezigheid van zuurstof kan echter anaerobe afbraak optreden, waarbij methaan ontstaat. In natte en vochtige omstandigheden gaat de afbraak langzamer dan de ophoping, waardoor veenvorming plaatsvindt. Meer dan 90% van de veengronden komt voor in gematigde vochtige klimaatzones van het Noordelijk halfrond.

Herstel van veenvorming is moeilijk, zelfs bij een herstel van de hydrologie (= vernatting). Er lopen in de Volgermeerpolder bij Broek in Waterland (Schellart, 2011; <https://sites.google.com/site/peatcap>) en het IJperveld (Buiten, 2013; <http://www.landschapnoordholland.nl/node/3456>) proeven naar herstel van veenvorming en daarmee opbouw van een nieuw veenpakket. Een andere optie die wel genoemd wordt is het aanbrengen van een (organisch) toemaakdek (http://www.veenweidegebieden-oras.nl/gfx_content/documents/h3/toemaakdekken.pdf). Beide zijn het processen van een lange adem (honderden jaren) om een substantiële verhoging van de bodem te bereiken. Voor de meeste veengronden is het afremmen of stoppen van de veenafbraak de hoogst bereikbare optie (Verhagen *et al.*, 2009). Het vervangen van de meest destructieve landgebruiksvormen (zoals diepe ontwatering en gebruik als bouwland) door minder belastende vormen (zoals blijvend grasland met een beperkte ontwatering of rietteelt op natte gronden, ook wel paludiculture¹ genoemd), kan de veenafbraak in een gebied afremmen en daarmee de bodemdaling verminderen. In Duitsland en de landen rond de Oostzee wordt op veengronden hier veel onderzoek naar gedaan.

¹ Paludicultuur ('palus' – latijn voor 'moeras') is het productief gebruiken van natte veengronden op een wijze dat de veenbodem behouden blijft. Paludicultuur omvat traditionele gebruikswijzen zoals rietooft voor dakbedekking of voor strooisel, maar ook nieuwe vormen zoals de benutting van biomassa van natte veengronden voor bio-energie. Daarbij kan zelfs enige veenvorming plaatsvinden – de bovengrondse biomassa wordt geoogst en de ondergrondse biomassa vormt nieuw veen (Paludiculture, 2013).

4.3 Beperken van bodemdaling

In de loop van de jaren is veel onderzoek gedaan naar bodemdaling op veengronden bij 'gangbaar' landbouwkundig gebruik. In de meeste gevallen is dat bij gebruik van de bodem als grasland. In de studie 'Waarheen met het veen' (Woestenberg, 2009) zijn de resultaten van dat onderzoek samengevat. Op proefboerderij Zegveld bleek in de periode 1966-2003 de bodem bij een slootpeil van 30 cm onder maaiveld gemiddeld 6 mm per jaar te zijn gedaald en bij een slootpeil van 60 cm onder maaiveld twee keer zoveel. In Friesland op veengronden met slootpeilen tot 120 cm beneden maaiveld, lag de maaiveldaling op meer dan 20 mm per jaar. Bepalend voor het tempo van de bodemdaling zijn het slootpeil en de profielopbouw van de bodem. Bij meer veen en een dunner kleidek in de bodem is de daling het grootst. Bij een slootpeil van 60 cm min maaiveld is de maaiveldaling van een veengrond met een kleidek van 30-40 cm ongeveer 5 mm per jaar minder dan van een pure veengrond zonder mineraal dek (Woestenburg, 2009).

Querner *et al.* (2012) hebben in een recente scenario-studie de invloed nagegaan van onderwaterdrains in combinatie met het verhogen van het slootwaterpeil met 10 cm. De onderwaterdrains helpen om overtollig water in natte perioden af te voeren (daardoor kan voor de landbouw een hoger slootpeil worden geaccepteerd) en in droge perioden bevorderen de drains waterinfiltratie in de bodem. Daardoor daalt in de zomer het grondwaterpeil 15 tot 20 cm minder diep en neemt de bodemdaling af met 4,5 mm per jaar t.o.v. de uitgangssituatie.

Bodemdaling heeft niet alleen gevolgen voor landbouwgronden en hun gebruiksmogelijkheden, maar heeft vooral grote gevolgen voor dijkonderhoud en kosten door verzakken van woningen, wegen, leidingen (zoals riolering) en andere gebouwde objecten. De extra kosten van de bodemdaling in het veenweidegebied voor de infrastructuur en het watersysteem zijn door het InnovatieNetwerk (Grandiek *et al.*, 2007) ingeschat. Dijken, wegen, riolering en boezemkaden behoeven een veel intensiever onderhoud dan elders in het land. Deze auteurs schatten in dat:

- De kosten voor onderhoud van riolering in gemeenten in veenweidegebieden gemiddeld acht keer zo hoog zijn als het Nederlands gemiddelde;
- De kosten voor waterkering, afwatering en onderhoud wegen, pleinen en straten in veenweidegebieden gemiddeld twee tot drie keer zo hoog zijn als het Nederlands gemiddelde.

Dit zou ervoor pleiten om hogere waterpeilen na te streven in het veenweidegebied. Deze hogere peilen hebben echter weer gevolgen voor de landbouw. Uit een studie naar de consequenties van peilverhoging van 60 naar 35 cm beneden maaiveld bleek dat dit tot een duidelijke achteruitgang van het inkomen voor melkveebedrijven zou leiden. De exacte schade is moeilijk vast te stellen, maar indicaties wijzen in de richting van een achteruitgang in inkomen van tenminste € 200 per ha voor een bedrijf van gemiddelde grootte (Vogelzang & De Haan, 2005). Rienks & Gerritsen (2005) hebben voor Friesland de kosten en baten van verschillende peilstrategieën doorgerekend. Zij komen tot de conclusie (zie kader) dat in de Friese situatie een hoger zomerpeil (60 cm beneden maaiveld i.p.v. 90 cm) de laagste kosten geeft. Verder ontwateren leidt tot hogere kosten omdat de bodem sneller daalt en het landbouwkundig niets oplevert. Hogere waterpeilen leiden tot hogere kosten omdat de landbouw dan meer schade ondervindt.

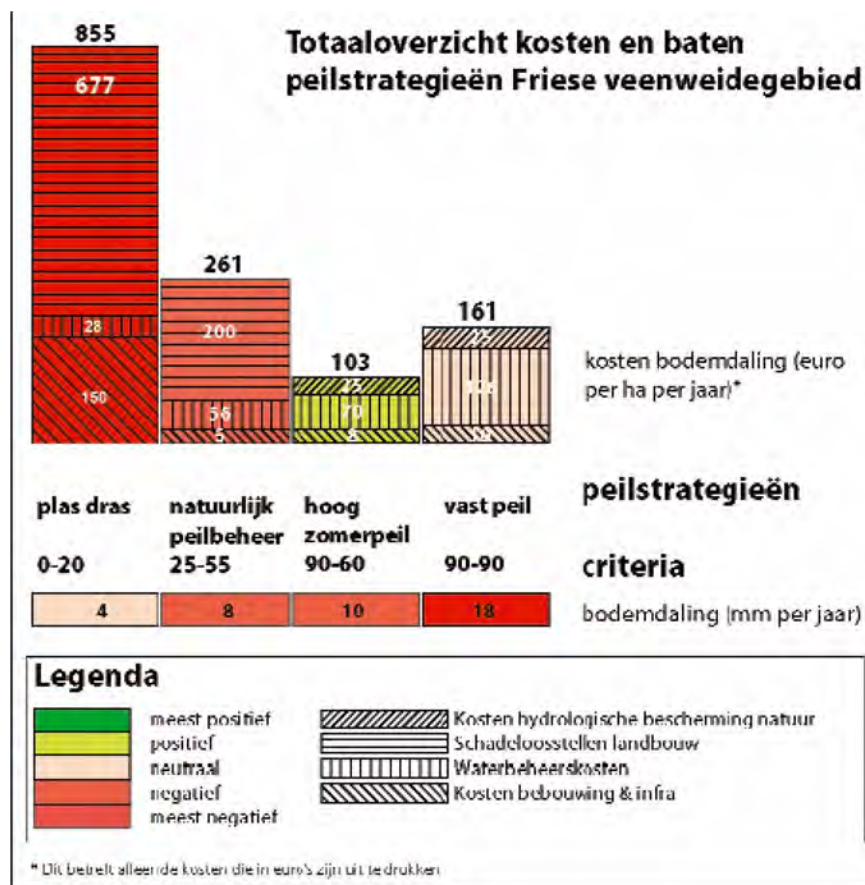
In sommige gebieden, zoals de grote veengebieden in het oosten van Duitsland, is het waterpeil de laatste jaren sterk verhoogd om de emissie van broeikasgassen te beperken en de bodemdaling af te remmen. In die gebieden is rietteelt sterk in opkomst. Onderzocht wordt hoe het beheer van deze gebieden en de benutting van het riet (o.a. als biomassa voor energieopwekking en industriële grondstof) tot waarde kan worden gebracht (zie website van conferentie 'Reed as a renewable resource, Greifswald, februari 2013: www.rrr2013.de).

Tabel 4 geeft een schatting van de potentie van de verschillende rietsystemen voor het beperken van bodemdaling.

Tabel 4. *Inschatting van de potentie van verschillende rietsystemen voor het beperken van bodemdaling (+ tot +++ geeft mate van een positief effect; 0 betekent geen effect verwacht)*

Functie	Open water riet	Oeverriet	Rietmoerassen	Rietteelt op natte percelen	Constructed wetlands	Bufferzone
Beperken bodemdaling	0	0	++	+	+	+

Rienks en Gerritsen (2005) geven in onderstaande figuur een samenvatting van een studie die ze voor het Friese veenweidegebied hebben uitgevoerd. De weergegeven getallen, zowel de bodemdaling als de kosten en baten, zullen in het westelijk veenweidegebied anders liggen en ook wordt in het westelijk veenweidegebied minder diep ontwaterd dan in Friesland, maar onderstaande figuur vat de verschillende effecten goed samen. Bij een plas-dras situatie met een slootpeil van 0-20 cm min maaiveld zijn de kosten voor de landbouw erg groot, evenals de kosten voor bebouwing en infrastructuur. De kosten voor hydrologische bescherming van natuur en waterbeheer zijn daarentegen gering. De bodemdaling is beperkt tot 4 mm per jaar. Een natuurlijk peilbeheer van 25-55 cm min maaiveld geeft beperkingen voor de landbouw, maar beperkte kosten voor bescherming natuur, waterbeheer en bebouwing en infra. De bodemdaling is 8 mm per jaar. Een hoog zomerpeil in combinatie met een laag winterpeil 60/90 cm min maaiveld is landbouwkundig heel gunstig en de andere kosten zijn beperkt. De bodemdaling is 10 mm per jaar. Verdere verlaging van het zomerpeil, dus jaarrond 90 cm min maaiveld, geeft een aanzienlijke toename in waterbeheerskosten, zonder verdere voordelen voor de landbouw. De bodemdaling is in deze situatie toegenomen tot 18 mm per jaar.



5. Broeikasgasemissies

Door mineralisatie is de CO₂-emissie uit diep ontwaterde veengronden hoog. Indien verdroogde veenweidegebieden omgezet worden in natte rietvelden of constructed wetlands zal de totale emissie van broeikasgassen, uitgedrukt in CO₂-equivalenten, in principe dalen. De mate waarin dit optreedt is afhankelijk van een aantal factoren met positieve en negatieve effecten op de totale broeikasgasemissie

5.1 Rietvelden

Constructed wetlands worden primair ingezet om 'vervuild' water te zuiveren van allerlei stoffen. De C-balans voor constructed wetlands en andere rietvelden is positief als de in biomassa vastgelegde koolstof ingezet wordt als ruwe grondstof voor allerlei biobased producten zoals plastics en energie en daarmee het gebruik van fossiele energie, zoals aardolie, vermindert (o.a. De Klein & Van der Werf, 2013). Echter, rietvelden kunnen ook kwalijke broeikasgassen als methaan (CH₄) en stikstofoxide (N₂O) emitteren (Mander *et al.*, 2011, 2013). Aangezien beide stoffen aanzienlijk meer bijdragen aan de opwarming dan CO₂ zal naast het positieve effect van rietvelden op waterzuivering, waterberging en koolstofvastlegging, altijd rekening gehouden moeten worden met dit negatief effect. In 2012 zijn de eerste broeikasgasmetingen verricht in de constructed wetlands op Waterpark Het Lankheet. Uit deze metingen blijkt dat de rietvelden op Lankheet netto koolstofvastleggers zijn. Er is gerekend met 2 scenario's: 1) een hoge biomassaproductie (en dus hoge CO₂ vastlegging) en lage broeikasgasemissie en 2) een lage biomassaproductie en een hoge broeikasgasemissie. Uit deze aannames blijkt dat in scenario 1 ca. 30% van alle vastgelegde CO₂ weer geëmitteerd wordt in de vorm CH₄ en N₂O, terwijl scenario 2 laat zien dat vrijwel alle vastgelegde CO₂ weer verdwijnt in de vorm CH₄ en N₂O (90%). Verder bleek ook dat N₂O ca. 10-30% van de totale emissie uitmaakt.

5.2 Ander landgebruik

Gecultiveerde en gedraineerde veengronden emitteren aanzienlijk hoeveelheden CO₂ als gevolg van veenoxidatie, 8-20 ton CO₂/ha/jaar. Bij drooglegging van veengronden zal de CH₄ emissie dalen tot nagenoeg nul, echter de N₂O emissie zal met een factor 2-10 toenemen t.o.v. minerale landbouwgronden. In CO₂-equivalenten² uitgedrukt (CO₂-emissie plus CH₄ en N₂O-emissie), emitteren graslanden, graanakkers en aardappel- of suikerbieten teelt respectievelijk 8-19, 12-24, 14-35 ton CO₂/ha/jaar³ op drooggelegde veengronden (Freibauer *et al.*, 2004). Het opzetten van het peil zoals dit gebeurt bij de aanleg van constructed wetlands zal de oxidatie van het veen nagenoeg stilleggen en zal waarschijnlijk leiden tot een daling van de N₂O-emissie. Indien de geproduceerde rietbiomassa ingezet wordt als grondstof voor biobased producten (dus een aardolie vervanger) dan zal, indien de netto koolstof vastlegging zoals op Lankheet positief uitvalt, de totale emissie van broeikasgassen dalen.

² Om de invloed van de verschillende broeikasgassen te kunnen optellen, worden de emissiecijfers omgerekend naar zogeheten CO₂-equivalenten. Eén CO₂-equivalent staat gelijk aan het effect dat de uitstoot van 1 kg CO₂ heeft. De uitstoot van 1 kg distikstofdioxide (N₂O) staat gelijk aan 310 CO₂-equivalenten en de uitstoot van 1 kg methaan (CH₄) aan 21 CO₂-equivalenten.

³ 1 ton drogestof bevat ca. 0,45 ton C, waarin 1,65 ton CO₂ is vastgelegd

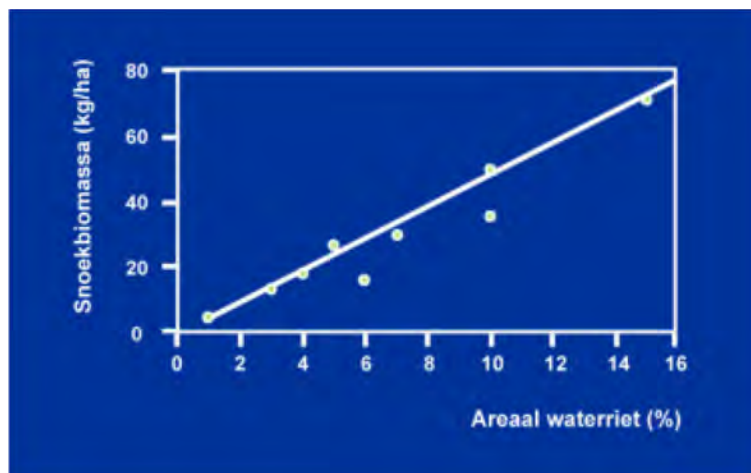
6. Natuur en landschap

Rietlanden vormen in Nederland een belangrijk natuurstype. De grote terreinbeherende organisaties Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer en de provinciale landschappen beheren in totaal 5.579 ha rietland (Jansen & Kuiper, 2004). In deze studie gaat het niet direct om natuur in natuurgebieden, maar om riet dat buiten de begrensde Natura 2000-gebieden geteeld wordt vanwege andere functies zoals waterzuivering, beperken van bodemdaling en buffering van natuurgebieden. Ook in deze gebieden kunnen rietland belangrijke natuur- en landschapswaarden bevatten.

6.1 Natuurwaarden van rietmoerassen en rietvelden

Helofytenmoeras is een belangrijk natuurstype in Nederland. Veel internationaal en nationaal zeldzame moerasvogels, zoals de blauwborst, purperreiger, roerdomp, rietzanger, woudaapje, porseleinhoen, snor, grote karekiet en bruine kiekendief, zijn soorten die grotendeels afhankelijk zijn van moerasgebieden met een belangrijk aandeel helofytenvegetatie (o.a. riet, grote lisdodde, gele lis, kalmoes en eendenkroos). Onder de Europese Vogel- en Habitatrictlijn genieten zij internationale bescherming en dat heeft zich vertaald in het aanwijzen van Natura 2000-gebieden waar voor deze soorten een instandhoudingsdoel is geformuleerd. Daarnaast zijn ook het baardmannotje, de grote zilverreiger en algemenere vogelsoorten zoals kleine karekiet en rietgors, afhankelijk van door riet gedomineerde vegetaties (Natuurkennis, 2011). Hoewel overjarig riet het belangrijkste biotoop vormt voor de meeste moerasvogelsoorten, is het voor veel soorten van belang dat er een mozaïek is aan successiestadia, van jong/gemaaid waterriet tot rietruigte en moerasbos (Natuurkennis, 2011).

Randen met oud riet, kleine ruigten, struweel en bomen op kaden zorgen voor broedgelegenheid voor vogels en zijn belangrijk voor andere dieren zoals muizen of salamanders. Van de zoogdieren profiteert met name de zeldzame Noordse woelmuis van rietvegetaties. Het is een Habitatrictlijnsoort die o.a. voorkomt in het veenweidegebied van Noord-Holland en Utrecht. Het is een goede zwemmer, die weet te overleven in natte rietvegetaties en rietruigtes. Helofytenmoerassen spelen ook een belangrijke rol als habitat voor vissen en macrofauna. Omdat ondergedoken waterplanten in de herfst afsterven, overwinteren vissen graag tussen de helofyten. Helofyten vormen ook een belangrijke paaiplaats. In Figuur 8 staat het verband weergegeven tussen het areaal waterriet en de hoeveelheid snoek. Er blijkt een hoge correlatie te zijn tussen deze twee factoren, omdat snoeken in de winter het riet nodig hebben om te overleven.



Figuur 8. Relatie tussen de procentuele areaalbedekking van een water met helofyten (uitgedrukt als waterriet) en de hoeveelheid snoek in kg/ha. (Bron: Natuurkennis, 2011, naar Grimm (1994)).

Roofvissen als snoek spelen een belangrijke rol bij deregulatie van algenbloei in eutrofe meren. Zij eten prooivissen (o.a. brasem en karper), die zelf onder andere watervlooien eten. Als er minder watervlooien gegeten worden, zijn er meer watervlooien beschikbaar om algen op te eten en op die manier algenbloei tegen te gaan (Natuurkennis, 2011). Tot slot dragen rietvegetaties ook bij aan de diversiteit van de macrofauna. Ze herbergen relatief veel slakkensoorten, die gebruik maken van het grote graasoppervlak op de rietstengels (waar algen op groeien). Ook diverse kevers, sommige alleen als larven, profiteren van helofytenvegetaties (Natuurkennis, 2011).

Er zijn verschillende soorten rietvelden: riet dat in open water groeit, riet langs oevers en riet in moerassen etc. Afhankelijk van de groeiplaats en het gevoerde beheer, zullen de soorten die er leven verschillen. In Bijlage II is dit voor Natura 2000 hoofdtype Laagveenmoerassen uitgewerkt, daarbij zijn de betreffende Natura 2000-gebieden in het westelijk veengebied beneden het IJ vermeld (LNV, 2006).

6.2 Invloed van beheer op natuurwaarden van rietvelden

Van gemaaid rietland, dat jaarlijks in het winterhalfjaar gemaaid wordt, profiteren soorten die afhankelijk zijn van een open structuur. Het meeste gemaaide rietland komt voor in natte laagveengebieden, soms ook op kleigronden. Gemaaid rietland wordt gedomineerd door riet, maar bevat ook een diversiteit aan mossen en moerasplanten zoals moerasvaren, kamvaren, moeraswalstro, waterzuring, watermunt, grote watereppe, moeraswederik, pluimzegge, echte koekoeksbloem en echte valeriaan. Bij een goede waterkwaliteit zijn de rietlanden soortenrijk met soms zelfs rietorchis en groenknolorchis. De oevers, rietranden en -stroken vormen biotoop voor rietvogels en insecten. Gemaaid rietland kan, als de kragge (drijvende wortellaag) dikker wordt, overgaan naar veenmosrietland en moerasheide. Wel maaien, maar niet opruimen van het maaisel leidt tot verruiging van het rietland en rietkraag. Zonder maaibeheer en watertoevoer zal gemaaid rietland overgaan in struweel en bos (Natuurkennis, 2011). In hoofdstuk 2 is al ingegaan op de groei van riet en effecten van maaien van riet in herfst of in winter op productie en hergroei.

De Vereniging voor agrarische natuur- en landschapsbeheer Wierde & Dijk in Noord-Groningen heeft in de jaren 2008-2012 uitgebreid onderzoek laten doen naar de natuurwaarden van riet in sloten en naar rietslotenbeheer. Daarbij zijn zowel rietvogels, als amfibieën, vissen, waterkevers, zoetwaterslakken en nachtvlinders geïnventariseerd. De conclusie uit hun onderzoek was: de natuur heeft het meeste baat bij overjarig riet, hetgeen te bereiken is door sloten niet jaarlijks te schonen (Wierde & Dijk, 2013).

In Tabel 5 is een inschatting gemaakt van de bijdrage van verschillende rietsystemen voor natuur en biodiversiteit.

Tabel 5. Inschatting van de biodiversiteitswaarde van verschillende rietsystemen (+ tot +++ geeft mate van een positief effect).

Functie	Open water riet	Oeverriet	Rietmoerassen	Rietteelt op natte percelen	Constructed wetlands	Bufferzone
Buffering van natuurgebieden	++	++	+++	+	+	++

6.3 Buffering van natuurgebieden

Om wegzijging van water uit natuurgebieden naar omringende dieper ontwaterde landbouwgronden (en de daarmee gepaard gaande verdroging) tegen te gaan kan de aanleg van rietvelden een prima optie zijn om natte natuurgebieden te bufferen. Bufferzones met een hoger (grond)waterpeil verminderen de invloed van steden en agrarische bedrijven op de waterstand in natuurgebieden en de helofyten die in de bufferzones groeien helpen om het voedselrijke water dat vanuit die steden en landbouwbedrijven komt te zuiveren.

De 'Schraallanden langs De Meije' en De Haeck zijn gebieden waarvoor een bufferzone van riet om water vast te houden en te zuiveren is geadviseerd (Haskoning, 2012). Deze natuurgebieden liggen namelijk hoger dan de omgeving. Sinds 1980 wordt voor de Schraallanden gebruik gemaakt van een eigen waterbeheersing, waarbij in droge tijden water uit de Meije kan worden ingelaten. Het inlaatwater voor zowel de Schraallanden als de Haeck is via de Nieuwkoopse Plassen en de Meije afkomstig uit de Oude Rijn. Bij de inlaat van de Nieuwkoopse Plassen wordt het water chemisch gedefosfateerd. Daardoor voldoet het inlaatwater bij de Haeck wel aan de MTR waarde⁴ voor fosfor van 0,15 mgP/l, maar niet aan die voor stikstof (2,2 mg N/l). Het inlaatwater voldoet echter voor zowel stikstof als fosfaat niet aan de strengere VHR/Natura 2000 waarden⁵ van 1,0 mg N/l en 0,08 mg P/l (Jansen *et al.*, 2008).

In De Meije is een slotensysteem aangelegd om de kwaliteit van het oppervlaktewater te verbeteren voordat dit water in het blauwgraslandreservaat wordt ingelaten. Het systeem bestaat uit sloten met drijvende en ondergedoken waterplanten. Van Diepen *et al.* (2002) omschrijven dit slotensysteem als geheel als zeer efficiënt om stikstof en fosfor te verwijderen, mede als gevolg van het jaarlijks maaien en verwijderen van de drijvende en ondergedoken vegetatie.

Om de kwaliteit van het inlaatwater bij de Haeck te verbeteren hebben (Jansen *et al.*, 2008) nagegaan welke mogelijkheden daarvoor effectief kunnen zijn. Zij komen tot de conclusie dat opslag van schoon gebiedseigen water als afzonderlijke maatregel niet haalbaar is, vooral omdat in het bergingsgebied zelf ook wegzijging optreedt, waardoor er voor de Haeck onvoldoende water beschikbaar is. Een helofytenfilter en slootzuiveringssysteem komen wel in aanmerking. Een voormalig baggerdepot in het gebied is daarvoor de meest geschikte locatie. Het combineren van maatregelen is ook een optie. De combinatie van slootzuivering en helofytenfilter pakt daarbij het meest positief uit omdat beide systemen elkaar aanvullen. Slootzuivering is vooral gunstig voor vastlegging van fosfor, terwijl een helofytenfilter vooral effectief is voor het verwijderen van stikstof, dat onder invloed van een hogere temperatuur denitrificeert (Jansen *et al.*, 2008).

Het risico dat in helofytenfilters fosfaat vrijkomt in plaats van wordt vastgelegd is gering. Van Diepen *et al.* (2002) schrijven naar aanleiding van onderzoek in De Meije dat er fosfaat kan vrijkomen vanuit de bodem onder invloed van processen die getriggerd worden door extern, met oppervlaktewater aangevoerde stoffen, zoals bicarbonaat en sulfaat. Hermobilisatie van fosfaat kan optreden in helofytenfilters, waarin de bodem met fosfaat verzadigd is geraakt. Als de vegetatie niet regelmatig verwijderd wordt, dan kan er ophoping van nutriënten plaatsvinden waardoor op den duur het helofytenfilter (of bijv. een bufferzone) zelf als emissiebron kan gaan fungeren. Als de vegetatie jaarlijks gemaaid en verwijderd wordt, dan blijkt dat in de Meije in zuiveringssloten meer dan 90% van de jaarlijkse P-belasting en meer dan 80% van de jaarlijkse N-belasting verwijderd wordt. Uit andere gebieden is bekend (van Diepen *et al.*, 2002) dat een deel van de P-vracht afkomstig kan zijn uit najillecten van langdurige bemesting in het verleden of van aanvoer via het diepere grondwater. Deze aanvoer wordt de achtergrondbelasting genoemd en wordt door bufferstroken minder goed gereduceerd. Gemiddeld zou in Nederland de achtergrondbelasting 60% van de totale P-belasting zijn (van Diepen *et al.*, 2002). Dat betekent dat zelfs bij zeer ingrijpende maatregelen de reductie van de P-emissie naar het oppervlaktewater in situaties met een hoge achtergrondbelasting beperkt zal zijn. Voor N zal de emissiereductie met bufferstroken effectiever zijn omdat de achtergrondbelasting van N slechts 20% van de totale belasting bedraagt (van Diepen *et al.*, 2002). Op natte veengronden zal in het verleden, vanwege de geringe draagkracht van de bodem in de winter, meestal geen sprake geweest zijn van echt hoge bemestingsgiften, daarom mag verondersteld worden dat de achtergrondbelasting ook lager zal zijn.

Samenvattend kan geconcludeerd worden dat riet en andere helofyten in bufferzones rond natte natuurgebieden een positief effect zullen hebben op de waterkwaliteit vanwege hun waterzuiverend vermogen. Tabel 6 geeft de potenties van de verschillende rietsystemen voor de buffering van natuurgebieden.

⁴ MTR waarde: MTR staat voor maximale toelaatbaar risiconiveau. MTR-waarden zijn altijd niet-wettelijke normen. Voor MTR-waarden geldt een inspanningsverplichting.

⁵ VHR/Natura 2000 waarden: doelstellingen geformuleerd in het kader van Vogel- en Habitat Richtlijn en Natura 2000.

Tabel 6. *Inschatting van de potentie van verschillende rietsystemen voor de buffering van natuurgebieden (+ tot +++ geeft mate van een positief effect; 0 betekent geen effect verwacht).*

Functie	Open water riet	Oeverriet	Rietmoerassen	Rietteelt op natte percelen	Constructed wetlands	Bufferzone
Buffering van natuurgebieden	0	++	+	+	+	+++

6.4 Landschapswaarden

Riet en rietvelden horen van oudsher bij de natte veengebieden van West Nederland. Door ontwatering, intensivering van de landbouw en het achterwege blijven van jaarlijks maaien is het areaal riet in het agrarisch gebied de laatste 50 jaar sterk afgenomen. De groei van riet is nu voornamelijk beperkt tot de natuurgebieden. Herstel van riet in en langs sloten, vaarten en kanalen zal het landelijk gebied verrijken met linten riet door het landschap (Figuur 9).



Figuur 9. *Rietkraag langs de Oude Waver.*



Figuur 10. *Landart-object op Waterpark Het Lankeet, verbeeldend de kringloop van het water.*

Dit betekent meer variatie in het landschap en een meer natuurlijk karakter van de veengebieden. (Grandiek *et al.*, 2007) vermelden dat gebieden met een sterk natuurlijk karakter als de Weerribben en de Wieden veel meer van het (verblijfs)toerisme profiteren dan het traditionele veenweidegebied tussen Alkmaar en Amsterdam. (Grandiek *et al.*, 2007) verwachten dat de combinatie van cultuurhistorie (droogmakerijen, landschap en steden) met een vernieuwd veenweidegebied (waarmee de auteurs een veenweidegebied bedoelen waarin naast graslanden rietlanden met biomassa productie en wetlandontwikkeling voorkomen) een toeristisch aantrekkelijke optie is.

Op Waterpark Het Lankheet is veel aandacht besteed aan de landschappelijke inpassing van de constructed wetlands (Figuur 10). In dit droge bosgebied, biedt de aanleg van rietvelden en de bijbehorende stelsel van wateraanvoer en -afvoer sloten een aanzienlijke verrijking van landschap en biodiversiteit (Figuur 11). In de van nature veel waterrijkere veengebieden zal dit effect minder groot zijn.



Figuur 11. Vader en dochter met emmertje visjes, kikkers en slakjes gevangen in de rietvelden van Waterpark Het Lankheet.

Er worden soms ook geluiden tegen de aanleg van rietvelden gehoord met als argument dat hoog opgroeiend riet het uitzicht belemmert in het vlakke en open polderland. In de zomermaanden juli tot september is dit zeker het geval. Het riet is hoog, langer dan 2,5 m en dicht. In de loop van de herfst valt het blad, dan wordt het doorzicht weer beter. Hierop is te anticiperen door de keuze van locaties waar rietvelden worden aangelegd. Indien riet als een lint langs een watergang wordt aangelegd, kan er voor gekozen worden om regelmatig open stukken met doorzicht aan te leggen. Ook kan vanuit bepaalde punten gewerkt worden met zichtlijnen (zoals die bijv. ook in bossen en vanuit landhuizen werden aangelegd).

7. Maatschappelijke aspecten

De belangstelling voor riet in combinatie met waterzuivering, beperken van broeikasgasemissies en biomassateelt neemt de laatste jaren snel toe. Internationaal wordt er veel onderzoek gedaan, zie bijvoorbeeld de proceedings van de internationale conferentie 'Reed as a renewable resource' van februari 2013 in Greifswald (D) www.rrr2013.de. In Nederland wordt er al jaren onderzoek aan dit thema verricht op waterpark Het Lankheet in Haaksbergen www.waterparkhetlankheet.nl. Het InnovatieNetwerk (www.innovatienetwerk.org) werkt sinds 2007 aan het concept Rieteconomie (Grandiek et al., 2007). De uitdaging is om de stap te maken van uitdagende en veelbelovende perspectieven naar praktijksituaties waarbij waterschappen, boeren en andere actoren op grotere schaal rietteelt gaan inzetten voor verschillende functies.

7.1 Acceptatie door boeren

Over de acceptatie van rietteelt door boeren zijn geen directe onderzoekgegevens bekend. In Noord Groningen is de Agrarische natuurvereniging Wierde & Dijk al sinds 2003 actief om haar boerenleden enthousiast te maken voor het belang van riet in sloten voor landschap en natuur. In het boek *'Riet, een ecologische focus op sloten'* (Wierde & Dijk, 2013) zijn het veldonderzoek, de inventarisaties en de vele interviews samengevat. De conclusie luidt: 'de natuur heeft het meeste baat bij overjarig riet. Dit is te bereiken door de sloten niet jaarlijks te schonen'. Dit stond echter haaks op de verplichting van het waterschap dat sloten jaarlijks geschoond moeten worden. Nadat duidelijk werd gemaakt wat de bedoeling was en waarom, verleende het waterschap Noorderzijlvest alle medewerking en ondersteuning. Het draagvlak voor riet in de sloten is door deze positieve benadering in Noord Groningen sterk toegenomen.

Roemaat (2010) heeft de kansen voor rietteelt in de provincie Utrecht in kaart gebracht. In deze studie lag de nadruk op het realiseren van natte natuur via rietkragen en rietpercelen. Roemaat (2010) concludeert dat agrarische ondernemers pas zullen overwegen om eigen grasland om te zetten naar rietland als 100% vergoeding van de waardedaling van de grond mogelijk is. Dit sluit aan bij de uitkomsten van een klein onderzoek dat HDSR heeft laten doen naar de mening van boeren in de omgeving van Woerden over diverse KRW-maatregelen (Zwanenburg *et al.*). In dit onderzoek werden boeren geconfronteerd met een aantal maatregelen die vanwege de Kaderrichtlijn Water (KRW) zouden kunnen worden genomen. Het aantal geïnterviewde personen (in totaal 18) is te klein om representatief te zijn, maar het onderzoek geeft wel een indicatie. Daarbij bleek dat de maatregelen 'Biomassateelt (rietteelt)' en 'Bufferstroken en -zones' het laagste scoren van de voorgestelde maatregelen. Ook als er subsidies gegeven zouden worden, zien de geïnterviewde agrariërs weinig in de maatregelen 'Bufferstroken en -zones' en 'Natuurvriendelijke oevers & zuiverende slootssystemen' vanwege verwacht landverlies en dus productieverlies. Met 'Biomassateelt' blijken de meeste geïnterviewde agrariërs niets te hebben, ze beoordelen het als 'veel werk voor weinig geld en het levert niets op'. In tegenstelling tot het onderzoek in Noord Groningen hadden de boeren rond Woerden zelf niet mee kunnen denken over de beleidsdoelen en hoe die te realiseren. Zou dit wel het geval zijn geweest, dan zouden ze mogelijk positiever over sommige maatregelen hebben geoordeeld.

7.2 Acceptatie door burgers

Ook over de maatschappelijke acceptatie van riet door burgers is geen onderzoek bekend. In de pers en in gesprekken worden soms positieve reacties gehoord in de trant van 'riet brengt meer diversiteit in het vlakke polderlandschap' en 'riet hoort bij de beleving van het veengebied'. (Grandiek *et al.*, 2007) concluderen dat de toeristische aantrekkelijkheid van gebieden met een sterk natuurlijk karakter voor verblijfsrecreanten groter is dan van het traditionele veenweidegebied. Deze auteurs verwachten dat ontwikkeling van dat gebied tot een veenweidelandschap met ruimte voor biomassaproductie met riet en wetlandontwikkeling het toerisme een impuls zal geven. Naast het positieve element van extra variatie in het landschap en meer diversiteit in dier- en plantensoorten na introductie van rietteelt in een gebied, moet verwacht worden dat er in sommige gebieden ook maatschappelijk

verzet kan komen tegen rietteelt met als argument dat hoog opgroeiend riet het uitzicht belemmert in het vlakke en open polderland.

Een andere reactie die soms gehoord wordt is dat vernatting van het gebied meer overlast van muggen zal kunnen geven. Een enkele keer worden muggen een vervelende plaag (steken), ook kunnen muggen pathogenen overbrengen op mens en dier. Voor de meeste insecten zijn moerassen aantrekkelijk vanwege de voortplantingsmogelijkheden: ondiepe plasjes, stilstaand water en beschutting. Af en toe komen er in de pers geluiden dat mensen bang zijn dat constructed wetlands ook aanleiding geven tot insectenplagen. Recent onderzoek (Verdonschot & Besse-Lototskaya, 2012; Helder-Feijen, 2009) toont aan dat de omstandigheden in constructed wetlands niet gunstig zijn voor de voortplanting van insecten. Er is geen sprake van stagnerend water en de bovenlaag valt regelmatig droog zodat insecteneieren of muggenlarven er niet het gewenste milieu vinden. Ook het doorstromen (bewegen) van water is een belangrijke factor om muggenoverlast te voorkomen. In (Knight *et al.*, 2003) wordt een goed overzicht gegeven van pestcontrole in constructed wetlands.

8. Kosten en baten van rietteelt

In dit hoofdstuk proberen we een antwoord te geven op de vraag of, en onder welke voorwaarden, rietteelt een rendabel alternatief kan zijn voor het huidige landgebruik (melkveehouderij) in natte veengebieden.

Om tot succesvolle rietteelt in veengebieden te komen is het belangrijk dat riet naast een efficiënte waterzuivering en biomassateelt ook een economisch perspectief biedt en lonend zal zijn voor ondernemers (of anderen zoals waterschappen) die er in de praktijk mee aan de slag gaan. De inkomsten moeten daarbij komen uit de verkoop van biomassa en/of beloning voor geleverde ecosysteemdiensten. Voor de bepaling van de waarde van rietvelden voor biomassateelt, waterzuivering, waterberging en natuurherstel zijn een viertal posten cruciaal:

- 1) Investeringskosten
- 2) Operationele kosten
- 3) Opbrengsten vanuit de verkoop van biomassa
- 4) Vermarktning van andere functies (ecosysteemdiensten), zoals waterzuivering, natuurherstel en bodemdaling.

Voor een aantal producten bestaat al een zekere markt, zoals voor biomassa en bouw materiaal. Hoewel de afzetmarkt daarvoor ook nog verder ontwikkeld moet worden. Voorlopig worden afzetmarkt en marktprijs vooral gedicteerd vanuit de afzet van droog riet voor opwekking van bio-energie. In een berekening voor groene stroom uit winterriet door Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier wordt een afzetprijs van €12/ton droog riet genoemd, exclusief de transportkosten (Zoutberg, 2011).

Lastiger is het om iets te zeggen over de maatschappelijke kosten en baten van andere functies zoals waterzuivering, waterberging, bodemdaling en klimaatadaptatie. Daarvoor bestaan nog geen marktprijzen. Het is duidelijk dat er grote behoefte is aan de ontwikkeling van een instrumentarium om de waarde van de verschillende functies te kunnen berekenen. De financiële opbrengst van een ha rietveld wordt dan opgebouwd uit verschillende bronnen, zoals verkoop van riet, vergoeding voor de zuiveringsfunctie, beloning voor vastlegging van CO₂ etc. Als het saldo hoog genoeg uitvalt en de markt stabiel lijkt, zal dit boeren over de streep trekken om riet te gaan telen.

Roemaat (2010) heeft voor rietteelt in de provincie Utrecht een berekening van kosten en baten opgesteld. Bij een opbrengst van 10 ton droog riet per ha en lage oogstkosten van € 500 per ha komt hij op een kostenpost van € 225 per ton riet. Bij een opbrengst van 20 ton droog riet per ha dalen de kosten tot € 160 per ton. In natte gebieden zijn de oogstkosten vaak hoger, € 1.500 per ha, de kosten nemen dan toe tot € 325 per ton (bij een opbrengst van 10 ton/ha), resp. € 210 (bij 20 ton/ha). Als het riet wordt ingezet voor energieopwekking kan met 1 ton rietpellets ongeveer 18 GJ energie gewonnen worden en daarmee ca. 500 m³ aardgas bespaard worden. Bij een energieprijs van 60 eurocent per m³ (incl. transport, toeslagen en belasting) bedraagt de energieopbrengst ruim € 300 per ton. Bij de huidige energieprijzen zijn de oogst en verwerkingskosten te financieren uit de energieopbrengst. Deze berekening lijkt te rooskleurig, er is o.a. geen rekening gehouden met transportkosten van de biomassa, arbeid en de investeringskosten voor de verbrandingsinstallatie zijn aan de lage kant. De rentabiliteit van een rietteeltsysteem hangt echter niet alleen af van de kosten van oogsten en verwerken, maar ook van de grondkosten, waterschapslasten etc.

Dit geldt in nog sterkere mate voor waterzuivering via constructed wetlands. De kosten voor aanleg van constructed wetlands zijn hoog en worden in grote mate bepaald door locatie, oppervlakte en de kosten voor grondwerk (aanleg kades etc.) en infrastructuur (wegen, watergangen, electriciteit, pompen etc.). Berekeningen tonen aan dat deze kosten vele tienduizenden euro's per ha kunnen bedragen (De Blaeij & Reinhard, 2008; Helder-Feijen, 2009). De baten van waterzuivering zijn eveneens best lastig te berekenen. De Blaeij & Reinhard (2008) komen voor het reinigen van water uit de Buursebeek op Waterpark Het Lankheet op baten van €8,50 per kg P en € 2,20 per kg N. Gegeven de N- en P-concentraties in het water van de Buursebeek schatten zij de waterzuiveringsbaten voor N en P op resp. € 1.100 en 425 per ha per jaar.

De Blaeij & Reinhard (2008) hebben voor Waterpark Het Lankheet een aantal scenario's doorgerekend. Op de schaal van het Waterpark (3 ha) is over een periode van 30 jaar het totale saldo voor de landbouwfunctie -51 k€, voor de rietbiomassa functie 57 k€ en voor de waterzuiveringsfunctie -78 k€. Een opschaling naar een systeem van 5 ha heeft geen effect op het saldo van de landbouwfunctie (-51 k€), maar heeft wel een duidelijk positief effect op het saldo van de rietbiomassafunctie (95 k€) en op het saldo van de waterzuiveringsfunctie (15 k€). Opschaling biedt onder de voor de situatie van Waterpark Het Lankheet gemaakte veronderstellingen duidelijke voordelen. Daarnaast geven De Blaeij & Reinhard (2008) inschattingen voor de maatschappelijke baten van de functies: antiverdroging, waterberging en recreatie. Deze maatschappelijke baten zijn positief, echter een marktmechanisme ontbreekt nog om deze baten te verzilveren en ten gunste te laten komen aan de beheerder die de kosten maakt.

Daatselaar *et al.* (2009) hebben economische berekeningen gemaakt voor een 'veenrietweidebedrijf' in West-Nederland. Zij komen tot voor teelt, oogst, opslag en transport naar een verbrandingseenheid op een kostenpost van € 1.285 per ha per jaar (bij een rietopbrengst van 15 ton ds per ha). Bij teelt, oogst, transport en opslag naar een vergistingsinstallatie komen ze op jaarkosten van € 1.900 per ha (hogere kosten vooral vanwege het hakselen van het riet voordat het de vergistingsinstallatie in kan). Daatselaar *et al.* (2009) concluderen dat de kosten van rietteelt de directe inkomsten fors overschrijden. De opbrengsten bij vergisting zijn volgens hun berekeningen max. € 280/ha en max. € 450/ha bij verbranding. Daatselaar *et al.* (2009) maken gebruik van eerder werk van Grandiek *et al.* (2007) en De Blaeij & Reinhard (2008) voor het inschatten van de maatschappelijke baten van andere functies. Zij concluderen dat als je alleen naar de directe kosten en baten kijkt, rietteelt economisch niet aantrekkelijk is. Rietteelt zou wel aantrekkelijk kunnen worden als er een vergoeding voor de maatschappelijke baten plaatsvindt. Rietteelt kan daarmee op termijn zeker potentie hebben in het Westelijk Veenweidegebied mits het meerdere functies tegelijk kan uitoefenen die allen tot waarde kunnen worden gebracht.

Zover zijn we momenteel nog niet. Er zijn zeker kansen voor ecosysteemdiensten uit rietteelt (Smit *et al.*, 2012), maar een markt voor beloning voor zogenaamde ecosysteemdiensten is nog verre van operationeel in Nederland. Het probleem is dat de teelt biomassa oplevert die een te lage marktprijs heeft om alleen op basis van de verkoop van riet rietteelt lonend te maken. Daarbij komt dat het oogsten op natte veengrond duur is en nog veel technische problemen (vanwege de geringe draagkracht van de bodem) met zich meebrengt. Vanwege de relatief hoge melkprijs zijn er momenteel eigenlijk geen alternatieven die kunnen concurreren met melkveehouderij. Het is daardoor voor agrariërs niet interessant om over te schakelen op grootschalige rietteelt.

Op grond van bovenstaande onzekerheden (grote variatie in kosten en baten tussen de verschillende studies) en een gering economisch perspectief heeft HDSR geconcludeerd dat zij als waterschap grootschalige rietteelt voorlopig nog niet als een volwaardig alternatief ziet voor agrarische ondernemers in het veenweidegebied. Het gat tussen kosten en baten is in de huidige situatie te groot voor een rendabele bedrijfsvoering. Ook als rekening wordt gehouden met een vergoeding voor een ecosysteemdienst als waterzuivering. Daarbij komt dat defosfatering van oppervlaktewater een relatief goedkope en in elk geval heel betrouwbare methode is, terwijl de waterzuiverende werking van planten minder constant en voorspelbaar is gedurende het jaar. Dit heeft HDSR doen besluiten om nog geen pilotproject met rietteelt in haar werkgebied te starten.^{6,7,8}

⁶ Mocht er vanuit het werkgebied een initiatiefnemer komen die wil starten met rietteelt, dan heeft HDSR aangegeven weer mee te willen denken omdat ze denkt dat kleinschalige rietteelt mogelijk wel voordelen biedt.

⁷ Vanuit de provincie Utrecht is aangegeven dat zij geïnteresseerd is in mogelijke niches zoals bijv. teelt van eendenkroos + riet in sloten, rietteelt in mogelijke baggerdepots, riet in combinatie met recreatiedoelen en lokale waterzuivering en energiewinning met riet.

⁸ Het Veenweide Innovatie Centrum (VIC) te Zegveld gaat een netwerk aquatische landbouw starten met veehouders die visteelt in veenweidesloten combineren met eendenkroos en riet. Eendenkroos als eiwitrijk voedsel voor de vissen en riet om het water te zuiveren van nutriënten die met de uitwerpselen van de vissen in het water komen (Schellart, 2013)

9. Voorwaarden voor een gebied om kansrijk te zijn voor rietteelt

Er zijn verschillende systemen van rietteelt denkbaar. In hoofdstuk 2 zijn deze al kort beschreven en in paragraaf 9.1 zal worden aangegeven welk systeem voor welke functie het meest interessant is. Vervolgens worden in 9.2 een aantal randvoorwaarden genoemd voor kansrijke locaties voor rietteelt.

9.1 Rietteelt als systeem

Op basis van de in de voorgaande hoofdstukken besproken aspecten staat in Tabel 7 een overzicht van de verwachte potentie van verschillende rietteeltsystemen voor de functies waterzuivering, waterberging, bodemdaling, buffering, oeverbescherming, natuur/biodiversiteit, biomassateelt en recreatie.

Tabel 7. *Inschatting van de potentie van rietteeltsystemen voor verschillende functies (+ tot +++ geeft mate van een positief effect; 0 betekent geen effect).*

Rietsysteem \ Functie	Waterzuivering	Waterberging	Bodemdaling	Buffering	Oeverbescherming	Biodiversiteit	Biomassateelt	Recreatie
Open water riet	+	+++ ¹⁾	0	0	+	++	0	++
Oeverriet	+	0	0	++	++	++	+	++
Rietmoerassen	++	+++ ¹⁾	++	+	0	+++	+	0
Rietteelt op natte percelen	+	++	+	+	0	+	+++	+
Constructed wetlands	+++	+	+	+	0	+	+++	++ ²⁾
Bufferzone	++	+++	+	+++	+	++	++	+

¹⁾ Waarde is sterk afhankelijk van bergingscapaciteit van meer en moeras.

²⁾ Waarde is afhankelijk van het ontwerp van het constructed wetland, zie als voorbeeld Waterpark Het Lankheet dat een grote recreatieve waarde heeft.

Afhankelijk van de functie die nagestreefd wordt, komen één of meerdere rietteeltsystemen als kansrijk naar voren. Ligt de nadruk op waterzuivering, dan wordt het hoogste zuiveringsrendement bereikt met een constructed wetland, zoals op Waterpark Het Lankheet, waarbij de hoeveelheden en de verblijftijden van het water geoptimaliseerd kunnen worden. Gaat het om biomassaproductie, dan zijn aangelegde rietvelden op voormalige laaggelegen percelen het meest perspectiefvol. Bufferzones rond natuurgebieden blijken voor alle functies positief uit te pakken.

Naast de functie die beoogd wordt, het kosten en baten verhaal (zie hoofdstuk 8) draagt ook de gekozen locatie in sterke mate bij of een rietteeltsysteem uiteindelijk een succes wordt. Op dit aspect wordt in paragraaf 9.2 dieper ingegaan.

9.2 Randvoorwaarden en criteria voor kansrijke locaties voor rietteelt

Een locatie voor waterzuivering en biomassaproductie zal aan een aantal voorwaarden moeten voldoen om kansrijk te zijn:

- **Beschikbaarheid grond**
Omdat grondkosten een belangrijke factor zijn in de jaarlijkse kosten, is het belangrijk dat er gronden beschikbaar zijn die niet direct moeten concurreren met de hoge saldo's die in de melkveehouderij worden gerealiseerd. Dus bij voorkeur rietvelden aanleggen op laaggelegen marginale gronden die vanwege hoge grondwaterstanden al uit de gangbare productie zijn gehaald, of gronden langs watergangen, die een waterbergende functie hebben. Het niet uit productie halen van goede landbouwgronden, maar juist wel benutten van marginale gronden zal helpen om het draagvlak voor rietteelt bij de agrarische bevolking te vergroten.
- **Beschikbaar water**
Als het doel waterzuivering is, dan is uiteraard de aanvoer van water met een zuiveringsopgave gedurende het hele jaar een cruciale factor. Gaat het in een gebied primair om het tegengaan van bodemdaling, dan is de waterkwaliteit veel minder van belang en is voldoende aanvoer van water in de droge tijd belangrijk. Als maximale biomassaproductie geen doel is, mag in de zomer het rietveld droogvallen, als het maar niet helemaal uitdroogt. Het zuiveringssysteem wint aan waarde als het gezuiverde water benut kan worden voor een hoogwaardig doel zoals buffering of vernatting van kwetsbare natuur.
- **Waterbergingsopgave**
Een behoefte om van tijd tot tijd water te kunnen bergen, vergroot de multifunctionaliteit van het systeem en biedt een extra ecosysteemdienst. De waarde van deze ecosysteemdienst hangt af van de schade door wateroverlast die hierdoor kan worden vermeden en de frequentie waarmee deze overlast optreedt.
- **Biomassa afzet**
Transport is een belangrijke kostenpost bij de biomassaverwerking. Een lokale afzet is daarom van belang. Naast een lokale biomassa centrale, helpt ook een bijbehorende lokale energievraag om de opgewerkte energie tot waarde te brengen. Op verschillende plekken in Nederland (o.a. Neede) wordt geëxperimenteerd met kleine lokale biomassacentrales die volgens berekening rendabel zouden kunnen draaien op ca. 800 ton droge biomassa per jaar, waarvoor een rietaanvoer van 40 tot 80 ha al voldoende zal zijn. De waarde van de biomassa zal aanzienlijk stijgen als er andere hoogwaardiger toepassingen voor de biomassa gevonden kunnen worden (Van Steen *et al.*, 2010). Productie van vezelmateriaal voor bouwmaterialen, kleding of papierproductie biedt in potentie die kansen, maar deze toepassing staat nog in de kinderschoenen.
- **Aanlegkosten van rietveld**
Bij de aanleg van Waterpark Het Lankheet vormde de aanplant van het riet een hoge kostenpost. Vier planten per m² à € 0,25 per rietstek incl. het planten, betekende een kostenpost van € 1,00 per m². Het bedrijf Hanze Wetlands (www.hanzewetlands.nl) claimt een methode ontwikkeld te hebben om eerst een bestaand rietveld te plaggen, daarna deze plaggen in blokjes te snijden en deze blokjes (met daarin rietwortels) met een pootmachine te planten. Daarmee zouden de kosten aanzienlijk kunnen dalen. Een aangekondigde demonstratie met deze methode kon voorjaar 2013 niet doorgaan, door een combinatie van lange winter en het daarna niet mogen plaggen van rietvelden tijdens het broedseizoen. Of dit een succesvolle methode zal zijn, is dus nog niet bekend.
- **Geschikte beheersvorm en apparatuur**
Voor het beheer van rietvelden als zuiveringsveld moet een eigen waterregime mogelijk zijn. Het gebied moet worden omkaad en afgesloten van de omgeving. Aan- en afvoersloten moeten de juiste dimensie en wateraanvoer hebben om een optimale werking (+ zuivering) te garanderen en het rietveld moet een eigen pompinstallatie hebben. Voor de riettoogst is het gunstig dat het rietveld tijdelijk droger wordt, zodat de bodem een betere draagkracht voor de oogstmachines heeft. Desondanks moet er gewerkt worden aan verdere

ontwikkeling van aangepaste machines die bij een geringe draagkracht niet veel bodemschade veroorzaken. Ook is een droge verharde plek nodig waar deze zelfrijdende oogstmachines de biomassa kunnen lossen en deze opgehaald kan worden door zware vrachtauto's. Een goede verharde toegangsweg naar de overslagplek is daarvoor ook een vereiste. Daarnaast moet rekening gehouden worden met kosten voor infrastructuur, naast een verharde weg is ook elektriciteit nodig voor de pompen etc.

- Vergunningen

Bij de aanleg van een rietveld, zullen waarschijnlijk een aantal cultuurtechnische maatregelen nodig zijn, zoals aanleg dijkjes, graven van aan- en afvoersloten, verharding van een biomassa overslagplek etc. Daarvoor zijn vergunningen nodig van verschillende overheden, dit moet tijdig in gang worden gezet. De vraag is ook of de bestemming van de grond moet veranderen van landbouw naar natuur(bedrijf). Bij een natuurbestemming kan er mogelijk een beroep gedaan worden op beheersubsidies. Een natuurbeheerstatus kan ook op gespannen voet staan met de vrijheid van de beheerder om te schuiven met de maaidatum, afhankelijk van de afzet mogelijkheden van het riet. Ons advies is om voorlopig uit te gaan van handhaven van de landbouwbestemming en natuurwaarden mee te laten liften, maar die niet leidend te laten zijn.

10. Conclusies

Vanuit het voorgaande zijn een aantal conclusies over de mogelijke functies van riet en rietteelt te trekken:

1. Het waterzuiverend vermogen van riet is groot. Zuiveringsefficiënties liggen tussen 30-80% afhankelijk van het type helofytenstelsel en de belasting van het ingaande water met nutriënten. Helofytenvelden kunnen aanzienlijke hoeveelheden stikstof en fosfor uit het oppervlaktewater zuiveren en in veel gevallen is het uitgaande water van voldoende kwaliteit is om natte natuur te herstellen. Van belang is wel dat de aanvoer van nutriënten met het oppervlaktewater afgestemd wordt op de verwachte zuiveringscapaciteit van de helofytenvelden. In de winterperiode loopt de zuivering van fosfor door, die van stikstof valt stil en komt vanaf begin mei weer op gang.
2. Rietvelden lenen zich goed voor waterberging. Het tijdelijk opzetten van het peil met 1 meter heeft nauwelijks of geen effect op de vitaliteit van de rietvelden, mits de inundatie niet te lang (slechts enkele dagen) duurt.
3. Rietvelden zijn netto koolstofvastleggers. De verwachting is dat bij vernatting van veengronden in combinatie met rietteelt de balans van broeikasgasemissie en koolstofvastlegging in een netto reductie resulteert.
4. Rietteelt in combinatie met vernatting van veengronden zal de bodemdaling afremmen en mogelijk op lange termijn zelfs weer bijdragen aan bodemopbouw.
5. Rietvelden vormen een belangrijk natuurtype in Nederland. Veel dier- en plantensoorten zijn er geheel of gedeeltelijk afhankelijk van. De natuur is het meeste gebaat bij overjarig riet.
6. Riet en andere helofyten zoals grote lisdodde en eendenkroos passen goed in bufferzones rond natuurgebieden vanwege hun waterzuiverend vermogen.
7. Riet geeft een hoge biomassaopbrengst variërend van 7-10 ton ds per ha in moerassen tot 20 ton ds per ha op natte percelen en in constructed wetlands.

Terugkijkend naar de eerste drie onderzoeksvragen uit hoofdstuk 1 kan geconcludeerd worden dat rietteelt in natte veengebieden een positieve bijdrage heeft door haar waterzuiverende werking en een duidelijk meerwaarde biedt voor natuur en biodiversiteit. Dit geldt voor alle rietteltsystemen. Rietteelt kan ook goed gecombineerd worden met waterberging en de aanleg van bufferzones rond natuurgebieden. Afhankelijk van het toegepaste rietteltsysteem biedt het ook meer of minder kansen voor biomassateelt, oeverbescherming, recreatie en het tegengaan van bodemdaling. De marktprijs van rietbiomassa is onder de huidige prijsverhoudingen echter te laag om rendabele rietteltsystemen mogelijk te maken en de ontwikkeling van betalingssystemen voor ecosysteemdiensten is nog niet ver genoeg ontwikkeld om daarmee een goede beloning voor de andere functies, zoals waterzuivering, beperken van bodemdaling, klimaatadaptatie en -mitigatie en natuurwaarden, te genereren.

Op grond van met name dit geringe economische perspectief hebben HDSR en provincie Utrecht besloten om nu nog geen grootschalige praktijkpilot met rietteelt te starten. Daarmee is de beantwoording van de vierde onderzoeksvraag vervallen.

Referenties

- Armstrong, J., F. Afreen-Zobayed, S. Blyth & W. Armstrong, 1999.
Phragmites australis: effects of shoot submergence on seedling growth and survival and radial oxygen loss from roots. *Aquatic Botany* 64: 275–289.
- AVRN, 2006.
 Natuurlijk rietsnijden! Toekomstvisie voor de rietcultuur in de Nederlandse laagveenmoerasgebieden. Algemene Vereniging voor de Rietcultuur in Nederland.
- Blaeij, A. de & S. Reinhard, 2008.
 Een waterpark als alternatief. MKBA aanleg multifunctioneel helofytenfilter op Waterpark Het Lankheet. Rapport 2008-061. LEI, Den Haag.
- Buiter, R., 2013.
 Veen omhoog, CO₂ omlaag. *Trouw - de Verdieping*, 11 nov. 2013: 8-9.
- CBS, PBL, Wageningen UR, 2008.
 Dossier moeras. CBS, Den Haag / Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven / Wageningen UR, Wageningen. www.compendiumvoordeleefomgeving.nl.
- Chardon, W.J., 2008.
 Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling. Rapport 1683. Alterra, Wageningen.
- D'Angelo, E.M. & K.R. Reddy, 1994.
 Diagenesis of organic matter in a wetland receiving hypereutrophic lake water: role of inorganic electron acceptors in nutrient release. *J. Environ. Qual.* 23: 937-943.
- Daatselaar, C.H.G., K. Hoogendam & K.J. Poppe, 2009.
 De economie van het veenrietweidebedrijf. Een quickscan voor West-Nederland. Rapport 09.2.218. InnovatieNetwerk, Utrecht.
- Diepen, C.A. van, G.H.P. Arts, J.W.H. van der Kolk, A. Smit & J. Wolf, 2002.
 Mogelijkheden voor verbetering van de waterkwaliteit door vermindering van de nutriëntenbelasting in Noord-Brabant. Deelrapport 4: Mogelijkheden voor toepassing van effectgerichte maatregelen op gebied van waterbeheer en waterzuivering. Rapport 527.4. Alterra, Wageningen.
- Freibauer, A., M.D.A. Rounsevell, P. Smith & J. Verhagen, 2004.
 Carbon sequestration in agricultural soils of Europe. *Geoderma* 122: 1-23.
- Grandiek, N., J. van Herk & C. Cronenberg, 2007.
 De introductie van de rieteconomie. Een duurzaam perspectief voor de Nederlandse veenweidegebieden. Rapport 07.2.155. Innovatienetwerk, Utrecht.
- Haskoning, 2012.
 Ontwerp-beheerplan bijzondere natuurwaarden Nieuwkoopse Plassen & De Haeck periode 2013 – 2018. Royal HaskoningDHV, Rotterdam.
- Helder – Feijen, A., 2009.
 Beheer- en onderhoudplan helofytenfilter Hoogeveen. Tauw, Deventer.
- Jansen, P.A.G. & L.C. Kuiper, 2004.
 Praktijkexperiment 'Duurzame energie uit rietplaggen' Probos, Wageningen.
- Jansen, P.C., F.P. Sival, C. Kwakernaak, O. Clevring & E. Westein, 2008.
 Ruimtelijke maatregelen voor Natura 2000 wetlands in het veenweidegebied. Rapport 1599. Alterra, Wageningen.
- Kadlec, R.H. & D.L. Hey, 1994.
 Constructed wetlands for river water quality improvement. *Water Science and Technology* 29: 159-168.
- Klein, J.M. de & A. van der Werf, 2013.
 Balancing carbon sequestration and GHG emissions in a constructed wetland. *Ecological Engineering*. In press. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.04.060>

- Knight, R.L., W.E. Walton, G.F. O'Meara, W.K. Reisen & R. Wass, 2003.
Strategies for effective mosquito control in constructed treatments wetlands. *Ecological Engineering* 21: 211-232.
- Korevaar, H., 2011.
Onderzoekagenda Westelijke Veenweiden 2012-2015. Notitie t.b.v. Stuurgroep Kennis- en Innovatieprogramma Westelijke Veenweiden. Veenweiden Innovatiecentrum, Zegveld.
- Kors, A.C., F.A.M. Claessen, J.W. Wesseling & G.P. Können, 2000.
Scenario's externe krachten voor WB21. Cie Waterbeheer 21^e eeuw. Rapport WL-Delft Hydraulics, Delft / KNMI, De Bilt.
- LNV, 2006.
Natura 2000 doelendocument. Ministerie van LNV, Den Haag.
- Mander, U., J. Tournebize, K. Kasak & W.J. Mitsch, 2013.
Climate regulation by free water surface constructed wetlands for wastewater treatment and created riverine wetlands. *Ecological Engineering*. In press. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.05.004>
- Mander, U., M. Maddison, K. Soosar & K. Karabelnik, 2011.
The impact of pulsing hydrology and fluctuating water table on greenhouse gas emissions from constructed wetlands. *Wetlands* 31: 1023-1032.
- Meerburg, B.G., P.H. Vereijken, W. de Visser, A. Verhagen, H. Korevaar, E.P. Querner, A.T. Blaeij & A. van der Werf, 2010.
Surface water sanitation and biomass production in a multifunctional constructed wetland in the Netherlands. *Wetlands, Ecology and Management* 18: 463-470.
- Mitsch, W.J., J.W. Day, L. Zang & R.R. Lane, 2005b.
Nitrate-nitrogen retention in wetlands in the Mississippi River Basin. *Ecological Engineering* 24: 267-278.
- Mitsch, W.J., L. Zang, C.J. Anderson, A.E. Altor & M.E. Hernandez, 2005a.
Creating riverine wetlands: Ecological succession, nutrient retention, and pulsing effects. *Ecological Engineering* 25: 510-527.
- Mueller, L., A. Behrend, G. Schalitz & U. Schindler, 2005.
Above ground biomass and water use efficiency of crops at shallow water tables in a temperate climate. *Agricultural Water Management* 75: 117-136.
- Natuurkennis, 2011.
Hoofdstukken Helofytenmoeras en Gemaaid rietland. OBN / Bosschap, Driebergen. www.natuurkennis.nl
- Paludiculture, 2013.
Sustainable productive utilisation of rewetted peatlands. University of Greifswald, Institute for sustainable development of the earth (DUENE e.V.). Greifswald, Germany.
- Querner, E.P., P.C. Jansen, J.J.H. van den Akker & C. Kwakernaak, 2012.
Analysing water level strategies to reduce soil subsidence in Dutch peat meadows. *Journal of Hydrology* 446-447: 59-69.
- Rienks, W. & A. Gerritsen, 2005.
Het veenweidegebied wordt onbetaalbaar, feit of fictie? In: Rienks W, Gerritsen A (eds). *Veenweide 25x belicht*. Alterra (speciale uitgaven 2005 11), Wageningen: 44-45.
- Roemaat, J., 2010.
Betere benutting van rietteelt in de provincie Utrecht. Kansen voor retentie, recreatie en energieproductie. Roemaat, Didam.
- Schellart, M., 2011.
Laat de veenweide groeien. *Nieuwe Oogst*, 23 april 2011: 7.
- Schellart, M., 2013.
Vis kan veenweideboer geld opleveren. *Nieuwe Oogst*, editie West, 16 nov. 2013: 8.
- Schothorst, C.J., 1982.
Drainage and behaviour of peat soils. In: Bakker H, Van den Berg MW. *Proceedings of the symposium on peat lands below sea level*. ILRI, Wageningen.
- Smeding, F. & J. Langhout, 2006.
Riet voor stro. Louis Bolk Instituut, Driebergen.

- Smit, A., T. Vogelzang, F. Lenssinck, R. Westerhof, P. Oude Boerrigter, E. Jansen, P. Jansen, M. Hack-en Broeke & A. de Blaeij, 2012.
Ecosysteemdiensten in de Westelijke Veenweiden. Rapport 2286. Alterra, Wageningen.
- Steen, J.L.H. van, J.D. van den Wall Bake & C.C.H. Cronenberg, 2010.
Potentiële hoogwaardige toepassingen van riet. Een marktverkenning. Rapport 10.2.245. Innovatienetwerk, Utrecht.
- Verdonschot, P.F.M. & A.A. Besse-Lototskaya, 2012.
Leidraad risicomangement overlast steekmuggen en knutten: toelichting op de leidraad. Rapport 2298. Alterra, Wageningen.
- Verhagen, A., J.J.H. van den Akker, C. Blok, W.H. Diemont, H. Joosten, M. Schouten, R. Schrijver, R. den Uyl, P.J.F.M. Verweij & J.H.M. Wösten, 2009.
Climate Change Scientific Assessment and Policy Analysis: Peatlands and carbon flows: Outlook and importance for The Netherlands. WAB Report 500102022. Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven.
- Vogelzang, T. & M. de Haan, 2005.
Boeren op hoog water. In: Rienks W, Gerritsen A (eds). Veenweide 25x belicht. Alterra (speciale uitgaven 2005 11), Wageningen: 50-51.
- Vymazal, J., 2005.
Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment. Ecological Engineering 25: 478-490.
- Warmerdam, J., I. Yildiz & K. Koop, 2011.
Biomassapotentieel Provincie Utrecht. Ecofys, Utrecht.
- Werkgroep Klimaatverandering en bodemdaling, 1997.
Klimaatverandering en bodemdaling: gevolgen voor de waterhuishouding van Nederland. Projectteam Vierde Nota Waterhuishouding, Den Haag.
- Wierde & Dijk, 2013.
Riet, een ecologische focus op sloten. Vereniging voor agrarisch natuur- en landschapsbeheer Wierde & Dijk, Leens.
- Wild, U., T. Kamp, A. Lenz, S. Heinz & J. Pfadenhauer, 2001.
Cultivation of *Typha* spp in constructed wetlands for peatland restoration. Ecological Engineering 17: 49-54.
- Woestenburg, M., 2009.
Waarheen met het Veen. Landwerk, Wageningen.
- Zoutberg, G.R., 2011.
Groen stroom uit winterriet. Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Heerhugowaard.
- Zwanenburg, J., B. Spanjers, P. van Arkel & R. Schaafsma.
Waterkwaliteitsmaatregelen in het veenweidegebied: 'Wat vindt de boer ervan?' Notitie HDSR en LTO Noord. HDSR, Houten.

Bijlage I.

Achtergrondinformatie berekening bodemdaling

(bron: Werkgroep Klimaatverandering en bodemdaling, 2007)

Landelijk beeld van de bodemdalingen

Kaart 2 geeft een landelijk overzicht van de verwachte dalingen van het maaiveld in 2050 t.o.v. de huidige situatie. In de kaart is rekening gehouden met drie oorzaken van bodembeweging, nl.:

- dalingen als gevolg van klink en oxydatie van holocene afzettingen;
- dalingen als gevolg van aardgaswinning in Groningen en Friesland;
- dalingen en stijgingen als gevolg van tektonische bewegingen (de kantelen-de beweging waarbij het noordwesten van Nederland daalt en het zuidoosten van Nederland stijgt).

De dalingen als gevolg van klink en oxydatie zijn bepaald door per legenda-eenheid van de bodemkaart een daling aan te nemen, gebaseerd op cijfers uit de literatuur (Schokking, 1993). In bijlage 3 is per bodemfysische eenheid, afgeleid van de bodemkaart van Nederland (Wösten et al, 1988), de verwachte daling in 2050 als gevolg van klink en oxydatie weergegeven.

In natuurgebieden is aangenomen dat de daling niet meer dan 10 cm bedraagt. Doordat in de natuurgebieden de polderpeilen in het algemeen zo hoog mogelijk worden gehandhaafd, zal de daling als gevolg van klink en oxydatie hier aanzienlijk minder zijn.

In Zuidelijk Flevoland treedt een versterkte daling op als gevolg van het rijpingsproces: in dit gebied zijn nog dalingen te verwachten tussen de 10 en de 70 cm voor 2050. De gegevens voor dit gebied zijn afkomstig uit een recente prognose van de maaiveldsdaling voor Zuidelijk Flevoland (Van Doornemolen et al, 1996).

De gegevens voor de schatting van de dalingen voor 2050 als gevolg van de gaswinning in Groningen en Friesland zijn afkomstig van de NAM. De maximale daling bedraagt 36 cm in het gebied rond Loppersum (tussen Groningen en Delfzijl). Ook in de buurt van het Lauwersmeer treden flinke dalingen op: twee gebieden hebben een daling van ongeveer 25 cm.

De gegevens over de tektonische beweging zijn afkomstig van de Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat (Lorenz et al, 1991). Het noordwesten daalt met maximaal 7 à 8 cm per eeuw en het zuidoosten stijgt met maximaal 7 à 8 cm per eeuw.

Bijlage 3 Verwachte bodemdaling in 2050

Verwachte bodemdaling in 2050 als gevolg van klink en oxydatie voor diverse bodemfysische eenheden.

Bodemfysische eenheid	Verwachte bodemdaling in 2050 (m)
Veengronden:	
- met veraarde bovengrond (koopveengronden)	0.45
- met veraarde bovengrond en zand in de ondergrond (koop- en madeveengronden)	0.45
- met een kleidek (waardveengronden en weideveengronden)	0.45
- met een kleidek en zand in de ondergrond (waardveengronden)	0.45
- met een zanddek en zand in de ondergrond (meerveengronden)	0.00
Kleigronden:	
- homogene zavelgronden	0.10
- homogene, lichte kleigronden	0.15
- kleigronden met een zware tussenlaag of ondergrond	0.30
- kleigronden op veen (drechtvaaggronden)	0.45
- klei op zandgronden	0.00
Zandgronden:	
- podzolen, eerdgronden en duinvaaggronden	0.00

Bijlage II.

Kernopgaven Natura 2000 landschap Meren en moerassen, hoofdtype Laagveenmoerassen

(Bron: LNV 2006. Natura 2000 doelendocument)

Typering	Kernopgave	Reden	Gebieden in Westelijk veengebied beneden het IJ
Compleetheid in ruimte en tijd	Alle successiestadia laagveenverlandings in ruimte en tijd vertegenwoordigd: overgangs- en trilvenen (trilvenen en veenmosrietlanden) H7140_A en H7140_B met onder meer grote vuurvlieders H1060, groenknolorchis H1903 en vochtige heiden (laagveengebied) H4010_B, blauwgraslanden H6410, galigaanmoerassen *H7210 en hoogveenbossen H91D0, in samenhang met gemeenschappen van open water.	Hoogveenbossen en galigaanmoerassen zijn prioritair. Laagveengebied is van internationaal en nationaal belang voor de Nederlandse ondersoort van de grote vuurvlieders. Aquatische habitattypen, overgangs- en trilvenen en blauwgraslanden zijn van internationaal belang in Atlantische deel door groot aandeel en centrale ligging. Nationaal belang voor veel bedreigde plant- en diersoorten.	83. Botshol; 94. Naardermeer; 95. Oostelijke Vechtplassen; 103. Nieuwkoopse Plassen & De Haack.
Plasdrassituaties	Plasdras situaties voor smienten A050 en broedvogels zoals porseleinhoen A119 en kempiaan A151, kwartelkoning A122 en noordse woelmuis *H13 40.	Noordse woelmuis prioritair. Laagveengebied van internationaal en nationaal belang voor de Nederlandse ondersoort van noordse woelmuis en voor trekkende watervogels. Nederland herbergt van veel soorten watervogels meer dan 1% van de internationale populaties. Van nationaal belang voor een aantal bedreigde broedvogels, zoals kempiaan en porseleinhoen.	102. De Wilck; 104. Broekvelden, Vettenbroek & Polder Stein; 107. Donkselaagten.
Overjarigriet	Herstel van grote oppervlakten/brede zones overjarig riet, inclusief waterriet, door herstel van natuurlijke peildynamiek en tegengaanverdroging voor rietmoerasvogels, zoals roerdomp A021, purperreiger A029, snor A292, grote karekiet A298 en voor de noordse woelmuis *H13 40.	Noordse woelmuis prioritair. Internationaal van belang voor Nederlandse ondersoort van noordse woelmuis en voor roerdomp door groot aandeel en centrale ligging in Atlantische regio. Nederland herbergt meer dan 1% van de internationale populatie van de purperreiger. Van nationaal belang voor een aantal bedreigde moerasvogels en insecten.	94. Naardermeer; 95. Oostelijke Vechtplassen; 103. Nieuwkoopse Plassen & De Haack.

