PRAKTIJKONDERZOEK
PLANT & OMGEVING
WAGENINGEN UR

Helofytenfilters in sloten

Schoonheid door eenvoud

A.J. de Buck[1], L.P.A. van Gerven[2], J. van Kleef[2], J.R. van der Schoot[1], G.C.A. van Wijk[3], A. Buijert[2] en F.J.E. van der Bolt[2].

1 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving
2 Alterra
3 Agrarische Natuurvereniging Wierde & Dijk

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten
September 2012

PPO nr. 517

Helofytenfilters in sloten

Schoonheid door eenvoud

A.J. de Buck[1], L.P.A. van Gerven[2], J. van Kleef[2], J.R. van der Schoot[1], G.C.A. van Wijk[3], A. Buijert[2] en F.J.E. van der Bolt[2].

1 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving
2 Alterra
3 Agrarische Natuurvereniging Wierde & Dijk

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten PPO nr. 517
September 2012

© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. 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 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten.

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

PPO Publicatienr. 517

Dit project is gefinancierd uit het Innovatieprogramma Kaderrichtlijn Water van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu met bijdragen van Waterschap Noorderzijlvest en de Provincie Groningen

Uitvoering door Wageningen UR, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving en Alterra, Agrarische Natuurvereniging Wierde & Dijk en Waterschap Noorderzijlvest.

Projectnummer KRW-IP: 08083
Projectnummer PPO: 3250127700

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten

Adres : Postbus 430, 8200 AA Lelystad
: Edelhertweg 1, 8219 AK Lelystad
Tel. : +31 320 29 11 11
Fax : +31 320 23 04 79
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoud

WOORD VOORAF 5

SAMENVATTING 7

1 INLEIDING 11

2 MATERIAAL EN METHODE 13
2.1 Theorie 13
2.2 Meetlocaties 14
2.3 Meetopstelling en monstername 16
2.4 Waterbalans 17
2.5 Gewasbepalingen 18
2.6 Nutriëntenbalans 19

3 WATERBALANS 21
3.1 Neerslag en verdamping 21
3.2 In- en uitgepompt water 23
3.3 Kwel en wegzijging 23
3.4 Waterbalans per slootvak 26
3.5 Conclusies waterbalans 30

4 NUTRIËNTENBALANS 31
4.1 Nutriënten in het riet 31
4.1.1 Gewasontwikkeling 31
4.1.2 Gewasopname 34
4.2 Kwaliteit slootwater 36
4.3 Kwaliteit grondwater 38
4.4 Nutriëntenbalans per slootvak 39
4.5 Zuiverende werking sloten en aandeel van riet daarin 40
4.6 Conclusies nutriëntenbalans 42

5 OPSTUWING DOOR RIET IN SLOTEN 43
5.1 Theorie 43
5.2 Toepassing 44
5.3 Invloed wandruwheid en riet op de opstuwing 46
5.4 Invloed van de lengte van de sloot op de opstuwing 46
5.5 Invloed van de dichtheid van riet op de opstuwing 48
5.6 Conclusies opstuwing 50

6 PERSPECTIEVEN VAN HELOFYTENFILTERS IN SLOTEN 51
6.1 Landbouwkundige aspecten 51
6.2 Kosten van het schonen van sloten 62
6.3 Verwerken of benutten van slootmaaisel 62
6.4 Helofytenfilters in sloten als KRW maatregel 63
6.5 Conclusies perspectieven 64

7 CONCLUSIES 65

REFERENTIES 67
BIJLAGE 1. WATERKWALITEIT 69
BIJLAGE 2. GEWASBEPALINGEN 73
BIJLAGE 3. NUTRIËNTENBALANS 75
BIJLAGE 4. VERSLAG KLANKBORDGROEP 77
BIJLAGE 5. BEHEER SLOTEN 81

Woord vooraf

Rietsloten zijn opvallende landschapselementen in veel Nederlandse polderlandschappen. In Noord-Groningen werken Agrarische Natuurvereniging Wierde & Dijk en Waterschap Noorderzijlvest samen aan het overjarig laten staan van riet in sloten waar dat mogelijk is. Omdat dit het landschap siert en omdat het veel waarde heeft voor de natuur. Bekend is dat riet ook gebruikt kan worden voor waterzuivering, in zogenaamde helofytenfilters. Olga Clevering, destijds werkzaam bij PPO en het bestuur van Wierde & Dijk hebben in 2007 een projectplan geschreven om deze waterzuiverende functie van riet in de sloot te onderzoeken. In 2008 heeft PPO dit plan afgerond en ingediend bij het Innovatieprogramma Kaderrichtlijn Water (IP-KRW). In 2009 is het project van start gegaan onder de titel 'Helofytenfilters in sloten; schoonheid door eenvoud'. Het project is uitgevoerd door Wageningen-UR (PPO en Alterra), Agrarische Natuurvereniging Wierde & Dijk en Waterschap Noorderzijlvest. Voor u ligt de wetenschappelijke eindrapportage van het project.

Wij willen allereerst de initiatiefnemers van dit project hartelijk danken: Olga Clevering, Fred Bosman, Jacobien Lauwers en Ale Havenga. Ook na de opstart van het project waren jullie nog in beeld en hebben jullie een waardevolle bijdrage geleverd. Verder dank aan de agrarisch ondernemers P. Glas, D. Biemond, M. Jansen en Evert Smink voor jullie gastvrijheid en het beschikbaar stellen van één of twee slootvakken voor het uitvoeren van de experimenten. Evert is in de loop van het project tot voorzitter van Wierde & Dijk gekozen en heeft –evenals de overige bestuursleden van Wierde & Dijk- een belangrijke rol gespeeld in de publiciteit rondom het project. Waterschap Noorderzijlvest en het Waterlaboratorium Noord hebben gezorgd voor de bemonstering van de proefsloten. Wij willen met name Kees de Jong en Melissa van Hoorn van Noorderzijlvest bedanken voor het meedenken met het onderzoek en het zoeken naar geschikte locaties in het werkgebied.

Tot slot willen we de financiers bedanken die dit onderzoek mogelijk gemaakt hebben: Het Miniserie van I&M via het Innovatieprogramma KRW, de Provincie Groningen en het Waterschap Noorderzijlvest.

Namens de auteurs,

Abco de Buck,
Projectleider

Samenvatting

'Helofytenfilters in sloten' zijn een alternatieve no-regret maatregel die eutrofiëring tegengaat, met (potentieel) draagvlak bij de landbouwsector en de waterbeheerders. De maatregel stimuleert het zelfreinigend vermogen van de haarvaten aan de bron van het watersysteem en versterkt de natuurlijkere inrichting van watergangen. Omdat de omstandigheden ongecontroleerd zijn is de zuiverende werking moeilijk te schatten. Uit de uitgevoerde praktijkproeven in Noord Groningen bleek het bovendien zeer lastig de zuiverende werking experimenteel vast te stellen. Voor twee slootvakken zijn voor stikstof zuiveringsrendementen (retentie) van 13 tot -30% en voor fosfor van 85% tot -80% vastgesteld. Op grond van de uitkomsten van deze praktijkproeven kunnen daarom geen conclusies worden getrokken over het zuiveringsrendement van riet in sloten.

Het laten overstaan van riet in de winter draagt bij aan de ecologische infrastructuur en daardoor de landschaps- en natuurwaarden. Het gebruiken van riet (of andere helofyten) in het bestaande slootsysteem voor de zuivering van drainagewater is relatief eenvoudig te implementeren doordat er geen grond/ruimte voor nodig is en is daardoor een goedkope maatregel. Met het laten staan van overjarig riet kan jaarlijks een kostenbesparing van ca. €300 per km of €2000 per ha sloot worden behaald (driejaarlijks schonen van sloten vergeleken met gangbaar beheer). Bij de landbouwondernemers lijkt voldoende draagvlak voor ruimere onderhoudsintervallen. Zij accepteren echter geen risico's op wateroverlast wanneer hoog salderende gewassen op het perceel worden geteeld. Een jaarlijks geschoonde sloot wordt gezien als de beste manier om de afvoer van overtollig water en de doorvoer van water te garanderen. De *berekende* opstuwing door volledige begroeiing met riet in perceelsloten is in de orde van cm's per km, de effecten op de grondwaterstanden zijn dan ook niet groot, net als de effecten op natschade.

De gebruikswaarde van riet uit slootmaaisel lijkt beperkt. De meest realistische mogelijkheden zijn gebruik als bodemverbeteraar, stalstrooisel of gebruik als bijproduct in de bio-vergisting, mits de kosten voor afvoer, opslag en transport niet groter zijn dan de besparing die met een minder intensieve slootschoning kan worden behaald (ca. €300 per km. sloot). Een mogelijke vergoedingen in het kader van het nieuwe GLB biedt perspectief voor brede toepassing van de maatregel. In deze gevallen kan de maatregel worden gezien als een no-regret maatregel die overal waar dat mogelijk is kan worden aangelegd.

Proeven
In 2010 en 2011 is in Groningen een praktijkexperiment uitgevoerd naar de mogelijkheden om riet in sloten te benutten voor de zuivering van oppervlaktewater. In vijf slootvakken met riet op drie locaties in Noord-Groningen is geprobeerd de water- en stofbalansen te meten. Op twee locaties bleek dat niet mogelijk, voor één locatie met twee slootvakken is dat wel gelukt.

De in 2011 gemeten waterbalansen op de locaties vertonen grote hiaten en konden daarom niet sluitend worden gemaakt. Deze grote rest-term was niet te verklaren met niet gemeten balanstermen als kwel, wegzijging, oppervlakkige afspoeling en uitspoeling. Deze proeven worden verstoord door waterbewegingen die niet zijn waar te nemen, bijvoorbeeld (oude) niet zichtbare drainage die nog werkt en onderloopsheid van stuwen en duikers.

Omdat sluitende waterbalansen voor de slootvakken nodig zijn om de stofbalansen voor stikstof en fosfaat te kunnen opstellen zijn deze voor deze twee locaties niet opgesteld. In de twee slootvakken op de derde locatie zijn de waterbalansen voor een groot deel van het groeiseizoen 2011 voldoende betrouwbaar op te stellen. Voor de niet gemeten balanstermen zijn aannames gedaan of zijn deze indirect uit metingen afgeleid. De balansterm kwel of wegzijging via de slootbodem bleek niet betrouwbaar af te leiden door waarschijnlijke onvolkomenheden in de metingen. Om de balansen te sluiten is een totale restpost bepaald, bestaande uit kwel, wegzijging, afstroming over maaiveld en ontwatering via de bodem.

De zuiverende werking van riet in sloten
In alle proefsloten zijn hoge tot zeer hoge piekconcentraties stikstof en fosfor gemeten. Alleen op de locatie waar voor twee slootvakken sluitende waterbalansen waren op te stellen zijn nutriëntenbalansen opgesteld. In deze twee overgebleven slootvakken is het riet jaarlijks gemaaid. De vergelijking van de zuiverende werking van jaarlijks gemaaid riet met die van overjarig riet kan hierdoor niet worden gemaakt.

In 2011 is in één slootvak gemiddeld over het nagenoeg volledige groeiseizoen een verwijdering van 20g stikstof per m^2 sloot en voor fosfor 40g/m^2 gerealiseerd. De opname van stikstof door riet in 2011 in het slootvak Smink normaal vastgesteld met de gewasbepalingen is 6.5 g/m^2, dat is 1/3 van de stikstof retentie. De gemeten gewasopname fosfor door riet bedraagt 0.6 g/m^2; een bijzonder kleine bijdrage aan de totale retentie. Omgerekend bedraagt het zuiveringspercentage 13% voor stikstof en 85% voor fosfor. In het bovenstrooms gelegen slootvak kwamen vergelijkbare hoeveelheden stikstof en fosfor vrij uit een onbekende bron. Omgerekend leidt dit tot een *nalevering* van 30% voor stikstof van 80% voor fosfor.

De grote verschillen in resultaten tussen beide slootvakken maken dat voorzichtig moet worden omgegaan met de resultaten, de onzekerheden over de optredende retentie is groot door onzekerheden in de metingen en/of ruimtelijke verschillen binnen en tussen de slootvakken. De uiteenlopende resultaten kunnen niet het resultaat zijn van de verschillen in het ingestelde waterpeil, daarvoor zijn de resulterende verschillen in waterstanden tussen de behandelingen te klein. Omdat de resultaten gebaseerd zijn op één locatie en één seizoen, zijn de resultaten niet algemeen toepasbaar en kunnen deze niet worden geëxtrapoleerd naar andere locaties.

Riet dat in de winter blijft staan sterft af en de bladeren en later ook de stengels komen als strooisel in de sloot terecht. De afgevallen bladeren fungeren het volgende groeiseizoen als koolstofbron voor denitrificatie. De (maximale) denitrificatie*capaciteit* van het rietstrooisel wordt op basis van de gewasopnames geschat op 35 g nitraatstikstof per m2 slootbodem per jaar. Tegelijkertijd bevordert deze koolstofbron de reductie van ijzer, waardoor fosfor zou kunnen mobiliseren.

Opstuwing door riet in sloten
Uit de enquête blijkt dat ondernemers geen risico's willen nemen op wateroverlast wanneer hoog salderende gewassen op het perceel worden geteeld. Een jaarlijks geschoonde sloot wordt gezien als de beste manier om de afvoer van overtollig water te garanderen. Natschade op het perceel zal bij overmatige neerslag eerder kunnen ontstaan wanneer sprake is van opstuwing van de waterspiegel door de aanwezigheid van overjarig riet. Bij regulier beheer van jaarlijks maaien en afvoeren van het in de sloot gegroeide riet is na het moment van maaien in het (vroege) najaar sprake van een 'schone watergang'. In het geval van overjarig riet ontwikkelt zich in de sloot een combinatie van levende en afgestorven stengels riet die de afvoer van het water belemmert en tot extra opstuwing leidt. Voor een maatgevende afvoer van 1,50 liter/s/ha voor gedraineerde kleigronden behorend en een afwaterend oppervlak van 5 tot 10 ha is de opstuwing door volledige begroeiing met riet in perceelsloten is in de orde van cm's per km. De effecten op de grondwaterstanden zijn dan ook niet groot, net als de effecten op natschade. Voor benedenstroomse waterlopen met een groter vanggebied en grotere hoogwaterafvoeren moet rekening worden gehouden met grotere opstuwing door begroeiing met riet.

Inpasbaarheid van overjarig riet in sloten
Het merendeel van de waterschapssloten heeft een belangrijke functie voor de waterafvoer en wordt jaarlijks volgens een vast schema onderhouden. Verwacht mag worden dat zeker bij jaarlijks in de herfst geschoonde sloten riet uiteindelijk voornamelijk nog op het talud groeit en niet zozeer meer op de slootbodem zelf. Riet op het talud heeft geen effect op de opstuwing van het water, maar heeft ook geen zuiverend effect op het oppervlaktewater.

Bij alle ondervraagde agrariërs staat in de meeste sloten riet. De standplaats en de hoeveelheid riet is soms sterk verschillend tussen sloten en zelfs in dezelfde sloot. Van de perceelssloten wordt de helft minder intensief geschoond. Minder intensief slootbeheer leidt tot een vitale rietkraag en geeft de sloot ook in de winter en in het voorjaar waarde voor landschap en natuur. Een kwart van de geïnterviewde landbouwers

voorziet geen problemen van een driejarige maaicyclus. Vooral in perceelssloten, maar ook in waterschapssloten zijn er dus mogelijkheden om meer overjarig riet te laten staan.

Gebaseerd op de waarnemingen aan de proefsloten en ervaringen van de ondernemers lijkt een maaifrequentie van drie jaar een optimale rietproductie op te leveren; langere intervallen lijken tot een vermindering van de opbrengst te leiden. De ervaring is dat veel rietgroei de vegetatie eenzijdig maakt, maar wel veel mogelijkheden biedt voor een diversiteit aan fauna. Bij iets minder riet is de vegetatie soortenrijker (ruimte voor andere planten zoals lisdodde) maar is ook de kans op onkruid groter. Overigens kan verwacht worden dat elke moerasvegetatie een zuiverend effect op het water heeft.

Waterschaps- of schouwsloten moeten volgens de Keur jaarlijks voor 1 november worden geschoond. Er kan ontheffing worden aangevraagd, maar dit wordt als lastig ervaren. De vraag of het slootonderhoud anders zou kunnen als de verplichting van het waterschap er af gaat wordt door de helft met nee en de helft met ja beantwoord. Belangrijk is hoe te beoordelen welk soort onderhoud en wanneer dit moet plaats vinden. Natuurwaarde en kostenbesparing worden als argument genoemd. Of en hoe het onderhoud anders zou kunnen is afhankelijk van veel zaken (zoals het belang van de sloot in de waterafvoer, de kans op verstopte duikers, de mening van de buurman en de profilering van de sloot).

1 Inleiding

Probleemstelling
In december 2000 is de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) van kracht geworden. Deze Kaderrichtlijn is gericht op de verbetering van de ecologische en chemische kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. Hiertoe worden voor verschillende watertypen ecologische doelen en doelen voor de chemische kwaliteit van het water (voor stikstof , fosfor, zware metalen en gewasbeschermingsmiddelen) geformuleerd. De waterbeheerders stellen vervolgens stroomgebiedsbeheerplannen met maatregelen op om de gestelde doelen te realiseren. Uiteindelijk moet dit resulteren in de lokaal gewenste waterkwaliteit, in de gewenste waterkwaliteit in benedenstroomse wateren en in het verminderen van de nutriëntenvrachten naar de Noord- en Waddenzee.

Eutrofiëring is in Nederland één van de knelpunten voor het behalen van de doelen van de KRW. Eutrofiëring ontstaat door te hoge concentraties stikstof (N) en fosfor (P) in het water. Mogelijkheden worden gezocht om deze concentraties nutriënten in het oppervlaktewater te verlagen. In het landelijk gebied is landbouwgrond de grootste bron van emissies van deze stoffen. Om de stikstof - en fosforemissies naar het oppervlaktewater in het landelijk gebied te verminderen is ingezet op teelt- en bemestingsmaatregelen aanvullend op het generieke mestbeleid. Vergaande teelt- en bemestingsmaatregelen zijn echter duur, terwijl de effectiviteit in het verminderen van de N-belasting van het oppervlaktewater tegenvalt (Van der Bolt *et al.* 2003, Willems *et al.* 2005, Van der Bolt *et al.* 2008). De verwachting is dat in aanzienlijke delen van het landelijk gebied met het huidige generieke beleid van de Nederlandse overheid niet zal kunnen worden voldaan aan de KRW-doelen die worden vastgesteld. Verdere aanscherping van het mestbeleid stuit dan ook op groot verzet bij de landbouw (LTO 2006). De vraag dient zich aan of aanscherping van het generieke beleid zinvol is gezien de hoge kosten en het geringe draagvlak in de landbouw.

De verdere oplossing van de nutriëntenproblematiek in het landelijk gebied moet en kan komen van alternatieve maatregelen. Eén van deze maatregelen, en waarschijnlijk een heel kosteneffectieve, is het benutten van het zelfreinigend vermogen van het oppervlaktewatersysteem (Van der Bolt *et al.* 2008, MNP 2008). De grootschalige aanleg van dergelijke helofytenfilters in landbouwgebieden in Nederland zou echter zeer veel landbouwgrond kosten en is daarom voor landbouwondernemers niet inpasbaar en niet acceptabel. Afgestemd op het waterdebiet vanuit landbouwpercelen zou ca. 1% van de landbouwgrond bestemd moeten worden voor zuiveringsmoerassen. Wanneer een buffer wordt aangelegd voor tussenopslag van nutriëntenrijk water om het moeras continu van water te voorzien kan dit zelfs oplopen tot 5% (de Haan *et al.*, 2011).

Helofytenfilters in sloten als oplossing?
Riet komt van nature voor in de sloten in veel Nederlandse landbouwgebieden op kleigronden. Op lichtere gronden zijn de sloten doorgaans meer begroeid met lisdodde, wat net als riet een zuiverende werking op het oppervlaktewater heeft. Een voor de hand liggende gedachte is om de in de sloot aanwezige helofyten te benutten voor de zuivering van landbouwwater wat in het regionale oppervlaktewatersysteem terecht komt. Een zelfreinigende sloot is een in potentie zeer aantrekkelijke maatregel, omdat deze geen aanvullend beslag legt op landbouwgrond, omdat de sloten zich als de 'haarvaten' van het watersysteem dicht bij de emissiebronnen bevinden en omdat retentie van nutriënten hoger blijkt te zijn naarmate watergangen kleiner en ondieper zijn (Alexander *et al.*, 2000; de Klein, 2007).

De gunstige resultaten met zuiveringsmoerassen worden gehaald onder een gecontroleerde toevoer van water. De hoogste rendementen worden bereikt wanneer zowel de waterkwantiteit als de waterkwaliteit worden gestuurd (de Haan *et al.*, 2011). Dergelijke gecontroleerde omstandigheden zijn gegeven hun functie niet mogelijk in sloten. Het zuiveringsrendement, gemeten in percentage retentie van de nutriëntenvracht zal in sloten dan ook lager zijn dan in gecontroleerde omstandigheden, niet bekend is hoe groot het zuiveringsrendement in sloten is. Door de lage kosten van riet in de sloot kan ook een laag zuiveringsrendement tot een gunstige kosteneffectiviteit van deze maatregel leiden.

Projectdoel en afbakening
Het project is opgezet om de effectiviteit en kosten van overjarig riet in sloten op de stikstof - en fosforverwijdering in het oppervlaktewater in landbouwgebieden te kwantificeren en om de consequenties van het laten staan van overjarig riet voor de agrarisch bedrijfsvoering en het waterbeheer naast de effecten op natuur en landschap te schetsen.

Dit projectdoel is geconcretiseerd tot de volgende specifieke doelstellingen:

- Kwantificeren van de zuiverende werking van overjarig riet in kavel- en schouwsloten op de stikstof- en fosforverwijdering in het oppervlaktewater in landbouwgebieden.
- Vaststellenen van de kosten en van de kosteneffectiviteit van deze maatregel.
- Kwantificeren van de opstuwing door de rietvegetatie en de mogelijke extra natschade die hierdoor ontstaat in afvoersituaties.
- Indicatief bepalen van effecten van verschillen in beheer van overjarig riet in (kavel-)sloten en watergangen voor waterzuivering.
- Bepalen van de inpasbaarheid van (het beheer van) overjarig riet in de agrarische bedrijfsvoering.
- Beschrijven van de neveneffecten op natuur en landschap.
- Extrapoleren van de te behalen effecten van deze maatregel naar andere gebieden in Nederland.
- Communiceren van de onderzoeksresultaten naar de diverse doelgroepen in de regio en landelijk.

In dit onderzoek wordt de zuiverende werking van jaarlijks gemaaid riet vergeleken met dat van overjarig riet. Het extensief beheer van overjarig riet niet geoptimaliseerd. Hoewel rietvegetaties ook een zuiverende werking hebben voor zware metalen en gewasbeschermingsmiddelen worden deze niet in dit project onderzocht. Het bepalen van de zuiverende werking van extensief beheerde (semi-)natuurlijke rietvegetaties in de praktijk is lastig omdat niet alle processen eenvoudig in het veld kunnen worden gemeten en omdat de resultaten van metingen sterk kunnen worden beïnvloed door de lokale situatie en eigenschappen.

Leeswijzer
Dit rapport volgt de klassieke opbouw van een wetenschappelijke studie: na het beschrijven van de achtergrond en de doelen in Hoofdstuk 1 volgt in Hoofdstuk 2 de theoretische achtergrond, de beschrijving van de proeflocaties, van de experimenten en van de metingen en bepalingen. In Hoofdstuk 3 en 4 worden respectievelijk de water- en stofbalansen opgesteld, als resultaat van de proeven. Hoofdstuk 5 schetst de effecten van riet in de sloot op de opstuwing. In hoofdstuk 6 worden de perspectieven voor de inpassing van riet in de landbouwkundige bedrijfsvoering beschreven, waarna in Hoofdstuk 7 de conclusies per thema worden getrokken.

2 Materiaal en Methode

2.1 Theorie

De verwijdering van stikstof gebeurt overwegend via de microbiële processen. Daarnaast zal zwevend organisch materiaal sedimenteren. Ook kan via de afvoer van gewasresten stikstof worden verwijderd. De aanwezigheid van overjarig riet zal de stikstofretentie sterk verhogen doordat het afgestorven riet als koolstofbron fungeert voor denitrificatie, tegelijkertijd vervalt daarmee de afvoer via gewasresten. Uit diverse studies blijkt dat het afvoeren van rietmaaisel in helofytenfilters niet meer dan 15% van de totale stikstofverwijdering behelst (zie Kadlec, 2005). Het maaien van riet is dan ook niet noodzakelijk en kan zelfs contraproductief werken als maaien en afvoeren van riet resulteren in koolstoflimitatie voor het denitrificatieproces (Hume *et al.*, 2002). Omdat de eerste een veel grotere bijdrage levert, wordt door het laten staan van het riet een grotere N-zuivering verwacht dan via maaien en afvoeren. In principe kan de denitrificatie door overjarig riet zelfs hoger zijn dan in helofytenfilters, waar riet periodiek wordt afgevoerd. Overjarig riet ten behoeve van rietvogels en voor stikstofverwijdering gaan dus uitstekend samen. Om het denitrificatieproces te laten ontstaan is een zeer geringe waterkolom vaak al voldoende. Denitrificatie komt na droogval dan ook snel op gang: in tijdelijk droogvallende sloten kan aanzienlijke denitrificatie optreden. Wel neemt de stikstofverwijdering sterk toe als jaarrond een kleine hoeveelheid water blijft staan, een waterdiepte van ca. 10 cm is waarschijnlijk al voldoende.

Een (semi-)natuurlijke rietvegetatie kan stikstof uit het oppervlaktewater verwijderen dan wel vastleggen via een aantal mechanismen:

- Riet neemt zuurstof op uit de lucht en transporteert dit door de holle stengels naar de wortels, daardoor wordt de bodem rond de wortels belucht en ontstaat in de omgeving van de wortels een aeroob milieu met bacteriën die zuurstof gebruiken om (organische) stoffen af te breken (mineralisatie, nitrificatie).
- Verder bij de wortels vandaan zullen anaerobe (zuurstofloze) omstandigheden ontstaan waar andere bacteriën voorkomen die stoffen verder afbreken. Voor stikstof is denitrificatie (de omzetting van nitraat in stikstofgas) het belangrijkste stikstofverwijderingsproces. De grootte van de populaties bacteriën en daarmee de snelheid van denitrificatie worden in belangrijke mate bepaald door de nitraatbelasting en de aanwezigheid van voldoende koolstof als energiebron voor het denitrificatieproces, en door de temperatuur, daarom is de werking via deze processen in de zomer groter dan in de winter. Uit onderzoek (Kadlec, 2005; Tanner *et al.*, 2005; Braskerud, 2002, Clevering *et al.*, 2007) blijkt overigens dat óók gedurende het winterseizoen (dus bij lage temperaturen) substantiële stikstofverwijdering kan optreden.
- In de zomerperiode vindt ook opname van stikstof en fosfor door het riet plaats. Bij overjarig riet wat niet wordt gemaaid is dit proces langjarig niet relevant omdat het afgestorven riet binnen twee jaar door de bodembacteriën wordt omgezet waardoor de nutriënten weer vrijkomen en niet door dit proces uit het systeem worden verwijderd. Dit laatste wordt wel bereikt door het jaarlijks maaien en afvoeren van het riet .
- Omdat riet de stroming van water remt sedimenteren zwevende delen (organisch N en P, mineraal P aan slibdeeltjes) en zullen opgeloste stoffen meer hechten aan bodemdeeltjes (adsorptie van P). Tenslotte houden de wortels van het riet de bodem vast waardoor erosie van de waterbodem en het instorten van slootwanden wordt voorkomen, hierdoor komen minder zwevende delen in het water. De meeste stikstof spoelt uit in de wintermaanden en bij stortbuien in de zomerperiode i.e. in perioden met een hoge afvoer, juist op deze momenten zal het overjarig riet de stroming remmen en erosie voorkomen. Door de sedimentatie zal de slootbodem verondiepen en ook kan de adsorptiecapaciteit van de bodem zover afnemen dat de vastleggende werking afneemt, het is dan zaak de door

sedimentatie en rietgroei verhoogde slootbodem te schonen en opnieuw riet te planten. Verwacht wordt dat dit niet binnen een termijn van 20 jaar nodig zal zijn.

De vastlegging van fosfor in een dergelijk systeem gebeurt door sedimentatie, sorptie en precipitatie. Ook kan via de afvoer van gewasresten fosfor worden verwijderd. Zoetwatermoerassen kunnen fosfor vastleggen wanneer voldoende organisch materiaal in de waterbodem wordt vastgelegd omdat daarbij ook Ca, Fe en Al co-precipiteren (Richardson, 1995; Uusi-Kämppaä *et al.* 2001). Om organisch materiaal te laten cumuleren moeten de gewasresten niet worden afgevoerd maar als overjarig riet in het systeem blijven. Aan de andere kant is bekend dat in dergelijke systemen onder gereduceerde omstandigheden fosfor in grote hoeveelheden kan vrijkomen (Martin *et al.*, 1997; Turner & Haygarth, 2001; Schenker *et al.*, 2005). De vastgelegde fosfor moet worden afgevoerd wanneer de bindingscapaciteit van de slootbodem afneemt . De lokale condities bepalen de zuiverende werking van semi-natuurlijke rietvegetaties. Het is belangrijk te weten hoe deze kunnen worden beïnvloed met extensief beheer.

Nutriënten kunnen samenvattend worden vastgelegd door:

- opname door het riet (N en P)
- denitrificatie (N)
- sedimentatie naar de bodem (N en P)
- binding (adsorptie) aan waterbodem (P)

De goede water zuiverende werking van aangelegde zuiveringsmoerassen (constructed wetlands) is in binnen- en buitenland uitvoerig onderzocht. Ook met zuiveringsmoerassen op boerenland is in het buitenland veel ervaring opgedaan (Dunne *et al.*, 2005; Paludan *et al.*, 2002; Braskerud *et al.*, 2002; Crumpton, 2000; Borin *et al.*, 2001). In de Baltische staten zijn vele kleinschalige zuiveringsmoerassen aangelegd om de stikstof belasting naar de Oostzee te verminderen (Paludan *et al.*, 2002). Voor de zuivering van fosfor is ervaring opgedaan in onder andere Denemarken (Hoffman *et al.,* 2009), Zweden, Tsjechië (Vyzamal 2009), Engeland en Duitsland. Ook in de Verenigde Staten wordt door de overheid in het Wetlands Reserve Program de aanleg van (zuiverings-)moerassen en moerasbufferstroken op boerenland (N-farming) gestimuleerd (Hey, 2002; Hey *et al.*, 2005; Kadlec, 2005). Dit programma is opgezet ter vermindering van de eutrofiëring van het Mississippi Basin. De aanleg van moerassen, helofytenfilters en moerasbufferstroken wordt in diverse landen als Best Management Practice gezien.

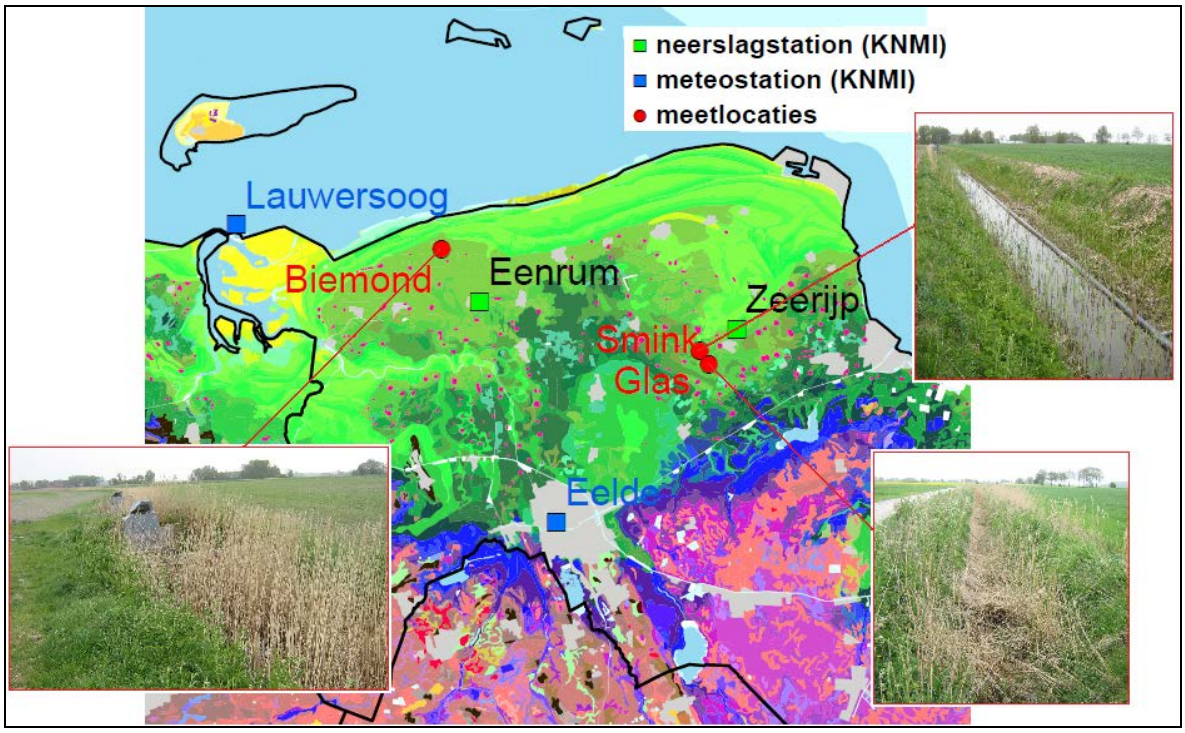
In recent afgeronde langjarige proeven met op verschillende wijze aangelegde moerassen voor de zuivering van drainagewater uit de landbouw KRW08084 (de Haan *et al.*, 2011) zijn voor stikstof zuiveringspercentages van gemiddeld 60 tot 80% behaald en voor fosfor gemiddeld 50%. De kosteneffectiviteit ligt in de orde van € 5 tot 40 per kg verwijderd stikstof afhankelijk van de schaalgrootte en het type moeras. De kosteneffectiviteit voor fosfor is € 115 per verwijderde kg.

2.2 Meetlocaties

Een belangrijke reden om dit experiment in Noord-Groningen uit te voeren is dat de Agrarische Natuurvereniging Wierde en Dijk het laten staan van riet in de sloten propageert waardoor het draagvlak voor deze maatregel in deze regio vrij groot is. Noord-Groningen is één van de 'probleemgebieden' voor het halen van de KRW-doelen in het Noordelijk kustgebied: naast de fosforproblematiek voor het halen van de ecologische doelen in de (lokale en regionale) zoete waterlichamen (Waterschap Noorderzijlvest, 2007) zijn in dit gebied aanvullende maatregelen nodig om de stikstofvrachten naar de Waddenzee te reduceren (Reductiewens KRW, 2006). In tegenstelling tot sommige andere gebieden in Nederland groeit in Noord-Groningen in bijna alle watergangen en sloten riet dat, voor zover het groeit in schouwsloten en hoofdwatergangen, jaarlijks wordt gemaaid. In 25% van de sloten komt overjarig riet voor, dat zijn bijna uitsluitend de niet onder schouw staande perceels- of binnensloten. In een beperkt deel van de schouw- of waterschapssloten (locaal 'zwetsloten' genoemd) komt al overjarig riet voor in het kader van het natuurvriendelijk slootbeheer van de Agrarische Natuurvereniging Wierde & Dijk (2011: Kaantjes en Raandjes). Daardoor kon in Noord-Groningen na het zoeken van geschikte locaties een kort experiment

worden opgestart zonder verstoring van de bestaande situatie en zonder lange aanloopfase om een goed-ontwikkelde rietvegetatie te laten ontstaan.

In 2010 en 2011 is op 3 locaties in Groningen gemeten aan de zuiverende werking van riet in sloten waarin drainagewater van aangrenzende percelen uitstroomt (Figuur 2-1). De kenmerken van de meetlocaties staan in Tabel 2-1.



Figuur 2-1: Ligging van de locaties in Groningen waar is gemeten aan de zuiverende werking van riet in perceelsloten. Ook zijn de KNMI neerslag- en meteostations te zien waarvan data zijn gebruikt. De inkleuring van de kaart is op basis van het bodemtype. De bodem wordt op de bodemkaart 1:250000 voor alle locaties getypeerd als kalkarme poldervaaggrond.

Tabel 2-1: Kenmerken van de meetlocaties.

	Meetlocatie				
	Smink		**Glas**	**Biemond**	
bedrijfstype	melkveehouderij		akkerbouw	akkerbouw	
plaatsnaam	Loppersum		Loppersum	Pieterburen	
afwaterend areaal (ha)	7		5.5 + erfwater	3	
grondsoort	zware klei		klei	lichte klei	
maaiveld	aflopend naar sloot		aflopend naar sloot	aflopend naar sloot, reliëfrijk	
gewas aan weerszijden	snijmaïs/wintertarwe		wintertarwe/verharde weg	wintertarwe/aardappels	
drains (volgens kaarten)	1 slootkant		1 slootkant	beide slootkanten*	
oppervlakkige afstroom	Niet waarneembaar uit veldkenmerken, slempgevoelige grond		Niet waarneembaar uit veldkenmerken , slempgevoelige grond	Zichtbare patronen en geulen aanwezig, zeer slempgevoelige grond	
rietdichtheid	behoorlijk		matig (2010) zeer matig (2011)	dicht	
riethoogte (m)	variabel		2-3	3-4	
maaibeheer	in het najaar		geen	geen	
	vak 1	vak 2	vak 1	vak 1	vak 2
peil	vast (streef)peil	normaal	normaal	vast (streef)peil	normaal
lengte (m)	94.5	95.5	119	83.5	100
bodembreedte (m)	1.3	1.3	1.2	1.3	1.3
talud (breedte:hoogte)	1.35	1.3	1	1.2	1.2
diepte vanaf maaiveld (m)	1.55	1.65	1.5	1.3	1.7

* Aan 1 kant zijn de drainagebuizen niet teruggevonden

Op de locatie Biemond zijn twee achter elkaar gelegen slootvakken met overjarig riet bemeten. Gedurende de proef is het riet niet gemaaid. In het eerste vak (bovenstrooms) is een vast (streef)peil van 20 cm boven de slootbodem gehanteerd. In het tweede vak volgt het peil de benedenstroomse dynamiek. Het opzetten van de waterstand via een vast (streef)peil is bedoeld om permanent natter omstandigheden te creëren dan in de normale omstandigheden om te verkennen in welke situatie de retentie groter is. In beide situaties kunnen de sloten droogvallen, bij het vast (streef)peil zal de periode van droogval korter zijn.

Op de locatie Glas is één vak met oud riet bemeten waarin de benedenstroomse dynamiek is gevolgd. Naast drainagewater van het perceel stroomt ook een deel van het erfwater van de boerderij in de sloot. De naastgelegen toegangsweg naar het erf van de boerderij ligt op afschot van de sloot af. Het riet is in 2008 en 2009 niet gemaaid en sindsdien is niet meer geschoond. Tot en met de winter van 2009/2010 ontwikkelde zich jaarlijks een rietkraag van behoorlijke dichtheid en hoogte. Door de zware sneeuwval in de winter 2009/2010 was veel oud riet in de sloot gelegerd. In 2010 en 2011 was de rietgroei aanmerkelijk minder en was sprake van flinke veronkruiding (o.a. brandnetels).

Op de locatie Smink zijn twee achter elkaar gelegen slootvakken met jaarlijks gemaaid riet bemeten. Aan het eerste vak (bovenstrooms) is een vast vast (streef)peil gehanteerd. In het tweede vak volgt het peil de benedenstroomse dynamiek. De sloot op locatie Smink wordt gedeeld met de buurman met een akkerbouwbedrijf en is derhalve een schouwssloot. Op deze locatie wordt het riet jaarlijks aan het einde van de zomer gemaaid. Elk jaar ontwikkelt zich een flinke rietkraag van behoorlijke dichtheid en hoogte. Pleksgewijs is de begroeiing minder intensief.

Problemen bij het vinden van geschikte meetlocaties maakte dat de proeven in de zomer van 2010 zijn aangelegd en dat de meetopstellingen vanaf najaar 2010 operationeel waren. Door vorst en sneeuw, door problemen aan de meetopstellingen en door uitval van apparatuur en door een droog voorjaar 2011 zijn water- en nutriëntenbalansen voor beperkte periodes in het groeiseizoen 2011 beschikbaar.

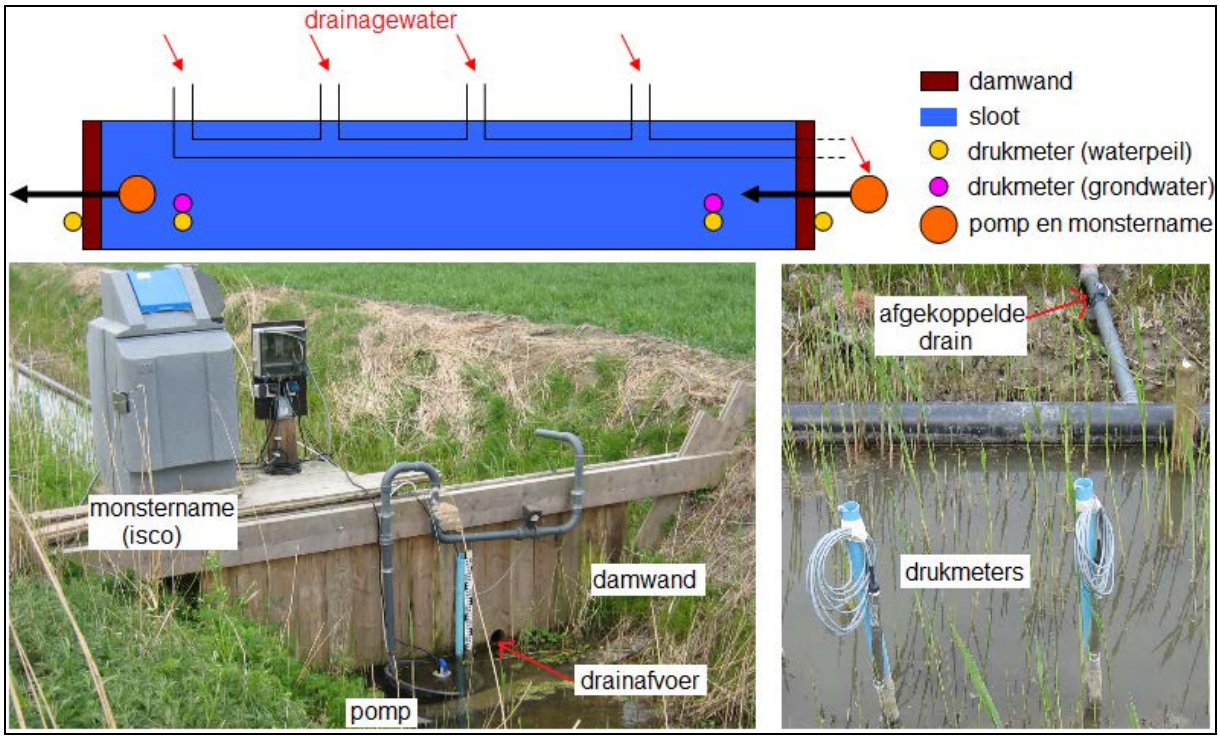
2.3 Meetopstelling en monstername

Om de retentie van nutriënten te kunnen bepalen is geprobeerd de water- en nutriëntenbalansen van de slootvakken te meten. De slootvakken zijn daartoe zoveel mogelijk geïsoleerd van de omgeving door het plaatsen van damwanden en het opvangen en afleiden van water uit de drains. Oppervlakkige afstroming is niet opgevangen.

De meetopstelling per slootvak is geschetst in Figuur 2-2. Een slootvak met een lengte van 80 tot 100m is afgesloten door twee houten damwanden. Over de bovenstroomse damwand wordt slootwater het afgedamde slootvak ingepompt; over de benedenstroomse damwand wordt water het slootvak uitgepompt. Drukmeters registreren het waterpeil en sturen de pompen aan. Het water uit de drainagebuizen wordt opgevangen in een verzamelleiding die aan de bovenstroomse kant buiten het slootvak loost. Bij de locaties met twee proeven (Smink en Biemond) is tussen de aangrenzende slootvakken een slootzone van ongeveer 10 meter lengte gelaten waarin het drainwater uit het benedenstroomse slootvak wordt toegevoegd. Bij het overpompen van het slootwater zijn debiet proportionele mengmonsters genomen.

De volgende meetfrequenties zijn gehanteerd:

- debieten: elke 100 liter aan verpompt water is geregistreerd (tijdstip)
- drukmeters: registreren elke 4 uur de waterstanden
- waterkwaliteit: elke 2 weken is een debiet proportioneel mengmonster slootwater geanalyseerd op een basispakket aan stoffen (NO_3, NO_2 , NH_4, Kjehldahl-N, PO_4, P, SO_4, HCO_3, Cl, pH en EGV)



Figuur 2-2: Schematische bovenaanzicht (boven) en foto's (onder) van de meetopstelling in elk slootvak. Het water uit de drains wordt opgevangen en via een buis afgeleid naar buiten het slootvak.

Bij elke 2 m^3 aan verpompt water is automatisch een watermonster genomen. Dit watermonster komt terecht in een fles. Deze fles staat in een donkere en koele kast om te voorkomen dat de waterkwaliteit van het mengmonster wordt beïnvloed door biologische processen na de monstername. Wanneer er na twee weken geen mengmonster is verzameld, bijvoorbeeld door droogte, vorst of door een defect/stroomuitval, is een steekmonster in de sloot genomen. Een steekmonster is een momentopname en geeft dus een minder betrouwbaar beeld van de waterkwaliteit dan de debiet proportionele monsters.

2.4 Waterbalans

De slootvakken zijn zoveel mogelijk geïsoleerd van de omgeving door het plaatsen van damwanden en het opvangen en afleiden van water uit de drains. De waterfluxen in het slootvak bestaan uit:

- Ingepompte debieten (inclusief de afvoer via de drainbuizen)
- neerslag op het slootvak
- verdamping in het slootvak
- kwel en/of wegzijging via de slootbodem en -wanden
- uitspoeling naar de sloot die niet verloopt via de drainbuizen
- de afstroming van neerslag over het maaiveld naar het slootvak
- Uitgepompte debieten

De neerslagflux op het slootvak is berekend door de gemeten dagelijkse hoeveelheid neerslag bij het dichtstbijzijnde KNMI neerslagstation (zie Figuur 2-1) te vermenigvuldigen met de oppervlakte van het vanggebied per slootvak. Er zijn vanaf augustus 2011 regenmeters geplaatst op de locaties Smink en Biemond om te kwantificeren in hoeverre de neerslag bij het KNMI station afwijkt van de neerslag op de meetlocaties. De locatie Glas ligt op korte afstand van de locatie Smink. De regenmeters registreren het moment waarop een bakje (bucket) gevuld is met 0.2 mm neerslag en zichzelf leeg kiept.

De verdampingsflux is berekend door de dagelijks gemeten referentiegewasverdamping bij het dichtstbijzijnd meteorologisch KNMI station (zie Figuur 2-1) met behulp van maandelijkse conversiefactoren

(Cultuur Technisch Vademecum, 2000) om te rekenen naar de verdamping van open water en te vermenigvuldigen met het wateroppervlak van het slootvak. Verondersteld is dat de gewasverdamping van riet (en van andere waterplanten) ongeveer gelijk is aan de open water verdamping. Deze aanname heeft geen grote gevolgen omdat deze balanspost klein is ten opzichten van de ingepompte debieten (het neerslagoverschot van de veel grotere vanggebieden).

De kwel of wegzijgingsflux via de slootbodem is bepaald op basis van het elke 4 uur door de drukmeters gemeten stijghoogteverschil tussen het slootwater (gemeten vlak boven tot vlak onder de slootbodem) en het grondwater (gemeten op 30-60 cm onder de slootbodem). Met dit stijghoogteverschil (Δh) kan de kwel/wegzijgingsflux (q_s) worden berekend, mits de weerstand van de tussenliggende slootbodem (c) bekend is:

$$q_s = \frac{\Delta h}{c} \qquad (2.1)$$

Deze flux is in m/dag. Vermenigvuldiging met het waterbodemoppervlak geeft de totale flux van de beschouwde sloot.

De weerstand van de slootbodem is bepaald met een experiment: aan het eind van de metingen is om elke slootwater-drukmeter een waterdichte buis geplaatst tot onderin de slootbodem. Na verloop van tijd ontstaat een nieuw waterpeil (φ) in de buis die in evenwicht is met de stijghoogte van het water onderin de slootbodem. De verandering van het waterpeil in de buis (h) in de tijd (t) kan als volgt worden uitgedrukt:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{h - \varphi}{c} \qquad (2.2)$$

Waarin c de slootbodemweerstand is. Oplossing van deze eerste orde differentiaalvergelijking levert het verloop van dit waterpeil in de tijd:

$$h(t) = \varphi + (h_0 - \varphi)e^{-\frac{t}{c}} \qquad (2.3)$$

Waarin h_0 het waterpeil is tijdens het plaatsen van de buis (op t=0). Door het gemeten verloop van het peil te fitten met deze functie is de slootbodemweerstand c bepaald.

De uitspoeling naar het slootvak die niet verloopt via de buisdrainage en de eventuele afstroming van neerslag over het maaiveld naar het slootvak zijn vrijwel niet meetbaar en daarom is dat niet geprobeerd. De grootte van deze niet gemeten fluxen is idealiter klein en (wanneer de overige fluxen nauwkeurig zijn gemeten dan wel geschat) gelijk aan de restterm van de waterbalans. Wanneer de restterm groot is moet worden beoordeeld of de gemeten balansen realistisch en betrouwbaar lijken. Een grote restterm kan het effect van fouten in de metingen en/of de proefopzet zijn.

2.5 Gewasbepalingen

Van het riet zijn aan het einde van elk groeiseizoen de opbrengst en de gehaltes stikstof en fosfor van het geoogste product bepaald om vast te stellen hoeveel organisch materiaal en hoeveel nutriënten uit afgestorven strooisel in de sloot terecht kunnen komen (bij overjarig riet) dan wel (bij maaien) worden afgevoerd. Het afgestorven organisch materiaal vormt een koolstofbron voor denitrificatie.

De proeven met jaarlijks gemaaid riet (locatie Smink) zijn bemonsterd vlak voor het uitmaaien van het hele slootvak door de loonwerker eind augustus (2010) of half oktober (2011). De proeven met overjarig riet (locaties Glas en Biemond) zijn bemonsterd wanneer de groei uit het gewas was; beide jaren rond half

oktober. Er is niet gewacht tot het riet volledig afgestorven was, omdat dan teveel verlies door afgewaaide blaadjes, gelegerd riet, etc. zou optreden. In elk slootvak zijn op ca. 25m afstand op representatieve plekken vier rietmonsters uitgesneden. De te oogsten oppervlakte is bepaald met een metalen U-vormig frame van 50 x 50 cm. De monsters per slootvak zijn samengevoegd tot een verzamelmonster van 1m^2 slootoppervlak. De monsters zijn gescheiden in blad en stengel. Naast het vers- en drogestof-gewicht zijn de N- en P-gehalten in het riet bepaald. Hieruit zijn de drogestof productie van het slootvak en de door het gewas opgenomen hoeveelheden stikstof en fosfor berekend.

2.6 Nutriëntenbalans

Voor het opstellen van de nutriëntenbalans voor stikstof (N-totaal) en fosfor (P-totaal) zijn de relevante in de waterbalans onderscheiden waterfluxen voorzien van concentraties op basis van:

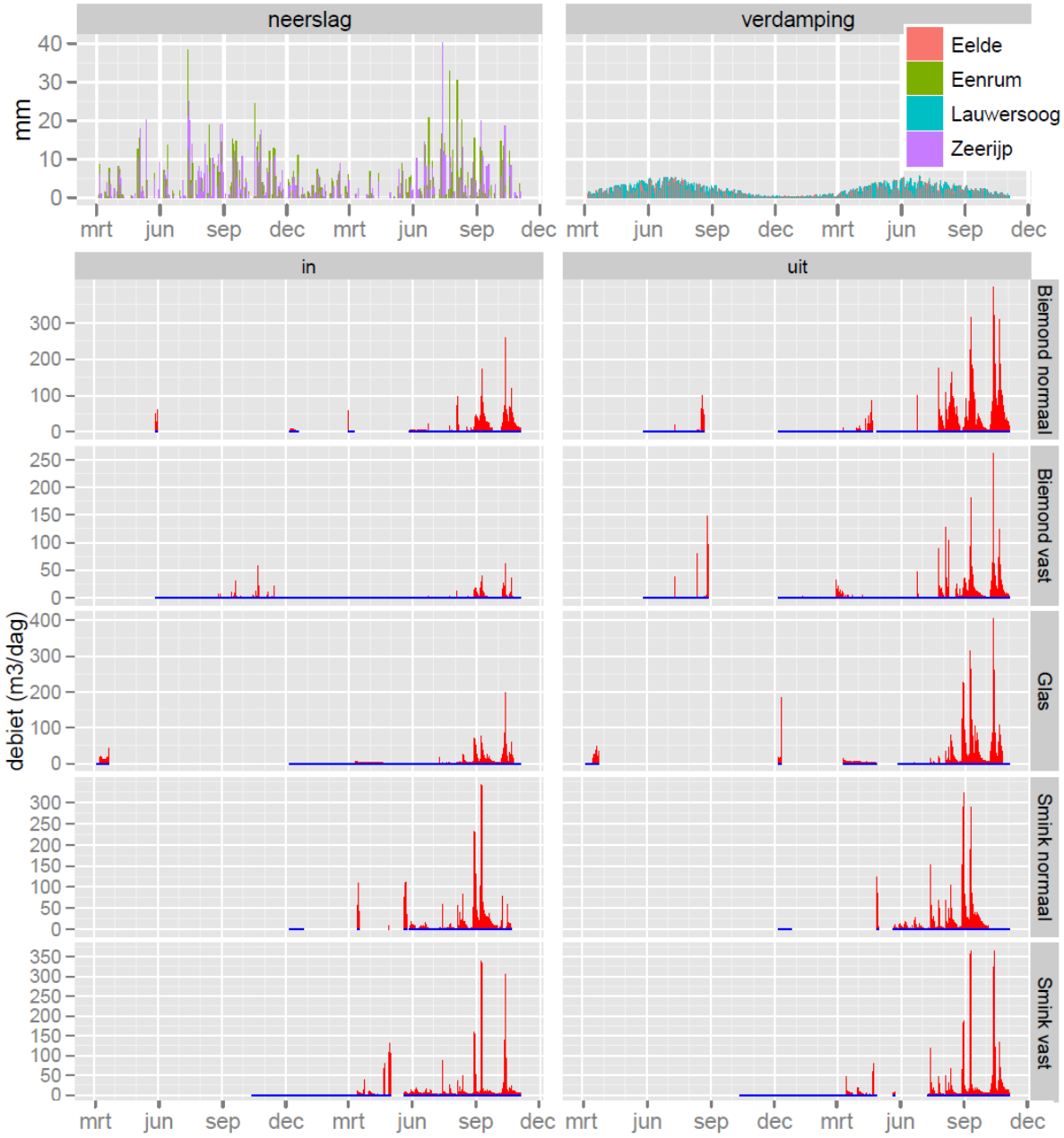
- Ingepompt water: gemeten via tweewekelijkse debiet proportionele mengmonsters.
- Neerslag direct op het slootvak: hiermee gemoeide nutriënten zijn verwaarloosbaar t.o.v. andere bronnen. Daarom is aangenomen dat neerslag geen nutriënten bevat.
- Kwel en/of wegzijging via de slootbodem en -wanden: bij wegzijging verdwijnt slootwater met een kwaliteit die is aangenomen gelijk te zijn aan de gemiddelde kwaliteit van het ingepompte en uitgepompte water. In het geval van kwel is de kwaliteit aangenomen van het eenmalig bemonsterd grondwater in de diepe stijghoogtebuizen aan het begin en einde van elk slootvak.
- Uitgepompt water: gemeten via tweewekelijkse debiet proportionele mengmonsters.

De restterm (het gat) in de nutriëntenbalans is een maat voor de vastlegging van nutriënten (retentie) in het slootvak. De grootte van de restterm hangt ook af van eventuele fouten in de waterbalans of fouten in de nutriëntenconcentraties van de waterfluxen, samenhangend met de meetopstelling, meetmethode, meetfouten en gemaakte aannames. Aan de restterm van de waterbalans die verondersteld wordt te zijn veroorzaakt door uitspoeling die niet verloopt via de drainbuizen en door afstroom van neerslag over het maaiveld naar het slootvak is dezelfde kwaliteit toegekend als het water dat in het slootvak wordt gepompt. Voor het effect van fouten in de metingen kan, omdat deze niet bekend zijn, niet worden gecorrigeerd. Wel kan op basis van de gemeten balansen beoordeeld worden of deze realistisch en betrouwbaar lijken.

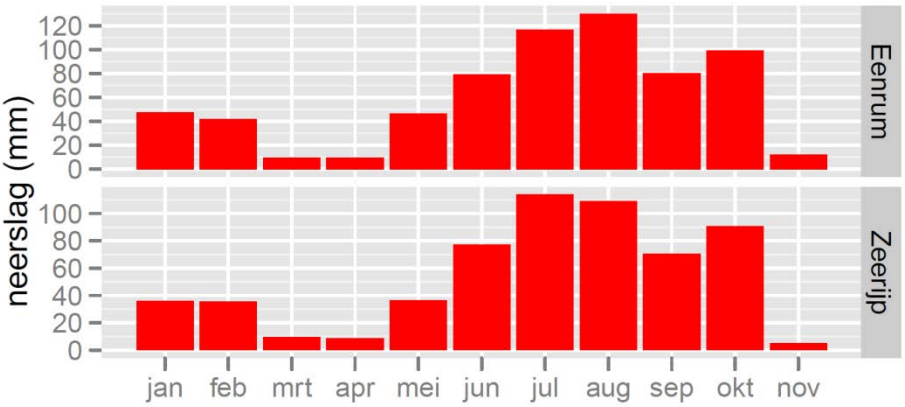
3 Waterbalans

3.1 Neerslag en verdamping

De neerslag en verdamping in 2010 en 2011 gemeten op de meest nabij gelegen KNMI zijn weergegeven in Figuur 3-1 en Figuur 3-2. Het voorjaar van 2011 was zeer droog.

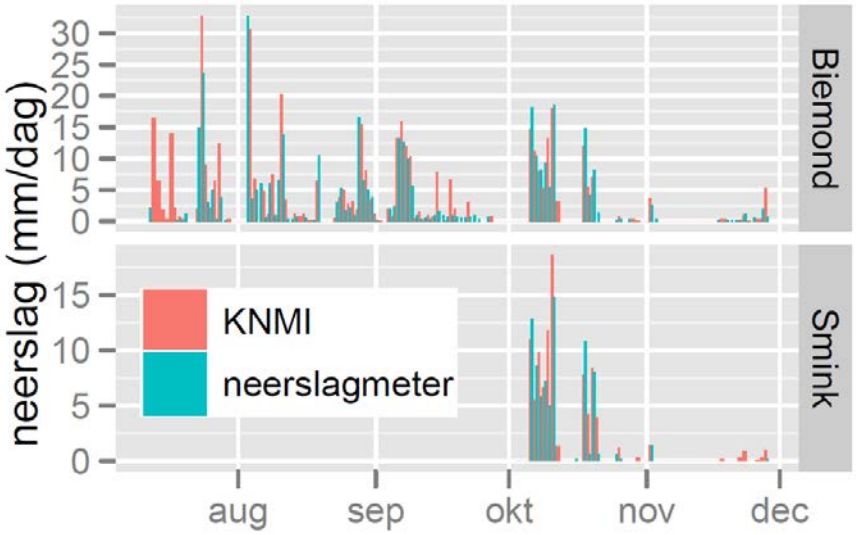


Figuur 3-1: Gemeten neerslag en verdamping (referentie gewasverdamping) door de KNMI stations nabij de slootvakken (boven) en de ingepompte (links) en uitgepompte (rechts) debieten per slootvak, voor 2010 en 2011. De blauwe lijnen duiden de periodes aan waarin is gemeten.



Figuur 3-2: Maandelijkse neerslag in 2011.

Bij de slootvakken Biemond en Smink zijn eind 2011 regenmeters geplaatst om te controleren in hoeverre de neerslag op deze locaties verschilt van de gemeten neerslag bij de dichtstbijzijnde KNMI neerslagstations (Figuur 3-3). Omdat de locatie Glas 500 m van de locatie Smink is gelegen is bij Glas niet apart gemeten.



Figuur 3-3: Gemeten neerslag in 2010 per slootvak vergeleken met metingen van het dichtstbijzijnde neerslagstation (KNMI).

Op dagbasis kunnen de verschillen groot zijn, met name tijdens heftigere (lokale) buien. Over de beschouwde periode registreert de regenmeter bij Biemond 17% minder neerslag dan het dichtstbijzijnde KNMI neerslagstation Eenrum. De regenmeter bij Smink registreert 19% minder neerslag dan het dichtstbijzijnde station Zeerijp. Het feit dat beide regenmeters een vergelijkbare hoeveelheid minder neerslag registreren dan de KNMI stations kan te maken hebben met verschillen in meettechnieken. De periode waarover de metingen zijn verzameld is te kort om dit aan te tonen en de gegevens om de oorzaken van dit verschil te kunnen onderbouwen ontbreken. De KNMI stations zijn gebruikt voor het opstellen van de waterbalansen van de slootvakken.

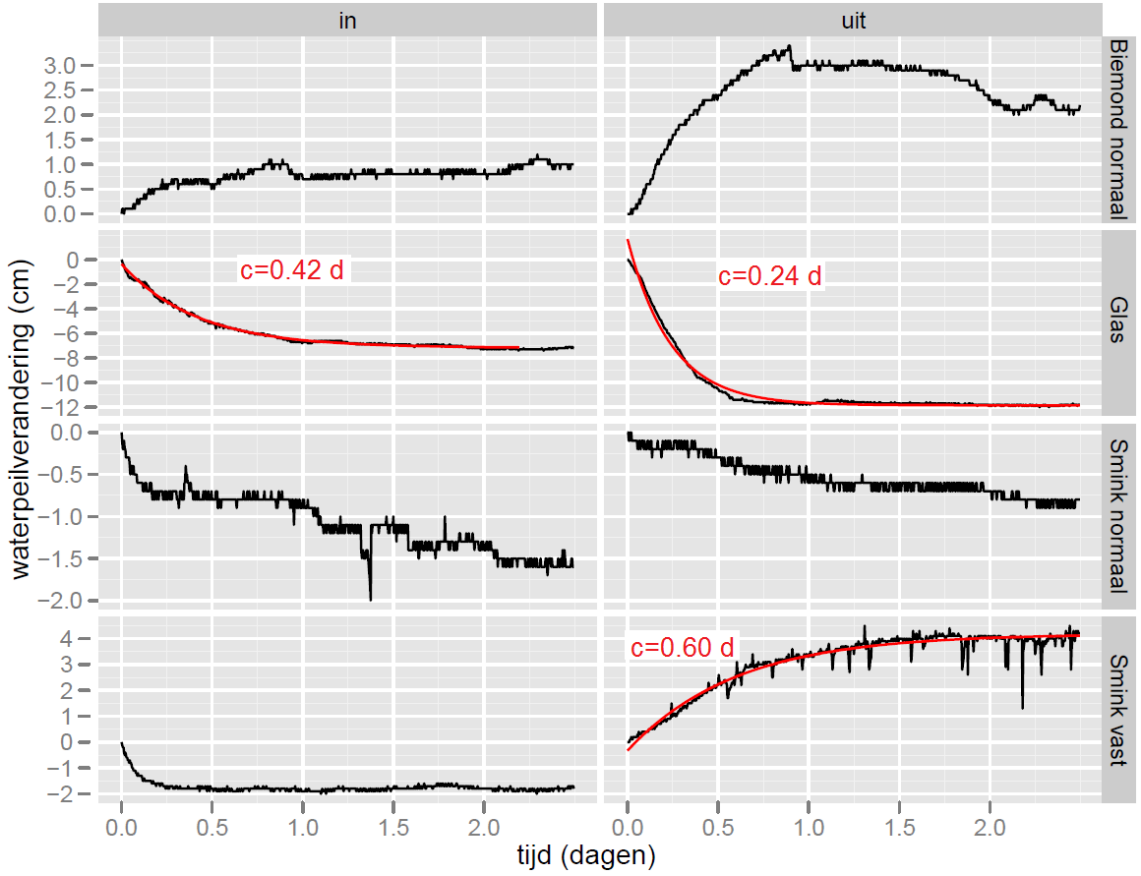
3.2 In- en uitgepompt water

De debieten zijn vaak niet gemeten door technische defecten als volgelopen dataloggers en stroomuitval, of doordat de metingen moesten worden stopgezet in verband met sneeuw en vorst. In het droge voorjaar van 2011 is weinig water verpompt (Figuur 3-1). De verpompte debieten zijn het grootst in de natte maanden augustus, september en oktober 2011 waarin ze oplopen tot maximaal 400 m^3 per dag wat overeenkomt met 4,6 liter per seconde. De gemeten debieten komen qua orde van grootte overeen met wat wordt verwacht op basis van het afwaterende areaal van de slootvakken. Voor de periodes waarin zowel de inlaat als de uitlaat van water is gemeten kunnen waterbalansen worden opgesteld.

3.3 Kwel en wegzijging

De kwel- en wegzijgingsfluxen zijn geschat met de gemeten stijghoogteverschillen tussen grondwater en slootwater en de gemeten weerstand van de slootbodem.

Buisexperiment
De slootbodemweerstand is bepaald op basis van de verandering van het waterpeil in een tijdelijk rondom de drukmeter geplaatste waterdichte buis. De buizen konden lastig in de bodem (met veel organisch materiaal) worden geperst waardoor de gemeten weerstanden betrekking hebben op de bovenste decimeters van de slootbodem. Het buisexperiment is niet uitgevoerd in het slootvak bij Biemond met vast (streef)peil omdat er te weinig water in het vak stond ten tijde van het experiment (16 november 2011).



Figuur 3-4: Waterpeilverandering binnen de geplaatste waterdichte buizen, gemeten door de omringde drukmeter nabij de instromende (in) en de uitstromende (uit) zijde van het slootvak die gedurende dit experiment elke 5 minuten het slootpeil meet. Drie locaties zijn zonder meer geschikt om de slootbodemweerstand (c) af te leiden. De rode lijnen geven voor deze locaties de relaties volgens vergelijking 2.3 met de gefitte weerstanden c. Smink vast (streef)peil is de behandeling met vast (streef)peil.

Op drie locaties is het verloop van het waterpeil in de buis qua grootte en dynamiek bijzonder geschikt om met vergelijking 2.3 de slootbodemweerstand te kalibreren (Figuur 3-4). De voor de bovenste 15 tot 20 cm van de waterbodem (= afstand van bovenkant waterbodem tot aan de plaatsingsdiepte van de waterdichte buis) gekalibreerde slootbodemweerstanden (Figuur 3-4) zijn erg klein (de slootbodem is goed doorlatend) en hebben een orde grootte van uren. De kwel/wegzijgingsfluxen zullen (omdat de dikte van de waterbodem groter is) een grotere weerstand in de orde van maximaal enkele dagen kunnen ondervinden. Voor de verdere analyse wordt uitgegaan van een weerstand van de slootbodem tussen 0.5 d en 5 d.

Het verschil tussen het startpeil in de buis en het uiteindelijke waterpeil beschrijft het stijghoogteverschil tussen het water onder/in de slootbodem (eindsituatie) en het slootpeil (beginsituatie) en geeft aan of er sprake is van een kwel- of wegzijgingssituatie (Tabel 3-1). Wanneer de waterpeilen in de buizen zijn toegenomen (Biemond normaal , Smink vast (streef)peil uit en Smink normaal uit) is er sprake van kwel, wanneer het waterpeil afneemt is er sprake van wegzijging (Glas, Smink normaal in en Smink vast (streef)peil in). De gemeten stijghoogteverschillen aan het begin en aan het einde van de slootvakken verschillen aanzienlijk.

Tabel 3-1: Stijghoogteverschil (cm) tussen grondwater/water onderin de waterbodem en het slootwater gemeten tijdens het buisexperiment. Positieve waarde = kwel, negatieve waarde = wegzijging.

	Stijghoogteverschil	
	slootvak IN	slootvak UIT
	cm	cm
Biemond normaal	1	3
Biemond vast (streef)peil	niet gemeten	niet gemeten
Glas	-7	-12
Smink normaal	-1.5	0.5
Smink vast (streef)peil	-2	4

Langdurige drukmetingen

Het buisexperiment geeft een momentopname van het stijghoogteverschil tussen het water onderin de waterbodem en het slootwater. Het stijghoogteverschil is echter ook langdurig continue gemeten (elke 4 uur) met de drukmeters (Figuur 3-5). De stijghoogte van het grondwater volgt het slootwaterpeil in veel gevallen naadloos. Dit is in lijn met de lage weerstanden die zijn gevonden. Voor enkele situaties waarin de dynamiek van de stijghoogtes in het grondwater is afgevlakt (bijv. Smink normaal in) moet er sprake zijn van een grotere weerstand dan gemeten.

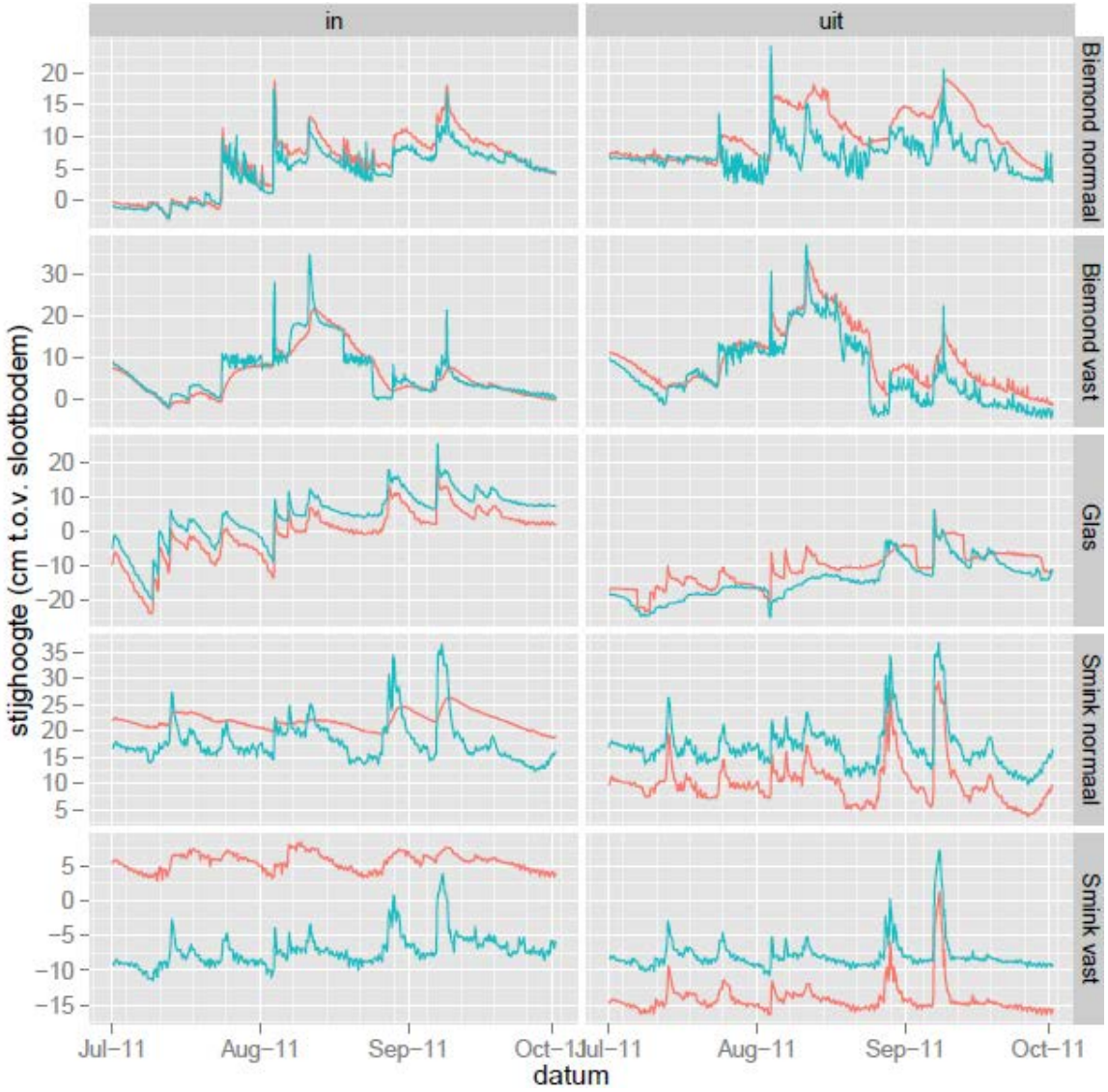
Het gemeten gemiddelde stijghoogteverschil in elk slootvak is weergegeven in Tabel 3-2. Deze stijghoogteverschillen wijken af van de stijghoogteverschillen gemeten met het buisexperiment, qua waarde maar ook soms qua teken (positief/negatief). Deze afwijking heeft te maken met het andere moment van meten en verschillen in de plaatsingsdiepte van de PVC buis (buisexperiment) ten opzichte van de diepe drukmeter. Toch is het onwaarschijnlijk dat deze factoren de grote afwijkingen volledig verklaren, er is immers op dezelfde locatie gemeten.

De stijghoogteverschillen (Tabel 3-2) zijn op basis van een slootbodemweerstand van 0.5 dagen en 5 dagen omgerekend naar een kwel/wegzijgingsflux. De weerstand van 0.5 dagen geeft grotere fluxen dan in werkelijkheid zullen voorkomen, in tegenstelling tot de weerstand van 5 dagen die realistischere waarden oplevert. Het gemeten stijghoogteverschil en de bijbehorende flux zijn groot in het vak Smink vast (streef)peil, en dan met name bij het meetpunt IN. Opvallend is dat bij Smink bij de punten IN kwel wordt gemeten en bij de beide meetpunten UIT wegzijging.

Tabel 3-2: Gemiddeld stijghoogteverschil (cm) tussen grondwater en slootwater gemeten met de stijghoogtemeters. En geschatte kwel/wegzijging (mm/d) bij weerstanden van 0.5 en 5 dagen. Positieve waarde = kwel, negatieve waarde = wegzijging.

	Stijghoogteverschil		**Kwel/wegzijging**	
	slootvak IN	slootvak UIT	Flux bij c=0.5d	Flux bij c=5d
Biemond normaal	0.5	1.5	2	0.2
Biemond vast (streef)peil	-1.5	1.5	0	0
Glas	-5	1.5	-7	-0.7
Smink normaal	5.5	-7	-3	-0.3
Smink vast (streef)peil	14	-6	20	2

Opvallend is dat het slootwaterpeil zich volgens de metingen in een aantal vakken onder de slootbodem bevindt (negatieve waarden), soms zelfs in natte perioden. Dit komt overeen met de veldwaarnemingen dat de sloten regelmatig (deels) droog staan. Ook verschilt het slootwaterpeil (de hoogte van het slootwater t.o.v. van de slootbodem) in 3 van de 5 slootvakken langdurig groter dan 5 cm tussen het begin en einde van het slootvak. Dat is bijzonder groot (5 cm opstuwing in een slootvak van 100 m treedt afhankelijk van het sloot profiel op bij maatgevende afvoeren van 15 to 20 l/s in een dichtbegroeide sloot) en derhalve worden vraagtekens gezet bij de betrouwbaarheid van deze metingen. Ook wijken de metingen sterk af van de met het buisexperiment gemeten stijghoogteverschillen. Omdat, zoals de stijghoogteverschillen gemeten met zowel het buisexperiment als de langdurige drukmetingen tussen het begin en einde van elk slootvak laten zien, de kwel/wegzijging binnen het slootvak aanzienlijk kan verschillen is de kwel/wegzijging in het slootvak moeilijk te schatten op basis van 2 puntmetingen. De uitgevoerde kwel/wegzijgingsmetingen lijken onvoldoende betrouwbaar om de totale kwel/wegzijgingsflux in de slootvakken te kwantificeren. Daarom is deze flux bij het opstellen van de waterbalans (paragraaf 3.4) afgeleid uit het gat in de waterbalans, dat mede wordt veroorzaakt door de niet gemeten oppervlakkige afstroming en het niet door drainagebuizen afgevangen uitspoelende water.



Figuur 3-5: Stijghoogte van het slootwater en het grondwater zoals gemeten door de drukmeters in 2011. De blauwe lijn geeft het peil in de sloot, de rode lijn geeft de gemeten drukhoogte onder de lokale slootbodem.

3.4 Waterbalans per slootvak

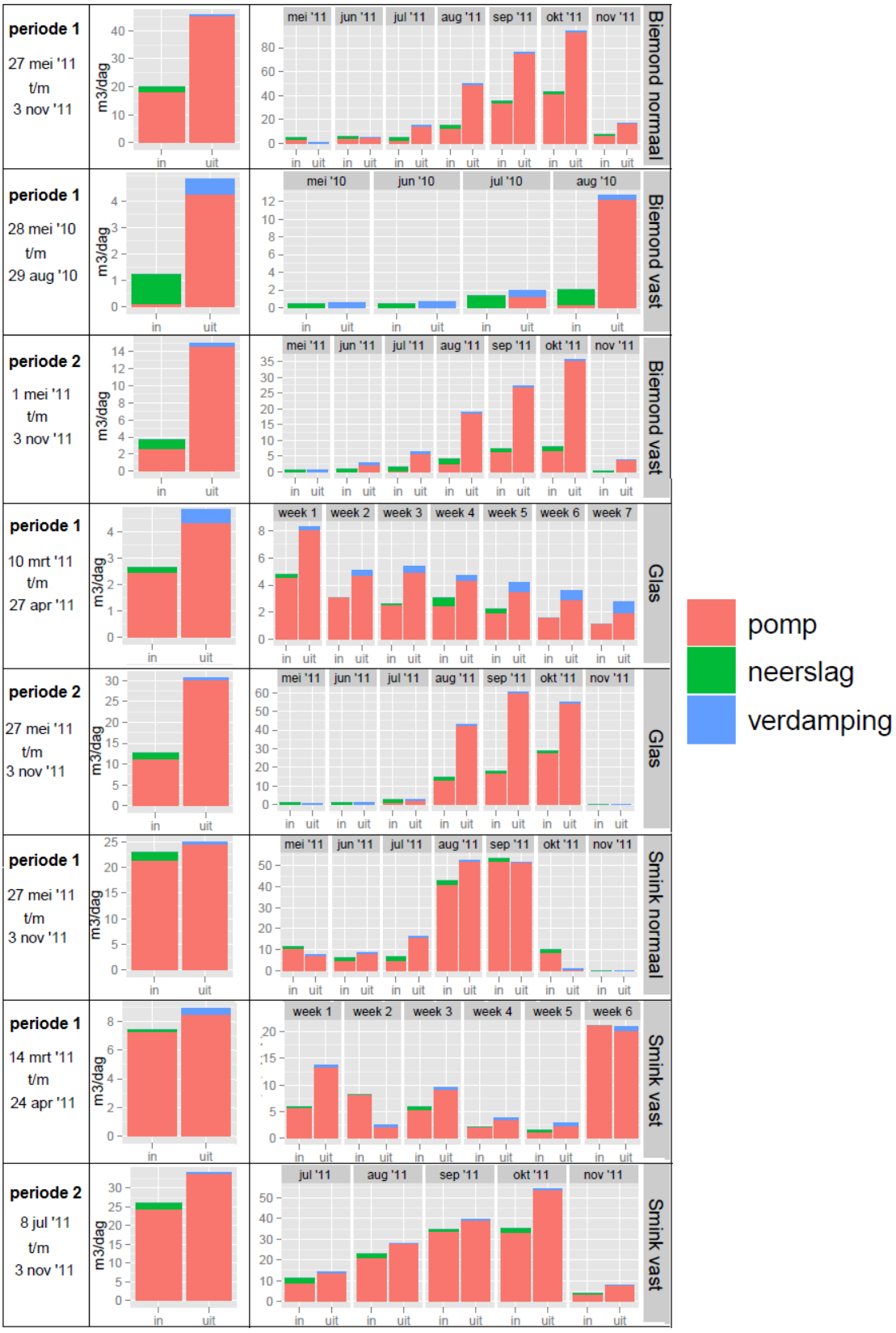
De waterbalans gegeven voor alle slootvakken (Figuur 3-6) is opgesteld voor de perioden waarin zowel de ingepompte als uitgepompte hoeveelheid water zijn gemeten. Deze periodes liggen met name in de 2e helft van 2011. De kwel/wegzijging, de oppervlakkige afstroming en de ontwatering buiten de buisdrainage worden gelijk gesteld aan het gat in de waterbalans, de overige waterbalanstermen zijn gemeten:.

Biemond normaal
In de beschouwde periode (juni 2011 t/m oktober 2011) stroomt meer dan 2 keer zoveel water het slootvak uit als dat er in komt; er is dus een grote bron van water dat buiten de pomp om het slootvak instroomt. Deze verhouding tussen de gemeten in- en uitstroom wordt ook waargenomen in de natte maanden (juli t/m oktober) met veel uitspoeling. Dit wijst er op dat een deel van het uitspoelende water niet wordt afgevangen via de afgekoppelde drainbuizen maar direct in het slootvak terecht komt. Meest plausibele verklaring zijn de bij de aanleg van de proef niet teruggevonden drainbuizen aan één kant van de

sloot. Waarschijnlijk liggen deze door verzakken van het talud inmiddels in het talud, functioneren ze wel en zorgen ze voor een substantiële wateraanvoer in de natte maanden. Ook afstroming via maaiveld kan bijdragen: erosie- en sedimentatiepatronen door oppervlakkige afstroming zijn op de zeer slempgevoelige bodem regelmatig waargenomen. Kwel lijkt in dit slootvak het gat in de waterbalans niet te kunnen verklaren omdat in dat geval een constanter (absoluut) verschil tussen in- en uitstroom wordt verwacht. Het blijkt niet mogelijk voor dit slootvak een betrouwbare nutriëntenbalans op te stellen: het gat in de waterbalans is te groot en niet nauwkeurig te verklaren.

Biemond vast (streef)peil
Ook in dit slootvak gaat er structureel meer water uit dan dat erin komt, gemiddeld zelfs 3 tot 4 keer zoveel. Ook nu blijft de verhouding tussen in- en uitstroom nagenoeg hetzelfde in alle maanden. Dit wijst er opnieuw op dat een deel van het uitspoelende water niet wordt afgevangen via de afgekoppelde drainbuizen maar rechtstreeks in het slootvak terecht komt. Dit zou opnieuw te maken kunnen hebben met de niet gevonden drainbuizen aan 1 kant van de sloot die er mogelijk toch liggen. De instroom is in dit vak echter groter dan de factor 2 van het vorige vak, er lijkt nog een tweede bron van water in dit slootvak te zijn. Waarschijnlijk is dit de zijsloot die via een duiker in verbinding staat met het bemeten slootvak. Deze duiker is t.b.v. de proef afgedicht met bentoniet, mogelijk is deze afdichting niet volledig maar waarschijnlijk sijpelt er onder/langs de duiker water vanuit de zijsloot het slootvak in. Een andere mogelijke bron voor instroming is onderloopsheid va de damwand (water stroomt via de bodem onder en langs de damwand). Ook voor dit slootvak kan geen betrouwbare nutriëntenbalans worden opgesteld omdat het gat in de waterbalans te groot is en niet nauwkeurig te verklaren is.

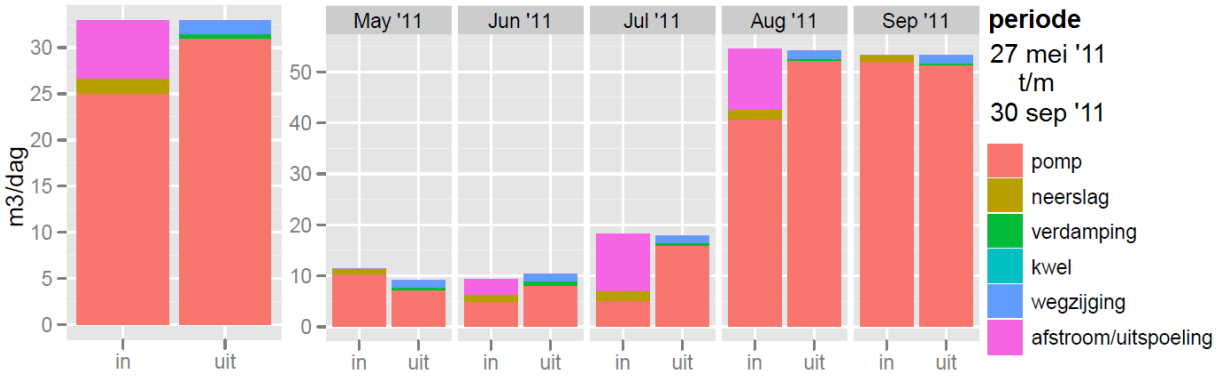
Glas
Ook in dit slootvak gaat er structureel meer water uit dan dat erin komt, gemiddeld 0,8 tot 1,5 keer meer. Ook in dit slootvak is de verhouding tussen in- en uitstroom nagenoeg constant in de afzonderlijke maanden. Dit duidt op een substantiële hoeveelheid ontwatering op de sloot die niet is afgevangen door de drainbuizen. Mogelijke verklaring hiervoor is de goede doorlatendheid van de bodem van het aangrenzende land en het feit dat er aan 1 kant van de sloot (oprit naar boerderij) geen drainbuizen liggen. Kwel draagt hoogstwaarschijnlijk niet bij omdat de kwelmetingen laten zien dat er waarschijnlijk sprake is van wegzijging in dit slootvak. Het is niet mogelijk een betrouwbare nutriëntenbalans op te stellen. Het gat in de waterbalans is groot en niet nauwkeurig te verklaren.



Figuur 3-6: Waterbalansen per slootvak voor periodes waarin zowel het ingepompte als het uitgepompte debiet is gemeten. N.B. de waterbalanstermen kwel/wegzijging en oppervlakkige afstroom/niet afgevangen drainage zijn niet beschouwd.

Smink normaal

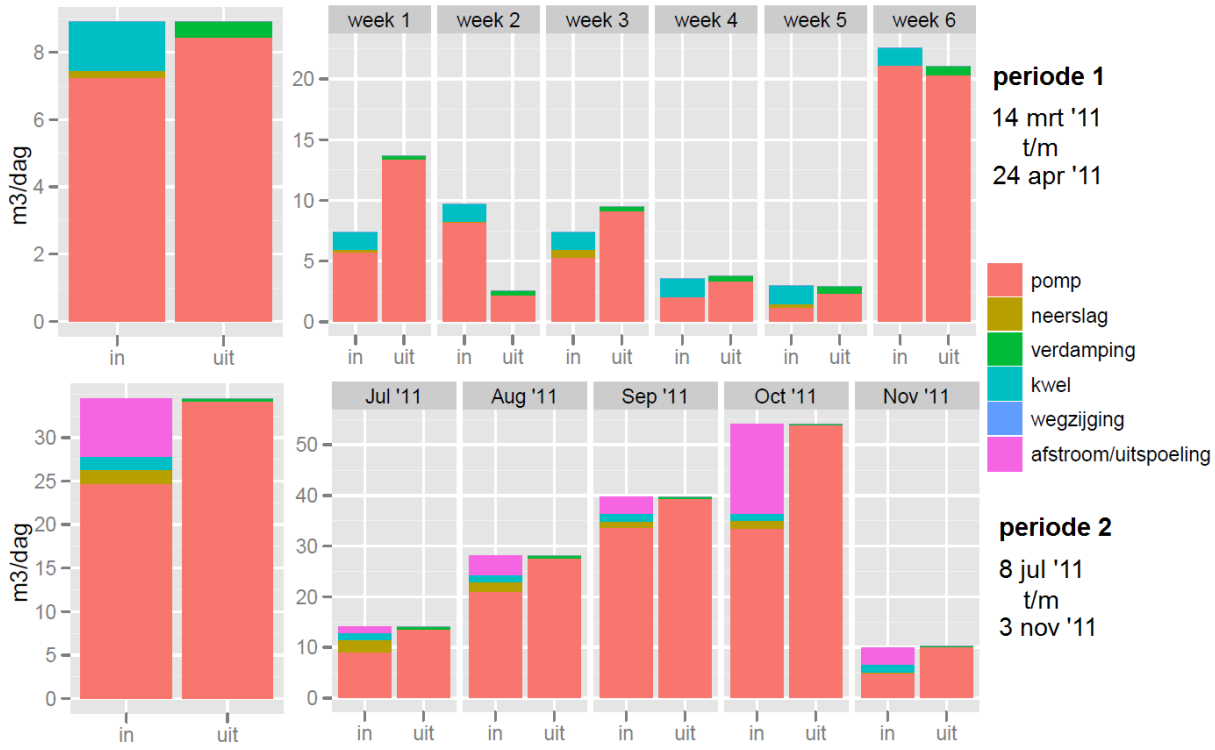
De instroom en uitstroom van water in dit slootvak zijn redelijk met elkaar in evenwicht (Figuur 3-7). Ook in de afzonderlijke maanden is dit het geval, al gaat er in de maanden juni t/m augustus 2011 (met lage afvoeren) meer water uit dan in. In de maanden juni en juli heeft dit waarschijnlijk te maken met een defecte verzameldrain waardoor het afgevangen drainwater alsnog direct in het slootvak terecht is gekomen. Eind juli is dit defect geconstateerd en gerepareerd. In de maand augustus, gekenmerkt door hevige buien, is ondanks dat de situatie als weinig gevoelig voor afspoeling wordt ingeschat, mogelijk toch sprake geweest van afstroming. Verder valt het op dat er in de natte oktobermaand van 2011 weinig water is verpompt in het slootvak, in tegenstelling tot het ervoor gelegen slootvak met vast (streef)peil. Uit de balans voor de maand september kan worden afgeleid dat er op dat moment een kleine wegzijgingsflux is. Er is in de gehele natte maand oktober volgens de metingen geen water het vak uitgepompt. Dit wordt onrealistisch geacht en het lijkt er op dat door een defecte logger het verpompte debiet niet goed is geregistreerd. De maand oktober is dan ook niet meegenomen bij het opstellen van de nutriëntenbalans. Het gat in de waterbalans voor de resterende periode is klein en lijkt te worden veroorzaakt door oppervlakkige afstroming en niet in drainbuizen afgevangen uitspoeling. De resulterende waterbalans voor dit slootvak is voldoende betrouwbaar (zie 2.1.5) om nutriëntenbalansen te kunnen opstellen.



Figuur 3-7: Waterbalans per maand voor het slootvak Smink normaal. De kwel-, wegzijgings-, en afstroom/uitspoelingsterm zijn afgeleid zodanig dat de waterbalans nagenoeg sluitend is. Het pompdebiet en de neerslag zijn metingen, de verdamping is berekend.

Smink vast (streef)peil

In dit slootvak zijn de in- en uitstroom van water gemiddeld redelijk met elkaar in evenwicht (Figuur 3-8), net zoals in het andere slootvak bij Smink. In de eerste balansperiode (14 maart t/m 27 april 2011) vertoont het gat in de balans op weekbasis geen duidelijk patroon. Mogelijk komt dit door de kleine tijdschaal (per week) waarop wordt gekeken waardoor de afbakening van de weken en het net wel of net niet vallen van een verpompt debiet in een bepaalde week van invloed zijn op de weekbalans. In de 2^{e} periode vertonen de verschillen tussen in- en uitstroom een duidelijk patroon: er gaat structureel meer water het slootvak uit dan dat erin komt. Kwel is aannemelijk omdat de absolute afwijking in de meeste maanden redelijk constant is. Verondersteld is dat een kleine constante kwelflux het gat in de balans in de eerste periode verklaart omdat er in deze droge periode nauwelijks oppervlakkige afstroom of niet in drainbuizen afgevangen uitspoelend water kan zijn geweest. Het resterende deel van het gat in de waterbalans in de tweede periode wordt toegeschreven aan oppervlakkige afstroom en niet afgevangen uitspoelend water. Ook voor dit slootvak is de waterbalans voldoende betrouwbaar om nutriëntenbalansen te kunnen opstellen.



Figuur 3-8: Waterbalans voor het slootvak Smink vast (streef)peil. De kwel-, wegzijgings-, en afstroom/uitspoelingsterm zijn afgeleid zodanig dat de waterbalans op maandbasis sluitend is voor periode 2. Het pompdebiet en de neerslag zijn metingen, de verdamping is berekend.

3.5 Conclusies waterbalans

- De in 2011 gemeten waterbalansen op de locaties Biemond en Glas vertonen grote hiaten die het gevolg zijn van onzichtbare transportroutes zoals (oude) niet zichtbare buisdrainage die nog werkt en onderloopsheid van stuwen en duikers.
- In de 2 slootvakken op de locatie Smink zijn de waterbalansen voor een groot deel van het groeiseizoen 2011 voldoende betrouwbaar op te stellen door de afstroming over maaiveld, ontwatering via de bodem en kwel/wegzijging te definiëren als totale rest post om de balansen te sluiten.
- Omdat alleen op de locatie Smink, met 2 slootvakken jaarlijks gemaaid riet, sluitende waterbalansen waren op te stellen, zijn alleen voor deze slootvakken nutriëntenbalansen opgesteld. De vergelijking van de zuiverende werking van jaarlijks gemaaid riet met die van overjarig riet kan met de meetgegevens van dit onderzoek niet worden gemaakt.

4 Nutriëntenbalans

4.1 Nutriënten in het riet

4.1.1 Gewasontwikkeling

In het winterseizoen van 2010-2011 is in Noord-Groningen veel sneeuw gevallen die lang is blijven liggen. Vanaf kerst 2009 tot begin maart 2010 lag er een onafgebroken sneeuwdek. In de niet jaarlijks gemaaide sloten is het aanwezige overjarig riet grotendeels in de sloot gelegerd. Tevens kwam de hergroei van het riet zeer traag op gang (zie de opnames van 19-03-2010 in Afbeelding 3-2 t/m 3-4). Op het oog kwam in het groeiseizoen van 2010 een vitale rietkraag tot ontwikkeling op de jaarlijks gemaaide locatie Smink. Op de locaties met overjarig riet was het effect van de grote vracht gelegerd riet in de sloot op de rietgroei zichtbaar: locaal was de stand dunner omdat het riet moeite had door het afdekkend oud riet te groeien. Vooral op locatie Glas was de stand onregelmatig, in de loop van het groeiseizoen heeft dit zich hersteld.

Ook het winterseizoen van 2011-2012 kenmerkte zich door perioden met een sneeuwdek, waardoor opnieuw een deel van het overjarig riet in de sloot gelegerd was. De stand van het riet op de locaties met overjarig riet was wederom pleksgewijs dunner en er was sprake van de groei van meer onkruid in het talud. In de loop van het groeiseizoen 2011 liet de gemaaide locatie Smink opnieuw een vitale rietkraag zien. Op locatie Biemond herstelde de pleksgewijs dunne stand zich goeddeels, maar de rietstand op locatie Glas bleef onregelmatig (zie opnamedatum 18-10-2011 in Afbeelding 3-3). De sloot bij Glas heeft beide winters extra sneeuw ontvangen door het ruimen van de naastgelegen toegangsweg. Mogelijk is het riet in dit slootvak extra samengedrukt of heeft de langere aanwezigheid van sneeuw tot een significante vertraging van het groeiseizoen geleid.

Afbeelding 3-2. De rietvegetatie op locatie Smink, vast (streef)peil, diverse opnamedata.

Afbeelding 3-3. De rietvegetatie op locatie Glas, diverse opnamedata.

Afbeelding 3-4. De rietvegetatie op locatie Biemond, normaal peil, diverse opnamedata.

Afbeelding 3-5. De rietvegetatie op locatie Biemond, vast (streef)peil, opnamedatum 19-10-2011

4.1.2 Gewasopname

De bemonstering van het riet heeft in 2010 eind augustus (Smink) en half oktober (Biemond en Glas) plaatsgevonden. De analyseresultaten staan in Bijlage 2. De opbrengst bij een normaal slootpeil lijkt hoger te zijn dan bij het vast (streef)peil (Figuur 4-1). In 2011 zijn de rietmonsters in alle slootvakken medio oktober genomen. De hoogste opbrengsten worden behaald bij Biemond (normaal peil) met overjarig riet. In 2011 blijven de opbrengsten bij Smink (jaarlijks gemaaid) en vooral bij Glas (overjarig riet) achter. Waarschijnlijk is in de afgelopen 2 winters dermate veel organisch materiaal (riet) op de slootbodem opgehoopt dat dit de groei van nieuw riet steeds meer belemmert. Ook op locatie Smink wordt in 2011 een drastisch lagere opbrengst gemeten in het slootvak met een normaal peil, terwijl de opbrengst bij het vast (streef)peil nagenoeg gelijk is tussen de jaren. Hiervoor is geen verklaring te geven.

Figuur 4-1: Hoeveelheid riet per slootvak uitgedrukt in gram droge stof per m² slootbodem, gemeten in het najaar van 2010 en 2011. De bepalingen zijn uitgesplitst in blad en stengel. Ook is de hoeveelheid stoffen (fosfor, stikstof en koolstof) in het riet gemeten. Bovendien is het totaal aantal kilogram stikstof en fosfor in het riet per slootvak bepaald, ervan uitgaande dat het talud tot 30 cm hoogte vanaf de slootbodem is begroeid met riet.

De opname van fosfor, stikstof en koolstof in het gewas in g/m^2 volgt ruwweg de opbrengst droge stof (Figuur 4-1). Hoewel –voor alle slootvakken– het grootste deel van de droge stof per m^2 sloot in de stengel zit, zit een relatief groot aandeel van de fosfor en vooral stikstof in het blad. De gemiddelde C/N verhouding van het blad is ca. 22; voor de stengels varieert dit tussen de jaren van 80 tot 93 (Tabel 4-1). Het blad is beter afbreekbaar en de nutriënten in het blad zullen sneller beschikbaar komen dan de in de stengel opgeslagen nutriënten omdat de stengel uit moeilijker afbreekbaar organisch materiaal (met een hogere C/N verhouding) bestaat.

Tabel 4-1: C/N verhouding (-) van blad en stengel van het riet, gemiddeld voor alle slootvakken, inclusief standaarddeviatie voor de jaren 2010 en 2011.

	C/N verhouding	
	2010	2011
blad	22.4 ± 2.0	22.0 ± 3.6
stengel	92.8 ± 16.8	80.1 ± 21.5

In een goed ontwikkeld rietgewas in de sloot wordt jaarlijks maximaal 3.5 kg stikstof en 0.46 kg fosfor per slootvak van ca. 100m in het riet vastgelegd (Tabel 4-2). Dat is ca. 17.7 g stikstof en 2.3 g fosfor per m^2 slootbodem.

Tabel 4-2: Door riet opgenomen stikstof (N) en fosfor (P; kg per slootvak) in de beide jaren waarin is gemeten.

Proef	**jaar**	**N (kg)**	**P (kg)**
Smink normaal	2010	3.5	0.46
Smink vast (streef)peil	2010	2.4	0.32
Smink normaal	2011	1.3	0.12
Smink vast (streef)peil	2011	1.7	0.17

Riet wat in de winter blijft staan sterft af en de bladeren en stengels komen als strooisel in de sloot terecht. De C/N verhouding in het in het najaar geoogste riet loopt uiteen van 22 in het blad tot meer dan 90 in de stengeldelen (Tabel 4-1). Hiermee kan het afgestorven riet prima fungeren als koolstofbron voor denitrificatie. Door Baker (1998) en Ingersoll *et al.* (1998) wordt ervan uitgegaan dat uit lisdoddestrooisel ca. 20% van de koolstof beschikbaar komt. Hume *et. al* (2002) houdt 8% aan als gemiddelde voor moerasvegetatie; Kadlec (2005) stelt 15%. De percentages hangen af van de hoeveelheid makkelijk afbreekbaar stof en van de waterstanden. Het niet afgebroken organisch materiaal hoopt op in de (sloot)bodem.

Denitrificatie, waarbij oud riet afbreekt, vindt plaats onder anaerobe omstandigheden. Voor denitrificatie van 1 kg nitraat-N is 1.107 kg koolstof nodig (Kadlec, 2002); omgerekend is voor het denitrificeren van 1 kg nitraatstikstof 4.98 kg koolstof nodig.

In een goed begroeide rietsloot wordt jaarlijks tot 900 g koolstof per m^2 vastgelegd in de bovengrondse delen van het riet (Figuur 4-1). Op basis van literatuurgegevens wordt uitgegaan dat 10 tot 20% van het afgestorven organisch materiaal beschikbaar komt als koolstofbron voor denitrificatie . De denitrificatiecapaciteit van de slootvakken berekend met een werkingscoëfficiënt van 20% staat in Tabel 4-3. De in het riet vastgelegde koolstof komt in het volgende groeiseizoen beschikbaar. Omgerekend in elementaire stikstof bedraagt de denitrificatiecapaciteit bij een productief rietgewas ca. 7 g/m^2 N of 3.5 g/m^2 N bij een werkingscoëfficient van 10% [1].

[1] 1 g N (elementaire stikstof) komt overeen met 4.424 g NO3-N (nitraat-stikstof)

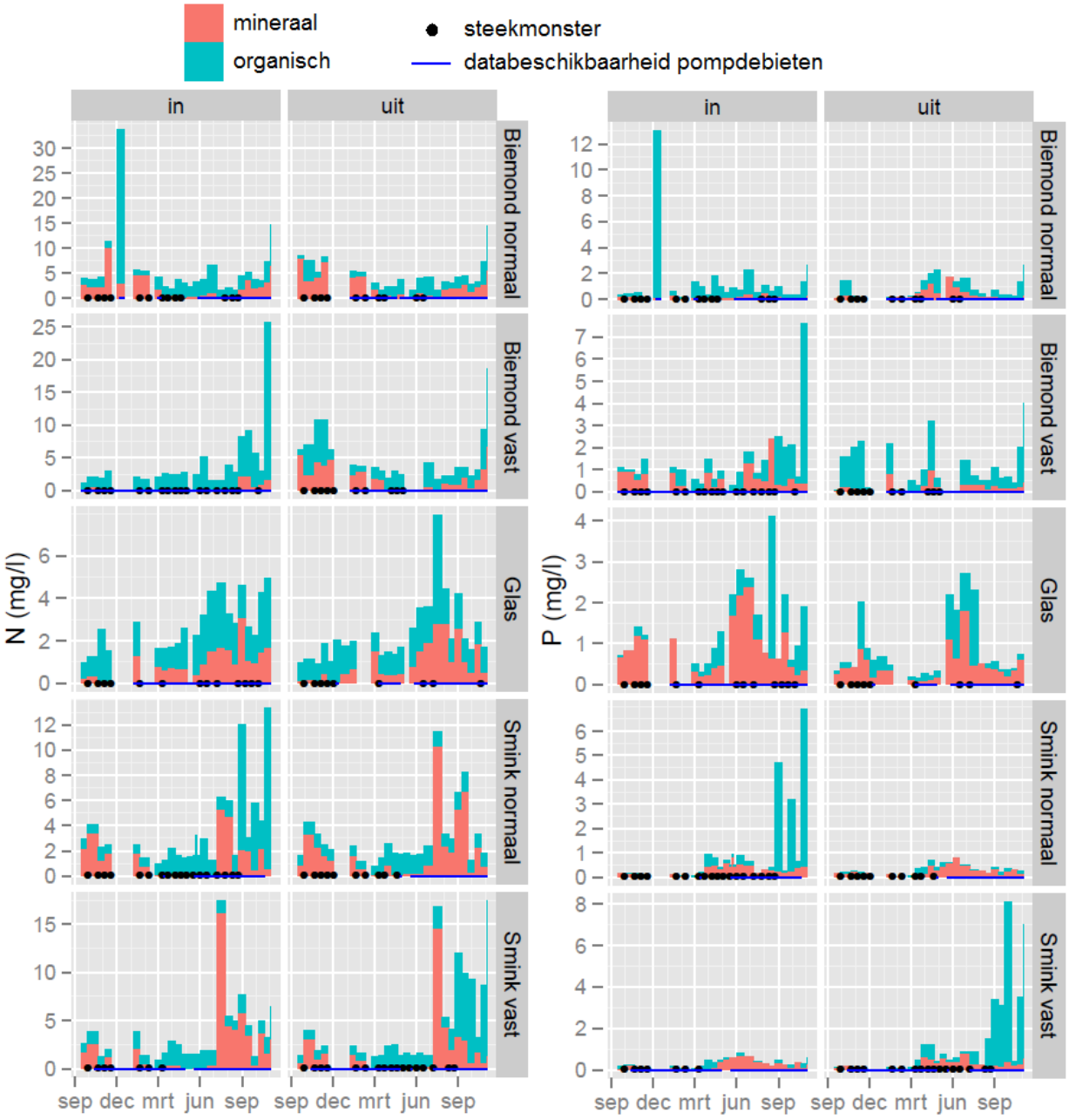
Tabel 4-3: Koolstof in het riet (g/m^2) in de jaren 2010 en 2011 en de berekende denitrificatiecapaciteit (g NO_3-N/m^2) voor de daarop volgende jaren 2011 en 2012 (met een werkingscoëfficiënt van 0.2).

Locatie	**Proef**	**C-totaal**		**denitrificatiecapaciteit**	
		2010	2011	2011	2012
		g/m^2	g/m^2	g/m^2	g/m^2
Biemond	normaal	874	787	35.1	31.6
	vast	598	600	24.0	24.1
Glas	normaal	652	174	26.2	7.0
Smink	normaal	778	351	31.2	14.1
	vast	586	528	23.5	21.2

4.2 Kwaliteit slootwater

De waterkwaliteit is gemeten aan de hand van tweewekelijkse debiet proportionele mengmonsters. Er wordt een steekmonster genomen voor elke 2 weken waarin te weinig water wordt verpompt voor een debiet proportioneel monster of wanneer de pompen niet werken bijvoorbeeld in droge periodes of door storing. Bij vorst en droogvallen van de sloot kunnen ook geen steekmonsters worden genomen. In het droge voorjaar van 2011 zijn vrijwel alleen maar steekmonsters genomen (Figuur 4-2).

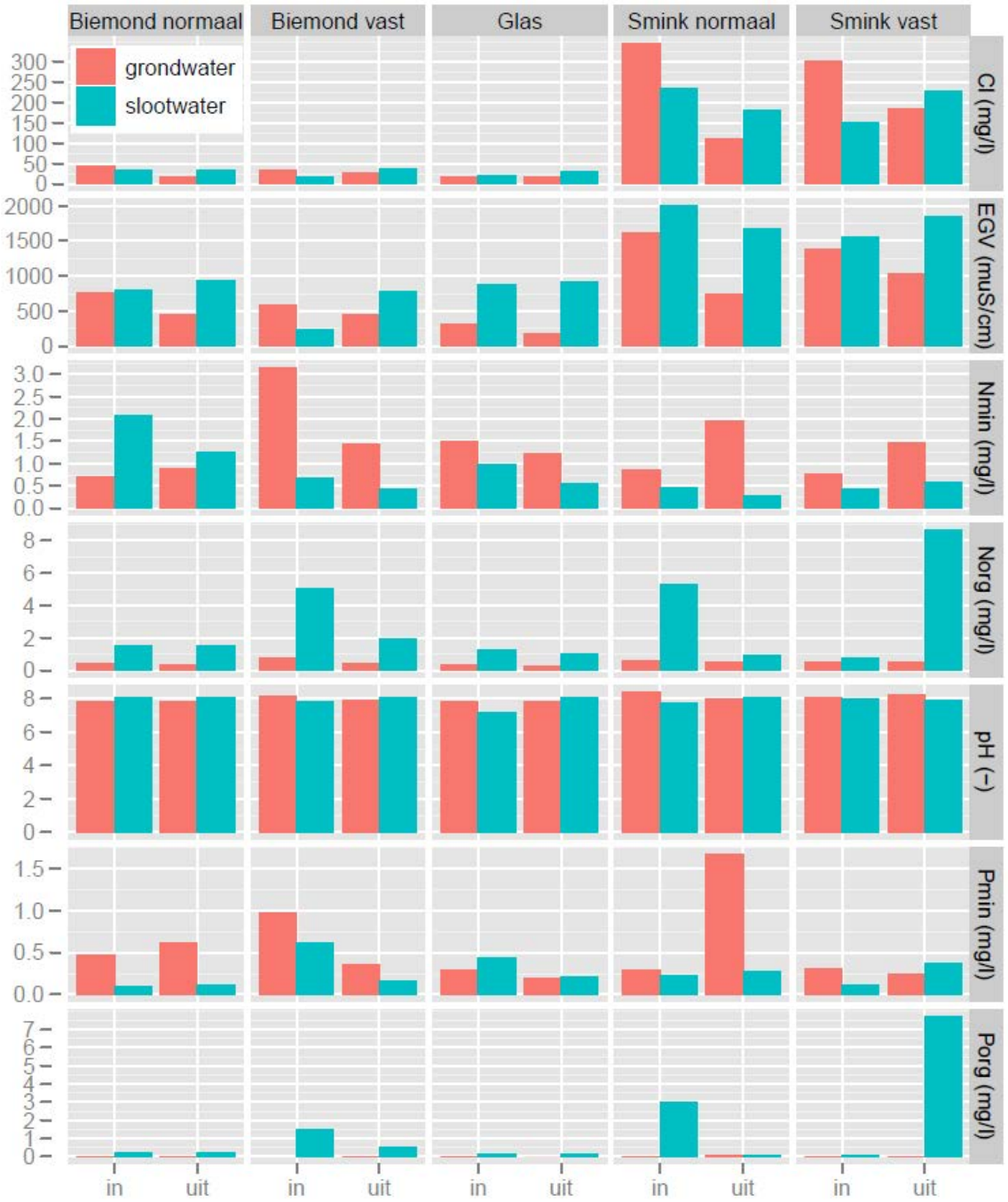
De gemeten stikstof - en fosforconcentraties van het ingepompte en uitgepompte slootwater staan in Figuur 4-2. Zowel de stikstof - als de fosforconcentraties vertonen een grote dynamiek. In het algemeen hebben de stikstof - en fosforconcentraties dezelfde dynamiek en heeft het water een ongeveer constante verhouding aan stikstof en fosfor. Piekconcentraties aan stikstof gaan dan ook meestal gepaard met piekconcentraties aan fosfor. De concentratiepieken worden voornamelijk gemeten in de nazomer en het najaar van 2011, waarin bij Smink stikstof concentraties tot 18 mg/l worden gemeten en fosforconcentraties tot maar liefst 8 mg/l. Op de locatie Biemond (met oppervlakkige afspoeling) zijn nog hogere piekconcentraties gemeten).



Figuur 4-2: Gemeten concentraties organisch en mineraal stikstof (links) en organisch en mineraal fosfor (rechts) van het ingepompte en uitgepompte slootwater in 2010 en 2011.

4.3 Kwaliteit grondwater

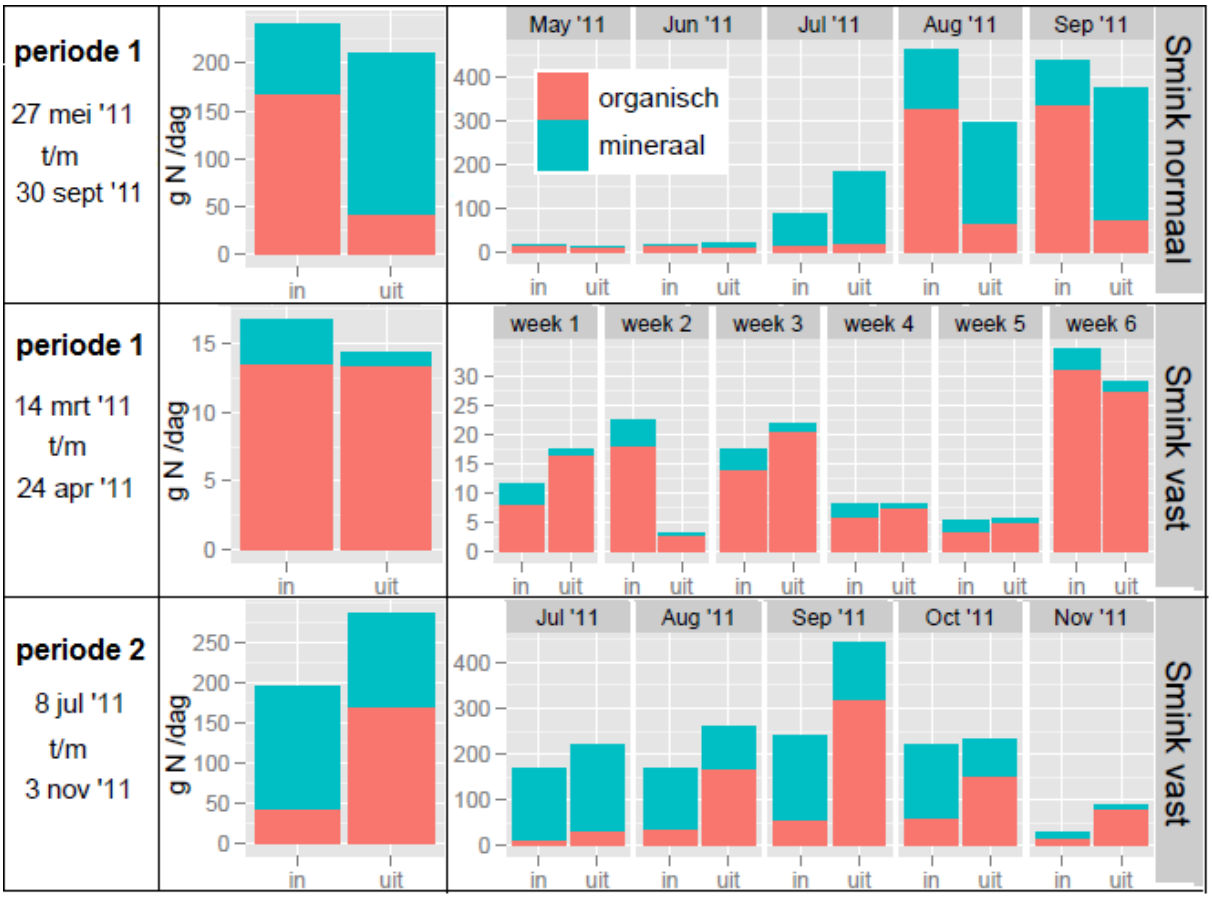
De in de dieper geplaatste stijghoogtebuizen gemeten kwaliteit van het water staat in Figuur 4-3. Vergeleken met het slootwater is op het moment van meten in het najaar van 2011het grondwater rijker aan mineraal stikstof en mineraal fosfor en armer aan organisch stikstof en fosfor.



Figuur 4-3: Gemeten grondwaterkwaliteit op 3 oktober 2011, vergeleken met de gemeten kwaliteit van het slootwater van het debiet proportionele monster begin oktober.

4.4 Nutriëntenbalans per slootvak

De nutriëntenbalans is opgesteld voor de slootvakken waarin de waterbalans redelijk sluitend is op basis van de gemeten waterbalanstermen. Dit zijn de twee slootvakken bij Smink (Hoofdstuk 3). De bijbehorende nutriëntenbalansen, opgesteld voor periodes waarin de metingen compleet zijn, staan in Figuur 4-4 voor stikstof en Figuur 4-5 voor fosfor. In deze figuren is te zien hoe de minerale en organische fractie bijdragen aan de balans. In de figuren in Bijlage 3 is te zien hoe de verschillende nutriëntenbronnen en -putten bijdragen.

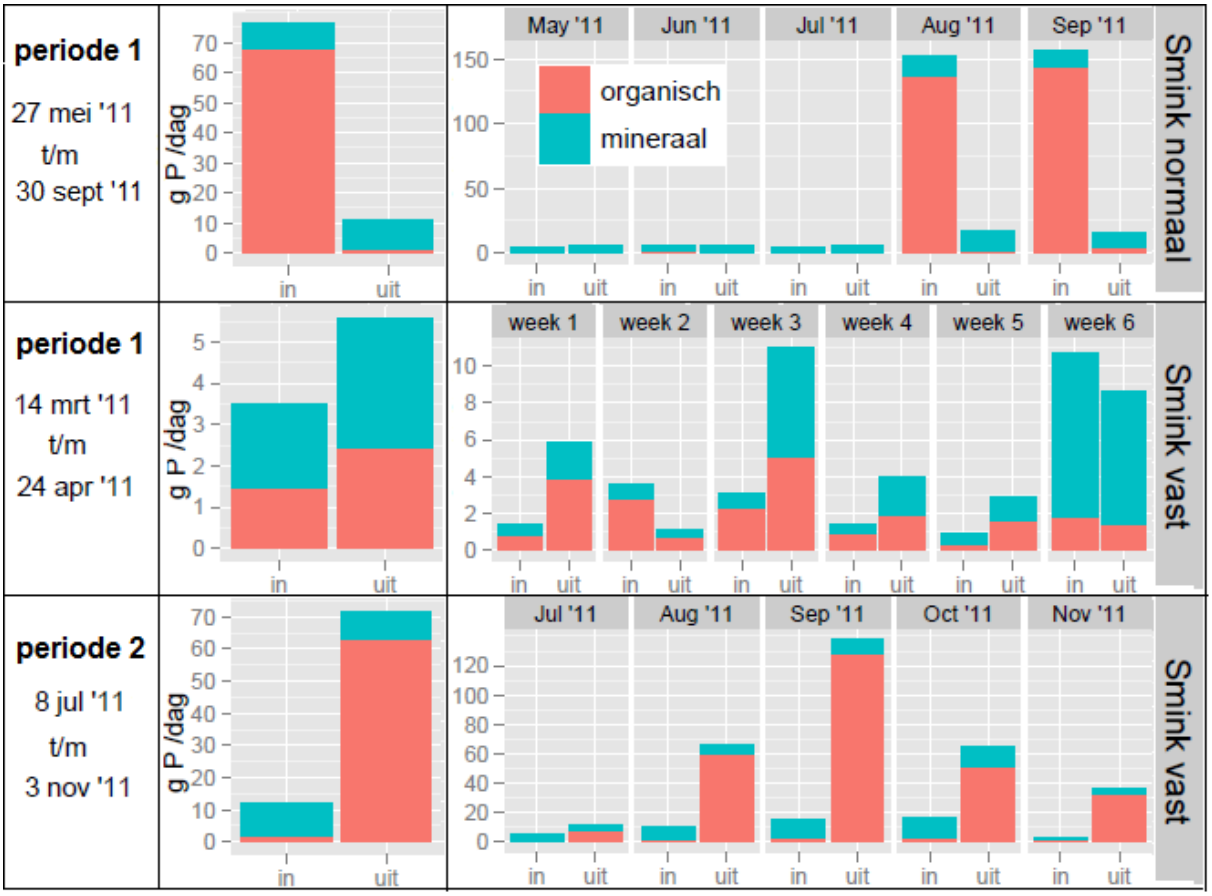


Figuur 4-4: stikstof balans, opgesteld voor de slootvakken en periodes waarin de waterbalans betrouwbaar kon worden opgesteld. Links = totale balans over periode, rechts = balans uitgesplitst per maand of week.

Uit de nutriëntenbalansen blijkt dat niet in alle slootvakken in de beschouwde periodes water wordt gezuiverd van nutriënten. Met name in het slootvak Smink vast (streef)peil is dit het geval. In de langste balansperiode (periode 2) verlaten meer nutriënten dit slootvak dan dat er binnen komen: de stikstof nalevering bedraagt 50% van de inkomende vracht, de fosfornalevering bedraagt 500% van de inkomende vracht. Het slootvak met het natuurlijke peil (Smink normaal) heeft volgens de balans wel een zuiverende werking in de beschouwde periode: de stikstofretentie bedraagt 13% en de fosforretentie is 86%.

In elk van de afzonderlijke maanden vindt netto nalevering plaats in het slootvak met het vast (streef)peil. In het slootvak met het natuurlijke peil, dat over de gehele periode gezien netto nutriënten vastlegt, is er in de maanden juni en juli sprake van lichte nalevering, zowel voor stikstof als fosfor. De totale nutriëntenbalans wordt voor beide slootvakken sterk bepaald door de maand september en in mindere mate ook de maand augustus. Dit zijn maanden waarin veel water met hoge nutriëntenconcentraties is verpompt. Met name voor de fosforbalans zijn deze maanden bepalend waarbij opvalt dat (Figuur 4-2) het ingepompte water in het

slootvak Smink vast (streef)peil weinig fosfor bevat terwijl het uitgepompte water een zeer hoge fosforconcentratie heeft. Dit uitgepompte fosforrijke water wordt vervolgens het slootvak Smink normaal ingepompt, terwijl het uitgepompte water van dit slootvak juist arm is aan fosfor. Er is in het bovenstroomse slootvak (Smink vast (streef)peil) een grote bron van organisch fosfor in augustus en met name september. Niet bekend is wat deze bron zou kunnen zijn, het oogsten van de tarwe en maïs in deze periode kan niet tot een dergelijk grote input aan fosfor leiden. In het benedenstroomse slootvak (Smink normaal) wordt een groot deel van het fosfor vastgelegd.



Figuur 4-5: Fosforbalans, opgesteld voor de slootvakken en periodes waarin de waterbalans betrouwbaar kon worden opgesteld. Links = totale balans over periode, rechts = balans uitgesplitst per maand of week.

4.5 Zuiverende werking sloten en aandeel van riet daarin

In het slootvak met normaal peil op locatie Smink is gedurende een periode van 127 dagen in de zomer van 2011 een (netto) retentie van 31.8 g N/dag bepaald (Tabel 4-4). Deze periode omvat vrijwel het hele groeiseizoen van riet in 2011. De met de balansmethode berekende (netto) retentie in de totale periode van 127 dagen bedraagt ongeveer 4 kg stikstof, ofwel 20 g stikstof per m^2 sloot. Dat komt overeen met een retentie van 13%. De opname van stikstof door riet in deze proef voor 2011 vastgesteld met de gewasbepalingen is 1.3 kg stikstof, dat is 1/3 van de retentie.

De retentie van fosfor in dit slootvak bedraagt 65.7 g per dag, ofwel ca. 8 kg (20 g per m^2 sloot) voor de periode van 127 dagen (Tabel 4-5). De retentie voor fosfor bedraagt voor dit slootvak 85%. De gemeten gewasopname fosfor door riet bedraagt 0.12 kg (0.6 g per m^2 sloot). De bijdrage van riet aan de retentie is bijzonder klein.

De meetreeksen voor het slootvak Smink vast streefpeil beslaan niet het hele groeiseizoen Op basis van de balans is voor de beschikbare periode sprake van nalevering van stikstof, op basis van de balansen is bijna 30% van de stikstof vrijgekomen uit dit slootvak. Voor fosfor zou deze nalevering met een grootte van 80% van de totale instroom de grootste bron fosfor in dit slootvak zijn.

De grote verschillen in resultaten tussen beide slootvakken maken dat voorzichtig moet worden omgegaan met de resultaten, de onzekerheden over de optredende retentie is groot door onzekerheden in de metingen en/of ruimtelijke verschillen in de slootvakken. De uiteenlopende resultaten kunnen niet het resultaat van de verschillende behandelingen, daarvoor zijn de feitelijke verschillen tussen de behandelingen te klein. De behandelingen zijn daarom niet meegenomen als verklarende variabele; *i.c.* er is geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende (streef-)peilen in de slootvakken.

Op basis van deze proeven kan geen eenduidige conclusie worden getrokken over de retentie in sloten. Daardoor is extrapolatie van de resultaten niet aan de orde.

Tabel 4-4: Stikstofbalans per proef voor de periodes waarin de waterbalans betrouwbaar is.

Smink vast (streef)peil periode 1: 42 dagen (14 mrt 2011 t/m 24 apr 2011)			
In (g/dag)		Uit (g/dag)	
pomp	14.3	pomp	14.3
kwel	2.4	wegzijging	0.0
afstroom/uitspoeling	0.0		
		Netto retentie	2.5
totaal	16.7		16.7

Smink vast (streef)peil periode 2: 119 dagen (8 jul 2011 t/m 3 nov 2011)			
In (g/dag)		Uit (g/dag)	
pomp	164.7	pomp	287.1
kwel	2.4	wegzijging	0.0
afstroom/uitspoeling	28.9		
nalevering	91.1		
totaal	287.1		287.1

Smink normaal periode 1: 127 dagen (27 mei 2011 t/m 30 sep 2011)			
In (g/dag)		Uit (g/dag)	
pomp	209.8	pomp	203.2
kwel	0.0	wegzijging	7.2
afstroom/uitspoeling	31.8		
		Netto retentie	31.1
totaal	241.5		241.5

Tabel 4-5: Fosforbalans, per proef voor de periodes waarin de waterbalans betrouwbaar is.retentie.

Smink vast (streef)peil periode 1: 42 dagen (14 mrt 2011 t/m 24 apr 2011)			
In (g/dag)		Uit (g/dag)	
pomp	3.1	pomp	5.6
kwel	0.4	wegzijging	0.0
afstroom/uitspoeling	0.0		
nalevering	2.1		
totaal	5.6		5.6

Smink vast (streef)peil periode 2: 119 dagen (8 jul 2011 t/m 3 nov 2011)			
In (g/dag)		Uit (g/dag)	
pomp	9.4	pomp	71.8
kwel	0.4	wegzijging	0.0
afstroom/uitspoeling	2.0		
nalevering	59.9		
totaal	71.8		71.8

Smink normaal periode 1: 127 dagen (27 mei 2011 t/m 30 sep 2011)			
In (g/dag)		Uit (g/dag)	
pomp	71.0	pomp	10.4
kwel	0.0	wegzijging	0.6
afstroom/uitspoeling	5.7		
		Netto retentie	65.7
totaal	76.6		76.6

4.6 Conclusies nutriëntenbalans

- In alle proefsloten zijn hoge tot zeer hoge piekconcentraties stikstof en fosfor gemeten.
- Alleen voor de locaties Smink zijn nutriëntenbalansen opgesteld (zie paragraaf 3.4)
- De retentie voor stikstof in het slootvak op locatie Smink met normaal peil is 20 g en voor fosfor 40 g per m^2 sloot (resp. 13% en 85% van de inkomende vracht).
- In het slootvak op locatie Smink met vast streefpeil vindt nalevering plaats voor zowel stikstof als fosfor, dit leidt tot *negatieve* retenties van 30% resp. 80%.
- De grote verschillen in resultaten tussen beide slootvakken maken dat voorzichtig moet worden omgegaan met de resultaten, de onzekerheden over de optredende retentie zijn groot door onzekerheden in de metingen en/of ruimtelijke verschillen binnen en tussen de slootvakken.
- De opname door een goed ontwikkeld gewas is ca. 17.7 g stikstof en 2.3 g fosfor per m^2 slootbodem
- De maximale denitrificatiecapaciteit van het jaarlijks geproduceerde rietstrooisel wordt op basis van de gewasopnames geschat op 31 g nitraatstikstof (ofwel 7 g elementaire stikstof) per m2 slootbodem per jaar.

5 Opstuwing door riet in sloten

Begroeiing van sloten belemmert de afvoer van water waardoor ook de ontwaterende en bergende functie afnemen. Bij waterschappen en grondeigenaren bestaat dan ook de angst dat overjarig riet de ont- en afwatering zal belemmeren waardoor grondwaterstanden stijgen en (meer) natschade kan ontstaan. Om na te gaan of deze angst terecht is, is in dit hoofdstuk is de opstuwing van de slootwaterdiepte door riet berekend. De opstuwing is het gevolg van de verhoogde stromingsweerstand door het riet. De grootte van deze opstuwing hangt af van onder meer de afmetingen van de sloot, de dichtheid van de begroeiing met riet en de door de sloot af te voeren hoeveelheid water.

Om wateroverlast in het winterseizoen te voorkomen wordt het riet in de sloten normaliter in het najaar gemaaid. Bij veel waterschappen is het jaarlijks schonen van schouwsloten verplicht. Waterschap Noorderzijlvest staat, wanneer geen problemen met de doorvoer te verwachten zijn, in veel gevallen het laten overstaan van riet in de schouwsloten toe. In Groningen komt naar verhouding dan ook veel meer overjarig riet in sloten voor dan in de rest van Nederland, zowel in schouwsloten als in perceelsloten in beheer bij de gebruiker.

5.1 Theorie

Voor het bepalen van het effect van riet op de waterdiepte is er gekeken naar een aantal stromingsvergelijkingen en hoe deze rekening houden met de hydraulische weerstand van vegetatie. Deze weerstand is onder andere afhankelijk van de hoeveelheid vegetatie en van vegetatie specifieke eigenschappen als stengeldikte, bladoppervlak en vorm en ruwheidskenmerken. Deze eigenschappen worden door verschillende stromingsvergelijkingen op een andere manier meegenomen.

Eén van de meest gebruikte stromingsvergelijkingen is de Chezy-formule voor eenparig turbulente stroming:

$$v = C\sqrt{RS} \qquad (3.1)$$

waarin:

C = de coëfficiënt van Chézy [m½ s^{-1}]
v = de stroomsnelheid (m s^{-1})
R = de hydraulische straal (m)
S = het verhang in de waterstand (-)

In Nederland wordt de Chezy weerstandscoëfficiënt (C) vaak gerelateerd aan de Manning ruwheid coëfficiënt (n).

$$C = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{n} \qquad (3.2)$$

waarin:

n = de Manningscoëfficiënt ($m^{1/3}$ s-1)

De waarde van de Manningcoëfficiënt is onder andere afhankelijk van de stroomsnelheid in de watergang en de onderhoudstoestand van de watergang. Zowel de Chezy als Manning vergelijking zijn oorspronkelijk opgesteld voor het beschrijven van de wandruwheid. Deze formules worden echter ook veel toegepast voor begroeide watergangen. De hierbij horende weerstanden worden vaak opgezocht in tabellen (Chow, 1959 en Arcement & Schneider, 1989). In het Cultuur technisch vademecum is ook een tabel opgenomen met weerstandscoëfficiënten, afhankelijk van de begroeiingstoestand.

Weerstand door vegetatie
Voor de stroming van water door vegetatie is de vergelijking van Petryk en Bosmaijan (1975) beschikbaar. Deze vergelijking beschrijft de stroming van water door vegetatie aan de hand van een vegetatie specifieke weerstandscoëfficiënt (C_D) in combinatie met de vegetatiedichtheid (m) en vegetatie diameter (D):

$$v = \sqrt{\frac{2g}{C_D m D}}\sqrt{S} \qquad (3.3)$$

waarin:
g = de valversnelling (m s^{-2})
C_D = de specifieke weerstandscoëfficiënt
m = het aantal objecten per oppervlak (# m^{-2})
D = de diameter van de objecten (m)

Aannames bij deze formule zijn dat de vegetatie een constante weerstand veroorzaakt per doorstromend oppervlak en de stroomsnelheid over het doorstromende oppervlak gelijk is. Dit kan aangenomen worden wanneer de invloed van de bodemruwheid verwaarloosbaar is ten opzichte van de weerstand die wordt veroorzaakt door de vegetatie.

Een verder uitgewerkte vergelijking is de vergelijking van Stone en Shen (2002) (vergelijking 3.4). Naast de weerstand veroorzaakt door de vegetatie neemt deze vergelijking ook het toenemende volume van de vegetatie mee. Hierdoor is er minder volume in de watergang beschikbaar voor de stroming van water. Hierdoor stijgt de stroomsnelheid en de hiermee samenhangende gradiënt in de waterstand (S).

$$v = \sqrt{\frac{2g}{C_D m D}}\sqrt{S}\sqrt{(1 - D\sqrt{m})(1 - \frac{1}{4}\pi m D^2)} \qquad (3.4)$$

5.2 Toepassing

Voor deze studie is gebruik gemaakt van formule 3.4: de vergelijking van Stone en Shen (2002). Deze vergelijking beschrijft alleen de weerstand van riet en neemt aan dat de wandruwheid verwaarloosd kan worden. Het opstuwende effect van het riet kan worden bepaald door de gradiënt in de waterstand (S) te bereken. Deze gradiënt bepaalt, samen met de lengte van het met riet beplante traject, de totale opstuwing.

De stroomsnelheid (v) moet hiervoor uitgerekend worden aan de hand van een opgelegd debiet, de geometrie van de watergang en een waterstand. Het is belangrijk dat de gebruikte waterdiepte voor de specifieke watergang representatief is voor het bij behorend debiet. Indien de waterdiepte te klein is zal dit resulteren in een onrealistisch hoge stroomsnelheid en hierdoor een onrealistische en snel veranderende gradiënt in de waterdiepte.

Weerstandscoëfficiënt
In de vergelijking van Stone en Shen (2002) wordt gebruik gemaakt van een weerstandscoëfficiënt (C). Deze weerstandscoëfficiënt beschrijft de weerstand van een object in een stroming. De weerstandscoëfficiënt van een perfecte cilinder is 0.47 (Wikipedia). Voor modelstudies met cilinders in een stroomgoot wordt echter vaak een weerstandscoëfficiënt van 1 gebruikt. Riet is echter niet perfect cilindrisch. Bovendien zal het blad van het riet ook een bijdrage leveren in de weerstand. Baptist (2005) en Huthoff (2006) vinden voor

experimenten met niet flexibele vegetatie en objecten een weerstandscoëfficiënt tussen de 0,4 en 1,6. Voor flexibele, meer grasachtige vegetatie, worden echter ook hogere weerstandscoëfficiënt waarden gevonden, oplopend tot 3. Omdat verwacht wordt dat er relatief weinig blad aan het riet zal zitten, althans aan het doorstroomde deel van het riet, is er in deze studie uitgegaan van een weerstandscoëfficiënt van 1,5.

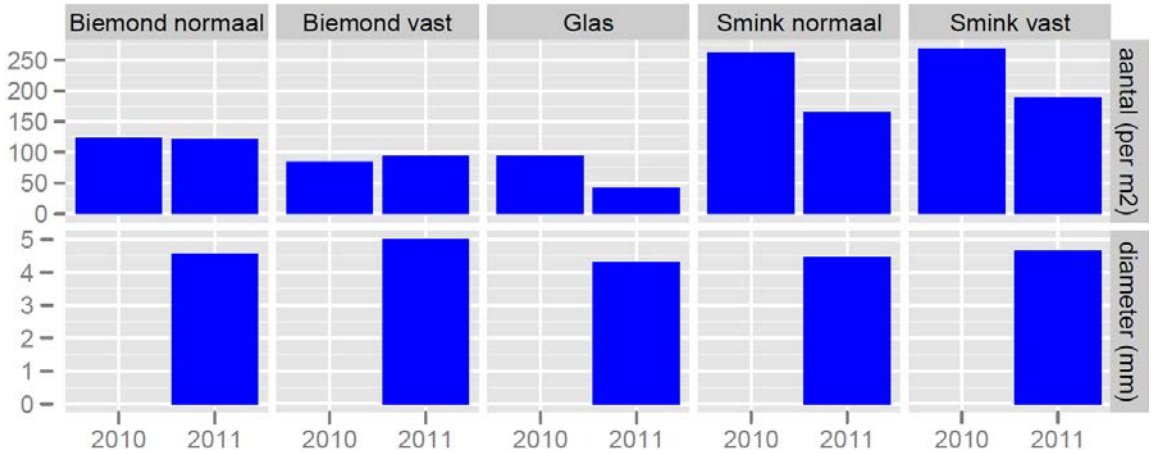
Dichtheid van het riet

Naast de weerstandscoëfficiënt is er ook informatie nodig over de rietdichtheid in een watergang. Deze rietdichtheid wordt door Stone en Shen (2002) uitgedrukt in het aantal objecten per vierkante meter oppervlak en de diameter van deze objecten. Hierbij gaan Stone en Shen (2002) uit van cilindrische objecten, wat goed bij de vorm van de rietstengels past.

In de bemeten slootvakken in deze studie zijn maximaal 268 stengels per vierkante meter geteld met stengeldiameters die varieerden tussen de 4,3 en 5 mm (Figuur 5-1). Op basis van deze meetgegevens zijn de volgende rietdichtheden opgesteld (Tabel 5-1).

Tabel 5-1: Gebruikte rietdichtheid uitgedrukt in de stengeldiameter en het aantal stengels per oppervlak.

Rietdichtheid	**Diameter stengels**	**Aantal stengels**
	mm	# / m^2
Licht begroeid	4,0	100
Behoorlijk begroeid	4,5	200
Volledig begroeid	5,0	300



Figuur 5-1: Aantal rietstengels per vierkante meter en hun gemiddelde diameter.

Geometrie

Een grote bodembreedte en een flauw talud zorgen voor een relatief grote toename in de afvoer bij een kleine waterstandsstijging. In dit onderzoek zijn 4 representatieve geometrieën gekozen (Tabel 5-2). Deze slootprofielen zijn bepaald op basis van de in het onderzoeksgebied aanwezige geometrie en de slootprofielen in Nederland op basis van het hydrotype waarin de sloot ligt (Massop *et al.* 2007). Eén van de gekozen profielen heeft een talud van 1:1 en een bodembreedte van 0,5 meter, zoals het ontwerpprofiel dat wordt gehanteerd door Waterschap Noorderzijlvest. Nieuwe sloten bij dit waterschap krijgen echter een talud van 1:1.5. Dit talud is ook meegenomen in de geanalyseerde slootprofielen.

Tabel 5-2: Gebruikte slootprofielen voor het berekenen van de opstuwing veroorzaakt door riet.

Geometrie	**Bodembreedte**	**Talud**
	m	-
1	0.5	1:1
2	0.5	1:1.5
3	1.0	1:1
4	1.0	1:1.5

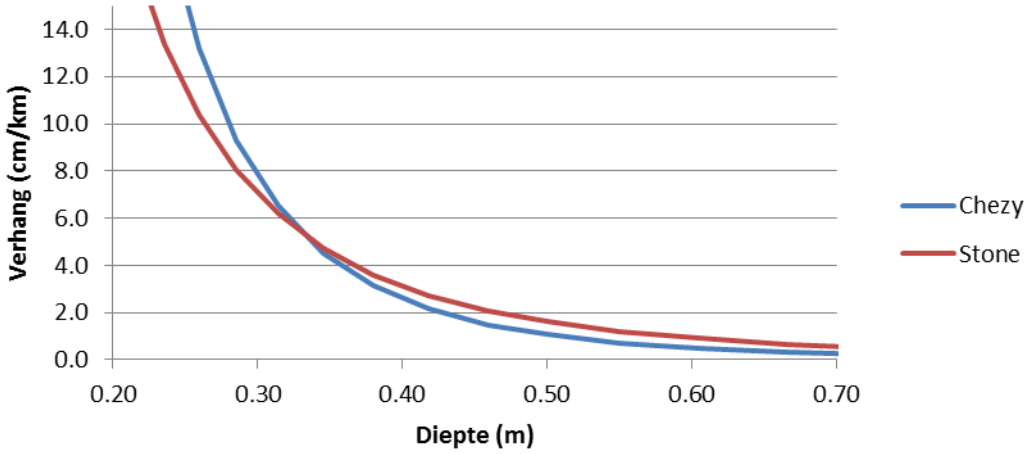
Waterdiepte en debiet

De gebruikte waterdiepte is de waterdiepte in het met riet beplante traject. Hierbij kan in eerste instantie de benedenstroomse waterdiepte van het met riet beplante traject gebruikt worden. Deze waterdiepte vormt een opgelegde randvoorwaarde. Het debiet moet in overeenstemming zijn met de geometrie van de watergang en de opgelegde benedenstroomse waterdiepte: de waterdiepte, het debiet en de geometrie in een watergang bepalen de resulterende stroomsnelheid. Voor dit onderzoek is gekozen voor een oplopend debiet tot 150 liter/s. Dit debiet komt ongeveer overeen met een maatgevende afvoer bij een afwaterend oppervlak van 100 ha.

5.3 Invloed wandruwheid en riet op de opstuwing

Zowel de formule van Manning als Chezy zijn oorspronkelijk afgeleid voor het beschrijven van de wandruwheid. Het door Chezy en Manning berekende verhang is afhankelijk van de natte omtrek. Deze natte omtrek neemt maar beperkt toe bij een groter wordende waterdiepte.

De weerstand veroorzaakt door riet is echter afhankelijk van het doorstromende oppervlak, zoals beschreven door Stone en Shen (2002). Het doorstroomde oppervlak neemt sneller toe bij een groter wordende waterdiepte. Hierdoor zal het verhang berekend met Stone en Shen (2002) minder snel afnemen met de diepte dan het verhang berekend met Chezy (Figuur 5-2).



Figuur 5-2: Vergelijking tussen het verhang van de waterdiepte berekende met "Stone en Shen" en Chezy. Gebruikte parameters: Q = 0.01 m^3/s, bodembreedte = 0.5 m, talud = 1:1, rietdichtheid = 100 stengels/m^2, rietdikte = 5 mm, weerstandscoëfficiënt = 1,5 en Manning wandruwheid k_m = 5 $m^{1/3}s^{-1}$.

De berekende toename in de waterdiepte als gevolg van het riet is vooral van belang tijdens hoogwatersituaties. Er is daarom voor gekozen om om uit te gaan van Stone en Shen (2002).

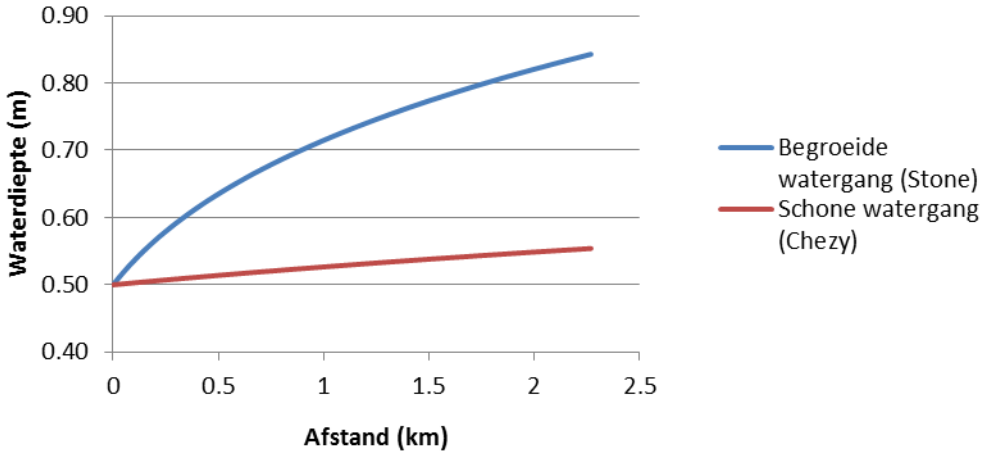
5.4 Invloed van de lengte van de sloot op de opstuwing

Door het riet neemt de weerstand van de watergang toe. De stroomsnelheid van het water zal afnemen en er is een grotere gradiënt in de waterstand nodig om het opgelegde debiet af te voeren (Figuur 5-3). Hierdoor is de gradiënt in de waterstand bovenstrooms lager dan benedenstrooms (Figuur 5-4). Deze afname in de gradiënt kan berekend worden door de formule van Stone en Shen (2002) iteratief door te rekenen (vergelijking 3.5) met een variërende waterdiepte (d_x).

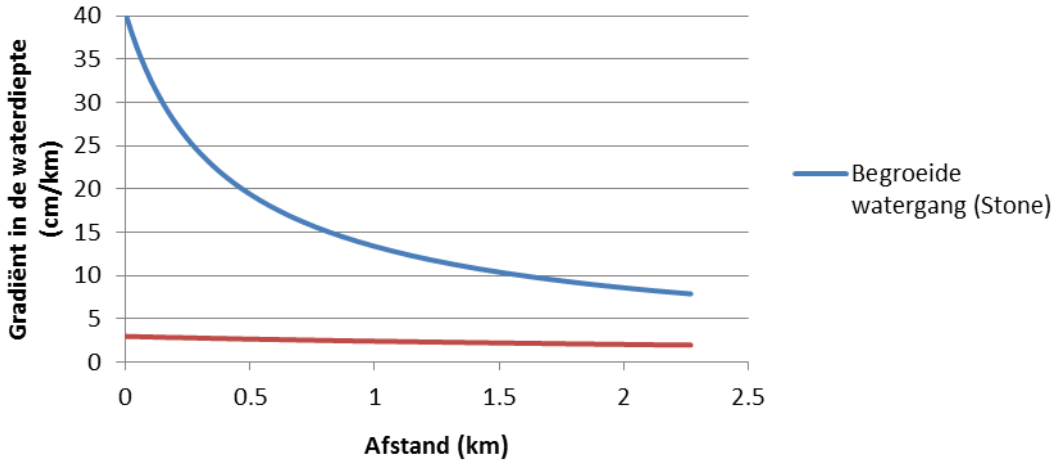
$$d_x = \frac{S_{x-1} + S_x}{2}(x - x_{-1}) + d_{x-1} \qquad (3.5)$$

De snelheid van de afvlakking van de waterstandstijging is sterk afhankelijk van de gekozen waterdiepte. Deze waterdiepte zal in eerste instantie de oorspronkelijke benedenstroomse waterdiepte zijn tijdens een hoogwatersituatie. Door het riet zal vanaf dit punt de waterstand gaan stijgen ten opzichte van de oorspronkelijke waterstanden. Door de beschreven toename in de waterdiepte (Figuur 5-3) zal deze stijging echter geleidelijk afnemen. De te verwachten gemiddelde waterstandsstijging is hierdoor niet alleen afhankelijk van de weerstand van de vegetatie, maar ook van de lengte van het traject waar de weerstand zal toenemen. Hierbij zal het grootste verhang optreden op het meest benedenstroomse deel van het traject (Figuur 5-4).

Door deze afname in het verhang is het van belang om een realistische initiële waterdiepte te kiezen. Wanneer de waterdiepte bij de randvoorwaarde te laag is, zal de waterstand in het eerste deel van het traject te snel stijgen. Hierdoor is er op basis van de berekende benedenstroomse gradiënt geen goede inschatting te maken van de waterstandstijging over het totale met riet beplante traject. De invloed van de gebruikte benedenstroomse waterdiepte op de gemiddelde opstuwing is weergegeven in Tabel 5-3.



Figuur 5-3: Afvlakking van de opstuwing door de toenemende waterdiepte. Gebruikte parameters: Q = 0.01 m^3/s, bodembreedte = 0.5 m, talud = 1:1, rietdichtheid = 100 stengels/m^2, rietdikte = 5 mm, weerstandscoëfficiënt = 1,5 en Manning wandruwheid k_m = 5 $m^{1/3}s^{1}$.



Figuur 5-4: Afname in de gradiënt van de waterdiepte in relatie tot de afstand tot de benedenstroomse randvoorwaarde. Gebruikte parameters: Q = 0.01 m^3/s, bodembreedte = 0.5 m, talud = 1:1, rietdichtheid = 100 stengels/m^2, rietdikte = 5 mm, weerstandscoëfficiënt = 1,5 en Manning wandruwheid k_m = 5 $m^{1/3}$ s-1.

Tabel 5-3: Berekend gemiddelde opstuwing als functie van de lengte van het traject met riet en de gekozen randvoorwaarde Gebruikte parameters: Q = 0.01 m^3/s, bodembreedte = 0.5 m, talud = 1:1, rietdichtheid = 100 stengels/m^2, rietdikte = 5 mm, weerstandscoëfficiënt = 1.5

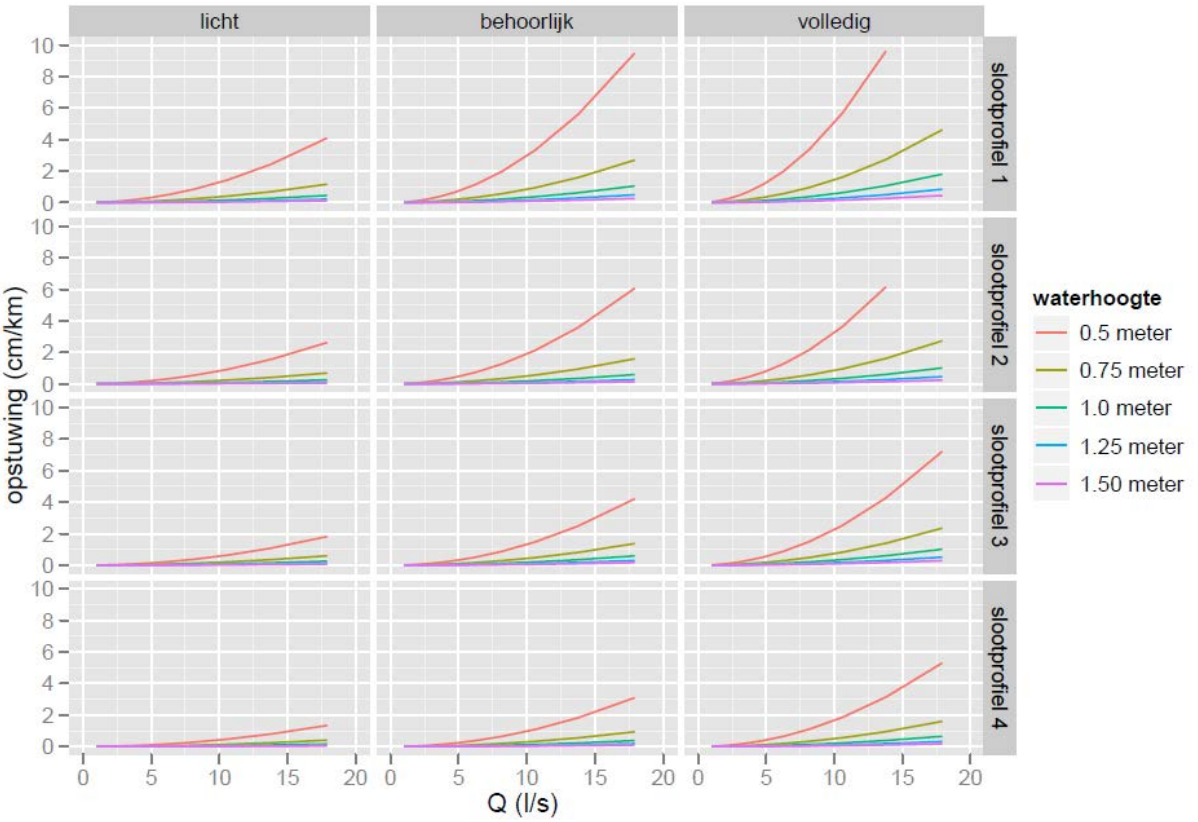
	Gemiddeld opstuwing veroorzaakt door riet		
Benedenstroomse waterdiepte	0.50m	0.75m	1.00m
Traject begroeid met riet km	cm/km	cm/km	cm/km
0.00	40.3	11.5	4.5
0.25	31.6	10.7	4.4
0.50	25.7	9.7	4.0
1.00	21.5	9.4	4.2
2.00	16.0	8.1	3.9

5.5 Invloed van de dichtheid van riet op de opstuwing

Met behulp van de benedenstroomse waterdiepte, het debiet en de dichtheid van het riet kan een indicatie gegeven worden van de invloed van riet op de waterdiepte (Figuur 5-5). In deze figuur is de maximale gradiënt weergegeven. De gemiddelde gradiënt over het volledige met riet begroeide traject kan fors lager zijn, zeker bij geringe waterdieptes (zie paragraaf 5.4). Daarbij is bij de berekening van de in Figuur 5-5 weergegeven opstuwing de wandruwheid verwaarloosd. Dit heeft een beperkt effect op de berekende opstuwing. Het wel meenemen van de wandruwheid leidt tot een toename van de opstuwing van maximaal 5%. Dit volgt uit berekeningen.

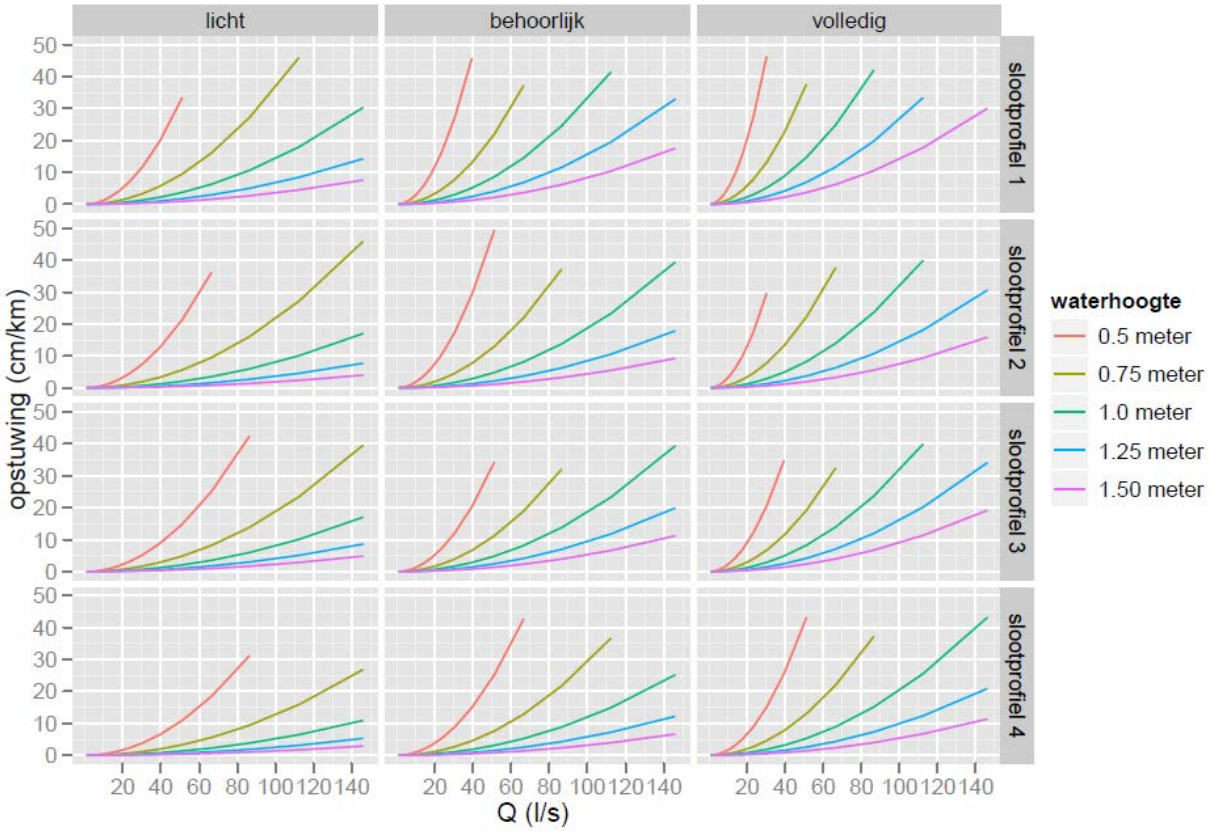
Zoals verwacht neemt de opstuwing toe bij een toenemend debiet en bij een toenemende rietdichtheid. Hierbij resulteert een verdubbeling van de rietdichtheid nagenoeg in een verdubbeling van de door het riet veroorzaakte opstuwing.

Voor een maatgevende afvoer van 1,50 liter/s/ha voor gedraineerde kleigronden behorend en een afwaterend oppervlak van 5 tot 10 ha bedraagt de hoogwaterafvoer (afvoer die 1 à 2 maal per jaar wordt bereikt of overschreden) 7.5. tot 15 l/s. Voor sloottype 3, met een bodembreedte 1 m en een talud 1:1, resulteert dit bij volledige begroeiing met riet in opstuwingen van 1.5 tot 6 cm/km bij en waterdiepte van 0.5 meter, en tot opstuwingen van 2 cm/km bij een waterdiepte van 0.75 m. Bij nog hogere waterdieptes zal de opstuwing voor dit slootprofiel kleiner dan 1 cm/km zijn. Bij een wijder profiel (4) is de opstuwing bij dezelfde afvoeren kleiner, bij een stijl profiel met een smallere bodembreedte (1) neemt de opstuwing toe tot 12 cm/km bij een waterdiepte van 50 cm. De opstuwing door volledige begroeiing met riet in sloten is in de orde van cm's per km, de effecten op de grondwaterstanden zijn klein net als de effecten op natschade.



Figuur 5-5: Maximale opstuwing veroorzaakt door riet in relatie tot de waterhoogte (legenda), het debiet Q, de mate van rietbegroeiing (zoals gedefinieerd in Tabel 5-1) en het slootprofiel (zie Tabel 5-2).

Voor benedenstroomse waterlopen met een groter vanggebied en grotere hoogwaterafvoeren moet wel rekening worden gehouden met de opstuwing door begroeiing met riet (Figuur 5-6).



Figuur 5-6: Maximale opstuwing veroorzaakt door riet in relatie tot de waterhoogte (legenda), het debiet Q, de mate van rietbegroeiing (zoals gedefinieerd in Tabel 5-1) en het slootprofiel (legenda rechts, zie Tabel 5-2).

5.6 Conclusies opstuwing

- De opstuwing door volledige begroeiing met riet in perceelsloten in kleigebieden is in de orde van cm's per km. De effecten op de grondwaterstanden en de effecten op natschade zijn niet groot.
- Voor benedenstroomse waterlopen met een groter vanggebied en grotere hoogwaterafvoeren moet rekening worden gehouden met grotere opstuwing door begroeiing met riet.

6 Perspectieven van helofytenfilters in sloten

Klankbordgroep vanuit de 'praktijk'
De klankbordgroep met deelnemers vanuit de 'praktijk' is bijeen geweest 7 december 2010; zie Bijlage 4 voor het verslag. Deze groep bestond uit 8 agrarisch ondernemers, 1 loonwerker, en 1 beleidsmedewerker (voorheen uitvoerder van de schouw) van het waterschap. Een aantal deelnemers zijn lid van de ANV Wierde&Dijk en participeren in het project 'Kaantjes en raandjes' van de ANV (natuurvriendelijke oevers). Eén van de ondernemers heeft een verleden als riet-teler in de Biesbosch. De groep bestond uit ondernemers die het laten staan van riet zelf toepassen, ondernemers die daar positief tegenover staan en ondernemers die de sloot het liefst zo schoon mogelijk zien.

Door de groep worden mogelijkheden gezien om meer riet in perceels- of binnensloten te laten staan. Voor waterschaps- of zwetsloten is de doorstroming belangrijk en heeft jaarlijks schonen een grote voorkeur. Het maakt ook uit waar het riet in de sloot staat. Riet in het talud heeft nagenoeg dezelfde natuurwaarde als riet wat op de slootbodem groeit en riet in het talud hindert de doorstroming minder. De zuiverende werking van riet in het talud is naar verwachting ook gering.

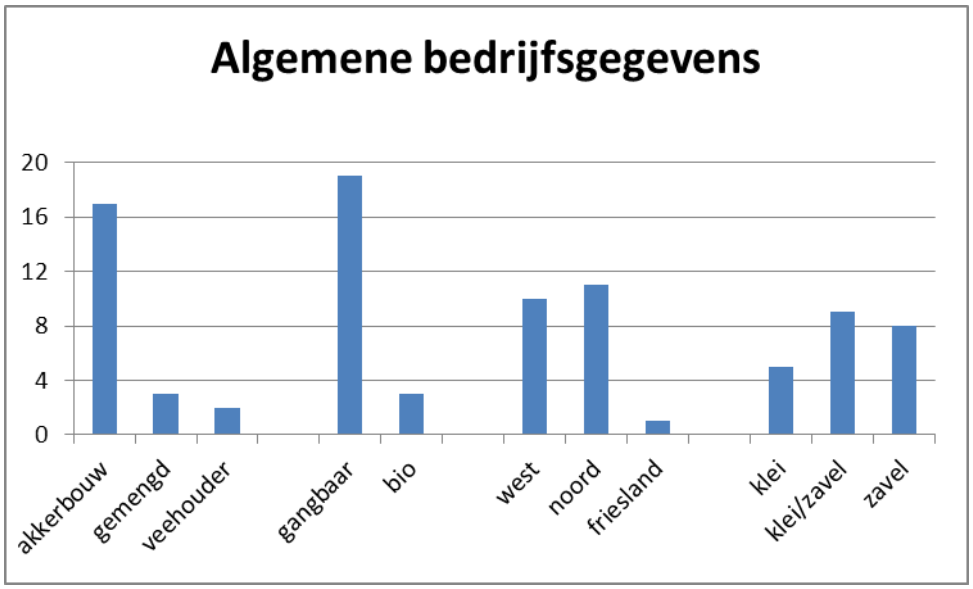
Uit de klankbordgroep kwam naar voren dat een vitale rietsloot met een goede natuurwaarde eens in de drie jaar gemaaid moet worden. Bij frequenter maaien blijft te weinig oud riet in de winter over. Bij minder intensief onderhoud ontstaat na verloop van tijd een dikke laag organisch materiaal, welke de rietgroei belemmert. De sloot moet dan vaker worden uitgebaggerd. ANV Wierde & Dijk heeft goede ervaringen met alternerend beheer (beurtelings de linker- of rechterhelft van de sloot schonen).

Uit praktische overwegingen worden sloten meteen na de (graan-) oogst vanaf augustus geschoond. Omdat het riet dan nog niet is afgestorven, put dit de wortelstokken uit. Voor een goede hergroei zou later schonen wanneer het bovengrondse riet is afgestorven i.e. in november beter zijn. Om dat mogelijk te maken zou de keurdatum waarop de sloten geschoond moeten zijn (nu 1 november) door het waterschap verruimd moeten worden. Voor een goede hergroei is het belangrijk het riet niet te diep weg te maaien.

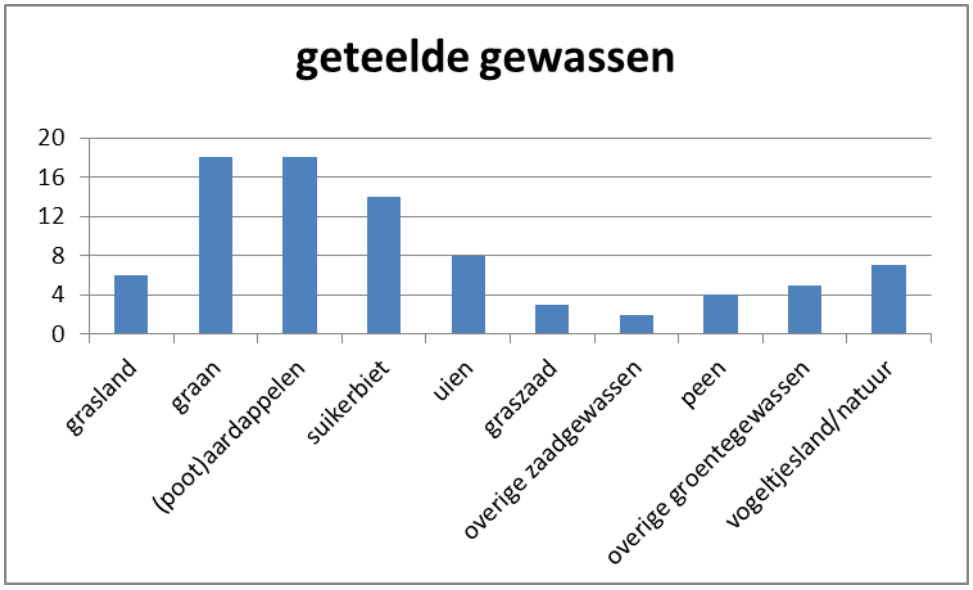
Enquête landbouwkundige aspecten
In de zomer van 2011 is een enquête onder agrarisch ondernemers uitgevoerd om een beeld te krijgen van de functies die sloten voor de gebruikers hebben en hoe in de praktijk het slootonderhoud wordt uitgevoerd. Ook is gevraagd naar de mogelijkheden die de ondernemer ziet om niet (meer) jaarlijks te schonen en de gevolgen daarvan voor de doorstroming. De ondernemers zijn allen lid van de agrarische natuurvereniging Wierde & Dijk. Van de 22 respondenten zijn 19 eerder of nog steeds bij projecten van Wierde en Dijk betrokken.

6.1 Landbouwkundige aspecten

Bedrijfsgegevens
In totaal zijn 22 landbouwers geïnterviewd; 21 in Noord- Groningen, 1 bedrijf in Friesland. In Figuur 6-1 zijn een aantal gegevens van de agrariërs weergegeven. Er hebben 17 akkerbouwers, 2 veetelers en 3 gemengde bedrijven aan de enquête meegedaan. De meeste bedrijven telen gangbaar en 3 biologisch. De bedrijven waren gelijk verdeeld over de regio's west en noord. De grondsoort was klei of zavel.
De meest geteelde gewassen waren, naast uiteraard gras bij de veehouderijbedrijven, graan, aardappelen en suikerbieten (Figuur 6-2). Op 80% van de bedrijven werd graan en aardappelen geteeld.
Op een derde van de bedrijven stonden natuurstroken of vogeltjesland.



Figuur 6-1: Bedrijfsgegevens van de 22 geïnterviewde ondernemers.



Figuur 6-2: De op de bedrijven van de 22 ondernemers geteelde gewassen

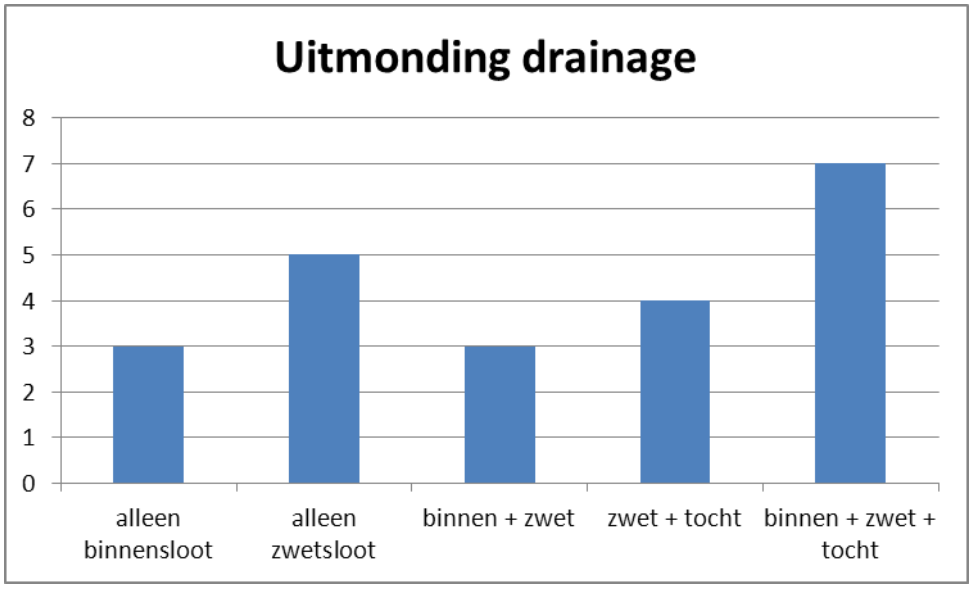
Lengte en aard van de sloten en rietgroei

Gevraagd is naar de lengte van de sloten en of het een binnensloot of een waterschapssloot (zwetsloot) betreft. De opgegeven lengtes betrof voor een groot deel schattingen. De gemiddelde lengte van de binnensloten op de bezochte bedrijven is 2.7 kilometer variërend van 200 meter tot 15 kilometer. De gemiddelde lengte van de zwetsloten is 5.1 kilometer variërend van 1.5 tot 14 kilometer. De lengte van de zwetsloten is daarmee bijna twee zo groot, maar er zijn grote verschillen tussen de bedrijven.

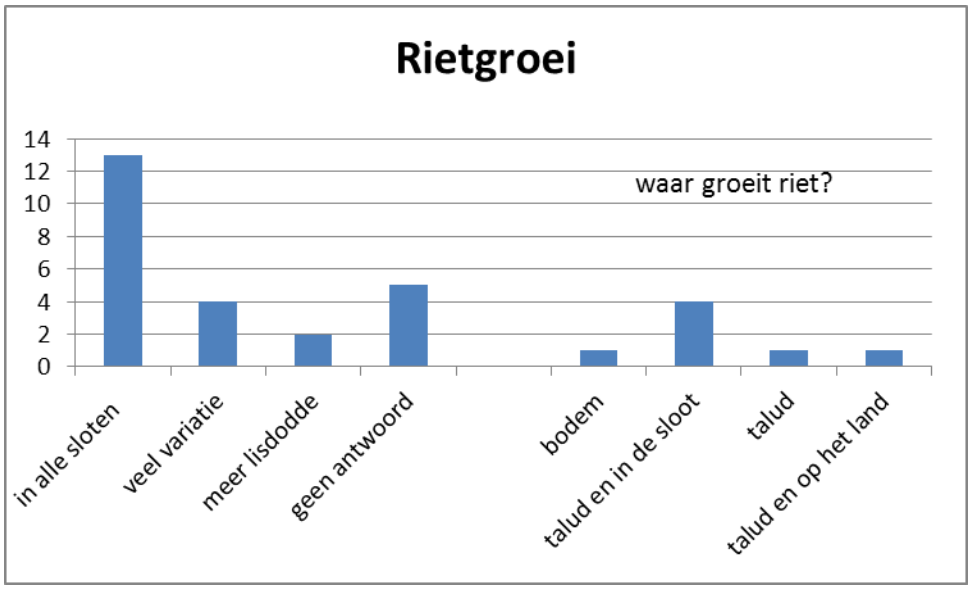
Op 30% van de bedrijven mondt drainage uit in zowel de binnensloten, de zwetsloten en tochten (Figuur 6-3). Ook op 30% van de bedrijven komt drainwater deels in de binnensloten en deels in de zwetsloten terecht of deels in zwetsloten en deels in de tocht. Op ca. 30% van de bedrijven stroomt het drainwater alleen uit in binnensloten of zwetsloten.

Er werden veel verschillende opmerkingen gemaakt over de sloten. Op sommige bedrijven lijken de sloten op elkaar, zijn alle sloten watervoerend of staan juist veelal droog. Op de meeste bedrijven is de functie en beeld van de sloten heel gevarieerd. Sommige sloten zijn diep, andere ondiep afhankelijk van de plaats op het bedrijf. Sommige sloten hebben een belangrijke functie in de waterafvoer en andere alleen bij extreem weer. In sommige sloten komt ook drainwater van de buurman.

Over de rietgroei waren de opmerkingen eenduidiger (zie Figuur 6-4), maar is de variatie tussen de bedrijven groot. Op alle bedrijven staat riet in de sloot of in de slootkant. Riet in alle sloten of riet in de meeste sloten werd in meer dan de helft van de gevallen genoemd. Op een paar andere bedrijven staat het riet vooral op het talud of maar deels in de sloot. Op één bedrijf groeit het riet het land op. Een aantal keren werd genoemd dat de variatie in rietgroei tussen sloten en in dezelfde sloot groot is. Een verklaring voor de verschillen werd meestal niet gegeven. Eén keer werd aangegeven dat in de geschoonde sloten geen riet op de bodem staat en in de niet geschoonde sloten wel. Als de sloot elk jaar met de maaikorf wordt geschoond is de kans op riet in de sloot zelf klein. Twee keer werd genoemd dat er steeds meer lisdodde voorkomt en één keer concurrentie tussen onkruid en riet.



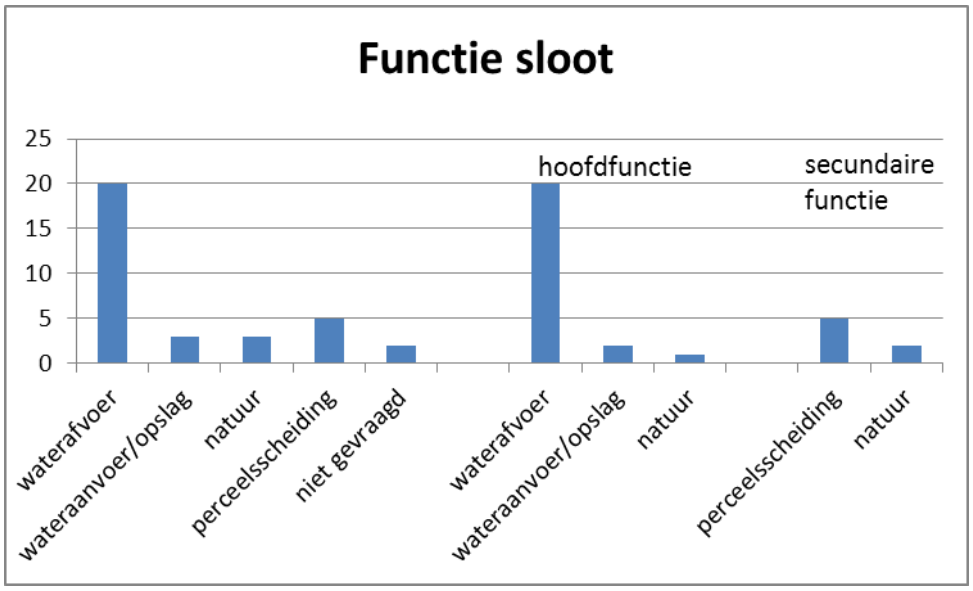
Figuur 6-3: Sloottype waar de drainagebuizen uitmonden per bedrijf (van totaal 22 bezochte bedrijven).



Figuur 6-4: Karakterisering van de rietgroei in de sloten op de 22 bezochte bedrijven.

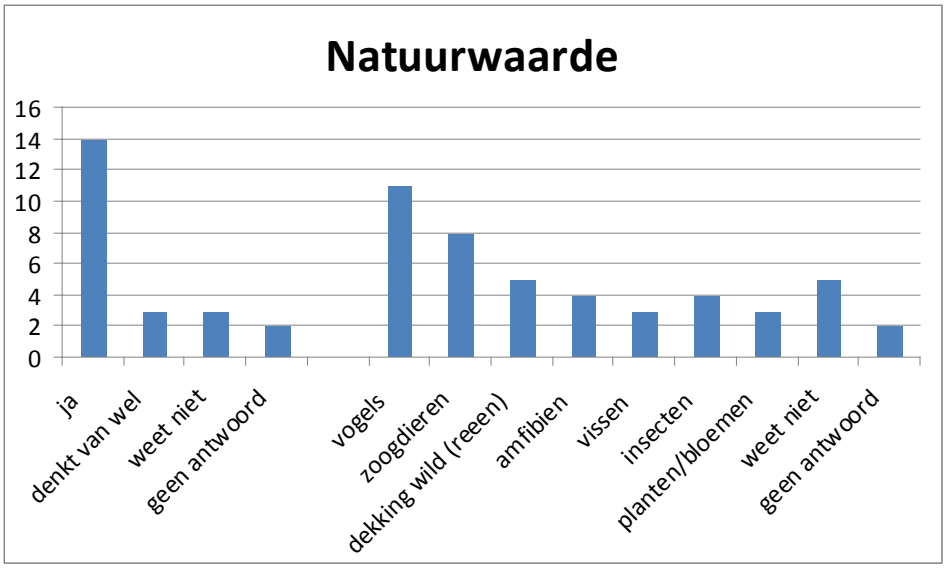
De functie van sloten, natuurwaarde en waterkwaliteit

De belangrijkste functie van sloten is volgens bijna alle deelnemers het afvoeren van water (Figuur 6-5). Daarnaast wordt bij twee landbouwers de sloot gebruikt voor wateraanvoer of wateropslag voor beregening. Bij een derde agrariër was dat in het verleden ook zo. Als secundaire functie zijn perceelsscheiding en natuur genoemd. Ook de zuiverende werking is door één ondernemer genoemd. Een ander heeft een helofytenfilter in de gracht aangelegd voor zuivering van huishoudelijk water. Ook in de winter meent deze persoon dat uitspoeling wordt tegengegaan omdat het begroeid blijft.



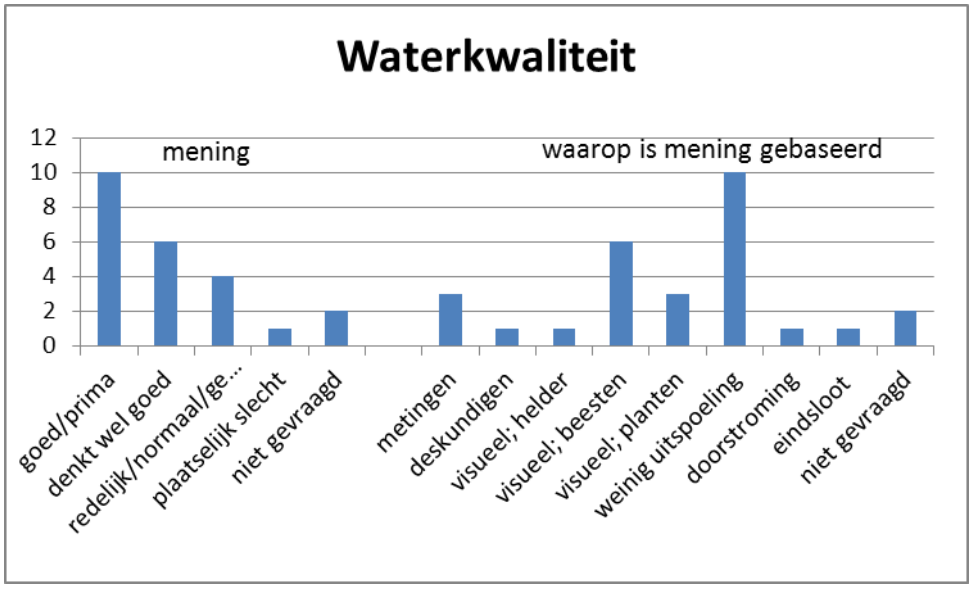
Figuur 6-5: Functies van sloten en indeling in hoofdfunctie en secundaire functie (bron: interviews).

Het merendeel van de deelnemers kent natuurwaarde toe aan de sloot (Figuur 6-6). Een aantal weet het niet of weet niet hoe ze dit moeten beoordelen. Als indicator werden vogels het meest genoemd, gevolgd door zoogdieren (veelal reeën). Daarnaast kleinere beesten als kikkers, vissen en insecten. Als opmerking werd geplaatst dat riet drift opvangt bij het spuiten van gewasbeschermingsmiddelen, wat gunstig is voor de natuur. Opvallend weinig werden planten of bloemen genoemd. Riet staat dan ook bekend als dominante plantensoort; in een rietvegetatie komen doorgaans weinig andere soorten voor.



Figuur 6-6: De natuurwaarde van sloten (bron: interviews).

De waterkwaliteit werd op de helft van de bedrijven goed of prima bevonden (Figuur 6-7). De andere helft vindt de waterkwaliteit redelijk, normaal of gemiddeld of denkt wel dat het goed is. Op 1 bedrijf is de waterkwaliteit plaatselijk slecht (rood water). Veel agrariërs vinden het slootwater er goed uit zien (helder of schoon) en vinden de waar te nemen dieren en planten een goede indicator voor schoon water. Als oorzaak voor een goede waterkwaliteit werd genoemd weinig uitspoeling van nutriënten, o.a. door een laag bemestingsniveau en bewust spuiten (geen bestrijdingsmiddelen in de sloot). De beoordeling van de waterkwaliteit werd op een kwart van de bedrijven gebaseerd op metingen of het oordeel van deskundigen.



Figuur 6-7: De kwaliteit van het slootwater op het bedrijf (bron: interviews).

Het uitgevoerde maaibeheer

In Figuur 6-8 is een overzicht van het beheer van de sloten weergegeven. Door een aantal bedrijven is geen antwoord gegeven (hadden die sloten wellicht niet) of is het niet gevraagd. Dit aantal (2 tot 7 afhankelijk van de vraag) is in de figuur (uitgedrukt in procenten) niet af te lezen. Zie Bijlage 5 voor details. Omdat het onderhoud tussen de zomer en in de herfst veelal verschilt is hiertussen onderscheid gemaakt. Het zomerbeheer tussen binnensloten en zwetsloten bleek nauwelijks te verschillen. Het onderhoud in het najaar tussen deze twee slootsoorten was wel duidelijk verschillend. Om zicht te krijgen op een eventueel verschil in beheer tussen sloten met instromende drainagewater en sloten zonder instromend drainagewater zijn deze in de vraagstelling gescheiden gehouden. De antwoorden bleken echter nauwelijks te verschillen. In de getoonde figuren is dan ook geen onderscheid gemaakt. In de bijlage staan ze wel apart vermeld.

Het zomerbeheer staat meestal vast. Bij 20% van de bedrijven wordt geen beheer uitgevoerd (o.a. als het grasland betreft) en bij 15% is het variabel (Figuur 6-8 linksboven). Het grootste deel (85%) van de sloten wordt elke zomer onderhouden (Figuur 6-8 rechtsboven). Het beheer in de zomer wordt op alle bedrijven zelf uitgevoerd (Figuur 6-8 linksonder). De sloten of slootkanten worden grotendeels zelf gemaaid en op ca. 20% van de bedrijven zelf gemaaid met de klepelmaaier (klepelen; Figuur 6-8 rechtsonder).

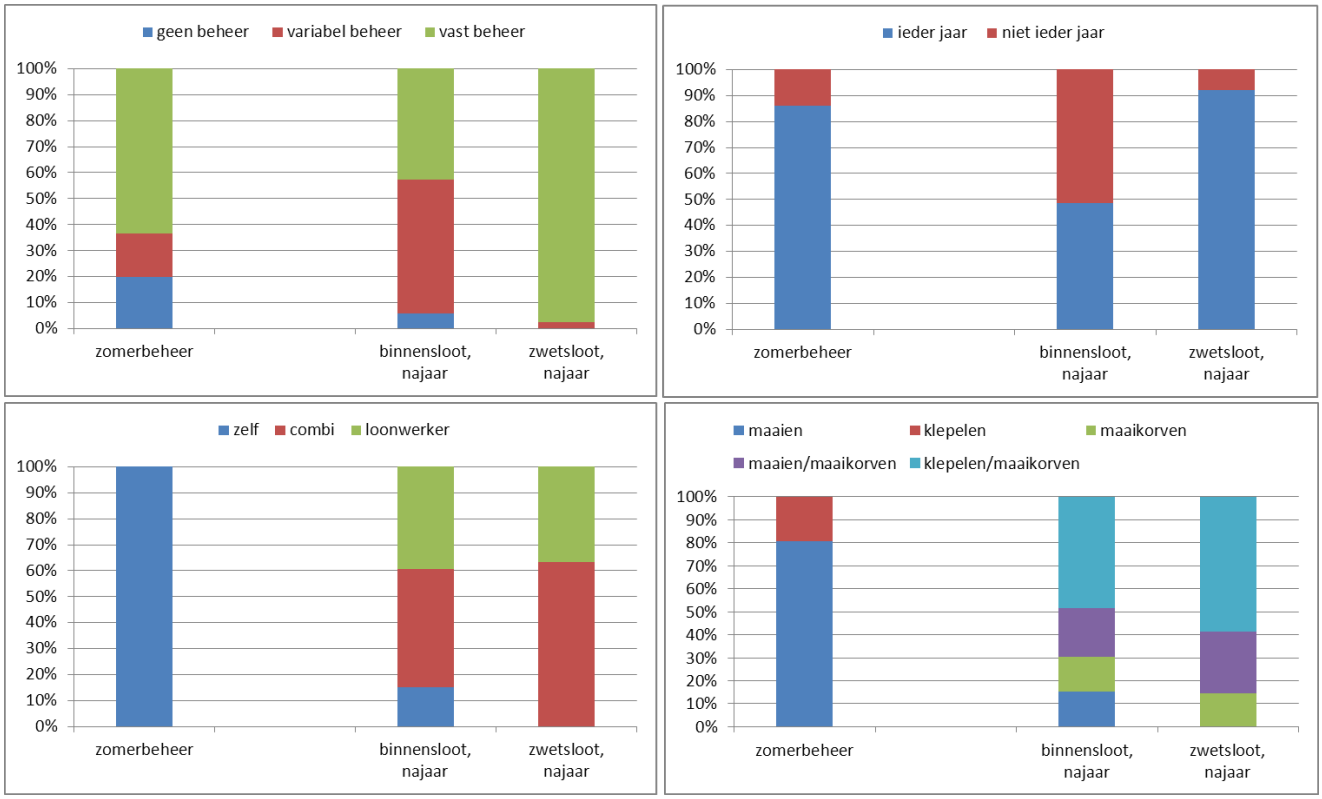
Machinaal slootonderhoud

Bij een klepelmaaier zitten stalen klepels aan een ronddraaiende as. De klepels slaan de vegetatie los en vermalen dit. Een klepelmaaier is geschikt voor het maaien van bermen, grasstroken sloottalud, etc..

Een maaikorf is een gecombineerd werktuig waarbij waarmee een sloot zowel wordt gemaaid (de messenbalk) als geschoond (de korf). Het maaisel wordt samen met het grovere materiaal uit de sloot op de kant gehaald. Wanneer de maaikorf diep door de sloot wordt gehaald, kan een laagje van de slootbodem worden afgegraven. Maaikorven wordt door de loonwerker uitgevoerd, soms voorafgegaan door klepelen.

In de zwetsloten wordt op een klein percentage na jaarlijks onderhoud gepleegd (Figuur 6-8 rechtsboven) volgens de Keur. Het onderhoud in de herfst van de zwetsloten wordt voor 60% gecombineerd (zelf maaien of klepelen en maaikorven door een loonwerker) en wordt voor de resterende 40% uitsluitend door de loonwerker uitgevoerd (klepelen/maaikorven of alleen maaikorven). Het onderhoud bestaat altijd uit maaikorven, grotendeels voorafgegaan door klepelen (ca. 60%) of maaien (25%). Opgemerkt wordt dat klepelen in opdracht van het waterschap zeer nadelig voor de natuur is.

De binnensloten worden in de herfst gemiddeld maar voor de helft onderhouden. In de herfst worden de binnensloten door zo'n 15% van de ondernemers zelf onderhouden, voor ca. 40% door de loonwerker en voor de rest deels door de boeren zelf en deels door de loonwerker (Figuur 6-8 linksonder). Het gecombineerde onderhoud is dan maaien of klepelen door de agrariër en maaien met de maaikorf door de loonwerker (Figuur 6-8 rechtsonder). Ca 15% van de binnensloten wordt in de herfst alleen gemaaid. De rest wordt met een maaikorf gemaaid, veelal voorafgegaan door maaien met de klepelmaaier.



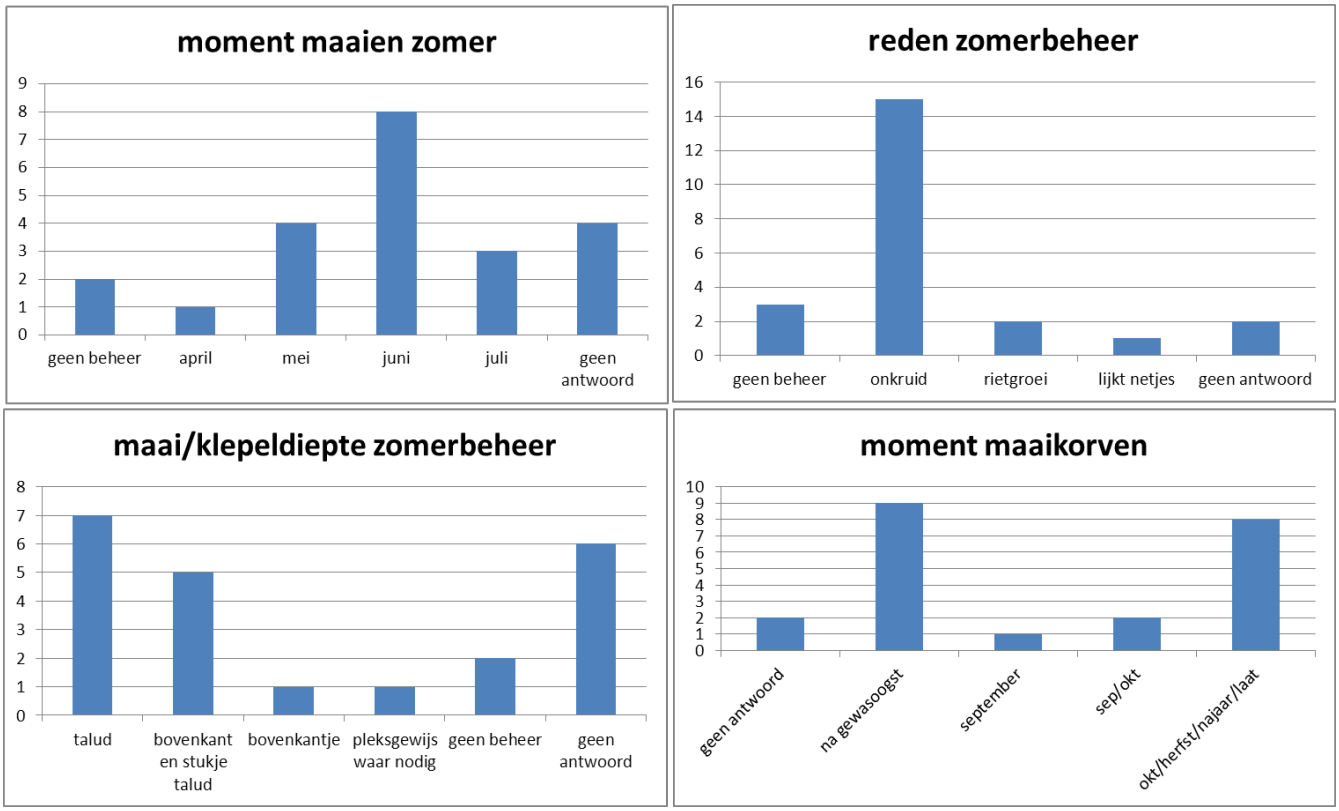
Figuur 6-8: Slootbeheer in de zomer en beheer van de binnensloten en zwetsloten in het najaar (bron: interviews).

In onderstaande Figuur 6-9 staan de antwoorden op de aanvullende vragen t.a.v. het beheer van de sloten. Het beheer in de zomer vindt plaats in de maanden mei, juni en juli, vooral met het doel onkruid te bestrijden (linksboven en rechtsboven). Bij twee ondernemers werd er gemaaid om rietgroei op het land tegen te gaan. O.a. om bij bewerking van het land goed te kunnen zien waar de sloot begint.

Op de vraag welk gedeelte van de sloot wordt gemaaid wordt heel divers geantwoord (Figuur 6-9 linksonder). Soms wordt alleen het talud gemaaid tot een diepte van 1.5 meter of worden de bovenkant (de perceelrand) en het talud gemaaid. Soms wordt alleen de bovenkant gemaaid. Uit de antwoorden door de verschillende ondernemers valt overigens niet op te maken wat precies het onderscheid is tussen 'talud', 'bovenkant' en 'bovenkant en stukje talud'.

Het moment van maaikorven in de herfst hangt voornamelijk af van wanneer het gewas van het land is (Figuur 6-9 rechtsonder). Dit verschilt uiteraard per gewas. Een aantal gaf aan zo laat mogelijk te schonen voornamelijk om hergroei van het riet te voorkomen, maar ook om wild en vogels zo lang mogelijk dekking te kunnen geven. Eén ondernemer gaf aan de binnensloten om die laatste reden pas in het voorjaar te schonen.

Er werden een aantal opmerkingen gemaakt, waaronder dat goed geschoonde sloot in een aardappelteelt belangrijk wordt geacht. Het rietbeheer is afhankelijk van de rietgroei en het belang van de sloot voor de waterafvoer. Het beheer gaat in overleg met de buurman. Eén agrariër wil keurontheffing gaan aanvragen voor het schouwen van de sloten.



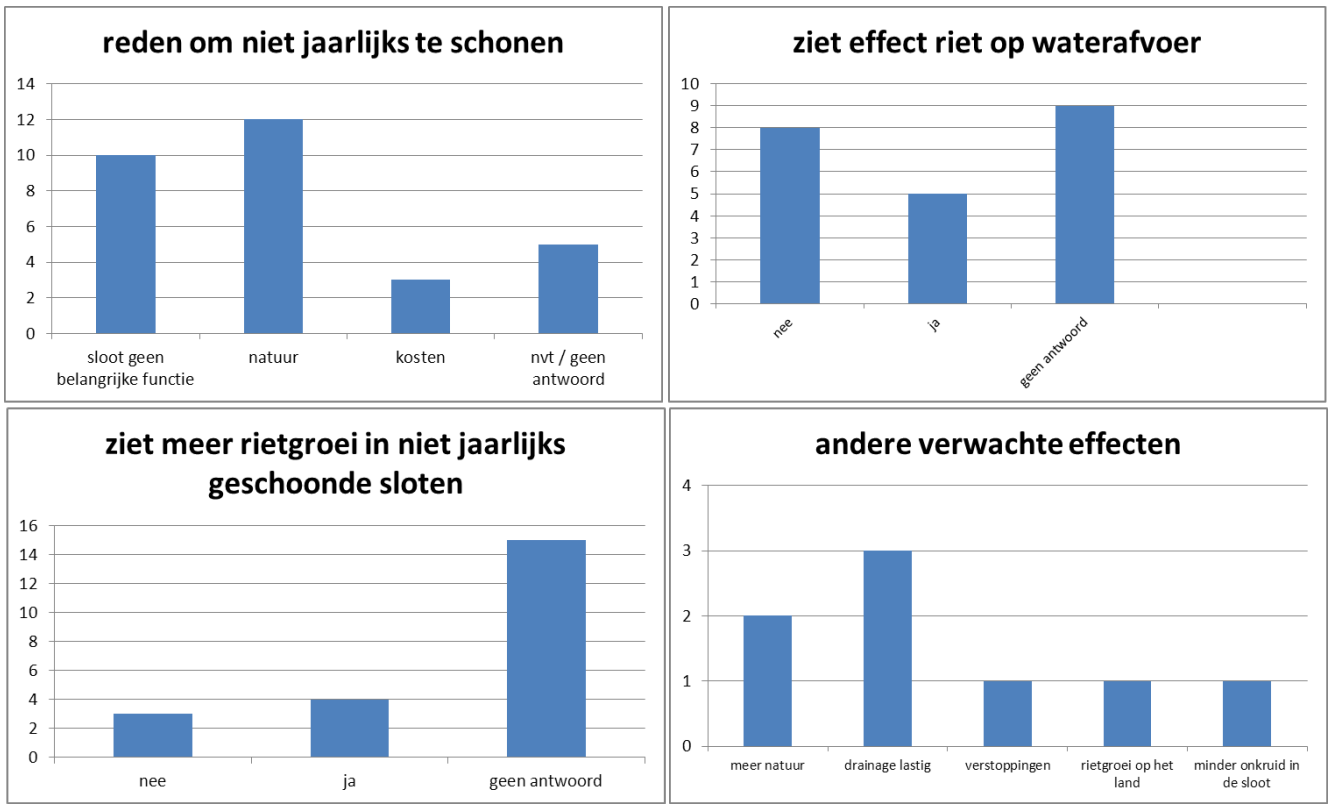
Figuur 6-9: Beheer van sloten in voorjaar/zomer en najaar/winter (bron: interviews).

Consequenties van niet-jaarlijks schonen van sloten

In sloten die geen belangrijke functie hebben in de waterafvoer kan het jaarlijks schonen achterwege blijven (Figuur 6-10 linksboven). De hogere natuurwaarde van niet geschoonde sloten wordt belangrijk gevonden. Ook de kostenbesparing wordt een aantal keren genoemd.

Het niet jaarlijks schonen heeft volgens de meesten geen effect op de waterafvoer o.a. omdat het riet voornamelijk op het talud staat en niet in de slootbodem (rechtsboven). Anderen geven aan dat de rietgroei de waterafvoer wel afremt of dat de sloot dicht slibt als gevolg van rietgroei. Het belang van de sloot in de waterafvoer speelt hier wel doorheen.

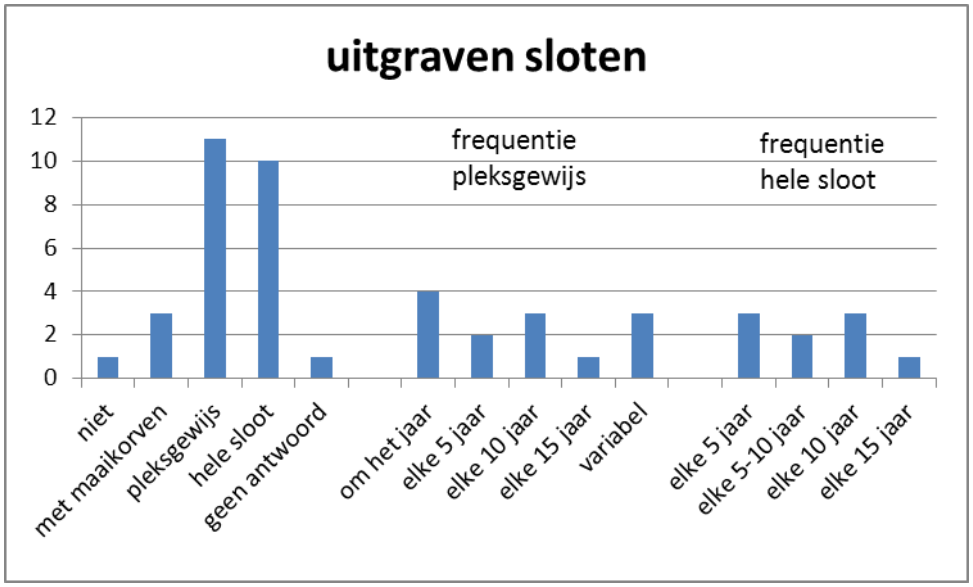
Of er wel of niet meer riet groeit in sloten die niet jaarlijks worden geschoond worden weinig antwoorden gegeven (Figuur 6-10 linksonder). Als andere effecten worden o.a. genoemd dat dit natuurwaarde heeft en dat de drainmonden lastiger zijn te vinden (rechtsonder). Ook is tweemaal opgemerkt dat rietgroei leidt tot steviger taluds die minder snel inzakken.



Figuur 6-10: Wel of niet jaarlijks schonen? (bron: interviews).

Uitgraven van de sloten

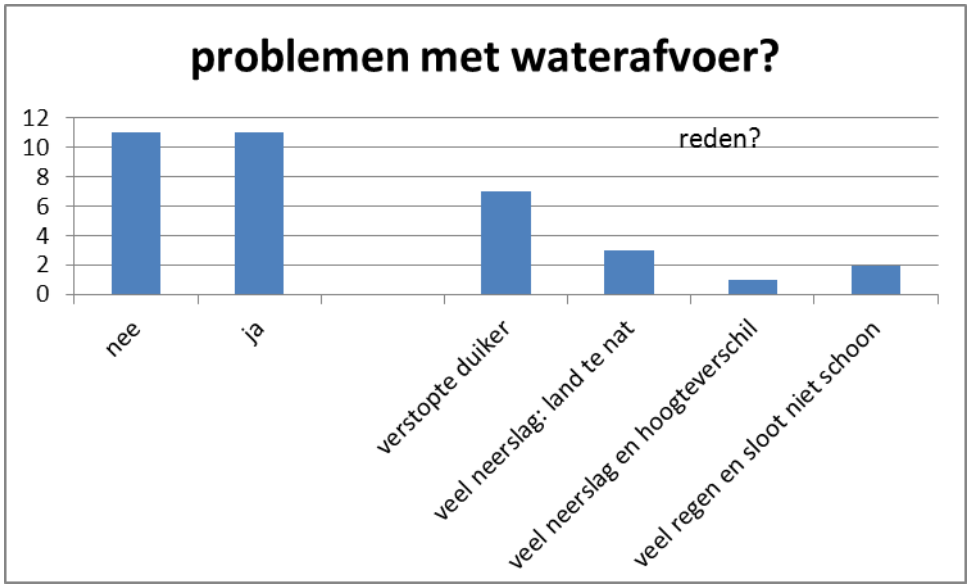
Het merendeel van de deelnemers laat de sloten uitgraven, waarvan de helft pleksgewijs waar nodig (met name bij duikers) en de andere helft de hele sloot (Figuur 6-11). Een deel geeft aan dat uitgraven niet meer nodig is omdat er met een korf wordt gemaaid. De frequentie van uitgraven verschilt sterk. Pleksgewijs uitgraven gebeurt deels om het jaar, maar vaker in een vast plan om 5 of 10 jaar. In geval van uitgraven van de hele sloot gebeurt dit veelal elke 5 of 10 jaar.



Figuur 6-11: Frequentie en wijze van uitgraven van de sloten (bron: interviews).

Belemmering van de waterafvoer

De helft van de landbouwers geeft aan wel eens problemen met de waterafvoer te hebben gehad (Figuur 6-12). Als oorzaak werd het meest een verstopte duiker genoemd. Daarnaast zijn er problemen geweest bij veel neerslag in de zomer in combinatie met hoogteverschillen in het land. Dit heeft geen directe relatie met het onderhoud van de sloot. Twee keer werd de sloot wel als oorzaak genoemd. De sloot kon de afvoer niet aan als gevolg van te veel troep of riet in de sloot. Opgemerkt werd ook dat je beter riet in de sloot kunt hebben dan een sloot met vlotgras, maar een geschoonde sloot blijft het meest optimaal voor de waterafvoer.

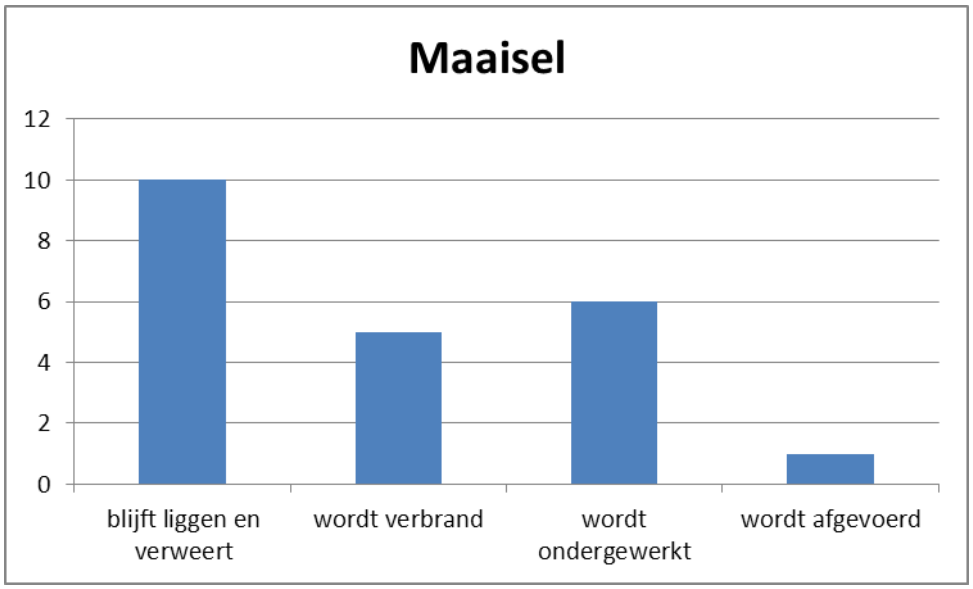


Figuur 6-12: Oorzaken van belemmeringen van de waterafvoer (bron: interviews).

Bestemming van het maaisel

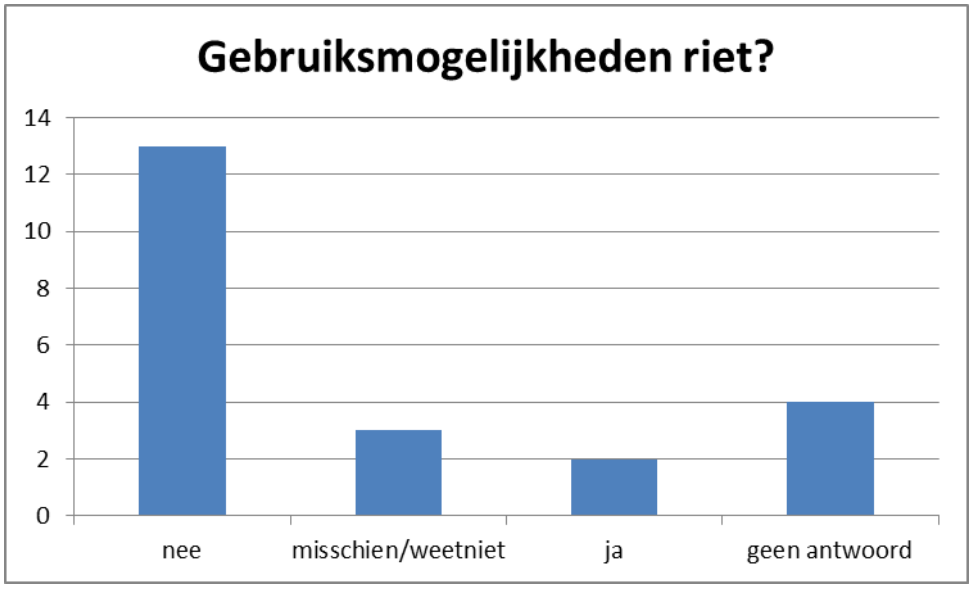
Het maaisel blijft bij de meeste agrariërs liggen op de rand of het talud (Figuur 6-13). Bij gebruik van een wallenfrees wordt het maaisel wel over het land verspreid. Bij een aantal wordt de wallenfrees afgewezen omdat hiermee het risico bestaat dat scherpe voorwerpen in het gras terecht komen, welke door de koeien gegeten worden vanwege het risico op bruinrot in de teelt van aardappelen. Bij slechts één landbouwer wordt het maaisel afgevoerd.

Bij 50% van de deelnemers blijft het maaisel gewoon liggen en verweert het. Een keer wordt erbij genoemd dat dit een schuilplek voor haas en fazant is. In de andere helft van de gevallen wordt het maaisel verbrand of ondergewerkt. Wanneer het maaisel wordt ondergewerkt, verbetert de organische stof de bodemstructuur en kunnen de nutriënten ten goede komen aan het gewas.



Figuur 6-13: Bestemming van het maaisel bij de geïnterviewde ondernemers.

De gebruiksmogelijkheden van riet worden beperkt geacht. Gebruik als strooisel wordt genoemd of organische bemesting onder de voorwaarde dat er geen distelzaden in zitten (zie Figuur 6-14). De mogelijkheid om riet te composteren wordt twee maal genoemd. Daarnaast geven twee ondernemers aan dat de techniek eerst verder moet worden ontwikkeld b.v. gebruik in 2e generatie-vergisters.

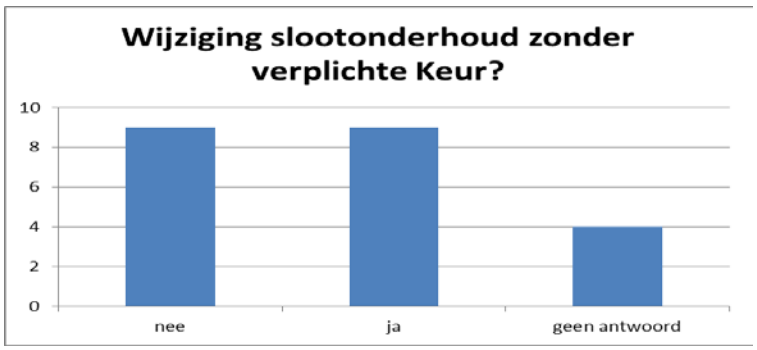


Figuur 6-14: Gebruiksmogelijkheden van het gemaaide riet (bron: interviews).

Wijziging verplichte Keur

Schouwsloten moeten volgens de Keur jaarlijks voor 1 november worden geschoond. De vraag of het slootonderhoud anders zou kunnen als de verplichting van het waterschap er af gaat wordt door de helft met nee en de helft met ja geantwoord (Figuur 6-15). Overigens komt het voor dat het Waterschap waarschuwing geeft over sloten waar een keurontheffing op ligt; dit wordt door een ondernemer als storend ervaren.

Degenen die het onderhoud zouden willen wijzigen zouden minder vaak gaan schonen of zelfs helemaal stoppen met maaikorven. Wel wordt aangeven dat een ander beheer afhankelijk is van wat de buurman wil en dat ligt soms lastig. Eén ondernemer geeft aan dat het laten staat van riet hem slecht is bevallen. Door twee personen werd aangegeven dat de sloten niet geschikt zijn; niet ruim genoeg geprofileerd of een te schuin talud, waardoor een te dicht pakket riet ontstaat.



Figuur 6-15: De bereidheid tot het wijzigen van het slootbeheer bij het wegvallen van de verplichte Keur(bron: interviews).

Op de vraag wat de mogelijke consequenties zijn als de sloten maar één maal per 3 jaar worden geschoond verwacht een kwart geen problemen (Figuur 6-16). Een voorwaarde is dat de dimensionering van de sloten (diepte of breedte) voldoende is, vooral belangrijk in sloten die verder weg van de hoofdsloten liggen. Als voordeel wordt daarnaast kostenbesparing en meer natuur genoemd.

Twee geïnterviewden verwachten al het eerste jaar problemen met een slechtere waterafvoer door riet en/of troep in de sloot, zeker bij wateroverlast. Eén noemt dat in schouwsloten niets de waterafvoer mag blokkeren. De meesten verwachten in het tweede of derde jaar problemen bij veel neerslag door een tragere waterafvoer als gevolg van dichtslibbing en riet of onkruidgroei. Ook het moeilijk vinden van drainagemonden en rietgroei het land op worden genoemd. Een aantal wil zich daarom niet vastleggen op eens per drie jaar schonen, maar het schonen afhankelijk maken van de riet of onkruidgroei of dichtslibben. Dus schonen wanneer het nodig is. Ook wordt genoemd dat de waterkwaliteit in sloten met riet door een slechte doorstroming slechter kan zijn (rood).

Figuur 6-16: De consequenties van maar eens per drie jaar schonen (bron: interviews).

6.2 Kosten van het schonen van sloten

Tabel 4-1 toont de kosten van verschillende vormen van slootschonen, gebaseerd op loonwerktarieven. Onder de gangbare methode wordt hier verstaan het in de zomer maaien met de klepelmaaier en in het najaar nog éénmaal klepelen, gevolgd door maaikorven. Het maaisel na het klepelen blijft achter op het talud. Na maaikorven blijft het maaisel achter op de rand van het perceel, waar het kan verweren en vervolgens worden verspreid over het perceel.

Alternerend beheer is de strategie om het ene jaar het ene talud en het andere jaar het andere talud van de sloot te schonen (ANV Wierde&Dijk, 2011). Hierbij wordt niet geklepeld. Het voordeel van deze strategie is dat het ecosysteem in de sloot minder rigoureus verstoord wordt. De kosten van gangbaar en alternerend beheer zijn overgenomen uit Holshof en Boekhoff (2006). Wegens de grotere uit te maaien biomassa bij alternerend beheer is de capaciteit (in m sloot per uur) van de machine lager. Aangenomen wordt dat het maaikorven bij alternerend beheer een factor 1.6 duurder is.

De kosten van beheer met overjarig riet zijn afgeleid van Holshof en Boekhoff (2006). Aangenomen wordt dat eens in de 3 jaar wordt gemaaikorfd; er wordt niet geklepeld. Hiermee komt een nog grotere hoeveelheid biomassa uit de sloot; de aanname is dat maaikorven een factor 2 duurder is dan bij gangbaar beheer. De jaarlijkse kosten nemen af naarmate het beheer extensiever wordt. Gangbaar sloot beheer is ca. €290 per km sloot duurder dan het drie jaar laten overstaan van riet. Uitgaande van een uit te maaien breedte van 1.5m, komt dit neer op een bedrag van €1930 per ha sloot.

Tabel 4-1. Kosten van slootschoning volgens gangbaar en alternerend beheer en beheer, gericht op overjarig riet met een driejaarlijkse maai-interval (bron: Holshof en Boekhoff, 2006).

	Kosten van slootschoning		
	Gangbaar	Alternerend	Overjarig riet
	€	€	€
Kosten per km slootlengte			
Maaikorven	85	135	170
Klepelen	130	0	0
Totale jaarlijkse kosten	345	135	57
Kosten per ha sloot			
Jaarlijkse kosten[1]	2312	905	382

1) Uitgaande van een uit te maaien breedte van 1.5m

6.3 Verwerken of benutten van slootmaaisel

Een goed begroeide rietsloot wordt een biomassaproductie aan riet van 1800g/m^2 (drogestof) worden behaald (zie Figuur 2-11). Dit komt, afhankelijk van het slootprofiel overeen met ca. 1800 - 2700kg/km slootlengte. De biomassa aan stengels en bladeren verschilt niet zoveel tussen een sloot met overjarig riet en een sloot met jaarlijks gemaaid riet. Waarschijnlijk wordt met maaikorven uit een sloot met overjarig riet wel (veel) meer afgestorven strooisel vanaf de slootbodem weggenomen.

Mogelijke bestemmingen van de uitgemaaide biomassa zijn:

1. achterlaten op het perceel langs de slootkant
2. verspreiden over het perceel
3. verbranden op het perceel
4. afvoeren, composteren en verspreiden over het perceel
5. afvoeren en gebruiken voor biovergisting
6. afvoeren en gebruiken als stalstrooisel
7. afvoeren en verbranden

Naar schatting wordt met riet maaien ca. 35kg stikstof per km sloot verwijderd. Dit is exclusief de stikstof in het bodemstrooisel, wat waarschijnlijk zeer laag zal zijn omdat dit materiaal (deels) verteerd is. Per km sloot bevat het uitgemaaide riet (blad en stengel) zeer weinig fosfor; het bodemstrooisel bevat waarschijnlijk juist meer fosfor. Wanneer dit op de perceelrand achterblijft kunnen de nutriënten in het winterseizoen afspoelen en uitspoelen naar het oppervlaktewater.

Wanneer het slootmaaisel wordt verspreid over het perceel, mag in verhouding tot de achterliggende oppervlakte geen grote bemestende waarde verwacht worden, ook niet van overjarig riet. De biomassa is relatief rijk aan koolstof en dus in potentie een goede leverancier van stabiele organische stof in de bodem. Ook hiervoor geldt dat de totale hoeveelheid in verhouding tot het achterliggende perceel marginaal is.

Het slootmaaisel kan ook worden afgevoerd van het perceel en opgeslagen. Na een jaar composteren is een goed verwerkbare bodemverbeteraar ontstaan. Overigens is de wet- en regelgeving over de opslag van producten in dit geval onduidelijk. Onderzoek op de Waiboerhoeve heeft niet aangetoond dat het organische stofgehalte is toegenomen na 5 jaar toediening van maximaal 30m^3/ha gecomposteerd riet (Holshof en Boekhoff, 2006). Evenmin is na 5 jaar een significante verhoging van de onkruiddruk gevonden.

In specifieke situaties is afzet mogelijk als bijproduct in de co-vergisting. Riet kan ook gebruik worden als brandstof in verbrandingsovens. Deze toepassingen vragen om een beperkte transportafstand en vooral verbranding vraagt grote, constante volumes. Alleen in samenwerking op gebiedsniveau kunnen deze hoeveelheden gerealiseerd worden. Riet kan ook gebruikt worden als stalstrooisel. Een punt van aandacht voor gebruik in de verbrandingsoven en als stalstrooisel is riet met een laag vochtgehalte nodig is.

6.4 Helofytenfilters in sloten als KRW maatregel

Het gebruiken van riet (of andere helofyten) in het bestaande slootsysteem voor de zuivering van drainagewater is relatief eenvoudig te implementeren doordat er geen grond/ruimte voor nodig is en is daardoor een goedkope maatregel. ‘Helofytenfilters in sloten’ zijn een alternatieve no-regret maatregel die eutrofiëring tegengaat. De maatregel stimuleert het zelfreinigend vermogen van de haarvaten aan de bron van het watersysteem en versterkt de natuurlijkere inrichting van watergangen en de ecologische infrastructuur en daardoor de landschaps- en natuurwaarden.

In veel situaties, wanneer de betreffende sloot minder belangrijk is voor de waterdoorvoer en wanneer geen hoogsalderende gewassen worden geteeld, kan de maatregel rekenen op draagvlak bij de landbouwsector en de waterbeheerders. Met het laten staan van overjarig riet kan een kostenbesparing worden behaald op het schonen van sloten. De berekende opstuwing door volledige begroeiing met riet in perceelsloten is in de orde van cm’s per km, de effecten op de grondwaterstanden zijn dan ook niet groot, net als de effecten op natschade.

Belangrijk is te beoordelen welk soort onderhoud nodig is en wanneer dit moet plaats vinden. Ook is het essentieel de risico’s op wateroverlast, zeker bij hoogrenderende teelten, aanvaardbaar te laten blijven. Perspectieven voor het laten staan van riet liggen dan ook vooral in de perceelsloten. Omdat de omstandigheden ongecontroleerd zijn is de effectiviteit moeilijk te schatten.

Het laten overstaan van riet in de winter leidt tot een grotere ecologische waarde. Het nieuwe Gemeenschappelijk Landbouw Beleid van 2014 tot 2020 (GLB) biedt kansen voor vergoeding van de maatregel, als het laten overstaan van riet, eventueel in combinatie met natuurlijk beheerde akkerranden kan worden erkend als ‘oppervlakte onder ecologisch beheer’. Een agrarisch ondernemer ontvangt bedrijfstoeslagen voor een bepaald percentage van de oppervlakte onder ecologisch beheer. Dit kan leiden tot een grootschalige toepassing van de maatregel in landbouwgebieden

6.5 Conclusies perspectieven

- De algemene perceptie bij agrariërs is dat een volledig met riet begroeide sloot het risico op natschade vergroot.
  Bij de teelt van hoog salderende gewassen is dit vaak niet acceptabel. Het merendeel van de zwetsloten heeft een belangrijke functie voor de waterafvoer en wordt daarom jaarlijks volgens een vast schema onderhouden. Van de binnensloten wordt slechts de helft jaarlijks in het najaar geschoond.
- Een kwart van de geïnterviewde landbouwers voorziet geen problemen van een driejarige maaicyclus. Dit leidt tot een kostenbesparing van ca. €300 per km of €2000 per ha sloot.
- In de zwetsloten en in de binnensloten zijn er mogelijkheden om meer overjarig riet te laten staan.
- Gangbaar beheer in de herfst leidt waarschijnlijk tot een minder vitale en minder homogene rietgroei op de slootbodem. Uiteindelijk komt alleen maar riet voor op het talud.
- Minder intensief slootbeheer leidt tot een vitale rietkraag en geeft de sloot ook in de winter en in het voorjaar waarde voor landschap en natuur.
- In de proefsloten lijkt dat maai intervallen van vier jaar en langer tot een vermindering van de opbrengst leiden. Praktijkervaring leert dat een maaifrequentie van eens in de drie jaar een goede rietproductie oplevert en daarmee een optimale zuiverende werking.
- Per maaibeurt wordt meer biomassa uit riet 'geoogst'; de gebruiksmogelijkheden hiervan zijn beperkt.
- Bij minder intensief onderhoud moeten goede afspraken gemaakt worden tussen agrariërs en het waterschap Een ontheffing van de Keur voor schouwsloten wordt als lastig ervaren.
- De natuurwaarde van sloten wordt door agrariërs erkend. Bij veel rietgroei is de vegetatie eenzijdig, maar riet biedt veel mogelijkheden voor een diversiteit aan fauna. Bij minder riet is de vegetatie soortenrijker (ruimte voor andere planten zoals lisdodde, met eveneens een zuiverend effect) maar is ook de kans op (landbouwkundig) onkruid groter.

7 Conclusies

Het gebruiken van riet (of andere helofyten) in het bestaande slootsysteem voor de zuivering van drainagewater is een relatief eenvoudig te implementeren en daardoor goedkope maatregel omdat er geen grond/ruimte voor nodig is. Omdat de omstandigheden ongecontroleerd zijn is de effectiviteit moeilijk te schatten. Op grond van de in deze studie uitgevoerde proeven is de efficiëntie (als percentage van de inkomende vracht) vastgesteld op 13 tot -30% voor stikstof en 85% tot -80% voor fosfor. De grote spreiding in de resultaten laten geen betrouwbare schatting van de zuiveringsefficiëntie toe. Met het laten staan van overjarig riet kan jaarlijks een kostenbesparing van ca. €300 per km of €2000 per ha sloot worden behaald (driejaarlijks schonen van sloten vergeleken met gangbaar beheer). De opstuwing door volledige begroeiing met riet in perceelsloten in kleigebieden is in de orde van cm's per km. De effecten op de grondwaterstanden en de effecten op natschade zijn dan ook niet groot. Voor benedenstroomse waterlopen met een groter vanggebied en grotere hoogwaterafvoeren moet rekening worden gehouden met grotere opstuwing door begroeiing met riet. De gebruikswaarde van riet uit slootmaaisel lijkt beperkt. De meest realistische mogelijkheden zijn gebruik als bodemverbeteraar, stalstrooisel of als bijproduct in de bio-vergisting. De kosten voor afvoer, opslag en transport moeten zo laag mogelijk blijven en in elk geval niet groter dan ca. €2000 per ha sloot worden. In deze gevallen kan deze maatregel worden gezien als een no-regret maatregel die overal waar dat mogelijk is kan worden aangelegd. Het laten overstaan van riet in de winter geeft de sloot meerwaarde voor landschap en natuur. Een kwart van de geïnterviewde landbouwers voorziet geen problemen bij een driejarige maaicyclus, er zijn er dus mogelijkheden om meer overjarig riet te laten staan. Belangrijk is te beoordelen welk soort onderhoud nodig is en wanneer dit moet plaats vinden. Een mogelijke vergoedingen in het kader van het nieuwe GLB biedt perspectief voor brede toepassing van de maatregel. Ook is het essentieel de risico's op wateroverlast, zeker bij hoogsalderende teelten, aanvaardbaar te laten blijven. Perspectieven voor het laten staan van riet liggen dan ook vooral in de perceelsloten.

Referenties

Arcement, G.J., and Schneider, V.R., 1989. Guide for selecting Manning's roughness coefficient for natural channels and flood plains. USGS Water-Supply paper 2339.

Alblas, 2002. Vernatting en gevolgen voor de teelt van akkerbouwgewassen. Wageningen UR, PPO Rapport 1123105-1.

ANV Wierde & Djik, 2011. Kaantjes & Raandjes. Brochure, Leens.

Baker, L.A., 1998. Design considerations and applications for wetland treatment of high-nitrate waters. Water Science and Technology 38 (1): 389-39.

Baptist, M. J., 2005. Modelling Floodplain Biogeomorphology, PhD thesis, Delft University of Technology.

Chow, V.T., 1959. Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill.

CTV, Werkgroep herziening cultuurtechnisch vademecum, 1988 en 2000. Cultuurtechnisch Vademecum. Cultuurtechnische Vereniging, Utrecht.

Haan, J.J. de, F.P. Sival, J.R. van der Schoot en A.J. de Buck, 2011. Natuurlijke zuiveringssystemen voor zuivering van drain- en slootwater uit de landbouw, inhoudelijk eindrapportage voor Innovatieprogramma Kaderrichtlijn Water. Wageningen UR, PPO rapport 429.

Hume, N.P., Fleming, M.S., and Horne, A.J., 2002. Plant carbohydrate limitation on nitrate reduction in wetland microcosms. Water Research 36: 577-584.

Huthoff, F., Augustijn D.C.M. and Hulscher, S.J.M.H., 2006. Hydraulic resistance of vegetation in river flow applications. The 7th Int. Conf. on Hydroscience and Engineering (ICHE-2006), Sep 10 –Sep 13, Philadelphia, USA.

Holshof, G.en M. Boekhoff, 2006. Alternerend maaibeheer kavelsloten, verwerking rietmaaisel en effecten op onkruiddruk. Wageningen-UR ASG, Lelystad, Praktijk Rapport Rundvee 94.

Ingersoll, T.L. and Baker, L.A., 1998. Nitrate removal in wetland microcosms - Water Research Oxford 32 (3): 677 684.

Kadlec, 2002. Constructed wetlands to remove nitrate In: Dunne EJ, Reddy KR and Carton OT (eds). Nutriëntmanagement in agricultural watersheds A wetlands solution. Wageningen Academic Publishers.

Kadlec R.H., 2005. Nitrogen farming for pollution control - Journal of Environmental Science and Health Part a-Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering 40: 1307-1330.

Massop H.Th.L, J.W.J. van der Gaast & A.G.M. Hermans, 2007. Kenmerken van het ontwateringsstelsel in Nederland. Alterra rapport 1397, Alterra.

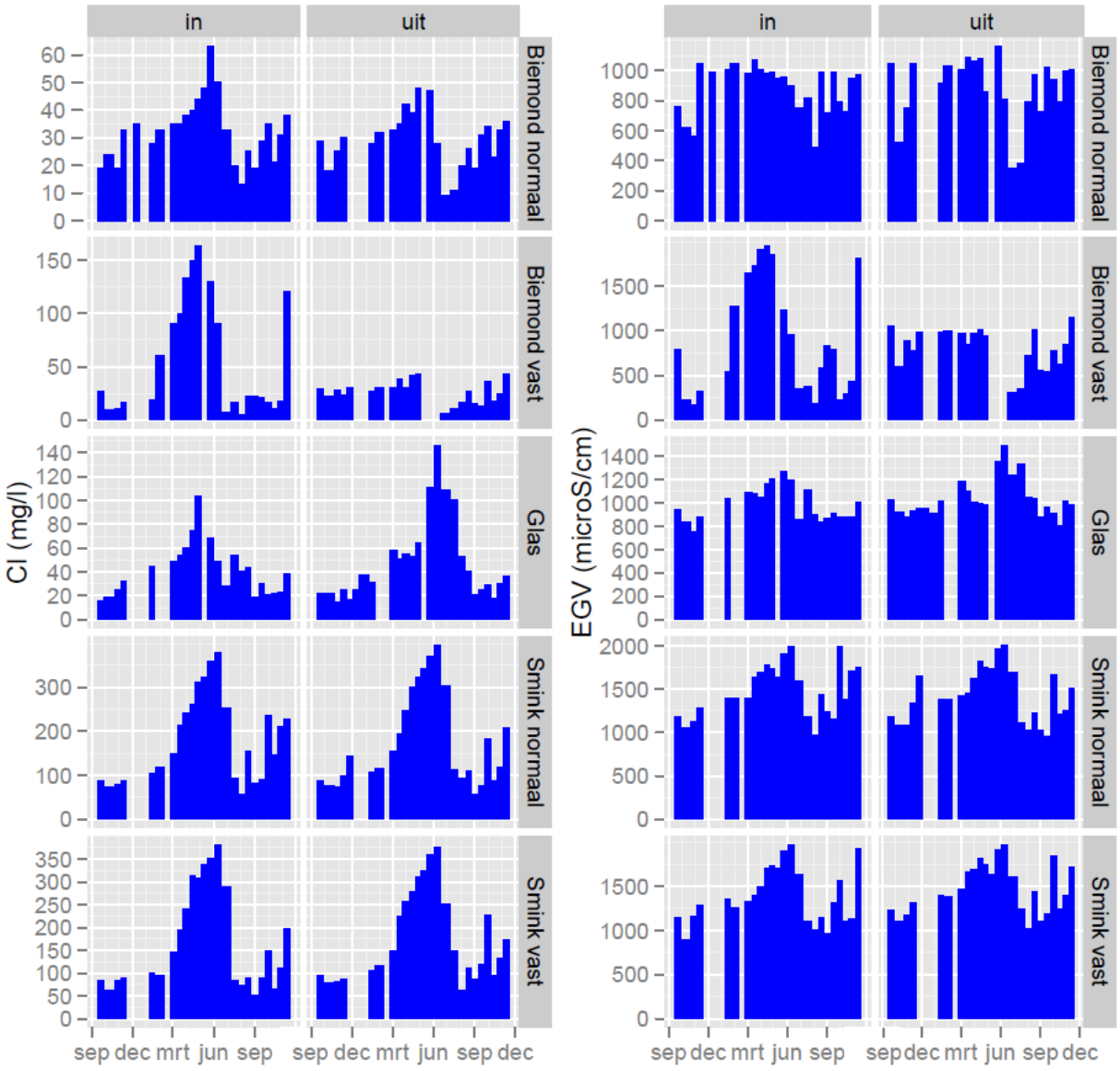
Petryk, S. and Bosmajian, G., 1975. Analysis of flow through vegetation. Journal of the Hydraulics Division 101, 871-884.

Schreuder, R., M. van Leeuwen, J. Spruijt, M. van der Voort, P. van Asperen, V. Hendrix-Goossens, 2009. Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondgroenteteelt 2009. Wageningen UR, PPO publicatie 383.

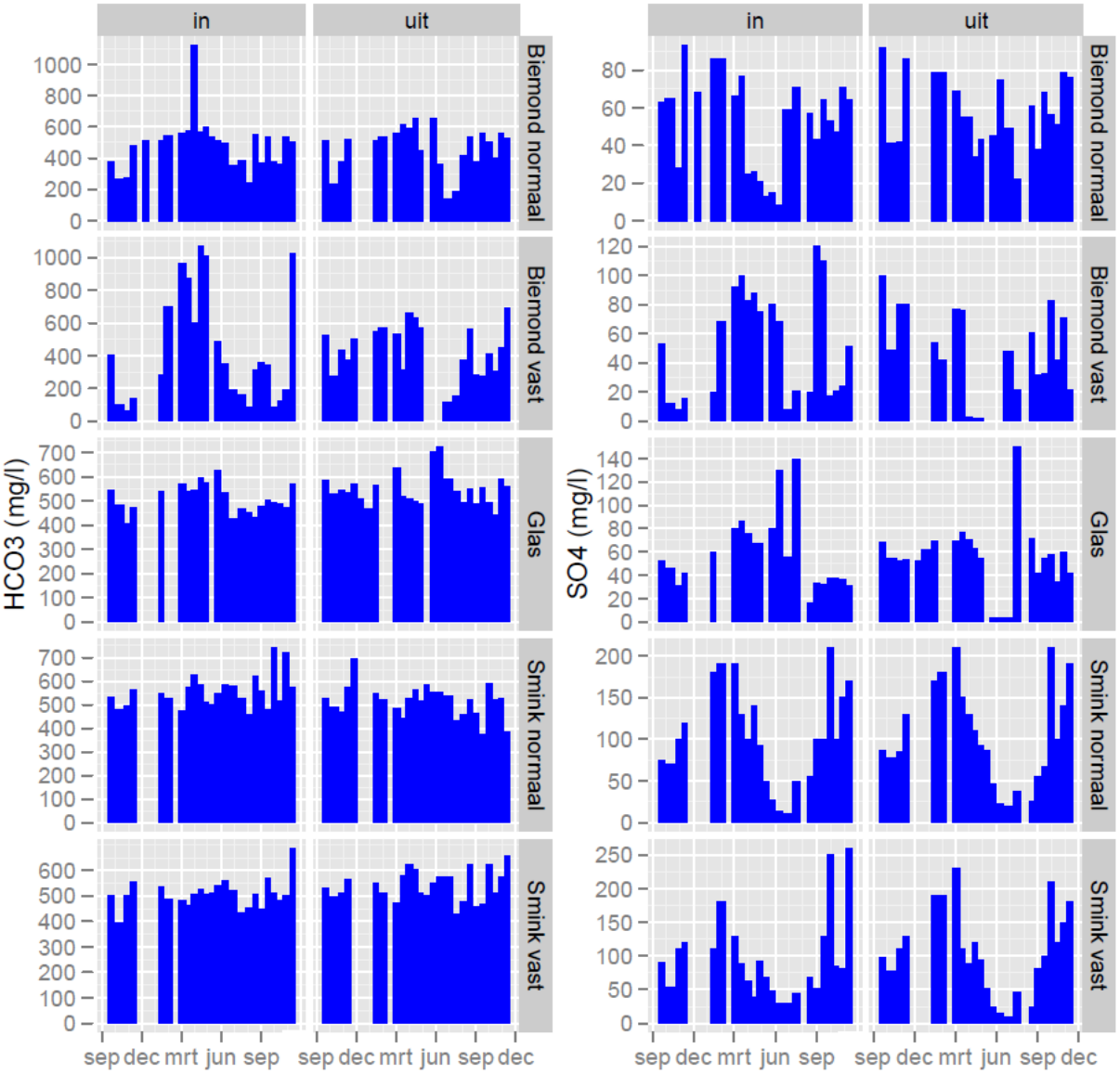
Stone, M.B. and Shen, H.T., 2002. Hydraulic resistance of flow in channels with cylindrical roughness. Journal of hydraulic engineering, 5, 128.

Yen, B.C., 2002. Open channel flow resistance. Journal of Hydraulic Engineering 128, 20-39.

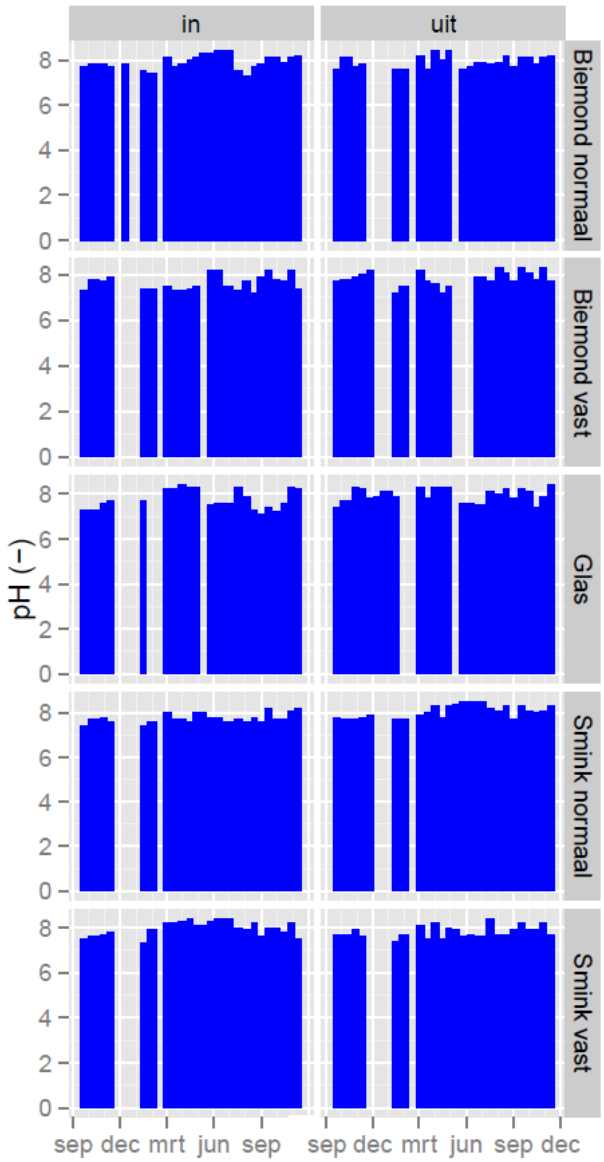
Bijlage 1. Waterkwaliteit



Figuur B1-1: Gemeten chlorideconcentraties (links) en elektrisch geleidend vermogen (rechts) van het verpompte slootwater in 2010 en 2011.



Figuur B1-2: Gemeten bicarbonaatconcentraties (links) en sulfaatconcentraties (rechts) van het verpompte slootwater in 2010 en 2011.



Figuur B1-3: Gemeten zuurgraad van het verpompte slootwater in 2010 en 2011.

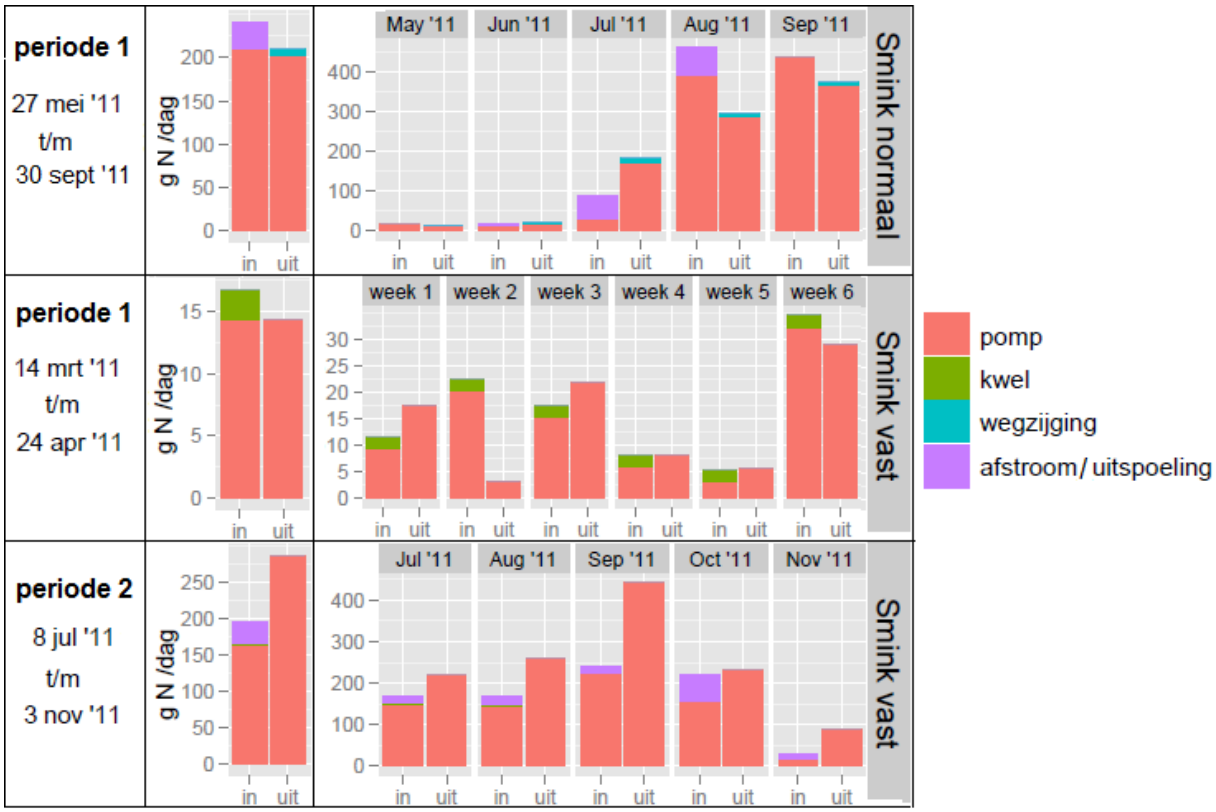
Bijlage 2. Gewasbepalingen

Locatie	Object		Droge stof		P-totaal		N-totaal		C-totaal	
			2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
			g/m2	g/m2	g/kg ds	g/kg ds	g/kg ds	g/kg ds	g/kg ds	g/kg ds
Biemond	normaal	blad	645	382	1.3	1.3	18.0	18.9	437	432
		stengel	1261	1382	0.7	1.0	4.8	7.5	469	451
	streefpeil	blad	468	347	1.3	1.5	18.1	21.3	433	440
		stengel	850	1017	0.8	0.7	4.5	5.9	465	440
Glas	normaal	blad	516	115	1.6	1.9	21.2	27.1	436	451
		stengel	951	284	1.0	0.8	7.0	6.9	449	433
Smink	normaal	blad	554	207	2.1	1.2	22.6	17.4	450	419
		stengel	1169	612	1.0	0.6	4.3	4.7	452	432
	streefpeil	blad	392	321	1.8	1.3	19.5	15.8	458	412
		stengel	893	889	1.0	0.5	4.9	4.0	455	445

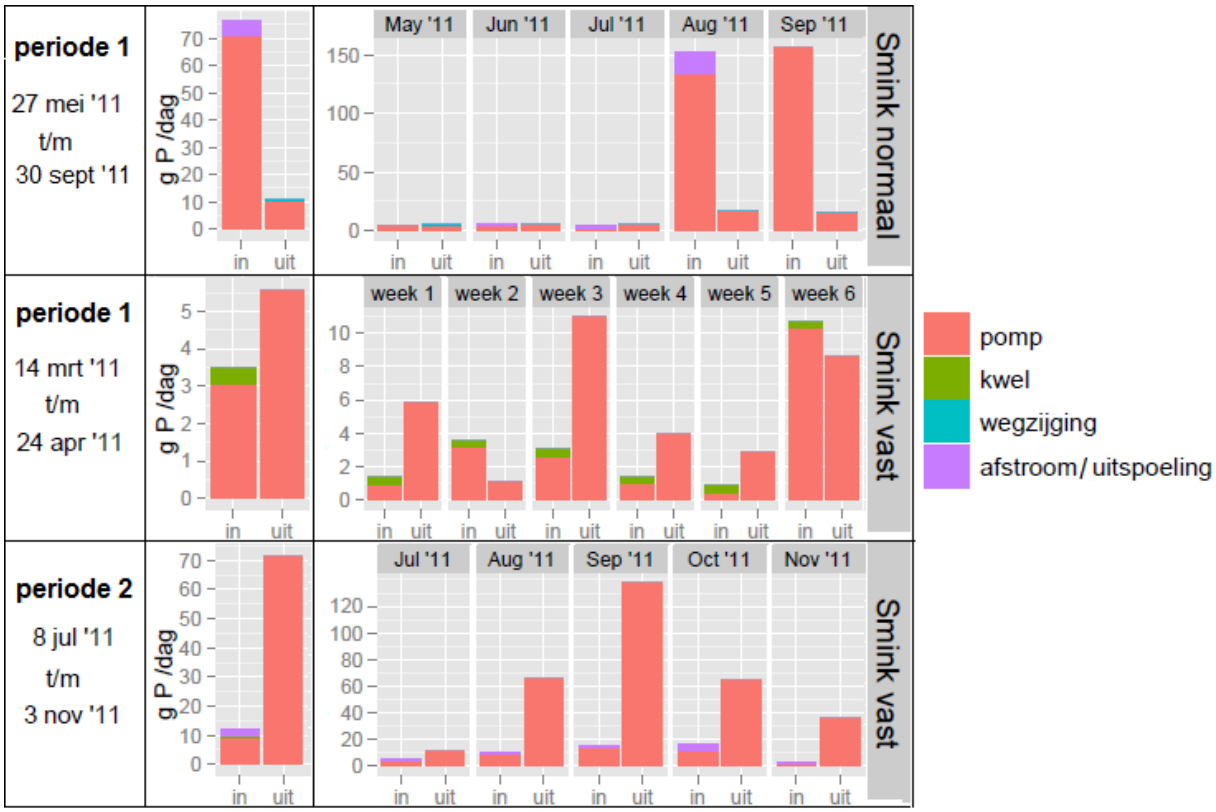
© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving

© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving

Bijlage 3. Nutriëntenbalans



Figuur B3-1: stikstof balans en de bijdrage van de verschillende nutriëntenbronnen, opgesteld voor de slootvakken en periodes waarin de waterbalans betrouwbaar kon worden opgesteld.



Figuur B3-2: Fosforbalans en de bijdrage van de verschillende nutriëntenbronnen, opgesteld voor de slootvakken en periodes waarin de waterbalans betrouwbaar kon worden opgesteld.

Bijlage 4. Verslag klankbordgroep

Helofytenfilters in sloten: schoonheid door eenvoud

Bijeenkomst klankbordgroep Helofytenfilters in sloten op 7 december 2010

Programma:

1. Verzamelen om 13.30 uur op het erf van Piet Glas, Stedumerweg 28, 9919 TE Loppersum. Bekijken onderzoeksopstelling.
2. Daarna naar de theeschenkerij te Westeremden, Pastorieweg 16,
    1. Introductie: doel klankbordgroep en doel van deze bijeenkomst
    2. Kennismakingsronde leden klankbordgroep en "wat heeft u met riet/ hoe ziet uw rietbeheer eruit?"
    3. Presentatie over het Helofytenonderzoek en achtergronden hiervan
    4. Doorpraten over ideaal rietbeheer: doelen, voorwaarden, belemmeringen, etc.
    5. Rondvraag

Deelnemers:

- Johan de Winter, Oosternieland,
- Wout Huijzer, Zeerijp,
- Jon Knook, Kloosterburen, (afgemeld)
- Jan Werkman, Warffum,
- Piet Glas, Loppersum, (niet bij presentatie en discussie)
- Grietje Glas, Loppersum
- Jan de Jonge, Westernieland,
- Fred Slagter (loonbedrijf Buitenkamp),
- Abco de Buck, PPO-AGV,
- Jan Rinze van der Schoot, PPO-AGV
- Frank van der Bolt, Alterra
- Jannes Schenkel, waterschap Noorderzijlvest
- Evert Smink , Wierde & Dijk,
- Trudy van Wijk, Wierde & Dijk,

Doel van het project en deze bijeenkomst:

Het laten staan van riet in de sloot lijkt een perspectiefvolle maatregel om oppervlaktewater te zuiveren. Daartoe is het project 'Helofytenfilters in sloten' opgestart met financiering door het Investeringsprogramma van de Kader Richtlijn Water (IP-KRW), Waterschap Noorderzijlvest en de Provincie Groningen. In het project wordt samengewerkt tussen Wageningen-UR, ANV Wierde en Dijk en Waterschap Noorderzijlvest.

Doel van het project is dit te onderzoeken. Naast verschillende proefopstellingen, waaraan intensief wordt gemeten, is het van belang te onderzoeken wat de ervaringen in de praktijk zijn van rietbeheer. Met deze klankbordgroep willen wij ook de praktijk kennis laten nemen van de opzet en de resultaten van het onderzoek.

Naast de resultaten van de proeven is de inpasbaarheid van riet in de praktijk van belang. Waar krijgt de landbouw, het waterschap en de loonwerker mee te maken wanneer op grotere schaal riet in de sloot wordt gebruikt voor waterzuivering? Deze vragen willen we in een discussie met de klankbordgroep bespreken. Met deze uitkomsten zal onder een bredere groep landbouwers een enquête in het gebied worden uitgezet.

Voorstelrondje:

Evert Smink is biologische veehouder. Komt oorspronkelijk niet uit Groningen. Liet eerst elk jaar de sloten schoonmaken. Vond het zelf mooier riet te laten staan voor vogels, biodiversiteit en uitstraling. Idee is opgepakt door de Agrarische

natuurvereniging Wierde & Dijk. De gracht rond de boerderij wordt wel elk jaar schoon gehouden.
Johan de Winter akkerbouwer en LTO-er. Zwetsloten en grenssloten worden elk jaar schoongemaakt. Vroeger werd riet chemisch bestreden, maar daarvoor kwam vlotgras terug en dat verstopte sterk. Nu maaien met bosmaaier. Vraagt zich af of er verschillende soorten riet zijn, behalve dan jong en oud. Laat sloten nu ieder jaar schoonmaken. Vindt riet op het dak wel mooi, zolang er geen mos op groeit.
Fred Slagter is loonwerker. Riet moet uit de sloot voor een betere afwatering. Vindt een strakke opgeruimde sloot ook mooier.
Grietje Glas (akkerbouwer en pluimveehouder) vindt riet mooi om te zien en is leuk voor vogels. Door slechts 1 keer per twee of drie jaar te maaien is de hoeveelheid maaisel groter. Het ligt nu op de wendakker en is nog niet versnipperd.
Jan de Jonge kent riet van vroeger toen er gesneden werd in de Biesbosch. Het beheer was gericht op een zo groot mogelijke opbrengst en voldoende lengte. De 15-20 ha brachten financieel toen meer op dan dezelfde oppervlakte akkerbouwgrond. Is 40 jaar geleden naar Westernieland verhuist. Toen stond er meer riet en werd het met de hand gemaaid. Het mooiste riet wordt elk jaar gemaaid en niet te kort. Het riet in de sloten is relatief kort. Hij maait het riet in tussensloten elke twee jaar. Deed/doet mee aan het project 'kaantjes en raandjes'.
Jannes Schenkel werkt bij het Waterschap Noorderzijlvest. Is vervanger van Melissa van Hoorn. Was o.a. schouwer. Is na studie nu beleidsadviseur. Werkt aan modellen om weerstanden in watergangen te berekenen. Werkt aan projecten om op kleine schaal uit te proberen om riet te laten staan. In augustus maaien is te vroeg i.v.m. uitputting van de planten. Vindt riet van belang voor natuur, landbouw, boeren en burgers.
Jan Werkman is akkerbouwer en vindt riet mooi om te zien. Maait nu riet elk jaar. De hergroei van het riet is prima. Riet wordt ook gebruikt om wallen te beschoeien i.p.v. hout.
Trudy van Wijk is zzp-er en is vaste medewerkster van de Ararische Natuur vereniging Wierde & Dijk. Is Burger en vindt riet erg mooi.
Frank van der Bolt werkt bij Alterra, onderdeel van Wageningen UR aan waterkwantiteit en aan maatregelen om de waterkwaliteit te verbeteren. O.a. dit project helofytenfilters in sloten. Vindt dit een leuk project om aan te werken. Water zuiveren in moerassen met riet kost grond. Door gebruik te maken van het riet in de sloot is er geen grondbeslag. In dit project worden de metingen ook gebruikt om modellen te verbeteren. Tevens wordt naar de stuwing gekeken.
Wout Huijzer heeft een melkvee en akkerbouwbedrijf. Heeft een sloot met buurman waarvan elk jaar de helft wordt gemaaid. Ook de bovenkant van het talud wordt gemaaid, anders groeit het riet het land op. In het riet zitten veel vogels. Laat riet in binnensloten staan.
Jan Rinze van der Schoot werkt bij Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO), onderdeel van Wageningen UR en werkt o.a. aan een project met helofytenfilters in Vredepeel. Daar wordt in de winter drainwater opgevangen om in de zomer door diverse zuiveringsmoerassen te leiden met al doel het verwijderen van nitraat middels denitrificatie. Het werkt erg goed, maar het grondbeslag van zowel de filters als de wateropslag is een minpunt.
Abco de Buck, werkzaam bij PPO, is projectleider van helofytenfilters in sloten met als ondertitel 'Schoonheid door eenvoud'. Het lijkt een goedkope en effectieve maatregel.

Presentatie project Helofytenfilters in sloten.
Het doel van het project is het onderzoeken van de zuiverende werking en de praktische inpasbaarheid van (oud) riet in de sloot. Het onderzoek is deels een technisch verhaal, maar heeft ook een praktische kant. Het voordeel voor de landbouw kan zijn dat door het slimmer schonen van sloten kosten worden bespaard, met behoud van doorstroming en de kans op verwaarding van slib en maaisel. Het Waterschap wil integrale onderhoudsmodellen ontwikkelen waar riet in sloten onderdeel van uitmaken. Doorstroming en zuiverende werking zijn belangrijke aspecten. Daarnaast zijn er algemene natuur- en landschapsdoelen.

ANV Wierde & Dijk kent oud riet een waarde toe voor natuur en landschap. Riet is een gewaardeerd landschapselement en heeft een belangrijke functie voor vooral vogels, maar ook vissen en insecten. Een vraag is of het ook bijdraagt aan een betere waterkwaliteit. Riet neemt nutriënten op en kan nitraat afbreken door denitrificatie. Riet kan daarmee eutrofe situaties helpen voorkomen.

Het Planbureau voor de leefomgeving heeft aan de hand van nutriëntenconcentraties in regionale wateren laten zien dat er op gebied van N en P, vooral ten gevolge van de mestwetgeving, veel is bereikt. Enkele knelpunten bijven hardnekkig. Om aan de opgaven in de Kaderrichtlijn Water te voldoen is grofweg een reductie van 40-50% aan nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater nodig. Landbouw is in het landelijk gebied de grootste bron van N- en P-emissies. Een verdere

aanscherping van het huidige mestbeleid (als brongerichte maatregel) is kostbaar, wordt steeds problematischer voor de landbouw en levert misschien nog onvoldoende effect op. Aanvullende, effectgerichte maatregelen kunnen ook een bijdrage leveren.

Van veel aanvullende maatregelen zijn de kosten, de effectiviteit en de toepasbaarheid onduidelijk. In het Innovatieprogramma Kaderrichtlijn Water wordt daarna momenteel veel onderzoek uitgevoerd, waaronder dit project 'Riet in de sloot'. Daarnaast zijn er veel andere projecten, waar niet of weinig wordt gemeten. Zo heeft oud riet in de sloot z'n ecologische waarde bewezen in het project 'kaantjes en raandjes'.

Natuurlijke zuiveringssystemen zijn onder te verdelen in vloeivelden, helofytenfilters, natuurlijke oevers en algen- of kroosvijvers. Uit onderzoek is gebleken dat helofytenfilters goed nutriënten kunnen zuiveren en ook kosteneffectief zijn, maar het draagvlak onder boeren door het grondbeslag is klein. Ook bufferstroken van 5 tot 10 meter zijn lastig voor Nederland met zijn grote lengte aan sloten en uit proeven is gebleken dat het effect op nutriënten klein was.

Natuurlijke rietvegetatie heeft een zuiverende werking. Processen als denitrificatie (omzetting van nitraat in stikstofgas), sedimentatie door de lagere stroomsnelheid en adsorptie van fosfaat zorgen voor lagere gehalten in het water. Daarnaast vindt in de zomerperiode opname van stikstof en fosfor plaats, wat met het maaien en afvoeren van het gemaaide riet wordt verwijderd.De uitdaging in dit project is te laten zien dat het werkt. Daartoe worden in een aantal slootvakken de nutriëntenconcentraties en de hoeveelheid water in- en uitstromend water gemeten. Effecten van oud riet op de stuwing en afwatering worden bekeken en verschillende beheerstrategiën, wanneer en hoe vaak maaien, worden vergeleken.

Oud riet heeft voor landbouw o.a. waarde als organische stofbron, stalstrooisel of als energiebron. Voor het waterschap heeft riet een functie voor zuivering van het slootwater en geeft het stabiliteit aan het talud.

Discussie:
De waterkwaliteit verbetert de laatste jaren niet zo sterk meer. Het mestbeleid ligt vrij vast en de landbouw als bron van vervuiling veranderd daarmee ook weinig. Het effect van het verbod op najaarstoediening van dierlijke mest op kleigronden zou nog een verandering in kunnen houden. Er zijn ook voorbeelden dat de waterkwaliteit nog verder verslechterd, zoals b.v. het grondwater in Drenthe.

De vraag hoe het staat met de waterkwaliteit in dit Groningse gebied kon niet precies worden beantwoord. Ofwel wat de opgave is om te voldoen aan de doelen van de KRW, een goede ecologische kwaliteit en het halen van natuurdoelen. Het waterschap zoekt breed naar oplossingen, bijv. het (weer) laten kronkelen van waterlopen en aan oeveraanpassingen.

Wat zijn belangrijke aspecten met riet in de sloot? Belangrijk is dat de waterafvoer goed in orde is. Dit is vooral belangrijk in zwetsloten, voor binnensloten ligt dat anders. Als het riet alleen in het talud staat wordt de doorstroomsnelheid niet beperkt. De natuurwaarde is dan vrijwel gelijk, maar het effect op de nutriëntenreductie is wel veel minder.

Wat betreft beheer wordt gesteld dat minimaal 1 maal in de drie jaar maaien het meest gunstig is. Te weinig maaien leidt tot een zichzelf 'verstikkende' vegetatie. Het laten staan van riet heeft als nadeel dat het blad in de sloot valt en de sloot daarmee steeds ondieper wordt. Uitbaggeren zal dan ook vaker moeten gebeuren.

De regelgeving zal moeten worden aangepast, want nu moeten de waterschapssloten voor 1 november geschoond zijn. In de praktijd gebeurt dit liefst direct na de (graan) oogst. Dit is te vroeg; het riet is nog in de groei en de wortelstokken worden uitgeput. Belangrijke vraag is hoe diep het riet moet worden gemaaid. Niet te diep maaien bevorderd de hergroei. In water dieper dan 60 cm groeit geen riet.

De vraag wordt gesteld of er verschillende soorten riet zijn. Stengels verschillen in dikte en taaiheid. In productieriet zijn grote verschillen tussen regio's en zelfs tussen percelen. Waarschijnlijk komt dit door verschillen in groeiomstandigheden, zoals de grondsoort.

Gemaaid riet kan een meerwaarde hebben. Het verwaarden van het maaisel wordt nu beperkt door wetgeving (vervoer) en kosten. Afvoeren kost tijd en geld; zoeken naar locale oplossingen. De vraag wordt gesteld of er machines zijn die in één

werkgang riet maaien, verkleinen en inpakken. Op grasland moet het gemaaide riet altijd worden weggehaald. Op akkerland kan het wel op de wendakker blijven liggen. Dit is goedkoper dan afvoeren. Het doel om met het riet nutriënten af te voeren blijft dan wel beperkt.

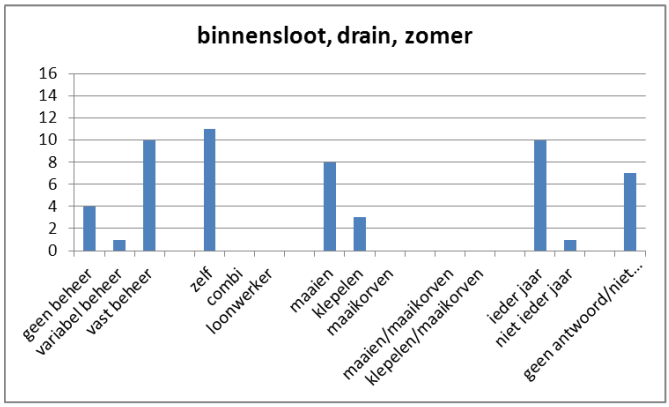
Composteren met wat mest of gras (b.v. bermmaaisel) is technisch goed mogelijk, waarna het terug op het land kan worden gebracht. De positieve bijdrage van riet aan de verbetering van de bodemvruchtbaarheid is overigens moeilijk aantoonbaar. Alle veranderingen in organische gehalten zijn moeilijk vast te stellen. Maar ook verschuivingen in bodemleven en structuur zijn lastig te meten. Dit staat volop in de belangstelling en krijgt aandacht in bijv. project BASIS bij PPO Lelystad.

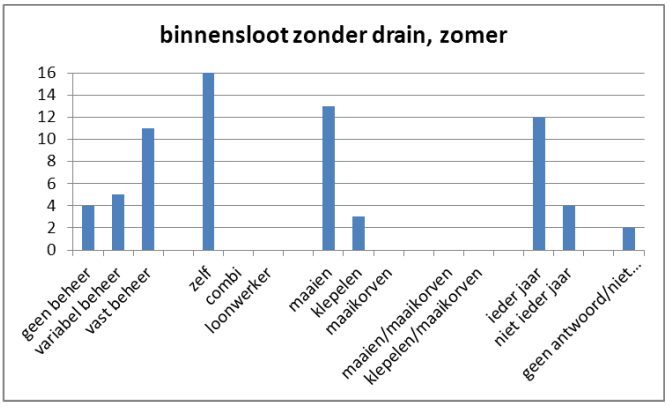
De vraag of de teeltvrije zone mag worden versmald als er riet in de sloot staat kan niet direct worden beantwoord. De acceptatie van riet in de sloot kan worden vergroot als de sloot wordt meegenomen als groen-blauwe dienst.

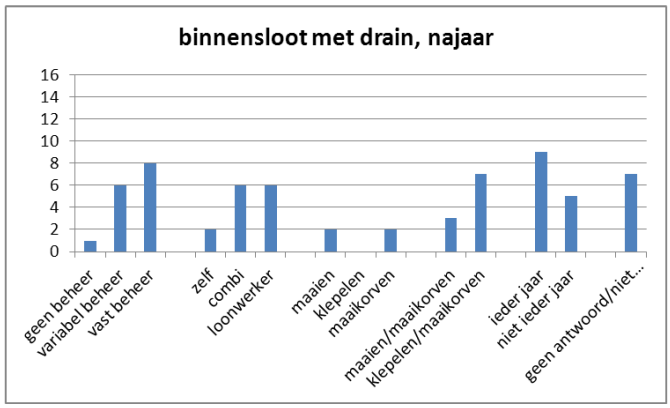
Vervolg:
Begin volgend jaar is het de bedoeling een enquête te houden onder een bredere groep boeren. Deze bijeenkomst is een belangrijke input voor het opstellen van de juiste vragen. De resultaten van de enquête en de eerste onderzoeksresultaten zullen volgend jaar in een nieuwe bijeenkomst worden gepresenteerd.

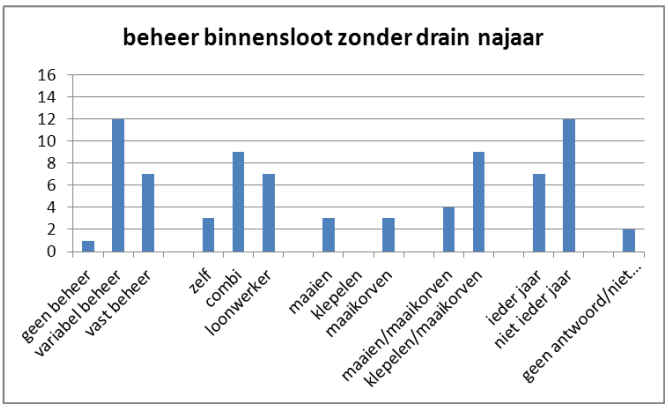
(JRvdS en AdB)

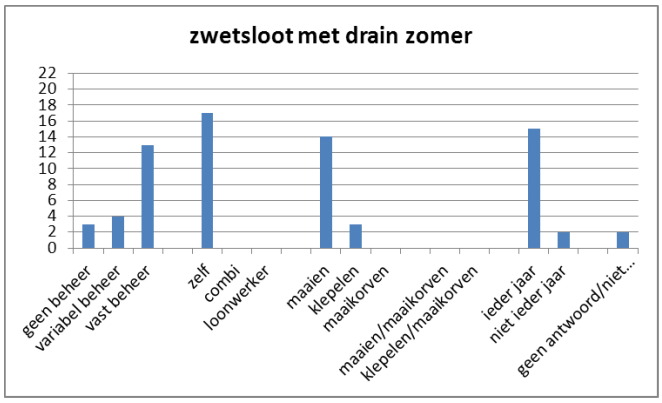
Bijlage 5. Beheer sloten

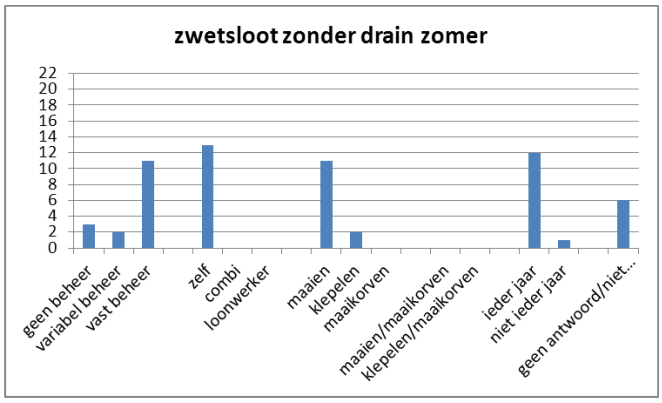


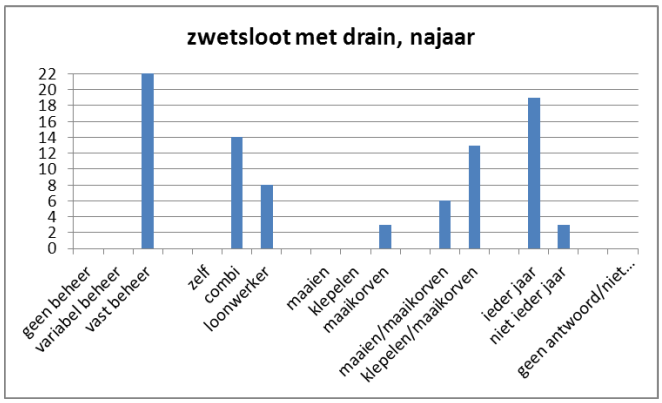


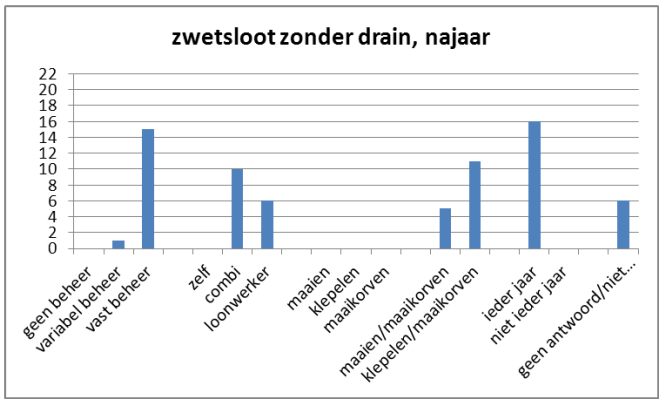












© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving