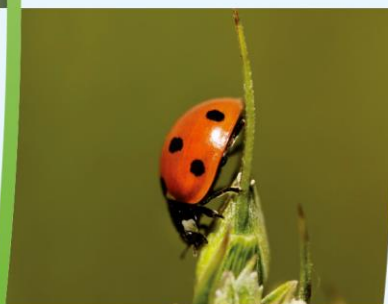
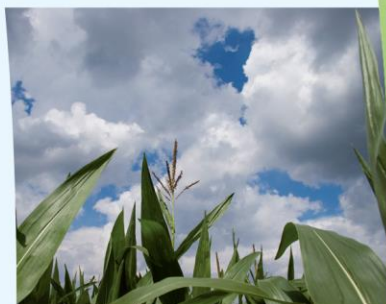


Soil for life

Rapport 1721.N.18

Effecten plasdras op fosfaat-
emissie uit landbouwgronden;
monitoring en oplossingen in
Noord-Holland



Rapport 1721.N.18

Effecten plasdras op fosfaat-emissie uit landbouwgronden; monitoring en oplossingen in Noord-Holland

Auteur(s) : dr.ing. D. van Rotterdam; D. Thijsen BSc

© 2019 Wageningen, Nutriënten Management Instituut NMI B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit de inhoud mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de directie van Nutriënten Management Instituut NMI.

Rapporten van NMI dienen in eerste instantie ter informatie van de opdrachtgever. Over uitgebrachte rapporten, of delen daarvan, mag door de opdrachtgever slechts met vermelding van de naam van NMI worden gepubliceerd. Ieder ander gebruik (daaronder begrepen reclame-uitingen en integrale publicatie van uitgebrachte rapporten) is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van NMI.

Disclaimer

Nutriënten Management Instituut NMI stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens NMI verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Verspreiding

Wendy Ates, provincie Noord-Holland	1x
Corine van den Berg en Maarten Ouboter, waterschap Amstel, Gooi en Vecht	2x
Marinus Boogaard, waterschap Rijnland	1x
Henk Bouman, hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	1x

Inhoud

	pagina
Samenvatting en conclusies	2
1 Inleiding	4
2 Theoretische achtergrond	6
2.1 Gedrag fosfaat in de bodem bij vernatting	6
2.2 Onderzoek naar plasdras in Utrecht	7
3 Aanpak	8
3.1 Opzet en aanpak algemeen	8
3.2 Opzet en uitvoer veldmonitoring	8
4 Resultaten monitoringsproef	11
4.1 Omstandigheden tijdens de monitoring	11
4.2 Bodemsamenstelling	12
4.3 Samenstelling bodemvochten plasdras	13
4.3.1 Samenvatting bodemvocht	13
4.3.2 Resultaten bodemvocht	13
4.4 Opstaandwater en plasdras	16
4.4.1 Samenvatting opstaandwater	16
4.4.2 Resultaten opstaandwater	16
4.5 Sloot	18
4.5.1 Samenvatting slootwater	18
4.5.2 Resultaten slootwater	18
4.6 Vergelijking veldmonitoring met incubatieproef (B-Ware)	21
4.7 Samenvatting en conclusies veldmonitoring plasdras	23
5 Inrichting plasdras voor weidevogel, agrariër en waterkwaliteit	25
5.1 Maatregelen	25
5.1.1 Perceelselectie	25
5.1.2 Vernatting perceel	26
5.1.3 Inrichting perceel	26
5.1.4 Beëindiging van de plasdras-periode	28
5.1.5 End-of-pipe maatregelen	28
5.2 Conclusie oplossingsrichtingen	28
6 Referenties	29

Samenvatting en conclusies

Om de achteruitgang in de weidevogelstand een halt toe te roepen is één van de maatregelen binnen het agrarisch natuur- en landschapsbeheer (ANLB) het tijdelijk plasdras zetten van graslanden. Recente onderzoeken (o.a. in Utrecht in 2016) en metingen van Waterschap Amstel Gooi en Vecht (AGV) laten zien dat de plasdrassituatie negatieve gevolgen kan hebben voor de waterkwaliteit. Wanneer een perceel plasdras wordt gezet en de bodem verzadigd raakt met water leidt dit ertoe dat ijzer(hydr)oxides oplossen en het daaraan gebonden fosfaat (P) vrijkomt.

Om de uitvoering van plasdras zo in te richten dat de waterkwaliteit niet verslechtert is NMI BV door provincie Noord-Holland, mede namens betrokken waterschappen, gevraagd om het daadwerkelijke risico op een verslechterende waterkwaliteit in beeld te brengen. Het verkregen inzicht in de factoren die van invloed zijn op het verlies van fosfaat naar het oppervlaktewater tijdens een plasdrassituatie helpt om samen met betrokken partijen maatregelen te ontwikkelen die de waterkwaliteit beschermen, goed zijn voor de weidevogels en inpasbaar binnen de agrarische bedrijfsvoering.

Een monitoringsproef is opgezet op 6 plasdraspercelen in Noord-Holland waar tussen 25 februari en 15 juni op tweewekelijkse basis bodemvocht, opstaandwater, en slootwater zijn bemonsterd. In de monitoringsproef werd bevestigd dat wanneer de bodem waterverzadigd is de P-concentratie in het bodemvocht sterk toeneemt. In het veld werden waardes van P-totaal tot 20 mg/l op veen en kleiig veen in het bodemvocht gemeten. De verandering over de tijd en de P-concentraties zijn locatie afhankelijk en gerelateerd aan de lokale vochttoestand en aan het vrijkomen van ijzer (Fe).

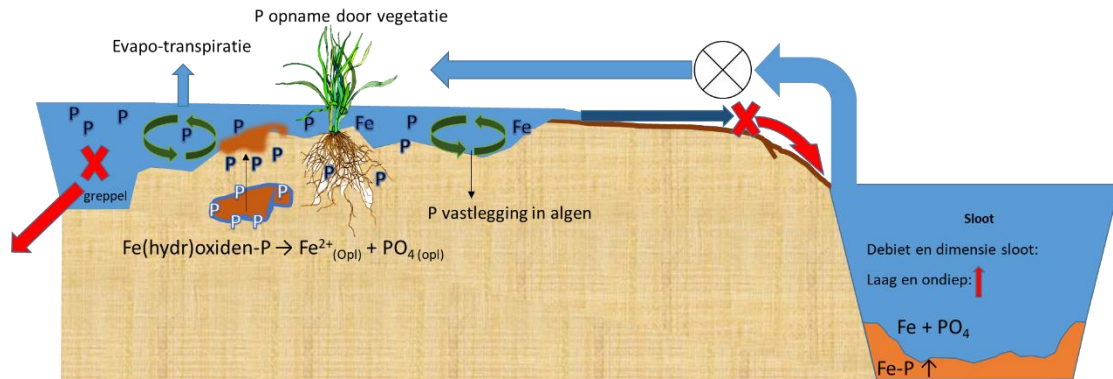
Of de vrijgekomen P in het bodemvocht ook leidt tot hoge P-concentraties in het opstaandwater op het plasdrasperceel is sterk afhankelijk van de specifieke locatie. De belangrijkste parameters die bepalend zijn voor verhoogde P-concentraties in het opstaandwater zijn (zie ook Figuur 1):

- **Bodemtype:** op bodems met een hoog kleigehalte is de interactie tussen opstaandwater en bodemvocht beperkt(er); op bodems met een hoog organische stofgehalte is het interactieoppervlak veel groter wat het transport van P van bodemvocht naar opstaandwater vergroot;
- **Inrichting van de plasdras:** bij een grote ondiepe plas zonder vegetatie is er maximale interactie tussen bodem en opstaandwater waardoor de P-concentratie, met name op veengronden, sterk kan toenemen (tot 11 mg/l), bij greppelplasdras is het interactieoppervlak veel geringer waardoor minder P in het opstaandwater komt;
- **Waterhuishouding:** er is door verdunning een relatie tussen de hoeveelheid water dat wordt opgepompt en de P-concentratie. Wanneer te weinig water wordt opgepompt om de evapotranspiratie te compenseren kan door droogte en indamping de concentratie sterk toenemen. Het risico voor de aangrenzende sloten is dan echter beperkt omdat (bij goed beheer) weinig tot geen water van het perceel afstroomt.
- **Vegetatie en algen:** bij hoge P-concentraties in het opstaandwater (>4 mg/l) beginnen algen te groeien die P vastleggen en waardoor de concentratie daalt; een zelfregulerend effect. Er zijn aanwijzingen dat ook sterke gewasgroei op een perceel het transport van P uit de bodem naar het opstaandwater kan verlagen omdat het P wordt opgenomen door het gewas.

Ondanks de soms zeer hoge P-totaal concentraties in het opstaandwater, kon op geen enkele locatie een relatie worden gevonden tussen de inundatie van een perceel en de P-concentratie in de sloot. De concentratie in de sloot langs het plasdrasperceel was gemiddeld lager dan in een referentiesloot en de variatie over de tijd was vergelijkbaar. De P-totaal concentraties in het slootwater overschreden in vrijwel alle situaties de streefwaarden voor een Goed Ecologisch Potentieel (uitgaand van een GEP van 0,15 mg P/l). In de haarvaten van het watersysteem is over de tijd de input van P naar het water duidelijk waar te nemen (concentraties tot 6 mg P/l gemeten). De hoge P-concentratie is mogelijk het gevolg van

bemesting maar ook door het anaeroob worden van de slootbodem kan P worden gemobiliseerd. Dit laatste vindt met name plaats in de zomer plaats in ondiepe, smalle sloten met een lage stroomsnelheid van het water. Bij het eerste proces is er geen relatie tussen P en Fe in het slotwater, bij het tweede proces komt zowel P als Fe vrij. Bij hoge stroomsnelheden in brede diepe sloten (perceel 2) zorgt de verdunning voor én lage P-concentraties en zijn veranderingen in P-input niet meetbaar.

Uit de monitoringsproef blijkt dat plasdras leidt tot het **potentiële risico** van hoge P-concentraties in het opstaandwater maar er is geen bewijs gevonden dat dit ook daadwerkelijk leidt tot **problemen** met de waterkwaliteit in omliggende sloten. Desalniettemin wordt aanbevolen de mogelijke risico's van het plasdras zetten van een perceel zoveel mogelijk te beperken.



Figuur 1 Schematische weergave van de belangrijkste processen die spelen op een plasdrasperceel

Tijdens dit project is gezocht naar de optimale inrichting van plasdras voor maximale effectiviteit voor weidevogels, zonder dat dit ten koste gaat van de waterkwaliteit en optimaal inpasbaar is voor de agrarische ondernemer. Samen met experts zijn de volgende inrichtingsmaatregelen ontwikkeld:

- Aan het eind van de plasdrasperiode het perceel twee weken de tijd geven om water in de bodem te laten trekken. Eventueel als aanpassing in de voorwaarden opnemen in combinatie met de afgesproken plasdrasperiode.
- Perceel opdelen in een plasdrasdeel in het midden en een rand langs de sloot met een schraler beheer zoals kruidenrijk weidevogelgrasland of botanische weiderand. In deze rand is meer ruimte en voedsel voor de weidevogelkuikens en daarnaast dient de rand bij oppervlakkige afstroming van het opstaandwater als bufferstrook om fosfaat weer in de bodem vast te leggen.
- Intensiteit waarmee water wordt opgepompt afstemmen op omstandigheden: niet te laag (verdamping) en zeker niet te hoog (afvloeiing). Voor de weidevogels is een fluctuerende rand langs de plas belangrijk om het gras kort te houden en bodemleven een kans te geven. Flexibiliteit in waterpeil is een maatregel die met simpele technische aanpassingen goed uitvoerbaar is. Fluctuaties in waterpeil kan echter conflicteren met de huidige voorwaarden van plasdras;
- Bij de selectie van nieuwe plasdraspercelen idealiter kiezen voor kleigronden met een lage fosfaatverzadigingsgraad (<25%) die hol liggen;
- Waar nodig dammen aanleggen om afstroming van opstaandwater naar de sloot te vermijden.

1 Inleiding

Aanleiding

De provincie Noord-Holland is een belangrijke weidevogelprovincie. Binnen het agrarisch natuur- en landschapsbeheer (ANLB) is het agrarisch natuurtipe open grasland voornamelijk gericht op herstel en beheer van weidevogels. Om de achteruitgang in de weidevogelstand een halt toe te roepen, is één van de maatregelen binnen het ANLB het tijdelijk plasdras zetten van graslanden. Weidevogels die in het voorjaar terugkeren naar ons land worden aangetrokken door het opstaandwater op grasland dat plasdras is gezet. Het biedt een rustplek en een plek waar ze kunnen foerageren, verblijven en nestelen (o.a. Weterings et al., 2015). Ook voor de jonge vogels is plasdras belangrijk om te kunnen foerageren.

Voor de inrichting moet tijdens de afgesproken periode (tussen februari tot en met medio juni) op minstens 60% van het afgesproken (deel van het) perceel een laag van ten minste 5 cm water staan. Dit kan op verschillende manieren worden bereikt; door inundatie waarbij water actief wordt opgepompt, slootpeil opzetten of greppels dicht zetten (greppel-plasdras).

Om de effectiviteit van de maatregelen op gebiedsniveau te borgen, wordt door de collectieven het beheerpakket plasdras aangevraagd in combinatie met andere weidevogel pakketten zoals kruidenrijk weidevogelgrasland, uitgesteld maaien (met variatie in data), extensieve beweiding, waar nodig het beheerpakket legselbeheer en waar en wanneer nodig in de loop van het seizoen last minute beheer via kuikenvelden. Praktijkgegevens laten zien dat het aantal weidevogelsoorten stabiliseert of toeneemt als er minimaal 0,5 hectare plasdras per 100 ha grasland aanwezig is in de periode tussen 15 februari en 15 mei (Weterings et al., 2015).

Recente onderzoeken (o.a., studie naar plas-dras in Utrecht in 2016) en metingen van Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV) laten zien dat het onder water zetten van agrarische percelen negatieve gevolgen kan hebben voor de waterkwaliteit. Het risico ontstaat wanneer de bodem verzadigd is met water en fosfaat (P) in de bodem vrij beschikbaar wordt. Met het afvloeien van het opstaandwater kan dit vrijgekomen P naar de aangrenzende sloot worden getransporteerd. Het inrichten en beheren van plasdras vergt dus een zorgvuldige aanpak om het risico op fosfaatverliezen naar het watersysteem te voorkomen/te beperken. Voor de waterschappen en de provincie is de handhaving van een goede waterkwaliteit immers een belangrijk doel.

In de bodem is een belangrijk deel van het P dat beschikbaar kan komen gebonden aan ijzer - en aluminium(hydr-)oxiden. Wanneer een bodem onder water komt te staan, wordt het ijzer (Fe) in de bodem gereduceerd waarbij het vaste Fe(III) wordt omgezet naar Fe(II) dat veel beter oplosbaar is. De Fe(hydr-)oxides gaan dan dus (deels) in oplossing. Het gevolg is dat het fosfaat dat aan het oppervlak van deze Fe(hydr)oxide gebonden zat ook vrij komt. De directe P-beschikbaarheid én het risico op P-verliezen naar het oppervlaktewater nemen daardoor toe. Dit proces is de oorzaak dat het voorgestelde weidevogelbeheer kan conflicteren met de gewenste waterkwaliteitsdoelen; een verslechtering van de waterkwaliteit is conform de KRW niet toegestaan.

Om natuur- en waterbeheer in zowel beleid als uitvoering optimaal op elkaar af te stemmen is het Nutriënten Management Instituut (NMI) BV door provincie Noord-Holland, mede namens betrokken waterschappen, gevraagd om het daadwerkelijke risico op een verslechterende waterkwaliteit in beeld te brengen door de fosfaatemissie te monitoren op agrarische percelen die plasdras zijn gezet. Het verkregen inzicht in de factoren die van invloed zijn op het vrijkomen van fosfaat tijdens de plasdrassituatie is belangrijk om samen met betrokken partijen maatregelen voor te stellen die het negatieve effect van plasdras op de waterkwaliteit voorkomen, goed zijn voor de weidevogels en

inpasbaar zijn binnen de agrarische bedrijfsvoering.

Doel

Het doel van dit onderzoek is om het daadwerkelijke risico op een verslechterende waterkwaliteit in beeld te brengen door de fosfaatemissie te monitoren op percelen die plas-dras zijn gezet. Hierdoor wordt meer inzicht ontwikkeld in de sturende factoren die bepalen onder welke omstandigheden plasdras de waterkwaliteit verslechtert en hoe agrarische ondernemers plasdrassituaties kunnen aanleggen zonder negatieve gevolgen voor de waterkwaliteit. Dit overkoepelende doel zal worden bereikt op basis van de volgende subdoelen:

- Inzicht krijgen in het effect van plas-dras, en de manier waarop plas-dras wordt ingericht (oppompen water, overstroom van greppels, dan wel verhogen waterpeil), op de actuele fosfaatemissies uit de bodem en fosfaatbelasting van het oppervlaktewater;
- Vaststellen welke factoren van invloed zijn op het vrijkomen van P uit de bodem (bodemkwaliteitsparameters) en welke factoren de uit- en afspoeling naar het watersysteem bepalen (morfologie van het perceel, inrichting plas-dras, type plas-dras);
- Eenduidige oplossingsrichtingen / maatregelen die de negatieve effecten op waterkwaliteit voorkomen dan wel verminderen, rekening houdend met waterkwaliteit, weidevogelpopulatie en landbouwkundig gebruik.

2 Theoretische achtergrond

2.1 Gedrag fosfaat in de bodem bij vernatting

De bodem bestaat uit een vaste matrix met poriën. De poriën zijn gevuld met bodemvocht, lucht, (micro)-organismen en plantenwortels. De vaste matrix bestaat uit de combinatie van minerale delen en organische stof. In de bodem is de directe beschikbaarheid van fosfaat (P) laag door de sterke binding van P aan het oppervlak van deeltjes in de bodem. De P-concentratie in het bodemvocht wordt voornamelijk bepaald door de binding (adsorptie en desorptie) van P aan het oppervlak van ijzer- en aluminium(hydr)oxide. Dit blijkt voor zowel zand, klei als veengronden het geval te zijn (Schouwmans et al., 2013, van der Zee et al., 1988).

In een bodem met lucht in de poriën wordt door micro-organismen zuurstof gebruikt om organische stof te mineraliseren. Bij vernatting van de bodem raken de poriën volledig gevuld met water en raakt het aanwezige zuurstof in de bodem snel op. De omstandigheden veranderen van aerob (zuurstof aanwezig of geoxideerd) naar anaerob (zuurstofloos of gereduceerd). Het ontstaan van gereduceerde omstandigheden is een microbieel gedreven proces waarbij onder anaerobe omstandigheden micro-organismen op zoek gaan naar een andere electronendonor om organische stof te oxideren. Voor deze micro-organismen is de reductie van nitraat energetisch het meest gunstig. Wanneer een bodem verzadigd is met water moeten de micro-organismen zich steeds aanpassen om een andere hulpstof te gebruiken om aan voedsel (organische stof afbraakproducten) te komen, dit zijn opeenvolgend: zuurstof, nitraat, mangaanoxide, ijzer(hydr)oxide, en sulfaat.

Onder anaerobe omstandigheden kan de P-beschikbaarheid sterk toenemen wanneer micro-organismen ijzer (Fe III) gaan gebruiken. Het Fe(III) zit in de bodem in de vorm van Fe(hydr-)oxides en wanneer het Fe wordt gereduceerd naar Fe(II) gaan deze Fe(hydr-)oxides (deels) in oplossing. Het gevolg is dat het fosfaat dat aan het oppervlak van deze Fe(hydr)oxide gebonden zat vrij komt (o.a. Khalid, 1974). De directe P beschikbaarheid neemt daardoor sterk toe. Naast P komt ook het gereduceerde Fe(II) in oplossing. Het vrijkomen van P door vernatting wordt interne eutrofiëring genoemd.

Wanneer de omstandigheden weer oxidisch worden oxideert het Fe(II) en kan P weer adsorberen aan het gevormde Fe(hydr-)oxide. Onderzoek in het laboratorium heeft uitgewezen dat de binding van P aan de nieuw gevormde Fe(hydr-)oxide na vernatting sterker is dan voor vernatting (Kemmers en Nelemans, 2007).

Sulfaat speelt een belangrijke rol in dit proces omdat het de beschikbaarheid van P op twee manieren beïnvloedt. De eerste manier is het versnellen van het oplossen van de Fe(hydr)oxiden: wanneer door de gereduceerde omstandigheden ook sulfaat wordt omgezet in sulfide, kan dit sulfide direct een chemische reactie aangaan met het Fe(hydr)oxide. Het Fe(hydr)oxide lost op en het vrijgekomen Fe reageert met de sulfide en vormt het zeer onoplosbare FeS_2 .

De tweede manier is dat het sulfide het opgeloste Fe uit de (bodem)oplossing wegvangt en het adsorptieoppervlak voor P blijvend verloren gaat. Wanneer onder anaerobe omstandigheden naast Fe(III) ook sulfaat reduceert, kan het gevormde sulfide neerslaan met het opgeloste Fe(II). Het adsorptie-oppervlak voor P gaat daarmee blijvend verloren.

Factoren die een rol spelen bij interne eutrofiëring zijn:

- De aanwezigheid van makkelijk afbreekbare organisch stof;
- Anaerobe omstandigheden, die bijvoorbeeld kunnen ontstaan door een hoog grondwaterpeil;

- De aanwezigheid van Fe(hydr-)oxiden;
- De aanwezigheid van geadsorbeerd P (P-AL) en totaal beschikbaar P (P-ox); en
- De aanwezigheid van beschikbaar sulfaat.

In fosfaatarme bodems zal ijzerreductie niet leiden tot fosfaatomobilisatie. Loeb et al. (2008) vonden dat bij inundatie van rivierdalgronden het risico voor interne eutrofiëring gering is bij een P-ox/Fe-ox ratio <0.2 (mol/mol). In deze situaties is namelijk een overmaat aan adsorptiecapaciteit aanwezig waarbij fosfaat zeer sterk wordt geadsorbeerd en nauwelijks in oplossing komt. Bij een P-ox/Fe-ox ratio > 1 ontstaat echter een groot risico op interne eutrofiëring.

Van Gerven et al. (2011) geeft een overzicht van de ontwikkelde kengetallen waarmee kan worden aangegeven of een waterbodem fosfaat (chemisch) kan naleveren. Een waterbodem gaat fosfaat naleveren bij een P:Fe-verhouding van tenminste 0,1 mol/mol en een P-gehalte in de waterbodem groter dan 1,36 g/kg. Deze criteria zijn afkomstig van een studie naar zeven zoetwatermeren in Nederland, Denemarken en Zweden (Boers en Uunk, 1990). Jensen et al. (1992) komen met vergelijkbare bevindingen. In hun studie vinden ze dat de fosfaattnalevering vanuit de waterbodem van twaalf Deense ondiepe meren samenhangt met de P:Fe-verhouding van de toplaag van de waterbodem die volgens hen een maat is voor het aantal vrije bindingsplekken van fosfaat aan ijzerhydroxides. Het treffen van maatregelen om de fosfaattnalevering vanuit de waterbodem tegen te gaan heeft volgens hen alleen zin bij een P:Fe-verhouding die lager is dan 0.12 mol/mol. Andere kengetallen kijken naar de samenstelling van het waterbodemvocht. Zo lijkt de Fe:P-ratio in het waterbodemvocht een goede indicator voor het P-gehalte in het oppervlaktewater. Wanneer deze ratio kleiner is dan 0,1 mol/mol leidt dit tot hogere P-gehalten in de vijftien onderzochte laagveenwateren en lijkt fosfaattnalevering een rol te spelen (Lamers et al., 2006).

Ook de Fe:S-ratio in het waterbodemvocht lijkt een indicator voor fosfaattnalevering. Wanneer deze ratio kleiner is dan 1 mol/mol lijkt de waterbodem substantieel meer fosfaat na te leveren (Geurts, 2010). Bobbink et al. (2007) hebben afgeleid dat een verhouding Fe-ox/S <0.5 van de vaste fase een grens is waar beneden de fosfaat (en sulfide)concentratie in het bodemvocht sterk kan gaan oplopen onder anaerobe omstandigheden. Bodemlagen met een Fe/S-ratio tussen 0,5 en 1 kunnen als risicovol beschouwd worden. Hierbij gaat het om Fe-ox en totaal S, beide uitgedrukt in mmol/kg. Deze ratio geeft een indicatie voor de kans dat ijzer gereduceerd wordt en de buffercapaciteit zal afnemen door het neerslaan van het opgeloste Fe met S. Het geeft echter geen informatie over de hoeveelheid fosfaat die vrijkomt, omdat dat ook afhankelijk is van de hoeveelheid fosfaat die aan dit ijzer geadsorbeerd is.

2.2 Onderzoek naar plasdras in Utrecht

In een voorgaande studie is in 2016 in de provincie Utrecht op vijf plasdraspercelen ook een veldmonitoring uitgevoerd. In deze studie zijn de belangrijkste processen die de P-emissie naar het watersysteem in kaart gebracht voor die lokale situatie en omstandigheden. Duidelijk werd dat, naast het vrijkomen van P uit de bodem, de inrichting van het plas-drasperceel in belangrijke mate bepalend is voor de belasting van het watersysteem. In de huidige studie wordt voortgebouwd op de al eerder opgedane inzichten.

3 Aanpak

3.1 Opzet en aanpak algemeen

De voorliggende studie bestaat uit twee onderdelen. Onderdeel 1 behelst een veldmonitoring van de actuele fosfaat (P)-mobilisatie uit de bodem naar het opstaande water en de belasting van de aangrenzende sloten. Duidelijk moet worden welke factoren belangrijk zijn en hoe groot het effect is van deze factoren op de uiteindelijke P-belasting. Dit levert de bouwstenen om te komen tot het verminderen dan wel beheersbaar maken van de potentiële belasting van het watersysteem met fosfaat (P) uit de bodem na het plasdras zetten van landbouwgrond. Onderdeel 2 behelst de inventarisatie en evaluatie van oplossingsrichtingen en levert praktische oplossingen die positief zijn voor weidevogels én waterkwaliteit.

3.2 Opzet en uitvoer veldmonitoring

De veldmonitoring heeft als doel om over de tijd te bepalen hoe groot de uit- en afspoeling van fosfaat is als agrarische percelen onder water worden gezet. Op een 6-tal plasdraspercelen is daarom gedurende de plasdras periode gemonitord wat de effecten zijn van de inundatie op het vrijkomen van P uit de bodem naar de waterfase en de uiteindelijke P-emissie naar de sloot.

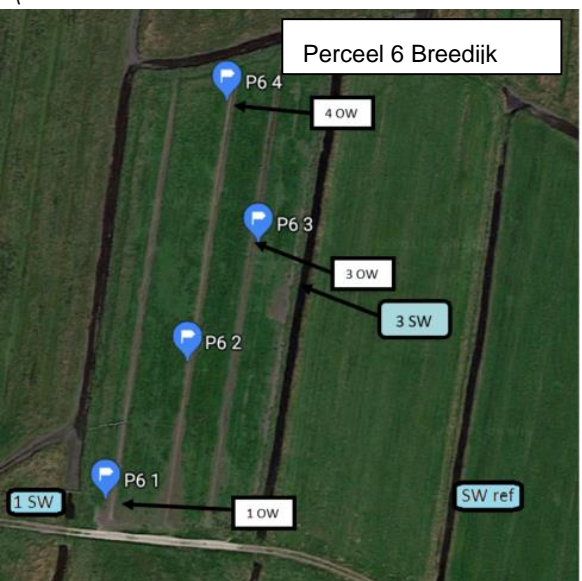
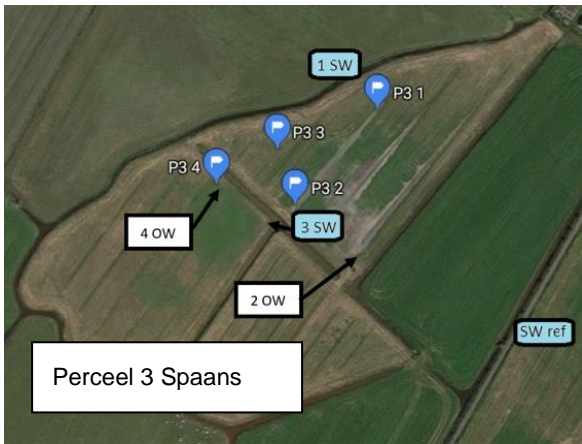
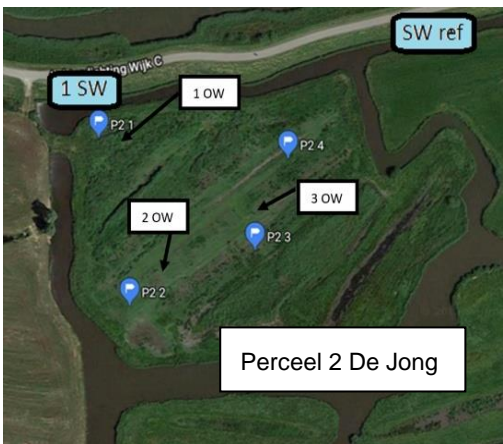
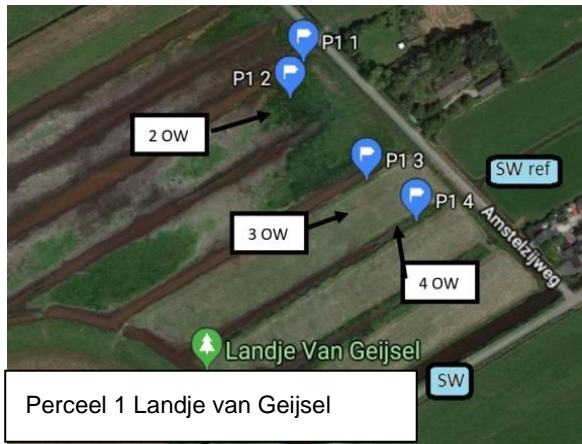
Tijdens de monitoring zijn tweewekelijks monsters genomen van het bodemvocht (3 tot 4 vaste punten per perceel), opstaandwater en slootwater langs het plasdrasperceel en een referentiemonster van een nabijgelegen sloot die niet werd beïnvloed door het plasdrasperceel. Figuur 3-1 geeft een overzicht van de locatie en de bemonstering per perceel. Voor de locaties 3 (noordelijke perceel) en 6 was de looptijd tot 15 mei en voor de locaties 1, 2, 4 en 5 zijn de metingen uitgevoerd tot 15 juni.

Om het bodemvocht te meten, zijn aan het begin van de veldmonitoring op 5-10 cm onder maaiveld rhizons geplaatst die 4 maanden zijn blijven zitten. Het voordeel van rhizons is dat altijd op exact dezelfde plek wordt bemonsterd en er geen spreiding in de meetgegevens wordt geïntroduceerd door de ruimtelijke variabiliteit binnen een perceel. Daarnaast geven rhizons de meest nauwkeurige weergave van de samenstelling van het bodemvocht. Rhizons zijn semipermeabele gesloten units waar het poriewater doorheen gezogen kan worden. De 3 tot 4 bodemvochtmeters zijn zoveel mogelijk verspreid over het perceel geplaatst op punten waar verwacht werd dat gedurende de periode continue water zou staan. Een deel van de bodemvochtmetingen is helaas niet uitgevoerd omdat ganzen de meetapparatuur vernielden (o.a. perceel 2, 3, 4 en 5) of omdat er te weinig bodemvocht was voor de analyse. Het voorjaar van 2018 was namelijk vrij droog waardoor sommige rhizons droog kwamen te staan en het niet mogelijk was om bodemvocht op te zuigen.

Op alle zes locaties is gedurende de monitoringsproef de P-concentratie in het slootwater gemeten. Er zijn 1 tot 2 sloten grenzend aan een plasdras perceel bemonsterd en op elke locatie is een referentie sloot bemonsterd die niet in contact staat met het plasdrasperceel.

Bodemmonsters

Aan het begin van de monitoringsproef zijn bij het plaatsen van de rhizons ook bodemmonsters genomen van de bovenste 10 cm van de bodem op basis van een mengmonster. De bodemmonsters zijn bij Eurofins gemeten volgens het standaard bemestingsonderzoek aangevuld met een oxalaatextractie. Het standaardbemestingsonderzoek bestaat uit de volgende bodemparameters: pH, klei-, silt-, zand-, en kalkgehalte en organische stofgehalte (OS). Van het organische stof is de C over N ratio en de C over S ratio bepaald. Daarnaast is de grootte van het adsorptiecomplex van de bodem voor kationen (CEC) en de samenstelling van dit adsorptiecomplex (Ca, Mg, K, Na bezetting) bepaald.



Figuur 3-1 Weergave van waar in elk van de zes bemonsterde percelen bodemvocht (blauwe vlag), opstaandwater (OW) en slotwater (SW) en de referentie slotwater (SW ref) is bemonsterd. Op de kaart linksboven staan de 6 locaties ten opzichte van de stad Amsterdam.

De nutriëntentoestand van N, K, S, Mg, en Na is met verschillende indicatoren gemeten (N-totaal, N-levering, K-beschikbaar, K-levering, S-totaal en S-leverend vermogen, Mg- en Na beschikbaar).

Om de fosfaattoestand van de bodem in kaart te brengen is het direct beschikbaar P gemeten (P-CaCl₂), de P-voorraad die reversibel is gebonden en relatief gemakkelijk beschikbaar komt (P-AL) en de totaal gebonden P-voorraad (P-ox) als ook de hoeveelheid ijzer- en aluminiumoxiden (Fe-ox en Al-ox). De som van Fe-ox en Al-ox is een maat voor het oppervlak in de bodem waar P specifiek aan bindt. De verhouding tussen P-ox en (Fe+Al)-ox – ook wel fosfaatverzadigingsgraad (FVG) genoemd - geeft een indicatie van hoe sterk P is gebonden en dus ook hoe gemakkelijk het beschikbaar kan komen. Binnen een gebied zijn P-AL en FVG vaak aan elkaar gerelateerd.

Watermonsters

In alle bodemvocht, opstaande- en slootwater monsters zijn de volgende parameters gemeten: pH, CO₂, HCO₃, Ca, Mg, Na, Cl, K, Fe, Mn, Al, Zn, NH₄, NO₃, SO₄, PO₄, P-totaal, TOC en TN. De fosfaatconcentratie is op twee manieren gemeten: P-totaal en opgelost anorganisch ortho P (OAP). Om totaal-P te bepalen wordt direct uit de monsternamepot een monster genomen dat wordt aangezuurd en vervolgens geïnjecteerd in een apparaat dat de totale P-gehalte meet (ICP-MS). In het monster zitten de kleine deeltjes die in de oplossing drijven er nog in en door het toevoegen van zuur komt P los van deze deeltjes. Om opgelost anorganisch ortho P te meten wordt het monster gefilterd om de kleine deeltjes in de suspensie te verwijderen. Het monster wordt niet aangezuurd zodat ook geen extra P van de nog wel opgeloste microdeeltjes los wordt gemaakt. Daarna wordt alleen het opgelost anorganisch P in het monster met een ICP-AAS gemeten.

4 Resultaten monitoringsproef

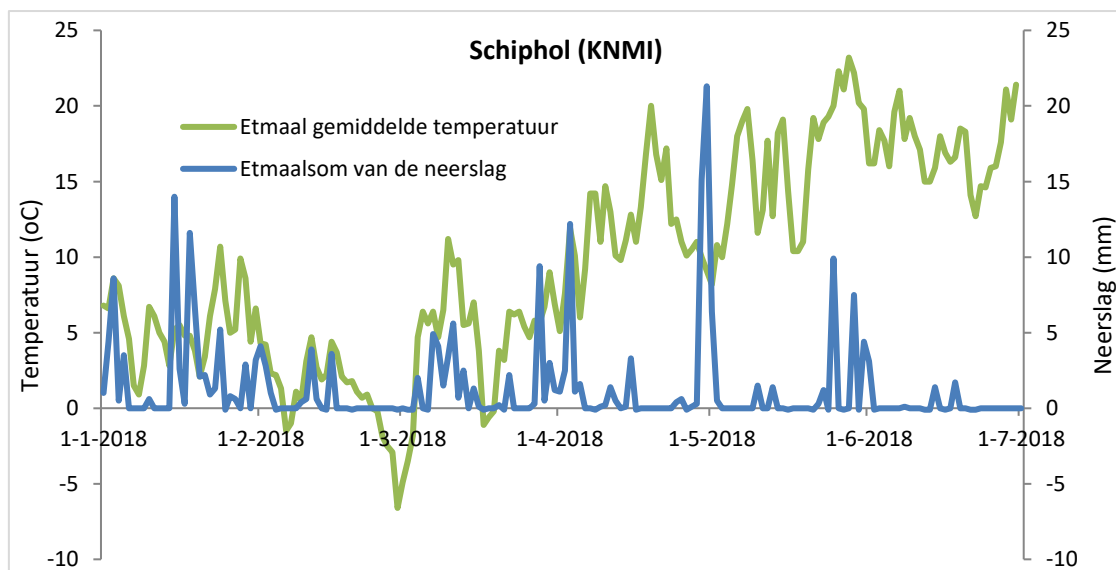
4.1 Omstandigheden tijdens de monitoring

De proef liep van 20 februari tot 11 juni 2018. Een overzicht van de belangrijkste eigenschappen van de onderzochte percelen staan in Tabel 4-1.

Figuur 4-1 geeft een weergave van de etmaal gemiddelde temperatuur en neerslag op Schiphol. Februari en maart waren koude maanden waarna april zachter was dan normaal. In de maanden mei, juni en juli was het uitzonderlijk warm met als toppunt de meimaand met een warmste gemiddelde temperatuur sinds minimaal 300 jaar. De hoeveelheid zonuren lag dit voorjaar ook hoger dan normaal. De hoeveelheid neerslag in februari was 23 mm tegenover 55 mm normaal. In maart is een gemiddeld normale neerslag van 60 mm gevallen. In april is gemiddeld over het land 74 mm gevallen tegenover 44 mm normaal. Deze neerslagsom is het gevolg van een aantal zware onweersbuien. In mei viel gemiddeld 47 mm met lokaal grote verschillen. Normale neerslag in mei is 61 mm. In de maand juni viel ook niet veel neerslag: 29 mm tegen 68 mm normaal. Bij elkaar opgeteld is dit voorjaar erg droog en zonnig geweest met extreme temperaturen, zowel zeer koud als zeer warm.

Tabel 4-1 Overzicht van de belangrijkste locatie specifieke informatie.

Locatie	Periode	Wateraflaat eind plasdrasperiode	Natheid perceel	Watervoorziening	Afstroming naar sloot	Dammen op perceel
1	15-2 tot 15-6	indrogen	tot 2-5 goed, daarna ingedroogd	inlaat vanaf dijk door hoogteverschil	ja	nee
2	15-2 tot 15-6	afpompen	continue plas in het midden	pomp als perceel opdroogt	ja	nee
3	15-2 tot 15-5	greppel open zetten	continue plas in het midden	inlaat vanaf dijk door hoogteverschil	ja	ja
4	15-2 tot 15-6	greppel open zetten	Tot 15-5 goed, daarna tijdelijk ingedroogd ivm broedende kluut	trekker	ja	ja
5	15-2 tot 15-6		continue plas in het midden	trekker en zonnepomp	nee	nee
6	1-2 tot 1-5	indrogen	tot 2-5 goed daarna ingedroogd	pomp op zonnecollector	nee	nee



Figuur 4-1 Etmaal gemiddeld temperatuur en neerslag gedurende de periode van de proef (data KNMI).

4.2 Bodemsamenstelling

De resultaten van de algemene en P-specifieke bodemkenmerken staan in Tabel 4-2. Op basis van de indeling in organische-stofklassen (Ten Cate, 1995) kan de bodem van de zes locaties met afnemende hoeveelheid organische stof, worden gedefinieerd als kleilig veen (locatie 1, 2, 4, 6), venige klei (locatie 3) en humusrijk (locaties 5). Locatie 3 en 5 hebben het laagste organische stofgehalte en het hoogste kleigehalte.

De fosfaattoestand van de bodem kan voor 4 van de 6 locaties (2, 4, 5, 6) worden gedefinieerd als neutraal, op basis van de landbouwkundige waardering voor grasland (wanneer alleen rekening wordt gehouden met P-AL). Voor de locaties 1 en 3 (Van Geijssel en Spaans) is de fosfaattoestand op basis van P-AL hoog. Opvallend is dat ondanks de relatief grote hoeveelheden makkelijk beschikbare P-reserves (reversibel gebonden, gemeten met P-AL), de P-concentratie in de bodemoplossing, zoals benaderd met P-CaCl₂ voor alle plasdraspercelen laag tot zeer laag was. De reden hiervoor is dat wanneer percelen niet meer op landbouwkundig niveau worden bemest het P-evenwicht in de bodem veranderd richting een lagere directe P beschikbaarheid (Postma et al., 2014). Wanneer de percelen worden ingedeeld in de landbouwkundige waardering op basis van de combinatie van het directe beschikbare P (P-CaCl₂) als de makkelijk beschikbare P reserves (P-AL, Van Rotterdam en Bussink, 2016) zijn de percelen 4, 5 en 6 arm aan P; de percelen 1 en 2 laag in P en voor perceel 3 is de fosfaattoestand neutraal.

Naast de makkelijk beschikbare P-reserves zijn bij vernatting ook de totale beschikbare P-reserves in de bodem (benaderd met P-ox) relevant. In grote lijnen bepaalt de P-bindingscapaciteit (Q_{max}) van de bodem hoeveel P maximaal kan worden gebonden waardoor er een zeker verband is tussen P-ox en Q_{max} ($r^2=0.73$). De verhouding tussen P-ox en Q_{max} geeft aan in hoeverre de bodem is opgeladen met P door onder andere (historische) bemesting. De percelen 3, 4, en 6 hebben een vergelijkbare Q_{max} maar verschillen in hoeverre het oppervlak is verzadigd met P. Perceel 3 (Spaans) is duidelijk het meest opgeladen met P en heeft ook de hoogste directe P-beschikbaarheid. Dit perceel wordt bemest met stalmest en soms met drijfmest. Op perceel 4 (Van Zanten) is het adsorptieoppervlak veel minder opgeladen met P en perceel 6 (Breedijk Hoeve) zit daar tussenin.

Tabel 4-2 Algemene en P-specifieke bodemkenmerken van de 6 plasdraspercelen.

Parameter	Eenheid	1	2	3	4	5	6
		Geijssel	De Jong	Spaans	Zanten	Terlouw	Breedijk
Bodemtype		Kleilig veen	Kleilig veen	Venige klei	Kleilig veen	Humusrijk	Kleilig veen
Org. stofgehalte	%	39	37	24	41	16	37
Kleigehalte	%	16	18	35	23	34	24
Siltgehalte	%	12	19	24	19	36	17
Zandgehalte	%	32	26	15	17	13	21
pH	-	4,7	5,2	5,9	4,6	6,2	4,7
Kationen omwissel capaciteit (CEC)	cmol(+)/kg	528	439	452	400	319	380
Ca-bezetting CEC	%	55	69	81	54	76	57
Fosfaattoestand obv	P-AL	Hoog	Neutraal	Hoog	Neutraal	Neutraal	Neutraal
	P-AL & P-CaCl ₂	Laag	Laag	Neutraal	Arm	Arm	Arm
P-CaCl ₂	mg P/kg	0,5	0,8	0,9	0,3	0,5	0,3
AdviesPw		38	28	37	22	24	23
P-AL	mg P ₂ O ₅ /100g	59	39	54	34	35	36
FVG	%	21	21	31	15	23	24
P-ox	mmol/kg	62	24	55	26	18	42
Al-ox	mmol/kg	151	70	41	81	26	87
Fe-ox	mmol/kg	442	150	311	267	131	265
Q _{max}	mmol/kg	296	110	176	174	78	176

4.3 Samenstelling bodemvochten plasdras

4.3.1 Samenvatting bodemvocht

Door vernatting wordt het bodemvocht in de bovenste 10 cm van de bodem anaeroob waardoor de P-concentratie in het bodemvocht sterk toeneemt tot waarden die wel 20 mg/l bereiken. Het verloop en de P-concentratie is locatie afhankelijk. Ook binnen een perceel kan de ruimtelijke variabiliteit groot zijn die sterk is gerelateerd aan de lokale vochttoestand. De P-concentratie is gerelateerd aan het vrijkomen van ijzer (Fe) : hoe meer Fe oplost, des te hoger is de concentratie P-totaal in het bodemvocht.

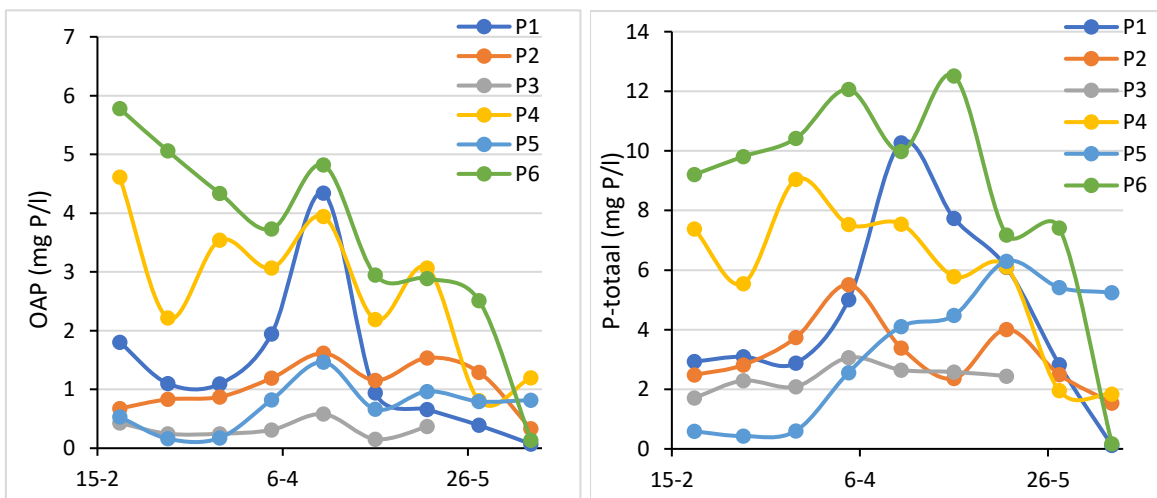
4.3.2 Resultaten bodemvocht

Op alle zes de plasdraspercelen is op 3 tot 4 plekken gedurende de monitoringsproef de P concentratie in het bodemvocht gemeten op een diepte van 5 tot 10 cm. De gemiddelde concentraties P-totaal en opgelost anorganisch P (OAP) van deze meetpunten is per perceel getoond in Figuur 4-2. In bemeste landbouwbodems is de P-concentratie onder aerobe omstandigheden lager dan 1 mg/l met mogelijke uitschieters in excessief bemeste percelen tot 2 mg/l. Alleen onder gereduceerde omstandigheden die ontstaan wanneer een bodem is verzadigd met water kunnen hogere P-gehalten in het bodemvocht worden gemeten.

Het is duidelijk dat door het plasdras zetten van de onderzochte landbouwpercelen de omstandigheden in de bodem anaeroob zijn geworden en P vrij komt in het bodemvocht wat tot zeer hoge P-concentraties leidt (maximum van 20 mg P-totaal/l, Figuur 4-2). In het bodemvocht is de concentratie direct beschikbaar OAP een fractie van de concentratie P-totaal (gemiddeld ongeveer 30%). P-totaal bestaat namelijk, naast het opgeloste fosfaat, ook uit opgeloste organische moleculen die P bevatten en uit zeer kleine ijzer-fosfaat deeltjes.

De verschillende percelen laten een duidelijk verschil zien in de gemiddelde P-concentratie en hoe deze verloopt over de plasdrasperiode (Figuur 4-2). Binnen een perceel kunnen de afzonderlijke monsterpunten echter ook van elkaar verschillen. Dit is voor vier van de zes percelen getoond in Figuur 4-3.

De percelen worden besproken in volgorde van afnemende P-concentratie in het bodemvocht: veen met greppelplasdras (Breedijk, P6), veen met inundatie en grote plas (Van Zanten, P4), veen met opgezet waterpeil (Geijssel, P1), veen met inundatie (De Jong, P2), en de kleigronden met inundatie (Terlouw, P5 en Spaans, P3).



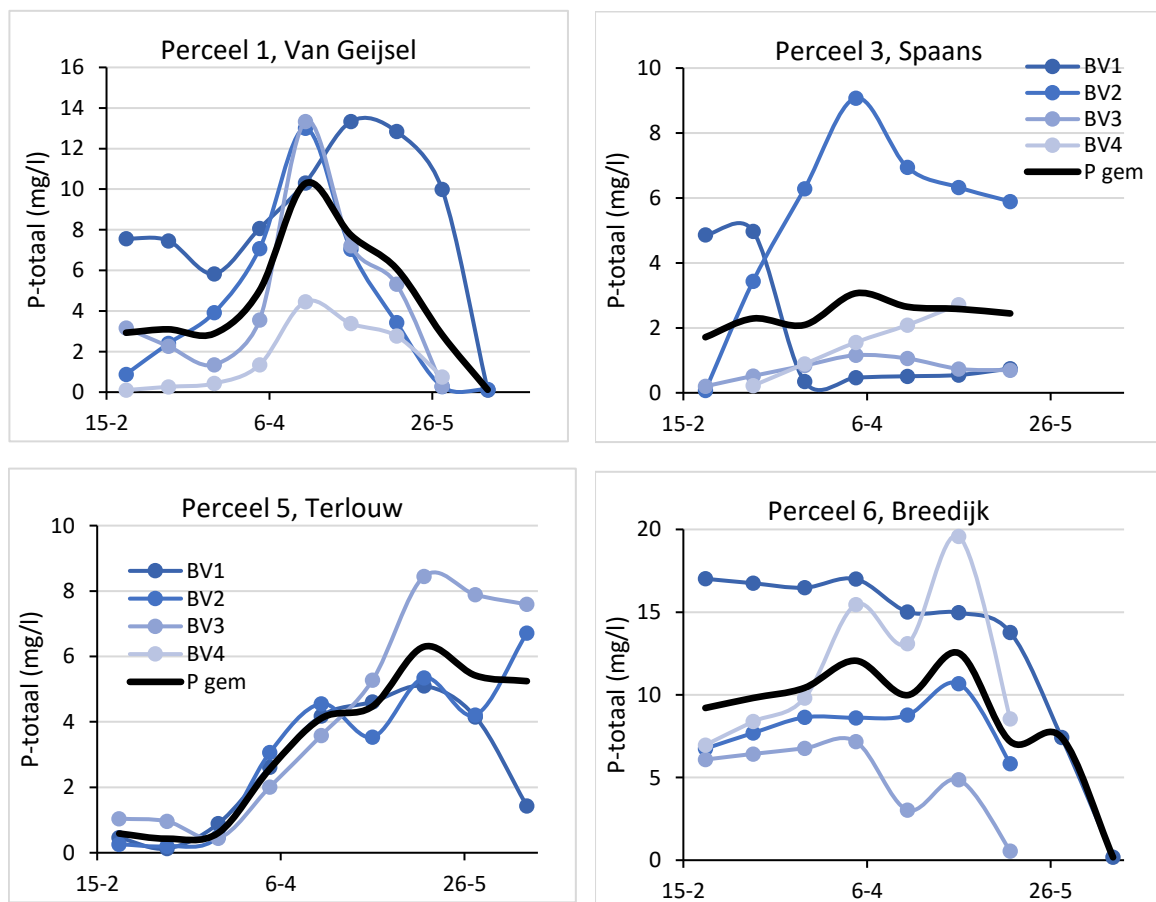
Figuur 4-2 Verloop van de gemiddelde fosfaatconcentratie in het bodemvocht van de zes onderzochte plasdraspercelen (P1-P6) over de tijd, uitgesplitst naar het opgelost anorganisch P (OAP, linker figuur) en P-totaal (rechter figuur). De y-as is in het linker figuur de helft van die in het rechter figuur.

Gedurende de plasdrasperiode is de gemiddelde P-concentratie in het bodemvocht het hoogst in perceel 6 (Breedijk hoeve, veen met greppel plasdras); het gemiddelde varieert tussen 7,4 en 12,5 mg/l. In één van de meetpunten is de P-concentratie de hele periode tot en met half mei stabiel rond 16 mg/l. Aan het eind van de periode is de greppel ingedroogd en is de bodem weer oxidisch geworden waardoor het opgeloste Fe(II) weer neerslaat als Fe(hydr)oxide en de P in het bodemvocht weer bindt; de P-concentratie daalt tot 0,2 mg/l.

Voor perceel 4 (Zanten, inundatie op veen met grote plas) is de P-concentratie in het bodemvocht tot eind mei ook erg hoog (5,5 tot 9 mg/l). Eind mei stonden door het aanhoudend warme weer de meetpunten voor het bodemvocht niet meer onder water maar was de bodem nog wel vochtig. Er kon niet worden bijgepompt omdat er een kluut aan de waterrand zat te broeden. Hierdoor nam de P-concentratie sterk af.

In perceel 1 (Landje van Geijssel, opzetten waterpeil op veen) is de gemiddelde P-concentratie tijdelijk zeer hoog (10 mg/l), met een piek rond half april wanneer de temperatuur buiten bijna zomers is geworden na de zeer koude periode daarvoor. De afname in opgelost beschikbaar P is naast indroging vermoedelijk ook het gevolg van de sterke grasgroei rond de monsterpunten. De plantwortels onttrekken dit direct beschikbaar P uit het bodemvocht. Na 15 mei begint het perceel sterk in te drogen. P-totaal daalt ook maar minder snel omdat binnen het perceel 1 monsterpunt langer nat blijft dan de anderen.

Voor perceel 2 (de Jong, inundatie op veen), en de percelen met klei 3 (Spaans) en 5 (Terlouw) is de P-concentratie in het bodemvocht verhoogd maar de gemiddelde concentraties zijn lager dan in de andere hierboven besproken percelen.



Figuur 4-3 Verloop van de P-totaal concentratie in het bodemvocht in de afzonderlijke meetpunten in een perceel (blauwe lijnen) en het gemiddelde (zwarte lijn) voor de percelen 1, 3, 5 en 6.

Bij perceel 5 (Terlouw) wordt water opgepompt en begint, net als in perceel 1, de P-concentratie in alle monsterpunten pas sterk te stijgen (tot waarden tussen ongeveer 4 en 8 mg/l) nadat de buitentemperatuur begin april begint te stijgen. Tot die tijd was de temperatuur veelal onder vriespunt.

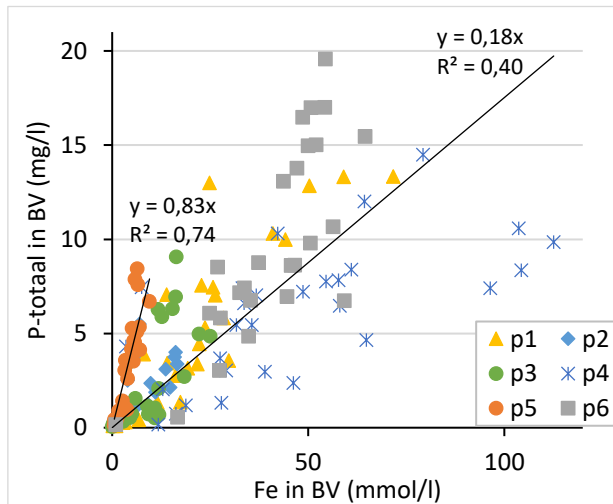
Bij plasdrasperceel 3 blijft de gemiddelde P-concentratie redelijk constant rond 2,5 mg/l maar is er een groot verschil tussen de monsterpunten binnen het perceel. Bij één van de monsterpunten is de toename in de P-concentratie aan het begin van de plasdrasperiode veel sterker dan in de andere monsterpunten; toename tot 9 mg/l begin april.

De toename in P is in grote lijnen gerelateerd aan de toename in Fe in het bodemvocht (Figuur 4-4).

Ook in de relatie tussen Fe en P verschillen de percelen van elkaar en is er ook variatie binnen percelen. In perceel 5 (Terlouw) bijvoorbeeld is de verhouding P over Fe groter dan in de andere percelen. Per 100 moleculen Fe die in oplossing gaan komen 50 moleculen P vrij. Uit de bodemanalyses blijkt niet dat het specifieke oppervlak sterker is opgeladen met P in perceel 5 vergeleken met de andere percelen. Een reden voor de afwijkende verhouding tussen P en Fe, zou kunnen zijn dat de Fe die in oplossing is gegaan neerslaat met S. In de andere percelen ligt de verhouding gemiddeld rond 7 tot 15 moleculen P die vrijkomen per 100 moleculen Fe.

Naast de relatie tussen P en Fe in het bodemvocht, is er geen directe relatie gevonden tussen het vrijkomen van P in het bodemvocht en de fosfaattoestand van de bodem zoals gemeten met de ander P-extractiemethodes (Tabel 4-2). Voor perceel 3 was de fosfaattoestand van de bodem het hoogst maar dit leidde tot gemiddeld de laagste P-concentratie in het bodemvocht. Binnen perceel 3 was de variatie in de P-concentratie hoog. De P-concentratie in het bodemvocht is relatief laag voor de percelen 3 en 5 die minder organische stof en meer klei bevatten.

Het bodemvocht in diepere bodemlagen is niet gemeten omdat een eerder onderzoek heeft uitgewezen dat de P-concentratie in deze laag tot zeer laag is (gemiddeld 0,15 mg/l) omdat de bodem op die diepte niet anaeroob werd (Van Rotterdam et al., 2016). De verwachting is dat de invloed van de diepere bodemlagen (als gevolg van de vernatting) op de P-belasting van de sloot daarom zeer beperkt is.



Figuur 4-4 Relatie tussen P-totaal en opgelost Fe in het bodemvocht (BV). De verschillende symbolen geven de data van de verschillende plasdraspercelen weer (P1-P6).

4.4 Opstaandwater en plasdras

4.4.1 Samenvatting opstaandwater

Gemiddeld is de P-concentratie in het opstaandwater (veel) lager dan in het bodemvocht. Uitzondering is de venige locatie met een hoge P-concentratie in het bodemvocht met een grote plas water en weinig vegetatie (maximaal 11 mg/l, locatie 4). Door het grote interactieoppervlak van de plas in combinatie met de open structuur van de veenbodem vindt er veel uitwisseling plaats tussen bodemvocht en opstaandwater. Indamping van het opstaandwater (stagnatie van de input van water in combinatie met verdamping) kan leiden tot (zeer) hoge P-concentraties. Door het weer oppompen van water vindt verdunning plaats en daalt de P-concentratie in het opstaandwater. De P-concentratie daalt ook wanneer P wordt vastgelegd in algen die op het perceel groeien als gevolg van de hoge P-concentratie – een zelfregulerend effect. Naast algen kan ook sterke gewasgroei op een perceel het transport van P uit de bodem naar het opstaandwater verlagen omdat het P wordt opgenomen door het gewas. De P-concentratie in het opstaandwater was het laagst in de klei percelen (gemiddeld 0,7 mg/l op perceel 5 en 0,9 mg/l op perceel 3). De indringingsweerstand beperkt het transport tussen opstaandwater en bodemvocht in de klei-rijke percelen. Het grootste risico voor de omliggende waterkwaliteit wordt gevormd op veen waarbij er veel interactie tussen bodem en opstaandwater en weinig begroeiing.

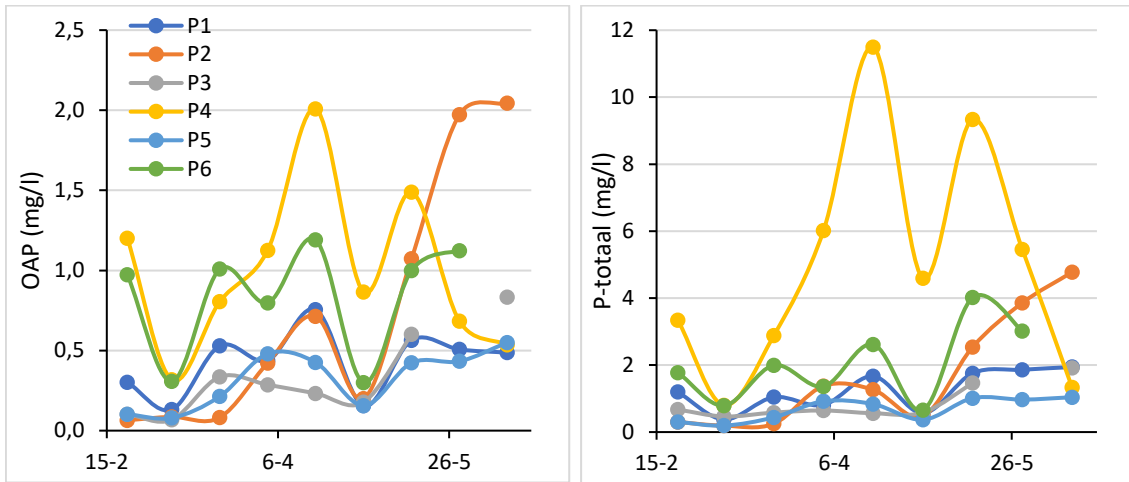
4.4.2 Resultaten opstaandwater

Het verloop van de P-concentratie in het opstaande water, zowel P-totaal als opgelost anorganisch P (OAP) gedurende de proef is weergegeven in Figuur . De variatie in samenstelling van het opstaandwater is binnen een perceel klein. Gemiddeld is de P-concentratie in het opstaandwater (veel) lager dan in het bodemvocht. Uitzondering zijn perceel 4 (Zanten) en perceel 2 (De Jong) aan het eind van de plasdrasperiode. De percelen worden besproken in volgorde van afnemende P-concentratie: veen met inundatie en grote plas (Van Zanten, P4), veen met greppelplasdras (Breedijk, P6, veen met inundatie (De Jong, P2), veen met opgezet waterpeil (Geijssel, P1) en de kleigronden met inundatie (Terlouw, P5 en Spaans, P3).

Op perceel 4 was de P-concentratie in het bodemvocht hoog (varieerde tussen 6 en 9 mg/l) maar in het opstaandwater piekt deze tot twee maal toe tot nog hogere P-concentraties (11,5 en 9,3 mg/l). Deze twee pieken (17 april en 15 mei) komen overeen met indamping van het water op het perceel. Tussen de pieken in was het water verdund omdat er was bijgepompt. Na 15 mei zijn in het opstaandwater algen gaan groeien. Het direct beschikbaar opgelost anorganisch P (OAP) laat dezelfde trend zien maar is een factor 5 lager dan P-totaal. Voor de andere percelen was de verhouding tussen P-totaal en OAP lager; gemiddeld was P-totaal 2,2 (perceel 5) tot 3,5 (perceel 3) hoger dan OAP.

In perceel 6 (Breedijk hoeve, greppelplasdras) was de gemiddelde P-concentratie in het bodemvocht het hoogst (7,5 – 12,5 mg/l) van alle onderzochte percelen maar in het opstaandwater was P-totaal in dezelfde periode een factor 5 lager (varieerde tussen 0,7 en 2,5 mg/l). Alleen tegen het eind van de plasdrasperiode steeg de concentratie tot 4 mg/l als gevolg van sterk indroging van de greppels.

De bodemsamenstelling is voor de locaties 4 en 6 vergelijkbaar. Beide percelen hebben hoge P-concentraties in het bodemvocht en ook de verhouding tussen Fe en P in het bodemvocht is vergelijkbaar. De hoge P-concentratie in het bodemvocht in perceel 4 leidt wel tot een vergelijkbare of zelfs hogere P-concentratie in het opstaandwater terwijl in perceel 6 de concentratie in het opstaandwater een factor 5 lager is dan in het bodemvocht. Een mogelijke verklaring voor dit verschil kan zijn dat de grote onbegroeide ondiepe plas op perceel 4 tot een veel groter interactieoppervlak en uitwisseling tussen bodem en opstaandwater leidt dan de verbrede greppels op perceel 6.



Figuur 4-5 Verloop van de gemiddelde P-concentratie in het opstaande water van de zes onderzochte plasdraspercelen over de tijd, uitgesplitst naar het opgelost anorganisch P (OAP, linker figuur) en P-totaal (rechter figuur). De y-as heeft in de linker figuur een andere as dan die in het rechter figuur.

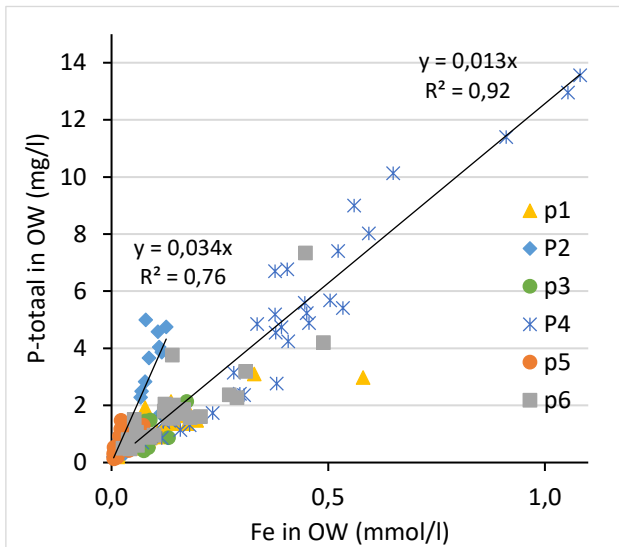
Tot begin mei is de concentratie in het opstaandwater op perceel 2 laag maar deze stijgt na begin mei door indamping tot waarden (5 mg/l) die zelfs hoger zijn dan in het bodemvocht. In het opstaandwater beginnen dan ook algen te groeien. Deze leggen P vast en zorgen zo dat de P-concentratie daalt en ook dat de P op het perceel blijft en niet afspoelt naar de sloot.

Op de andere percelen (1, 3, en 5) is de variatie over de tijd geringer en blijft P-totaal onder 2 mg/l en het direct beschikbaar OAP ruim onder 1 mg/l. Voor deze percelen varieert de P-concentratie in het bodemvocht met pieken rond respectievelijk 10, 9 en 6,5 mg/l op perceel 1, 3 en 5.

Interessant is dat op veen met opgezet waterpeil (Van Geijssel, perceel 1) de piek in de P-concentratie in het bodemvocht rond half april ook terug te zien is in het opstaandwater (de P-concentratie verdubbeld van 0,8 naar 1,6 mg/l). Voor perceel 1 is P-opname door het groeiende gras een mogelijke verklaring voor de relatief lage P-concentratie in het opstaandwater ten opzichte van het bodemvocht. In perceel 1 wordt het slootpeil opgezet waardoor tussen de greppels en sloten het land onder water komt te staan. Toen het weer half april warmer werd, piekte de P-concentratie in het bodemvocht (tot gemiddeld 10 mg/l) maar begon ook de vegetatie sterk te groeien en half mei was, op de sloten en greppels na, het perceel geheel groen. Aan het eind stond de vegetatie op plekken 1,5 m hoog. Dit kan een verklaring zijn voor de relatief lage P-concentratie in het opstaandwater.

Voor de twee klei-rijkere percelen (perceel 3 en 5) is zowel P-totaal als het OAP in het opstaandwater het laagst van de 6 onderzochte percelen. Voor deze percelen kan de relatief lage P-concentratie in het opstaandwater ten opzichte van het bodemvocht mogelijk worden verklaard door het beperkte watertransport tussen bodemvocht en opstaandwater in klei gronden; de indringingsweerstand van het water in de bodem is hoog.

Net als in het bodemvocht is er ook in het opstaande water een relatie tussen P-totaal en Fe-concentratie in het water (Figuur). Wanneer P wordt gemobiliseerd door de anaerobe omstandigheden wordt tegelijk ook Fe gemobiliseerd. Zolang dit Fe niet wordt verwijderd door een neerslag te vormen met gereduceerd zwavel is dit positief. Wanneer de omstandigheden weer oxidisch worden zal het Fe oxideren en P weer binden.



Figuur 4-6 Relatie tussen P-totaal en opgelost Fe in het opstaandwater (OW). De verschillende symbolen geven de data van de zes onderzochte plasdraspercelen weer.

4.5 Sloot

4.5.1 Samenvatting slootwater

Op geen enkele locatie kon er een relatie worden gevonden tussen de P-concentratie in de sloot en het plasdras zetten van percelen om weidevogels aan te trekken. De fosfaatconcentratie van het slootwater overschrijdt het goed ecologisch potentieel (GEP) op alle locaties met uitzondering voor locatie 2. De concentratie in de sloot langs het plasdrasperceel is gemiddeld lager dan in de referentiesloot en de variatie over de tijd is vergelijkbaar. De P-concentratie in de sloot en de variatie over de tijd zijn gerelateerd aan:

- grondsoort (lager in de kleilocaties),
- dimensies van de sloot (hogere concentraties en meer variatie in de ondiepere kleinere sloot)
- stroomsnelheid van het water in de sloot (meer verdunning)

In de haarvaten van het watersysteem is over de tijd de input van P naar het water duidelijk waar te nemen (concentraties tot 6 mg/l gemeten). De hoge P-concentratie is mogelijk het gevolg van bemesting maar ook door het anaeroob worden van de slootbodem kan P worden gemobiliseerd. Dit vindt met name plaats in de zomer plaats in ondiepe, smalle sloten met een lage stroomsnelheid van het water. Bij het eerste proces is er geen relatie tussen P en Fe in het slootwater, bij het tweede proces komt zowel P als Fe vrij. Bij hoge stroomsnelheden in brede diepe sloten (perceel 2) zorgt de verdunning voor én lage P-concentraties en zijn veranderingen in P-input niet meetbaar.

4.5.2 Resultaten slootwater

Het verloop van de P-concentratie in het slootwater naast de plasdrasperceel en in een referentiesloot die niet in contact staat met het plasdrasperceel gedurende de proef is weergegeven in Figuur . De P-concentratie van de sloten is gemeten op basis van zowel P-totaal als opgelost anorganisch P (OAP). P-totaal geeft een beeld van de som van P dat vastzit aan zwevende deeltjes in het water en het P dat in vrij oplosbare vorm aanwezig is. Het opgelost anorganisch P meet alleen dat deel dat in vrij oplosbare vorm aanwezig is. Dit is de fractie dat direct beschikbaar voor organismen en planten. De P-concentratie van het slootwater wordt vergeleken met de waarde voor goed ecologisch potentieel (GEP). De streefwaardes voor P in KRW-waterlichamen zijn gespecificeerd per waterlooptype en variëren grofweg van 0,097 tot 0,22 mg P l⁻¹. De gegevens van de monitoringsproef worden vergeleken met een GEP van

0,15 mg P l⁻¹ voor zowel P-totaal als opgelost anorganisch P.

De onderzochte sloten verschillen sterk van elkaar; van lage P-concentraties met weinig variatie over de tijd (perceel 2) tot hoge concentraties met (zeer) hoge pieken (perceel 4 en 6). Opvallend is dat de variatie in de sloot langs de plasdraspercelen vergelijkbaar is met de variatie in de referentiesloten. De concentratie in de referentiesloot is gemiddeld echter hoger dan in de sloot langs het plasdrasperceel. De locaties worden besproken in volgorde van afnemende P-concentraties in de sloot: veen met inundatie en grote plas (Van Zanten, P4), veen met greppelplasdras (Breedijk, P6), veen met opgezet waterpeil (Geijssel, P1), de kleigronden met inundatie (Terlouw, P5 en Spaans, P3) en veen met inundatie en omringt door brede snelstromende sloten (De Jong, P2).

De hoogste P-concentraties en sterkste fluctuaties zijn waargenomen bij de locaties 4 en 6. Op beide locaties zijn het type sloot (referentie en plasdras) vergelijkbaar: kleine sloten in de haarvaten van het watersysteem. De concentraties in de sloot naast het plasdrasperceel zijn op alle meetpunten lager dan in de referentiesloot. Ook de fluctuaties over de tijd zijn vergelijkbaar. Enige uitzondering is dat aan het begin van het seizoen de referentiesloot op locatie 4 een fosfaat piek geeft die in de sloot langs het perceel niet te zien is. Deze piek kan direct worden gerelateerd aan bemesting. Concentraties die stijgen tot wel 6 mg/l (referentie perceel 4) en 4 mg/l (referentie perceel 6) zijn zeer hoog. Het goed ecologisch potentieel ligt op 0,15 mg/l!

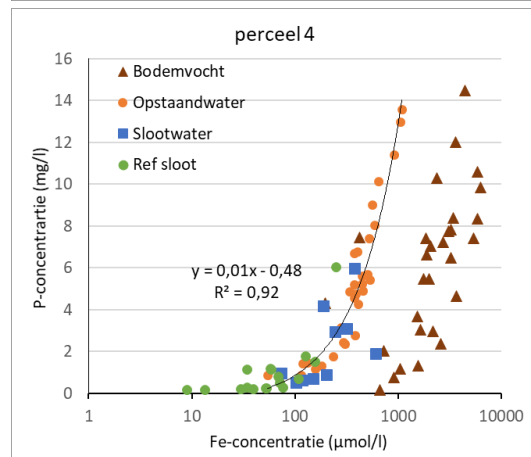
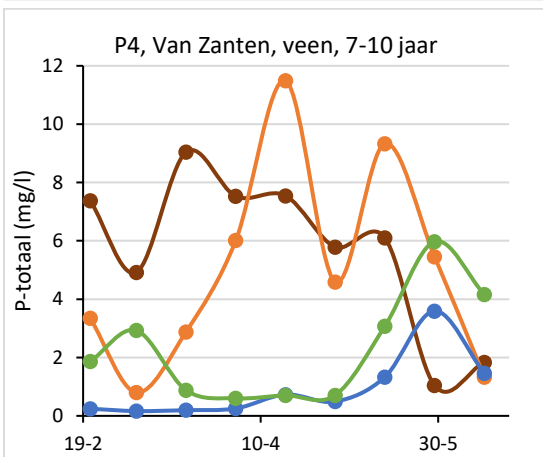
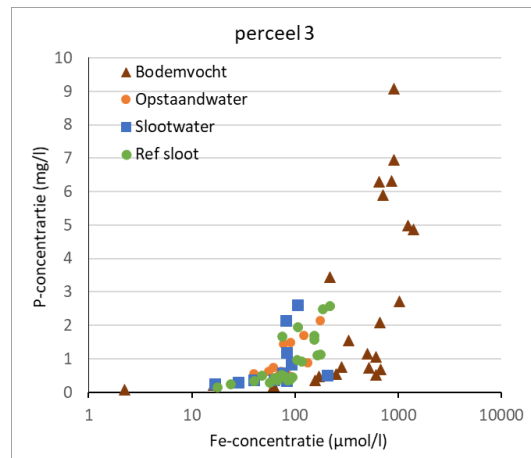
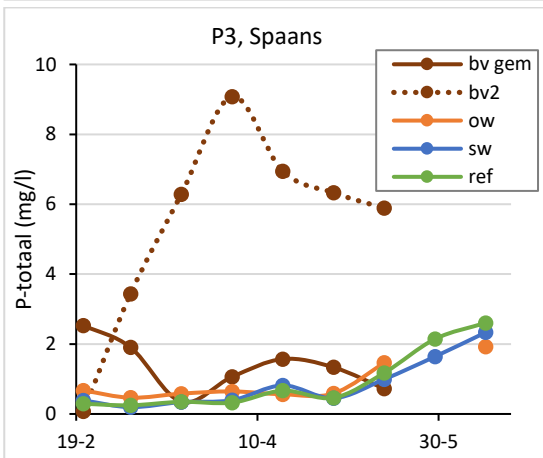
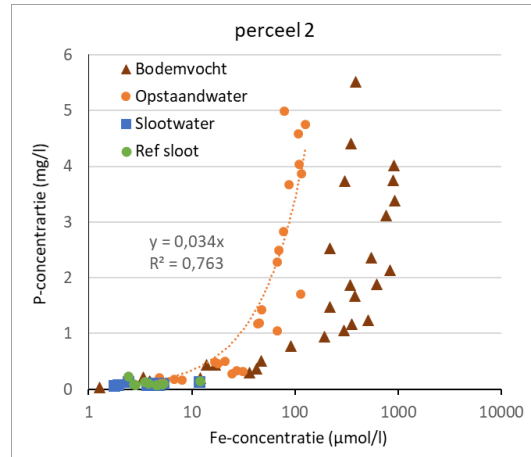
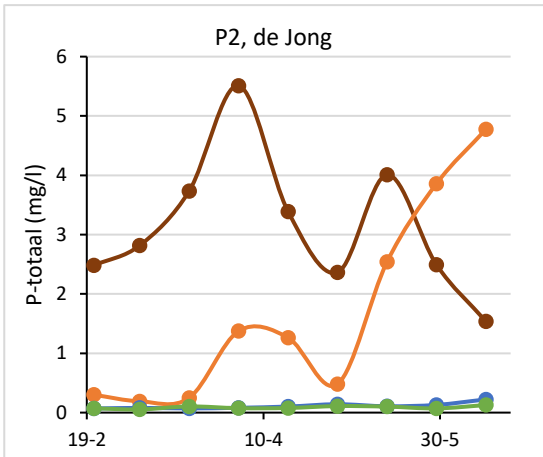
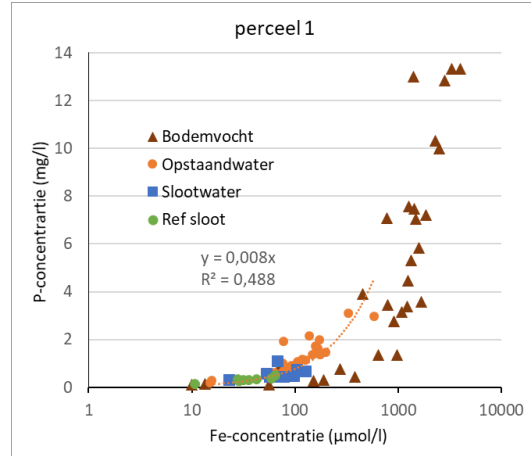
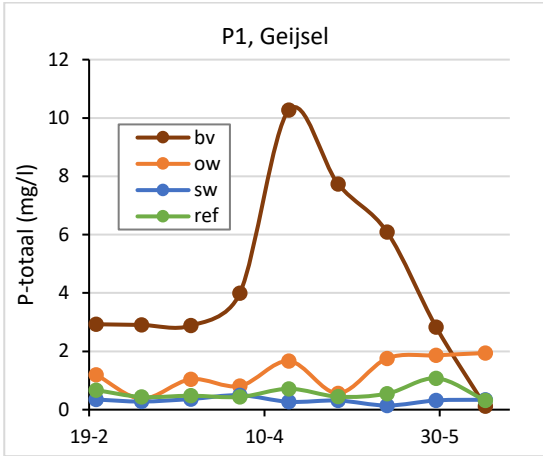
Op locatie 4 is te zien dat in het slootwater een hoge P-concentratie is gerelateerd aan de Fe-concentratie (Figuur). De verhouding in het slootwater is vergelijkbaar met de verhouding in het opstaandwater. Dit duidt erop dat hier in de sloot reductieprocessen ook de sturende kracht is achter de P-concentratie. Op locatie 4 zijn de sloten ondiep, is de stroomsnelheid laag en leidt de hoge buitentemperatuur in mei tot gereduceerde omstandigheden in de slootbodem en een sterke toename in P- en Fe-concentraties in de sloot.

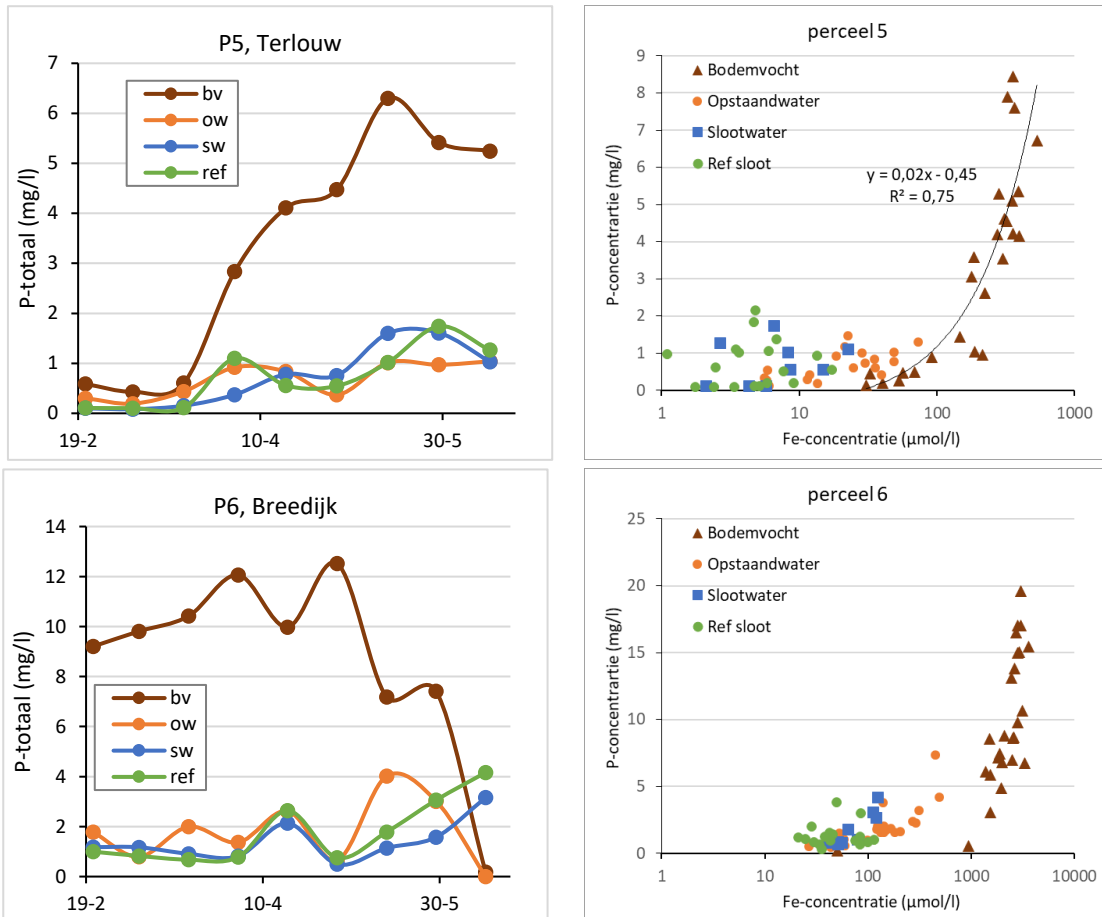
Ook bij perceel 1 is de P-concentratie in de sloot relatief laag. Opvallend is dat zowel de P-concentratie als de variatie in de referentiesloot hoger is dan in de sloot langs het plasdrasperceel. Op locatie 1 zijn 5 percelen (totaal ongeveer 6 hectare) samengevoegd en onder water gezet. Tussen de percelen liggen sloten die in contact staan met het opstaande water (Figuur 3-1). Daarom zijn deze sloten niet apart bemonsterd als sloot. Er is geen directe afspoeling van het plasdras perceel naar de vrij grote aangrenzende sloot waargenomen. De referentie sloot ligt tussen percelen die in agrarisch gebruik zijn en ligt dieper in de haarvaten van het watersysteem dan de sloot naast het plasdrasperceel. De hogere concentratie en fluctuaties in de referentiesloot zijn het directe gevolg van landbouwkundig handelen en minder verdunning in de referentiesloot dan in de sloot naast het plasdrasperceel.

Op locaties 5 en 6 zijn de bemonsterde sloten ook ondiep met een lage stroomsnelheid. Voor locatie 5 is de uitgangssituatie aan het begin van het seizoen een veel lagere P-concentratie in de sloot (+/- 0,1 mg/l) dan in locatie 6 (0,88 mg/l). In locatie 5 is de bodem veel kleiiger dan in locatie 6.

In locatie 5 wordt de P-concentratie in de sloot, gedurende het seizoen hoger (tot 2 mg/l) dan in het opstaandwater op het plasdrasperceel. Deze stijging is niet gerelateerd aan een stijging in de Fe-concentratie. Input van bemesting zal hier de bron zijn en niet het vrijkomen van P door reductieprocessen in de slootbodem. Ook op locatie 6 lijken redoxprocessen niet de oorzaak van de stijging in de P-concentratie in de sloot.

Bij perceel 2 is de P-concentratie laag en ook gedurende het seizoen blijft deze laag voor zowel OAP, als P-totaal in zowel de referentie als de plasdras-sloot. De belangrijkste reden is verdunning; bij perceel 2 is zowel de stroomsnelheid hoog als de dimensies van de sloot (diep en breed).

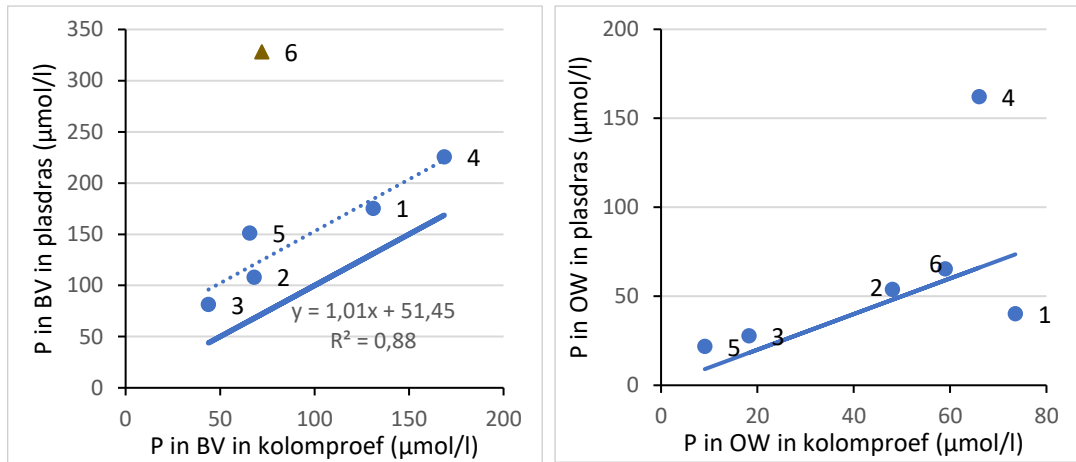




Figuur 4-7 Verloop van de gemiddelde P-concentratie in het slootwater naast een plasdrasperceel (SW), referentie slootwater (ref), opstaandwater (OW) en bodemvocht (BV) gedurende de monitoringsproef voor de zes onderzochte locaties (linker figuren). Daarnaast zijn per locatie de relatie tussen de P en Fe concentratie (LOG-schaal) weergegeven uitgesplitst naar BV, OW, SW en ref sloot (rechter figuren). Let op; assen verschillen per locatie.

4.6 Vergelijking veldmonitoring met incubatieproef (B-Ware)

Tegelijk met de veldmonitoring werd in het laboratorium bij B-Ware BV een incubatieproef ingezet met 30 gronden. Zes van deze grondmonsters waren afkomstig van de plasdras locaties van de monitoringsproef. Figuur laat voor deze zes gronden de verschillen in P-totaal in het bodemvocht en opstaandwater zien tussen de veldmonitoring en de incubatieproef in het lab. Het is opvallend dat de gemiddelde P-concentratie in zowel het bodemvocht als in het opstaandwater vergelijkbaar zijn tussen de proef in het veld en het laboratorium al liggen de concentraties in het veld structureel iets hoger. Voor het bodemvocht is de greppelplasdras op locatie 6 afwijkend; in het veld is de P-concentratie hoger dan in het lab waarschijnlijk door ruimtelijke variatie binnen het perceel. Het bodemmonster dat in het lab is gebruikt had namelijk een duidelijk lagere fosfaattoestand dan de bodem waar het bodemvocht in het veld werd gemeten (P-AL is respectievelijk 36 en 11 mg P₂O₅/100g).



Figuur 4-8 Vergelijking tussen de gemiddelde P-totaal concentratie in het bodemvocht (linker figuur) en in het opstaandwater (rechter figuur) tijdens de monitoringsproef (NMI) en de incubatieproef in het lab (B-Ware). De nummers komen overeen met de perceelnummers en de lijn is de 1 op 1 lijn.

De belangrijkste verschillen tussen de incubatieproef en het veld die van invloed zijn op de P-concentratie in het opstaandwater zijn:

- Waterhuishouding; stilstaand water in de incubatieproef ten opzichte van een dynamische waterhuishouding met oppompen, indampen, afvoer en wind in het veld;
- Algen groei; schone kolommen ten opzichte van algengroei bij hoge P-concentraties in het veld;
- Temperatuur; constant in de incubatieproef ten opzichten van sterk fluctuerend in het veld;
- Bodem; in de incubatieproef is gebruik gemaakt van een gemengd monster van de bovenste 10 cm van de bodem zonder gewas. In het veld is het bodemprofiel intact en groeit lokaal het gewas gedurende het seizoen. Door de situatie in het veenweidegebied met permanent grasland (zonder ploegen en minimaal scheuren) is de verwachting dat de fosfaattoestand aan het bodemoppervlak het hoogst is en in de bovenste 10cm met de diepte afneemt.

Ondanks deze verschillen tussen lab en veld is er een opvallend goede overeenkomst tussen de resultaten. De resultaten laten zien dat P vrijkomt door de anaerobe processen die zich in de bodem afspelen wanneer deze verzadigd is met water. Dit wordt bevestigd door de relatie tussen het Fe en P-totaal in het bodemvocht en opstaandwater. In de monitoringsproef in het veld wordt de P-concentratie in het opstaandwater mede bepaald door de waterhuishouding op het perceel (indamping en verdunning) en P opname door de vegetatie (perceel 1). Daarnaast kan in het opstaandwater P worden vastgelegd door algen (perceel 4).

Het is logisch om te verwachten dat de mobilisatie van P door vernatting een duidelijke relatie heeft met de fosfaattoestand van de bodem. In de monitoringsproef werden echter slechts zes percelen onderzocht en kon er geen verband worden gevonden tussen de P-concentratie in het bodemvocht en één van de parameters waar de fosfaattoestand van de bodem mee wordt gekarakteriseerd. In de incubatieproef in het lab werden 30 bodems onderzocht en werd door B-Ware wel een goede relatie gevonden tussen de P-concentratie in het bodemvocht en de P-verzadigingsgraad van de bodem (FVG, Van Diggelen en Smolders, 2018). De FVG is de verhouding tussen de hoeveelheid gebonden P (P-ox) en de P-bindingscapaciteit van de bodem (Qmax). De bindingscapaciteit van de bodem wordt voor een belangrijk deel bepaald door ijzer(hydr)oxides (Fe-ox). Het zijn juist deze ijzer(hydr)oxides die in oplossing gaan wanneer de bodem anaeroob wordt en de gebonden P vrijkomt. De relatie tussen de P-concentratie in het bodemvocht en de FVG is daarmee goed te verklaren. Deze resultaten komen overeen met verschillende eerdere studies naar landbodem dat onderwater wordt gezet (Loeb et al

(2008) en het vrijkomen van fosfaat uit onderwaterbodems (overzicht Van Gerven et al., 2011)

In de monitoring in het veld heeft perceel 3 heeft de hoogste fosfaattoestand van de zes onderzochte percelen. Toch is de P-concentratie in zowel het bodemvocht als in het opstaandwater relatief laag. Deze resultaten komen overeen met de resultaten in het lab (Figuur). In het veld was de ruimtelijke spreiding in de P-concentratie in het bodemvocht in perceel 3 groot. Zowel perceel 3 als perceel 5 hebben een lager organische stofgehalte en hoger kleigehalte dan de andere 4 percelen. Het transport van water en daarin opgeloste stoffen is beperkter in klei dan in veen waardoor de interactie tussen bodemvocht en opstaandwater beperkter is. Dit is terug te zien in de lagere P-concentraties in het opstaandwater in zowel het veld als in de incubatieproef in het lab.

4.7 Samenvatting en conclusies veldmonitoring plasdras

Wanneer een perceel plasdras wordt gezet en de bodem verzadigd raakt met water verdwijnt in korte tijd het zuurstof en worden de omstandigheden in de bodem anaeroob. Dit leidt ertoe dat ijzer(hydr)oxides oplossen en het daaraan gebonden fosfaat (P) vrijkomt. Dit geldt zeker voor gronden met een hoog klei- en organische stofgehalte omdat deze hoge gehalten ijzer(hydr)oxides bevatten waar P in de bodem aan bindt. In de veldmonitoring van zes plasdraspercelen in Noord-Holland nam de P-concentratie in het bodemvocht toe tot waarden van 20 mg/l op veen en kleilig veen. Het verloop en P-concentratie is locatie afhankelijk. Binnen een perceel kan de ruimtelijke variabiliteit groot zijn die met name is gerelateerd aan de lokale vochttoestand. De P-concentratie is lineair gerelateerd aan het vrijkomen van ijzer (Fe) en is locatie specifiek. De P-concentratie in het bodemvocht is in het veld vergelijkbaar met de concentratie die in het lab wordt gevonden in dezelfde grond (studie B-Ware). In de lab proef werd vastgesteld dat er een lineair verband is tussen de P-concentratie in het bodemvocht en de mate waarin het P-adsorptieoppervlak van de bodem is opgeladen met P (P-verzadigingsgraad, Van Diggelen en Smolders 2018).

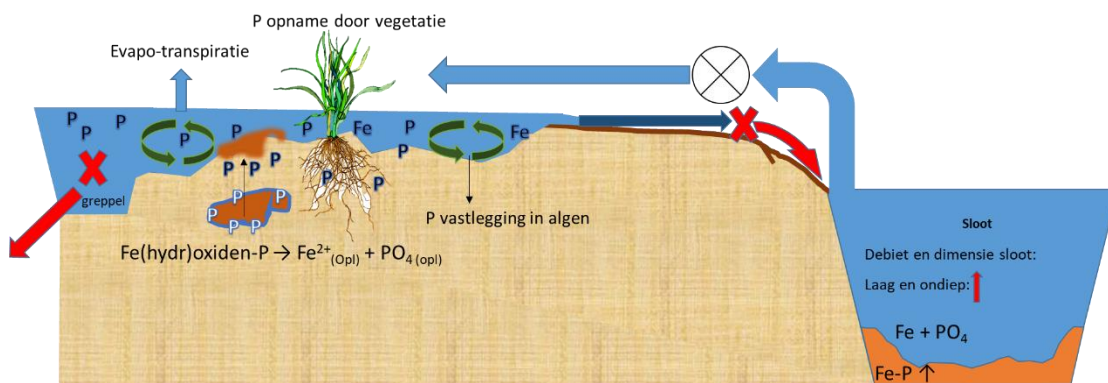
Of de vrijgekomen P in het bodemvocht ook leidt tot hoge P-concentraties in het opstaandwater op het plasdras perceel is sterk afhankelijk van de specifieke locatie. De belangrijkste parameters die bepalend zijn voor de P-concentratie in het opstaandwater zijn:

- **Bodentype:** op bodems met een hoog kleigehalte is de interactie tussen opstaandwater en bodemvocht beperkt(er), op bodems met een hoog organische stofgehalte is het interactieoppervlak veel groter wat het transport van P tussen bodemvocht en opstaandwater vergroot;
- **Inrichting van de plasdras:** bij een grote ondiepe plas zonder vegetatie is er maximale interactie tussen bodem en opstaandwater waardoor de P-concentratie, met name op veengronden, sterk kan toenemen (tot 11 mg/l gemeten), bij greppelplasdras is het interactieoppervlak veel geringer waardoor minder P in het opstaandwater komt;
- **Waterhuishouding:** Wanneer veel water wordt opgepompt is de evenwichtsconcentratie in het opstaandwater lager dan wanneer de hoeveelheid opgepompt water meer in balans is met de evapotranspiratie op het veld. Te veel water oppompen, dat deels ook weer het perceel afloopt is ondanks de lage P-concentratie onwenselijk omdat dan P van het plasdrasperceel naar de sloot wordt getransporteerd. Wanneer te weinig water wordt opgepompt om de evapo-transpiratie te compenseren kan door droogte en indamping de concentratie sterk toenemen. Het risico voor de aangrenzende sloten is dan echter beperkt omdat weinig tot geen water van het perceel afstroomt.
- **Vegetatie en algen:** bij hoge P-concentraties in het opstaandwater (>4 mg/l) beginnen algen te groeien die P vestleggen en waardoor de concentratie daalt– een zelfregulerend effect. Er zijn aanwijzingen dat ook sterke gewasgroei op een perceel het transport van P uit de bodem naar het opstaandwater verlaagd omdat het P wordt opgenomen door het gewas.

Ondanks de soms zeer hoge P-concentraties in het opstaandwater, kon op geen enkele locatie een relatie worden gevonden tussen de P-concentratie in de sloot en het plasdras zetten van percelen. De concentratie in de sloot langs het plasdrasperceel was gemiddeld lager dan in een referentiesloot en de variatie over de tijd was vergelijkbaar. De fosfaatconcentratie van het slootwater overschrijdt de streefwaardes (GEP 0,15 mg l⁻¹) op alle locaties op één na (locatie 2).

In de haarvaten van het watersysteem is over de tijd de input van P naar het water duidelijk waar te nemen (concentraties tot 6 mg/l gemeten). De hoge P-concentratie is mogelijk het gevolg van bemesting maar ook door het anaeroob worden van de slootbodem kan P worden gemobiliseerd. Dit vindt met name plaats in de zomer plaats in ondiepe, smalle sloten met een lage stroomsnelheid van het water. Bij het eerste proces is er geen relatie tussen P en Fe in het slootwater, bij het tweede proces komt zowel P als Fe vrij. Bij hoge stroomsnelheden in brede diepe sloten (perceel 2) zorgt de verdunning voor én lage P-concentraties en zijn veranderingen in P-input niet meetbaar.

Het risico op P belasting van het oppervlaktewater wordt bepaald door de interactie bodem en opstaandwater en de interactie opstaandwater en sloot. Dit is schematisch weergegeven in Figuur .



Figuur 4-9 Schematische weergave van de processen die spelen bij een plasdras situatie op een perceel

Uit de monitoringsproef blijkt dat plasdras leidt tot het **potentiële risico** van hoge P-concentraties in het opstaandwater maar dat er geen bewijs is gevonden dat dit ook daadwerkelijk leidt tot **problemen** met de waterkwaliteit. Desalniettemin wordt aanbevolen de mogelijke risico's van het plasdras zetten van een perceel zoveel mogelijk te beperken.

5 Inrichting plasdras voor weidevogel, agrariër en waterkwaliteit

Tijdens deze studie is gezocht naar de optimale inrichting van plasdras voor maximale effectiviteit voor weidevogels, zonder dat dit ten koste gaat van de waterkwaliteit en optimaal inpasbaar is voor de agrarische ondernemer. Naast de kennis die is opgedaan in de monitoringsproef en literatuur, was de belangrijkste input hiervoor de specifieke kennis van Noord-Hollandse plasdras-experts.

Tijdens een geslaagde bijeenkomst (14 juni) waren, naast de opdrachtgever van de provincie Noord-Holland, betrokken beleidsmakers van de waterschappen Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, en Amstel, Gooi en Vecht, vertegenwoordigers van de betrokken collectieven Water, Land en Dijken, Noord Holland zuid en Hollands Noorden, agrariërs met een plasdrasperceel en onderzoekers van B-Ware en NMI aanwezig. Buiten deze bijeenkomst is ook input gevraagd van BoerenNatuur en RVO. Het doel van de bijeenkomst was om elkaar te informeren over wat goed gaat en wat beter kan bij plasdras en samen te inventariseren hoe plasdras het beste kan worden ingericht voor maximale effectiviteit voor weidevogels en de agrarische ondernemer, zonder dat dit ten koste gaat van de waterkwaliteit.

Uit de monitoringsproef bleek dat ondanks een reëel risico, het probleem voor de waterkwaliteit klein is. Dit sluit niet uit dat het zinvol is om samen met belanghebbenden te kijken wat de risico's zijn en te inventariseren hoe voorkomen kan worden dat er een probleem kan ontstaan.

5.1 Maatregelen

De volgende oplossingsrichtingen / maatregelen zijn met verschillende experts besproken en zullen hieronder worden toegelicht:

- perceelselectie,
- inrichting perceel;
- vernatting van het perceel;
- en het natuurlijk dan wel versneld draineren na beëindiging van de inundatieperiode.

Voor de evaluatie van deze maatregelen is gekeken naar effecten op 1) waterkwaliteit, 2) weidevogelpopulatie, en 3) de mogelijkheden voor landbouwkundig gebruik van het perceel (o.a. duur van vernatting én bemesting). Daarnaast is de praktische uitvoerbaarheid en kosten van maatregelen meegenomen in de evaluatie.

5.1.1 Perceelselectie

Perceelselectie aan de voorkant heeft als doel dat voor nieuwe plasdraslocaties de percelen optimaal geschikt zijn. Het gesprek hierover zou moeten plaatsvinden tussen het collectief en de deelnemende agrariër. Op basis van de monitoringsproef en de incubatieproef zijn fosfaattoestand van de bodem en grondsoort belangrijke bodemparameters. Uit het onderzoek van B-Ware (Van Diggelen & Smolders, 2018) bleek dat de P-concentratie in het poriewater het beste kon worden voorspeld op basis van de mate waarin het P specifieke adsorptieoppervlak is opgeladen met P (de fosfaatverzadigingsgraad, FVG). Een FVG hoger dan 25% leidt tot een verhoogd risico op P mobilisatie. Daarnaast speelt grondsoort een rol; bij klei gronden is de interactie tussen bodemvocht en opstaandwater beperkt. Dit is gunstig.

Morfologie van het perceel is ook een belangrijk criterium. Voor de selectie van de percelen zijn holle percelen wenselijk omdat het opstaande water op het perceel blijft en aan het eind van de plasdras periode het water in de bodem trekt en het opgeloste fosfaat weer wordt vastgelegd aan bodemdeeltjes. Bolle percelen zijn onwenselijk.

5.1.2 Vernatting perceel

Gedurende de proef bleek dat het oppompen van water een belangrijke factor is voor de P-concentratie in het opstaande water en voor het risico op afspoeling naar de sloot. Meerdere processen spelen een rol. Dit zijn:

- Verhoging van de P-concentratie in het opstaande water bij een lage pompsnelheid door indamping en evenwicht met bodemvocht. Bij een hoge P-concentratie kan deze verlaagd worden door algengroei in het opstaande water.
- Verlaging van de P-concentratie in het opstaande water bij een hoge pompsnelheid door verdunning. Wanneer teveel water wordt opgepompt gaat dit gepaard met afspoeling naar de sloot.

Er moet dus naar een optimum worden gezocht waarbij wel voldoende water op het perceel wordt gepompt om indamping te voorkomen maar dat niet teveel wordt opgepompt zodat het water op het perceel blijft en niet afvloeit naar de sloot. Een relatief simpele technische oplossing zou zijn om een zonnepomp te combineren met een aan/uit systeem op basis van een vlotter om zo te voorkomen dat teveel water wordt opgepompt.

Er bestaat een spanningsveld tussen de eisen die gesteld worden aan plasdras (RVO) en de wensen en mogelijkheden in de praktijk. Het belangrijkste voorbeeld is de hoeveelheid water. Voor de weidevogels is het wenselijk dat het waterpeil op het perceel fluctueert zodat de vogels langs de drooggevallen randen goed kunnen foerageren. RVO stelt eisen aan de oppervlakte en diepte van de plas en de datum tot wanneer dit gehandhaafd moet blijven. Om het zekere voor het onzekere te nemen wordt in de praktijk soms te veel water opgepompt, wat er deels afloopt, of wordt één grote plas in stand gehouden tot de einddatum van de plasdrasperiode. Dit levert soms praktische bezwaren op bijvoorbeeld in tijden van droogte of wanneer een weidevogel een nest heeft gemaakt op de rand van de plas. Voor weidevogels en waterkwaliteit zou het gunstiger zijn om enige flexibiliteit te hebben in waterpeil gedurende de plasdras periode. Daarnaast zou het voor de waterkwaliteit gunstig zijn als het opstaandwater aan het einde van de periode in de bodem kan zakken en het opstaandwater niet in één keer in de sloot terecht komt. Discussie hierover met RVO is mogelijk.

5.1.3 Inrichting perceel

Weidevogels gebruiken een plasdrasperceel zowel als veilige plek, als broedplek en om te foerageren naar de vele insecten die door het water worden aangetrokken. Uit de proef bleek dat de effectiviteit van plasdras hoger was wanneer een perceel zichtbaar nat is aan het begin van het seizoen, op een perceel met gras moet het water daarvoor hoger staan dan het aanwezige gras. Idealiter is langs de rand van de plas een fluctuerende waterspiegel zodat het gras kort blijft en bodemleven mee fluctueert en daarmee beschikbaar blijft. Op verschillende percelen was het gras rond de plas zeer dicht begroeit. Om opgroeiende kuikens een kans te geven de benodigde insecten te vangen moet het gras rond de plasdras niet te dicht en te hoog zijn.

Aan wordt bevolen om plasdras te combineren met een ander ANLB pakket. Het plasdras perceel wordt dan niet als geheel ingetekend maar het perceel wordt opgedeeld in een plasdras deel in het midden en een rand met een ander pakket. Voor de rand zijn meerdere opties; uitgesteld maaibeheer, kruidenrijk weidevogelgraslandrand, botanische weiderand of rustperiode. Bij de kruidenrijk weidevogelgraslandrand en de botanische weiderand zal door verschraling de botanische variatie verbeteren waardoor de weidevogelkuikens kunnen profiteren van meer insecten en meer bewegingsruimte. De voordelen van het opdelen van een perceel in een plasdras deel in het midden en een rand met een schraler beheer met uitgesteld maaien is tweeledig. Ten eerste zorgt de botanische variatie voor meer ruimte en meer



Botanische weiderand (perceel 2)



Kievietseieren naast plasdrasperceel (perceel 4)

voedsel voor de kuikens. Daarnaast zal de schralere rand als bufferstrook dienen voor de vastlegging van fosfaat wanneer door omstandigheden het opstaandwater er overheen stroomt.

Daarnaast kan niet alleen op het perceel zelf maar ook om de percelen om het plasdras heen het agrarisch beheer (verder) worden aangepast. Deelnemende agrariër Terlouw geeft aan dat de weidevogels graag naar een aangrenzend beweid perceel gaan in verband met de variatie in grashoogte; lage stukken om te foerageren en hogere stukken gras om te schuilen. Ganzen hebben een negatief effect op weidevogels omdat ganzen alle vegetatie kaalvreten. Wanneer om het plasdrasperceel heen een pakket wordt afgesloten bijvoorbeeld kruidenrijke weide en niet wordt gemaaid dan zou nestbescherming niet nodig moeten zijn (Mark Kuiper, collectief Noord-Holland Zuid).

Holen van mollen, muizen en ratten in het perceel kunnen voor veel afspoeling zorgen als deze niet worden bestreden. Deze worden vaak aan de randen van een perceel gemaakt waardoor daar water kan afspoelen. Bijkomend nadeel van ratten is dat zij ook de eieren van de weidevogels opeten. Deze dieren kunnen bestreden worden door vallen in de holen te plaatsen.

Bemesting van het plasdrasperceel met ruige mest wordt vanuit het perspectief van de weidevogels gezien als positieve maatregel omdat de ruige mest het bodemleven positief beïnvloedt. Tijdens de monitoringsproef was op geen van de locaties ruige mest toegediend. In het algemeen wordt het risico op een verslechtering van de waterkwaliteit vergroot door bemesting en dus ook door het toedienen van ruige mest. Het is onwenselijk en weinig zinvol om op dat deel van het perceel dat drie tot vier maanden nat staat ruige mest uit te rijden. Langs de rand van het plasdrasperceel dat grotendeels droog blijft zullen de negatieve effecten gering zijn met name wanneer er ook voor wordt gezorgd dat het opstaande water op het perceel blijft.

Indien een perceel niet hol is kunnen waar nodig goede dammen worden aangelegd om te voorkomen dat opstaandwater van het perceel af loopt. Het heeft de voorkeur de dam van grond te maken en niet van slootmaaisel. Dammen aanleggen kost tijd en als grond aangevoerd moet worden eventueel ook geld. Dammen zijn onwenselijk als het perceel na de plasdrasperiode weer wordt ingezet voor normaal agrarisch gebruik. Wanneer geen grond voorhanden is of dammen vanuit het agrarisch perspectief onwenselijk zijn, kan het inrichten van een brede rand (> 5m; langs de sloot) die niet wordt vernat een goed alternatief zijn.

5.1.4 Beëindiging van de plasdras-periode

Het wordt aanbevolen om aan het eind van de plasdrasperiode water in de bodem te laten zakken zodat de P in het opstaandwater weer in de bodem wordt vastgelegd. Vanuit het perspectief waterkwaliteit is het niet wenselijk dat, wanneer er nog veel water op het perceel staat, greppels worden opengezet waardoor het opstaande water in één keer in de sloot loopt. Het is wenselijk dat hiermee wordt gewacht tot het meeste water in de bodem is getrokken of is verdampt en bijvoorbeeld alleen nog het water in de greppel over is. Vanuit de praktijk wordt de mogelijkheid om eerder te stoppen met oppompen om zo het water de tijd te geven in de bodem te laten trekken als wenselijk ervaren.

In de huidige voorwaarde van het plasdraspakket moet het perceel tot de laatste dag van de afgesproken plasdras-periode nat worden gehouden. Daarna wil de agrariër zo snel mogelijk het water kwijt om nog een goede grassnede te krijgen. De maatregel om een periode van twee weken in te bouwen vóór de officiële beëindiging van de plasdrasperiode waarin het perceel de tijd krijgt om op een natuurlijke manier op te drogen moet worden afgesproken in combinatie met het moment van beëindiging van de plasdras-periode.

5.1.5 End-of-pipe maatregelen

Gedurende de monitoringsproef werd geen negatieve invloed van de plasdraspercelen op de waterkwaliteit van de sloot gemeten. Hierdoor lijken dure end-of-pipe maatregelen (zoals ijzerrijke drains) niet in verhouding te staan met de problematiek. Dit werd door de experts ook zo ervaren.

5.2 **Conclusie oplossingsrichtingen**

Tijdens dit project is gezocht naar de optimale inrichting van plasdras voor maximale effectiviteit voor weidevogels, zonder dat dit ten koste gaat van de waterkwaliteit en optimaal inpasbaar is voor de agrarische ondernemer. Samen met experts zijn de volgende inrichtingsmaatregelen ontwikkeld:

- Aan het eind van de plasdrasperiode het perceel twee weken de tijd geven om water in de bodem te laten trekken. Eventueel als aanpassing in de voorwaarden opnemen in combinatie met de afgesproken plasdrasperiode.
- Perceel opdelen in een plasdrasdeel in het midden en een rand langs de sloot met een schraler beheer zoals kruidenrijk weidevogelgrasland of botanische weiderand. In deze rand is meer ruimte en voedsel voor de weidevogelkuikens en daarnaast dient de rand bij oppervlakkige afstroming van het opstaandwater als bufferstrook om fosfaat weer in de bodem vast te leggen.
- Intensiteit waarmee water wordt opgepompt afstemmen op omstandigheden: niet te laag (verdamping) en zeker niet te hoog (afvloeiing). Deze maatregel is met simpele technische aanpassingen goed uitvoerbaar. Fluctuaties in waterpeil kan echter conflicteren met de huidige voorwaarden van plasdras;
- Bij de selectie van nieuwe plasdraspercelen idealiter kiezen voor kleigronden met een lage fosfaatverzadigingsgraad (<25%) die hol liggen;
- Waar nodig dammen aanleggen om afstroming van opstaandwater naar de sloot te vermijden.

6 Referenties

- Bobbink R, M Hart, M van Kempen, F Smolders & J Roelofs, (2007) Grondwaterkwaliteitsaspecten bij vernatting van verdroogde natte natuurparels in Noord-Brabant. Nijmegen, B-WARE Research Centre. Rapport 2007.15.
- Kemmers RH & JA Nelemans, (2007) Vergroting van de fosfaatadsorptiecapaciteit en afname van de chemische beschikbaarheid van fosfaat in gronden door wisselvochtigheid?; Resultaten van desorptie en adsorptie-experimenten met zand-, klei- en veengrond. Wageningen, Alterra. Alterrapport 1546.
- Khalid PWH (1974) Phosphate release and sorption by soils and sediments - effect of aerobic and anaerobic conditions. Science nr. 186, pag. 53-55
- Loeb R (2008) On biogeochemical processes influencing eutrophication and toxicity in riverine wetlands. Nijmegen, Radboud Universiteit Nijmegen. Proefschrift
- Schoumans O (2004) Inventarisatie van de fosfaatverzadiging van landbouwgronden in Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 730.4
- Ten Cate JAM, AF van Holst, H Kleijer & J Stolp, (1995) Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften. Deel A: Bodem. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 19A.
- Van Delft SPJ, WJM de Groot & WJ Chardon (2006) Bemonstering landbouwgronden en bepaling van fosfaat in verband met voorgenomen natuurontwikkeling. Karakterisatie van 7 terreinen in de provincie Limburg. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1332: 88 pp.
- Van Delft SPJ, GJ Maas & F Brouwer (2014) Fosfaatonderzoek Noorderpark; Bodemonderzoek t.b.v. realisatie soortenrijke schraallanden. Alterra-rapport 2493, 70 pp.
- Van Diggelen & Smolders, (2018) Pilot en monitoringsprogramma Effecten Plasdras; P-mobilisatie experiment. B-Ware Research Centre, Nijmegen, project PR-16.017
- Van Rotterdam AMD, DW Bussink & JA Reijneveld (2014) Improved phosphorus fertilisation based on better Prediction of availability in soil. International Fertilizer Society - Proceeding 755
- Van Gerven LPA, RFA Hendriks, J Harmsen, V Beumer & PW Bogaart, (2011) Nalevering van fosfor naar het oppervlaktewater vanuit de waterbodem ; Metingen in een veengebied in de Krimpenerwaard . Wageningen, Alterra, Alterra rapport 2217.
- Weterings S, E Oosterveld & H Oud (2015) Effecten van plasdras op weidevogels in Noordoost-Fryslân en de rol in netwerkpopulaties. De Levende Natuur, jaargang 116, nummer 2. s



www.nmi-agro.nl

nutriënten management
instituut nmi bv
nieuwe kanaal 7c
6709 pa wageningen
nmi@nmi-agro.nl