

Terugdringing Fosfaatafspoeling van Boerenland

Onderzoeksverslag

E. van Slobbe¹, R. van de Weerd², S. Gerdes³, E. Velthorst¹, O. Oenema¹, W. Chardon¹, R. Schrauwen³, C. Aulich¹, L. van Twisk²



Alterra Wageningen UR
Wageningen, 2010

¹ Wageningen Universiteit en Research

² ARCADIS Nederland

³ ZLTO

Inhoud

1	Inleiding	7
1.1	Achtergrond en onderzoeksdoel	7
1.2	Hypothesen	8
2	Aanpak	12
2.1	Selectie van boerenbedrijven en keuze van proefopstelling	12
2.2	Metingen	13
2.3	Bedrijfseconomische analyse	15
2.4	Opschaling	15
2.5	Communicatie	18
3	Bevindingen	20
3.1	Beoordeling FerroSorp	20
3.2	Resultaten metingen	22
3.3	Samenwerking met boeren	23
4	Analyse	26
4.1	Hypothese 1; effectieve boerenmaatregelen zijn mogelijk	26
4.2	Hypothese 2; emissies van P van boerenland nemen significant af	26
4.3	Hypothese 3; boerenmaatregelen zijn kosteneffectief	31
5	Discussie	33
6	Conclusies	35

Samenvatting

Dit is de bijlage bij het verslag van het innovatieonderzoek Fosfaatafspoeling van Boerenland. In deze bijlage worden de aanpak en de methoden van het onderzoek verantwoord. Ook wordt er dieper ingegaan op de resultaten dan in het hoofdverslag.

Het ging om een transdisciplinair onderzoek waarin praktijkmensen samenwerkten met wetenschappers van verschillende disciplines. Het onderzoek is uitgevoerd door een consortium bestaande uit Wageningen Universiteit en Research, de Zuidelijke Land- en Tuinbouw Organisatie en ARCADIS Nederland. Vanaf het begin is samenwerking gezocht met acht agrarisch ondernemers en deze hebben een belangrijke rol in de opzet en uitvoering van proeven gespeeld. Ook hebben studenten van Wageningen Universiteit bijgedragen door middel van stages en afstudeeronderzoeken.

De aanleiding van dit innovatieonderzoek was het groeiende inzicht dat een belangrijke transportroute van fosfaat van boerenland naar het oppervlaktewater bestaat uit oppervlakkige afspoeling. Na hevige neerslag stroomt water via greppels, of gewoon via het oppervlak naar de sloot. Als er net bemest is dan kan het wegstromende water een aanzienlijk deel van de mest meenemen naar de sloot. Boeren op slecht doorlatende gronden herkennen dit uit eigen observatie. De 'snelle P route' opent nieuwe mogelijkheden om fosfaat emissies te verkleinen. De vraag is dan hoe fosfaat uit, naar de sloot stromend water, gehaald kan worden zonder dat de afwatering van agrarische percelen gehinderd wordt? En dan liefst op een manier die boeren gemakkelijk in hun bedrijfsvoering kunnen inpassen, zodat de maatregelen daadwerkelijk kans van slagen hebben. Op grond van deze overwegingen stelde het onderzoek zich als doel:

In goede samenwerking tussen boeren en wetenschap worden door boeren voorgestelde maatregelen die de snelle transport routes van fosfaat naar oppervlaktewater afsluit wetenschappelijke verantwoord getest.

Acht agrarisch ondernemers zijn benaderd die het probleem herkenden en die daadwerkelijk mee wilden werken aan het zoeken naar oplossingen. Vervolgens is er op één boerenbedrijf een week lang geëxperimenteerd naar de beste manier om fosfaat af te vangen. Een belangrijke rol daarbij speelde een materiaal dat FerroSorp heet. Het gaat hier om slibkorrels die veel ijzer bevatten. Het ijzer absorbeert fosfaat. Na veel experimenten en metingen bleek de toepassing van acht kilo FerroSorp in waterdoorlatende zakken het meest effectief. Deze zakken worden in de loop van het afstromende water gelegd, zodat fosfaat zich aan het FerroSorp kan binden. In de praktijk blijken slecht doorlatende gronden meestal greppels of ad hoc afvoergoten te hebben om de afwatering naar sloten te bevorderen. Ook is er vaak sprake van depressies, waarlangs het water haar weg vindt. In de meeste gevallen is het dus mogelijk om zakken met FerroSorp in de loop van het water te leggen.

Metingen wijzen uit dat de vermindering van fosfaat emissies heel groot kan zijn (tot 100 %), maar ook dat de verschillen in meetresultaten (minima van 7 % tot gemiddeld 100 %) nog te groot zijn om generieke conclusies over de effectiviteit te trekken. Wel is duidelijk dat de maatregel veelbelovend is. Voorlopige opschaling berekeningen wijzen uit dat in agrarische gebieden de maatregel tot een significante verhoging van de kans op het behalen van het Goede Ecologische Potentieel voor fosfaat leidt. Uit bedrijfseconomische analyses blijkt dat de kosten per hectare van het gebruik in greppels tussen de 100 en 250 euro bedragen. Daarmee is de maatregel in potentie kosteneffectief ten opzichte van andere bekende maatregelen.

De onderzochte aanpak is zeker nog niet uitontwikkeld. Meer onderzoek en meer experimenten naar verhoging van de effectiviteit zijn nodig. Ook is een beoordeling van de kosteneffectiviteit ten opzichte van andere nieuwe fosfaat maatregelen nodig. En tenslotte moeten – indien de maatregel geïmplementeerd wordt – er oplossingen komen voor aankoop, distributie en vergoeding van boeren die het spul op de velden aanbrengen. Suggesties hiervoor zijn gedaan.

Diverse partijen tonen belangstelling om onderzoek en experimentatie voort te zetten.

1 Inleiding

Dit is het verslag van het innovatieonderzoek Fosfaatafspoeling van Boerenland. Het gaat in dit verslag om een verantwoording van de gehanteerde methoden en een presentatie van resultaten. Het ging om een transdisciplinair onderzoek waarin praktijkmensen samenwerkten met wetenschappers van verschillende disciplines. Dit rapport is een reflectie van deze transdisciplinaire aanpak. Presentaties van laboratorium analyses worden afgewisseld met interview verslagen en GIS analyses. Het onderzoek is in beginsel niet opgezet als een strikt wetenschappelijke exercitie. Het ging immers om het ontwikkelen van innovaties. Toch willen wij vasthouden aan de discipline van metingen en monitoring en de reproduceerbaarheid van resultaten. Het doel van dit rapport is om hieraan te voldoen.

In een aparte verkorte versie gericht aan Agentschap.nl worden de resultaten op een toegankelijker wijze gepresenteerd. Ook is er een film gemaakt waarin participerende boeren en wetenschappers aan het woord komen. In deelrapporten (zie literatuurlijst) worden aparte onderdelen van het onderzoek tot in detail beschreven.

Dit verslag is bedoeld voor diegenen die wetenschappelijke belangstelling hebben voor het onderzoek.

De uitvoering van dit onderzoek werd gesubsidieerd door het Kaderrichtlijn Water Innovatiefonds. Het onderzoek is uitgevoerd door een consortium bestaande uit Wageningen Universiteit en Research, de Zuidelijke Land- en Tuinbouw Organisatie en ARCADIS Nederland. Vanaf het begin is samenwerking gezocht met acht agrarisch ondernemers en deze hebben een belangrijke rol in de opzet en uitvoering van proeven gespeeld. Ook hebben studenten van Wageningen Universiteit bijgedragen door middel van stages en afstudeeronderzoeken.

De verantwoordelijkheid voor de inhoud van dit verslag ligt overigens geheel bij het consortium.

Dit hoofdstuk beschrijft de achtergrond van het onderzoek en het doel en de hypothesen die we getest hebben.

1.1 Achtergrond en onderzoeksdoel

Hoge fosfaatconcentraties in regionale wateren vormen één van de belangrijke obstakels voor het behalen van KRW doelen. De ex ante evaluatie van de KRW (PBL, 2008) stelt dat tussen de 40 en 60 % van waterlichamen in 2027 geen score 'goed' zal halen voor fosfor (p. 87). De evaluatie spreekt van een "geringe verbetering van de fosforconcentraties in de regionale wateren". Naar verwachting is de landbouw in 2027 met circa 75% verreweg de belangrijkste bron van nutriënten in regionale wateren.

Het aanpakken van het fosfaatprobleem is niet gemakkelijk. Maatregelen concentreren zich op RWZI's en op interventies in de inrichting van waterlopen. De kosten van deze maatregelen zijn hoog. De kosten van de aanpak van fosfaatverliezen vanuit boerenland varieert van 100 tot 2000 euro per kg P (Noij et al., 2008; Reeders en Helmerhorst, 1996; Chardon et al., 1996). De aanpak van fosfaat in RWZI's wordt geraamd op 500 tot 2000 euro per kg P (Reeders en Helmerhorst, 1996; Chardon et al., 1996).

Behalve dat de aanpak van emissies van agrarisch land duur is, zijn de mogelijkheden voor regelgeving beperkt. De agrarische sector heeft zich geconformeerd aan de uitvoering van de Nitraatactieplannen. Voorstellen voor verdergaande milieuregelgeving gericht op nutriënten liggen zeer gevoelig en kunnen rekenen op tegenwind, zowel uit de agrarische sector als uit de politiek. Dit ondanks een groeiend pleidooi uit de waterschapswereld voor extra regelgeving.

Maar in de wetenschapswereld is sprake van een paradigma shift. Nieuw onderzoek toont aan dat de bijdrage van oppervlakkige afspoeling van fosfaat veel groter is dan tot nu toe is aangenomen (van de Weerd en Torenbeek, 2007).

Het lijkt erop dat een aanzienlijke vermindering van de diffuse verontreiniging van fosfaat van landbouwgronden naar oppervlaktewater op een goedkope manier te realiseren is. Voorwaarde is wel dat boeren maatregelen op hun land op vrijwillige basis uitvoeren. Opleggen van maatregelen via regelgeving is in het huidige politiek/bestuurlijke klimaat gedoemd te mislukken.

Ervaringen in Zuid Nederland wijzen erop dat boeren aanspreekbaar zijn op 'rentmeesterschap' of op het verkrijgen van een 'license to produce' op voorwaarde dat zij zelf zeggenschap hebben over het soort maatregelen en de inpasbaarheid in de bedrijfsvoering. Maatregelen die door boeren uitgevonden worden en die KRW effectief blijken, zijn in potentie zeer kosteneffectief. Bovendien zijn zulke maatregelen overdraagbaar naar andere agrarische gebieden op zand en klei in Nederland.

Op grond van deze overwegingen is het doel van het onderzoek snelle P route:

In goede samenwerking tussen boeren en wetenschap worden door boeren voorgestelde maatregelen die de snelle transport routes van fosfaat naar oppervlaktewater afsluit wetenschappelijk verantwoord getest.

1.2 Hypothesen

Het onderzoek neemt drie hypothesen die in de praktijk getest zijn.

Hypothese 1: Boeren zijn bereid en in staat om zelf maatregelen ter afsluiting van de snelle transport route van fosfaat te nemen die inpasbaar zijn in hun bedrijfsprocessen en die effectief blijken.

Aanpak

Een cruciaal element van het onderzoek is uitgaan van praktijkinnovaties door boeren zelf. De fosfaatproblematiek en de mogelijkheden van het afsluiten van de snelle transport

route is aan acht agrarische bedrijven in Brabant voorgelegd. Aanvankelijk werd gekozen voor een spreiding van bedrijven in zand en klei en akkerbedrijven en veehouderij. Maar in de praktijk is er uiteindelijk alleen op percelen met klei onderzoek gedaan. De reden is dat het moeilijk bleek om zandgronden te vinden waar regelmatig sprake is van oppervlakkige afspoeling.

Maatregelen zijn in samenspraak met boeren ontworpen. Al snel is er een focus ontstaan op het neerleggen van fosfaatbindend materiaal (FerroSorp® korrels) in permanente of ad hoc greppels. Ook is geëxperimenteerd met het aanbrengen van FerroSorp in plassen met water. Voor het treffen van maatregelen zijn de agrarische ondernemers niet gecompenseerd, uitgangspunt is dat de maatregelen in de normale bedrijfsvoering inpasbaar zijn.

In zuid Nederland bestaat met deze zogenaamde 'sociaal leren' aanpak al tien jaar ervaring. Een voorbeeld is het Duurzaam Waterbeheer programma Benelux Middengebied in Zuid Nederland en Vlaanderen. Door middel van boereninnovaties is een reeks van milieumaatregelen tot stand gekomen. Voorbeelden zijn: maatregelen ter besparing van beregening uit grondwater (2300 grondwateronttrekking-vergunninghouders in Noord-Brabant participeren), aanleg van stuwen in perceelssloten op boerenland om regenwater vast te houden (ongeveer 2200 stuwen) en vrijwillige aanleg van bufferstroken op grasland en bouwland ter vergroting van agro-biodiversiteit en vermindering van emissies van mineralen en chemische bestrijdingsmiddelen naar oppervlaktewater (1000 km in 2008 en doelstelling van 2300 km in 2013). De aanpak is gestoeld op vrijwilligheid, maar is niet vrijblijvend. Doelstellingen en resultaten worden ook gewoon vooraf kwantitatief vastgelegd. Deze aanpak is wetenschappelijk geëvalueerd en was onderwerp van diverse publicaties. (Jiggins, et al. 2007; Jiggins en Röling 2004; Van Slobbe et al. 2007b)

Indicatoren

- 8 agrarische ondernemers voeren maatregelen uit op hun bedrijf om de snelle P route af te sluiten.
- Maatregelen worden zonder vergoeding uitgevoerd en in de bedrijfsvoering ingepast, alleen eventuele opbrengstdervingen als gevolg van de proeven en tijd die aan de extern gerichte activiteiten van het onderzoek wordt besteed worden gecompenseerd.
- De agrarische ondernemers participeren actief in de community of practice van het onderzoek en dragen bij aan publicatie van de resultaten.

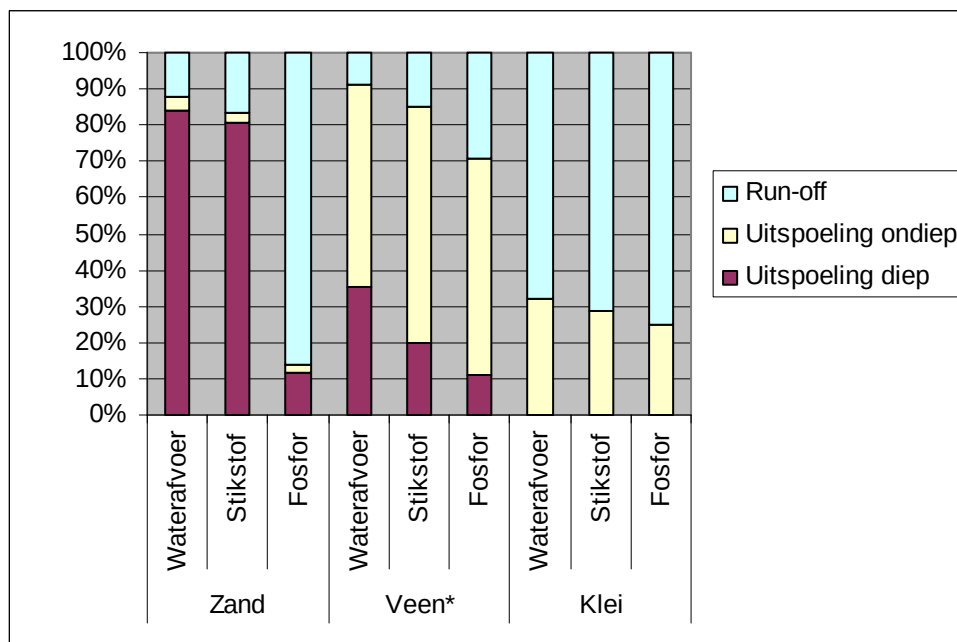
Hypothese 2: Door de afsluiting van de snelle transport route van fosfaat naar oppervlaktewater neemt de diffuse emissie van P van boerenland zowel op klei als op zand naar oppervlaktewater met 10 to 75 % af.

Aanpak

Bij neerslag infiltreert water in de bodem. Een deel van het water kan ook oppervlakkig over het land stromen en zo het oppervlaktewater snel bereiken. Deze afspoeling vindt plaats tijdens hevige neerslag en vooral bij slecht doorlatende bodems en/of bij hoge grondwaterstanden. Geïnfiltreerd water kan ook snel in het oppervlaktewater komen. Bijvoorbeeld doordat er een ondoorlatende laag of een ploegzool in de ondergrond zit die het water in horizontale richting dwingt, via drainagebuizen of wanneer het dicht bij de slootkant geïnfiltreerd is. Wanneer water via deze snelle routes naar het oppervlaktewater

stroomt en meststoffen meevoert, worden deze meststoffen niet door planten opgenomen, omgezet of gebonden door de bodem. De verblijftijd is hiervoor te kort. Hierdoor kan de bijdrage van deze snelle routes aan de nutriëntenemissie naar het oppervlaktewater relatief groot zijn.

Juist voor fosfaat speelt dit een rol omdat fosfaat relatief sterk gebonden wordt door de bodem. In het DOVE onderzoek (van de Weerd & Torenbeek, 2007) is dit ook daadwerkelijk gevonden. Hier zijn op drie locaties de routes van meststoffen naar het oppervlaktewater bepaald. In de grafiek is de verdeling van water, stikstof en fosfaat over verschillende routes zichtbaar gemaakt. Hier is duidelijk te zien dat het aandeel van fosfaat in snelle routes (i.e. surface run-off en ondiepe uitspoeling) relatief groter is dan het aandeel van water en stikstof. Ook is te zien dat de snelle routes op deze locaties significant bijdragen aan de emissie van meststoffen naar het oppervlaktewater. Om deze reden wordt ingezet op maatregelen voor fosfaat die aangrijpen op deze snelle routes.



Grafiek 1: Routes van fosfaat van DOVE proefplots van boerenland (zand, veen en klei) naar oppervlaktewater. De blauwe bovenste gedeelten van de kolommen fosfor is onderwerp van dit onderzoek. Zowel bij zand als klei maakt deze weg het grootste deel uit van het fosfor transport. (bron van de Weerd en Torenbeek, 2007).

De effectiviteit van de maatregelen op boerenland wordt vastgesteld door een 'vergelijkende' monitoring van de P- vrachten via snelle routes naar het oppervlaktewater. De monitoring is uitgevoerd op 8 bedrijven die maatregelen toepassen.

De monitoringresultaten zijn geanalyseerd, om verbanden te leggen tussen de belasting van het oppervlaktewater en (i) toegepaste maatregelen, (ii) perceelskenmerken (bodem,

hydrologie), (iii) bedrijfskenmerken, en (iv) weersomstandigheden. Deze verbanden zijn vervolgens benut om een schatting te maken van het effect van de maatregelen bij toepassing op nationale schaal.

Indicatoren

- Analyse van de effectiviteit van de maatregelen op de oppervlaktewaterkwaliteit (in vermindering afstroming van kilo's P/ha).

Hypothese 3: De aanpak van de snelle transport route van fosfaat op boerenland is kosteneffectiever dan inrichtingmaatregelen en dan RWZI's om de P belasting op oppervlaktewater te verkleinen.

Aanpak

Met behulp van gangbare bedrijfseconomische methoden en modellen (van ZLTO) worden kosten van maatregelen en effecten op de bedrijfsvoering bepaald. De kosten per verminderde vracht fosfaat per ha. worden bepaald met behulp van de resultaten van het onderzoek van hypothese twee.

Een Community of Practice (CoP) zal minimaal 18 maanden functioneren. In deze CoP participeren boeren en wetenschappers. Het doel is om de proeven gezamenlijk te monitoren en om kennis en ervaringen uit te wisselen. CoP's blijken in de praktijk effectief vanwege de intensieve interacties die er plaatsvinden.

Indicatoren

- Kosten van vermindering van P belasting van boerenbedrijven naar oppervlaktewater per ha gebaseerd op metingen op 8 bedrijven.
- Een functionerende Community of Practice met ongeveer 20 participanten.

2 Aanpak

De aanpak is sterk beïnvloed door het late begin van het onderzoek. Pas in april 2009 kwam de subsidiebeschikking tot stand, toen boeren al bezig waren met inzaaien en daardoor was het niet meer mogelijk om het groeiseizoen van 2009 te gebruiken. Als gevolg daarvan is besloten om de aanvankelijke meetstrategie te wijzigen. In plaats van het installeren van meetopstellingen op zestien bedrijven (8 nul metingen en 8 proefmetingen) werd besloten om ons te beperken tot acht proefmetingen. Om niet afhankelijk te zijn van regenbuien zijn de proeven geforceerd uitgevoerd. Dat wil zeggen dat percelen bevoeid werden met water uit tanks. Door deze aanpak konden nulmetingen en proefmetingen uitgevoerd worden op dezelfde bedrijven.

Na een eerste ronde van gesprekken op in totaal 16 boerenbedrijven in zuid Nederland is er een selectie gemaakt van acht bedrijven waar proeven uitgevoerd werden (zie paragraaf 2.1 en 2.2). Daarna zijn op vier van de acht bedrijven analyses gemaakt van de bedrijfseconomische inpassing van de maatregelen (zie paragraaf 2.3) en tenslotte zijn op basis van de meetresultaten berekeningen uitgevoerd naar wat een eventuele opschaling van maatregelen naar meer bedrijven voor effecten zouden kunnen hebben.

2.1 Selectie van boerenbedrijven en keuze van proefopstelling

In samenspraak met het project Actief Randenbeheer Brabant en participerende waterschappen zijn door ZLTO in totaal 16 boerenbedrijven aangezocht te participeren.

Deze bedrijven zijn bezocht en gesprekken zijn gevoerd met de agrarisch ondernemers. Een aantal bedrijven viel af, omdat de ondernemers geen oppervlakkige afvoer op hun percelen hadden. Zo waren er bijvoorbeeld gedraineerde zandgronden, waar – ook bij extreme neerslag – geen sprake is van oppervlakkige afvoer.

Criteria voor de keuze van deze acht waren:

- De wens van de ondernemer om te participeren
- De observatie dat er inderdaad oppervlakkige afspoeling plaatsvindt

Op één bedrijf (in Ravenstein) zijn gedurende een week uitgebreide experimenten en metingen verricht. Op basis van de gesprekken bij boeren en met behulp van een fosfaat bindend materiaal (ferroSorp) is de volgende proefopzet ontwikkeld:

Daar waar oppervlakkige afvoer plaatsvindt (bijvoorbeeld via geulen of depressies) wordt een zak met fosfaatbindend materiaal (FerroSorp) in de weg van het water gelegd. Dit is een in Duitsland aangeschaft ijzerhoudend materiaal. Het ijzer is in dit materiaal aanwezig in de vorm van oxiden en deze oxiden hebben een grote capaciteit om fosfaat te binden. Bovendien is het een gegranuleerd product, met een korrelgrootte van 2 tot 4 mm, zodat de waterafvoer niet wordt beperkt en er geen wateroverlast voor de boer ontstaat. Dit materiaal wordt aangeleverd in waterdoorlaatbare zakken. Het FerroSorp is in verband met dit onderzoek in een kleine

hoeveelheid aangeschaft. Maar als het materiaal in grotere hoeveelheden gebruikt zou gaan worden dan zullen er zeker op de Nederlandse markt vergelijkbare producten worden aangeboden. Het huidige basismateriaal van FerroSorp is 'red mud', een afvalproduct van de aluminiumwinning. de voorraad hiervan begint echter op te raken, en de producent kijkt met belangstelling naar het ijzerslib uit Nederland. Dit is een restproduct van drinkwaterwinning vanuit grondwater. Dat kan in principe tegen lage prijzen verworven worden.

Indien het ijzeroxide is verzadigd met fosfaat kan de zak door de boer zelf worden vervangen door een nieuwe zak. Het fosfaatverzadigde ijzermateriaal kan in principe worden verspreid over het land of het fosfaat kan worden teruggewonnen door de zak met FerroSorp te regenereren. Zie foto's en omschrijving van FerroSorp. De keuze voor FerroSorp komt voort uit een ander onderzoek in het kader van het KRW innovatiefonds. Uit laboratorium onderzoek blijkt het ijzerhoudende FerroSorp goed in staat om fosfaat te binden. In samenspraak met de boeren is besloten om zakken met FerroSorp in het veld te gaan gebruiken.

FerroSorp® GW

Adsorber materials based on iron hydroxide
for the restoration of lakes

Operation

In a first step phosphate ions in aqueous solutions are adsorptively bound to the surface of FerroSorp®GW. In a subsequent reaction the conversion to stable iron phosphate occurs according to the following equation:

$$\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{FePO}_4 + 3 \text{H}_2\text{O}$$

ferric hydroxide ferric phosphate

Range of products

FerroSorp®GW is available in the following standard grain sizes:

0 - 0,5 mm



0,5 - 2 mm



2 - 4 mm



The illustrations are not to scale.

Figuur 1: Uit brochure FerroSorp.

2.2 Metingen

De proefnemingen en metingen zijn als volgt uitgevoerd. Watertanks gevuld met een oplossing van 10 mg/l fosfaat werden geïnstalleerd op percelen. Het water met fosfaat werd vervolgens over een stuk van een perceel geleid. De loop van het water werd bepaald door de aanwezigheid van greppels of depressies waar het water van nature afvloeit. In de loop van het water werden zakken met FerroSorp gelegd. De hoeveelheden FerroSorp en de korrelgrootte zijn gevarieerd om een idee te krijgen van de meest effectieve configuratie.

Na een aantal proeven bleek dat het gebruik van zakken met acht kilo FerroSorp met een korrelgrootte van 2-4 mm het meest effectief was. Van de waterstroom werden bovenstrooms en benedenstrooms van de zakken monsters genomen die in het laboratorium op opgelost fosfaat zijn onderzocht. Op deze wijze konden wij de effectiviteit van het fosfaatbindende materiaal meten. De foto's geven een beeld van de proefopzet.



Foto 1. Tanks met water met opgelost fosfaat op het veld. Foto 2. zakken met FerroSorp in greppel vlak voor kopakker.



Foto 3. Zak met FerroSorp in een ad hoc greppel. Foto 4. monstername.

Naast deze algemene proefopzet zijn de volgende variaties uitgevoerd:

- Het FerroSorp is in buizen van kopakkers (die water uit greppels onder de kopakker door naar de sloot afvoeren) geperst. De doorlaatbaarheid van de buizen bleek hierdoor echter te zeer te verminderen. Een oplossing zou zijn om buizen met een grotere diameter te gebruiken. Hier is niet mee geëxperimenteerd.

- Op akkerranden kan water zich in plassen verzamelen, voordat het naar de sloot afvloeit, zonder dat de productie op de akker er onder lijdt. Men kan zich voorstellen dat akkerranden iets verdiept worden aangelegd, zodat ze tijdelijke bassins vormen tussen akkers en sloten. Om de mogelijke effectiviteit hiervan te beproeven is FerroSorp in plassen en op depressies waar afvloeiend water zich concentreert uitgestrooid en de afname van fosfaat is bemeten.
- Eén van de participerende boeren gebruikt kuilen die hij graaft vóór de buizen onder de kopakker. Het doel is om sediment af te vangen, om zo te voorkomen dat de buizen dichtslibben. Deze maatregel leek in eerste instantie veelbelovend om particulier (en orthofosfaat) op te kunnen vangen. Maar de retentiecapaciteit van deze kuilen is veel te klein om in tijden van extreme neerslag een significant effect op te leveren.

2.3 Bedrijfseconomische analyse

Deze paragraaf is gericht op het in kaart brengen van de bedrijfseconomische gevolgen in de praktijk en de effecten op de bedrijfsvoering van het gebruik van FerroSorp. Voor deze analyse zijn vier ondernemers bezocht. Aan de hand van gesprekken is ingegaan op de mogelijkheden van het gebruik van FerroSorp op het bezochte bedrijf. Omdat FerroSorp of andere ijzerhoudende middelen nog niet algemeen toegepast worden in de praktijk zijn de nodige aannames gemaakt van de gevolgen. Hiervoor is gebruik gemaakt van de KWIN (kwantitatieve informatie voor de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt) en informatie uit de gesprekken met de ondernemers. Op basis van de gesprekken en de algemene data uit de KWIN en een aantal aannames zijn berekeningen uitgevoerd over de kosten van het gebruik van FerroSorp door boeren.

2.4 Opschaling

Onderstaand wordt een methodiek beschreven om de verwachte waterkwaliteitsverbetering bij 'opschaling' van de maatregel met FerroSorp zakken te bepalen. Doel van deze opschaling is om de resultaten van de proeven met de FerroSorp zakken te vertalen naar de KRW-doelen en te bekijken of mogelijk de GEP (Goed Ecologisch Potentieel) waarden voor fosfaat behaald wordt.

Voor de acht locaties waar proeven zijn uitgevoerd, kan bekeken worden of het toepassen van de maatregel bijdraagt aan het halen van de KRW doelstellingen: wordt het GEP nu gehaald, en zo nee, wordt het na uitvoering van de maatregel wel gehaald?

KRW EN GEP

De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) staat voor belangrijke doelstellingen. Zoals schoon water waarin vissen en waterplanten kunnen gedijen. De KRW stelt dat in 2015 alle wateren een goede chemische en ecologische toestand moeten hebben.

In Nederland hebben we in de loop der eeuwen fors ingegrepen in de waterhuishouding. De 'natuurlijke toestand' van ons watersysteem is dan vaak ook geen reëel referentiepunt voor het bepalen van ecologische doelen van waterlichamen, zoals de KRW voorschrijft. De KRW biedt voor

zulke gevallen een alternatieve oplossing waarbij de hoogst haalbare ecologische referentie moet worden gedefinieerd (het Maximaal Ecologisch Potentieel of MEP) én de daadwerkelijk na te streven toestand (het Goede Ecologische Potentieel of GEP).

De GEP is opgebouwd uit biologische, hydromorfologische en algemeen fysisch-chemische kwaliteitselementen, gedifferentieerd per watertype.

Dit om recht te doen aan de verschillen. Per water(type) is een bij het GEP behorende totaal fosforconcentratie vastgesteld welke in de doelstellingen is opgenomen. De P-totaal concentratie behorend bij het GEP ligt gemiddeld op 0.15 mg/l in Nederland.

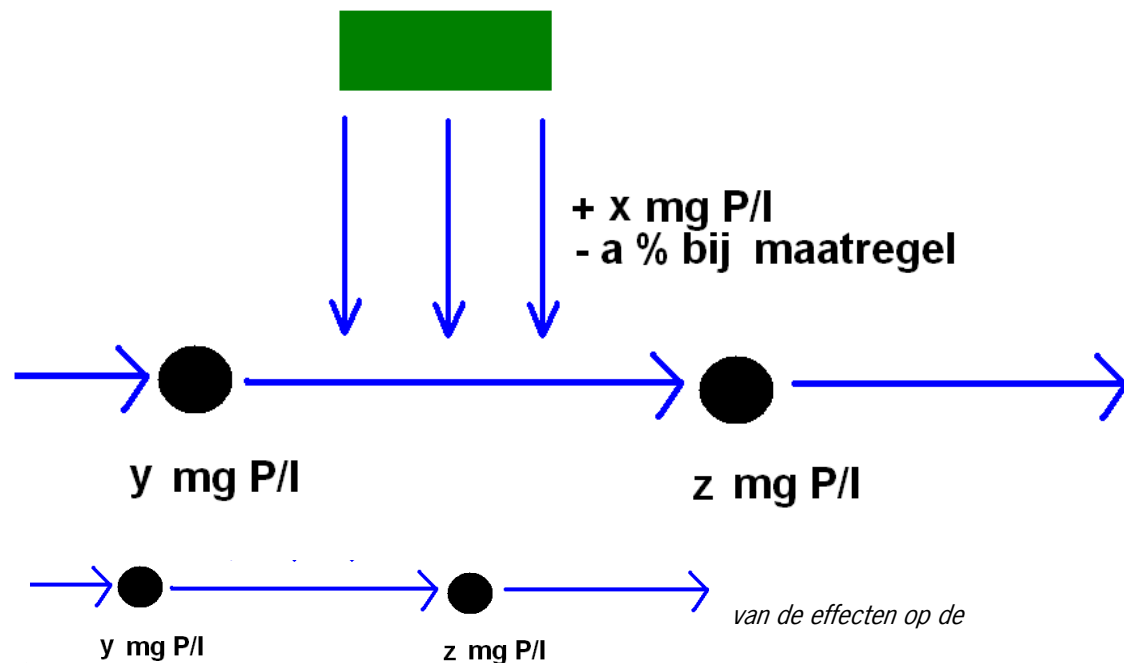
Werkwijze – Proeflocatie

Voor de proeflocaties wordt bepaald op welke watergang het bedrijf afwatert en wat de gemeten concentraties⁴ in het betreffende oppervlaktewater zijn. Hierbij is gebruik gemaakt van meetgegevens op KRW meetpunten en de meetgegevens uit de CIW rapportage (Commissie Integraal Waterbeheer). Er is gekeken naar de meest recente gegevens, uit het jaar 2008. Deze meetpunten liggen niet in de haarkvaten van het watersysteem, en daarom is het nodig om uit te zoomen naar een hoger schaalniveau bij het bepalen van de afwatering van de proeflocatie.

De meetgegevens van twee locaties – boven- en benedenstrooms van de proeflocatie – worden vervolgens naast elkaar gezet. Het tussenliggende gebied, waar ook de proeflocatie toe behoort, zorgt voor de toename in concentratie welke tussen de twee meetpunten wordt gemeten. Deze toename wordt veroorzaakt door alle tussenliggende bronnen die mogelijk bij kunnen dragen aan een verhoging van de fosfaatconcentratie.

Een volledige analyse van de bronnen in het tussenliggende gebied tussen twee meetpunten vraagt om een uitgebreide studie van het gehele afwateringsgebied welke tussen de twee meetpunten op de watergang afwatert. Deze gegevens zijn niet voorhanden. Om toch een uitspraak te kunnen doen, is een versimpeling van de werkelijkheid toegepast (zie ook kader 'Bronnen tussen twee meetpunten'): de toename in concentratie tussen de twee meetpunten is toegeschreven aan landbouwgebied dat gelijk is aan de proeflocatie. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat het gemiddelde debiet wat toegevoegd wordt gelijk is aan het debiet in het bovenstrooms gelegen meetpunt. Onderstaande schematisatie (figuur 2) geeft het concept van deze werkwijze weer.

⁴ Hierbij is gekeken naar de toetswaarde, ofwel de zomergemiddelde fosfaatconcentratie in het oppervlaktewater.



Het landbouwgebied (dat gelijk is aan de proeflocatie) zorgt voor de toename in fosfaatconcentratie tussen de twee meetpunten. De maatregel grijpt in op een deel van de bijdragen van het landbouwgebied. Dit deel wordt vermenigvuldigd met het rendement van de maatregel. Het effect van de maatregel wordt uitgedrukt in een x % emissieafname voor het landbouwgebied.

Bij het toepassen van de maatregel neemt de fosfaatconcentratie op het benedenstroomse meetpunt af. De afname is afhankelijk van de oorspronkelijke bijdrage van de proeflocatie, het deel van de bijdrage waarop het aangrijpt en het rendement van de maatregel. Dit komt neer op het volgende:

Huidige situatie:

Meetpunt benedenstrooms = Meetpunt bovenstrooms + bijdrage proeflocatie

Situatie na invoering maatregel:

Meetpunt benedenstrooms = Meetpunt bovenstrooms + (bijdrage proeflocatie – % effect maatregel)

BRONNEN TUSSEN TWEE MEETPUNTEN:

Tussen twee meetpunten wordt de verhoging van de concentratie veroorzaakt door de tussenliggende bronnen, volgens onderstaande vergelijking:



Voor de eenvoud gaan we er nu vanuit dat er alleen afspoeling en buisdrainage plaatsvindt ($r_2, d_4, \dots = 0$) dit is een redelijke aanname voor kleigebied, en dat D1 en D3 aan elkaar gelijk zijn. Hierdoor vereenvoudigt de vergelijking tot:

Wanneer de vracht in het afspoelende water (cr1) 75% van de totale emissie van P vanuit landbouwgrond bevat, en deze emissie gereinigd wordt d.m.v. ijzerzakken met een rendement van 50%, dan neemt de landbouwemissie (le): $(cr1+dr2)/(r1+r2)$ af met $75\%*50\% = 37,5\%$ en geldt: $b = (a + (le - \dots\%))/2$. Als het afspoelingsdebiet r1 kleiner wordt bij gelijkblijvende concentratie dan zal het effect van de maatregel verminderen, en als het debiet groter wordt dan zal het effect toenemen. Het effect wordt ook groter wanneer het bovenstrooms debiet a afneemt. Wanneer andere routes of bronnen een grotere rol gaan spelen dan zal het effect van de maatregel op de oppervlaktewaterkwaliteit juist afnemen.

Met de beschreven werkwijze wordt per proeflocatie bekeken wat het effect is op de waterkwaliteit. Om het effect van de maatregel op grotere schaal in te kunnen schatten, moeten uitspraken gedaan worden over de toepasbaarheid van de maatregel en de te verwachten effecten. Hiervoor is een algemene tabel opgesteld met de te verwachten effecten binnen het landbouwgebied. Omdat de maatregel niet op alle agrarische bedrijven hetzelfde effect zal hebben, is onderscheid gemaakt in verschillende vormen van landgebruik en verschillende bodemtypen.

De communicatie over het onderzoek heeft op vier niveaus plaatsgevonden.

1. Het eerste is de relatie met de agrariërs op wiens land proeven zijn uitgevoerd. Hiermee zijn vier, en in sommige gevallen vijf ontmoetingen geweest. De eerste was tijdens de selectie van de proefvelden. Hier is aan de betreffende agrariër gevraagd of hij of zij wil participeren en is er gezamenlijk op de percelen naar de beste proeflocaties gezocht. Vervolgens zijn de boeren vlak voor aanvang van de proefnemingen weer bezocht, om concrete afspraken te maken over de proeven. Het doel van de derde ontmoeting was om de proeven uit te voeren en de vierde ontmoeting stond in het teken van het afnemen van interviews. Deze interviews werden door MsC studenten van

- Wageningen UR uitgevoerd. Bij vier boeren zijn vervolgens gesprekken gevoerd over de bedrijfseconomische aspecten van de toepassing van FerroSorp.
2. Het tweede is participatie aan klankbord- en projectgroep vergaderingen van het Actief Randenbeheer Project dat in Brabant wordt uitgevoerd. In de klankbordgroep hebben agrariërs en vertegenwoordigers van waterschappen zitting. Vier keer (11 juni 2009, 10 november 2009, 8 juli 2010 en 20 oktober 2010) is het onderzoek “terugdringing fosfaatafspoeling van boerenland” aan de orde geweest en is er door de klankbord- of projectgroep commentaar geleverd op aanpak en resultaten.
 3. Er is een film geproduceerd waarin boeren en wetenschappers aan het woord komen en waarin de proef wordt toegelicht. De film (DVD in bijlage) is bedoeld voor brede verspreiding aan een ieder (agrariërs, onderwijs, overheid..etc.) die belangstelling toont.
 4. Er worden artikelen geproduceerd in H₂O (vakblad van waterbeherend Nederland) en in Nieuwe Oogst (vakblad van Agrarisch Nederland).

3 Bevindingen

Dit hoofdstuk presenteert de resultaten van onderzoek. Omdat FerroSorp een cruciale rol speelde in ons onderzoek is het materiaal onderzocht (zie paragraaf 3.1). In paragraaf 3.2 worden de resultaten van metingen gepresenteerd en in de laatste paragraaf komen de resultaten van vergaderingen en interviews met boeren aan de orde.

3.1 Beoordeling FerroSorp

De FerroSorp korrels zijn in het laboratorium geanalyseerd. De belangrijkste aandachtspunten bij het onderzoek waren:

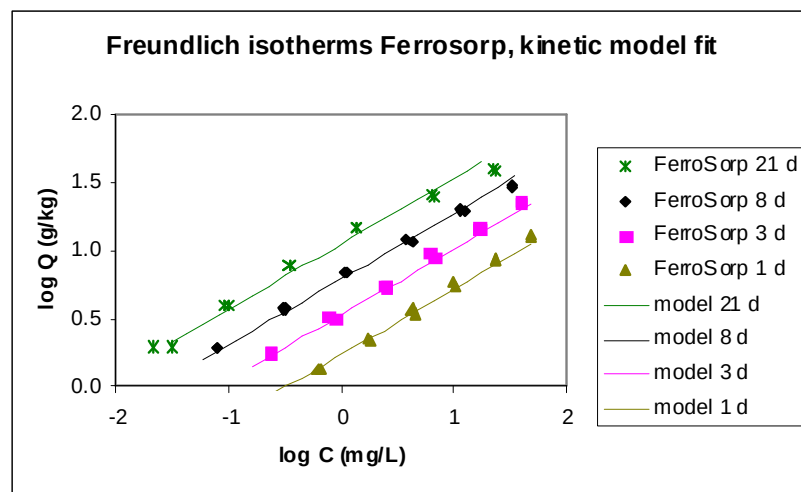
1. Algemene fysisch-chemische eigenschappen van FerroSorp en gehalten van As en verschillende andere zware metalen,
2. Effectiviteit van FerroSorp om fosfaat te binden,

Om de fysisch-chemische eigenschappen van FerroSorp te bepalen, zijn de volgende parameters gemeten: vochtgehalte (105 °C), organische stof (gloeiverlies en Kurmies), CaCO_3 , totaalgehalte aan metalen, zoals Al, Ca, Fe, P, Mg, Mn en S en As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb en Zn (m.b.v. de Aqua Regia-methode), en het extraheerbaar gehalte aan dezelfde metalen. Hoewel de analyseresultaten van FerroSorp aangeven dat dit een hoeveelheid arseen (69.3 mg/kg) bevat, blijkt dit onder de toegestane waarde van 375 mg/kg droge stof te zijn. Het uitwisselbaar arseen dat eventueel van de FerroSorp korrels afspoelt is echter verwaarloosbaar (0,18 mg/kg) klein. Omdat het onduidelijk is waar een stof als FerroSorp onder valt is het Uitvoeringsbesluit meststoffenbeleid/EU richtlijn 86/278/EEG (Oosterhuis et al, 2007) als richtlijn gebruikt. Bij de analyseresultaten van de extraheerbare metalen zijn de cijfers op de lange termijn gebruikt.

Voor het verkrijgen van inzicht in de effectiviteit van FerroSorp om anorganisch fosfaat te binden wordt een adsorptie-isotherm vastgesteld. Bij het vaststellen van een dergelijke isotherm wordt gewoonlijk een vaste hoeveelheid adsorbens (FerroSorp) geschud met oplossingen welke bekende fosfaatconcentraties bevatten. De volgende fosfaatconcentraties worden gebruikt: 0, 2, 4, 8, 16, 32 en 64 mg P L⁻¹. Deze oplossingen worden bereid uit KH_2PO_4 , en een oplossing van 2.5 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ wordt gebruikt als achtergrondelektrolyt. De verhouding waarin FerroSorp wordt geïncubeerd met deze oplossingen is afhankelijk van het Fe-gehalte van het materiaal, de inweeg van FerroSorp die minimaal moet worden gebruikt om tot een verantwoorde monstername van het materiaal te komen en de beschikbare flessen (i.e., volume). Er worden verschillende schudtijden gebruikt, namelijk 1 dag, 3, 8 en 21 dagen om het effect van reactiekinetiek vast te stellen. Als snelheid voor het schudden is de standaard 110 slagen per minuut gebruikt. Na afloop wordt gecentrifugeerd (13 300 rpm S600 rotor) en gefiltreerd over een 0.45 µm filter; de anorganische fosfaatconcentratie wordt gemeten. De adsorptie-isothermen werden in

tweevoud bepaald. Figuur 2 toont het resultaat van de metingen. De lijnen in de figuur zijn gebaseerd op de kinetische Freundlich vergelijking. De metingen blijken goed met behulp van deze vergelijking beschreven te kunnen worden.

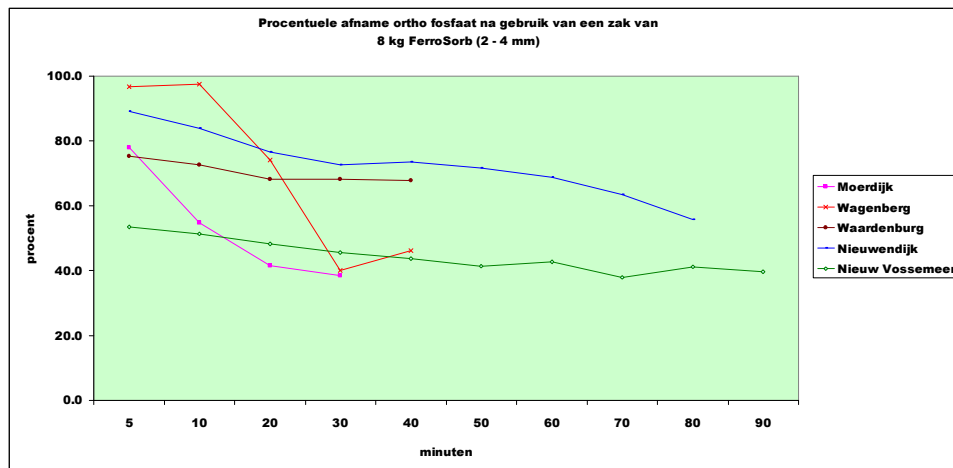
Figuur 3 toont dat FerroSorp langdurig in staat is om fosfaat te binden. Ook na 21 dagen bleek het absorptievermogen nog op niveau. Dit resultaat is belangrijk omdat het erop duidt dat de FerroSorp korrels langdurig functioneel blijven.



Figuur 3. Adsorptie-isothermen voor FerroSorp, gemeten na resp. 1, 3, 8 en 21 dagen.

3.2 Resultaten metingen

In deze paragraaf worden alleen de meetresultaten gepresenteerd van de proeven waarbij zakken met acht kg FerroSorp werden gebruikt, die zijn gelegd in greppels of depressies waardoor het water naar de sloot vloeit. De reden hiervoor is dat deze configuratie het meest effectief bleek. Temeer omdat percelen waar sprake is van oppervlakkige afvoer meestal beschikken over ofwel greppels (soms op ad hoc wijze gegraven) ofwel stukken land waar het water zich verzamelt en via depressies naar de sloot vloeit. Deze configuratie is op vijf bedrijven toegepast.



Figuur 4; resultaten metingen orthofosfaat bij toepassing van zakken van acht kg op vijf proeflocaties.

Uit figuur 4 blijkt dat FerroSorp effectief is in het absorberen van fosfaat. In de loop van de tijd neemt die effectiviteit af. Dat komt zeer waarschijnlijk doordat door de snelle doorstroming van het water fosfaat alleen aan de buitenkant van de korrels adsorbeert. Tijdens droging verspreidt het fosfaat zich beter over de korrel en neemt de absorptiecapaciteit waarschijnlijk weer toe. Deze aanname is mede gebaseerd op de resultaten van de laboratorium proeven aan FerroSorp waarvan in de vorige paragraaf verslag is gedaan.

De werking van het FerroSorp door middel van uitstrooien in plassen op de akker geeft ook goede resultaten. Tot wel 70 % van het in water oplosbare fosfaat wordt door de FerroSorp vastgelegd.

3.3 Samenwerking met boeren⁵

Een goede samenwerking met boeren was een essentieel element van dit onderzoek. Er is veel aandacht besteed aan het zorgvuldig samen met agrariërs uitvoeren van de proeven. Er is in de opzet van de proeven rekening gehouden met wensen en ideeën en suggesties van de participerende boeren. Zo is de aanpak met het plaatsen van zakken FerroSorp korrels in greppels ontstaan tijdens een week waarin samen met de eerste boer gezocht werd naar de beste strategie. Deze ondernemer heeft een volle week met ons onderzoeksteam samengewerkt.

“Omdat ik ervan overtuigd ben, dat je er altijd wat van opsteekt. Dat er zoveel fosfaat zou afspoelen naar het oppervlaktewater ... ik zou denken, dat valt allemaal wel mee, maar dat wil niet zeggen dat het inderdaad ook zo is. Dus ik had zoiets van ‘ik kan er allicht wel even tijd voor vrijmaken om te kijken hoe jullie daar tegenaan kijken wat voor problemen er daadwerkelijk zijn en wat voor oplossingen daar misschien op verzonnen konden worden”

Participerende boeren herkenden het probleem van oppervlakkige afvoer van percelen en vinden dat in het kader van een verbetering van het milieu daar iets aan gedaan moet worden.

“De sloten zaten toen overvol; aan beide kanten trad het water het land in.dat er zoveel mm valt in dit gebied, dat de gemalen op volle kracht staan te pompen, maar dat het wel even 24 uur duurt voordat het water weer redelijk tot het oude peil is gezakt. Heb je dan net van te voren mest uitgereden, dan heb je grote verliezen. En dan nog, in het voorjaar zijn die verliezen groter als in het seizoen, omdat in het voorjaar de grond nog helemaal verzadigd is. Je rijdt je mest uit net wanneer het kan. De draagkracht hier op de klei is al heel minimaal, dus je probeert al het moment uit te zoeken dat het 10 dagen-twee weken niet geregend heeft, dan kan je vaak pas gaan rijden. Hoe langer je wacht/het uitstelt, dan zit je in theorie al weer heel snel voor een regenbui. Dus je zit op deze kleigrond op het spanningsveld tussen uitstellen (doen we het wel of niet) en je krijgt daarna op die verzadigde grond bijvoorbeeld 15 mm, dan krijg je al afspoeling. Maar midden in de zomer en de grond is droog, al krijg je dan 150 mm, dan komt er nog niks in de greppel..... Eind februari, maart, daar ergens, dat zijn de kritieke fases. Als je dan een natte periode krijgt, dan zie je ook dat het water iets verkleurt.” “Maar je past wel drommels goed op; als het zo hard en veel gaat regenen, dan ga je echt geen kunstmest strooien, want kunstmest is wel zo duur. Ik kijk echt wel naar het weer; komt er zwaar weer aan, dan wordt er geen kunstmest gestrooid. En kunstmest lost snel op bij normaal weer of lichte regen.”

Overigens wijzen veel agrarisch ondernemers erop dat door milieuregelgeving er al bijna sprake is van evenwichtsbemesting

⁵ De citaten in deze paragraaf zijn (tenzij anders vermeld) afkomstig uit interviews met aan het onderzoek participerende boeren, afgenomen door C. Aulich.

"Want op dit moment is er al zoveel jaren geknepen in die bemesting. Vroeger was het zo dat ze, in Oost-Brabant was dat zo- jaarlijks 3-4x de behoefte op het land konden gooien. Dat is ondertussen al 10 jaar lang niet meer. We zitten op dit moment al in een stadium dat we –als ik bij ons kijk- in principe niet meer de bemesting kunnen gebruiken, die voor een goede opbrengst nodig is"

Deelname aan de proeven was geen probleem en meedenken over mogelijke toepassingen van FerroSorp in de toekomst ook niet, maar vaak wel onder voorwaarde dat het de normale bedrijfsvoering niet verstoort en dat eventuele extra kosten gecompenseerd worden.

"Ik zie nog wel een hele grote barrière tussen zo een proef en de praktijk uitvoering. In de praktijk praat je toch over alle velden rondom een voorziening treffen, want anders kun je het water niet opvangen. Dat betekent nogal wat; financieel gaat dat heel wat betekenen. Dus op zich is het heel mooi dat ze een stof gevonden waarvan ze denken dat die een deel kan fixeren. Dat is een start. Maar ook nog niet meer als dat, denk ik."

"Het is net als met dat agrarisch natuurbeheer: later maaien, maar daar staat een vergoeding tegenover. Met dit is dat ook zo: het kan gekoppeld worden aan toeslagrechten; je moet aan fosfaatreductie doen, anders krijg je geen toeslagrechten meer"

"je zou de zakken voor bijv. 50 cent moeten laten kopen en ze voor 1 euro weer in laten leveren; daarmee zorg je dat ze echt worden gebruikt"

Tijdens de presentatie aan de klankbordgroep van het project Actief Randenbeheer Brabant (20 oktober 2010) bleken de meningen van de boeren ver uit elkaar te liggen. Sommigen vonden de vermindering van milieuschade een zaak van de overheid, anderen zagen het belang van de aanpak van fosfaatafspoeling maar vonden de voorgestelde strategie met FerroSorp minder interessant, vooral vanwege de arbeidsinzet *"wie gaat er met die zakken over het land zeulen?"*. Maar er waren ook geluiden die het idee praktisch en pragmatisch vonden, zeker omdat de fosfaatbelasting aantoonbaar kleiner wordt.

Ook werd aangegeven dat het neerleggen van zakken niet overal zin heeft, omdat op sommige plekken bij hevige regenval de sloten overlopen het perceel op waardoor drijfmest afspoelt. Het idee wordt geopperd of het niet mogelijk is om grotere zakken voor de uitgang van de sloten te leggen i.p.v. op het perceel. Ook wordt aangegeven dat er een groot verschil is in bemesting tussen akkerbouwers en graslandhouders. Akkerbouwers bemesten namelijk alleen in het voorjaar hun percelen, terwijl graslandhouders het gehele jaar door hun percelen dienen te bemesten voor een gelijke hoeveelheid gras. Dit zou voor meer fosfaatafspoeling kunnen zorgen. Daarnaast wordt aangegeven dat men verwacht dat dierlijke mest een groter probleem is dan kunstmest. Waarom wordt niet onderzocht of dierlijke mest aangepast kan worden voor een snellere hechting aan de bodem?

Het is duidelijk dat als FerroSorp toegepast zou gaan worden er een arrangement moet komen waarin de verantwoordelijkheden en de taken goed verdeeld moeten zijn en waarin duidelijk wordt dat agrarische ondernemers er niet op achteruitgaan als ze het spul gaan toepassen.

“want als je iets in de praktijk wilt zetten, dan moet je ook een goed systeem hebben, anders moet je het niet doen. Ja, je kunt snel iets doen, maar ik zou zeggen: ‘doe eerst een jaar langer proeven, zodat je iets goeds hebt, wat daadwerkelijk werkt en wat praktisch is, voordat je aan die dingen denkt, want anders is het jammer van de tijd en dan heeft het nog geen effect’.”

“In eerste instantie moet een Waterschap [betalen] of moet er geld uit een of ander fonds komen; ik denk niet dat je dat direct bij ons, bij de gebruiker, moet neerleggen. Het moet zo zijn: ‘jij krijgt die zak’ en dat de boer ervan overtuigd is dat hij daar de moeite voor moet nemen en dat hij het ook gebruikt; en dat hij dan vervolgens, die fosfaat weer op zijn land uit kan strooien, dan zou het wel goed zijn, denk ik. Maar als je én die kosten voor die korrels moet betalen én je moet er de tijd en de moeite voor nemen én je moet dan bijvoorbeeld ook nog de afvoerkosten betalen, ik noem maar even iets ... dat lijkt me niet helemaal ...; we zijn er tenslotte met z’n allen bij gebaat, dat het probleem opgelost wordt en dat het slaagt. Dus een Europees potje, ofzo.”

Ondanks de vragen en mogelijke bezwaren wordt er van verschillende kanten belangstelling getoond voor de aanpak met fosfaatbindende materialen.

- ZLTO projecten wil in het kader van haar Actief Randenbeheer Brabant programma experimenten op boerenland voortzetten.
- ARCADIS Nederland toont belangstelling om de maatregel op te nemen in een breder pakket van nutriënt maatregelen, waarmee ze de markt op gaan.
- Landbouw centraal, KRW-gebiedspilots in NO en ZO Nederland wil de ijzerzakken meenemen als maatregel optie.

4 Analyse

Dit hoofdstuk bouwt voort op de bevindingen van het vorige hoofdstuk en maakt de slag naar de hypothesen die in hoofdstuk 1 gepresenteerd zijn.

4.1 Hypothese 1; effectieve boerenmaatregelen zijn mogelijk

Hypothese 1: Boeren zijn bereid en in staat om zelf maatregelen ter afsluiting van de snelle transport route van fosfaat te nemen die inpasbaar zijn in hun bedrijfsprocessen en die effectief blijken.

Uit de participatie van boeren in de proefnemingen en uit de interviews en gesprekken komt een divers beeld naar voren. In de eerste plaats blijkt in de praktijk dat de agrarische ondernemers die wij ontmoetten bereid zijn om handen en voeten te geven aan de nieuwe missie van de ZLTO: van maximaliseren naar optimaliseren". Men wil een gezonde en duurzame bedrijfsvoering, waarin ook plaats is voor milieumaatregelen (en kwaliteit van de producten). Men wil bijdragen aan vermindering van de milieulast uit agrarische bedrijven. Maar wel op voorwaarde dat het niet ten koste gaat van de bedrijfsvoering en dat het niet leidt tot hogere kosten of arbeidsinzet. In de interviews worden suggesties gedaan om de Gemeenschappelijke Landbouw Beleid Fondsen in te zetten als stimulans. Anderen wijzen op een mogelijke rol van waterschappen. Het is immers ook een belang van waterbeheerders dat fosfaatemissies teruggedrongen worden.

De in dit onderzoek voorgestelde maatregelen zijn praktisch toepasbaar en de metingen wijzen erop dat ze effectief zijn in het afvangen van fosfaat, maar ze vragen wel om logistieke inzet. FerroSorp moet aangekocht worden en in water doorlatende zakken gestopt en gedistribueerd. Vervolgens moeten de zakken op de velden op strategische plaatsen gelegd worden. Het is duidelijk dat boeren mee willen denken over de organisatie en de uitvoering, maar niet de kosten ervan willen dragen.

4.2 Hypothese 2; emissies van P van boerenland nemen significant af

Hypothese 2: Door de afsluiting van de snelle transport route van fosfaat naar oppervlaktewater neemt de diffuse emissie van P van boerenland zowel op klei als op zand naar oppervlaktewater met 10 to 75 % af.

Het opschalen van de effecten van maatregelen bleek complex. Ondanks dat was het wel mogelijk om een algemene methodiek te ontwikkelen. Hierbij wordt de emissie afname uitgerekend door het deel van de emissie waarop de maatregel ingrijpt te vermenigvuldigen met het rendement van de maatregel. Op acht boerenlocaties zijn proeven gedaan met gevarieerde proefopzetten. Deze proeven hebben een breed scala aan inzichten en resultaten opgeleverd. De gemeten concentraties op de proeflocaties laten een grote

bandbreedte zien in de behaalde emissieafname bij toepassing van de maatregel. Daarnaast zijn er nog vele factoren die de effecten van de maatregel op grotere schaal beïnvloeden en daarmee van belang zijn bij opschaling van de effecten:

- Wat zeggen de resultaten van acht proeflocaties over de rest van Nederland?
- Welke bronnen zijn er in het gebied?
- Waar wordt de maatregel toegepast?
- Welk resultaat wordt er op lange termijn gehaald met de toepassing van de zakken FerroSorp?
-

Aannames

De toepassing van zakken FerroSorp leidt tot een bepaalde afsluiting van de oppervlakkige routes van P richting het oppervlaktewater. De mate van afsluiting van deze snelle P routes is voornamelijk afhankelijk van het bodemtype en het landgebruik. Omdat de veldproeven in kleigebieden uitgevoerd zijn richten we ons op deze gebieden. De volgende aannames bij het toepassen van een zak FerroSorp zijn gedaan:

1. Afsluiting van snelle P routes op bedrijfsniveau levert 10 tot 75% minder P emissie naar het oppervlaktewater op. Hierbij is uitgegaan van de resultaten van het DOVE onderzoek voor grasland (Van de Weerd en Torenbeek, 2007). Uit dit onderzoek is gebleken dat als de ontwatering maar gedeeltelijk plaatsvindt via oppervlakkige afstroming, dit toch een groot deel van het fosfaat weg kan vangen omdat in deze routes de hoogste concentraties worden gevonden.
2. Begreppeling is naast buisdrainage een belangrijk ontwateringssysteem van akkers op lichte en zware kleigrond. Het grootste deel van het fosfaat zal via de greppels naar de sloot afspoelen. De aanwezigheid van begreppeling kan als volgt aangenomen worden: zware kleigronden hebben overwegend begreppeling (100%) en lichte kleigronden worden voor 50% begreppeld (Frans Aarts pers. med.). Agrariërs met kleigronden zonder begreppeling zullen ten tijde van wateroverlast zelfgemaakte sleuven trekken om de ontwatering te bevorderen (Erik van Slobbe pers. med.). Om deze reden is aangenomen dat zowel op zware als lichte kleigronden begreppeling voorkomt.
3. Met welk percentage snelle P routes afgesloten worden is hoofdzakelijk afhankelijk van het bodemtype en het landgebruik. Zware klei heeft relatief de meeste oppervlakkige afspoeling, voornamelijk vanwege de lage infiltratiesnelheid op deze gronden (Van de Weerd en Torenbeek, 2007). Daarnaast heeft landgebruik invloed op de afsluiting van de snelle P routes. Gesteld wordt dat op grasland meer oppervlakkige fosfaatafspoeling voorkomt dan op akkerbouw, want op grasland wordt meer bemest en grasland komt meer voor op nattere percelen (dichtbij watergangen). Hierbij zijn ook nog de volgende aspecten meegenomen: grasland heeft meer gewasoppervlakte waardoor er meer vastlegging van fosfaat kan plaatsvinden. Op akkerbouw komen echter mestvrije zones voor. Akkerbouw ligt een deel van het jaar braak waardoor meer oppervlakkige afspoeling kan optreden. Echter, mest wordt binnen de akkerbouw over het algemeen vaker en in kleinere porties toegediend (precisiebemesting).

Met deze aannames kan een procentuele afsluiting van de snelle P routes geschat worden. Er vanuit gaande dat begreppeling een effectief ontwateringssysteem is waardoor de zakken in greppels de oppervlakkige afspoeling nagenoeg kunnen opvangen, kunnen de

snelle P routes bij grasland op zware klei voor 75% afgesloten worden; bij grasland op lichte klei is dat 70%; en bij akkerbouw op lichte klei is dat 65%. In tabel 1 wordt het rendement van de maatregel weergegeven per onderzoekslocatie. Om een waarheidsgetrouw beeld neer te zetten, wordt zowel het lage als hoge rendement van de zakken vermeld.

Vervolgens wordt de mate van afsluiting van de snelle P routes weergegeven per locatie. Gebaseerd op de impact van de zakken en de mate van afsluiting van snelle routes, wordt een bepaalde emissieafname van P verwacht op iedere locatie.

Om het effect van de maatregel op de waterkwaliteit in beeld te brengen, worden twee categorieën wateren bekeken. De grensoverschrijdende wateren, vooral ook de grote rivieren, die onder invloed staan van belasting vanuit het buitenland worden niet meegenomen. De twee categorieën die we meenemen zijn: 1) regionale wateren in een gemiddelde situatie: de landbouw is hier de bron van 50% van de fosfaatbelasting, 2) regionale wateren in landbouwgebieden. Hier kan landbouw tot 100% van de fosfaatbelasting veroorzaken.

Voor de eerste categorie levert de maatregel een verbetering op van een gemiddelde concentratie van 0,21 mg P/l naar een nieuwe concentratie van 0,14 tot 0,20 mg P/l. Voor wateren in de tweede categorie resulteert het in een nieuwe concentratie van 0,07 tot 0,20 mg P/l. Uitgaande van een GEP van 0,15 mg p/l kan de maatregel in landbouwgebieden zeker bijdragen aan het behalen van het GEP. In overige regionale wateren waar de invloed van de landbouw minder is, levert de maatregel een duidelijk effect op in de waterkwaliteit maar is de kans kleiner dat het GEP gehaald wordt. Uitgaande van landelijke cijfers zal het GEP in gebieden met 50% landbouwinvloed water niet gehaald worden. De verwachte waterkwaliteitsverbetering is alleen van toepassing op de klei- en zavelgebieden in Nederland, omdat dit het gebied is waar de maatregel toegepast kan worden.

Tabel 1

Afsluiting van snelle P routes en
verwachte emissieafname van P.

Locatie	Ravenstein	Winssen	Langeweg	Moerdijk	Wagenberg	Waardenburg	Nieuwendijk	Nieuw-Vossemeer
Bodemsoort	Zware klei	Lichte klei	Lichte klei	Lichte klei	Lichte klei	Zware klei	Lichte klei	Lichte klei
Landgebruik	Grasland	Grasland	Akkerbouw	Grasland	Akkerbouw	Grasland	Akkerbouw	Akkerbouw
Impact % min	11	55	10	25	10	55	60	10
Impact % max	26	70	85	85	100	70	90	60
Afsluiting P (10-75%)	75	70	65	70	65	75	65	65
Emissieafname (%) min	8.3	35.8	7.0	16.3	7.0	41.3	42.0	39.0
Emissieafname (%) max	19.5	45.5	59.5	55.3	70.0	52.5	63.0	6.5

4.3 Hypothese 3; boerenmaatregelen zijn kosteneffectief

Hypothese 3: De aanpak van de snelle transport route van fosfaat op boerenland is kosteneffectiever dan inrichtingmaatregelen en dan RWZI's om de P belasting op oppervlakte water te verkleinen.

Om de kosten van de in dit onderzoek voorgestelde maatregelen te berekenen is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

- Voor alle opties is uitgegaan van de eenheid per hectare.
- Voor arbeid is uitgegaan van het tarief van de bedrijfsverzorging € 35,- per uur.
- Als norm is er uitgegaan van een bedrijf van 40 ha groot.
- Een zak FerroSorp weegt 8 kg.
- FerroSorp kost inclusief transport € 2,63 per kg. Inclusief waterdoorlatende zak € 2,80.
- De tractorkosten worden doorberekend op basis van KWIN-normen bij een gemiddeld gebruik van 600 uur per jaar. In de jaarkostentabel zijn de kosten per ha opgenomen. Deze zijn gebaseerd op een geschat aantal uren per optie.
- Voor alle opties is een algemene post arbeid doorgerekend voor bijvoorbeeld administratie, controle et cetera van 1 uur per ha.
- Voor algemene kosten is een bedrag van € 125,- per bedrijf per jaar opgenomen voor het gebruik van kleine materialen.
- De korrels worden jaarlijks aan- en afgevoerd.
- In de berekening zijn de kosten voor afvoer van de korrels naar de afvalverwerking als pm opgenomen. Uitgegaan is van drie opties:

1. Toepassen van zakken FerroSorp in bestaande greppels uitgaande van drie greppels per ha met aan twee zijden een sloot die door middel van zakken worden afgesloten = 6 zakken per ha. De trekkerkosten bestaan uit het aan- en afvoeren van de korrels. Begroot op 1 uur per ha. De arbeid bestaat uit het aan- en afvoeren van de korrels. Begroot op 1 uur per ha inclusief controle.
2. Toepassen van zakken FerroSorp in getrokken sleuven. Met name in de akkerbouw worden soms preventief sleuven getrokken wanneer men pleksgewijs water verwacht tijdens het groeiseizoen. Deze sleuven worden meestal in het voorjaar getrokken vanaf bijvoorbeeld een lager gelegen gedeelte naar de sloot of watergang. Het aantal sleuven per ha kan sterk afwijken van een gemiddelde. De sleuven zouden afgesloten kunnen worden met een zak FerroSorp. Stel 1 sleuf per ha voorzien van een zak = 8 kg per ha. Traktorkosten: het aan- en afvoeren van de korrels, stel 1 uur per ha. Arbeid is gebaseerd op 1 uur per ha inclusief controle.
3. Het uitstrooien van FerroSorp (in zakken) op de perceelsrand. Een andere optie is om de korrels als een soort "dijkje" op de perceelsrand aan te brengen. Afgespoeld water komt dan voorafgaand aan het afvloeien in de sloot in aanraking met de FerroSorp. Uitstrooien van korrels is geen optie vanwege vervuiling van het geteelde product. Om praktische redenen is ervan uitgegaan dat korrels in de zakken op de rand gelegd worden. Hierdoor zijn ze op een eenvoudigere manier af te voeren dan los. Stel het aanbrengen van FerroSorp aan twee zijden van het perceel van 100 meter lang = 250 zakken korrels van 8 kg. Er zijn geen machines voorhanden om korrels op een smalle strook uit te strooien of zakken neer te leggen. Dit zal handmatig moeten gebeuren. Dit is begroot op 8 uur per ha voor het leggen en opruimen.

Deze 3 opties zijn nader uitgewerkt in een analyse van de kosten per hectare in tabel 2:

Tabel jaarkosten per ha.	1	2	3
FerroSorb	134	22	5600
Trekker	19	19	153
Arbeid	35	35	280
Arbeid algemeen	35	35	35
Afvoer korrels stort	pm	pm	pm
Diversen	3	3	3
Totaal per ha.	226	114	6071

Tabel 2; berekening kosten toepassing FerroSorp in drie configuraties

Uit de tabel blijkt dat toepassing van FerroSorp in getrokken sleuven veruit het goedkoopste alternatief is.

De kosten van optie drie bedragen meer dan € 6000 per hectare. Deze kosten kunnen aanzienlijk gedrukt worden als toediening van FerroSorp beperkt wordt tot langs natuurlijke depressies, waar het water van nature zijn weg vindt.

5 Discussie

Effectiviteit van de maatregel

De methodiek toegepast op de acht boerenlocaties is gebaseerd op de effectiviteit van de zakken FerroSorp die is gemeten tijdens de proeven. De effectiviteit verschilt per locatie. Daarom moet rekening worden gehouden met de omstandigheden op elk bedrijf, zowel ten aanzien van de proefopzet als de locatiespecifieke omstandigheden. De uitgevoerde proeven verschillen in de gebruikte proefopzet. Ze zijn allemaal opgezet als geforceerde veldproef. Echter, de proef bij Ravenstein is uitgevoerd met beklede bodem en leidingwater, waaraan fosfaat is toegevoegd. Op de andere zeven locaties is gebruik gemaakt van onbekte bodem en slootwater om een meer realistische situatie na te bootsen. Ook is er geëxperimenteerd met de hoeveelheid en type materiaal in de zakken. De verschillen in de proefopzet leiden tot verschillen in het rendement van de zakken. Ook worden door de tijd heen verschillende rendementen gemeten op een locatie. De effectiviteit van een zak, met name verhoging van de ondergrens van het rendement, kan nog toenemen door optimalisatie van de maatregel.

Daarnaast zal het rendement van de maatregel onder verschillende omstandigheden anders zijn. De effectiviteit van de zakken is gemeten op locaties met lichte of zware klei- en zavelgronden. Er zijn geen proeven gedaan op zand- en veengronden. Hierdoor zijn geen uitspraken gedaan over de verwachte waterkwaliteitsverbetering op deze gronden. Aangezien kleigronden het meest afspoelingsgevoelig zijn, kan gesteld worden dat op zand- en veengronden het verwachte effect van de zakken op de verbetering van de kwaliteit van het oppervlaktewater lager zal zijn. Bij het optreden van oppervlakkige afstroming kan de maatregel zeker ook gebruikt worden in deze gebieden. Per toegepaste zak FerroSorp zal dan een bepaalde emissieafname bereikt worden.

Participatie van boeren

In de proeven hebben agrarisch ondernemers geparticipeerd die ook meedoen met het project Actief Randenbeheer Brabant. Deze ondernemers hebben dus eerder al belangstelling voor innovatie en voor milieu getoond. Uitspraken van hen zijn waardevol en leerzaam, maar mogen niet als representatief voor de gehele beroepsgroep gezien worden.

Concentratie in afspoelend water

Tijdens de veldproeven is een vaste concentratie fosfaat in het afspoelend water gebruikt. De concentratie die is gebruikt is aan de hoge kant. In de praktijk zullen doorgaans lagere concentraties gemeten worden, wat het rendement kan beïnvloeden. Of dit uiteindelijk positief of negatief uitwerkt voor het rendement kan nog niet geconcludeerd worden. In de praktijk zal de afspoelingsconcentratie afhankelijk zijn van omstandigheden; voornamelijk de fosfaatverzadiging van landbouwgronden, de bemestingssoort en -hoeveelheid, en de neerslagintensiteit en -periode zijn van belang. Verwacht wordt dat op locaties met hoge fosfaatverzadiging de afspoeling van fosfaat (zowel in oplossing als gebonden aan bodemdeeltjes) groter is vanwege een beperktere capaciteit om fosfaat te binden. De mate en het type van bemesting kan van invloed zijn op de hoeveelheid en de vorm van P in het afspoelende water. In bodems met grote fosfaatbindingscapaciteit of hoge kalkgehaltes kan het fosfaat makkelijker gebonden worden of neerslaan. Omdat bij afspoeling van fosfaat het bodem/water contact beperkt is zal de invloed hiervan naar verwachting niet zo groot zijn. In bodems met een zeer goede structuur waren er wel aanwijzingen voor een verminderde afspoeling van fosfaat. In deze bodems is het bodem/water contact veel beter. Tenslotte leiden hevige buien met een hoge neerslagintensiteit gemakkelijk tot meer oppervlakkige afspoeling. Dit zal leiden tot een verhoogde fosfaatvrucht richting het oppervlaktewater. Of dit een concentratieverhoging tot gevolg heeft hangt af van het tijdstip van bemesting en de mate van verdunning. De neerslagperiode en het bemestingstijdstip hebben daarom invloed op de hoeveelheid oppervlakkige afspoeling.

Invloed van bovenstrooms gebied

Bij de gebruikte methode voor opschaling worden verschillende aannames gedaan. Een aanname die verder onderzocht moet worden is het effect van het bovenstroomse oppervlaktewater. Momenteel wordt bij het bepalen van het effect op de fosfaatconcentratie van het regionale water bij de proeflocatie er vanuit gegaan dat de maatregel ijzerzakken alleen toegepast wordt in het gebied tussen twee meetpunten. Hierdoor blijft de waterkwaliteit van het instromende water van bovenstrooms van dezelfde waterkwaliteit. Als bovenstrooms de maatregel ook wordt toegepast, wordt de waterkwaliteit bovenstrooms ook verbeterd waardoor het effect toeneemt.

De landelijke berekening worden op een andere schaal gedaan. Hier wordt uitgegaan van toepassing van de maatregel in een heel stroomgebied en wordt het gemiddelde effect voor het gehele stroomgebied berekend. Uiteindelijk kan de impact van een maatregel uitgerekend worden met een instrument als de KRW verkenner door een reductie van de landbouwemissies toe te passen. Het is dan wel van belang dat in een dergelijk instrument verschillende deelgebieden en verschillende landbouwemissieroutes onderscheiden kunnen worden.

Retentie

Bij de opschaling hebben we de aanname gedaan dat er geen netto retentie optreedt in de waterlopen. Dit geldt zowel voor de grotere oppervlaktewateren als voor de haarvaten. Op de lange termijn zal dit het geval zijn wanneer er in het gebied niet gebaggerd wordt waarbij het slib wordt afgevoerd. Op korte termijn kan retentie wel spelen en kan dit medebepalend zijn voor de impact van de maatregel op de concentraties benedenstrooms. Door de toepassing van de ijzerzakken wordt de fosfaatconcentratie in de haarvaten in eerste instantie kleiner. Hierdoor kan de retentie in de haarvaten afnemen. Wanneer de waterbodem veel fosfaten bevat (opgebouwd als gevolg van hogere belasting) kan de bodem gaan naleveren waardoor het effect van de maatregel niet (volledig) zichtbaar is. Wanneer een maatregel wordt genomen en de belasting vermindert, moet er een nieuw evenwicht ingesteld worden tussen water en waterbodem. Dit kan op korte termijn invloed hebben. Op lange termijn zal zich een nieuw evenwicht instellen en zal het effect van de retentie niet meer duidelijk zichtbaar zijn in de fosfaatconcentraties in het oppervlaktewater.

Gevarieerd gebied

Het uitgangspunt dat alle gronden rond Ravenstein uit landbouw (grasland op zware klei) bestaan is niet representatief. Een preciezer beeld van een gebied ontstaat door bijvoorbeeld gebruik te maken van voedingsgebieden van KRW meetpunten en verschillende bodem/landgebruik combinaties in een gebied weer te geven. Vervolgens kan de gemiddelde emissieafname bepaald worden.

Zand, veen en klei

De veldproeven zijn uitgevoerd op kleigronden. Het is hierdoor nog onzeker wat de effecten kunnen zijn in zand- en veengebieden. De bijdrage van de afspoeling aan de belasting van het oppervlaktewater is anders in deze gebieden. Bij zandbodems is deze bijvoorbeeld sterk afhankelijk van de mate van fosfaatverzadiging in de bodem en de grondwaterstand. Ook is de maatregel van ijzerzakken nu in combinatie met greppels en/of plasvorming op het land toegepast. Deze situatie is karakteristiek voor kleigronden maar vinden we niet veel in de zand- en veengebieden. Bij het optreden van oppervlakkige afstroming kan de maatregel zeker ook gebruikt worden in zand- en veengebieden. Per toegepaste ijzerzak kan dan een bepaalde emissieafname bereikt worden. Ook kan gezocht worden naar aanpassing van de maatregel zodat deze breder toegepast kan worden. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan het gebruik van de ijzerzakken of het ijzerhoudende materiaal voor duikers, in sleuven langs het land, of in drains.

Maatregel vs. opschaling

Bij de opschaling is er sprake van onzekerheid. Deze komt deels door de reeks aannames die gedaan moet worden. Echter, wanneer we deze aannames kunnen vervangen door waarheidsgetrouw inzicht, zal er nog steeds een grote mate van onzekerheid zijn. Deze komt voort uit de maatregel zelf. Het rendement zal verschillen in de ruimte en de tijd, waardoor er altijd een onzekerheidsmarge zal blijven bestaan. De bandbreedte in de resultaten van de veldproeven is erg groot, deze kan verkleind worden door de maatregel te optimaliseren.

6 Conclusies

In dit onderzoek is een aanpak ontwikkeld van oppervlakkige afspoeling van fosfaat van boerenland. Deze aanpak bestaat uit het leggen van fosfaatbindend materiaal (in ons geval FerroSorp) in van agrarische velden naar sloten afstromend water. Uit onze proeven bleek dat de emissie van fosfaat teruggedrongen kan worden tussen 7 en 70 %. De grote variatie in de uitkomst is een gevolg van een beperkt aantal metingen in diverse situaties. Uit de meetresultaten mag met enige voorzichtigheid geconcludeerd worden dat de door ons beproefde aanpak als technische maatregel veelbelovend is. Want uit de proeven is gebleken dat de effectiviteit van de toepassing vergroot kan worden.

Voorzichtige opschaling berekeningen naar de effecten van mogelijke toepassing op grote schaal in agrarische gebieden wijzen uit dat significante verbetering van de fosfaat gehalten in oppervlaktewateren mogelijk zijn. In twee categorieën die zijn berekeningen uitgevoerd: 1) regionale wateren in een gemiddelde situatie: de landbouw is hier de bron van 50% van de fosfaatbelasting, 2) regionale wateren in landbouwgebieden. Hier kan landbouw tot 100% van de fosfaatbelasting veroorzaken.

Voor de eerste categorie levert de maatregel een verbetering op van een gemiddelde concentratie van 0,21 mg P/l naar een nieuwe concentratie van 0,14 tot 0,20 mg P/l. Voor wateren in de tweede categorie resulteert het in een nieuwe concentratie van 0,07 tot 0,20 mg P/l. Uitgaande van een GEP van 0,15 mg p/l kan de maatregel in landbouwgebieden zeker bijdragen aan het behalen van het GEP. In overige regionale wateren waar de invloed van de landbouw minder is, levert de maatregel een duidelijk effect op in de waterkwaliteit maar is de kans kleiner dat het GEP gehaald wordt. Uitgaande van landelijke cijfers zal het GEP in gebieden met 50% landbouwinvloed water niet gehaald worden. De verwachte waterkwaliteitsverbetering is alleen van toepassing op de klei- en zavelgebieden in Nederland, omdat dit het gebied is waar de maatregel toegepast kan worden.

De kosten per hectare van de maatregel hangen sterk af van de wijze van toepassing. Indien zakken met FerroSorp in greppels worden gelegd dan bedragen de kosten tussen de 115 en 220 euro. In deze prijzen zijn kosten van distributie niet opgenomen. Maar daar staat tegenover dat FerroSorp gefabriceerd wordt van een restproduct van drinkwaterzuiveringen. De aankoopkosten zijn laag, hoewel rekening gehouden moet worden met de kosten van de productie van korrels.

Toepassing van FerroSorp langs perceelranden leidt tot de noodzaak om meer van het materiaal te kopen en tot meer arbeidskosten en dan bedraagt de gemiddelde prijs tot € 6000/ha. Deze kosten kunnen aanzienlijk gedrukt worden indien het materiaal strategisch wordt geplaatst op lagere plekken waar water vanzelf heen stroomt.

Participerende agrariërs zien het belang van het nemen van maatregelen tegen fosfaat emissies. Maar ze zijn ook helder in hun standpunt dat een eventuele implementatie van de door ons beproefde aanpak niet tot meerkosten voor hun ondernemingen mag leiden. Er bestaan ook twijfels of de aanpak praktisch wel uitvoerbaar is. Men moet immers wel ieder seizoen vele zakken ijzerbindend materiaal over de velden plaatsen.

De door ons voorgestelde aanpak is zeker nog niet rijp voor toepassing. Meer onderzoek is nodig op de volgende punten:

- Meer onderzoek naar de effectiviteit onder verschillende omstandigheden en met verschillende fosfaatconcentraties.
- Een goede beoordeling van, en afweging tussen andere maatregelen die in het kader van het KRW Innovatieprogramma op het gebied van afremmen van fosfaat emissies worden voorgesteld.
- Meer onderzoek naar arrangementen waarmee de aanpak gefinancierd en georganiseerd kan worden.

Ondanks deze potentiële bezwaren en de openstaande vragen wordt er van meerdere kanten belangstelling getoond om de voorgestelde aanpak verder te ontwikkelen.

Bronnen

Deelrapporten en subonderzoek verslagen die niet gepubliceerd zijn:

- Arcadis. 2010. Fosfaatafspoeling Boerenland. Deelrapport: Opschaling Boerenmaatregelen IJzerzakken. ARCADIS Apeldoorn.
- ZLTO Projecten. 2010. Fosfaatafspoeling Boerenland. Deelrapport: Bedrijfsanalyse Vermindering Fosfaatafspoeling. ZLTO projecten. Tilburg.
- Wageningen Universiteit 2010. Fosfaat Afspoeling Boerenland. Deelrapport: Verslag van veldproeven en laboratorium analyses. ESS/CC. Wageningen
- Alterra. 2010. Fosfaatafspoeling Boerenland. Deelrapport: Laboratoriumonderzoek FerroSorp. Centrum Bodem. Wageningen.
- Actief Randenbeheer Brabant. Verslagen projectgroep (8 juli 2010) en klankbordgroep (20 oktober 2010). ZLTO projecten. Tilburg.
- Aulich C 2010. In totaal 16 interviewverslagen met boeren en betrokkenen van het fosfaatafspoeling project in het kader van een MsC afstudeeronderzoek.
- Van Twisk L. 2010. Kansen voor duurzaam nutriëntenbeheer in de landbouwsector. De opschaling van kansrijke innovatieve landbouwmaatregelen ter verbetering van de bodem- en waterkwaliteit. Stageverslag ARCADIS Apeldoorn/ Wageningen UR

Literatuur:

- Chardon, W.J., Oenema, O., Schoumans, O.F., Boers, P.C.M., Fraters, B., Geelen, Y.C.W.M., 1996. Verkenning van de mogelijkheden voor beheer en herstel van fosfaatlekkende landbouwgronden. Rapporten Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek, deel 8, Wageningen. 84 pp
- Jiggins, J. van Slobbe Röling N. 2007 The Organisation of Social Learning in Response to Perceptions of Crisis in the Water Sector of the Netherlands. Environmental Science and Policy 10 (6) 526-536.
- Jiggins, J. Röling N. 2004 Key Informant Studies II: Water Conservation in North Brabant and Limburg (2nd. Generation Water Conservation Project). SLIM Case Study Monograph 2, Social Learning for Integrated Management of Water at Catchment Scale. www.slim.open.ac.uk
- Noij G-J., Corré W.J. Van Boekel, E., Oosterom, H., Van Middelkoop, J., Van Dijk, W., Clevering, O., Renaud, L., Van Bakel, J., 2008. Kosteneffectiviteit van alternatieve maatregelen voor bufferstroken in Nederland. Alterra-rapport 1618, Wageningen.
- Oosterhuis F.H., Grijp van der N.M., Asselt van H.D., Munster M., Spaans L.A.J., Van Dun-van den Bosch I., Jacoms M., Matthee M.E.D., (2007). Handboek implementatie milieubeleid EU in Nederland. Retrieved 12-04-2007
- Planbureau voor de Leefomgeving 2008 Kwaliteit voor later. Ex ante evaluatie Kaderrichtlijn Water PBL publicatienummer 50014001. Bilthoven
- Reeders, H.H., Helmerhorst, F.H., 1996. Op weg naar helderheid. Een heroriëntatie van BOVAR gericht op 2000. BOVAR-rapport 96.01. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directie IJsselmeergebied Lelystad.
- Van de Weerd H en Torenbeek R (2007) Uitspoeling van meststoffen uit grasland. Emissieroutes onder de loep. STOWA-rapport 2007-14, 49 pp.
- Van Slobbe E. Jiggins J. Bouwen R. Prins S. Oudermans S. Van der Planken I. Van Buuren R. 2007b Verankering van Sociaal Leren in het Benelux Middengebied. Onderzoeksrapport. Programma Duurzaam Waterbeheer Benelux Middengebied, Leven met Water, Leren voor Duurzame Ontwikkeling. Tilburg