



Ministerie van Landbouw, Natuur en
Voedselkwaliteit



Ministerie van Volkshuisvesting,
Ruimtelijke Ordening en
Milieubeheer



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Provincie Noord-Brabant



provincie
GELDERLAND

provincie limburg



provincie Overijssel

Waterschap
Aa en Maas

Waterschap
Brabantse Delta

Water kleurt het leven

Waterschap
De Dommel

Waterschap
Rijn en IJssel

WATERBIEFDE. VEILIG EN OP MAAT

WATER SCHAP
Vallei&em



Waterschap Veluwe

WATERSCHAP
Regge en Dinkel

Waterschap NOORDERZIJVEST



LTO Nederland



Stichting
Kennisontwikkeling
Kennisoverdracht
Bodem

februari 2009



SKB-projectnr. PP 8350
rapport 1301-I

Ontwikkeling van een bodemdienst reductie fosfaatemissie; fase 1

Ir. R. Postma

Ir. M.J.G. de Haas

nutriënten management instituut nmi bv

postbus 250

6700 ag wageningen

agro business park 10

6708 pw wageningen

tel. (0317) 46 77 00

fax (088) 876 1281

e-mail nmi@nmi-agro.nl

internet www.nmi-agro.nl

© 2010 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

SKB

5x

Consortiumpartners

16x

Inhoud

	pagina
Samenvatting en conclusies	3
1 Inleiding	5
1.1 Aanleiding project	5
1.2 Maatregelen voor het beperken van P-emissies naar oppervlaktewater	6
1.3 Doelstelling	6
1.4 Consortiumpartners	7
2 Opzet en uitvoering van het project	9
2.1 Fase 1. Verkenning van de mogelijkheden en ontwikkeling bodemdienst fosfaat.	9
2.2 Fase 2. Praktijkpilots: maatregelen voor vermindering P-emissies	10
3 Fosfaattoestand van landbouwgronden en fosfaatemissie	11
3.1 Fosfaatverzadigingsgraad en fosfaatverzadigde grond	11
3.2 Fosfaatlekkende grond	12
3.3 Fosfaattoestand van landbouwgronden	13
3.4 Relatie tussen fosfaattoestand en fosfaatemissie	14
3.5 Fosfaatemissie	16
3.6 Conclusies	19
4 Fosfaat en kwaliteit van oppervlaktewater	21
4.1 Waterkwaliteitsnormen	21
4.2 Gemeten waterkwaliteit	22
4.3 Conclusies	24
5 Effecten van maatregelen	27
5.1 Uitmijning	27
5.2 Andere maatregelen	31
5.3 Kosteneffectiviteit van maatregelen.	35
5.4 Conclusies	38
6 Ontwikkeling van een bodemdienst	39
6.1 Maatregelen en de bodemdienst	39
6.2 Naar een bodemdienst fosfaatuitmijning	41
6.2.1 Algemeen	41
6.2.2 Andere ervaringen	41
6.2.3 Aspecten van belang voor een bodemdienst	42
6.2.4 Ingrediënten van een bodemdienst fosfaatuitmijning	42
6.2.5 Afstemming met wet- en regelgeving	43
6.2.6 Belangstelling vragers en gebieden waarvoor de dienst beschikbaar moet komen	44
6.2.7 Berekening van de benodigde vergoeding voor de bodemdienst	45
6.3 Mogelijkheden voor het stimuleren van maatregelen: praktijkpilots	48
7 Conclusies	51
Literatuur	53

Samenvatting en conclusies

Omdat fosfaat een hardnekkig knelpunt is voor het realiseren van waterkwaliteitsdoelen, is het project "Ontwikkeling van een bodemdienst reductie fosfaatemissie" gestart. Daartoe is een consortium gevormd bestaande uit de Ministeries van LNV, VROM en V&W, de provincies Noord-Brabant, Gelderland, Limburg en Overijssel, de waterschappen Vallei & Eem, Veluwe, Rijn & IJssel, Brabantse Delta, Aa en Maas, De Dommel, Regge en Dinkel en Noorderzijlvest, SKB en NMI. In het kader van de eerste fase van het project is nagegaan of bovenwettelijke maatregelen kunnen worden geïdentificeerd die een bijdrage leveren aan het versneld terugdringen van fosfaatemissies vanuit de landbouw naar oppervlaktewater. Vervolgens is nagegaan of een bodemdienst, een soort groenblauwe dienst, kan worden ontwikkeld, waarin potentiële vragers van de dienst (overheden) een vergoeding beschikbaar stellen voor potentiële aanbieders (agrariërs) van de dienst.

Als eerste is ingegaan op de fosfaattoestanden van Nederlandse landbouwgronden en de relatie met emissies naar het oppervlaktewater. Vastgesteld wordt dat de emissie van fosfaat uit landbouwgronden naar oppervlaktewater wordt bepaald door de fosfaatbemesting (hoeveelheid, tijdstip en wijze van toediening), de P-toestand van de bodem op verschillende diepten (fosfaatverzadigingsgraad, FVG), de hydrologie en de weersomstandigheden (met name incidentele buien), landgebruik en bodemtype. Deze veelheid aan factoren zorgt er voor dat de emissie van fosfaat sterk varieert van perceel tot perceel en van jaar tot jaar. Een ruimtelijke analyse op regionale en landelijke schaal van de ligging van fosfaatverzadigde gronden in Nederland wijst uit dat de landbouwgronden in beekdalen en andere laaggelegen gebieden op zand in Zuid- en Oost Nederland een hoge urgentie hebben. Oppervlakkige afstroming levert een belangrijke bijdrage aan de totale P-emissie van grasland en bouwland naar het oppervlaktewater. Lokale omstandigheden, zoals de grondwaterstand, de dikte van de watervoerende laag, de infiltratiecapaciteit van de bodem, de P-toestand van de bodem en het microreliëf, hebben invloed op de P-emissie via oppervlakkige afspoeling. P-emissie via oppervlakkig aftromend water treedt op in pieken. Deze pieken lijken verantwoordelijk te zijn voor het grootste deel van de jaarlijkse emissie. Vooral voor natte gronden wordt een hoge P-emissie berekend. Ook droge landbouwgronden op zand hebben een naar verhouding hoge berekende P-emissie. Maatregelen om de P-emissie te beperken dienen afgestemd te worden op de belangrijkste emissieroutes.

Waterkwaliteitsnormen zijn verschillend voor natuurlijke en sterk veranderde wateren en kunstmatige wateren en de laagste P-normen zijn gerelateerd aan stilstaande wateren, zoals meren (0,03-0,09 mg P/l) en Natura 2000-gebieden (0,01-0,1 mg P/l). Voor sterk veranderde en kunstmatige wateren mogen waterbeheerders zelf normen vaststellen. Overschrijdingen van de normen zijn veelal het gevolg van piekbelastingen, die vooral optreden in natte periodes, waarin de sponswerking van de bodem minimaal is. Overschrijdingen kunnen enkele malen de norm bedragen. De opgave voor het realiseren van de beoogde waterkwaliteit is het grootst voor Natura 2000-gebieden en stilstaande wateren (meren).

Uit een vergelijking van de effectiviteit van maatregelen om de fosfaatemissie naar oppervlaktewater te verminderen blijkt het volgende:

- Uit lopend onderzoek is gebleken dat uitmijning kan leiden tot een relatief snelle daling van het direct beschikbare P-gehalte in het bodemvocht. Dit effect is het sterkst als de P-toestand van de bodem hoog is. Effecten hiervan op de uit- en afspoeling naar grond- en oppervlaktewater zijn onzeker en hierover is slechts informatie beschikbaar uit modelberekeningen.
- Informatie over effecten van andere, effectgerichte maatregelen om de P-emissie te beperken,

zoals bufferstroken, samengestelde, peilgestuurde verdiepte drainage, blokkeren van maaiveldafvoer en helofytenfilters, zijn hoofdzakelijk verkregen met modelberekeningen.

- Uit indicatieve modelberekeningen blijkt dat de kosteneffectiviteit van uitmijning in rotatie in de akkerbouw € <100-200 en in de melkveehouderij € 500- >2000 per kg P. Daarmee is deze brongerichte maatregel vergelijkbaar met die van andere, effectgerichte maatregelen zoals het blokkeren van oppervlakkige afstroming vanaf het maaiveld.
- Het lijkt zinvol om in de praktijk eventuele effectgerichte maatregelen zo veel mogelijk uit te voeren in combinatie met brongerichte maatregelen (zoals uitmijnen), om te voorkomen dat er sprake is van “dweilen met de kraan open”.
- De keuze van te nemen maatregelen dient zoveel mogelijk te worden afgestemd op de lokale situatie en op het beperken van de belangrijkste emissieroutes. Als oppervlakkige afspoeling de grootste bijdrage levert aan de totale emissies, zullen te nemen maatregelen vooral daarop gericht moeten zijn. Hierbij kan dan met name worden gedacht aan het tegengaan van oppervlakkige afstroming, bufferstroken en uitmijning. Als diepe uitspoeling een belangrijke emissieroute is, dienen maatregelen daarop te worden gericht. Als in dat geval wordt gekozen voor uitmijning, zal de reactietermijn lang zijn. In dat geval lijken drainagegerichte maatregelen en/of helofytenfilters, zo mogelijk in combinatie met uitmijning, vooral zinvol.

Tot slot is nagegaan welke mogelijkheden er zijn om een bodemdienst fosfaatuitmijning te ontwikkelen. Daartoe is de aandacht met name gericht op de mogelijkheden die er zijn binnen de Catalogus Groenblauwe Diensten. Hierin is een overzicht gegeven van vergoedingen die overheden in Nederland beschikbaar mogen stellen aan grondeigenaren, zonder dat daarbij sprake is van ongeoorloofde staatssteun. Aangezien fosfaatuitmijning hierin nog niet is opgenomen, zal worden nagegaan of dit gerealiseerd kan worden. Daartoe zal in het voorjaar 2009 een aanvraag worden ingediend bij IPO/DLG. Daarbij zal aandacht worden besteed aan het doel en de uitvoering van de fosfaatuitmijning, een brongerichte maatregel die gericht is op het verminderen van de fosfaatemissie. Deze maatregel zou beschikbaar moeten zijn voor uitvoering op individuele percelen, waarbij in principe geen P toegediend mag worden, maar waarbij de mogelijkheid opgehouden wordt dat wel enige P wordt aangevoerd. Als basis voor de beloning zal voornamelijk een inspanningsverplichting worden gehanteerd, maar wordt nagegaan of in aanvulling daarop tevens mogelijkheden zijn voor een resultaatverplichting. De maatregel uitmijning gaat verder dan de mestwetgeving, waarin het toegestane fosfaatgebruik is vastgelegd via de (gedifferentieerde) fosfaatgebruiksnormen. Bovendien heeft de maatregel betrekking op het perceelsniveau, terwijl het mestbeleid is gericht op het bedrijfsniveau. Aangezien er in het kader van de herziening van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) vrij veel aandacht wordt besteed aan het belonen van maatschappelijke diensten, onder andere op het gebied van groene en blauwe diensten, lijken er goede mogelijkheden te zijn voor de financiering van een bodemdienst fosfaat in de toekomst. Aandacht voor de verdeling van verantwoordelijkheden tussen de nationale en regionale overheden is daarbij wel van belang. Criteria voor gebieden waarvoor de dienst beschikbaar in eerste instantie beschikbaar dient te komen, zijn de fosfaatverzadigingsgraad van de bodem, de hydrologische omstandigheden en de nabijheid van kwetsbare gebieden, zoals Natura 2000-gebieden en HEN-wateren. De benodigde vergoeding voor uitmijnen wordt met name bepaald door kosten voor afvoer van mest, kosten voor aankoop van kunstmest en kosten voor opbrengstderving.

Geconcludeerd wordt dat het zinvol en goed mogelijk lijkt een bodemdienst fosfaatuitmijning te ontwikkelen.

1 Inleiding

De Europese Kaderrichtlijn Water (EKW/KRW) gaat er van uit dat water een erfgoed is dat als zodanig beschermd, verdedigd en behandeld moet worden. De Europese Commissie heeft daarop een geïntegreerd waterbeleid ontwikkeld waarin aquatische ecosystemen en van water afhankelijke landecosystemen worden beschermd en de ecologische kwaliteit van water waar nodig verbeterd. Het duurzaam gebruik van water wordt bevorderd door onder andere het terug dringen van verontreinigingen (EG, 2000).

1.1 Aanleiding project

De eutrofiëring van oppervlaktewater door emissies van stikstof en fosfaat (P) is één van de grootste problemen voor de waterkwaliteit. Vooral P vormt daarbij een hardnekkig knelpunt voor het realiseren van ecologische doelen (Lommers, 2008). Een aanzienlijk deel van de emissie van P is afkomstig uit de landbouw en wordt voor een groot deel veroorzaakt door af- en uitspoeling van meststoffen uit percelen in landbouwkundig gebruik (TCB, 2007). Daarbij speelt de P-toestand van de bodem, ofwel de P-verzadigingsgraad, een belangrijke rol. Naar schatting is 50-60 procent van het areaal landbouwgronden in Nederland verzadigd met P (Schoumans, 2004). Deze gronden bevatten in het algemeen (veel) meer P dan nodig is voor een goede landbouwkundige productie. De meeste P-verzadigde gronden zijn gelegen op zandgrond in Zuid en Oost Nederland. Afhankelijk van de hydrologische situatie en de ligging van het perceel ten opzichte van het oppervlaktewater kunnen deze gronden bijdragen aan de P-emissie naar het oppervlaktewater. Gebieden waar de situatie het meest urgent is zijn landbouwgronden in beekdalen, landbouwgronden in bufferzones rond Natura 2000-gebieden en laaggelegen landbouwgronden in Zuid en Oost Nederland. In deze gebieden is de P-toestand van de bodem vaak hoog vanwege de bemestingshistorie die samenhangt met hoge veedichtheid door de aanwezige veehouderijen, zoals melkvee-, varkens- en pluimveehouderijen. In combinatie met de hydrologische situatie en de aanwezigheid van voornamelijk zandgronden zorgt er voor dat er een groot risico van P-emissies naar grond- en oppervlaktewater bestaat.

In het kader van het landelijke mestbeleid zijn gebruiksnormen geformuleerd voor stikstof, fosfaat en dierlijke mest. Voor fosfaat wordt, in lijn met afspraken die daarover met de EU zijn gemaakt, toegewerkt naar evenwichtsbemesting in 2015. Daartoe zijn in het kader van het derde Nederlandse Nitraatactieprogramma generieke P-gebruiksnormen geformuleerd van 60 kg P₂O₅ per ha per jaar voor bouwland en 90 kg P₂O₅ per ha per jaar voor grasland. Op dit moment worden in het kader van het vierde Nitraatactieprogramma ten behoeve van de periode 2010-2013 de mogelijkheden verkend om P-gebruiksnormen te differentiëren, waarbij de toegestane P-aanvoer voor gronden met een hoge P-toestand lager is dan voor gronden met een lage P-toestand. De verwachting is dat dit mogelijk zal leiden tot een beperkte differentiëring van de voorgenomen generieke normen van 60 en 90 kg P₂O₅ per ha per jaar, maar dat het veel minder ver gaat dan het TCB-advies, waarin wordt geadviseerd gronden met een hoge P-toestand uit te mijnen. Onder uitmijning wordt verstaan het telen van een gewas met het volledig achterwege laten van een P-bemesting in combinatie met een toediening van stikstof (N) en kalium (K) volgens gewasbehoefte zodat daarmee de gewasonttrekking van P op peil wordt gehouden.

1.2 *Maatregelen voor het beperken van P-emissies naar oppervlaktewater*

Het is te voorzien dat het generieke mestbeleid onvoldoende effect sorteert om de KRW-doelen ten aanzien van P-gehalten in het oppervlaktewater van alle regio's te realiseren (Van der Bolt et al., 2008, MNP, 2008). Op landelijke schaal was de P-concentratie in regionaal oppervlaktewater in 2005 gemiddeld circa 0,15 mg P/l, waarmee de actuele concentratie in een groot aantal regio's hoger is dan de norm. Dit betekent dat regionaal een aanzienlijke inspanning nodig zal zijn om de belasting van oppervlaktewater met fosfaat in voldoende mate te reduceren.

Mogelijke maatregelen die genomen kunnen worden om de P-emissie vanuit landbouwgronden naar oppervlaktewater te reduceren zijn:

- P-uitmijning, waarbij geen P naar percelen met een hoge P-toestand wordt aangevoerd;
- Maatregelen waarmee de uit- en afspoeling van P wordt beperkt, zoals bufferstroken en helofytenfilters, peilgestuurde samengestelde drainage, tegengaan maaiveldafvoer en/of toediening van natuurlijke P-bindende mineralen die ijzer en/of aluminium bevatten.

P-uitmijning kan worden gezien als een brongerichte maatregel en de andere genoemde maatregelen als effectgerichte maatregelen.

Het project is gericht op het ontwikkelen van maatregelen voor de beperking van P-emissie, met name P-uitmijning, in een bodemdienst. Het gaat hier om vormen van bodemgebruik die uitstijgen boven de wettelijke en reguliere eisen die aan duurzaam bodemgebruik worden gesteld en die aantoonbaar bijdragen aan doelen van het algemeen belang. Bodemdiensten zijn vergelijkbaar met de zogenaamde Groene en Blauwe diensten. In 2004 is een eerste verkenning hiervan uitgevoerd door EC-LNV, en in 2006 is een studie van CLM, DLV groen & ruimte en NMI afgerond waarin de mogelijkheden van een aantal concrete bodemdiensten zijn verkend (Kloen et al., 2006). Een van de cases uit de laatstgenoemde studie was een bodemdienst P-uitmijning voor de voorbereiding van voormalige landbouwgronden op natuurontwikkeling.

1.3 *Doelstelling*

De doelstelling van het project is gericht op het verkennen van de mogelijkheden om een bodemdienst te ontwikkelen waarmee een reductie van P-emissies vanuit landbouwgronden naar grond- en oppervlaktewater wordt bereikt om daarmee de waterkwaliteit te verbeteren.

Subdoelstellingen van het project zijn:

- Inventariseren van de effectiviteit van P-uitmijning en andere (effectgerichte) maatregelen voor het beperken van de emissie van P uit landbouwgronden naar oppervlaktewater;
- Nagaan voor welke situaties en gebieden de maatregelen perspectief hebben voor een verbetering van de waterkwaliteit en voor welke situaties het gewenst is dat een bodemdienst wordt ontwikkeld;
- Nagaan hoe een bodemdienst Reductie P-emissies voor waterkwaliteit kan worden georganiseerd. Aangezien er bij een bodemdienst sprake dient te zijn van een vragende partij die een beloning beschikbaar stelt voor de aanbieder van de dienst, wordt verkend welke partij als "vrager" van de bodemdienst op wil treden en hoe de beloning van de dienst kan worden verzorgd;
- Nagaan of aan de aanbodzijde behoefte is om een bijdrage te leveren aan de verbetering van de waterkwaliteit tegen een marktconforme vergoeding;

- Afstemming van de bodemdienst Reductie P-emissies met wet- en regelgeving (Mestbeleid, Nitraatactieprogramma, KRW);
- Demonstratie van een bodemdienst Reductie P-emissies in praktijkpilots in meerdere regio's in Oost en Zuid Nederland.

1.4 *Consortiumpartners*

Voor de invulling van het project is een consortium gevormd. In het consortium zijn de belangrijkste probleemhouders en potentiële eindgebruikers van de bodemdienst in de relevante regio's vertegenwoordigd. De consortiumpartners komen met name uit de provincies en waterschappen in Zuid en Oost Nederland, waar zich de meeste P-verzadigde gronden bevinden en waar de risico's van P-emissies naar oppervlaktewater relatief groot zijn.

Het betreft de provincies Noord-Brabant, Gelderland, Overijssel en Limburg en de Waterschappen Vallei & Eem, Veluwe, Rijn & IJssel, Brabantse Delta, Aa en Maas, De Dommel, Regge en Dinkel en Noorderzijlvest. Daarnaast zijn het Ministerie van VROM, LNV en V&W bij het consortium betrokken. LTO is als eindgebruiker en vertegenwoordiger van de potentiële aanbieders van de dienst vertegenwoordigd in het consortium

2 Opzet en uitvoering van het project

Om de doelstellingen van het project, zoals beschreven in paragraaf 1.3, te beantwoorden is het project ingedeeld in twee fasen:

- Fase 1: verkenning van de mogelijkheden en ontwikkeling bodemdienst door middel van bureaustudies en consultaties. Deze fase heeft gelopen van augustus 2008 tot en met december 2008;
- Fase 2: uitvoering praktijkpilots waarin de uitvoerbaarheid en acceptatiegraad van de P-bodemdienst op praktijkbedrijven wordt verkend. Deze fase is gepland voor de periode van januari 2009 tot en met december 2009. De maatregelen waarvoor in deze fase wordt gekozen zijn gebaseerd op de resultaten van de verkenning uit fase 1.

Aan het eind van fase 1 is een beslissingsmoment aangebracht. Op basis van de geïnventariseerde informatie wordt besloten of en op welke wijze fase 2 kan worden ingezet.

2.1 *Fase 1. Verkenning van de mogelijkheden en ontwikkeling bodemdienst fosfaat.*

Fase 1 bestaat uit twee onderdelen:

1. vergelijking effectiviteit P-uitmijning met andere maatregelen;
2. ontwikkeling van een bodemdienst.

Onderdeel 1:

In een verkennende bureaustudie is nagegaan wat er bekend is over de effectiviteit van P-uitmijning ten bate van de reductie van de P-emissie naar het oppervlaktewater. Hierbij is gebruik gemaakt van wetenschappelijke literatuur en resultaten van praktijkpilots.

In de studie is gekeken naar de omstandigheden waaronder P-uitmijning perspectief lijkt te hebben. Daarbij wordt rekening gehouden met praktische uitvoeringsaspecten van de P-uitmijning. Er is tevens gekeken naar maatregelen en initiatieven die een aanvulling of alternatief kunnen zijn op P-uitmijning. Met betrekking tot effectiviteit is gekeken naar technische -, organisatorische - en kostenaspecten.

Onderdeel 2:

De resultaten van de verkennende bureaustudie worden gebruikt voor de ontwikkeling van een P-bodemdienst voor waterkwaliteit. Er is nagegaan wat volgens verschillende actoren de wenselijkheid, rollen en verantwoordelijkheden zijn in de voorgestelde P-bodemdienst. In dit vervolg is verder nagegaan welke afstemming er nodig is met wet- en regelgeving en welke belonings- en financieringsvormen er beschikbaar moeten komen. Voor dit onderdeel is nagegaan in hoeverre informatie uit vergelijkbare projecten over het ontwikkelen van een bodemdienst uitgevoerd door onder andere CLM, PPO, Aequator en NMI, is te gebruiken. Daarnaast is er overleg geweest met de afdeling Juridische zaken van het ministerie van LNV.

Het project is op 25 augustus 2008 gestart met een bijeenkomst met alle consortiumpartners.

Om de studie te begeleiden is er vanuit het consortium een werkgroep geformeerd die op 1 oktober bij elkaar is gekomen om de stand van zaken door te nemen, de resultaten te bespreken en de

vervolgacties vast te leggen.

Op 28 oktober is een workshop gehouden met de consortiumpartners. Daarbij zijn een aantal presentaties gehouden, zijn de voorlopige resultaten besproken en is gediscussieerd over de verdere invulling van fase 1.

De resultaten van deze twee onderdelen in de 1^e fase vormden de grondslag voor de bijeenkomst van 11 december waarin de conceptrapportage over de eerste fase is besproken en waarin is beslist over het doorgaan en de invulling van de praktijkpilots in de tweede fase.

De criteria die zijn gebruikt voor de beslissing zijn:

- is er voldoende perspectief om de P-emissie naar oppervlaktewater via maatregelen te beperken en
- kan dit via een bodemdienst dan wel wetgeving worden georganiseerd.

2.2 *Fase 2. Praktijkpilots: maatregelen voor vermindering P-emissies*

Op basis van de uitkomsten van fase 1, wordt de uitvoerbaarheid en acceptatiegraad van P-uitmijning (en eventueel andere maatregelen t.b.v. een reductie van P-emissie naar grond- en oppervlaktewater) op praktijkbedrijven onderzocht in 4 praktijkpilots verdeeld over Nederland. De pilots zijn vooral gericht op Oost- en Zuid-Nederland waar een groot deel van het landelijk gebied bestaat uit zandgronden met een groot risico op P-emissie.

In de praktijkpilot wordt met de actoren onderzocht welke knelpunten er bij de uitvoering van een P-bodemdienst in de praktijk bestaan.

Het resultaat van de praktijkpilot is dat inzicht wordt verkregen in de uitvoerbaarheid en acceptatiegraad van de maatregelen op landbouwpraktijkbedrijven in verschillende regio's en dat ervaring wordt opgedaan met de benodigde vormgeving en beloning van de dienst om boeren te motiveren de dienst aan te bieden.

De resultaten van de fasen 1 en 2 zijn een belangrijke stap in een concrete beschrijving van de bodemdienst die geschikt is voor het opnemen ervan in de Catalogus Groenblauwe Diensten.

Dit rapport is een verslaglegging van fase 1 van de ontwikkeling van een P-bodemdienst. Tevens is er een voorzet gedaan voor de uitvoering van de praktijkpilots in fase 2.

3 Fosfaattoestand van landbouwgronden en fosfaatemissie

3.1 Fosfaatverzadigingsgraad en fosfaatverzadigde grond

De fosfaattoestand van de bodem in Nederlandse landbouwgronden is in kaart gebracht door Schoumans (2004). Hij heeft met name gekeken naar de fosfaatverzadiging. Er is sprake van een fosfaatverzadigde grond als de maximaal toelaatbare fosfaatconcentratie in het bodemvocht op een referentiediepte wordt overschreden doordat er meer fosfaat in de bodem aanwezig is dan er kan worden gebonden. Op kalkarme zandgronden is sprake van fosfaatverzadiging als de fosfaatconcentratie in het bovenste grondwater (referentiediepte is de gemiddelde hoogste grondwaterstand, GHG) hoger is dan 0,1 mg ortho-P/l of 0,15 mg totaal-P/l (Schoumans, 2004; TCB, 2007). Op deze gronden is er sprake van een verhoogd risico op uitspoeling van P naar het bovenste grondwater en het oppervlaktewater.

Fosfaatverzadiging kan op verschillende wijzen worden uitgedrukt. Een veel gebruikte methode houdt rekening met de gehalten P, ijzer (Fe) en aluminium (Al) gemeten in een oxalaatextract, respectievelijk P-ox, Fe-ox en Al-ox. De fosfaatverzadigingsgraad (FVG) van een bodemlaag kan dan worden uitgedrukt als het quotiënt van deze meetwaarden volgens:

$$FVG = \frac{100P_{ox}}{0,5(Al_{ox} + Fe_{ox})} \quad , \text{ waarbij P-ox, Fe-ox en Al-ox in mmol/kg droge grond}$$

Op basis van de norm 0,1 mg P/l en aannames met betrekking tot bodemparameters is door Schoumans (2004) afgeleid dat de kritische FVG voor kalkarme zandgronden 25% bedraagt. Door fosfaatgehalten van het grondwater van verschillende grondsoorten onderling te vergelijken en te vergelijken met de gehanteerde norm van 0,1 mg P/l komt Schoumans tot grondsoortafhankelijke FVG's (Tabel 3.1). Naast de overheersende fosfaatvorm in de betreffende grondsoorten (Al/Fe-fosfaat of Ca-fosfaat) speelt de achtergrondswaarde en de grondwaterstand daarbij een rol:

Tabel 3.1. Berekende kritische fosfaatverzadigingsgraad van verschillende Nederlandse grondsoorten waarbij in bovenste grondwater 0,1 mg ortho-P/l of de achtergrondconcentratie van het diepere grondwater wordt bereikt, %.

Grondsoort	kritische fosfaatverzadigingsgraad	opmerkingen
Al/Fe gedomineerde gronden		
• kalkarm zand	25	volgens protocol TCB
• kalkarme klei	25	aannames van Schoumans
• kalkrijke klei	25-85	aannames van Schoumans
• laagveen	4-11	volgens Schoumans, 1999 en Van Beek et al. Gebaseerd op beperkt aantal monsters
kalkgedomineerde gronden		
• kalkrijk zand wadzand	2-4	volgens Schoumans en Lepelaar, 1995 gebaseerd op beperkt aantal monsters
• kustduinzand	1-2	volgens Schoumans en Lepelaar, 1995 gebaseerd op beperkt aantal monsters

Bron: Schoumans, 2004.

Op kalkrijke kleigronden werd in deze studie van het diepe grondwater een fosfaatconcentratie van 1,7 mg ortho-P/l als mediaan bepaald. Deze hoge achtergrondwaarde zorgt voor een hogere fosfaatverzadigingsgraad. Voorlopig is het bovenste grondwater als uitgangspunt genomen met de norm 0,1 mg ortho-P waardoor de berekende kritische fosfaatverzadigingsgraad 25% bedraagt. Kalkrijke zandgronden hebben te maken met én een hoge achtergrondwaarde én een zeer beperkte buffercapaciteit, vandaar dat er sprake is van een lage kritische fosfaatverzadigingsgraad. Veengronden hebben te maken met een lage referentiediepte (hoge grondwaterstand) en een lage evenwichtconstante voor fosfaatadsorptie zodat deze gronden ook een lage berekende fosfaatverzadigingsgraad hebben.

In die gevallen waar er sprake is van zogenaamde preferente stroombanen van water door het profiel is een lagere FVG wenselijk, bijvoorbeeld 10% (Ehlerlert en Koopmans, 2004).

Normaalgesproken komt de FVG niet boven de 100% uit omdat het de amorfe Al- en Fe-oxiden zijn die P vasthouden. Door langdurig gebruik van dierlijke mest kan er een stijging van de pH optreden waardoor er in zandgronden meer calciumfosfaat aanwezig is. Door een stabilisatie van de Ca-fosfaten kan er een grotere ophoping van P plaatsvinden onafhankelijk van de aanwezige Al- en Fe-oxiden. Deze P-ophoping wordt gemeten in het oxalaatextract, P-ox. Daardoor kan een FVG voorkomen die boven de 100% uitkomt (Chardon en Schoumans, 2007). Voor zandgronden bestaat een goede correlatie tussen FVG en P-uitspoeling (TCB, 2007).

Schoumans (2004) schat dat 50-60% van de landbouwgronden in Nederland fosfaatverzadigd zijn, vooral in Zuid en Oost Nederland en delen van Friesland. Deze schatting is gebaseerd op de monsters uit de Landelijke Steekproef Kaarteenheden (LSK) waarin per monsterpunt onder andere de grondsoort, grondwatertrap en fosfaatverzadiging is bepaald. In totaal zijn er in het LSK 1368 bemonsteringspunten opgenomen voor de berekening van de fosfaatverzadiging. Per bemonsteringspunt is de fosfaatverzadiging tot minimaal 1,20 m diepte bepaald in de periode 1992-1998. Gemiddeld ligt één boorpunt op 2245 ha landbouwgrond, met een spreiding van 778 ha/boorpunt voor leemgronden tot 2783 ha/boorpunt voor kalkrijke kleigronden. Voor de zandgronden is de bemonsteringsdichtheid 2635 ha/boorpunt voor de kalkrijke zandgronden en 1777 ha/boorpunt voor kalkarme zandgronden. In totaal zijn er 95 combinaties van grondsoort met grondwatertrap onderscheiden. Een combinatie grondsoort-grondwatertrap ligt in beginsel verspreid over Nederland. Door het combineren van bodemkaarten, landelijke grondgebruiksbestand van Nederland (LGN 4) met gegevens uit de LSK is de ruimtelijke verdeling van de fosfaatverzadiging tot stand gekomen. Per combinatie is één gemiddelde fosfaatverzadiging berekend. Uit de analyse volgt dat urgente gebieden bestaan uit landbouwgronden in de beekdalen en andere laaggelegen landbouwgronden op zand in Zuid- en Oost-Nederland. Regionale of landelijke studies, zoals de studie van Schoumans, hebben een beperkte zeggingskracht voor het perceelsniveau omdat er grote verschillen kunnen zijn tussen aan elkaar grenzende percelen (Koopmans et al., 2003).

3.2 Fosfaatlekkende grond

Zoals hiervoor aangegeven is sprake van een P-verzadigde grond als de P-concentratie in het bovenste grondwater hoger is dan 0,1 mg ortho-P/l. De daadwerkelijke fosfaatbelasting van het oppervlaktewater hangt sterk af van de ligging van het perceel, de hydrologische situatie en ontwateringskarakteristieken van het gebied (Schoumans, 2004). Van fosfaatlekkende bodems is sprake als er naast de fosfaatverzadiging ook sprake is van een hydrologische situatie waarin directe uitspoeling naar het oppervlaktewater kan plaatsvinden (TCB, 2007).

3.3 Fosfaattoestand van landbouwgronden

De P-toestand van landbouwgronden wordt veelvuldig bepaald ten bate van het landbouwkundig gebruik (als basis van bemestingsadviezen). Daartoe worden door laboratoria, zoals Blgg, landbouwkundige parameters (P-AL, Pw en P-PAE) van de bovengrond bepaald. Voordeel van de landbouwkundige parameters is dat jaarlijks een groot aantal monsters (tienduizenden per jaar) van een groot aantal landbouwpercelen beschikbaar komt. Hiermee kan een beeld van de P-toestand in verschillende regio's, in afhankelijkheid van grondsoort en bodemgebruik, worden verkregen

In Tabel 3.2 staat een overzicht van de mediaan van de analyseresultaten voor fosfaat, gemeten met P-AL en P-PAE, van de grondmonsters die in het lopende jaar 2008 door Blgg zijn geanalyseerd. P-AL is een maat voor fosfaat waarmee fosfaat wordt gemeten die ook nog vast aan het bodemcomplex zit. P-PAE is een maat voor de fosfaat die direct beschikbaar is voor plantopname. Daarmee is de fosfaat gemeten met P-PAE ook gevoelig voor zij- en neerwaartse verplaatsing door uit- en afspoeling. P-AL geeft beter aan wat er potentieel aan fosfaat in een groeiseizoen voor het gewas beschikbaar is terwijl P-PAE aangeeft wat er direct beschikbaar is. Door evenwichtsreacties in de bodem zijn P-AL en P-PAE aan elkaar gerelateerd.

Tabel 3.2. Mediaan van fosfaatgehalte in grondmonsters voor het lopende jaar 2008, ingedeeld naar grondgebruik en grondsoort, P-AL (mg P₂O₅/100 g), P-PAE (mg P/kg).

Grondgebruik	grondsoort	P-AL	P-PAE	waardering
open teelten	duinzand	41,5	4,4	vrij hoog
(o.a. akkerbouw,	dekzand	53,0	3,3	vrij hoog
bloembollen, volle-	zeeklei	52,0	1,6	vrij hoog
grondsgroententeelt)	rivierklei	31,0	1,0	ruim voldoende
	dalgrond	37,0	4,6	vrij hoog
	kleiig veen	40,0	1,4	ruim voldoende
	veen	32,5	1,8	ruim voldoende
	löss	35,0	2,0	vrij hoog
grasland	duinzand	30,5	2,6	voldoende
	dekzand	48,0	2,6	ruim voldoende
	zeeklei	29,0	1,0	voldoende
	rivierklei	26,0	1,0	voldoende
	maasklei	34,0	1,5	ruim voldoende
	dalgrond	29,5	3,2	voldoende
	kleiig veen	22,0	0,7	vrij laag
	veen	21,0	0,7	vrij laag
	löss	26,0	1,1	voldoende

Bron: Blgg, 2008.

Binnen de groep van monsters uit de open teelten worden de hoogste P-PAE waarden gevonden op de zandgronden (duin-, dek en dalgrond). De kleiige monsters hebben een duidelijk lagere P-PAE. De verschillen in verhouding tussen P-AL en P-PAE komen onder andere tot uiting in de zeekleimonsters waarbij een hoge P-AL wordt gecombineerd met een relatief lage P-PAE. Dat betekent dat er bij een bepaalde P-AL op zeeklei sprake is van een kleiner risico op P-uitspoeling dan op zand door een relatief lage P-PAE. De fosfaatgehalten van graslandmonsters zijn lager dan van de open teelten. Dat komt

onder meer omdat er bij de open teelten meer monsters zijn opgenomen voor gewassen met een hoge fosfaatbehoefte. Dergelijke gewassen worden vaak op percelen met een hogere fosfaattoestand geteeld. Ehlert et al (2008) geven als indicatieve waarde voor open teelten ('bouwland') dat een P-gift van 10-20 kg P₂O₅/ha/j bij een toestand "voldoende" tot "ruim voldoende" genoeg is voor handhaving van de bodemtoestand.

Ook bij grasland zijn de P-PAE cijfers op zandgronden hoger dan op kleiige gronden. De P-PAE cijfers voor de zandgronden liggen globaal in het landbouwkundige streeftraject, voor de andere gronden zijn ze aan de lage kant. Alleen het P-AL-cijfer voor de dekzandgrond liggen boven de streefwaarde, de cijfers voor andere gronden liggen in het landbouwkundige streeftraject. De graslandmonsters vertonen een zelfde beeld: een hogere P-AL op klei gepaard gaand met een lage P-PAE en daardoor een lager risico op uitspoeling.

In het algemeen laten zowel de grasland- als open-teelt-monsters een positieve relatie zien tussen de waarde van P-PAE en P-AL. Dat betekent dat bij een stijgende fosfaattoestand (P-AL) er meer direct beschikbaar fosfaat (P-PAE) in de bodem aanwezig is. Daarmee is er een hoger risico op fosfaatuitspoeling uit de bodem.

Data van Blgg zoals gepresenteerd in Tabel 3.2 hebben een veel grotere dichtheid qua monsternamen dan het LSK. Jaarlijks analyseert Blgg tienduizenden monsters die afkomstig zijn uit het hele land. In tegenstelling tot monsters uit het LSK zijn de Blgg-monsters vooral afkomstig van de bovengrond en zijn ze niet op een aselechte wijze verzameld. Dit is een beperking in het gebruik. Een andere beperking in het gebruik van Blgg-data is dat niet de fosfaatverzadiging wordt gemeten maar er landbouwkundig relevante bodemfosfaatparameters als P-AL en P-PAE worden bepaald. Chardon heeft echter laten zien dat met het gebruik van landbouwkundige fosfaatparameters (P-AL, Pw), aangevuld met andere bodemparameters, het mogelijk is om de fosfaatverzadigingsgraad te bepalen. In een analyse van de fosfaattoestand van landbouwbodems in Brabant vonden Bussink en Bakker (2005) dat er weliswaar een positieve relatie is tussen P-AL en de fosfaatverzadiging maar dat er een grote spreiding is in de waarnemingen.

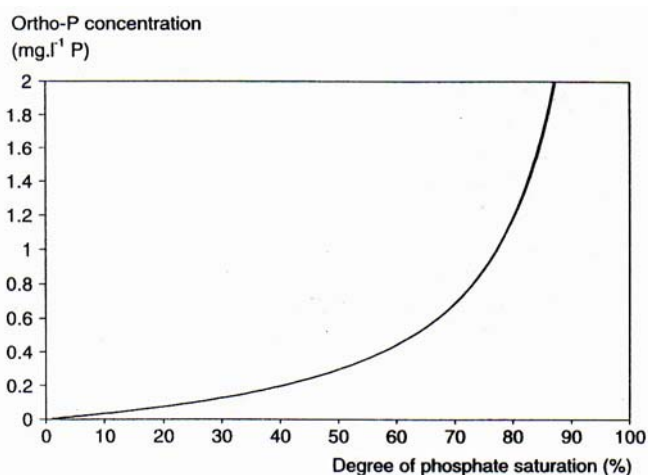
Uit de overzichtsstudie van Ehlert et al. (2008) van bouwland-fosfaatonderzoek blijkt dat het P-gehalte (P-AL, Pw, P-totaal) in de bodem voor de meeste onderzochte locaties 'blokvormig' is. Dat houdt in een plotselinge, sterke afname van P met de diepte in het profiel. De scherpe daling van het P-gehalte gebeurt vooral in de laag 25-45 cm. Dit is net onder de jaarlijkse bewerkte bouwvoor. Ook op grasland lijkt sprake te zijn van een blokvormig fosfaatfront (uitgedrukt als totaal-P-concentratie van het bodemvocht), zij het dat het fosfaatfront een geleidelijkere overgang laat zien en de diepte anders ligt. De sterke afname gebeurt vooral in de laag 5-10 en 10-20 cm. Uitmijning heeft als gevolg dat het P-front in de bodem verdwijnt en er sprake is van een omkering, dat wil zeggen hogere P-gehalten in de diepere lagen ten opzichte van de bovenlaag (Ehlert et al., 2008).

3.4 *Relatie tussen fosfaattoestand en fosfaatemissie*

Een belangrijke vraag is in hoeverre de P-toestand van landbouwgronden informatie geeft over de P-emissie naar oppervlaktewater. Daarbij zijn de begrippen fosfaatverzadigde en fosfaatlekkende gronden van belang. Zoals aangegeven wordt er voor de bepaling van de P-verzadigde gronden uitgegaan van een relatie tussen de P-verzadigingsgraad en de P-concentratie in het bovenste grondwater en is sprake

van fosfaatlekkende grond als daarnaast sprake is van hydrologische omstandigheden waarbij directe uit- of afspoeling van P naar het oppervlaktewater kan plaatsvinden.

De relatie tussen de fosfaatverzadigingsgraad en het P-gehalte in het bodemvocht in kalkarme zandgronden is beschreven met een exponentieel verband (Figuur 3.1). Gevolg hiervan is dat de berekende P-concentratie in het bovenste grondwater in kalkarme zandgronden zeer snel toeneemt bij een P-verzadigingsgraad boven 40-50% (Schoumans en Groenendijk, 2000). Het terugdringen van de verzadigingsgraad door bijvoorbeeld uitmijning zal in dit traject dan ook sneller tot een vermindering van P-emissie kunnen leiden dan in het traject met een lagere fosfaatverzadigingsgraad.



Figuur 3.1. Relatie tussen ortho-P evenwichtsconcentratie in het bodemvocht (Y-as) en fosfaatverzadigingsgraad (X-as, degree of phosphate saturation) voor een kalkarme zandgrond (Schoumans en Groenendijk, 2000).

Chardon (in Den Boer et al., 2001) berekent P-uitspoeling uit de bouwvoor voor grasland op basis van de gemiddelde P_w en P-AL gegevens en een neerslagoverschot van 300 mm per jaar, zie Tabel 3.3. Chardon komt tot de conclusie dat er een ruime spreiding is in de relatie tussen P_w en het P-gehalte in het bodemvocht. In veel gevallen is de spreiding van de berekende uitspoeling ongeveer gelijk aan de berekende gemiddelde uitspoeling.

Tabel 3.3. Berekende P-uitspoeling (kg P₂O₅/ha/jaar) uit de bouwvoor voor gras, gemiddelde P-AL (mg P₂O₅/100 g grond), gemiddelde P_w (mg P₂O₅/l grond) en landbouwkundige waardering op basis van P-AL per grondsoort.

Grondsoort	P-AL	P _w	P-waardering	P-uitspoeling
duinzand	34	34	voldoende	9
dekzand	42	33	ruim voldoende	8
zeeklei	35	24	voldoende	9
rivierklei	26	27	voldoende	10
dalgrond	38	31	ruim voldoende	5
kleilig veen	22	18	vrij laag	13
löss	20	40	voldoende	18

Bron: Chardon in Den Boer et al., 2001.

Gronden die volgens het bemestingsadvies voor grasland een toestand 'voldoende' hebben, hebben een behoorlijke berekende P-uitspoeling. Opvallend is de hoge berekende uitspoeling op kleilig veen bij een lage fosfaattoestand. Dat komt mede door de verhouding tussen de maximale hoeveelheid en de

geschatte hoeveelheid geadsorbeerd fosfaat. Voor kleiig veen zijn deze bijna aan elkaar gelijk zodat er bijna geen buffer is in de bodem. Voor de andere grondsoorten is er wel een fosfaatbuffer aanwezig.

3.5 Fosfaatemissie

De P-belasting van oppervlaktewater die afkomstig is uit de landbouw vertoont zowel in ruimte als tijd een grote variatie. De emissie treedt vooral op in de winterperiode. Daadwerkelijke meetgegevens over de emissie van fosfaat naar het oppervlaktewater zijn beperkt (TCB, 2007; J Rozemeijer, pers. Mededeling, 2008).

Voor de verschillende grondsoorten zijn verschillende emissieroutes van belang (Chardon en Schoumans, 2007; Van de Weerd en Torenbeek, 2007). In het kader van het DOVE project (Diffuse belasting Oppervlaktewater VEehouderij) zijn op een drietal melkveehouderijbedrijven op zand-, klei- en veengrond uitgebreide metingen verricht (Van de Weerd en Torenbeek, 2007). Daarbij is onderscheid gemaakt naar de emissieroutes oppervlakkige afstroming, ondiepe uitspoeling en diepere uitspoeling (Tabel 3.4).

Tabel 3.4. P-verliezen van grasland op verschillende grondsoorten, kg P/ha/j.

Grondsoort	emissieroute					
	totaal	oppervlakkig	ondiep*	drains**	diep***	vastlegging in bodem
zand	1,8	1,6	0,0		0,2	18
veen	1,9	0,6	1,1		0,2	
rivierklei	4,0	3,0		1,0		17

*: ondiepe uitspoeling: voor zand 10-40 cm –mv, voor veen 10-25 cm –mv

** : drains: 80 cm –mv

***: diepe uitspoeling: zand >40 cm –mv, veen >25 cm -mv

Bron: Van de Weerd en Torenbeek, 2007.

Voor alle drie grondsoorten werd geconcludeerd dat van de optredende fosfaatemissie, 75 tot 80 % van de emissie plaatsvindt via oppervlakkige afstroming (Van de Weerd en Torenbeek, 2007). Daarin hebben grondwaterstand, weersomstandigheden en perceelontwatering een belangrijke rol. Voor zand- en veengronden wordt opgemerkt dat P-emissie via oppervlakkige en ondiepe afvoer optreedt bij een combinatie van hoge grondwaterstand en regen. De metingen op rivierklei laten zien dat de P-verliezen vooral incidenteel zijn geweest. De perceelontwatering door greppels en drains maakt dat de metingen niet helemaal representatief zijn voor alle kleigronden. Van Beek et al. (2003) merken op dat bouwland in het algemeen gevoeliger is voor oppervlakkige afspoeling dan grasland. Noij (2008) laat daarentegen voor de winterperiode 2006-2007 zien dat juist op grasland hogere P-emissies worden gemeten.

Oppervlakkige afstroming kan het gevolg zijn van verschillende mechanismen (Rozemeijer, pers mededeling, 2008):

- Als de neerslagintensiteit hoger is dan de infiltratiecapaciteit van de bodem ('infiltration excess' overland flow) en
- Als de grondwaterstand hoger wordt dan het maaiveld ('Hortonian flow'). Dit vindt vooral in de natte delen van een stroomgebied plaats.

Daarnaast is in de P-pilot in Limburg door metingen en berekeningen vastgesteld dat het microreliëf van een perceel van invloed is op oppervlakkige afstroming en de emissie (Noij, 2008).

Er zijn meerdere modelberekeningen uitgevoerd waarmee geprobeerd is de relatie tussen fosfaatbemesting en fosfaatsuitleiding te kwantificeren. Schoumans et al. (2008) komen, op basis van berekeningen met het STONE-instrumentarium, tot de conclusie dat, landelijk gezien, de P-emissie op matig droge en droge zand- en kleigronden wordt gedomineerd door de hoeveelheid fosfaat die in de bodem is opgehoopt door een hoge bemesting in het verleden (bemestingshistorie) en veel minder de hoogte van recente P-bemesting. In het westen van Nederland spelen daarnaast hoge achtergrondconcentraties van met name P-rijke, marine afzettingen in de ondergrond een belangrijke rol voor de hoogte van de berekende P-emissie. De modelberekeningen laten voor combinaties van grondsoort-grondwatertrap verschillende P-emissies zien (Tabel 3.5).

Tabel 3.5. Berekende P-emissie naar het oppervlaktewater vanuit landbouw en natuur in relatie tot grondsoort en grondwatertrappen voor de periode 2016-2030, kg P/ha/j.

grondsoort	zand			klei			veen
	nat	matig droog	droog	nat	matig droog	droog	nat
landbouw	2,60	0,85	0,38	2,62	1,93	1,20	2,94
natuur	1,42	0,12	0,03	1,37	0,50	0,40	0,90

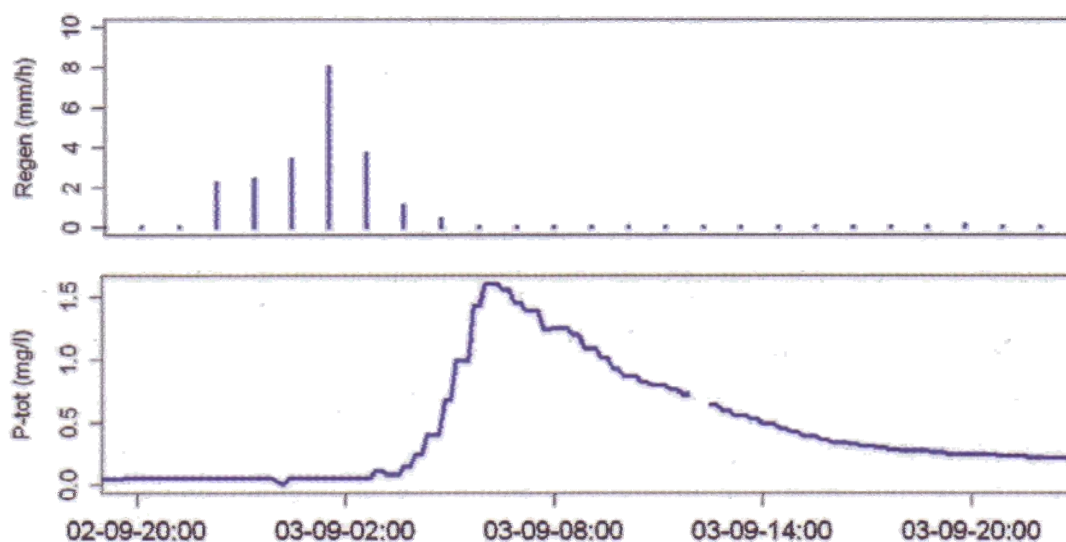
*: nat: grondwatertrap I-V, matig droog: grondwatertrap IV, droog: VII-VIII

Bron: Schoumans et al., 2008.

Vooraf voor de natte gronden wordt een hoge P-emissie berekend. Op droge zandgronden blijken landbouwgronden ten opzichte van natuurgonden naar verhouding een hoge berekende P-emissie te hebben. Dat is zeer waarschijnlijk te verklaren uit de bemestingsgeschiedenis van de landbouwpercelen. Het effect van het ingezette landbouwbeleid is beperkt, de fosfaatsuitleiding op landbouwgronden neemt niet sterk af (Schoumans, et al., 2008).

De verschillen tussen de berekende P-uitspoeling in Tabel 3.3 en de berekende P-emissie in Tabel 3.5 zijn aanzienlijk. Belangrijke oorzaak hiervan is dat de resultaten van Tabel 3.3 hebben betrekking op de P-uitspoeling uit de bouwvoor, terwijl in Tabel 3.5 sprake is van P-emissie naar het oppervlaktewater. Daarnaast is gebruik gemaakt van verschillende modellen en aannames. Ten behoeve van de berekeningen die zijn uitgevoerd door Schoumans et al. is gebruik gemaakt van uitgebreide regionale modellen. Chardon heeft gebruik gemaakt van een beperkter uitspoelingsmodel.

Rozemeijer en Van der Velde (2008) en Krikken et al (2008) komen op basis van studies op stroomgebiedsniveau eveneens tot de conclusie dat oppervlakkige afstroming een grote bijdrage levert aan de P-emissie. Door metingen aan het uitstroompunt van de Hupselse beek (omgeving Eibergen, Gelderland) concluderen Rozemeijer en Van der Velde (2008) dat kortdurende pieken in P-gehalte van het oppervlakkig afstromend water, veroorzaakt door buien, verantwoordelijk zijn voor het grootste deel van totale P-vracht uit het stroomgebied gedurende het jaar. In Figuur 3.2 wordt de relatie tussen een optredende bui en het P-gehalte van het water in de Hupselse beek weergegeven. In een analyse werd geschat dat ruim 60 procent van de totale slootafvoer afkomstig is van oppervlakkig afstromend water.



Figuur 3.2. P-gehalte bij uitstroompunt Hupselse Beek (onderste grafiek) en neerslag in gebied (bovenste grafiek) tijdens een regenbui in september 2007.

Bron: Rozemeijer en Van der Velde, 2008.

Één van verklaringen voor het optreden van een piek is het zogenaamde 'flushing' effect (Krikken et al., 2008). Door ophoping van stoffen in het stroomgebied in droge tijden, bijvoorbeeld via bemesting, ontstaat bij een grote regenbui een oppervlakkige uitspoeling naar het oppervlaktewater. Daarnaast zijn aspecten als landgebruik, samenstelling van de rivierbedding en hydrologische inrichting van het stroomgebied (stuwen) verklarende factoren voor het emissiegedrag van een stroomgebied.

De dikte van de watervoerende laag wordt door Krikken et al. (2008) genoemd als één van de hydrologische parameters die invloed heeft op de snelheid van het ontstaan van oppervlakkige afstroming. Door een dunne watervoerende laag (minder dan vijf meter dik) ontstaat in een natte periode of bij een stortbui sneller oppervlakkige afstroming. De piek in de Hupselse beek treedt na een regenbui sneller op dan de piek in stroomgebied van de Hooge Raam (omgeving Uden, Noord-Brabant), doordat in het gebied van de Hupselse beek sprake is van een dunner watervoerend pakket.

In beide gevallen kon de piek in totaal-P worden gerelateerd aan zwevend stof. Het zwevende stof is deels afkomstig van (grond)deeltjes die met snelstromend regenwater vanaf het land via oppervlakkige afstroming worden meegenomen en deels afkomstig zijn van opwervende deeltjes van de waterbodem. Het zwevende stof bestaat naast Fe- en Al-oxide uit sedimentdeeltjes als klei en organisch materiaal. Fosfaat bindt sterk aan Fe- en Al-oxiden. De fosfaatvrachten kunnen benedenstrooms leiden tot verontreiniging van waterbodems en nalevering van P naar het oppervlaktewater (Rozemeijer en Van der Velde, 2008; Krikken et al., 2008).

In een studie naar de invloed van grondwater op oppervlaktewater in Noord-Brabant (Verhagen et al., 2007) wordt op basis van hydrologische en chemische karakteristieken van een gebied en een stof een classificatie gepresenteerd in welke gebieden welke maatregelen het meest geschikt zijn. De hydrologische karakteristieken hebben betrekking op de snelheid waarmee een stroomgebied reageert op neerslag en worden vooral beïnvloed door de dikte van de watervoerende laag. De chemische karakteristieken hebben betrekking op het gedrag van stoffen in de bodem en hebben vooral te maken met de mate waarin stoffen worden geadsorbeerd aan het bodembestanddelen.

Voor P is vooral de fosfaatverzadigingsgraad van belang en die is in het algemeen het hoogst in de

bovengrond. Tijdens de basisafvoer is het oppervlaktewater in een beek vooral afkomstig van het diepere grondwater waarin weinig P wordt gemeten. Ook het ondiepe grondwater bevat nog niet zoveel P. Als het grondwater in de bouwvoor staat, het "freatische grondwater", wordt P via oppervlakkig afstromend water of via stromend freatische grondwater meegenomen in de richting van het oppervlaktewater en veroorzaakt hoge pieken in de fosfaatconcentratie. Verhagen et al. (2007) betogen dan ook dat het vooral de snelle, oppervlakkige stroombanen zijn waarmee veel van uit de landbouw afkomstige stoffen, zoals P, worden meegevoerd naar het oppervlaktewatersysteem.

Uit de analyse van Verhagen et al. (2007) blijkt dat maatregelen die zijn gericht op effecten op de korte en middellange termijn het meest kansrijk zijn in gebieden met dichte afwatering. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen natte gebieden waar het grondwater tot in de bouwvoor reikt en gedraineerde en afgewaterde zand- en kleigebieden.

Ten aanzien van P wordt geconcludeerd dat in natte gebieden met een gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) binnen 40 cm van het maaiveld de maatregelen er op gericht moeten zijn om piekbelastingen in natte perioden te beperken door bijvoorbeeld het voorkomen of ondervangen van oppervlakkig en ondiep afstromend water. Voor gedraineerde zand- en kleigebieden gaat het om herstellende maatregelen zoals het afvangen en zuiveren van drain- en greppelwater.

Het bovenstaande gebruik van een GHG binnen de 40 cm bij de identificatie van gevoelige gebieden leidt tot de aanwijzing van gebieden met een grondwatertrap III en III* (GHG < 40 cm –mv, GLG 80-120 cm –mv) tijdens een groot deel van het jaar en grondwatertrappen V en V* (GHG < 40 cm –mv, GLG >120 cm –mv) tijdens het natte deel van het jaar (Van Bakel et al., 2003).

3.6 Conclusies

De emissie van fosfaat uit landbouwgronden naar oppervlaktewater wordt bepaald door de fosfaatbemesting (hoeveelheid, tijdstip en wijze van toediening), de P-toestand van de bodem op verschillende diepten (fosfaatverzadigingsgraad, ofwel FVG), hydrologie en weersomstandigheden (incidentele buien), landgebruik en bodemtype. Deze veelheid aan factoren zorgt er voor dat de emissie van fosfaat sterk varieert van perceel tot perceel en van jaar tot jaar.

Een ruimtelijke analyse op regionale en landelijke schaal van de ligging van fosfaatverzadigde gronden in Nederland wijst uit dat de landbouwgronden in beekdalen en andere laaggelegen gebieden op zand in Zuid- en Oost Nederland een hoge urgentie hebben.

Een overzicht van monsters uit routinematig perceelsgericht landbouwkundig onderzoek wijst uit dat bij zowel de open teelten (onder andere akkerbouw en vollegrondsgroententeelt) als grasland het de zandgronden zijn die de hoogste waarden hebben van direct voor plantopname beschikbaar P. Daarmee is het risico op P-verliezen uit de wortelzone en, afhankelijk van de hydrologische omstandigheden, het risico op de emissie richting grond- en oppervlaktewater op dergelijke gronden eveneens hoog.

Oppervlakkige afstroming levert een belangrijke bijdrage aan de totale P-emissie van grasland en bouwland naar het oppervlaktewater. Lokale omstandigheden, zoals de grondwaterstand, de dikte van de watervoerende laag, de infiltratiecapaciteit van de bodem, de P-toestand van de bodem en het microreliëf, hebben invloed op de P-emissie via oppervlakkige afspoeling. Vooral voor natte gronden wordt een hoge P-emissie berekend. Ook droge landbouwgronden op zand hebben een naar

verhouding hoge berekende P-emissie.

Metingen aan een stroomgebied op zandgrond in Oost-Nederland laten zien dat P-emissie via oppervlakkig afstromend water optreedt in kortdurende pieken die worden veroorzaakt door buien en dat deze pieken verantwoordelijk lijken te zijn voor het grootste deel van de totale jaarlijkse P-vracht.

Maatregelen om de P-emissie te beperken dienen afgestemd te worden op de belangrijkste emissieroutes. Hier wordt verder op ingegaan in Hoofdstuk 5.

4 Fosfaat en kwaliteit van oppervlaktewater

Om aan de doelstelling van de Europese Kaderrichtlijn Water te kunnen voldoen zijn er waterkwaliteitsnormen opgesteld voor natuurlijke en sterk veranderde wateren en voor kunstmatige wateren. De waterkwaliteitsnorm voor natuurlijke wateren wordt aangeduid met GET waarden (Goede Ecologische Toestand). Voor sterk veranderde en kunstmatige wateren worden de waterkwaliteitsnormen aangeduid met GEP-waarden (Goede Ecologische Potentieel). Verreweg de grootste categorie wateren in Nederland zijn sterk veranderde of kunstmatige wateren. De GET-normen zijn nog voorlopig omdat er nog onvoldoende onderlinge afstemming is tussen EU-lidstaten (PBL, 2008). Voor zoete wateren wordt aanbevolen om voor de afleiding van de nutriëtnormen de P-norm te gebruiken omdat die in de meeste gevallen bepalend is voor functioneren van het waterlichaam. De gevolgen van de diffuse P-belasting uit de landbouw op de ecologie is een eutrofiëring van het water waardoor er een toename is van algen- en plantengroei en een toename van brasem, “verbraseming” (Jaarsma et al., 2008).

4.1 Waterkwaliteitsnormen

Voor sterk veranderde wateren is de GEP norm ingesteld (Goede Ecologisch Potentieel). De GEP-norm gaat uit van alle mogelijke maatregelen die een effect hebben op de ecologische kwaliteit zonder dat het significante schade aan de economische functie of milieufunctie in brede zin oplevert. Voor zowel GET als GEP bestaat er de mogelijkheid om de doelen te faseren en bij te stellen op basis van een Maatschappelijke Kosten-Baten Analyse. (PBL, 2008).

Door Pot et al. (2005) zijn GET-werknormen en default GEP-waarden opgesteld die de waterbeheerders kunnen toepassen of gebruiken als basis voor eigen berekeningen. In Tabel 4.1 staat een overzicht van GET-werknormen en GEP-defaultwaarden.

Tabel 4.1. GET-werknormen voor natuurlijke en GEP-default normen voor sterk veranderde en kunstmatige wateren, voor fosfaat, mg P/l.

Watertype	GET-werknorm	GEP-default
regionale wateren		
• beken	$\leq 0,12 / \leq 0,14$	
• meren	$\leq 0,03 / \leq 0,09$	
• sloten	nvt	$\leq 0,22 / \leq 0,50^*$
• vaarten/kanalen	nvt	$\leq 0,15 / \leq 0,25$
rijkswateren		
• rivieren	$\leq 0,14$	
• grote meren	$\leq 0,03 / \leq 0,09$	
• kanalen	nvt	$\leq 0,25$
• overgangswater	nvt	nvt
• kustwater	nvt	nvt

* waar twee waarden zijn gegeven gaat het om verschillende subtypen binnen een watertype

Bron: PBL, 2008.

Tabel 4.2 geeft voor natuurlijke wateren een gedetailleerder beeld van de GET-werknormen.

Tabel 4.2. GET-P-werknormen (bovengrens) voor natuurlijke wateren, mg P/l.

Watertype	P-bovengrens
midden-/benedenloop van riviertjes en grote rivieren	0,14
matig grote diepe gebufferde meren	0,03
ondiepe gebufferde meren	0,08
grote diepe gebufferde meren	0,03-0,04**
rivierbegeleidende wateren	0,06-0,10**
grote ondiepe kalkrijke plassen	0,06-0,10**
matig ondiepe laagveenplassen	0,06
brakke en zoute wateren	0,11
overgangswateren en kustwateren	0,07

* voor meren en rivieren betreft het een zomergemiddelde (april t/m september) voor overgangs- en kustwateren een wintergemiddelde (december t/m februari).

** er is een bandbreedte aangegeven, omdat de waarden van vergelijkbare typen zijn geclusterd.

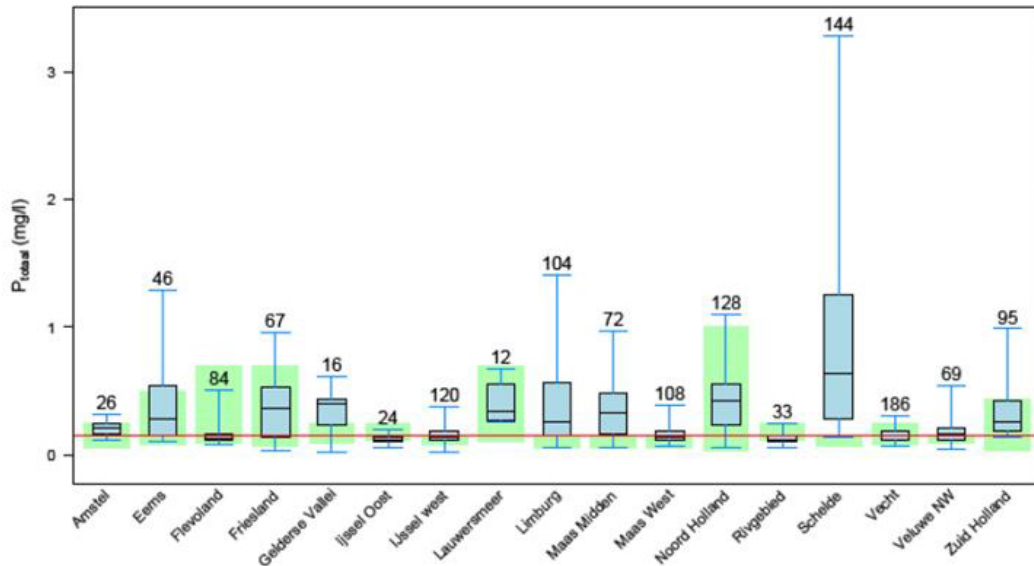
Bron: MNP, 2007.

De waterbeheerders mogen GEP-normen vaststellen. Dat leidt tot verschillende GEP-normen voor dezelfde watertypen binnen een stroomgebied. Uit de ex-ante-evaluatie van Alterra blijkt dat de GEP-norm voor P uiteen kan lopen van 0,1 tot 0,7 mg P/l voor waterlopen en 0,1 tot 0,4 mg P/l voor watervlakken (meren). In de Ex-ante evaluatie wordt gebruik gemaakt van een GEP-P-norm voor benedenstroomse watertype (Van der Bolt et al., 2008) waardoor rekening wordt gehouden met interne afwenteling van nutriëntenbelasting. De zandgebieden van zuid-, oost en noordoost Nederland hebben in de evaluatie een zelfde GEP-P norm gekregen: 0,1-0,15 mg P/l. In de ex-ante evaluatie is voor een zestal te onderscheiden Natura 2000 gebieden een P-norm gehanteerd. Deze P-norm ligt op 0,04-0,1 mg P/l.

De kritische P-belasting van meren is afhankelijk van factoren zoals strijklengte, diepte, bodemtype, moeraszones, verblijftijd, visserijdruk (Jaarsma et al., 2008).

4.2 Gemeten waterkwaliteit

Met name in de ex-ante evaluatie landbouw en KRW (v.d. Bolt et al., 2008) wordt een overzicht gegeven van de actuele gehalten van N en P in regionale wateren in de periode van 1986 tot 2005 (met het referentiejaar 2000), waarbij een vergelijking wordt gemaakt met MTR-waarden (Maximaal Toelaatbaar Risico) en GEP-normen. De MTR wordt gebruikt als een referentienorm die voor alle wateren in Nederland gelijk is. Daarbij wordt inzicht gegeven in de jaargemiddelde concentraties en over de mediaan en spreiding van die concentraties. Het blijkt dat de mediaan van de P-concentratie in 2005 de MTR benadert, maar er is sprake van een flinke spreiding rond de mediaan en er komen regelmatig concentraties groter dan 10x de MTR voor. Verder blijkt er sprake te zijn van een flinke regionale spreiding. Tenslotte wordt gemeld dat de gemeten concentraties binnen gebieden op een meer gedetailleerde schaal getoetst zouden moeten worden aan de werkelijke GEP's.



Figuur 4.1. P-normen van de GEP (groene balk) en gemeten P-concentratie in de uitstroompunten van 18 WB21 gebieden gemeten in 2000, mg P/l (aantal waarnemingen boven de verdeling).

Bron: Van der Bolt et al., 2008.

In vier stroomgebieden wordt in detail gekeken naar de effecten van mestbeleid op de oppervlaktewaterkwaliteit (Leenders et al., 2007). Daarbij is gekeken naar meetpunten in het stroomgebied en uitstroompunten van stroomgebieden. Voor drie van de vier stroomgebieden zijn door continue registratie van het uitstroompunt oppervlaktewaterkwaliteitsgegevens beschikbaar. Deze drie stroomgebieden zijn Drentse Aa (laag belast zandgebied, 30.000 ha), Schuitenbeek (hoogbelast zandgebied 7.500 ha) en Quarles van Ufford (kleigebied, 10.000 ha). Daarnaast is ook het stroomgebied Krimpenerwaard in het monitoringsprogramma opgenomen (veengebied, 13.500 ha). Het halfjaargemiddelde P-gehalte van het oppervlaktewater van de Krimpenerwaard is voor het overgrote deel van de meetpunten boven de MTR-norm van 0,15 mg P/l. In het stroomgebied Schuitenbeek heeft ongeveer de helft van de meetpunten een halfjaargemiddelde P-gehalte op of boven de MTR.

Uit de weekgemiddelden van het P-gehalte van het oppervlaktewater blijkt dat de P-belasting vooral in pieken optreedt. Met name in het stroomgebied Schuitenbeek kan de overschrijding fors zijn, tot negen maal de MTR. Voor de stroomgebieden Schuitenbeek en Quarles van Ufford is het halfjaarlijksgemiddelde P-gehalte in zowel de zomer als winter meestal hoger dan de MTR. Bij het stroomgebied Drentse Aa ligt het halfjaarlijksegemiddelde in zowel de winter als zomerperiode beneden de MTR. Er zijn wel enkele incidentele overschrijdingen van de MTR, met name in de winterperiode.

In het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid LMM (Fraters et al., 2008) wordt op deelnemende bedrijven nader gekeken naar de kwaliteit van het bodem en oppervlaktewater. In Tabel 4.3 worden voor P, per grondsoortregio, de gemeten P-gehalten gepresenteerd.

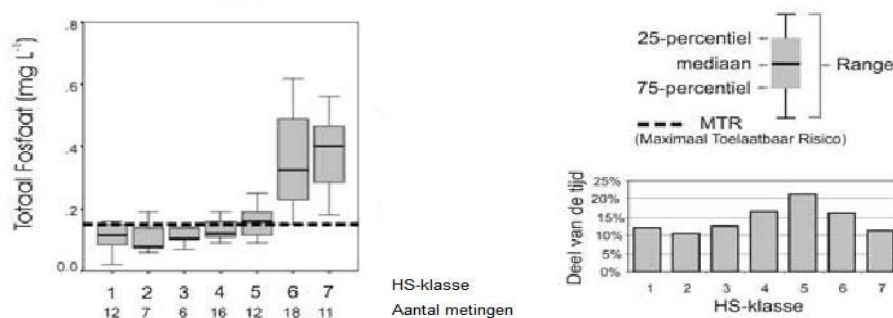
Tabel 4.3. Gemiddelde P-concentratie van bodem- en slootwater gemeten in de winterperiode op bedrijven in het LMM meetnet in 2006, mg P/l.

Kenmerk	regio			
	zandregio	lössregio	kleiregio	veenregio
aantal bedrijven	148	18	18	18
bodemwater beneden wortelzone	0,10	<0,06	0,40	0,88
slootwater	0,09		0,39	0,44

Bron: Fraters et al., 2008.

Op zandgrond ligt op meer dan helft van de bedrijven de P-concentratie beneden 0,06 mg P/l in zowel bodem- als slootwater. Voor de lössgronden ligt 75% beneden 0,06 mg P/l in het slootwater. Voor de bedrijven op klei- en veengrond is de situatie anders. Op kleigronden overschrijden zeker de helft van de bedrijven de MTR-norm van 0,15 mg P/l. Op veengronden geldt dat meer dan 75% van de bedrijven de 0,15 mg P/l norm overschrijden (Fraters et al., 2008).

Piekbelastingen van het oppervlaktewater zijn vastgesteld door Rozemeijer en van der Velde (2008) en Krikken et al. (2008) (zie ook paragraaf 3.5, Figuur 3.2). In Figuur 4.2 is weergegeven dat het P-gehalte in oppervlaktewater toeneemt met de vochttoestand van de bodem. In de figuur betekent een hogere HS-klasse dat er sprake is van een nattere grond, waardoor de grond minder water kan bergen en er bij een neerslagoverschot een snellere afvoer (en dus ook P) naar oppervlaktewater plaatsheeft.



Figuur 4.2. Gemeten totaal-P-concentratie (mg P totaal/l) van oppervlaktewater in stroomgebied 'Het Merkse', in afhankelijkheid van de HS-klasse (vochttoestand bodem), waarbij een hogere HS-klasse betekent dat er sprake is van een nattere grond (en dus van een snellere afvoer van water). Rechts in de figuur is aangegeven welk deel van de tijd in het gebied sprake is van welke HS-klasse.

Bron: Verhagen et al., 2007.

Uit Figuur 4.2 wordt duidelijk dat P-emissie vanuit omgeving vooral plaatsvindt tijdens natte perioden (HS-klassen 6 en vooral 7) en is dan vooral afkomstig van afstroming van freatisch grondwater en afstroming over het maaiveld. Met name in deze perioden wordt de waterkwaliteitsnorm overschreden.

4.3 Conclusies

- De grootste categorie wateren in Nederland in het kader van de Europese Kaderrichtlijn Water zijn de sterk veranderde of kunstmatige wateren. De waterkwaliteitsnormen die voor deze wateren worden gebruikt worden aangeduid met GEP-normen (Goede Ecologische Potentieel).
- Waterbeheerders mogen GEP-normen vaststellen. De ex-ante evaluatie "landbouw en de Europese

Kaderrichtlijn Water” laat zien dat de GEP-norm voor waterlopen uiteen kan lopen van 0,1-0,7 mg P/l.

- De grootste opgave voor waterkwaliteit ligt bij de Natura 2000-gebieden en stilstaande meren;
- Het Maximaal Toelaatbare Risico, MTR, wordt soms ook als referentienorm gebruikt. Deze bedraagt 0,15 mg P/l en is voor alle wateren in Nederland gelijk;
- Gegevens uit 2005 laten zien dat de mediaan van de gemeten waterkwaliteit de MTR benadert maar dat er nog een flinke regionale en temporele spreiding rondom de MTR is;
- Uit metingen in een stroomgebied op zand blijkt dat de P-belasting van het oppervlaktewater vooral in pieken optreedt en dat de overschrijding een aantal keer de MTR kan bedragen;
- Optreden van P-emissie in pieken is afhankelijk van de vochttoestand van het stroomgebied en neemt toe met toenemende vochtigheid van de grond.

5 Effecten van maatregelen

In de inleiding (Hoofdstuk 1) wordt onderscheid gemaakt naar brongerichte en effectgerichte maatregelen. Verhagen et al. (2007) maken een verdere onderverdeling, waarbij onderscheid wordt gemaakt naar proces-, bron- en effectgerichte maatregelen. Met procesgericht worden maatregelen aangeduid die zijn gericht op de transportroute van stoffen via de bodem, zoals dat het geval is bij droge en natte bufferstroken en bij drainage. Brongerichte maatregelen zijn gericht op aanpak van de bron, bijvoorbeeld de hoeveelheid mest en/of P die wordt toegediend. Uitmijning is ook te plaatsen onder brongerichte maatregelen, zie ook verder. Effectgerichte maatregelen hebben betrekking op een aanpak van het oppervlaktewater zelf, zoals dat bijvoorbeeld gebeurt met helofytenfilters.

Maatregelen zullen niet allemaal direct resultaat op de kwaliteit van oppervlaktewater te zien geven. Effectgerichte maatregelen, zoals helofytenfilters, zullen volgens Verhagen et al (2007) het snelst resultaten laten zien. Van proces- (bijvoorbeeld bufferstroken) en brongerichte maatregelen (lagere bemesting, uitmijning) verwachten zij voor P een reactietermijn van meer dan 5 tot zelfs meer dan 20 jaar (Verhagen et al., 2007). De reactietermijn van maatregelen is afhankelijk van de emissieroute waarop de maatregel ingrijpt en van de bijdrage van die emissieroute aan de totale emissie.

In de PBL ex-ante evaluatie wordt aangegeven dat de kennis over de effectiviteit en de kosten van de beschouwde maatregelen nog beperkt is en dat het merendeel van de maatregelen alleen conceptueel of modelmatig onderbouwd is. Van uitmijnen van fosfaatlekkende gronden wordt in de studie aangegeven dat het effect zeer onzeker is, en dat het alleen gebaseerd is op concepten (PBL, 2008).

In deze studie komen vooral helofytenfilters en natte bufferstroken als zeer perspectiefvol naar voren. Hierna wordt eerst ingegaan op uitmijning en vervolgens op de andere, effectgerichte maatregelen.

5.1 *Uitmijning*

P-uitmijning is het uitvoeren van een aangepaste bemestingsstrategie met als doel P uit de bodem te verwijderen door het oogsten en afvoeren van plantaardig materiaal. Een aangepaste bemestingsstrategie houdt in het dusdanig bemesten dat de gewasproductie gedurende langere tijd optimaal blijft zonder dat er P wordt aangevoerd. De P-onttrekking is het hoogst als sprake is van een hoge gewasgroei, die kan worden gerealiseerd door een optimalisering van de voorziening van vocht en alle nutriënten met uitzondering van P. P-uitmijning is daarmee een bijzondere vorm van verschraving. P-uitmijning kan op zowel bouw- als grasland plaatsvinden. (Koopmans et al., 2005; Moolenaar en Postma, 2007; Chardon, 2008).

P-uitmijning werkt schematisch volgens de volgende stappen (Moolenaar en Postma, 2007):

1. onttrekking van P door plantenwortels uit het bodemvocht; en
2. desorptie: langzame 'nalevering' van P die aan bodemdeeltjes gebonden is naar het bodemvocht.

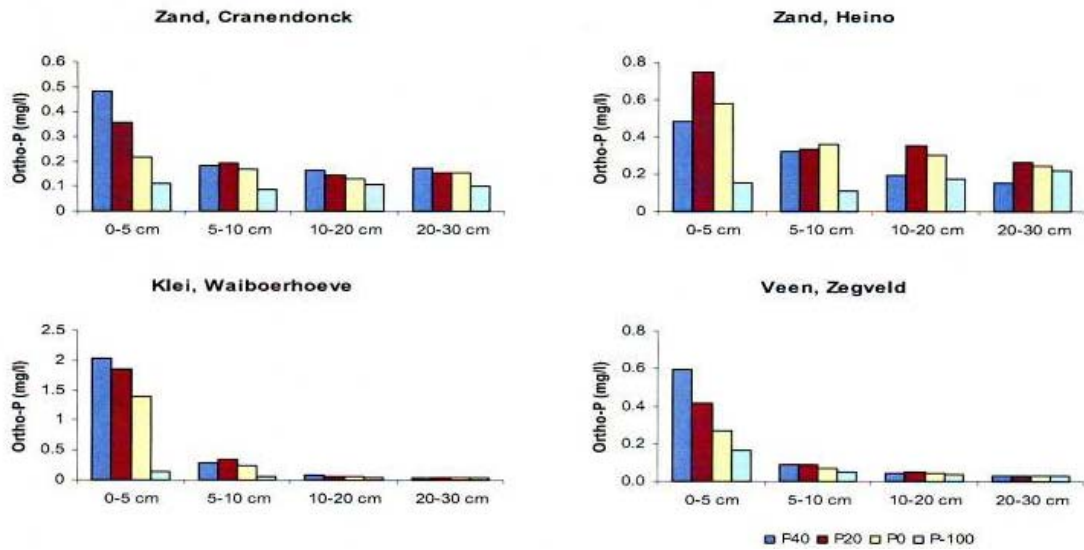
Door een relatief snelle opname van P door plantenwortels en een langzame nalevering daalt het P-gehalte in het bodemvocht snel. Daarmee wordt de directe beschikbaarheid van P laag en zal de uitspoeling van P afnemen. Ook de gewasgroei zal op termijn geleidelijk af kunnen nemen omdat P het beperkende nutriënt in de gewasproductie wordt.

P-bodemfracties worden op- en afgebouwd door de uitgevoerde bemesting. Ehlert et al. (2008) vonden aanwijzingen dat er bij uitmijning op bouwland andere bodemfracties worden afgebouwd dan er bij een positieve fosfaatbalans (ophoping) worden opgebouwd. Deze verschillende fracties zijn van belang voor het in stand houden van de voorraad beschikbaar P voor het gewas. Op grasland vonden Ehlert et al. (2008) dat, onder andere door uitmijning, er geen of maar een geringe verandering ontstond in de parameters die beschikbaar P weergeven (P-PAE, Pw-getal en PAL-getal) terwijl er wel effecten werden gevonden in de parameters die meer de totale hoeveelheid P in de bodem weergeven (Pox en P-totaal).

In de Alterra Ex-ante evaluatie (Van der Bolt et al., 2008) is uitmijning in modelstudies meegenomen als mogelijke maatregel om de waterkwaliteit te verbeteren. Uit modelberekeningen bleek dat bij een dierlijke mestgift van 60% van de gewas-P-behoefte er een situatie ontstaat waarbij de gewasproductie nog net maximaal is, en waarbij tevens sprake is van (gedeeltelijke) uitmijning. In de maatregel is meegenomen dat er aanvullende kunstmest-N wordt gegeven ter compensatie van het achterwege laten van organische mesten. Volgens de evaluatie zijn de grootste effecten van uitmijnen te vinden op de natte zandgronden omdat op veengronden door mineralisatie al een lagere mestgift wordt gegeven en er op kleigronden in het algemeen sprake is van een lagere fosfaatverzadiging.

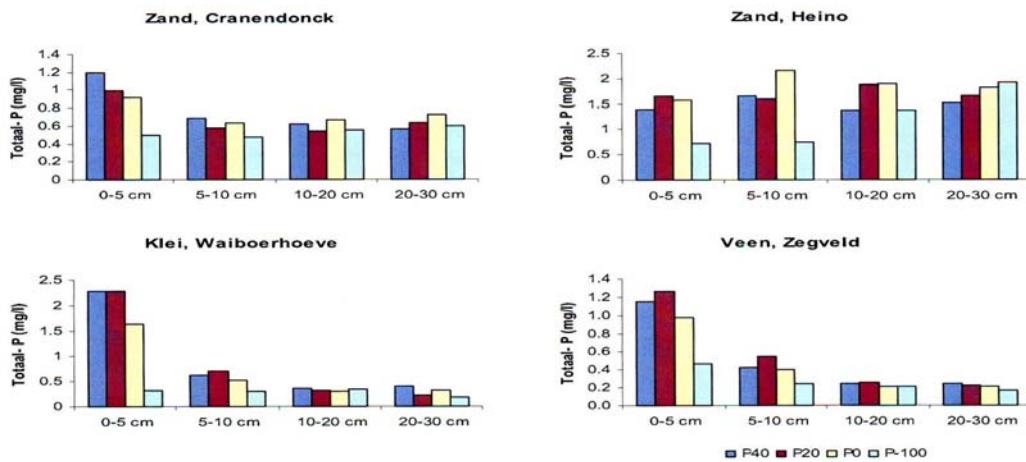
Op vier proefbedrijven zijn in het kader van graslandonderzoek bemestingsproeven uitgevoerd (Van Middelkoop et al., 2007; Van der Salm et al., 2007; Ehlert et al., 2008). Twee van de proefbedrijven liggen op zandgrond: Cranendonk (Noord-Brabant) en Heino (Overijssel), één op een jonge zeekleigrond (Lelystad, Flevoland) en één op een veengrond (Zegveld, Utrecht). In deze proeven worden de effecten van P-bemestingsoverschotten (aanvoer-afvoer) bestudeerd. De P-bemestingsoverschotten bedroegen 0, 20 of 40 kg P₂O₅/ha/j. Daarnaast is er sinds 2002 een uitmijningsbehandeling aangelegd waarbij geen fosfaat wordt aangevoerd. Dat betekent dat er een negatief fosfaatoverschot ontstaat.

Het uitmijneffect op grasland is met name te zien in de laag 0-5 cm –mv en geldt voor de drie grondsoorten (Ehlert et al., 2008; Figuur 5.1 en 5.2). Op de kleigrond is door uitmijning een duidelijk lager ortho-P-gehalte in het bodemvocht van de toplaag (0-5 cm) te zien dan bij fosfaatoverschotten van 0-40 kg P₂O₅/ha/j. Er werd een reductie van 91% behaald ten opzichte van een 40 kg P₂O₅/ha overschot (Figuur 5.1). Ook in de laag 5-10 cm werd een reductie bereikt, zij het minder groot. Op één van de zandgronden (Cranendonk) werd een daling van 58% in ortho-fosfaat bereikt in de laag 0-5 cm, in de laag 5-10 cm was er een reductie maar net als bij klei beperkt. Er is op alle grondsoorten een uitmijneffect te zien als wordt gekeken naar totaal-P-gehalte in het bodemvocht in de laag 0-5 cm (Figuur 5.2). Voor diepere lagen is het beeld dat er een klein uitmijneffect is, met name in de laag 5-10 cm. In de diepere lagen is er een klein of geen effect zichtbaar. Dat geldt zowel voor ortho-P als totaal-P in het bodemvocht.



Figuur 5.1. Gemiddelde ortho-P concentratie in het bodemvocht in de periode 2003-2006 met een beoogd P-overschot van 0, 20, 40 kg kg P_2O_5 /ha/j (P0, P20 en P40) en uitmijning ("P-100"), mg ortho P/l. Bron: Ehlert et al., 2008.

Het nastreven van een evenwichtsbemesting (P-overschot= 0) heeft een verlagend effect op het P-gehalte in het bodemvocht. In Figuur 5.1 en 5.2 is te zien dat uitmijnen (P-100) een sterker effect heeft op het P-gehalte in het bodemvocht dan de evenwichtsbemesting (P0). Het effect is vooral zichtbaar op kleigrond maar is ook aanwezig op zandgrond (Ehlert et al., 2008).



Figuur 5.2. Gemiddelde totaal-P concentratie in het bodemvocht in de periode 2003-2006 met een beoogd P-overschot van 0, 20, 40 kg kg P_2O_5 /ha/j en uitmijning (P-100), mg totaal-P/l. Bron: Ehlert et al., 2008.

Uit onderzoek blijkt dat een hoger P-overschot gepaard gaat met een hoger P-gehalte in de bodem. Een P-overschot van 40 kg P_2O_5 /ha/jr leidt echter wel tot 600 kg droge stof/ha/jr extra ten opzichte van de evenwichtsbemesting (P-overschot= 0). Dat kan voor een bedrijf met een evenwichtsbemesting betekenen dat voer aangekocht moet worden. Door de voeraankoop is er sprake van een extra uitgave (Ehlert et al., 2008).

Van Middelkoop et al. (2007) hebben voor de vier locaties uitspoelingsberekeningen uitgevoerd. In de berekeningen is gebruik gemaakt van gemeten fosfaatgehalten in bodemvocht en gesimuleerde hydrologische fluxen. In Tabel 5.1 zijn voor de vier locaties voor twee behandelingen (uitmijning en P-overschot 40 kg P₂O₅/ha/jr (N300 P40)) de berekende fosfaatverliezen door uitspoeling in 2002 en 2004 weergegeven.

Tabel 5.1. Berekende P-verliezen op grasland ten gevolge van uitspoeling uit de wortelzone (0-30 cm – mv) en de gemiddelde verlaging van berekende verliezen door uitmijning ten opzichte van een P-overschot van 40 kg P₂O₅/ha/j, in kg P₂O₅/ha/j en %, Fosfaatverzadigingsgraad (FVG), % (gemeten in 1996).

Locatie	FVG %	behandeling	P-vorm	P-verlies, Jaar		gemiddelde verlaging P- verlies door uitmijning in de periode 2002-2004	
				2002	2004	kg P ₂ O ₅ /ha/j	%
Aver Heino (zand)	56	N300-P40	Totaal-P	15,5	10,5		
			Ortho-P	8,7	0,8		
		uitmijning	Totaal-P	13,2	3,1	4,85	37
			Ortho-P	5,0	0,2	2,15	45
Cranendonck (zand)	41	N300-P40	Totaal-P	5,1	4,1		
			Ortho-P	1,3	0,7		
		uitmijning	Totaal-P	3,0	3,5	1,35	29
			Ortho-P	0,7	0,4	0,45	45
Waiboerhoeve (jonge zeeklei)	25	N300-P40	Totaal-P	0,4	0,4		
			Ortho-P	0,1	0,2		
		uitmijning	Totaal-P	0,4	0,4	0	0
			Ortho-P	0,1	0,2	0	0
Zegveld (veen)	23	N300-P40	Totaal-P	4,4	3,4		
			Ortho-P	0,7	0,8		
		uitmijning	Totaal-P	2,8	1,7	1,65	42
			Ortho-P	0,3	0,4	0,40	53

* N300-P40: N-overschot 300 kg ha/j en een P₂O₅-overschot 40 kg P₂O₅/ha/jr.

Uitmijning : N-overschot 300 kg ha-1 j-1 en geen P₂O₅-aanvoer

Bron: Van Middelkoop et al., 2007.

De tabel laat zien dat uitmijning zorgt voor een verlaging van de berekende P-uitspoeling uit de laag 0-30 cm. De effecten van uitspoeling op de procentuele reductie van de uitspoeling zijn sterker voor de ortho-P vorm dan voor P-totaal. Op de jonge zeeklei lijkt er geen effect te zijn van uitmijning, ook al omdat de uitspoeling klein is (Van Middelkoop et al., 2007).

Ehlert et al. (2008) hebben ook een compilatie van verschillende fosfaatonderzoeken op bouwland (gericht op akkerbouw en vollegrondsgroenten) gemaakt. Daarbij is gekeken naar langjarige onderzoeken op zavelgrond en zandgrond.

Het blijkt dat de fosfaatophoping vooral in de laag 0-40 cm terug te vinden is. De uitspoeling van fosfaat naar diepere lagen is in deze onderzoekslocaties nog beperkt. Ongeveer 20% van de aanwezige fosfaat (P-ox) is in beide gronden snel desorbeerbaar, dat wil zeggen dat het relatief snel in de bodemoplossing kan komen, waardoor het beschikbaar komt voor opname door gewassen of uitspoeling. In de laag 30-

40 cm is op zand het percentage desorbeerbaar P hoger (35%) dan op de zavelgronden (6-10%). Op een zavelgrond met een zeer hoge fosfaatuitgangswaarde (Pw-getal 121) werd door uitmijning binnen een jaar een daling van P in het bodemvocht zichtbaar. Ten opzichte van de hoogste P-bemesting (280 kg P₂O₅/ha/j) daalde de concentratie aan ortho-P in het bodemvocht als gevolg van P-uitmijning tot ongeveer de helft van waarde.

In de Provincie Noord Brabant werken het Overlegplatform Duinboeren en het Louis Bolk Instituut in samenwerking met Natuurmonumenten aan uitmijning in het Hengstven (Van Eekeren et al., 2007). De uitmijning wordt vanaf 2003 in het gebied uitgevoerd met grasklaver, waarbij de klaver via symbiose met Rhizobiumbacteriën voor natuurlijke stikstofbinding zorgt en waarbij een aanvullende kaliumbemesting zorgt voor een efficiënte fosfaatuitmijning. In een demoproef is vastgesteld dat de kaliumbemesting nodig is voor een optimale fosfaatuitmijning. Een kaliumbemesting zorgt voor een hogere opbrengst, een hogere fosfaatafvoer en het in stand houden van het klaveraandeel in de grasklaverweide ten opzichte van een situatie zonder kaliumbemesting. De uitmijning zorgde voor een afname van de P-AL van circa 30 in 2003 tot 14 in 2008. De Pw nam in dezelfde periode af van circa 55 in 2003 tot circa 25 in 2008 (Van Eekeren et al., 2008). Ten behoeve van natuurontwikkeling wordt gestreefd wordt naar een P-AL van 5. Het effect van uitmijning op de uit- en afspoeling van P naar grond- en oppervlaktewater is niet bestudeerd.

De Dienst Landelijk Gebied voert in Noord- en Midden-Limburg samen met Waterschap Peel en Maasvallei, Waterschapsbedrijf Limburg, LLTB en een groep boeren uit het gebied een pilot uit om een aanpak te ontwikkelen van de fosfaatproblematiek (Noij, 2006a). Na een gebiedsdiagnose werden er een aantal perspectiefvolle opties getest om de emissie van P uit landbouw te verminderen. Uitmijnen is één van de maatregelen die worden getest en het effect van de maatregel wordt vanaf 2006 op één graslandperceel en twee bouwlandpercelen onderzocht (Noij, 2008)

De eerste bevindingen wijzen op een effect van uitmijning op de samenstelling van het bodemvocht maar nog niet op het bovenste grondwater (Noij, 2008). Volgens Noij is uitmijnen in de melkveehouderij vooral perspectiefvol als er op bedrijfsniveau een klein deel fosfaatverzadigde (FVG) percelen zijn en voor de rest percelen met een lage FVG.

5.2 *Andere maatregelen*

De andere opties die in de fosfaatpilot in Noord- en Midden-Limburg worden getest zijn:

- Blokkeren van maaiveldafvoer (vanaf december 2007; op 1 grasland- en 2 bouwlandpercelen),
- Toepassing van vloeiveld/helofytenfilter (sinds 2007) en
- Samengestelde, peilgestuurde verdiepte drainage (modelonderzoek '07; veldonderzoek vanaf '08).

In maatregelen die in de pilot worden getest zit een ruimtelijk schaalniveau. Naarmate diepere emissieroutes belangrijker zijn (bijvoorbeeld diepere uitspoeling), wordt de regionale benadering belangrijker. De emissie naar het oppervlaktewater wordt niet gemeten.

Oppervlakkige afvoer wordt gedomineerd door "hot spots" op het perceel, laaggelegen stukken perceel die veel bijdragen aan oppervlakkige emissie. De bijdrage aan de totale vracht is nog niet duidelijk. Tabel 5.2 geeft een overzicht van metingen van P-gehalte van oppervlakkige afspoeling die zijn uitgevoerd in de winter van 2007-2008 op een graslandperceel en twee bouwlandpercelen. De verschillen tussen grasland en bouwland zijn opvallend, hiervoor is nog geen oorzaak gegeven.

Tabel 5.2. Resultaten van metingen P-gehalte (mg P/l) en berekende totale afvoer (g P/perceel) in oppervlakkig afspoelend water van gras- en bouwland gedurende de periode 12 december '07- 1 april '08 in fosfaatpilot Noord- en Midden Limburg.

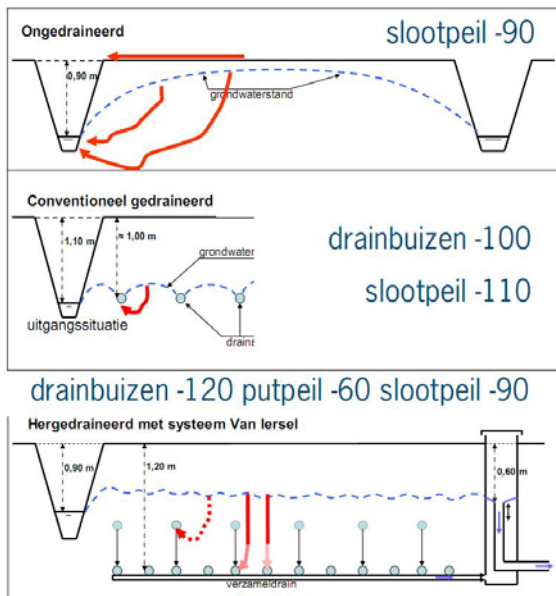
P-gehalte	eenheid	landgebruik		
		grasland	bouwland, perceel 1	bouwland, perceel 2
gemiddeld totaal	mg P/l	7,7	2,4	0,3
gemiddeld opgelost	mg P/l	6,6	2,3	0,3
gemiddeld vast	mg P/l	1,2	0,1	0,1
maximum	mg P/l	10,5	2,9	0,7
totale afvoer P	g P/perceel	862	28	0,3
aantal incidenten	-	11	9	3

Bron: Noij, 2008.

Noij (2008) concludeert op basis van de huidige gegevens dat de emissie door middel van het blokkeren van oppervlakkige afspoeling kan worden beperkt, maar niet met 60-70%, zoals wel eens wordt gesteld.

Vloeiervelden worden gebruikt voor toepassing op stroomgebiedsniveau en lijken redelijk succesvol te zijn, aangezien er na 1 jaar al een effect wordt waargenomen, ondanks slechte rietgroei (Noij, 2008).

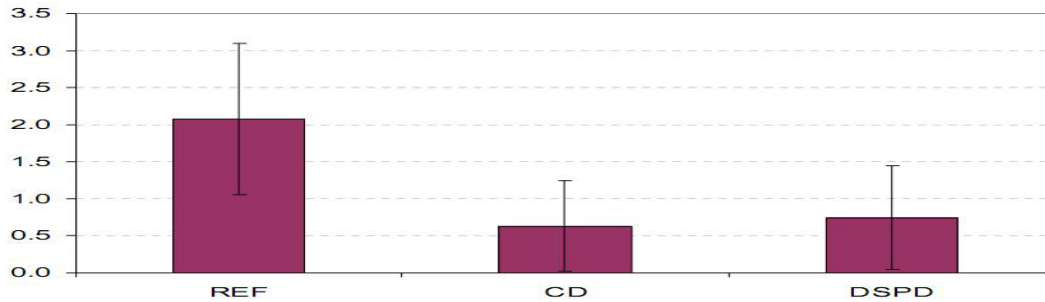
Verdiepte drainage is later in de pilot opgenomen. Hiervan zijn nog geen meetgegevens beschikbaar. Figuur 5.3 geeft de werking van ongedraineerde, gewoon gedraineerde en samengestelde peilgestuurde drainage in de fosfaatpilot weer. Samengesteld peilgestuurde drainage (systeem "Van lersel") is een systeem waarbij de drains uitmonden in een put. Door het aanbrengen van een pijp kan de ontwateringsbasis van een perceel worden aangepast.



Figuur 5.3. Werking van ongedraineerde, gewoon gedraineerde en samengestelde peilgestuurde drainage in de fosfaatpilot weer. Bron: Noij, ,2008.

Uit modelberekeningen blijkt dat de samengestelde, peilgestuurde verdiepte drainage ('systeem Van lersel') leidt tot een forse verlaging van de P-emissie ten opzichte van de oorspronkelijke, niet

gedraineerde situatie. De P-emissie is met het Van Iersel-systeem vergelijkbaar met conventionele drainage, zie Figuur 5.4 (Noij, 2008).



Figuur 5.4. Modelstudieresultaten van het effect van ongedraineerde situatie ('REF'), conventionele drainage ('CD') en samengesteld peilgestuurde drainage op de P-emissie, kg P/ha/j.

Bron: Noij, 2008.

Modelstudies van Van Bakel et al. (2008) wijzen uit dat voor zandgronden bij het samengesteld peil gestuurd maken van een gedraineerde situatie de fosfaatverliezen toenemen met 3 kg P/ha. Dit wordt veroorzaakt door een ontwateringsdiepte dichter bij het maaiveld ten opzichte van de normale drainage. Het effect is grondsoort afhankelijk, op zavel- en kleigronden ligt het effect beneden de 1 kg P/ha. In niet-gedraineerde situaties leidt de aanleg van diepere samengestelde peilgestuurde drainage tot een lagere P-emissie. De resultaten van modelstudie van Van Bakel et al. wijzen uit dat drainage vooral een effect heeft op natte zandgronden die nog niet zijn gedraineerd.

Bij verdiepte drainage wordt een extra bufferende werking van de bodem gecreëerd. Daardoor is er een grotere kans op vastlegging van P. De werking van een extra bufferende bodemlaag werkt alleen als de bodem nog niet fosfaatverzadigd is (PBL, 2008).

Helofytenfilters en bufferstroken langs waterlopen kunnen door opvangen en vastleggen bijdragen aan het voorkomen van een te hoog fosforgehalte in het oppervlaktewater. Helofytenfilters kunnen onder gecontroleerde hydraulische en stof-belastingsomstandigheden een hoog rendement bereiken. De omstandigheden zijn in hoge mate bepalend voor een goede werking en effectiviteit van de helofytenfilters. Helofytenfilters moeten periodiek gemaaid en gebaggerd worden om de effectiviteit te behouden (PBL, 2008; Klok et al., 2003). Het ontstane maaisel en bagger moet zodanig worden verwerkt dat het fosfaat in beide reststromen niet in het oppervlaktewater kan komen.

In berekeningen van PBL (2008), Alterra (2008) en Royal Haskoning (2008) komen helofytenfilters als perspectiefvol naar voren, waarbij er van uitgegaan is dat 6% van het landbouwareaal (116.000 ha) als filter wordt ingericht.

Bufferstroken zijn het onderwerp van een uitgebreid studieprogramma van Alterra (Noij, 2006b; Noij et al., 2008). Het onderzoek gaat na wat de effectiviteit van bufferstroken in de Nederlandse praktijk is. Bufferstroken zijn bemestingsvrije zones langs watergangen en er kunnen droge en natte bufferstroken worden onderscheiden (Van Bakel et al., 2003). Het veronderstelde werkingsmechanisme is meervoudig en bestaat enerzijds uit een verschraling van de bodem doordat nutriënten met het geteelde gewas worden afgevoerd en anderzijds uit het onderscheppen van laterale P-stromen en het vastleggen en invangen van P in oppervlakkig afstromend water. Op basis van theoretische beschouwingen komen

Van Bakel et al. (2003) tot de inschatting dat op zandgronden bij droge bufferstroken het risico bestaat dat het meeste water onder de bufferstrook door stroomt waardoor de effectiviteit om P te ondervangen twijfelachtig is. Klok et al. (2003) komen op basis van internationale literatuur tot de eindconclusie dat de effectiviteit van een 10 m brede bufferstrook voor P rond de 60-65 procent bedraagt. Bredere bufferstroken voegen nauwelijks iets toe aan de effectiviteit terwijl stroken smaller dan 5 meter de effectiviteit beperkt is. De effectiviteit van droge bufferstroken is vooral te danken aan de opname door planten (Klok et al., 2003)

Natte bufferstroken liggen op een zelfde niveau als het oppervlaktewater en zijn doorgaans verzadigd met water. De mobiliteit van P neemt daardoor toe, maar omdat voor de aanleg de bovengrond moet worden afgevoerd is uitspoeling van P niet belangrijk (Klok et al., 2003). Bij natte bufferstroken bestaat het risico dat door de vochtige omstandigheden in de natte bufferstrook P misschien wel zal worden ondervangen en ingevangen maar uiteindelijk niet wordt vastgelegd (Van Bakel et al., 2003). Natte bufferstroken zijn daarom vooral geschikt voor verwijdering van N, niet van P (Klok et al., 2003).

In een recente studie naar de effectiviteit van een 6 meter brede bufferstroken in Brabant wordt wel degelijk een hoge verwijderingsefficiëntie van P gemeten, ruim boven de 100 procent (Antheunisse et al., 2008). De hoge verwijderingsefficiëntie wordt bereikt doordat er via drainagewater ten opzichte van het al aanwezige P in de bufferstrook maar beperkt P binnenkomt terwijl er via maaien en snel afvoeren van de biomassa wel een hoge afvoer is. Het enkele dagen laten liggen van maaisel kan al zo'n 40 procent van de opgenomen P terugleveren aan de grond.

De inrichting van een bufferstrook moet gericht zijn op een goede infiltratie van te zuiveren water en een zo lang mogelijk contact met de bodem om vastlegging van P door Fe- en Al-oxiden of Ca te stimuleren. Daarmee speelt de lokale hydrologie een belangrijke rol in de effectiviteit van een buffer (Antheunisse et al., 2008).

Noij et al. (2008) komen net als Schoumans et al. (2008) tot de conclusie dat de belasting van het oppervlaktewater meestal sterker wordt bepaald door bodemeigenschappen (zoals FVG, o.a. veroorzaakt door bemestingshistorie) en hydrologische eigenschappen dan door de effecten van maatregelen. Brongerichte maatregelen hebben volgens de auteurs op de korte termijn slechts een beperkt effect op de fosfaatemissie naar het oppervlaktewater. Via uitmijnen kan op langere termijn (>15 jaar, de periode waarover de studie uitspraken doet) wel een belangrijke vermindering van de fosfaatvracht worden gerealiseerd. Er wordt over een periode van 15 jaar door uitmijnen voor die percelen waarop de maatregel plaatsvindt een gemiddelde P-vrachtreductie bereikt van 0,25 kg P/ha/jaar voor een melkveehouderijbedrijf en 1 kg P /ha/jaar voor een akkerbouwbedrijf. Het effect van uitmijnen is groter naarmate de fosfaatvoorraad, de uitmijningsperiode en het aandeel emissie via oppervlakkige routes groter is.

In de modelberekeningen wordt vrijwel geen bemestingseffect van bufferstroken op de fosfaatvracht berekend. Dat wordt verklaard doordat de fosfaatuitspoeling van de bufferstrook wordt bepaald door bodemvoorraad en die verandert pas over een langere termijn.

Volgens Noij et al. (2008) zijn hydrologische maatregelen op korte termijn effectiever dan brongerichte maatregelen. Met name het blokkeren van greppel- en maaiveldafvoer op een ongedraineerde (periodiek natte) zandgrond is een effectieve maatregel. De emissiebeperking ligt in de orde van 1 kg P/ha/jaar. Het aanleggen van traditionele drainage op natte zandgronden is effectief om de P-emissie te beperken (berekende daling is 1,3 kg P/ha/jaar) maar gelijktijdig wordt wel de emissie van N verhoogd. Het systeem "Van Iersel" beperkt ook de P-verliezen ten opzichte van de ongedraineerde situatie maar

het effect is kleiner dan de traditionele drainage omdat er in het model is gerekend met een hogere drainagediepte, dat wil zeggen een kleinere afstand tussen maaiveld en drainage. Het systeem “Van Iersel” is vooral geschikt om de N-emissie te beperken.

5.3 *Kosteneffectiviteit van maatregelen.*

In de studie van Noij et al. (2008) naar de effectiviteit van bufferstroken is ook gekeken naar de modelmatige kwantificering van de kosteneffectiviteit van bufferstroken en anderen maatregelen waaronder uitmijnen. In de modelstudie zijn aannames gedaan op het vlak bedrijfstypen, kosten voor hydrologische maatregelen en er zijn aannames gedaan ten aanzien van het gebruikte uitspoelingsmodel ANIMO. In de modelmatige kwantificering van maatregeleneffectiviteit is bij bufferstroken alleen gekeken naar het zogenaamde ‘bemestingseffect’. Het bemestingseffect houdt in dat er door de aanleg van een onbemeste bufferstrook minder areaal wordt bemest zodat de bemesting per hectare daalt. Het effect van bufferstroken wordt gerelateerd aan het areaal van de bufferstrook of maatregel ten opzichte van de situatie dat het gehele perceel wordt bemest. De effecten van de plaatsing (locatie) van een bufferstrook op de verblijftijden van (grond)water en het onderscheppend vermogen is nog onderdeel van veldmetingen en daarom niet meegenomen in de kosteneffectiviteit. Voor melkveebedrijven is ook gekeken naar de effecten van beweide grasbufferstroken.

De alternatieve maatregelen, ten opzichte van bufferstroken, kunnen ingedeeld worden in:

- brongerichte maatregelen voor melkvee en akkerbouw (uitmijnen, opstallen melkvee, aangescherpte bemestingsnormen, lagere bemesting en voorjaartoediening van dierlijke mest (hogere werkzaamheid van de mest);
- effectgerichte maatregelen, die verder onderverdeeld kunnen worden in
 - hydrologische maatregelen op perceelsniveau (blokkeren van maaiveldafvoer, opheffen van drainage, normale drainage en verdiept aangelegde samengestelde drainage met peilregeling (“systeem van Iersel”); en
 - Vloevelden en moerasbufferstroken, dit zijn maatregelen die op een schaal worden toegepast die het perceels- en bedrijfsniveau overstijgt.

Er is niet gekeken naar het effect van uitmijning op de oppervlakkige afstroming. Bufferstroken zijn in de studie ook op te vatten als een brongerichte maatregel omdat het effect van de maatregel wordt verwerkt als zijnde een lagere bemesting van een perceel.

In scenariostudies is de kosteneffectiviteit van maatregelen in de akkerbouw en melkveehouderij vergeleken (Tabel 5.3). Kosteneffectiviteit is gedefinieerd als de kosten (€ per ha per jaar) gedeeld door de effectiviteit van de maatregel (kg P per ha per jaar) en heeft als eenheid € per kg P. De kosteneffectiviteit heeft daarmee als resulterende eenheid geen tijd (jaar) en oppervlakte (ha). Impliciet zijn tijd en oppervlakte wel bij kosteneffectiviteit betrokken omdat in zowel teller als noemer jaar en ha staat.

Op zandgronden ligt de berekende kosteneffectiviteit voor uitmijnen op akkerbouwbedrijven tussen 40-200 € per kg P die minder wordt uitgestoten. Daarmee is de kosteneffectiviteit van deze maatregel vergelijkbaar met die van hydrologische maatregelen en aanvullende maatregelen bij rioolwaterzuiveringen (RWZI) om ontvangen rioolwater van bijvoorbeeld bedrijven en huishoudens verdergaand te zuiveren. Deze kosten bedragen 32-134 € per kg P.

In de melkveehouderij worden de kosten van uitmijnen in maïs geschat op 500-2000 €/ kg P; wat aanzienlijk duurder is dan hydrologische maatregelen en aanvullende maatregelen bij RWZI's. De berekende kosten die in melkveehouderij zijn gemoed met de maatregel uitmijnen zijn hoger dan aanleg van bufferstroken. Maar daar staat tegenover dat uitmijnen ook veel efficiënter is dan de aanleg van een bufferstrook.

Noij et al. (2008) merken op dat in zowel akkerbouw als veehouderij voor uitmijnen alleen op fosfaatlekkende gronden een kosteneffectiviteit verwacht mag worden die gunstiger is dan de extra maatregelen bij RWZI's.

Tabel 5.3. Berekende kosteneffectiviteit van verschillende maatregelen op zandgronden voor verschillende akkerbouw- en veehouderijsystemen, € / kg P.

Sector	maatregel	kosteneffectiviteit
brongericht akkerbouw	uitmijnen in rotatie ¹	<100-200
	P-overschot 0 ²	200-500
	P-overschot 0; uitmijnen graan ³	500-2000
brongericht melkveehouderij	uitmijnen maïs ⁴	500-2000
	uitmijnen gras ⁵	>2000
Hydrologische maatregelen, <i>alle bedrijfssystemen</i>	Blokkeren maaiveld, drainage, diepe drainage met peilregeling ⁶	100-200

¹: uitmijnen in de rotatie van wintertarwe, korrelmaïs, consumptieaardappelen, suikerbiet, waspeen en schorseneer;

²: evenwichtsbemesting, P-overschot=0; Zuidoost Nederland;

³: uitmijnen met behulp van wintertarwe in continueelt; Zuidoost Nederland;

⁴: melkveebedrijf met uitmijnen op maïsland;

⁵: melkveebedrijf met uitmijnen op grasland (alleen N-bemesting, geen organische mest geen beweiding);

⁶: blokkeren van het maaiveld ter voorkoming van oppervlakkige afstroming, traditionele drainage en diepe drainage met peilregeling.

Bron: Noij et al., 2008.

De berekeningen zijn omgeven met grote onzekerheden en de bedragen moeten dan ook als een indicatie worden gezien. De daadwerkelijke kosteneffectiviteit moet bedrijfsspecifiek worden berekend omdat veel van de maatregelen invloed hebben op het hele bedrijf, zoals bijvoorbeeld de overgang van beweiding naar opstallen en summer feeding. Ook de ruimtelijke variabiliteit van het optreden van P-emissie moet bij het inzetten van de maatregelen worden betrokken, het is locatieafhankelijk welke maatregel het meest effectief is (Noij et al, 2008). De hoogte van de berekende kosteneffectiviteit van uitmijnen is direct afhankelijk van het totale verschil tussen aanvoer en afvoer van P dat over een periode van 15 jaar wordt gerealiseerd.

In de melkveehouderij hebben bijna alle doorgerekende brongerichte maatregelen en bufferstroken een aanzienlijk negatief effect op de arbeidsopbrengst (Noij et al., 2008). In Tabel 5.4 wordt voor de bronmaatregel uitmijnen (alleen voor zandgronden) en bufferstroken een overzicht gegeven van de toename, of afname, in kosten ten opzicht van de uitgangssituatie.

Tabel 5.4. Berekende toename en afname (negatief) van kosten van verschillende uitmijnvarianten, bufferstroken en hydrologische maatregelen ten opzichte van een 'standaard' Ausgangssituatie op zandgrond voor melkveehouderij, € / ha.

maatregel	kostenpost						
	arbeids- opbrengst	loon- werk	mest- afzet	voer	kunst- mest	brand -stof	totaal
bufferstroken 5% ¹	12	-4	1	22	-4	0	27
bufferstroken 10%	43	-5	1	59	-8	1	91
summer feeding vanaf augustus	215	160	-13	6	10	12	390
summer feeding gehele jaar	359	385	-20	-152	29	39	640
uitmijnen 15%	118	18	27	32	12	2	209
uitmijnen 15% met summer feeding	401	372	17	-148	48	39	729
uitmijnen 30% met summer feeding	467	358	99	-191	83	40	856
uitmijnen 30% op maïs	122	-29	114	-1	38	0	244
blokkeren maaiveldafvoer zelf ploegen							70
blokkeren maaiveldafvoer greppelfrees							70
conventionele drainage							150
systeem Van Iersel							765

¹: percentages gelden voor totale bedrijfsareaal

Bron: Noij et al., 2008.

De arbeidsopbrengst bij de uitmijnvarianten (alleen op zandgronden) neemt af met 100-500 € per ha. Daarenboven is er een toename in mestafzetkosten (2-14 m³ per ha extra mestafvoer) en toename kunstmestaankoop. De toename is in de orde van 20-100 € per ha waarbij voor de dierlijke mest is uitgegaan van 8 € per ton mestafzetkosten. Zodra het uitmijnen wordt gecombineerd met opstallen van vee (summer feeding) neemt de arbeidsopbrengst sterk af (400-450 € per ha) en nemen de loonwerkkosten sterk toe (350-400 € per ha). De lagere voerkosten kunnen de hogere loonwerkkosten niet compenseren. Door opstallen is het beter mogelijk om op percelen geen P-bemesting toe te passen. Tabel 5.4 laat zien dat de meeste varianten van uitmijnen in de melkveehouderij relatief duur (uitgedrukt in € per hectare) zijn ten opzichte van hydrologische maatregelen als het blokkeren van oppervlakkige afvoer. Echter, omdat uitmijnen veel efficiënter is om emissie van P te voorkomen is de kostenefficiëntie (uitgedrukt in € per kg P) toch in dezelfde orde van grootte (Noij et al., 2008).

Het rapport van Noij et al (2008) geeft geen inzicht in de berekende kostenposten van akkerbouwbedrijven op zandgronden. Uitmijning op 30% van het areaal door toepassing in de verschillende gewassen van het bouwplan kost €45 per ha meer dan een standaard bedrijfsvoering. Uitmijning op 30% van het areaal door vervangen van een deel van het normale bouwplan door een continueelt graan is weliswaar veel effectiever maar ook veel duurder. De berekende extra kosten ten opzichte van de standaard bedrijfsvoering bedraagt maar liefst €600 per ha.

Maatregelen voor de beperking van P-emissie hebben ook effect op de emissie van N. Wordt naar beide

nutriënten gelijktijdig gekeken dan volgt daar uit dat voor zandgronden met name hydrologische maatregelen als het blokkeren van maaiveldafvoer en diepe drainage met peilbeheer perspectiefvolle maatregelen zijn die qua kosteneffectiviteit vergelijkbaar zijn met het nemen van aanvullende maatregelen in een waterzuiveringsinstallatie. Ook de aanleg van vloeivelden die zowel N als P opvangen zijn perspectiefvolle maatregelen. De kosteneffectiviteit voor deze hydrologische maatregelen en vloeivelden ligt in de orde van 100-500 €/kg P en 10-50 €/kg N. Het uitmijnen in een akkerbouwrotatie op een zandgrond is voor wat betreft P wel kosteneffectief (<100 €/kg P) maar niet voor wat betreft N ((50-200 €/kg N).

Noij et al. (2008) merken op dat maatregelen die voor een doel anders dan beperking van N/P vracht naar het oppervlaktewater worden uitgevoerd kunnen toch zinvol voor het beperken van de emissie. De auteurs benadrukken dat het nemen en aanleggen van de maatregelen maatwerk op bedrijfsniveau is. Het bedrijfsgerichte maatwerk heeft een groot effect op de daadwerkelijke kosteneffectiviteit van de genomen maatregelen.

5.4 Conclusies

- Uit lopend onderzoek is gebleken dat uitmijning kan leiden tot een relatief snelle daling van het direct beschikbare P-gehalte in de bovengrond. Dit effect is het sterkst als de P-toestand van de bodem hoog is.
- Effecten van P-uitmijning op de uit- en afspoeling naar grond- en oppervlaktewater zijn onzeker en hierover is slechts informatie beschikbaar uit modelberekeningen.
- De kennis over de effectiviteit en de kosten van verschillende maatregelen om de P-emissie naar oppervlaktewater terug te dringen is nog beperkt en het merendeel van de maatregelen is alleen conceptueel of modelmatig onderbouwd.
- Informatie over effecten van andere, effectgerichte maatregelen om de P-emissie te beperken, zoals bufferstroken, samengestelde –peilgestuurde- verdiepte drainage, blokkeren van maaiveldafvoer en helofytenfilters, zijn hoofdzakelijk verkregen met modelberekeningen.
- Uit modelberekeningen blijkt dat de kosteneffectiviteit van uitmijning in de akkerbouw vergelijkbaar is met die van andere, effectgerichte maatregelen,
- Voor de melkveehouderij blijkt dat uitmijning op zandgronden weliswaar duurder (uitgedrukt in € per hectare) is dan de alternatieven omdat de arbeidsopbrengst daalt en de kosten voor loonwerk (vooral door ruwvoederwinning door opstallen) en mestafzet toenemen, maar dat de kosteneffectiviteit (uitgedrukt in € per kg P) vergelijkbaar is met andere maatregelen.
- Het lijkt zinvol om in de praktijk eventuele effectgerichte maatregelen zo veel mogelijk uit te voeren in combinatie met brongerichte maatregelen (zoals uitmijnen), om te voorkomen dat er sprake is van “dweilen met de kraan open”.
- De keuze van te nemen maatregelen dient zoveel mogelijk te worden afgestemd op de lokale situatie en op het beperken van de belangrijkste emissieroutes. Als oppervlakkige afspoeling de grootste bijdrage levert aan de totale emissies, zullen te nemen maatregelen vooral daarop gericht moeten zijn. Hierbij kan dan met name worden gedacht aan het tegengaan van oppervlakkige afstroming, bufferstroken en uitmijning. Als diepe uitspoeling een belangrijke emissieroute is, dienen maatregelen daarop te worden gericht. In dat geval lijken drainagegerichte maatregelen en/of helofytenfilters, zo mogelijk in combinatie met uitmijning, vooral zinvol, omdat alleen uitmijnen in deze situatie een lange reactietermijn kent.

6 Ontwikkeling van een bodemdienst

6.1 Maatregelen en de bodemdienst

Tijdens een workshop op 28 oktober 2008 hebben de consortiumpartners aangegeven dat de bodemdienst zó ingericht zou moeten worden dat hij niet alleen gericht is op P-uitmijning. Op basis van een aantal criteria zouden de 3-4 meest zinvolle maatregelen om de P-emissie te beperken opgenomen moeten worden in de dienst. Een P-bodemdienst zou zich in beginsel moeten richten op maatregelen die worden genomen op het niveau van het boerenbedrijf. Dit betekent dat we ons bij het ontwikkelen van een bodemdienst voorlopig niet richten op maatregelen die het bedrijfsniveau overstijgen, zoals bijvoorbeeld het aanleggen van een vloeiveld. Deze maatregel kan zinvol zijn voor het beperken van de P-emissie, maar het zal gecompliceerder zijn dit via een dienst te organiseren. Verder is tijdens de workshop aangegeven dat het van belang is dat een bodemdienst wordt ontwikkeld die laagdrempelig is, zodat de kans op een hoge participatie onder boeren aan wie gevraagd wordt de dienst te leveren groot is. Daartoe is het belangrijk dat de te ontwikkelen dienst flexibel is en niet te veel ingewikkelde voorschriften bevat. Het belang van flexibiliteit voor een hogere deelname van individuele deelnemers aan een dienst wordt onderschreven door Slangen et al. (2008).

In het kader van de tweede fase zou een selectie van zinvolle maatregelen moeten worden voorgelegd aan geïnteresseerde boeren, die daaruit o.a. op basis van de inpasbaarheid van de maatregelen op bedrijfsniveau een keuze kunnen maken. Per maatregel zou bekend moeten zijn wat de kosten ervan zijn en of ze in aanmerking komen om ze op te nemen in een bodemdienst.

Aangezien uit de voorgaande hoofdstukken naar voren kwam dat oppervlakkige afspoeling een aanzienlijke bijdrage kan leveren aan de P-emissie, is het zinvol om daar bij het selecteren van maatregelen rekening mee te houden. Noij (2008) heeft daartoe de onderstaande lijst met mogelijke maatregelen opgesteld. Het lijkt zinvol een selectie van maatregelen uit deze lijst te gebruiken en ze voor te leggen aan geïnteresseerde boeren.

0 Inrichting: voorkomen van slechte plekken nabij de sloot

- 0.1 veeverzamelplekken: opgang perceel, drinkbak, melkloopwagens, bijvoeren, etc.
- 0.2 kop/wendakkers en opgang perceel (rijsporen)
- 0.3 kavelpaden, looppaden en erfverhardingen
- 0.4 slechte plekken uit productie nemen
- 0.5 slootbagger verder uit de slootkant plaatsen

1 Blokkeren en opvangen van oppervlakkige afspoeling

- 1.1 Bezinkgreppel
- 1.2 Verhoging langs sloot
- 1.3 Greppels afdammen
- 1.4 Bezinkplaats inrichten, eventueel als helofytenfilter
- 1.5 Bufferstroken
- 1.6 Inrichten van niet schouwplichtige slootjes

2 Verhogen bergend vermogen van het maaiveld (tegen erosie)

- 2.1 terrasseren
- 2.2 egaliseren
- 2.3 mulchen
- 2.4 grondbewerking anders plannen (voor in plaats van na de winter)
- 2.5 vroege gewassen/rassen telen (oogst ruim voor de natte periode)
- 2.6 vanggewas telen in plaats van braak
- 2.7 minder slempgevoelige gewassen telen (betere bodembedekking: gras, graan)
- 2.8 tussengewas in de rij (betere bodembedekking)
- 2.9 grondbeweringsrichting parallel aan de sloot en dwars op helling (contour)
- 2.10 aparte grondbewerking van de strook naast de sloot (vaak ook tegen onkruid)

3 Verhogen infiltratiecapaciteit van de bodem, vooral de bovengrond

- 3.1 goede bodemstructuur handhaven met organische stof en bekalking
- 3.2 voorkomen structuurbederf met zware machines, verkeerde bandenspanning, berijden onder te natte omstandigheden
- 3.3 ploegzool of andere storende laag breken: diepploegen

4 aangepaste bemesting

- 4.1 injectie/onderwerken
- 4.2 rijenbemesting
- 4.3 synlocalisatie (meststoffen plaatsen op plekken waar het nodig is, zodat efficiëntie wordt verhoogd. Dit kan via rijenbemesting, maar ook via plaatsspecifieke (precisie)bemesting)
- 4.4 synchronisatie (optimaliseren van het tijdstip van de toediening van meststoffen; hierbij kan voor de akkerbouw o.a. worden gedacht aan het toedienen van dierlijke mest in het voorjaar en voor de melkveehouderij (grasland) aan het uitstellen daarvan tot bijvoorbeeld half maart).

De bereidheid van agrariërs om aan een blauwe-dienst-regeling deel te nemen is onderzocht door De Groot (De Groot & De Bruin, 2008). In het onderzoek is gekeken naar blauwe diensten die worden ingezet om de waterkwaliteit te verbeteren. Hierbij zijn de agrariërs de aanbieders van de blauwe dienst en de waterschappen de vragers van de dienst. De auteurs onderscheiden acht redenen om deel te nemen aan een blauwe dienst: In het onderzoek is gekeken naar maatregelen die ingezet kunnen worden om de waterkwaliteit te verbeteren:

- Investeringskosten voor machines, materiaal, landverlies en arbeid;
- Hoogte van de vergoeding;
- Mate van overlap van de belangen van een agrariër met een blauwe dienst;
- Gevolgen voor agrariër van mogelijke alternatieve maatregelen die waterschap gaat treffen om aan de waterkwaliteitsopgave te voldoen;
- Vertrouwen in de relatie die agrariërs aangaan met het waterschap;
- Verenigbaarheid met andere activiteiten;
- Mate van opbrengstderving; en
- Duidelijk contract voor de blauwe dienst .

De auteurs komen tot een aantal aanbevelingen om te participatie aan een blauwe dienst te vergroten:

- Stel een aantal mogelijke maatregelen vast die zowel bovenwettelijk zijn als toepasbaar (daar is met bovenstaande lijst een begin mee gemaakt);
- Speel in op motivaties van agrariërs om mee te doen, de motivering is niet alleen financieel en met

het inspelen op de motivatie kan de acceptatiegraad en deelname van de dienst worden vergroot door bijsturing;

6.2 *Naar een bodemdienst fosfaatuitmijning*

6.2.1 Algemeen

Voorlopig is een eerste verkenning uitgevoerd t.b.v. het genereren van een bodemdienst P-uitmijning, aangezien uit de vorige hoofdstukken is gebleken dat dit een goede brongerichte maatregel is en omdat het aansluit bij eerdere ervaringen (Moolenaar & Postma, 2008). Het ligt voor de hand om hiertoe aan te sluiten bij de Catalogus Groenblauwe Diensten (Van Moorsel et al., 2007). De Catalogus groenblauwe diensten is een overzicht van vergoedingen die overheden in Nederland mogen geven aan grondeigenaren die een groenblauwe dienst leveren. Deze vergoedingen zijn aan een maximum gebonden om oneerlijke staatssteun te voorkomen. Het voorkomen van oneerlijke staatssteun is een wereldwijde afspraak; de Europese Commissie ziet er nauwlettend op toe dat de lidstaten, en dus ook Nederland, deze afspraak nakomt.

Als Nederlandse overheden groenblauwe diensten willen vergoeden, dan kunnen ze met de Catalogus groenblauwe diensten zelf regelingen opstellen voor grondgebruikers. Bij gebruik van de catalogus hoeft vooraf geen toestemming te worden gevraagd aan de Europese commissie voor de dienst. De diensten kunnen gaan over natuur en landschap, maar ook over cultuurhistorie, recreatie en waterbeheer.

De catalogus is een flexibel instrument. Jaarlijks bestaat de mogelijkheid om de catalogus aan te passen naar de wensen van de gebruikers. Hiervoor is natuurlijk wel de goedkeuring nodig van de Europese Commissie. De catalogus is opgesteld door de gezamenlijke provincies (IPO) en het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). Hierbij is nauw overleg geweest met de Europese Commissie. De Europese Commissie heeft de eerste versie van de catalogus in februari 2007 goedgekeurd.

Aangezien fosfaatuitmijning nog niet opgenomen is in de Catalogus, dient nagegaan te worden of het mogelijk is hiervoor een dienst aan te maken. Hiertoe kan een aanvraag worden ingediend (zie verder).

6.2.2 Andere ervaringen

Er is gekeken naar vergelijkbare situaties, waarbij bodemdiensten worden ontwikkeld en/of al in de praktijk worden toegepast. Daarbij gaat het om de volgende studies:

- Bodemdienst fosfaatuitmijning ter voorbereiding van voormalige landbouwgronden op natuurontwikkeling (o.a. Moolenaar & Postma, 2008). Hierbij gaat het dus om dezelfde maatregel die wordt ingezet voor een ander doel, namelijk het verlagen van de fosfaattoestand in de bodem, zodat de ontwikkeling van de gewenste natuur kan worden ingezet. De situatie is echter nogal verschillend, aangezien hier functieverandering aan de orde is, waarbij de fosfaatuitmijning wordt uitgevoerd in het kader van inrichting. De functie van de betreffende grond is primair natuur, en dus niet meer gericht op landbouwkundige productie. Dit betekent bijvoorbeeld dat er geen sprake is van mestplaatsingsruimte op de betreffende gronden en dat er dus ook geen vergoeding kan worden gegeven voor de afvoer van mest. Hetzelfde geldt voor een eventuele opbrengstderiving en/of voor kosten die gepaard gaan met de gewasproductie. Dit behoort niet tot de primaire functie/bestemming

van de grond en kosten hiervoor kunnen dus niet worden opgevoerd t.b.v. de dienst. In het geval het gaat om landbouwgronden, waarvan de P-emissie naar oppervlaktewater gereduceerd dient te worden, zou dat wel kunnen. In beide gevallen kunnen kosten voor het nemen en analyseren van grondmonsters t.b.v. monitoring wel worden opgevoerd (zie verder).

- Door PPO en Aequator is gekeken om t.b.v. de kostenberekening van een bodemdienst voor archeologie bij Schokland gebruik te maken van de systematiek in de Catalogus Groenblauwe Diensten (Schreuder et al., 2008). Conclusie uit het rapport was dat dit mogelijk is op basis van het berekenen van de consequenties van de maatregelen voor het bouwplansaldo. Dit betekent dat de hoogte van de vergoeding afhankelijk is van het oorspronkelijke bouwplan en wijzigingen daarin ten gevolge van de voorgestelde maatregelen.
- In Vlaanderen, België is de beheerovereenkomst water van kracht (Polman, 2008) waarin boeren vrijwillig kunnen deelnemen aan de beperking van nitraatmissie naar grond- en oppervlaktewater. De regeling is van kracht voor kwetsbare gebieden (ca 60.000 ha) en er is sprake van een resultaatverplichting: de landbouwer ontvangt uitsluitend een vergoeding als het nitraatresidu (de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem na de oogst) beneden een bepaalde grenswaarde ligt. Verder zijn er nog een aantal aanvullende voorwaarden en de boer dient een bemestings- of begrazingsregister bij te houden. De vergoeding bedraagt maximaal 520 euro per ha voor grasland en 379 euro per ha voor bouwland en de vergoeding wordt minder naarmate men verder van de doelen uitkomt. Boetes zijn ook mogelijk. In 2005 werd met ruim 25.000 ha deelgenomen aan de regeling voor de beheerovereenkomst water. De beheerovereenkomst water kan een goed model zijn voor de toekomstige bodemdienst P-uitmijning, maar uiteraard zijn er aanpassingen nodig voor de Nederlandse situatie en omdat het hier gaat om fosfaat en niet om stikstof (voor meer informatie over de Vlaamse beheerregeling zie http://www.vlm.be/algemeen/diensten/Plattelandsontwikkeling/Programmas/Documents/PDPOII_versie_5_20071023.doc).

6.2.3 Aspecten van belang voor een bodemdienst

Aspecten die van belang zijn bij een bodemdienst fosfaatuitmijning zijn:

1. Ingrediënten van de bodemdienst
2. Afstemming met wet- en regelgeving
3. Belangstelling vragers en aanbieders
4. Gebieden waarvoor dienst beschikbaar moet komen
5. Vergoedingen en financiering
6. Mogelijkheden voor juridische en wettelijke vastlegging van de dienst.

Deze aspecten worden in de navolgende paragrafen beschreven.

6.2.4 Ingrediënten van een bodemdienst fosfaatuitmijning

In de inleiding van dit rapport is uitmijning gedefinieerd als “het telen van een gewas met het volledig achterwege laten van een P-bemesting in combinatie met een toediening van stikstof (N) en kalium (K) volgens gewasbehoefte, zodat daarmee de gewasontwikkeling van P op peil wordt gehouden”. In de bijeenkomsten van het consortium in het najaar van 2008 is gesproken over tussenvormen, waarbij aan de orde werd gesteld dat ook minder vergaande vormen van P-uitmijning, waarbij dus nog wel een (beperkte) hoeveelheid P wordt aangevoerd, onder de definitie zou kunnen vallen. Het is denkbaar dat de vergoeding die in het kader van een bodemdienst beschikbaar wordt gesteld, afhankelijk is van de mate van P-uitmijning. Een vergelijkbare systematiek wordt ook gehanteerd in de Beheerovereenkomst Water in Vlaanderen. Dit aspect wordt meegenomen bij het uitwerken van de dienst.

Fosfaatuitmijning betekent het volgende voor het management op landbouwpraktijkbedrijven:

- Het telen en oogsten van een gewas. In het geval van akkerbouwgewassen, dienen gewasresten bij voorkeur zo volledig mogelijk te worden verwijderd. Voor grasland betekent dat maaien en afvoeren en (in principe) dus niet beweiden;
- Ten aanzien van de bemesting, dienen alle nutriënten (vooral N en K), behalve P, volgens behoefte te worden toegediend. Daarbij kan gebruikt worden gemaakt van de bemestingsadviezen (CBGV, 2008 en Van Dijk & Van Geel, 2008), waarin de benodigde meststofgift is gebaseerd op het te telen gewas, de grondsoort en nutriëntenstatus van het betreffende perceel.
- Aangezien er geen P toegediend dient te worden, dient er ook geen (onbewerkte) dierlijke mest te worden gebruikt. Ook na een eenvoudige mestscheiding, bevat de dunne fractie van dierlijke mest nog teveel P om toegepast te worden.

Met name het laatste punt zal voor veel praktijkbedrijven op zandgrond in Zuid en Oost Nederland nogal ingrijpend zijn. Voor melkveehouderijbedrijven betekent het veelal dat (extra) mest van het bedrijf moet worden afgevoerd of elders binnen het bedrijf moet worden ingezet en voor akkerbouw- en/of tuinbouwbedrijven zonder veehouderij dat er geen of minder dierlijke mest kan worden aangevoerd. In het geval van mestafvoer betekent dat, dat er kosten gemaakt moeten worden en/of en in het geval van de verminderde mogelijkheden van mestaanvoer dat er sprake is van gederfde inkomsten.

Zoals in de voorgaande hoofdstukken is aangegeven, is fosfaatuitmijning een brongerichte maatregel, waarvan het effect op het verminderen van de P-emissie naar het oppervlaktewater nog onzeker is. Dit is onder andere afhankelijk van de bijdrage van de verschillende verliesprocessen aan de totale emissie, die afhankelijk zal zijn van de specifieke omstandigheden. In het geval oppervlakkige uit- en afspoeling een grote bijdrage levert aan de totale emissie, zal P-uitmijning snel tot een verminderde P-emissie kunnen leiden. In het geval diepere uitspoeling belangrijker is, zal het langer duren voordat P-emissie tot effect leidt. Verder zal ook de mate waarin het gedrag van P in de bodem wordt gebufferd, wat wordt bepaald door bodemeigenschappen, van invloed zijn op het effect van uitmijning op het reduceren van de emissie. In Hoofdstuk 5 is een voorbeeldberekening gepresenteerd van Van Middelkoop et al. (2007), waarin de P-uitspoeling uit de wortelzone door uitmijning (P-bemestingsoverschot = 100 kg P₂O₅/ha) op zandgronden op grasland te Heino en Cranendonck met 30-45% wordt gereduceerd ten opzichte van een P-bemestingsoverschot van 40 kg P₂O₅/ha.

Een vraag die ook nog beantwoord moet worden hoe de vergoeding kan worden bepaald, en of de beloning wordt gebaseerd op een inspannings- dan wel resultaatverplichting. Op de berekening van de vergoeding wordt in een van de volgende paragrafen ingegaan. In de Beheersovereenkomst Water in Vlaanderen is de grondslag voor de beloning een combinatie van een inspannings- en resultaatverplichting: enerzijds moet via een boekhouding worden bijgehouden wat de uitgevoerde bemesting is en anderzijds wordt gekeken naar de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem in het najaar. Voor fosfaat is dit laatste wat lastiger te realiseren, zodat een inspanningsverplichting hier meer op zijn plaats lijkt. Het is wel zinvol de mogelijkheden van een resultaatverplichting verder te verkennen, bijvoorbeeld door dit mee te nemen in de praktijkpilots van fase 2.

6.2.5 Afstemming met wet- en regelgeving

Een belangrijke voorwaarde is dat de bodemdienst bovenwettelijk is. In het geval van P-uitmijning betekent dat dat de maatregel verder moet gaan dan de P-gift die wettelijk is toegestaan. Dit is geregeld

via de gebruiksnormen, die onderdeel uitmaken van het Nederlandse mestbeleid. Daarbij is sprake van de generieke eindnormen van 60 en 90 kg P₂O₅ per ha voor respectievelijk bouwland en grasland in 2015. Op dit moment wordt in het kader van het vierde Nitraatactieprogramma aan een differentiatie van deze normen voor de periode 2010-2013, in afhankelijkheid van de bodemtoestand. Dit betekent dat op gronden met een hoge P-toestand minder P mag worden aangevoerd dan op gronden met een lage P-toestand. Zoals in de inleiding al is aangegeven zal dit waarschijnlijk worden beperkt tot een bijstelling van de generieke norm met 10-20 kg P₂O₅ per ha naar boven en/of naar beneden. Dit is dus een zeer milde vorm van P-uitmijning, waarbij er nog voldoende ruimte overblijft om een stap verder te gaan (bijvoorbeeld via een bodemdienst).

Verder moet worden bedacht dat de P-gebruiksnormen betrekking hebben op het bedrijfsniveau, terwijl het denkbaar is dat de bodemdienst P-uitmijning betrekking heeft op het niveau van het perceel. Als enkele percelen van een landbouwbedrijf zijn gelegen in een kwetsbaar gebied (bijvoorbeeld een beekdal), zal een waterbeheerder die verantwoordelijk is voor de waterkwaliteit van die beek, graag zien dat de boer op die betreffende percelen maatregelen neemt ter reductie van de P-emissie, bijvoorbeeld via uitmijning. De boer zal dit relatief eenvoudig uit kunnen voeren door de op het bedrijf aanwezige mest te herverdelen over zijn percelen, waarbij geen mest wordt aangewend op de percelen langs de beek, en er wat extra mest wordt aangewend op de overige percelen, die niet in het kwetsbare gebied zijn gelegen. Voorwaarde hiervoor is dat de P-toestand van de grond op die percelen niet te hoog is en een verhoogde P-gift vanuit landbouwkundig oogpunt rechtvaardigen. In dat geval zijn de te maken kosten beperkt, aangezien geen extra mest van het bedrijf afgevoerd hoeft te worden. Wel zal extra kunstmest in de vorm van stikstof en kali aangevoerd moeten worden ten behoeve van de uit te mijnen percelen.

6.2.6 Belangstelling vragers en gebieden waarvoor de dienst beschikbaar moet komen

Tijdens de workshop op 28 november 2008 is de belangstelling gepolst van Ministeries, Provincies en/of Waterschappen om op te treden als vrager voor een Bodemdienst Fosfaat. Zijn ze bereid om financiën beschikbaar te stellen voor boeren, die in ruil daarvoor een bodemdienst of blauwe dienst uitvoeren? Belangrijk punt hierbij is welke partij primair als probleemhouder aangemerkt dient te worden. Daarbij is er nog de nodige onduidelijkheid over verantwoordelijkheden van nationale en regionale overheden m.b.t. de kwaliteit van oppervlaktewater en de rol van de landbouw daarbij. Een interessante ontwikkeling is dat er in het kader van de herziening van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) vrij veel aandacht wordt besteed aan het belonen van maatschappelijke diensten. In de notitie "Houtskoolschets Europees Landbouwbeleid 2020" (LNV, 2008) beschrijft de Minister van LNV de mening van het kabinet aangaande het toekomstig Europees Landbouwbeleid. Eén van de kernelementen daarbij is dat er in de toekomst (tot 2020) "een systeem zal komen waarin een marktgerichte beloning zal zijn opgenomen voor agrarische activiteiten voor een zichtbare realisatie en instandhouding van maatschappelijke waarden en waarvan de prestaties 'bovenwettelijk' zijn", onder andere op het gebied van groene en blauwe diensten. Maatregelen ter verbetering van de milieukwaliteit vallen onder de aanduiding groene en blauwe diensten.

De Minister merkt op dat het nieuwe beleid en de financiering ervan tot stand moeten komen binnen een Europees kader met ruimte voor nationaal /regionaal maatwerk. Een nationale (co-)financiering wordt als mogelijkheid beschouwd. Voor de groene en blauwe diensten merkt de Minister op dat vanaf 2010 er een begin kan worden gemaakt met financiële ondersteuning van deze diensten, waarna de ondersteuning kan worden uitgebreid naar 2020.

Interesse van regionale partijen voor een Bodemdienst fosfaat is sterk gekoppeld aan de aanwezigheid van knelpunten m.b.t. het P-gehalte in oppervlaktewater. Dat dit knelpunt niet overal even groot is is gebleken uit een inventarisatie in het deelstroomgebied Rijn-Oost. Daar is geen groot probleem met P in het stromend water en ook niet in het eerste stagnante water van het deelstroomgebied: het Zwarte Meer.

De focus moet dus liggen op situaties waar sprake is van knelpunten. In Gelderland wil men zich vooral richten op de kwetsbare gebieden, zoals Natura 2000 gebieden en de HEN-wateren. Dit is dus een heel duidelijke afbakening, waarvoor men de dienst beschikbaar zou willen maken. Er kan gebruik worden gemaakt van ILG-gelden.

In Limburg is er subsidiegeld (3,5 miljoen euro) beschikbaar voor het nemen van bovenwettelijke maatregelen die bijdragen aan de verbetering van waterkwaliteit. Een P-bodemdienst of een helofytenfilter zou eventueel in de regeling opgenomen kunnen worden.

Wat betreft de gebieden waarvoor de dienst beschikbaar moet komen, dienen criteria beschikbaar te komen waarmee een selectie van de meest urgente gebieden kan worden gemaakt. Een aanzet hiervoor kan er als volgt uitzien:

- P-toestand bodem: op perceelsniveau kan hiertoe gebruik worden gemaakt van landbouwkundige parameters, zoals P-PAE, Pw en P-AL en van de fosfaatverzadigingsgraad. Bij voorkeur zijn deze beschikbaar voor verschillende diepten.
- Hydrologische omstandigheden, waarvoor informatie over grondwatertrappen kan worden gebruikt. Zoals eerder aangegeven (paragraaf 3.5) leidt het gebruik van een GHG binnen de 40 cm bij de identificatie van gevoelige gebieden tot de aanwijzing van gebieden met een grondwatertrap III en III* (GHG < 40 cm –mv, GLG 80-120 cm –mv) tijdens een groot deel van het jaar en grondwatertrappen V en V* (GHG < 40 cm –mv, GLG >120 cm –mv) tijdens het natte deel van het jaar
- De nabijheid van kwetsbare gebieden, zoals Natura 2000-gebieden en HEN-wateren, die o.a. van invloed zijn op de waterkwaliteitsnormen en de opgave in relatie tot de P-emissie vanuit de landbouw.

De eerste twee criteria zijn ook gebruikt bij de identificatie van fosfaatverzadigde en fosfaatlekkende gronden. Informatie over de ligging van fosfaatlekkende gronden, kan in combinatie met het derde criterium (kwetsbare gebieden) ook worden gebruikt voor het aanwijzen van de gebieden waarvoor de dienst in eerste instantie beschikbaar zou moeten komen.

6.2.7 Berekening van de benodigde vergoeding voor de bodemdienst

Ten behoeve van de berekening van de benodigde vergoeding voor de bodemdienst is het van belang of de uitmijning op het hele bedrijf uitgevoerd wordt op slechts enkele percelen die in een kwetsbare zone zijn gelegen. In het laatste geval kunnen de kosten worden beperkt, aangezien de mest binnen het bedrijf kan worden herverdeeld.

Vergoedingsgrondslagen in het kader van de systematiek van de Catalogus Groenblauwe Diensten zijn opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- -Investeringen (aanleg);
- -Extra kosten (onderhoud, monitoring, professionalisering en organisatie);

- -Inkomstenderving (inzet van grond: opbrengstderving / waardedaling);
- -Transactiekosten (bijkomende kosten);
- -Baten (eventuele inkomsten).

In de praktijk betekent dit voor uitmijning dat er vooral kosten gemaakt dienen te worden t.b.v. extra kosten, inkomstenderving en transactiekosten. De kosten hebben voor een bedrijf met eigen mest betrekking op de eventuele afzet van mest en de aankoop van kunstmest. Voor een bedrijf zonder mest zal sprake zijn van inkomstenderving, doordat geen mest kan worden aangevoerd naar het bedrijf (in Nederland levert dit in 2008 in vrijwel alle gevallen geld op) en dienen extra kosten gemaakt te worden door de aanschaf van kunstmest.

Er zijn enkele berekeningen uitgevoerd voor een melkveehouderijbedrijf die zullen worden gebruikt als basis voor de vergoedingen in de praktijkpilots in fase 2.

Uitgangspunt is dat er normaalgesproken op alle percelen (grasland en maïs) 50 ton dunne rundermest per ha wordt aangewend. Dit is binnen de huidige gebruiksnormen mogelijk. De hoeveelheid nutriënten die daarmee worden aangevoerd, zijn weergegeven in Tabel 6.1.

Tabel 6.1. Aanvoer van N, P en K met 50 m³ dunne rundermest.

gift, t/ha	samenstelling rdm, kg/m ³			toediening van N, P en K, kg/ha			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	N-werkzaam	P ₂ O ₅	K ₂ O
50	4,4	1,6	6,2	220	132	80	310

In de toekomst zal uitmijning uitgevoerd kunnen worden na mestscheiding, waarbij dan alleen de dunne N- en K-houdende fractie wordt toegepast op het perceel/bedrijf, en de P-houdende dikke fractie wordt afgevoerd. De hiervoor gebruikte techniek bepaalt de mate van scheiding van de fracties, de samenstelling ervan en de kosten voor de mestscheiding. Voorlopig wordt t.b.v. het uitvoeren van uitmijning echter uitgegaan van het afvoeren van mest en het toedienen van N en K via kunstmest.

Ten behoeve van de kostenberekening kan onderscheid worden gemaakt naar:

- Kosten voor afvoer mest,
- Kosten voor aankoop kunstmest,
- Kosten voor opbrengstderving,
- Kosten voor niet beweiden.

Ad 1.

In het geval 50 ton/ha mest afgevoerd dient te worden van het bedrijf, bedragen de kosten bij een prijsniveau van 15 euro per ton af te voeren mest 750 euro per ha voor mestafzet.

Ad 2.

Daarnaast is sprake van aankoopkosten voor kunstmest. Uitgangspunt daarbij is dat de hoeveelheid werkzame-N en K die normaalgesproken met 50 m³ runderdrijfmest (rdm) wordt aangevoerd nu met kunstmest wordt toegediend (Tabel 6.2).

Tabel 6.2. Kosten van de aanschaf van kunstmest voor het toedienen van N en K.

Nutriënt	meststof	kg nutriënt/ ha	kg meststof/ha	prijs meststof, 1) €/100 kg	Kosten, €/ha
N	Kalkammon-salpeter	132	489	45,90	224
K ₂ O	Kornkali, 40% K ₂ O, 6% MgO, 4% SO ₃	310	775	52,60	408
Totaal					632

1) Prijsniveau van okt. '08 (Bron: Agri-Monitor van LEI, dec. '08 en info Agrarische Unie).

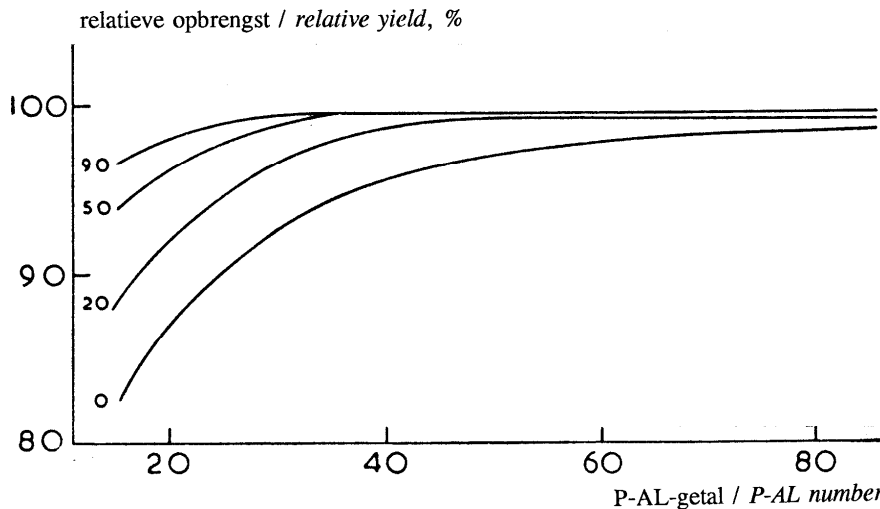
Ten behoeve van de kalibemesting is uitgegaan van Kornkali, aangezien daar tevens Mg en S mee wordt aangevoerd.

De extra kosten voor de (extra) aankoop van kunstmest bedragen dus 632 euro per ha.

Ad 3.

Kosten voor opbrengstderving die worden veroorzaakt door het achterwege laten van een P-bemesting zijn vooral afhankelijk van de P-toestand van de bodem. In het algemeen zal uitmijning vooral worden uitgevoerd op percelen met een hoge P-toestand, maar het komt ook voor dat sprake is van fosfaatlekkende grond bij relatief lage P-toestanden. Als deze gronden worden uitgemijnd is er een risico aanwezig van opbrengstderving. Voor zandgrasland is dit geïllustreerd met Figuur 6.1.

Figuur 6.1. Verband tussen het P-AL-getal in de laag 0-5 cm en de relatieve opbrengst van



zandgrasland bij verschillende P-bemesting. Opbrengst bij 140 kg P₂O₅ ha⁻¹ = 100 (Agterberg & Henkens, 1995).

Uitgaande van een maximale opbrengstderving van 10%, betekent op grasland een opbrengstderving van circa 1100 kg drogestof/ha. Bij een prijs van 0,15 €/kg ds betekent dat 1100 * 0,15 € = 165 €/ha.

Ad 4.

Niet beweiden leidt tot een wat opener zode. Andere percelen moeten dan extra beweid worden en mogelijk moet er een keer extra bossen worden gemaaid. Voorgesteld wordt voor het niet beweiden een bedrag van 100,- €/ha beschikbaar te stellen.

De kosten van fosfaatuitmijning op een melkveehouderijbedrijf kunnen worden berekend uit de

voorgaande posten. De kosten zullen dan maximaal $750 + 630 + 165 + 100 = 1645$ euro/ha bedragen. Veel waarschijnlijker is het echter dat de kosten in de praktijk lager zullen zijn, doordat:

- In de toekomst gebruik kan worden gemaakt van mestscheiding, waardoor de kosten voor mestafvoer wegvallen of veel lager zijn;
- De mest op andere percelen binnen het bedrijf kan worden aangewend en dus niet afgevoerd hoeft te worden;
- Er geen volledige uitmijning (P-aanvoer = 0) wordt uitgevoerd;
- Er geen sprake is van opbrengstderving, aangezien de P-toestand hoog is.

In het geval geen mest van het bedrijf afgevoerd hoeft te worden en er geen sprake is van opbrengstderving, bedragen de kosten voor grasland circa 730 euro/ha en voor maïsland 630 euro/ha.

Naast deze kosten voor de afzet van mest, de aankoop van kunstmest en opbrengstderving, dienen er kosten te worden gemaakt t.b.v. de monitoring van de fosfaattoestand in de bodem. Dit is in ieder geval aan de orde bij de uitvoering van de praktijkpilots, maar mogelijk ook in de toekomst als de dienst gereed is. Het laatste is het geval als grondonderzoek wordt gebruikt als basis voor de vergoeding (resultaatverplichting). Dit zal worden uitgewerkt in de aanvraag voor een bodemdienst fosfaatuitmijning die in het kader van fase 2 zal worden gedaan

Mogelijkheden voor juridische en wettelijke vastlegging van de dienst

In paragraaf 6.2.1. is reeds aangegeven dat, als de dienst is opgenomen in de Catalogus Groenblauwe Diensten, is voldaan aan de staatssteuntoets. Aangezien er op dit moment geen dienst fosfaatuitmijning is beschreven in de CGBD, zal daartoe een aanvraag voorgelegd moeten worden aan DLG/IPO, die het na beoordeling eventueel voor zullen leggen (melden) aan de Europese Commissie. Zoals aangegeven is er een jaarlijkse aanpassing mogelijk van de CGBD. Daartoe moet de aanvraag in het voorjaar van 2009 (vóór 1 april) bij IPO/DLG worden ingediend.

In overleg met de afdeling Juridische Zaken van het Ministerie van LNV zijn voor de komende periode de volgende acties gedefinieerd:

- 1) kan er een groenblauwe dienst van worden gemaakt?
- 2) moet er een melding worden gedaan? (in het geval van nieuwe regeling in de CGBD wordt dit verzorgd door IPO/DLG;
- 3) moet er nog regelgeving voor worden opgesteld? Zo ja, op welk niveau (Rijk, Provinciaal)?

Ten behoeve van de planning van een en ander dient rekening gehouden te worden met de vaste verandermomenten. In het geval IPO/DLG in het voorjaar van 2009 een positieve beoordeling geven ten aanzien van de aanvraag voor een bodemdienst fosfaatuitmijning, dan moet dat vervolgens in de zomer/het najaar worden voorgelegd aan de Europese Commissie.

Eventuele wijziging van regelgeving kan pas daarna in gang worden gezet. Hierbij is steeds sprake van een termijn van 3 maanden. Een aanvraag voor een verandering van regelgeving die voor 1 oktober wordt ingediend, treedt op zijn snelst in werking per 1 januari, etc.

6.3 *Mogelijkheden voor het stimuleren van maatregelen: praktijkpilots*

Om op korte termijn in het kader van de praktijkpilots al te kunnen experimenteren met de maatregelen is in overleg met de afdeling Juridische Zaken van het Ministerie van LNV nagegaan hoe dat zou

kunnen. Daartoe is nagegaan wat er in het kader van de minimis-verordening mogelijk is. Er zijn twee minimis verordeningen die van toepassing kunnen zijn:

- Verordening 1535/2007--> Deze geldt voor ondernemingen die actief zijn op het gebied van de primaire productie van landbouwproducten. Landbouwproducten zijn de in bijlage I van het EG-Verdrag genoemde producten. Bijlage I: http://eur-lex.europa.eu/nl/treaties/dat/12002E/htm/C_2002325NL_015701.html
- Verordening 1998/2006--> Is onder bepaalde voorwaarden van toepassing op de afzet en verwerking van landbouwproducten.

Om te bepalen welke verordening van toepassing is moeten we kijken naar de bedrijven waar het in kwestie omgaat. Het gaat om melkveehouders en of akkerbouwers, wat dus ondernemingen zijn die actief zijn op het gebied van de primaire productie van landbouwproducten. Verordening 1535/2007 is dus van toepassing. Enige informatie over de werkingssfeer, voorwaarden en controle is hieronder weergegeven.

Werkingsfeer:

- De verordening is van toepassing op steun die aan ondernemingen van landbouwproductiesector wordt verleend, met uitzondering van:
 - 1) steun waarvan het bedrag is vastgesteld op basis van de prijs of de hoeveelheid van de op de markt gebrachte producten;
 - 2) steun voor werkzaamheden die verband houden met de uitvoer, met name steun die rechtstreeks gekoppeld is aan de uitgevoerde hoeveelheden, de oprichting en exploitatie van een distributienet of ander lopende uitgaven in verband met uitvoeractiviteiten;
 - 3) steun die afhangt van het gebruik van binnenlandse in plaats van ingevoerde producten;
 - 4) steun verleend aan ondernemingen in moeilijkheden.

Voorwaarden:

Als de steun voldoet in de in de Verordening gestelde voorwaarden, hoeft geen melding richting Brussel gedaan te worden. *Enkele* voorwaarden (dus niet alle) zijn:

- Het steunbedrag is maximaal €7500 over een periode van *drie* belastingjaren. Dit plafond is van toepassing ongeacht de vorm en het doel van de steun.
- Het gecumuleerde bedrag van de minimissteun die een lidstaat over een periode van drie belastingjaren aan de ondernemingen van de landbouwproductiesector toekent, mag niet hoger zijn dan het in de bijlage vastgestelde bedrag (165 322 500 euro).
- Het gaat bij de steun om brutobedragen voor aftrek van belastingen of andere heffingen.
- Deze verordening is alleen van toepassing op steun waarvan, ongeacht de vorm ervan, het bruto-subsidie equivalent vooraf precies kan worden berekend zodat een risicoanalyse hoeft te worden uitgevoerd.
- De minimissteun mag niet worden gecumuleerd met staatssteun voor dezelfde in aanmerking komende uitgaven indien deze cumulering ertoe leidt dat de steunintensiteit hoger uitkomt dan de intensiteit die voor de specifieke omstandigheden van elke zaak bij de communautaire regelgeving is vastgesteld.

Controle:

De lidstaat zal bij de verlening van de steun, de onderneming schriftelijk in kennis moeten stellen van het potentiële steunbedrag (uitgedrukt als brutosubsidie-equivalent) en van het feit dat het gaat om

minimissteun waarbij wordt verwezen naar deze verordening. De lidstaat zal van de betrokken onderneming een schriftelijke of elektronische verklaring ontvangen over alle andere in de twee voorafgaande belastingjaren en in het lopende belastingjaar ontvangen steunbedragen. Ook zal elke onderneming een verklaring moeten indienen waarin staat dat de vastgestelde plafonds niet worden overschreden.

7 Conclusies

- De fosfaatverzadigingsgraad van landbouwgronden speelt een belangrijke rol bij de fosfaatemissies naar het oppervlaktewater;
- Met een toename van de fosfaatverzadigingsgraad neemt ook het fosfaatgehalte in het bodemvocht toe, waardoor het risico van fosfaatemissie toeneemt;
- De relatie tussen fosfaatverzadiging van landbouwgronden en de fosfaatemissie naar oppervlaktewater is complex en hierover zijn weinig empirische data beschikbaar. Hydrologische omstandigheden (bijvoorbeeld de gemiddeld hoogste grondwaterstand, GHG) spelen hierbij een belangrijke rol, zoals naar voren komt in het concept van de fosfaatlekkende gronden;
- Een groot deel (50-60%) van de landbouwgronden in Nederland is fosfaatverzadigd;
- De hoogste urgentie voor het verlagen van de fosfaatemissie uit landbouwgronden is aanwezig in hydrologische beïnvloedingszones rond Natura 2000-gebieden, in beekdalen en andere gebieden op zand in Zuid- en Oost Nederland met ongunstige hydrologische omstandigheden;
- Oppervlakkige af- en uitspoeling, de zogenaamde snelle transportroute, lijkt in stroomgebieden op zandgronden een belangrijke bijdrage te leveren aan de fosfaatemissie van landbouwgronden naar oppervlaktewater. Fosfaatemissie treedt met name op in pieken en neemt toe met een toenemende vochtigheid van de bodem.
- maatregelen om de fosfaatemissie te beperken dienen zich voor een belangrijk deel te richten op deze snelle transportroutes.
- fosfaatuitmijning is een interessante maatregel, omdat het een belangrijke brongerichte maatregel is om de fosfaatemissie uit fosfaatverzadigde gronden te beperken.
- De effectiviteit van fosfaatuitmijning zal verschillen naar gelang de omstandigheden en is met de nodige onzekerheden omgeven, maar modelberekeningen laten goede mogelijkheden zien.
- De kosten van uitmijning bestaan in de akkerbouw vooral uit opbrengstderving en verhoogde kosten door meer kunstmestgebruik. In de melkveehouderij bestaan de kosten vooral uit een verlaagde arbeidsopbrengst en stijgende kosten voor loonwerk voor ruwvoederwinning (door opstallen van het vee, dat samenhangt met uitmijning) en mestafzet.
- Naast uitmijning zijn andere maatregelen die gericht zijn op het tegengaan van oppervlakkige afspoeling interessant.
- Het is zinvol een bodemdienst fosfaat te ontwikkelen. Voor uitmijning lijkt dit goed mogelijk. Voor andere maatregelen moet dit nog worden bezien.
- Bij potentiële vragers van de bodemdienst is interesse voor het genereren van zo'n dienst voor kwetsbare gebieden, waarbij het van belang is dat de fosfaatemissie wordt gereduceerd.
- Het (verder) onderzoeken van draagvlak voor een bodemdienst fosfaatuitmijning bij potentiële vragers (overheden) en aanbieders (agrariërs) is zinvol en nodig.
- De praktijkpilots die zijn voorzien voor fase 2 van het project lenen zich goed voor het onderzoeken van draagvlak voor de dienst bij agrariërs. Informatie uit de praktijkpilots kan tevens worden gebruikt bij het zodanig vormgeven van de dienst dat de kans op een hoge participatie wordt gemaximaliseerd

Literatuur

- Agterberg GC & Henkens PLCM (1995) Grondslagen van het fosfaatbemestingsadvies op grasland. Meststoffen 1995, NMI, Wageningen, 12-23.
- Antheunisse M, Bos E, Verhoeven L & Hefting M (2008) Moerasbufferstroken: potenties voor nutriëntenverwijdering en economisch rendement. H₂O, nr. 20, p49-52.
- CBGV (2008) Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen. Commissie bemesting grasland en voedergewassen. Animal Sciences Group van Wageningen UR, Lelystad, 174 pp.
- Chardon WJ (2008) Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling. Een studie in het kader van 'Bodemdiensten'. Alterra-rapport 1683, 25 pp.
- Chardon WJ en Schoumans OF (2007) Soil texture effects on the transport of phosphorous from agricultural land in river deltas of Northern Belgium, The Netherlands and North-West Germany. Soil use and management, vol 23, (suppl. 1) p 16-24.
- De Groot R & De Bruin E (2008) Onderzoek naar blauwe diensten in het waterkwaliteitsbeheer. H₂O, nr. 17, p12-13.
- Den Boer DJ, Middelkoop J & Chardon WJ (2001) Analyse verandering fosfaattoestand en berekening uitspoeling in afhankelijkheid van gebruik en bodemvruchtbaarheid. NMI-rapport 364.97, 51 pp.
- Ehlert PAI en Koopmans G (2004) Fosfaatkarakteristieken van de bodem van de kernbedrijven Meterik en Vredepeel. Een gedetailleerd beeld van het bodemprofiel. Telen met Toekomst tmt OVO404. Plant Research International, 46 pp.
- Ehlert PAI, Middelkoop JC, Van der Salm C & Dekker PHM (2008) Effecten van fosfaatoverschotten op gras- en bouwland op langere termijn. Stand van zaken 2007. Alterra-rapport 1665, 82 pp.
- Europese Gemeenschap (2000) Richtlijn 2000/60/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 oktober 2000 tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid. PB L 372 van 22.12.2000. 72 pp.
- Fraters B, Reijs JW, Van Leeuwen TC & Boumans LJM (2008) Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid. Resultaten van de monitoring van de waterkwaliteit en bemesting in het meetjaar 2006 in het derogatienetwerk. RIWM rapport 680717001/2008, 49 pp.
- Heinis F en Evers CHM (2007) Afleiding getalswaarden voor nutriënten voor de goede ecologische toestand voor natuurlijke wateren. Stowa-rapport 2007-02. 60 pp.
- Hendriks RFA, Kruijne R, Roelsma J, Oostindie K, Oosterom HP & Schoumans OF (2002) Berekening van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater vanuit landbouwgronden in vier poldergebieden. Alterra-rapport 408, 119pp.
- Jaarsma NJ, Klinge M & Lamers L (2008) Van helder naar troebel...en weer terug. Een ecologische systeemanalyse en diagnose van ondiepe meren en plassen voor de kaderrichtlijn water. STOWA-rapport 2008-04.
- Kloen H, Sloot P, Van de Weijden L, Verschuur G & Hanegraaf M (2006) Maatschappelijke vraag naar bodemdiensten in de landbouw. LNV-rapport DP-36898, 87 pp.
- Klok C, Römken PFAM, Naeff HSD, Arts GHP, Runhaar J, Van Diepen CA & Noij IGAM (2003) Gebiedsgerichte milieumaatregelen voor waterkwaliteit en natuur in Reconstructiegebieden van Noord-Brabant. Alterra-rapport 635, 72 pp.
- Koopmans GF, Schoumans OF & Chardon WJ (2003) The use of indicators for the identification of phosphorous transfer from agricultural land to surface waters. Alterra-rapport 793, 54 pp.
- Koopmans G, Chardon W, Oenema O & Van Riemsdijk W (2004) Uitmijnen biedt perspectief om uitspoeling van fosfaat uit zwaar bemeste landbouwgronden te verminderen. H₂O 12, 15-18.
- Krikken A, Van Mill G, Rozemeijer J & Wolters R (2008) Grote dynamiek in oppervlaktewaterkwaliteit in

- de Hoge Raam. H2O, nr. 23, p36-39.
- Leenders D, Roelsma J, Van der Bolt F, Schoumans O, Jansen H & Kroes J (2007) Nutriëntenbelasting van het landsysteem op het oppervlaktewater in relatie tot de oppervlaktewaterkwaliteit in vierstroomgebieden. Bijdrage aan de evaluatie Meststoffenwet 2007 ex-post milieukwaliteit. Alterra-rapport 1477, 52pp.
- LEI (2008) Agri-Monitor jaargang 14, nummer 6, december 2008, 19 pp.
- LNV (2008) Houtskoolschets Europees Landbouwbeleid 2020. Notitie GLB/2008/1780, 12 september 2008. pp 18.
- Lommers (2008) Uitvoeringsprogramma diffuse bronnen. Presentatie KRW symposium 3-4-2008.
- Milieu en Natuurplanbureau (2007) Werking van de Meststoffenwet 2006. Overgang van verliesnormenstelsel naar een gebruiksnormenstelsel: evaluatie van werking in het verleden (1998-2005), heden (2006-2007) en toekomst (2008-2015), 168 pp.
- Moolenaar SW en Postma R (2007) Naar een bodemdienst fosfaatuitmijning. Eindrapportage SKB, projectnr. S1572. NMI rapport 1258, 31 pp.
- Noij G-J (2006a) Fosfaatpilot Limburg voor effectieve maatregelen tegen fosfaatuitspoeling. In: Leenders TP en Kwakernaak C 20 puzzelstukjes voor de KRW. Een bloemlezing uit het onderzoek van Wageningen UR voor de Europese Kaderrichtlijn Water. Wageningen Universiteit en Researchcentrum, p 24-26.
- Noij G-J (2006b) Effectiveness of buffer strips in the Netherlands. Research plan. Report 1, Series Effectiveness of buffer strips in the Netherlands. Alterra. 14pp.
- Noij G-J (2008) Maatregelen tegen oppervlaktewaterbelasting voor een bodemdienst. Presentatie gehouden tijdens bijeenkomst "Ontwikkeling bodemdienst reductie fosfaatemissie", Ede 28 oktober 2008.
- Noij, G-J, Corré W, 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. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1618. 228 pp.
- Oenema O en Roest CWJ (1998) Nitrogen and phosphorous losses from agriculture into surface waters; the effects of policies and measures in the Netherlands. Wat. Sci. Tech. Vol 37, no 2, p 19-30.
- Planbureau voor de Leefomgeving (2008) Kwaliteit voor later. Ex-ante evaluatie Kaderrichtlijn Water. PBL-publicatie 50014001/2008, 168 pp.
- Reinhard AJ, Linderhof VGM, Michels R & Polman NBP (2008) Landbouwkosten van aanvullende KRW-maatregelen; Achtergrondstudie voor de Ex Ante Evaluatie. LEI-rapport 2008-025. 30 pp.
- Royal Haskoning (2008) Ontwikkeling en toepassing ecologisch expertsysteem voor regionale wateren. Achtergrondrapport Ex ante evaluatie KRW. Royal Haskoning Den Bosch MNP-rapport 9s9605, 41 pp.
- Rozemijer J & Van der Velde Y (2008) Oppervlakkig afstroming ook van belang in het vlakke Nederland. H2O, nr. 19, p92-94.
- Salomez J, De Bolle S, Hofman G & De Neve S (2008a) Afbakening van de fosfaatverzadigde gebieden in Vlaanderen op basis van een kritische fosfaatverzadigingsgraad van 35%. Finaal rapport, deel 1b, protocolevaluatie. VLM/Mestbank/TWOL2006/MB2006/5.
- Schoumans O (2006) Hernieuwde aandacht voor fosfaat. In: Leenders TP en Kwakernaak C 20 puzzelstukjes voor de KRW. Een bloemlezing uit het onderzoek van Wageningen UR voor de Europese Kaderrichtlijn Water. Wageningen Universiteit en Researchcentrum, p13-15.
- Schoumans OF (2004) Inventarisatie van de fosfaatverzadiging van landbouwgronden in Nederland. Alterra-rapport 730.4, 42 pp.
- Schoumans OF & Groenendijk P (2000) 7 Modelling Soil Phosphorus Levels and Phosphorus Leaching

- from Agricultural Land in the Netherlands. *Journal of Environ Quality*, vol 29:p 111-116.
- Schoumans OF, Groenendijk P, Renaud L & Van der Bolt FJE (2008) Nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Vergelijking tussen landbouw- en natuurgebieden. Alterra-rapport 1700, 34 pp.
- Slangen LHG, Jongeneel RA, Polman NBP, Guldemond JA, Hees EM & Van Well EAP (2008) Economische en ecologische effectiviteit van gebiedscontracten. Rapport 84 Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. 74 pp.
- TCB (2007) advies fosfaatverzadiging in landbouwgronden. TCB S35(2007), 6 pp.
- Van Bakel J, Peereboom J, Rijken R & Stevens H (2008) Modelonderzoek naar samengestelde peilgestuurde drainage. *H2O*, nr. 2, p48-51.
- Van Bakel J, Groenendijk P, Schoumans O, Van der Bolt F, Van Diepen K & Wolf J (2003) Mogelijkheden voor vermindering van de P-uitspoeling naar oppervlaktewater, met speciale aandacht voor bufferstroken. Briefadvies aan de Werkgroep waterkwaliteit van de Provincie Noord-Brabant, 20 september 2002, Bijlage II, p 81-91. In Klok C, Römkens PFAM, Naeff HSD, Arts GHP, Runhaar J, Van Diepen CA & Noij IGAM (2003) Gebiedsgerichte milieumaatregelen voor waterkwaliteit en natuur in Reconstructiegebieden van Noord-Brabant. Alterra-rapport 635
- Van Beek C, Merkelbach R & Van der Salm C (2005) Quick-scan effectiviteit van droge bufferstroken langs watergangen in de Provincie Noord-Brabant. *Actief RandenBeheer*, 48 pp.
- Van Beek CL, Clevering OA, Kater LJM & Van Reuler H (2003) Maatregelen om de belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfaat uit de landbouw te verminderen. Alterra-rapport 714, 60 pp.
- Van der Bolt FJE, Van Boekel EMPM, Clevering OA, Van Dijk W, Hoving IE, Kselik RAL, De Klein JJM, Leenders TP, Linderhof VGM, Massop HTL, Mulder HM, Noij GJ, Van Os EA, Polman NBP, Renaud LV, Reinhard S, Schoumans OF & Walvoort DJJ (2008) Ex-ante evaluatie landbouw en KRW. Effect van voorgenomen en potentieel aanvullende maatregelen op de oppervlaktewaterkwaliteit voor nutriënten. Alterra-rapport 1687, 93 pp.
- Van Diepen CA, Arts GHP, Van der Kolk JWH, Smit A & Wolf J (2002) Mogelijkheden voor verbetering van de waterkwaliteit door vermindering van de nutriëntenbelasting in Noord-Brabant. Deelrapport 4: Mogelijkheden voor toepassing van effectgerichte maatregelen op gebied van waterbeheer en waterzuivering. Alterra-rapport 527.4, 53 pp.
- Van Dijk W & Van Geel W (eds.) (2008) Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. PPO-publicatienr. 307, 109 pp + bijlagen.
- Van Eekeren N, Iepema G & Smeding F (2007) Natuurherstel in grasland door klaver en kalibemesting. *De Levende Natuur* 108, 1, 27-31.
- Van Eekeren N, Timmermans B & Smeding F (2008) Uitmijnen van fosfaat met grasklaver; Resultaten met experiment op Hengstven. Presentatie tijdens bijeenkomst "Bodemdienst fosfaatuitmijning" op 29 oktober 2008 te Helvoirt.
- Van Middelkoop JC, Van der Salm C, Ehler PAI, André G, Oudendag D & Pleijter M (2007) Effecten van fosfaat- en stikstofoverschotten op grasland II. ASG-WUR rapport 68, 81 pp.
- Van Moorsel E et al. (2007) Nederlandse Catalogus Groenblauwe Diensten. Ministerie van LNV en IPO, Utrecht, 169 pp. Zie o.a. www.catalogusgroenblauwediensten.nl.
- Van de Weerd H en Torenbeek R (2007) Uitspoeling van meststoffen uit grasland. Emissieroutes onder de loep. STOWA-rapport 2007-14, 49 pp.
- Verhagen F, Broers HP, Krikken A, Rozemeijer J, Van Ek R, Van Vliet M, Van der Groft B, Heerdink R & Knoben R (2007) Invloed van grondwater op oppervlaktewater. Regionale differentiatie in Noord-Brabant. Rapport Royal Haskoning / TNO Bouw en Ondergrond 9S5637/R0001/900642/DenB, 58 pp.