

VERKENNING VAN DE MOGELIJKHEDEN VOOR BEHEER EN HERSTEL VAN FOSFAATLEKKENDE LANDBOUWGRONDEN

Programmeringsstudie

W.J. Chardon en O. Oenema, AB-DLO, Haren
O.F. Schoumans, SC-DLO, Wageningen
P.C.M. Boers, RIZA, Lelystad
B. Fraters, RIVM, Bilthoven
Y.C.W.M. Geelen, Provincie Gelderland, Arnhem

Gegevens: Verkenning van de mogelijkheden voor beheer en herstel van fosfaatlekkende landbouwgronden - Programmeringsstudie / W.J. Chardon et al. - Wageningen: Programmabureau Geïntegreerd Bodemonderzoek (Rapporten Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek; deel 8) - 55 p., 6 bijl., E. summ. - ISBN 90-73270-21-9.

Trefw.: bodemonderzoek, eutrofiëring, fosfaat, landbouw, uitspoeling.

Verantwoording:

Deze studie is uitgevoerd in het kader van het Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek met het doel de huidige stand van kennis omtrent de mogelijkheden van beheer en herstel van fosfaatverzadigde en fosfaatlekkende landbouwgronden samen te vatten en prioriteiten van bodemonderzoek aan te geven teneinde knelpunten weg te nemen. Het belang daarvan vloeit voort uit de behoefte om de bijdrage van zwaar bemeste landbouwgronden aan de fosfaatbelasting en eutrofiëring van het oppervlaktewater te verminderen. De studie is verricht door medewerkers van vijf verschillende instellingen, waaronder de Provincie Gelderland. Een deel van de resultaten is gebaseerd op een enquête onder deskundigen op het gebied van beleid, beheer en onderzoek betreffende fosfaatverzadigde gronden, alsmede op de discussie tijdens een workshop in het kader van deze studie. Dit betekent, dat niet alleen de stem van het onderzoek, maar ook die van beleid en beheer sterk in de studie doorklinken. De uitgave bevat tevens een overzicht van fosfaatonderzoek van een aantal grote onderzoekinstellingen in Nederland, een overzicht van in Nederland uitgevoerde eutrofiëringsprojecten en een uitvoerige opgave van Nederlandse literatuur-referenties over dit onderwerp.

Het rapport is verkrijgbaar bij het Programmabureau Bodemonderzoek in Wageningen à f 40,--.

Dankwoord:

De leiding van het Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek is veel dank verschuldigd aan degenen, die belangeloos hebben meegewerkt aan de enquête en workshop, die in het kader van de studie zijn gehouden, teneinde de problematiek en mogelijke oplossingsrichtingen scherp in beeld te krijgen. Op P.S.H. Ouboter en P.C. de Rooter werd een extra beroep gedaan in verband met de begeleiding van het project namens de Programmacommissie Geïntegreerd Bodemonderzoek.

De uitvoering was in goede handen bij de werkgroep onder leiding van prof.dr.ir. O. Oenema en dr.ir. W.J. Chardon, beide werkzaam bij het Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek, vestiging Haren. Aan hen was de moeilijke taak om tot een afgewogen conclusies te komen in een situatie waarbij visies vanuit het onderzoek en vanuit het beleid verenigd moesten worden met het oog op de haalbaarheid in de praktijk.

© 1996. Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek. Postbus 37, NL-6700 AA Wageningen; telefoon: 0317-484170; telefax: 0317-485051.

omslag: Ernst van Cleef
druk: Grafisch service Centrum van Gils B.V., Wageningen

INHOUDSOPGAVE

Samenvatting

Abstract

1. Inleiding	1
2. Fosfaatverzadigde en fosfaatlekkende gronden	4
2.1 Definities	4
2.1.1 Fosfaat	4
2.1.2 Fosfaatbindend vermogen	4
2.1.3 Fosfaatverzadigingsgraad	5
2.1.4 Fosfaatverzadigde zandgronden	6
2.1.5 Fosfaatlekkende gronden	7
2.2 Fosfaatbelasting van het oppervlaktewater	8
3. Overzicht van ontwikkelingen in beleid en onderzoek	10
3.1 Ontwikkelingen in het beleid	10
3.1.1 Aanleiding voor mestbeleid	10
3.1.2 Meststoffenwet en Wet Bodembescherming	10
3.1.3 Algemeen en bijzonder beschermingsniveau	10
3.1.4 Andere selectie-criteria	11
3.1.5 Jongste ontwikkelingen	12
3.1.6 Het fosfaatbeleid in de praktijk	13
3.2 Ontwikkelingen in het fosfaatonderzoek	15
4. Mogelijkheden voor beheer en herstel van fosfaatlekkende gronden	16
4.1 Beheersmogelijkheden op en langs percelen	18
4.1.1 Bemestingsmaatregelen	18
4.1.2 Hydrologische en waterbeheersmaatregelen	20
4.1.3 Immobilisatie van fosfaat in de bodem	21
4.1.4 Bufferstrook	22
4.1.5 Zuivering drainwater	22
4.1.6 Afgraven en reinigen	22
4.2 Beheersmogelijkheden in het oppervlaktewater	23
4.2.1 Beheersmogelijkheden in kleine oppervlaktewateren	23
4.2.1.1 Slibvang	23
4.2.1.2 Helofytenfilter	24
4.2.1.3 Defosfateren	24
4.2.1.4 Afleiden/Omleiden	25
4.2.1.5 Verwijderen van waterplanten en kroos	25
4.2.2 Beheersmogelijkheden in grote oppervlaktewateren	26
4.2.2.1 Doorspoelen/Verdunnen	26
4.2.2.2 Compartimenteren, isoleren en afleiden binnen het systeem	26
4.2.2.3 Slibvang	27
4.2.2.4 Baggeren	27
4.2.2.5 Verdiepen	28
4.2.2.6 Aktieve fosfaatfixatie m.b.v. chemicaliën	28
4.2.2.7 Aktief Biologisch Beheer	29
4.3 Conclusies	30

5. Analyse van de toepasbaarheid van beheersmogelijkheden	31
5.1 Schuitenbeekgebied	31
5.1.1 Bemestingsmaatregelen	34
5.1.2 Immobilisatie van fosfaat in de bodem	34
5.1.3 Vermindering fosfaatbelasting van randmeren	34
5.1.4 Effectgerichte maatregelen in meren	36
5.1.5 Conclusies	36
5.2 Veenweidegebied	37
6. Knelpunten en leemten in kennis	40
6.1 Inleiding	40
6.2 Differentiatie van normstelling grond- en oppervlaktewater	41
6.3 Identificatie en inventarisatie van fosfaatverzadigde en fosfaatlekkende gronden	42
6.4 Kwantificering effecten van maatregelen voor beheer en herstel	43
6.4.1 Verbetering en toetsing modelinstrumentarium	43
6.4.2 Bemestingsmaatregelen	44
6.4.3 Hydrologische maatregelen	43
6.4.4 Bufferstroken	45
6.4.5 Vermindering van de fosfaatbelasting van grote oppervlaktewateren	45
7. Conclusies	47
8. Verslag workshop	50
9. Referenties	52

BIJLAGEN

1. Modelberekeningen van het areaal fosfaatverzadigde gronden	57
2. Overzicht fosfaatonderzoek aan respectievelijk LUW, RIVM, RIZA, AB- en SC-DLO	59
3. Overzicht van een aantal in Nederland uitgevoerde eutrofiëringsprojecten	65
4. Enquête	71
5. Lijst van gehanteerde begrippen en definities	81
6. Rapporten Speerpuntprogramma Bodemonderzoek en Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek	83

LIJST VAN FIGUREN

1. Transportroutes van fosfaat	8
2. Toename van fosfaatgehalte in runoff met het gehalte aan water-extraheerbaar fosfaat van de bodem	19
3. Afname van Pw-getal bij een netto-onttrekking van 30 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹ jr ⁻¹	19
4. Globale ligging van Schuitenbeekgebied, veenweidegebied en peilgebied Bergambacht	31
5. Verband tussen zomergemiddeld totaal-P gehalte en het percentage blauwalgen van de totale algenpopulatie in het Veluwemeer en Wolderwijd	42
6. Percentage landbouwgronden, resp. gras- of maïslaan, dat een bepaalde fosfaatverzadigingsgraad overschrijdt	58

LIJST VAN TABELLEN

1. Kwalitatieve karakterisering van beheersmaatregelen	17
2. Door BOVAR beschouwde maatregelen met hun effectiviteit en de kosten	33
3. Berekend areaal fosfaatverzadigde zandgronden als functie van het bodemgebruik, mate van detail van inputgegevens en het criterium.	57

LIST OF FIGURES

1. Transport routes of phosphorus in soil	8
2. Relationship between phosphorus content in runoff and water extractable phosphorus content of the soil	19
3. Decrease of the Pw-value at a net uptake of 30 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹ y ⁻¹	19
4. Location of regions of the Schuitenbeek, peat grassland and Bergambacht	31
5. Relationship between summer averaged total P content and blue algae as a percentage of the total algae population in Lake Veluwe and Wolderwijd	42
6. Fraction of agricultural soils, respectively grass- or maize land, which exceeds a given degree of phosphorus saturation	58

LIST OF TABLES

1. Qualitative characterisation of management practises	17
2. Measures evaluated by BOVAR with their effectiveness and costs	33
3. Calculated area of phosphorous saturated sandy soil, depending on soil use, details in input data, and criteria used	57

Samenvatting

Aan het landelijk gebied worden steeds hogere eisen gesteld. Daarbij vragen functies als natuur, landschap, drinkwaterwinning en recreatie steeds meer ruimte voor ontwikkeling, ten koste van landbouw in engere zin. De uitstoot van nutriënten, waaronder fosfaat, uit de landbouw naar de omgeving is in Nederland op veel plaatsen momenteel onacceptabel hoog, en bedreigt de ontwikkeling van andere functies van het landelijk gebied zoals natuurfuncties. De acceptabele hoeveelheid nutriënten die door de landbouw naar de omgeving mag worden uitgestoten wordt bepaald door de functies en eigenschappen van het landelijk gebied en de interactie met aangrenzende gebieden.

Langdurig zwaar bemeste landbouwgronden zijn in sterke mate verrijkt met fosfaat. Een deel van deze gronden belast het oppervlaktewater door uit- en afspoeling van fosfaat. Dat geldt vooral voor bepaalde regio's, zoals in het Schuitembeekgebied tussen Nijkerk en Putten. In dat gebied is de bijdrage van landbouwgronden aan de fosfaatbelasting van de Schuitembeek circa 90 procent. Landelijk gezien is de bijdrage van de bodem aan de totale fosfaatbelasting van het oppervlaktewater circa 30 procent. Dat percentage stijgt gestaag, ondermeer omdat de bijdrage van zwaar bemeste landbouwgronden toeneemt. De urgentie om uit- en afspoeling van fosfaat uit landbouwgronden te reduceren is dan ook groot, vooral in eutrofiëringsgevoelige gebieden, omdat de ontwikkeling van natuurfuncties in het landelijk gebied wordt bedreigd.

In het kader van het Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek (PGBO) is een programmeringsstudie uitgevoerd naar het beheer en herstel van gronden van waaruit fosfaatuitspoeling plaatsvindt. Het doel van deze studie is om de mogelijkheden voor, en knelpunten in het beheer en herstel van dergelijke gronden te verkennen en om aanbevelingen te doen voor de onderzoeksprogrammering. De studie is uitgevoerd door een werkgroep met leden uit verschillende instellingen. Een deel van de resultaten is gebaseerd op een enquête onder deskundigen op het gebied van beleid, beheer en onderzoek betreffende fosfaatverzadigde gronden en oppervlaktewater.

Een fosfaatverzadigde grond kan worden gedefinieerd als een grond waarin op het gemiddeld hoogste grondwaterniveau de natuurlijke achtergrondconcentratie voor fosfaat in grondwater wordt overschreden. Binnen het areaal fosfaatverzadigde gronden kunnen fosfaatlekkende gronden worden aangewezen die *thans* de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater milieukundig onacceptabel zwaar verhogen. Voorgesteld wordt om deze gronden met voorrang aan te pakken en om de

identificatie en inventarisatie van fosfaatlekkende gronden vanuit een stroomgebiedsbenadering te laten plaatsvinden. Op deze manier kan prioriteit worden gegeven aan eutrofiëringsgevoelige gebieden en aan de aanpak van die gronden die het oppervlaktewater te zwaar belasten.

Er is een groot aantal mogelijkheden om de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater door fosfaatlekkende gronden te verminderen of om de negatieve gevolgen daarvan te beperken. Onderscheid is gemaakt tussen maatregelen op en langs percelen en maatregelen in het oppervlaktewater zelf. De belangrijkste maatregel, en tevens voorwaarde voor de overige maatregelen, is netto-onttrekking van fosfaat aan de bodem door het gewas, dit wil zeggen dat de aanvoer van fosfaat via bemesting en weidend vee kleiner moet zijn dan de afvoer van fosfaat via het geoogste gewas. Aanpak van de bron is dus randvoorwaarde voor het uiteindelijke succes van de aanvullende maatregelen.

De aanvullende maatregelen op en langs percelen zijn er op gericht om het fosfaatbindend vermogen van de grond te verhogen waardoor de uitspoeling wordt verminderd. Aanvullende maatregelen in het oppervlaktewater zijn er op gericht om fosfaat uit het oppervlaktewater te verwijderen, en/of om de negatieve effecten van de door de fosfaatbelasting veroorzaakte eutrofiëring te verminderen. De toepasbaarheid, effectiviteit en kosten van de verschillende maatregelen worden in dit rapport besproken, onder andere aan de hand van twee gebieden, namelijk het Schuivenbeekgebied en het veenweidegebied in Utrecht en Zuid-Holland. Geconcludeerd wordt dat de toepasbaarheid en effectiviteit van de maatregelen van gebied tot gebied varieert. Een pakket van maatregelen is derhalve nodig.

Bij de implementatie van maatregelen om fosfaatlekkende gronden effectief te beheren en te herstellen doen zich verschillende knelpunten voor. De eerste categorie knelpunten is van beleidsmatige, bestuurlijke en/of juridische aard. Wie is verantwoordelijk voor (sanering van) fosfaatlekkende gronden, wie voert de sanering uit, wie betaalt, wie controleert? Momenteel ontbreekt een wettelijk kader om perceelsgerichte maatregelen op te kunnen leggen.

De tweede categorie van knelpunten heeft te maken met de onduidelijkheden betreffende de effectiviteit en mogelijke neveneffecten van de verschillende maatregelen. Verschillende maatregelen die op en langs percelen kunnen worden getroffen zijn niet of in onvoldoende mate getoetst in het veld. De gevolgen van maatregelen op en langs percelen voor de landbouwkundige bedrijfsvoering zijn ook onduidelijk. Deze onduidelijkheden beperken het draagvlak in de praktijk voor de implementatie van maatregelen.

Om een succesvol beheer en herstel van fosfaatlekkende gronden te kunnen realiseren is het dus nodig dat de beleidsmatige, bestuurlijke en/of juridische hindernissen uit de weg worden geruimd. Ook is het gewenst dat de leemten in de kennis met betrekking tot de effectiviteit en gevolgen van de verschillende maatregelen worden weggenomen. In dit kader dienen de volgende onderwerpen met prioriteit te worden aangepakt:

- gebiedsgerichte differentiatie en onderbouwing van normen voor oppervlaktewaterkwaliteit;
- nadere definiëring, identificatie en inventarisatie van fosfaatlekkende gronden;
- toetsing en optimalisatie van netto-onttrekking van fosfaat aan de grond door (speciale) gewassen;
- optimalisering van de bedrijfsvoering bij stringente normen voor fosfaat op bedrijfsniveau, en
- toetsing en optimalisatie van hydrologische en bodemchemische maatregelen op en langs percelen.

Vergeleken met maatregelen op en langs percelen is er relatief reeds veel kennis aanwezig over methoden waarmee fosfaat uit het oppervlaktewater kan worden verwijderd en over maatregelen die de gevolgen van eutrofiëring verminderen. Toch heeft deze categorie maatregelen naar verwachting nog tamelijk veel potentie om, daar waar de gevolgen van eutrofiëring ernstig zijn, aanvullend effect te sorteren. Daarvoor zijn verdere verkenningen en optimalisatie van methoden nodig.

Concluderend doet de werkgroep de volgende aanbevelingen voor onderzoek:

- vaststellen van criteria voor fosfaatverzadiging voor alle grondsoorten;
- ontwikkelen van een methode voor de identificatie van fosfaatlekkende landbouwgronden;
- onderbouwen van de norm voor het fosfaatgehalte in klein oppervlaktewater;
- inventariseren, per stroomgebied, van fosfaatlekkende gronden;
- verkennen van de mogelijkheden om fosfaat aan fosfaatlekkende gronden te onttrekken via gewassen en die onttrekking te stimuleren via gerichte teeltmaatregelen, opdat fosfaatverliezen zo snel mogelijk worden gereduceerd en negatieve effecten op de bedrijfsvoering worden beperkt;
- optimaliseren en toetsen in het veld van aanvullende bodemchemische en hydrologische maatregelen, en
- ontwikkelen van gerichte en samenhangende pakketten van maatregelen afgestemd op de eigenschappen, functies en randvoorwaarden van afzonderlijke gebieden.

Abstract

Various areas with heavily manured soils and a shallow groundwater level have significantly increased the leakage of phosphorous (P) to surface waters. In the Netherlands agricultural soils are mostly flat, thus the main transport routes for P are lateral subsurface flow and/or drainage tiles.

The aim of this study was to compile management options for either the prevention of P leaching to the surface water, entrapment of P after leaching, or reduction of the effects of P leached in the surface waters. In this report, the management options are discussed and evaluated, including increased plant uptake ('mining'), immobilization of P in the soil, buffer zones and hydrological measures. Mining of P is considered a prerequisite for other options, and optimization of mining has been identified for further study. Deep rooting crops may be used to remove P from the subsoil. Additional options are immobilization of P in the soil using iron oxides injected into the soil and via hydrological measures like lowering of the groundwater table. Lowering of the groundwater table increases the P fixing capacity of the soil and reduces the contact between P rich soil layers and the groundwater.

Possible management options in surface water are:

- removal of P with plant biomass or by surface water purification,
- application of helofytefilters,
- entrapment of particulate P by sediment traps and/or a reduction of the current speed,
- fixation of P in the sediment,
- removal of unwanted fish populations,
- change of a eutrofied water course to a less sensitive water,
- increasing water depth in order to decrease the recirculation of sediments and reduce the algae concentration.

In comparison with measures in surface waters, little experience exists with measures in soil. Since measures in the soil directly attack the source of P leaching, it is recommended that experiments with P mining are set up. Also, immobilization of P in the soil and hydrological measures should be optimized. It is also recommended that measures in surface waters are made applicable in small surface waters like ditches.

1. INLEIDING

Aan het landelijk gebied worden steeds hogere eisen gesteld. Daarbij vragen functies als natuur, landschap, drinkwaterwinning en recreatie steeds meer ruimte voor ontwikkeling, ten koste van landbouw in engere zin. De uitstoot van nutriënten, waaronder fosfaat, uit de landbouw naar de omgeving is in Nederland op veel plaatsen momenteel onacceptabel hoog, en bedreigt de ontwikkeling van andere functies van het landelijk gebied zoals natuurfuncties. De acceptabele hoeveelheid nutriënten die door de landbouw naar de omgeving mag worden uitgestoten wordt bepaald door de functies en eigenschappen van het landelijk gebied en de interactie met aangrenzende gebieden.

Langdurig zwaar bemeste landbouwgronden zijn in sterke mate verrijkt met fosfaat. Vanuit deze landbouwgronden treedt nu of binnen korte termijn een ongewenst hoge uitspoeling van fosfaat op. Uitspoeling en ook afspoeling van fosfaat zijn ongewenst, omdat fosfaat in het oppervlaktewater aanleiding geeft tot eutrofiëring. De effecten van eutrofiëring lopen uiteen voor verschillende typen aquatische systemen (Boers et al. 1995). Gevolgen van eutrofiëring kunnen onder meer zijn: troebelheid, afname van soortenrijkdom en/of hoeveelheid van waterplanten, vissterfte en de bloei van, in sommige gevallen giftige, algen. De enige jaren geleden optredende massale sterfte van zehonden in de Noordzee werd eveneens toegeschreven aan eutrofiëring. Een gevolg van eutrofiëring is dat de ontwikkeling van natuurfuncties wordt belemmerd en de aantrekkelijkheid van oppervlaktewater voor recreatie vermindert. Het aantal natuurdoeltypen dat gerealiseerd kan worden, wordt sterk beperkt. Deze gevaren worden internationaal erkend. Volgens internationale afspraken moet de antropogene lozing van fosfaat op de Noordzee met 50% worden gereduceerd ten opzichte van het niveau van 1985.

De bijdrage van de bodem aan de fosfaatbelasting van het Nederlandse oppervlaktewater bedraagt momenteel ruim dertig procent van de totale belasting; in 1990 was de totale belasting 25 miljoen kg P_2O_5 (Coppoolse en Kersten, 1992). Regionaal kan de relatieve bijdrage van landbouwgronden aanzienlijk hoger zijn. Verwacht wordt dat in de toekomst de bijdrage van landbouwgronden in absolute zin verder zal stijgen, omdat de uitspoeling uit de met fosfaat verrijkte landbouwgronden, bij ongewijzigd beleid en beheer, zal toenemen. De relatieve bijdrage van de landbouw neemt bovendien toe doordat andere bronnen, zoals rioolwaterzuiveringsinstallaties, gesaneerd worden. De urgentie om fosfaatuitspoeling uit landbouwgronden doelmatig te bestrijden is dan ook groot (zie onder andere een recent themanummer van het tijdschrift Landschap, jrg. 12, nr. 6, 1996).

De uitspoeling van fosfaat en de belasting van het oppervlaktewater zijn enerzijds een diffuus probleem: over een groot areaal vindt een geringe basisuitspoeling plaats. Deze diffuse belasting met fosfaat kan alleen met algemene, uniforme maatregelen worden aangepakt. Anderzijds is in bepaalde gebieden een groot deel van het fosfaat afkomstig van een beperkt areaal. Zo is voor het Schuitenbeekgebied (N.W. Veluwe) berekend dat 90% van het fosfaat afkomstig is van 30% van de landbouwgronden. Dit beperkte areaal kan met gerichte (gebiedsgerichte) maatregelen worden aangepakt.

Naast beheer gericht op vermindering van fosfaatsuitspoeling is beheer gericht op vermindering van de effecten van fosfaatsuitspoeling mogelijk. Voor beide zijn momenteel verschillende en in principe toepasbare oplossingsrichtingen voorhanden.

In het kader van het Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek (PGBO) is een programmeringsstudie uitgevoerd naar het beheer en herstel van gronden die gevoelig zijn voor fosfaatsuitspoeling. De nadruk ligt daarbij op landbouwgronden die nu reeds een milieukundig onacceptabel hoge belasting van het oppervlaktewater veroorzaken (zgn. 'fosfaatlekkende gronden').

De doelstellingen van de studie kunnen als volgt worden samengevat:

- verkenning van de mogelijkheden voor beheer en herstel van fosfaatlekkende gronden in Nederland, op basis van een inventarisatie van afgerond en lopend onderzoek en van de inzichten van deskundigen;
- verkenning van de toepasbaarheid van mogelijkheden voor beheer en herstel voor twee gebieden met fosfaatlekkende gronden;
- verkenning van knelpunten en leemten in de kennis voor uitvoering van een adequaat beheer en herstel van fosfaatlekkende gronden, en het uit de gesignaleerde leemten afleiden van de onderzoeksbehoefte;
- het bereiken van overeenstemming door partijen uit de kennisinfrastructuur over de kennisbehoefte en over de wijze waarop prioritair onderzoek het beste kan worden uitgevoerd. Dit moet leiden tot concrete aanbevelingen voor de programmering van het bodemprogramma op het gebied van fosfaatlekkende gronden.

Dit rapport geeft de resultaten weer van de programmeringsstudie. De resultaten zijn verkregen via literatuurstudies, interviews met deskundigen en discussies binnen de werkgroep. Voor een verkenning van de toepasbaarheid van de oplossingsrichtingen zijn twee gebieden onder de loep

genomen, namelijk het gebied van de Schuitenbeek nabij Nijkerk en Putten en het veenweidegebied in Utrecht en Zuid-Holland. De uitwerking voor het gebied van de Schuitenbeek is veel gedetailleerder dan die voor het veenweidegebied, omdat van het Schuitenbeekgebied meer gegevens voorhanden zijn.

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de definities zoals die in deze studie zijn gehanteerd en wordt de studie verder afgebakend. Hoofdstuk 3 bevat een analyse van het beleid en van het uitgevoerde onderzoek ten aanzien van fosfaatlekkende gronden. Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van de mogelijkheden voor beheer en herstel van fosfaatlekkende gronden. Een overzicht van de toepasbaarheid van mogelijkheden voor beheer en herstel, uitgewerkt voor twee gebieden, wordt gegeven in hoofdstuk 5. Hoofdstuk 6 bevat een overzicht van de leemten in de kennis en van de daaruit voortvloeiende onderzoeksbehoefte om te komen tot uitvoering van een adequaat beheer en herstel van fosfaatlekkende gronden. De kennisbehoefte is voor zover mogelijk geëxpliciteerd.

De inhoud van het concept-rapport is voorgelegd aan betrokkenen op het gebied van onderzoek, beheer en beleid van fosfaatlekkende gronden en besproken op een discussiebijeenkomst (workshop).

De studie werd uitgevoerd door medewerkers van AB-DLO, SC-DLO, Provincie Gelderland, RIVM en RIZA.

2. FOSFAATVERZADIGDE EN FOSFAATLEKKENDE GRONDEN

De mate waarin landbouwgronden fosfaat lekken naar het oppervlaktewater hangt af van de capaciteit van de bodem om fosfaat vast te houden (fosfaatbindend vermogen) en van de stroming van het water door de bodem naar het grond- en oppervlaktewater. In kalkloze gronden wordt fosfaat vooral gebonden aan ijzer- en aluminiumhydroxiden, in kalkhoudende gronden wordt fosfaat vooral vastgelegd in de vorm van calciumfosfaten. De kans op fosfaatuitspoeling naar het grond- en oppervlaktewater neemt toe naarmate de bodem meer met fosfaat verzadigd raakt en de grondwaterstand hoger is. Op grond hiervan is in de jaren tachtig de term 'fosfaatverzadigde grond' geïntroduceerd. Over de inhoudelijke betekenis van de term fosfaatverzadigde grond bestaat soms verwarring. In dit hoofdstuk zal daarom allereerst worden ingegaan op de definities die hieraan gerelateerd zijn. Opgemerkt wordt dat de definitie van een fosfaatverzadigde grond en het daarbij behorende protocol destijds alleen is uitgewerkt voor kalkloze zandgronden. De reden hiervoor was dat in de landbouwgebieden met hoge mestoverschotten (centrale, zuidelijke en oostelijke zandgebieden) hoofdzakelijk dit bodemtype voorkomt. In de hierna volgende toelichting zullen de in deze studie gehanteerde definities dan ook alleen worden uitgewerkt voor kalkloze zandgronden omdat alleen voor deze gronden de noodzakelijke informatie voorhanden is. Omdat de mate van fosfaatbelasting van het oppervlaktewater niet alleen afhangt van de mate van fosfaatverzadiging van de bodem, wordt ook de term 'fosfaatlekkende grond' geïntroduceerd en vanuit deze invalshoek gedefinieerd.

2.1 Definities

2.1.1 Fosfaat

De term 'fosfaat' wordt in dit rapport in generieke zin gebruikt. Als het gaat om hoeveelheden en de vorm waarin fosfaat voorkomt, dan worden expliciet de eenheden en chemische formules vermeld.

2.1.2 Fosfaatbindend vermogen

Alle gronden bezitten een capaciteit om fosfaat te binden. Deze capaciteit wordt het *fosfaatbindend* vermogen (FBV) van de bodem genoemd. De term fosfaatbindend vermogen heeft alleen betrekking op de vastlegging van anorganische fosfaten in de bodem. Dit betekent dat de vastlegging van oplosbare organische fosfaten wordt verwaarloosd. De snelheid waarmee anorganisch fosfaat in

kalkloze zandgronden wordt vastgelegd, neemt af naarmate een groter deel van het fosfaatbindend vermogen is verbruikt. Na verloop van tijd (enkele jaren) verloopt deze fosfaatreactie zo langzaam dat aangenomen mag worden dat het maximum is bereikt. Dit maximum wordt het *totaal fosfaatbindend vermogen* van de bodem genoemd. Het totaal fosfaatbindend vermogen van kalkloze zandgronden is gerelateerd aan de hoeveelheid amorfe aluminium- en ijzer(hydr)oxyden die in de bodem aanwezig zijn. Deze (hydr)oxyden kunnen met een oxalaatoplossing uit de bodem worden geëxtraheerd (Van Riemsdijk, 1979; Lexmond et al., 1982; Schoumans et al., 1986; Van der Zee, 1988; Schoumans, 1995). Indien tot aan het grondwater j bodemlagen worden onderscheiden, kan de bindingscapaciteit voor P als volgt worden berekend:

$$FBV_{tot} = 0,71 \cdot \sum_{i=1}^j 0,5 \cdot (Al + Fe)_{ox,i} \cdot LD_i \cdot \rho_i \quad (1)$$

FBV_{tot}	= totaal fosfaatbindend vermogen van de bodem	(kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)
$Al_{ox,i}, Fe_{ox,i}$	= oxalaat extraheerbaar aluminium en ijzer (laag i)	(mmol kg ⁻¹)
LD_i	= laagdikte (laag i)	(m)
ρ_i	= bulkdichtheid (laag i)	(kg m ⁻³)
0,71	= omrekeningsfactor	

2.1.3 Fosfaatverzadigingsgraad

De mate waarin het vermogen van de bodem om anorganisch fosfaat te binden is verbruikt, wordt wel de *fosfaatverzadigingsgraad* van de bodem genoemd (FVG; Breeuwsma et al., 1990). In formule:

$$FVG_z = \frac{P_z}{FBV_z} * 100 \quad (\%) \quad (2)$$

Hierbij is:

P_z	= hoeveelheid anorganisch fosfaat in de bodem tot aan diepte z	(kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)
FBV_z	= totaal fosfaatbindend vermogen van de bodem tot aan diepte z	(kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)

Indien de fosfaatverzadigingsgraad van de bodem 100% bedraagt, zal de bodem (tot aan de gekozen diepte z) niet meer in staat zijn om fosfaat te binden. Indien een dergelijke grond meer fosfaat

ontvangt dan door het gewas kan worden onttrokken, ontstaat in de bovengrond, afhankelijk van het neerslagverloop, een hoge fosfaatconcentratie in de bodemoplossing: deze kan in de bouwvoor oplopen tot meer dan 50 mg P l⁻¹. Deze concentratie is meer dan honderd keer hoger dan de vigerende norm voor fosfaat in het oppervlaktewater (0,15 mg totaal-P l⁻¹). Dit betekent dat transport van bodemvocht uit de bouwvoor naar het oppervlaktewater, zoals kan optreden bij zeer hoge grondwaterstanden, tot een sterke verhoging van de fosfaatconcentratie in het oppervlaktewater kan leiden.

2.1.4 Fosfaatverzadigde zandgronden

Bij de eerste schattingen van het areaal fosfaatverzadigd maïsland (Breeuwsma en Schoumans, 1986) werd met een fosfaatverzadigde grond, een grond bedoeld die volledig met fosfaat verzadigd is (FVG = 100%) tot aan een gekozen diepte, bijvoorbeeld de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG), of de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG). Door de Technische Commissie Bodembescherming (TCB, 1990) is aangegeven dat in een dergelijke situatie te hoge fosfaatconcentraties dreigen op te treden. De TCB heeft uiteindelijk geadviseerd dat de natuurlijke fosfaatachtergrondconcentratie niet mag worden overschreden op GHG-niveau ten gevolge van landbouwkundige activiteit. De TCB heeft op grond van de beschikbare gegevens van ondermeer het RIVM voor onbelaste situaties in kalkloze zandgronden een waarde aangehouden van 0,1 mg ortho-P per liter (TCB, 1990; Breeuwsma et al., 1990). Berekend werd dat een kalkloze zandgrond c.q. perceel onder deze nieuwe definitie van een fosfaatverzadigde zandgrond (perceel) valt indien de fosfaatverzadigingsgraad van de bodem tot aan de GHG groter is dan 25% (Van der Zee et. al., 1990a en b):

$$FVG_{GHG} \geq 25 \quad (\%) \quad (3)$$

Op grond van deze definitie is het beter is om te spreken van grond die gevoelig is voor fosfaatuitspoeling (naar het grondwater) dan over fosfaatverzadigde grond. In bijlage I zijn in het kort de veranderingen beschreven van het berekende areaal verzadigde zandgronden, zoals deze in de loop van de tijd zijn gepubliceerd.

Een nadeel van de huidige definitie van een fosfaatverzadigde grond is dat er geen directe relatie bestaat tussen fosfaatverzadigingsgraad en fosfaatbelasting van het oppervlaktewater. De reden hiervoor is dat een fosfaatconcentratie in het grondwater op GHG-niveau niet direct vertaalbaar is in de mate van fosfaatuitspoeling. De fosfaatbelasting van het oppervlaktewater vanuit een perceel

hangt namelijk sterk af van de ontwateringskarakteristiek van het betreffende perceel. In de meeste gevallen zal de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater veel lager zijn dan de fosfaatbelasting van het bovenste grondwater (GHG-niveau) als gevolg van verdunning met water dat via diepere stroombanen uit het perceel wordt afgevoerd naar het oppervlaktewater. Daarentegen kan tijdelijk een (sterk) verhoogde fosfaatbelasting van het oppervlaktewater ontstaan als het grondwater tot boven GHG-niveau stijgt. Dat geldt ook voor niet-fosfaatverzadigde gronden. Het kan ook voorkomen dat percelen die zeer sterk met fosfaatverzadigd zijn geen directe belasting van het oppervlaktewater veroorzaken, omdat deze percelen niet zijn omgeven door greppels of sloten.

Een tweede nadeel is dat onder de definitie van fosfaatverzadigde grond ook zandgronden vallen waarvan wordt verwacht dat deze pas op termijn een verhoging van de fosfaatbelasting van het grondwater (GHG-niveau) zullen veroorzaken. Bij deze percelen is alleen fosfaat opgehoopt in de toplaag (\ll GHG) en moet er eerst uitspoeling naar diepere lagen plaatsvinden voordat het grondwater op GHG-niveau kan worden belast.

2.1.5 Fosfaatlekkende gronden

Binnen het areaal fosfaatverzadigde (uitspoelingsgevoelige) gronden kunnen 'fosfaatlekkende gronden' worden aangewezen die nu reeds een hoge fosfaatbelasting van het oppervlaktewater veroorzaken. Een *fosfaatlekkende grond* is een grond die *thans* de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater milieukundig onacceptabel verhoogt. Het begrip fosfaatlekkende grond is niet beperkt tot kalkloze zandgronden, maar geldt in principe voor alle grondsoorten. De term 'verhoogt' wordt voorlopig gedefinieerd ten opzichte van het natuurlijke referentieniveau behorend bij de betreffende grondsoort. Indien uitgegaan wordt van $0,15 \text{ mg totaal-P l}^{-1}$ in het bodemvocht en een netto-waterafvoer van 300 mm jaar^{-1} dan komt dit overeen met een maximaal toelaatbare fosfaatbelasting van het oppervlaktewater van $0,45 \text{ kg totaal-P ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$. Het begrip 'onacceptabel' is mede afhankelijk van de eigenschappen en functies in het landelijk gebied en is dus gebiedsafhankelijk.

De werkgroep stelt voor om, in het kader van gebiedsgericht beleid, *fosfaatlekkende gronden met prioriteit aan te wijzen en via aanvullende maatregelen te saneren*. Voor de identificatie van fosfaatlekkende gronden in het veld moet nog een algemeen toepasbaar instrumentarium ontwikkeld worden. Als indicatoren kunnen mogelijk worden gebruikt het fosfaatgehalte van bodemvocht onder de bouwvoor en van drain- of slootwater. Dit gehalte moet worden gecombineerd met hydrologische gegevens van het betreffende perceel. Mogelijke beheers- en saneringsmaatregelen worden in dit rapport besproken. Het ligt daarbij voor de hand om als eerste die gronden te

saneren welke afwateren op oppervlaktewater dat waardevol wordt geacht vanuit natuuroogpunt. Vanuit het beleid is hiervoor al een aanzet gegeven door de aanwijzing van 'fosfaatgevoelige gebieden' (zie par. 3.1.4). De directe relatie tussen fosfaatlekkende gronden en belasting van het oppervlaktewater is belangrijk voor de prioriteitstelling bij de aanpak van fosfaatverzadigde gronden. Het belang voor het beleid van identificatie van fosfaatlekkende gronden wordt verder besproken in hoofdstuk 3.

2.2 Fosfaatbelasting van het oppervlaktewater

Om een goed beeld te krijgen van de fosfaattuitspoeling uit landbouwgronden naar het oppervlaktewater is het van belang om inzicht te hebben in de mogelijke transportroutes. Bij deze transportroutes wordt onderscheid gemaakt in:

- a) afspoeling van fosfaat over het maaiveld naar omliggend water (oppervlakte-afvoer);
- b) ondiepe uitspoeling van fosfaat door de bovengrond naar greppels en sloten;
- c) diepe uitspoeling van fosfaat door de bodem, de ondergrond of door drainbuizen naar sloten, beken en kanalen, en
- d) wegzijging, gevolgd door kwel in laaggelegen percelen.

De transportroutes zijn schematisch weergegeven in figuur 1.

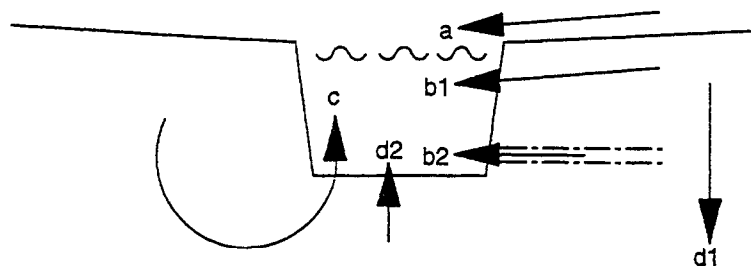


Fig. 1. *Transportroutes van fosfaat: (a) oppervlakte-afvoer, (b1) ondiepe uitspoeling, (b2) drainage, (c) uitspoeling door ondergrond, (d1) wegzijging en (d2) kwel.*

Verwacht wordt dat met name door de emissie-arme aanwending van dierlijke mest de oppervlakte-afvoer in het vlakke deel van Nederland beduidend zal worden verminderd. In hellende

gebieden en bij percelen met een sterk bollend maaiveld is de kans op oppervlakte-afvoer groter. In dat geval kan door interactie (diffusie) tussen oppervlakte-afvoer en het bodemvocht in de bovengrond een forse bijdrage worden geleverd aan de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater.

Ondiepe uitspoeling van fosfaat door de bovengrond van het perceel naar het oppervlaktewater (greppel en sloot) wordt momenteel als de belangrijkste route beschouwd. Deze route is vooral belangrijk voor gronden die relatief nat zijn, namelijk gronden met een hoge grondwaterstand in het voor- en najaar (< 40 cm beneden maaiveld). Voor niet-gedraineerde kalkloze zandgebieden is deze ondiepe fosfaatuspoeling hoofdzakelijk afkomstig van een beperkt deel van het landbouwperceel. Het betreft hier dat deel van het perceel waar het grondwater door de met fosfaat verrijkte lagen stroomt voordat de aanliggende sloot wordt bereikt. Het gaat hier om een beperkte strook aan weerszijden van de sloot. Het water midden uit het perceel wordt via diepere lagen naar de afwaterende greppel of sloot afgevoerd, waardoor het fosfaat onderweg gemakkelijker kan worden vastgelegd (Schoumans en Kruijne, 1995a).

Uit metingen in het kader van het Mestmeetnet (RIVM) blijkt dat in de diepe ondergrond (> 1 m) over het algemeen nog geen verhoogde fosfaatconcentraties voorkomen. Hoewel de transportweg via de ondergrond naar beken en kanalen lang is (grote fosfaatbindingscapaciteit), zijn bij blijvende overbemesting op lange termijn ook daar problemen te verwachten door transport van met fosfaat verrijkt grondwater.

De fosfaatconcentraties in kwelwater in zandgronden zijn over het algemeen laag. Hoge concentraties worden wel waargenomen in zeekleigebieden, als gevolg van een hoog zoutgehalte en een hoog fosfaatgehalte in de mariene afzettingen, en in veengebieden, als gevolg van afbraak van eutrofe veensoorten. Deze toevoer van nutriënten naar het oppervlaktewater door kwel wordt als natuurlijk beschouwd.

Op grond van het bovenstaande kan worden verwacht dat bij landbouwpercelen met ondiepe ontwatering en waar sprake is van een hoge fosfaatverzadigingsgraad, de grootste kans aanwezig is op een onacceptabel niveau van fosfaatuspoeling.

3. OVERZICHT VAN ONTWIKKELINGEN IN BELEID EN ONDERZOEK

3.1 Ontwikkelingen in het beleid

3.1.1 *Aanleiding voor mestbeleid*

Toediening van (dierlijke) meststoffen is in de land- en tuinbouw noodzakelijk voor de gewasgroei en de bodemstructuur. De door de gewassen aan de bodem onttrokken voedingsstoffen moeten via bemesting weer aan de bodem worden toegevoegd. In de periode 1950-1990 is de veehouderij sterk gegroeid en geïntensiveerd waardoor in bepaalde gebieden de veestapel zoveel mest produceert, dat een aanzienlijk deel daarvan niet meer kan worden benut en als overschot moet worden aangemerkt. Omdat overmatig mestgebruik nadelige gevolgen heeft voor het milieu werd het eind jaren tachtig nodig geacht beperkingen te stellen aan de toediening van dierlijke mest.

3.1.2 *Meststoffenwet en Wet Bodembescherming*

Via de Meststoffenwet en de Wet Bodembescherming zijn beperkingen gesteld aan het gebruik van dierlijke mest. Beide wetten zijn in 1987 in werking getreden. Het zijn raamwetten, dat wil zeggen dat de nadere invulling ervan plaatsvindt via diverse uitvoeringsbesluiten en ministeriële regelingen. Via de Meststoffenwet worden mestkwaliteit, afvoer van mest, mestboekhouding en overschotheffing geregeld. De mestnormering en het uitrijverbod worden via de Wet Bodembescherming geregeld.

In het Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen (BGDM, Wet Bodembescherming) wordt via gebruiksnormen de maximale hoeveelheid dierlijke mest aangegeven die jaarlijks toegediend mag worden. Deze maximale gift is gedifferentieerd naar grondgebruik. De gebruiksnormen zijn in de loop der jaren gefaseerd aangescherpt en bedragen in 1996 voor grasland 135, voor maïslaan 110 en voor bouwland 110 kg P₂O₅ ha⁻¹ jaar⁻¹. In het Besluit Overige Organische Meststoffen (BOOM, 1991) is bepaald dat de gebruiksnormen gelden voor dierlijke mest en andere organische meststoffen tezamen.

3.1.3 Algemeen en bijzonder beschermingsniveau

De Wet Bodembescherming onderscheidt een algemeen en een bijzonder beschermingsniveau. Voor bepaalde gebieden (grondwaterbeschermingsgebieden, bodembeschermingsgebieden) kan een bijzonder beschermingsniveau gerealiseerd worden. Bij de invulling van het beleid voor deze gebieden staat de provincie centraal.

Volgens het BGDM kunnen Gedeputeerde Staten met behulp van een in de Nederlandse Staatscourant bij ministeriële regeling bekend te maken bepalingsmethode en bemonsteringswijze gronden aanwijzen die zodanig met fosfaat zijn verzadigd, dat het fosfaatbindend vermogen tot een bepaalde diepte, die afhankelijk is van de grondwaterstand, is verbruikt. Het is op deze gronden verboden dierlijke mest te gebruiken in een grotere hoeveelheid dan 70, 75 en 110 kg P₂O₅ ha⁻¹ jaar⁻¹ op respectievelijk bouwland, maïslaan en grasland. De provincies hebben echter geen gebruik gemaakt van deze mogelijkheid omdat er geen partij is waarop de kosten van mestafvoer kunnen worden verhaald. Zonder schadevergoeding is er bij boeren geen draagvlak voor provinciaal beleid. Zonder draagvlak is het beleid niet uitvoerbaar en controleerbaar.

3.1.4 Andere selectie-criteria

Bij het opstellen van het BGDM in 1987 is ervan uitgegaan dat het areaal fosfaatverzadigde grond beperkt zou zijn. Zoals eerder vermeld (par. 2.1.4) heeft de Technische Commissie Bodembescherming (TCB) in 1990 aan de hand van de toen aanwezige inzichten geadviseerd om een ander criterium te hanteren voor de fosfaatverzadigingsgraad. Bij hantering van dat criterium is het areaal fosfaatverzadigde gronden veel omvangrijker dan bij het opstellen van het BGDM in 1987 werd aangenomen.

Om deze reden heeft de minister van LNV in zijn notitie mestbeleid tweede fase van juni 1990 een andere benadering gekozen bij de invulling van de regeling fosfaatverzadigde gronden dan oorspronkelijk de bedoeling was. In deze notitie stelt de minister voor om de aanwijzing van fosfaatverzadigde percelen te vervangen door de aanwijzing van zogenaamde *fosfaatgevoelige gebieden*. Dit zijn gebieden waar het risico op uitspoeling van fosfaat aanzienlijk is en waar eventuele uitspoeling direct nadelige gevolgen heeft voor waardevolle eutrofiëringsgevoelige water-ecosystemen. Dit houdt in dat landbouwgronden waar fosfaatuitspoeling reeds optreedt of op

korte termijn zal plaatsvinden en die bovenstrooms gelegen zijn van een te beschermen beek (of beektraject) onder de regeling 'fosfaatgevoelige gebieden' kunnen worden gebracht. De minister schatte dat het zou gaan om 60.000 tot 80.000 ha cultuurgrond en heeft voorgesteld om deze gebieden in de loop van 1991 en 1992 als fosfaatgevoelig aan te wijzen. Aanwijzing als fosfaatgevoelig gebied betekent dat in dergelijke gebieden de maximale fosfaatgift in de vorm van dierlijke mest zal moeten worden teruggebracht tot 70, 75 en 110 kg P₂O₅ ha⁻¹ jaar⁻¹ voor respectievelijk bouw-, maïs-, en grasland. Vanwege problemen van juridische aard (handhaving, schadevergoeding) is dit laatste voornemen tot nu toe niet uitgevoerd.

In een brief aan de Tweede Kamer (7 juli 1994) stelt de minister van VROM dat door de spoedige realisatie van evenwichtsbemesting (in 2000) het probleem van fosfaatverzadigde gronden zou worden opgelost. Bij de realisatie van evenwichtsbemesting ging de minister er echter van uit dat in dat jaar een verliesnorm van 5 kg P₂O₅ ha⁻¹ jaar⁻¹ zou gelden. Anno 1995 werd met de Integrale Notitie Mest- en Ammoniakbeleid gekozen voor een verliesnorm voor het jaar 2000 van 40 kg P₂O₅ ha⁻¹ jaar⁻¹. In de brief van 7 juli 1994 heeft de minister van VROM de nadruk gelegd op een verdere aanpak in het kader van het ROM-gebiedenbeleid.

3.1.5 Jongste ontwikkelingen

In het jaar 1998 zal naar verwachting het mineralenangiftesysteem (MINAS) worden ingevoerd. Het MINAS reguleert de aan- en afvoer van stikstof en fosfaat per bedrijf door het opleggen van heffingen bij overschrijding van genormeerde stikstof- en fosfaatoverschotten (verliesnormen). MINAS voorziet echter niet in aangepaste verliesnormen voor fosfaatverzadigde gronden. Tot het jaar 2000 zijn alleen veehouderijbedrijven met een bezetting van meer dan twee grootvee-eenheden per ha MINAS-plichtig. Daarna worden stapsgewijs alle land- en tuinbouwbedrijven onder het systeem gebracht.

Bij de behandeling van de Integrale Notitie Mest- en Ammoniakbeleid in de Tweede Kamer in december 1995 is door de Stichting Natuur en Milieu en het Waterpakt nogmaals aandacht gevraagd voor de problematiek van fosfaatverzadigde gronden. In hun rapport "De aanpak van fosfaatverzadigde gronden" (Remmers en Vertegaal, 1995) komen zij met concrete voorstellen voor aanvullend fosfaatbeleid. Met betrekking tot een mogelijke aanpak van fosfaatverzadigde gronden is door de minister van VROM toen toegezegd: "een onderzoek in te stellen naar de mogelijkheden om door middel van grondbemonstering de sterk fosfaatverzadigde gronden op te

sporen en te bezien of voor die gronden een lagere verliesnorm kan worden opgelegd (mits juridisch haalbaar en houdbaar)". *Sterk fosfaatverzadigde gronden* zijn gronden die voor meer dan 75% fosfaatverzadigd zijn. Het areaal sterk fosfaatverzadigde gronden wordt geschat op 30.000-35.000 ha (zie bijlage 2).

Een vrij recente ontwikkeling is het streven om de verdroging van Nederland tegen te gaan door verhoging van de grondwaterstanden. Deze verdroging wordt voor een belangrijk deel toegeschreven aan de snelle waterafvoer en daardoor lage grondwaterstand in landbouwgebieden. Verhogen van deze grondwaterstand heeft echter directe consequenties voor het vermogen van gronden om fosfaat vast te leggen. De berekende verzadigingsgraad zal er door stijgen en de fosfaatuitspoeling (op termijn) eveneens.

3.1.6 Het fosfaatbeleid in de praktijk

Door natuur- en milieu-organisaties is regelmatig aangedrongen op verder gaand beleid dat specifiek gericht is op fosfaatverzadigde gronden. Zij doen dat nog steeds, zoals recent bij de behandeling van de Integrale Notitie Mest- en Ammoniakbeleid. Tot nu toe is het echter niet gelukt om politiek draagvlak te krijgen voor dit specifieke beleid. De politieke terughoudendheid wordt verklaard door het grote areaal fosfaatverzadigde gronden, de daarmee samenhangende grote financiële consequenties, de problemen die de overheid heeft met het mestbeleid, en de lange termijn waarop het effect van veel maatregelen merkbaar zal zijn. Bovendien wordt het nemen van maatregelen gefrustreerd door de indirecte relatie tussen fosfaatverzadigde gronden en de fosfaatbelasting van oppervlaktewater. Immers, bij de tot nu toe gehanteerde definities en areaal-berekeningen wordt uitgegaan van bodemkenmerken en bemesting en niet van de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater. Naar de mening van de natuur- en milieuorganisaties blijft de overheid vastzitten in een 'areaal-discussie'.

Omdat verder gaande maatregelen bij één van de bronnen van fosfaatuitspoeling (de landbouw) achterwege blijven daalt ook het draagvlak bij de zuiveraars van afvalwater: zij vragen zich af waarom ze nog een derde zuiveringstrap moeten toepassen. Tevens bestaat de indruk dat de problematiek van fosfaatlekkende gronden te weinig leeft bij waterbeheerders. Een mogelijke oorzaak hiervan is dat instanties die eutrofiëringsgevoelige wateren beheren niet dezelfde zijn als de instanties die wateren beheren in gebieden met fosfaatlekkende gronden.

De boeren(organisaties) zien echter de noodzaak van maatregelen niet. Volgens hen is de onderbouwing van de vigerende oppervlaktewaternorm (0,15 mg totaal P l⁻¹) zwak. Ze zijn bovendien bang voor opbrengstderving en vergroting van het mestoverschot bij strenge normen.

Geconcludeerd kan worden dat de problematiek van fosfaatverzadigde en fosfaatlekkende gronden onvoldoende erkend wordt, zowel door de overheid, oppervlaktewaterbeheerders als door de land- en tuinbouw.

3.2 Ontwikkelingen in het fosfaatonderzoek

Het landbouwkundig onderzoek naar fosfaat kwam in Nederland in de jaren dertig goed op gang. Lange tijd was dit onderzoek vooral gericht op de beschikbaarheid van fosfaat in de bodem en in meststoffen voor de land- en tuinbouwgewassen. De bodem werd beschouwd als een compartiment met een grote capaciteit om fosfaat te binden. Het idee overheerste dat fosfaat niet uitspoelt. Wel zijn er publicaties uit de jaren dertig en vijftig (De Vries en Hetterschij, 1936; Van der Paauw, 1955) waaruit blijkt dat fosfaat in zandgronden met een laag organisch-stofgehalte mobiel is en van de bouwvoor naar de ondergrond wordt getransporteerd. Dat de fosfaatbindingscapaciteit van de bodem beperkt is, werd ook aangetoond door Beek (1979). Door Henkens (1969), De la Lande Cremer (1970) en De Haan (Zwerman en de Haan, 1972) werd in een vroeg stadium gewezen op de risico's voor het milieu van fosfaatoverschotten op bedrijfs- en landelijk niveau, en van het in de bodem opgehoopte fosfaat. Deze publicaties hebben mede de start gegeven tot het onderzoek naar de uitspoeling van fosfaat uit fosfaatverzadigde gronden. Een overzicht van het vroegere landbouwkundige fosfaatonderzoek is te vinden in Henkens (1967, 1987).

Onderzoek naar de rol van fosfaat bij de eutrofiëring van oppervlaktewater is in Nederland gestart in de jaren zestig. Een overzicht van dit onderzoek is onlangs gegeven door Golterman (1994).

Lange tijd is het meer landbouwkundige fosfaatonderzoek gescheiden uitgevoerd van het meer milieukundige fosfaatonderzoek. Inmiddels is dat veranderd. Al enige jaren vindt er samenwerking plaats tussen enerzijds RIZA en RIVM en anderzijds enkele DLO-instituten, met name SC-DLO. Ook is het fosfaatonderzoek van SC-DLO en AB-DLO sinds kort ondergebracht in één programma, waardoor er meer afstemming plaatsvindt.

Inhoudelijk zijn er in het onderzoek ook forse veranderingen opgetreden. Er is een toenemende aandacht voor de kinetiek van fosfaatdesorptie en van fosfaatonttrekking door het gewas. In bijlage 2 wordt een beknopt overzicht gegeven van het fosfaatonderzoek dat is en wordt uitgevoerd door de bij deze studie betrokken instellingen, inclusief de vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding van de Landbouwniversiteit.

In bijlage 3 is een lijst opgenomen van in Nederland uitgevoerde eutrofiëringsprojecten in het oppervlaktewater.

4. MOGELIJKHEDEN VOOR BEHEER EN HERSTEL VAN FOSFAATLEKKENDE GRONDEN

Voor fosfaatlekkende gronden bestaan verschillende mogelijkheden voor beheer en herstel, door maatregelen te nemen in de bodem of in het oppervlaktewater (Remmers en Vertegaal, 1995; Schoumans en Kruijne, 1995a). In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van deze mogelijkheden, in combinatie met een kritische analyse. De analyse is mede gebaseerd op enquêtes en vraaggesprekken met deskundigen op het gebied van beheer, beleid en onderzoek van fosfaatlekkende gronden. De enquête en een lijst met geënquêteerden zijn opgenomen in bijl. 4.

Aan de deskundigen werd in de enquête de vraag gesteld welke knelpunten er zijn per beheersoptie. Bij knelpunten kan gedacht worden aan: specifieke leemten in kennis; rendement; kosten; uitvoerbaarheid en draagvlak in politiek, maatschappij, doelgroep en beleid. Uit de reacties blijkt een duidelijke voorkeur voor bodemgerichte maatregelen, omdat hiermee de bron wordt aangepakt. Het ontbreken van een wettelijk kader om op fosfaatlekkende gronden de aanvoer van fosfaat te beperken, wordt als een grote belemmering gezien voor een effectieve bodemgerichte aanpak. Bovendien bestaat nog weinig ervaring met bodemgerichte maatregelen. Zoals zal blijken in de paragrafen 4.1 en 4.2 en uit tabel 4.1 is dit wel het geval met maatregelen gericht op het oppervlaktewater.

Het opvolgen van het fosfaatbemestingsadvies is een goed uitgangspunt voor het voorkómen en het beheren van veel fosfaatlekkende gronden. Het advies geeft aan dat wanneer een bepaalde waarde van de fosfaatbeschikbaarheidsparameter P_w (bouwland) of PAL (grasland) wordt overschreden fosfaatbemesting niet nodig is. Wanneer bemesting met fosfaat achterwege wordt gelaten, zal het fosfaatgehalte van de bouwvoor geleidelijk dalen, doordat met het gewas fosfaat wordt afgevoerd. Daardoor zal (op termijn) ook de uitspoeling van fosfaat afnemen. Het is momenteel nog onduidelijk voor welke bodemtypen en welk grondgebruik het nauwkeurig opvolgen van de huidige fosfaatbemestingsadviezen toch tot een onacceptabel hoge uitspoeling van fosfaat uit de bodem zal blijven leiden.

De mogelijkheden die in dit hoofdstuk worden besproken, zijn onderverdeeld in maatregelen op en langs percelen (par. 4.1) en maatregelen in het oppervlaktewater (par. 4.2).

De verschillende maatregelen zijn op hun haalbaarheid beoordeeld. Dit vond plaats op de aspecten: toepasbaarheid, rendement, kosten, acceptatie en draagvlak. Tabel 1 geeft een samenvattend overzicht van de verschillende mogelijkheden.

Tabel 1: Kwalitatieve karakterisering van beheersmaatregelen

— = gering; ± = matig; + = veel;

* = sterk afhankelijk van de lokale situatie

Maatregel	Ervaring	Effectiviteit	Kosten
<u>Op en langs percelen :</u>			
Reduceren bemesting	±	+	±
Bufferstrook	±	±	*
Vergroten maaiveldsberging	-	?	±
Dichten perceelsslotten	-	?	±
Versneld doorspoelen	-	?	+
Immobilisatie	-	+	+
Afgraven/reinigen	-	+	+
<u>In kleine oppervlaktewateren :</u>			
Slibvangen	±	±	±
Helofytenfilters	+	—	±
Defosfateren	+	+	±
Afleiden/omleiden	+	±	*
Verwijderen waterplanten en kroos	+	?	±
<u>In grote oppervlaktewateren :</u>			
Doorspoelen/verdunnen	+	+	*
Compartimenteren/isoleren/afleiden	+	±	*
Slibvangen	±	-	-
Verwijderen P-rijk sediment (baggeren)	+	±	+
Verdiepen	±	+	+
Aktieve fosfaatfixatie	±	±	-
Aktief biologisch beheer	+	+	-

4.1 Beheersmogelijkheden op en langs percelen

Om de fosfaatuitspoeling uit landbouwgronden te reduceren, kan ruwweg onderscheid worden gemaakt in de volgende typen maatregelen:

- bemestingsmaatregelen;
- hydrologische en waterbeheersmaatregelen;
- immobilisatie van fosfaat in de bodem;
- bufferstrook;
- zuivering drainwater;
- afgraven/reinigen.

4.1.1 Bemestingsmaatregelen

Door toediening van dierlijke mest of fosfaatkunstmest stijgt de fosfaatconcentratie in het bodemvocht. Naarmate de fosfaatverzadigingsgraad van de bodem hoger is, is de stijging van de fosfaatconcentratie sterker en worden op grotere diepten verhoogde fosfaatconcentraties waargenomen. Hierdoor neemt de kans op fosfaatuitspoeling toe. Door het achterwege laten van fosfaatbemesting nemen de fosfaatconcentratie in het bodemvocht en de fosfaatuitspoeling af. Schoumans en Kruijne (1995a) verwachten dat in niet gedraineerde percelen eventueel volstaan kan worden met het niet meer bemesten van bufferstroken naast de sloten, indien op de rest van het perceel geen fosfaatophoping plaatsvindt. De gevolgen van een dergelijk beheer ten aanzien van de uitspoeling van organisch fosfaat zijn nog onduidelijk.

Door gewassen te telen waarbij veel fosfaat van het perceel wordt afgevoerd wordt de fosfaatconcentratie in de bouwvoor versneld verlaagd. De fosfaatuitspoelingsverliezen uit de bovengrond (bovenste 25 cm) naar diepere lagen zijn over het algemeen veel lager dan $10 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$. De hoeveelheid fosfaat die gras uit de bodem opneemt (ca. $100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$), is minimaal een factor 10 maal zo hoog. De beperking bij gras is dat fosfaatopname hoofdzakelijk uit de bovenste 25 cm van de bodem plaatsvindt, terwijl de gemiddelde fosfaatindringingsdiepte in de mestoverschotgebieden ca. 40 cm bedraagt. Aangezien het grondwater vaker in contact komt met de laag onder de bovengrond (25-40 cm) dan met de bovengrond, treedt met name vanuit de laag 25-40 cm een sterke fosfaatbelasting van het oppervlaktewater op. Dit betekent dat nagegaan moet worden in hoeverre met behulp van het telen van gewassen die diep wortelen en veel fosfaat opnemen de bodem versneld kan worden uitgemijnd.

Het belang van een verlaging van het gehalte aan gemakkelijk extraheerbaar fosfaat van de bodem voor het tegengaan van uit- of afspoeling van P blijkt uit figuur 2 en 3. In figuur 2 is het fosfaatgehalte van runoff (oppervlakte-afvoer) weergegeven als functie van het gehalte aan waterextraheerbaar fosfaat van de bodem. Het fosfaatgehalte van runoff blijkt lineair toe te nemen met het fosfaatgehalte van de bodem. In figuur 3 is weergegeven de afname van het Pw-getal (een landbouwkundige beschikbaarheidsparameter voor fosfaat, eveneens gebaseerd op waterextractie van de grond), wanneer de gift kleiner is dan de onttrekking. De berekening is uitgevoerd door Ehlert et al. (1996) voor een netto-onttrekking van $30 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$. Volgens deze berekening kan al binnen 5 jaar een halvering van het Pw-getal worden verwacht, wat een verlaging van de uitspoeling van fosfaat zal geven.

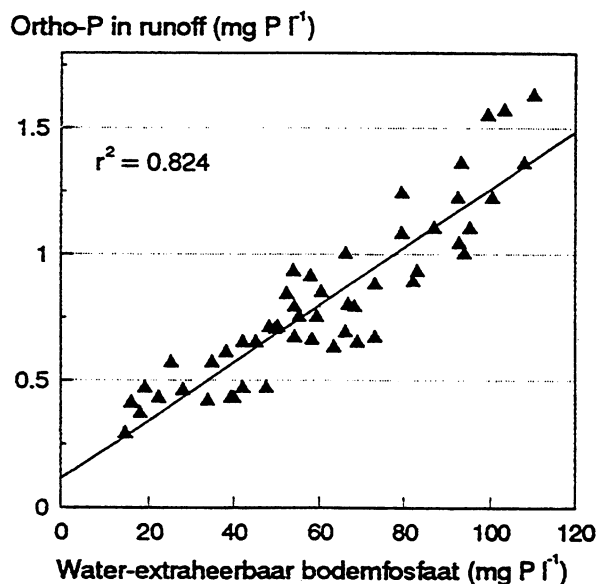


Fig. 2 *Toename van fosfaatgehalte in runoff met het gehalte aan water-extraheerbaar fosfaat van de bodem (data Pote et al., 1996)*

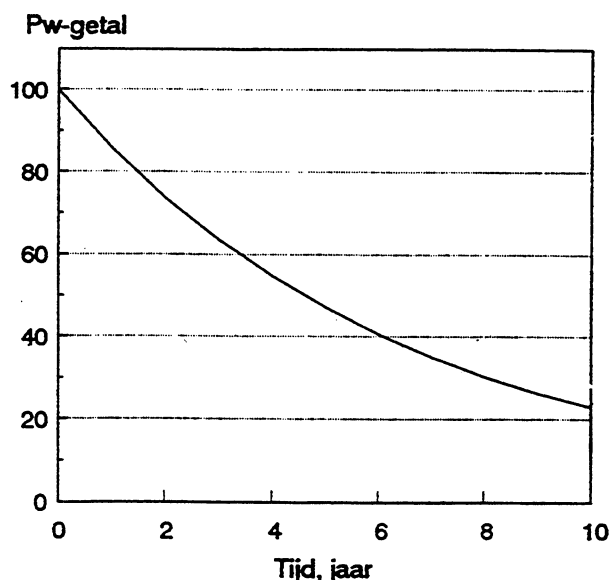


Fig. 3 *Afname van Pw-getal ($\text{mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$ grond) bij een netto-onttrekking van $30 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (naar Ehlert et al., 1996).*

Gesteld kan worden dat bemestingsmaatregelen noodzakelijk zijn, onafhankelijk van de overige maatregelen die worden getroffen. Het niet aanpakken van de bemesting geeft hetzelfde effect als 'dweilen met de kraan open'. Bemestingsmaatregelen zijn op alle percelen toepasbaar. De effectiviteit is afhankelijk van de dikte van de bodemlaag waarin fosfaat zich heeft opgehoopt. Praktijkonderzoek in combinatie met modelsimulaties zullen duidelijkheid moeten verschaffen over

de snelheid waarmee de uitspoeling van fosfaat afneemt. Zolang het achterwege laten van fosfaatbemesting op fosfaatlekkende gronden niet wettelijk kan worden voorgeschreven, zal aan de boer een vergoeding moeten ontvangen voor het afvoeren van mest. Voor het vrijwillig geheel of gedeeltelijk stopzetten van de fosfaatbemesting en het stimuleren van fosfaatonttrekking door speciale gewassen bestaat nauwelijks draagvlak in de praktijk.

4.1.2 Hydrologische en waterbeheersmaatregelen

Belasting van het oppervlaktewater met fosfaat kan deels worden voorkomen door er voor te zorgen, dat (i) het grondwater niet in contact komt met bodemlagen die zijn verrijkt met fosfaat en (ii) bij hoge grondwaterstanden het grondwater niet naar het oppervlaktewater kan uit treden. De eenvoudigste methoden voor beide opties zijn verlaging van de grondwaterstand, intensievere drainage en het dichten van greppels en sloten. De gevolgen zijn respectievelijk verdroging en vernatting, elk met de daarbij behorende voor- en nadelen voor landbouw en natuurbeheer. Bij verlaging van de grondwaterstand kan bovendien een versnelde mineralisatie optreden van organisch materiaal, wat gepaard gaat met het vrijkomen en uitspoelen van stikstof en fosfaat. Een eerste verkenning van mogelijke waterbeheersmaatregelen ter vermindering van de fosfaatuitspoeling uit landbouwgronden is uitgevoerd door Jeurissen (1990).

De geïnterviewde maatregelen waren:

- a) Intensievere drainage door het aanleggen van (extra) drainbuizen of sloten.
Dit heeft een versnelde ontwatering tot gevolg, waardoor de grondwaterstand minder snel stijgt. Doordat extra water wordt afgevoerd, wordt ook de gemiddelde grondwaterstand verlaagd.
- b) Intensievere drainage + verhoging van de ontwateringsbasis. Om de verlaging van de gemiddelde grondwaterstand als gevolg van intensievere drainage tegen te gaan, wordt de drainagebasis (ontwateringsbasis)¹ verhoogd. Er zijn daarbij drie mogelijkheden:
 - intensievere drainage en ondiepere sloten;
 - intensievere drainage en vast (eventueel hoger) slootpeil met wateraanvoer;
 - intensievere drainage en tijdelijk hoger peil zonder wateraanvoer.
- c) Peilbeheer. Door tijdens de afvoerperiode het peil te verlagen wordt de afvoer verbeterd, waardoor hoge grondwaterstanden worden verlaagd. Door op het einde van de afvoerperiode het peil op te zetten, wordt de afvoer geremd, zodat deze maatregel uiteindelijk een beperkte invloed heeft op de gemiddelde grondwaterstand.

¹De ontwateringsbasis kan zijn: niveau drainbuis, waterstand in de sloot of slootbodem (droge sloot).

- d) Vergroting van de maaiveldsberging. Egalisatie en/of verhoging van het maaiveld langs de sloot vermindert de oppervlakte-afvoer.
- e) Perceelssloten dichten en intensiever draineren met drainagebuizen. Bij deze maatregel worden de perceelssloten uitgeschakeld en vervangen door drainagebuizen op het oorspronkelijke niveau van de slootbodem. Opties voor het uitschakelen van de perceelssloot zijn: dempen, afdammen, ondoorlaatbaar scherm aanbrengen langs de sloot, het talud bekleden met ondoorlaatbaar materiaal.
- f) Hoog peil in de sloten + drainage uitsluitend via diepe drains zonder dat hierbij de ontwateringsbasis wordt gewijzigd. De drains zorgen voor de ontwatering. Ze monden uit op een afwateringssloot met een laag peil of worden bemalen. Het hoge peil in de sloten rondom het perceel voorkomt afvoer van drain- en bodemvocht naar die sloot; in plaats daarvan infiltreert er water vanuit die sloot in het perceel. Door de drinaanvoer naar een sloot met een laag peil te leiden kan het hoge peil in de sloten rondom het perceel voor een bepaalde tijd gehandhaafd worden. De drains voeren alleen het netto-neerslag overschot af; het is dus niet de bedoeling om het perceel extra te ontwateren.

Opgemerkt wordt dat alleen bij de opties e en f netto geen duidelijke verdroging of vernatting van het perceel hoeft op te treden. Maatregel f is getest en lijkt perspectiefvol. Bij zeer sterk fosfaatverzadigde gronden is op perceelsbasis een reductie van de fosfaatsuitspoeling van ongeveer 80-85% realiseerbaar (Schoumans en Kruijne, 1995b).

Tot slot kunnen als mogelijke hydrologische maatregelen worden genoemd (i) het hydrologisch isoleren van percelen, gecombineerd met zuivering van overtollig water, wat mogelijk perspectief biedt bij grotere gebieden, en (ii) het versneld doorspoelen van de bodem; voor deze variant geldt dat veel extra wateraanvoer noodzakelijk is. Berekeningen van het rendement zijn niet bekend.

4.1.3 Immobilisatie van fosfaat in de bodem

Om de fosfaatconcentratie in de bodemoplossing snel te doen dalen kunnen fosfaatbindende materialen aan de bodem worden toegevoegd. Een verkenning van de effectiviteit van fosfaatbindende materialen is uitgevoerd door Schoumans en Köhlenberg (1995). Van de onderzochte materialen blijken met name vers gesynthetiseerde ijzerhydroxyden, die ook van nature de anorganische fosfaten in de bodem vastleggen, goed in staat te zijn om de overmaat aan fosfaat dusdanig te fixeren dat een sterke reductie van de fosfaatconcentratie optreedt. Een nadeel van deze maatregel is, dat tijdens de synthese van het materiaal een bijproduct (calciumzout) ontstaat dat vooralsnog niet rendabel verwijderd kan worden en dientengevolge mede aan de bodem wordt toegediend.

Voor een niet-gedraineerd perceel hoeft slechts een beperkt deel van het perceel behandeld te worden. Volstaan kan worden met een 10 m brede strook aan weerszijden van de sloot (zie 4.1.4). De werking van immobilisatie van fosfaat met behulp van ijzer- en/ of aluminiumhydroxiden op lange termijn is echter nog onzeker. In de praktijk bestaan bovendien bezwaren tegen het toedienen van chemicaliën aan de bodem. Het verdient aanbeveling om een wijze van toediening van de hydroxiden te ontwikkelen waarbij geen bijproduct aan de bodem wordt toegediend en het ijzerhydroxide in een vaste vorm wordt toegediend zodat er minder kans is op colloïdaal transport.

4.1.4 Bufferstrook

Een bufferstrook kan in dit verband worden gedefinieerd als een strook grond langs een watergang, waarvan het beheer en/of de inrichting is aangepast ten behoeve van de verwijdering van fosfaat afkomstig van de naastliggende landbouwgrond (Orleans et al. 1995). Voorbeelden van afwijkend beheer of inrichting zijn:

1. achterwege laten bemesting;
2. afwijkend gewas (bijv. gras in plaats van mais);
3. niet-landbouwkundig gebruik (bos, drasberm, plasberm), en
4. behandeling bodem (fixatie of vervangen grond door andere met laag fosfaatgehalte).

Bij het aanleggen van een bufferstrook is de dimensionering nog een knelpunt. Dit geldt ook voor de vraag wie een dergelijke strook moet beheren en hoe controle mogelijk is. Bij gedraineerde percelen en bij percelen die door slecht doorlatende lagen een sterke ondiepe uitspoeling van fosfaat hebben (zie par. 2.2), zal een bufferstrook niet of nauwelijks werkzaam zijn. Op basis van een literatuuronderzoek worden de perspectieven van het toepassen van een bufferstrook van het type 1, 2 en 3 door sommigen dan ook niet hoog ingeschat (Orleans et al., 1995).

4.1.5 Zuivering drainwater

De zuivering van drainwater (chemisch of biologisch) is technisch mogelijk, door de drain aan te sluiten op de riolering op voorwaarde dat een riolering aanwezig is. Een alternatief is om een afwateringssloot als 'drain' te beschouwen en om het slootwater te zuiveren (zie 4.2.1).

4.1.6 Afgraven en reinigen

Afgraven kan beschouwd worden als de meest vergaande saneringsvorm van fosfaatlekkende gronden. Alleen in extreme gevallen, bijvoorbeeld waar zeer veel mest gedumpt is nabij een zeer eutrofiëringsgevoelig gebied, zou dit uitkomst kunnen bieden. Studies waarin deze optie is

geanalyseerd zijn bij de werkgroep niet bekend. Hoewel er nog geen ervaring bestaat met het verwijderen van fosfaat uit de grond wordt verwacht dat dit technisch haalbaar zal zijn.

4.2 Beheersmogelijkheden in het oppervlaktewater

Deze mogelijkheden zijn deels gericht op het onderscheppen van fosfaat, deels op het verminderen van de effecten van fosfaatuitspoeling uit landbouwgronden. In grote lijnen kunnen ze worden verdeeld in :

- a) Maatregelen in *kleine*, meestal stromende, oppervlaktewateren zoals sloten, beken, weteringen en vaarten, rivieren en kanalen. Deze wateren hebben voornamelijk een waterafvoerende functie en de mogelijkheden zijn hier meestal gericht op het voorkómen dat het uitgespoelde fosfaat het *grote* oppervlaktewater bereikt.
- b) Maatregelen in *grote*, stagnante, oppervlaktewateren zoals meren en plassen en grote vaarten. In deze wateren manifesteren zich de negatieve effecten van fosfaatuitspoeling (eutrofiëring) meestal het sterkst en de maatregelen zijn vaak vooral gericht op het tegengaan van die negatieve effecten.

4.2.1 Beheersmogelijkheden in kleine oppervlaktewateren

4.2.1.1 Slibvang

Een slibvang wordt ook wel aangeduid met bezinkingsbassin of sedimentatiebekken. Het is een verdieping en/of verbreding in de waterloop welke verlaging van de stroomsnelheid tot doel heeft en wel zodanig dat de valsnelheid van in het water zwevende deeltjes groter wordt dan de stroomsnelheid van het water. Hierdoor sedimenteert het aan die deeltjes gebonden fosfaat (particulair fosfaat) mee naar de bodem van de slibvang. Het aldus op de bodem opgehoopte fosfaat dient van tijd tot tijd te worden verwijderd door baggeren. Het 'milieu-veilig' bergen van deze fosfaatrijke baggerspecie is uiteraard een punt van aandacht. De afzet van slib uit sloten zal mogelijk minder afzetproblemen opleveren dan slib uit groter oppervlaktewater, omdat het slib veelal minder verontreinigd zal zijn.

Een slibvang kan worden aangelegd bij de uitmonding van de waterloop in het grote oppervlaktewater, maar ook *in* het stroomgebied. Soms kan gebruik worden gemaakt van sedimentatietrajecten welke van nature reeds aanwezig zijn. Zo zal het verlagen van de stroomsnelheid in sloten de sedimentatie bevorderen. De maatregel bestaat in dat geval alleen uit het regelmatig wegbaggeren

van het gesedimenteerde slib. Het rendement van een slibvang is nog onduidelijk. Dit zal sterk afhangen van de verdeling van het fosfaat over de fracties opgelost en particulier. Er zijn in de praktijk nog weinig rendementsmetingen uitgevoerd.

4.2.1.2 Helofytenfilter

Helofyten zijn waterplanten die boven de waterspiegel uitsteken maar in de waterbodem wortelen zoals riet, biez en lisdodde. Men spreekt derhalve ook wel van een rietmoeras. Een helofytenfilter is een ondiep bekken begroeid met dit type waterplanten waar het water doorheen stroomt. Net als bij een slibvang is het doel het 'vasthouden' van het fosfaat, alleen gebeurt dat in dit filter deels via een ander mechanisme. Het particuliere fosfaat zal ook hier voor een groot deel rechtstreeks bezinken. Daarnaast wordt echter ook opgelost fosfaat opgenomen door de waterplanten. Ook kan er adsorptie van ortho-fosfaat plaatsvinden bij een kleiige en/of ijzerrijke bodem. Dit adsorptieproces kan worden bevorderd indien het veld niet alleen oppervlakkig wordt doorstroomd maar het water via infiltratie en drainage via de bodem wordt afgevoerd. In feite is hier dan deels sprake van een hydrologische maatregel (zie hoofdstuk 4.1.2). Ook bij een dichte vegetatie blijkt in een oppervlakkig doorstroomd helofytenfilter bezinking de belangrijkste vorm van fosfaatverwijdering te zijn. In de bovengrondse vegetatie kan max. 45-100 kg P₂O₅ ha⁻¹ jaar⁻¹ worden vastgelegd. Na het groeiseizoen wordt 15-50% van het opgenomen P naar de ondergrondse delen getranslokeerd en komt een deel met de afgevallen bladeren op de bodem terecht. Maaien en afvoeren van de vegetatie kan dus het beste gebeuren voordat translokatie en bladafsterving plaatsvinden. Desondanks kan met maaien en afvoeren van de vegetatie over het algemeen toch slechts een beperkt deel van de totale fosfaatbelasting van een helofytenfilter worden verwijderd. De in de literatuur genoemde overall verwijderingsrendementen voor fosfaat lopen uiteen van 4 tot 98%. Dimensionering en belasting zijn hierbij factoren die in belangrijke mate het resultaat bepalen.

Na verloop van tijd moet het fosfaatrijke slib en dus de hele vegetatie worden verwijderd. Een ander nadeel van een helofytenfilter is het grote ruimtebeslag. Daar staat tegenover dat combinatie mogelijk is met natuur- en recreatie-ontwikkeling.

4.2.1.3 Defosfateren

Fosfaatrijke waterstromen kunnen, op vergelijkbare wijze worden behandeld als afvalwater, en in een RWZI worden gedefosfateerd. Meestal wordt hiervoor ijzer(III)chloride gebruikt. Voor een defosfateringsinstallatie zijn nodig: een doseerinrichting, een vlokformingsruimte en een bezinkbassin. Met chemisch defosfateren wordt vooral het opgelost fosfaat verwijderd. Net als bij

een slibvang dient het in het bezinkbassin verzamelde fosfaatslib regelmatig te worden verwijderd en 'milieu-veilig' geborgen. Wanneer met een redelijk constante waterstroom kan worden gewerkt, zoals bij een gecontroleerde waterinlaat naar een plas of natuurgebied, kan een hoog verwijderingsrendement (80% of meer) worden behaald. Wanneer echter een waterstroom met een natuurlijk neerslag-afvoer regime moet worden behandeld, zoals een beek of rivier, dan vormen dimensionering en chemicaliëndosering een probleem. Deze zouden namelijk moeten worden afgestemd op incidentele piekafvoeren, want anders loopt het rendement al snel terug. Uiteraard heeft dit consequenties voor de kosten. Piekafvoeren liggen namelijk een factor 7 á 10 hoger dan de gemiddelde afvoer en de fosfaatgehalten liggen daarbij ook nog eens factoren hoger dan gemiddeld. De chemicaliëndosering kan worden geoptimaliseerd door deze debietsproportioneel te maken.

Het relatief lage fosfaatgehalte van oppervlaktewater leidt ertoe dat een relatief hoge chemicaliëndosering moet worden toegepast vergeleken met defosfateren van afvalwater in RWZI's. Als gevolg daarvan treden verhoogde chloride- of sulfaatgehalten op.

Als alternatief voor chemische defosfatering kan gedacht worden aan een regenereerbaar filter waaraan het fosfaat adsorbeert.

4.2.1.4 Afleiden/omleiden

Bij het afleiden van een met fosfaat verrijkte waterstroom gaat het om het verleggen van de waterloop naar een ander ontvangend oppervlaktewater waar het fosfaatrijke water geen of veel minder eutrofiëringsproblemen geeft. Ook kan een waterloop om een kwetsbaar gebied heen worden geleid. Óf afleiden/omleiden kan worden toegepast, hangt af van de lokale omstandigheden.

Afleiden naar ander oppervlaktewater kan zeer effectief zijn. Het rendement van fosfaat-verwijdering bedraagt immers 100%. Hier staat echter tegenover dat de waterbalans van het gebied verandert en het effect daardoor niet lineair is met de hoeveelheid afgeleid fosfaat. Waarom het afleiden van het water zelf ongunstig uitwerkt, wordt besproken in hoofdstuk 4.2.2.1 bij 'Doorspoelen'.

4.2.1.5 Verwijderen van waterplanten en kroos

Het verwijderen van fosfaat door het weghalen van waterplanten en kroos is een optie in ondiepe wateren. In grotere, eutrofe wateren groeien vrijwel geen planten. Het 'schonen' van sloten gebeurt al voor een ander doel, en kan mogelijk worden geoptimaliseerd door het materiaal over het perceel te verspreiden in plaats van op de slootkant achter te laten.

4.2.2 *Beheersmogelijkheden in grote oppervlaktewateren*

4.2.2.1 Doorspoelen/Verdunnen

Overmatige algengroei kan worden tegengegaan door het geforceerd vergroten van de wateraanvoer met water uit een naburig watersysteem. Hieronder zijn ook maatregelen te verstaan gericht op het vergroten van de hoeveelheid kwel. Het doel hierbij kan zijn :

- a) *Verkorten van de verblijftijd van het water.* Deze dient dan zodanig kort gemaakt te worden (korter dan ca. 2 à 3 weken) dat de algen niet de maximale biomassa kunnen bereiken die op grond van het fosfaatgehalte mogelijk zou zijn. Essentieel bij deze maatregel is de beschikbaarheid van relatief veel doorspoelwater. Het P-gehalte daarvan is dan minder van belang.
- b) *Verlagen van het P-gehalte.* De algengroei wordt in dit geval bepaald door het te bereiken P-gehalte in het stagnante watersysteem. Doorspoelen met dit doel komt in feite neer op 'verdunnen'. Het verdunnen gebeurt op drie manieren. Ten eerste door verlaging van het gemiddeld fosfaatgehalte van al het instromend water tezamen. Om een verlaging te bereiken dient het fosfaatgehalte van het doorspoelwater laag te zijn. Ten tweede wordt het door de bodem afgegeven fosfaat in een grotere hoeveelheid water gebracht en het P-verhogend effect daarvan dus verminderd. Ten derde wordt de verhoging van het P-gehalte ten gevolge van verdamping en wegzijging ('indikking') verminderd door het grotere doorstroomdebiet. Indien doorgespoeld kan worden met calcium- en/of ijzerrijk water kan er bovendien nog een extra verlaging van het P-gehalte optreden als gevolg van de vergrote fosfaatbindingscapaciteit van het sediment die daarvan het gevolg is.

Als doorspoelen eenvoudig kan worden toegepast is het vaak een relatief goedkope maatregel. Meestal echter is geschikt doorspoelwater niet direct in voldoende hoeveelheden voorhanden. Bij het beoordelen van de geschiktheid voor doorspoelen dient niet alleen op de nutriëntgehalten gelet te worden maar ook op de overige kwaliteitsaspecten van dat water, zoals bijvoorbeeld hardheid, ionensamenstelling en gehalten aan micro-verontreinigingen. Het middel mag niet erger zijn dan de kwaal.

4.2.2.2 Compartimenteren, isoleren en afleiden binnen het systeem

De invloed van een fosfaatrijke waterstroom op een ontvangend oppervlaktewater kan worden beperkt door het ontvangende watersysteem via dammen of damwandkonstrukties in compartimenten te verdelen. De fosfaatrijke waterstroom wordt dan opgevangen in een klein compartiment met als doel de rest van het systeem zoveel mogelijk te ontlasten. Hierbij moet worden geaccep-

teerd dat de waterkwaliteit in het kleine compartiment verslechtert. Dit kleine compartiment kan ook gezien worden als een bezinkbekken waarin zoveel mogelijk fosfaat sedimenteert, al of niet met behulp van chemicaliën of een helofytenfilter. Er is dan in wezen geen verschil met de eerder genoemde slibvang of helofytenfilter in het stroomgebied. De inrichting kan er ook op gericht zijn om de vervuilde waterstroom zo snel mogelijk naar het uitstroompunt van het systeem te leiden. In dat geval is er dus eigenlijk sprake van afleiden, maar dan binnen het ontvangende watersysteem.

Ook de mogelijkheden voor toepassing van compartimentering zijn sterk afhankelijk van lokale omstandigheden. Dammen zijn over het algemeen vrij duur en vormen een obstakel voor de scheepvaart. Ook moet met trekroutes van vissen rekening worden gehouden.

4.2.2.3 Slibvang

In eutrofe ondiepe meren en plassen is vaak veel fosfaatrijk slib aanwezig. Bij windstilte sedimenteert dit slib, maar bij wind wervelt het weer op. Dit circulerend slib vermindert de helderheid van het water aanzienlijk en bovendien vindt hierdoor nalevering van nutriënten plaats. Het is dus van belang om resuspensie van fosfaatrijk sediment tegen te gaan. Bij een diepte van ca. 10 m treedt geen opwerveling door wind meer op. Hiervan kan gebruik worden gemaakt door de aanleg van een slibvang. Dit is een verdieping of diepe put in de bodem waarin het slib kan bezinken. De sedimentatie in de slibvang kan worden versterkt door de aanleg van strekdammen die het slibrijke water in de gewenste stroomrichting dwingen en voor luwte zorgen.

Het in de slibvang geaccumuleerde slib dient periodiek te worden weggebaggerd dan wel chemisch te worden behandeld om het fosfaat daarin te fixeren. In een diepe put treedt namelijk gemakkelijk stratificatie op waardoor de put onderin anaëroob wordt. Dit heeft een sterke toename van de fosfaataanlevering uit de putbodem tot gevolg. Soms kan gebruik worden gemaakt van een reeds aanwezige verdieping, zandwininput of vaargeul. De maatregel bestaat in dat geval alleen uit het regelmatig wegbaggeren of behandelen van het slib.

Wanneer de aanleg van een put kan worden gecombineerd met zandwinning of vaargeulverdieping, dan kan een slibvang een betrekkelijk goedkope maatregel zijn.

4.2.2.4 Baggeren

Een rigoureuze manier om van het fosfaatrijke bodemslib af te komen, is het wegbaggeren van de waterbodem. Deze maatregel heeft alleen zin als de externe fosfaataanvoer is of gelijktijdig wordt gesaneerd. Voordat zinvol tot baggeren kan worden overgegaan, zal de bodem moeten worden onderzocht om vast te stellen waar en hoe diep er moet worden gebaggerd. In veel gevallen gaat

het om de bovenste 25 - 100 cm. Wanneer het wegbaggeren van de bodem tevens leidt tot verdieping van het water, dan heeft dat gunstige neveneffecten.

Het verwijderen van een fosfaatrijke waterbodem vereist speciale baggertechnieken. Men spreekt in dit verband wel van 'hydraulisch baggeren' of 'stofzuigen' omdat het fijne, dunne en waterige slib waar het hier om gaat, gericht opgezogen moet worden van de bodem. Met gangbare technieken kunnen alleen vastere substanties weggebaggerd worden.

Een voordeel van baggeren is dat tegelijkertijd ook andere verontreinigingen worden verwijderd die immers ook aan de fijnste slibfrakties gebonden zijn. Aan de andere kant kunnen hoge gehalten aan micro-verontreinigingen juist weer sterk kostenverhogend werken bij het verwerken en afzetten van het slib. Een ander nadeel is de verstoring van de bodemflora en -fauna en de sterke troebeling van het water tijdens de baggerwerkzaamheden.

4.2.2.5 Verdiepen

Algen hebben behalve nutriënten licht nodig. De maatregel 'verdiepen' is er primair op gericht om de factor licht beperkend te maken voor de algengroei. De aan het wateroppervlak ingestraalde hoeveelheid licht neemt namelijk met de diepte af door reflectie en absorptie door stoffen in het water. De meeste meren en plassen in Nederland zijn ondiep (1 á 2 m) waardoor er voor de algen veel licht beschikbaar is. Door meren en plassen dieper te maken wordt bereikt dat er per alg minder licht beschikbaar is. De meeste algensoorten mengen zich namelijk in de loop van de dag door de hele waterkolom. De grens waarbij de gemiddelde hoeveelheid licht per dag ontoereikend wordt voor maximale groei ligt bij een mengdiepte van 4 á 5 m . Bij drinkwaterbekkens wordt vaak gebruik gemaakt van dit principe.

Bijkomende positieve effecten van verdiepen zijn dat de resuspensie van bodemslib wordt verminderd en dat het watervolume wordt vergroot. Bij verdiepen kan bovendien een fosfaatrijke waterbodem worden verwijderd.

Negatieve aspecten van verdiepen zijn: verwijderen van waterplanten, meer kans op stratificatie, vermindering van fourageermogelijkheden voor duikende watervogels en de kosten.

4.2.2.6 Aktieve fosfaatfixatie m.b.v. chemicaliën

Deze maatregel, men spreekt ook wel van fosfaatinaktivering, is gericht op het drastisch verminderen van de fosfaataflevering door de waterbodem. Hiertoe worden fosfaatbindende ijzerzouten toegevoegd aan de bovenste 10 á 20 cm van de waterbodem. Het daarin aanwezige fosfaat vormt een verbinding met het ijzer waaruit het onder aërobe omstandigheden niet gemakkelijk meer vrij komt. We spreken daarom van fixatie. Onder zuurstofloze condities is de fosfaatbin-

dingscapaciteit van ijzer echter gering. Een goede zuurstoftoestand van de bovenste laag van de waterbodem is dus belangrijk. Bij opwerveling van dit ijzerrijke bodemslib wordt ook fosfaat uit de waterfase gebonden.

Meestal wordt deze maatregel pas overwogen na sanering van de externe fosfaatbelasting als blijkt dat de interne fosfaatbelasting een herstel van de waterkwaliteit in de weg staat.

Fosfaatinactivering is in principe een snelle en relatief goedkope methode om het fosfaatgehalte in watersystemen te verlagen. De techniek is simpel, ook geschikt voor ondiep water en goedkoop. De kosten worden geschat op 10 - 20% van die van baggeren van een hele waterbodem. In het Nanneveld (Friesland) waren de geschatte kosten van baggeren (100.000 m³) echter vergelijkbaar met die van fixatie van 100 ha (Veeningen, pers. med.).

Als nadelen kunnen worden genoemd de toediening van ongewenste bijstoffen in de chemicaliën, zoals chloride of sulfaat, de beperkte maatschappelijke acceptatie van het gebruik van chemicaliën en de onzekerheid over de effectiviteit en duurzaamheid van de maatregel. In Nederland is er helaas nog heel weinig ervaring mee opgedaan.

4.2.2.7 Aktief Biologisch Beheer

Onder aktief biologisch beheer (ABB) of biomanipulatie valt een breed scala aan maatregelen die als gemeenschappelijk doel hebben het water helder te maken of te houden, primair door de natuurlijke predatie op algen te vergroten. In eutrofe wateren is de voedselketen 'nutriënten - fytoplankton - zoöplankton - planktivore vissen - roofvissen' ernstig verstoord. Door de overmaat aan nutriënten en explosieve groei van algen wordt het water troebel waardoor waterplanten onvoldoende licht krijgen en verdwijnen. De waterplanten vervullen echter een essentiële rol in het helder houden van het water. Enerzijds bedekken ze de bodem en dempen ze de golven waardoor resuspensie van bodemslib sterk wordt tegengegaan. Anderzijds dienen ze als kraamkamer en schuilplaats voor zoöplankton en jonge roofvis, zoals baars, snoekbaars en snoek. In het troebele water kan de snoek zijn prooi ook minder goed vinden. Met de waterplanten verdwijnen daardoor in troebel water ook de roofvissen. Daardoor kunnen zoöplankton-etende vissen zoals brasem, karper en ruisvoorn zich ongebreideld voortplanten en al het zoöplankton wegeten. Daarmee valt de natuurlijke vijand van de algen weg, m.n. Daphnia-soorten (watervlooien), en groeien de algen ongeremd door. In dit steeds troebeler water winnen ongewenste blauwalgen vaak de competitie met de andere soorten.

ABB-maatregelen zijn er nu op gericht om alles wat gunstig werkt in dit complexe gebeuren te bevorderen en alles wat ongunstig is tegen te gaan. Genoemd kunnen worden:

- afvissen, gericht op het drastisch uitdunnen van de planktivore visstand;
- uitzetten van roofvis;
- weren van vis uit aanliggende wateren door het aanbrengen van een viskering;
- bevorderen van groei van waterplanten door het ondieper maken van oeverstroken, aanleg van eilandjes en strekdammen, helder water in het voorjaar creëren door doorspoelen, aanplanten, peilmaatregelen, e.d. Als ruwe vuistregel wordt hierbij gehanteerd dat ca. 35% van het wateroppervlak met waterplanten bedekt moet zijn;
- uitzetten/bevorderen groei van driehoeksmosselen die algen consumeren.

4.3 Conclusies

Randvoorwaarde voor het beheer van fosfaatlekkende gronden is het uitmijnen van de grond door vermindering van het toedienen van fosfaat en door stimulering van de onttrekking. Via stimulering en begeleiding van de betrokken boeren moet hiervoor een draagvlak worden gecreëerd. Daarbij moet worden voorkomen dat mest die niet meer op fosfaatlekkende gronden wordt uitgebracht elders tot een te hoge fosfaatbemesting leidt.

Als perspectievolle aanvullende mogelijkheden op en langs percelen kunnen worden genoemd het toepassen van bufferstroken en hydrologische maatregelen. De effectiviteit en toepasbaarheid van deze maatregelen zijn sterk afhankelijk van de plaatselijke omstandigheden.

Als mogelijk perspectievolle aanvullende mogelijkheden in kleine oppervlaktewateren kunnen worden genoemd: het aanbrengen van een slibvang in de afwateringssloot, het optimaliseren van het verwijderen van fosfaat via waterplanten, en zuivering van het water via een regenererbaar adsorptiefilter.

5. ANALYSE VAN DE TOEPASBAARHEID VAN BEHEERSMOGELIJKHEDEN

In dit hoofdstuk zal aan de hand van twee gebieden, namelijk het Schuitenbeekgebied en het veenweidegebied in Utrecht en Zuid-Holland, worden nagegaan wat de toepasbaarheid is van mogelijke beheersmaatregelen. Voor het Schuitenbeekgebied geldt dat hieromtrent relatief veel informatie beschikbaar is, voor het veenweidegebied is dit beduidend minder. De globale ligging van het Schuitenbeekgebied, veenweidegebied en het peilgebied Bergambacht is aangegeven in figuur 4.



Fig. 4 *Globale ligging van: het Schuitenbeekgebied (S), het veenweidegebied (V) en het peilgebied Bergambacht (B).*

5.1 Schuitenbeekgebied

Het Schuitenbeekgebied is gelegen in de Gelderse Vallei tussen Nijkerk en Putten, en is het stroomgebied dat afwatert op de Schuitenbeek. De Schuitenbeek mondt uit in het Nuldernauw, een van de Veluwerandmeren¹. De randmeren zijn ondiepe meren (circa 1,5 m) die ontstaan zijn door inpoldering van de Flevopolders. Waren de meren aanvankelijk helder, met een grote diversiteit aan waterplanten, enkele jaren na hun ontstaan nam de algengroei sterk toe, met als gevolg een aanzienlijke vermindering van de helderheid. In de jaren zeventig bedroeg het doorzicht in de zomer niet meer dan 20 cm en waren de waterplanten volledig verdwenen. Sinds 1976 werkt de beheerder van de meren, de regionale directie IJsselmeergebied, aan het herstel van de meren. Onderzoek wees uit dat de oorzaak van de problemen vooral lag in een te hoge belasting van de

¹Tot de Veluwerandmeren behoren het Veluwemeer, Drontermeer, Wolderwijd en het Nuldernauw

meren met nutriënten, vooral fosfaat. De eerste maatregelen waren defosfateren van de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) van Harderwijk en het doorspoelen van het Veluwemeer en Drontermeer in de winter met water uit de Flevopolders. Dit leverde weliswaar een aanzienlijke verbetering op van de waterkwaliteit van de randmeren, maar de gewenste kwaliteit werd nog niet bereikt. Om deze alsnog te realiseren is in 1986 de projectgroep BOVAR (bestrijding overmatige algenbloei randmeren) opgericht. De algemene doelstelling van deze projectgroep is om door middel van maatregelen een zodanige waterkwaliteit te bewerkstelligen dat de Veluwerandmeren de gewenste maatschappelijke functies (recreatie, visserij en natuur) weer optimaal kunnen vervullen. De waterkwaliteitsdoelstellingen die hiertoe zijn vastgesteld zijn: op korte termijn een totaal P-gehalte van 0,08-0,12 mg P l⁻¹ en een doorzicht van 0,5 m, en op lange termijn een totaal P-gehalte van 0,04-0,06 mg P l⁻¹ en een doorzicht van 1 m (PER, 1986; Reeders en Helmerhorst, 1996). Volgens de huidige wetenschappelijke inzichten zijn deze laatste doelstellingen noodzakelijk om dominantie van blauwalgen te doorbreken en duurzaam helder water middels visstandbeheer mogelijk te maken. Om aan deze doelstelling te kunnen voldoen, is een samenwerkingsverband tot stand gekomen van alle betrokken partijen (rijkswaterstaat, provincies, gemeenten, waterschappen en ministeries).

Mede als gevolg van de reeds genomen maatregelen bij de RWZI's zijn de vele beken die uitmonden in de randmeren nu de voornaamste bron van fosfaat voor de randmeren geworden. Deze beken ontspringen op het Veluwemassief en zijn allemaal in meer of mindere mate verrijkt met fosfaat, met name door uitspoeling uit landbouwgronden in het Noord-Westelijk deel van de Veluwe. In het kader van de problematiek van de Veluwerandmeren is de Schuitenbeek het meest intensief onderzocht. Voor het Schuitenbeekgebied wordt de bijdrage van de landbouw aan de totale fosfaatbelasting van de beek geschat op ca. 80%. Eind jaren tachtig is een inventarisatie gemaakt van maatregelen die genomen zouden kunnen worden om de fosfaatbelasting van de Schuitenbeek terug te dringen (Dijkstra et al., 1990). Hieronder zijn ook maatregelen voor landbouwgronden. Het overgrote deel is identiek aan de maatregelen die genoemd zijn in hoofdstuk 4. De belangrijkste resultaten en conclusies van de BOVAR-projectgroep worden hierna gegeven. Tabel 2 geeft een overzicht van de effectiviteit en kosten van de onderzochte maatregelen. Voor meer gedetailleerde informatie wordt verwezen naar Reeders en Helmerhorst (1996).

Tabel 2: De door BOVAR beschouwde maatregelen, hun effectiviteit en kosten. De tabel is vrijwel integraal overgenomen uit een BOVAR-rapport (Reeders en Helmerhorst, 1996).

Maatregel	Reductie P-vracht c.q. % reductie P-gehalte	Investing		Jaarlijkse lasten	
		miljoen	fl kg ⁻¹ P	kfl	fl kg ⁻¹ P
Afleiding Schuitenbeek + Puttergemaal	10,1 ton P -36 % (NN) -12 % (WW)	5,2-9,7	518-957	31-76	3-8
Aansluiting overige beken (1-9)	4,0 ton P ^a -44 % (NN) -15 % (WW)	3 ^a	750 ^a	50 ^a	12,5 ^a
4e trap rwzi Harderwijk vlokkingsfiltratie	3,9 ton P (2,1 ton P) ^b -10 % (VM) -8 % (WW)	21-31	5500-8000 10100-14700 ^b	2100-5100	550-1310 1000-2400 ^b
4e trap rwzi Elburg vlokkingsfiltratie	3,5 ton P (2,6 ton P) ^b -21 % (DM)	7,9-13,3	2250-3800 3000-5100 ^b	1400-2200	400-620 540-850 ^b
Doorspoelen	10 ton P	-	-	120	12
Actief Biologisch Beheer	- (verbetering doorzicht)	2 ^c	-	300 ^c	-
Helofytenfilter Hierdense Beek	2,5 ton P -3,5 % (VM) -1,5 % (DM)	1,275	510	76	30
Helofytenfilter Horstsche Beek + Dasselaarbeek	1,0 ton P	1,125	1125	67	67
Kolonisatie driehoeksmosselen	- (verbetering doorzicht)	p.m.	p.m.	0	-
Verbetering rioleringsituatie	0,9 ton P ^d	19	21111	p.m.	p.m.
Maatregelen op percelen in Schuitenbeekgebied :					
a. P-bemestingsmaatregelen :					
- zonder beweiding	1,3 ton P	-	-	1300	1000
- met beweiding	1,3 ton P	17	13077	geen	-
b. Hydrologische maatregelen	5,3 ton P	12-20	2264-6792	p.m.	p.m.
c. Chemische P-fixatie	4,5 ton P -27 % (NN) -10 % (WW)	18-36	4000-8000	geen	-
Slibvangen :					
- Hierdense Beek	0,5 ton P	3,4	6800	484	968
- Schuitenbeek	0,4 ton P	3,9	9750	555	1388
- Lovink	2,9 ton P	17,5	6034	2490	859
Actieve Fosfaat Fixatie in sediment	-21 % (VM)	45 (VM) 8 (DM) 27 (WW) 10 (NN)	- - - -	-	-

NN = Nuldernauw WW = Wolderwijd VM = Veluwemeer DM = Drontermeer

^a De *extra* reductie, kosten etc. van aansluiting van de overige beken op de afleiding van de Schuitenbeek + Puttergemaal.

^b Reductie biologisch beschikbaar fosfaat.

^c De kosten van een eenmalige grote afwissing van het Wolderwijd-Nuldernauw of het Veluwemeer-Drontermeer, c.q. de jaarlijkse kosten voor onderhoudsvisserij gedurende 3 jaar na de ingreep.

^d Immissiewaarde voor fosfaat naar de Veluwerandmeren. De totale fosfaatemissie naar het milieu is hoger, nl. 2,5 ton P jaar⁻¹.

5.1.1 Bemestingsmaatregelen

Voor het Schuitenbeekgebied is nagegaan welke kosten gemaakt zouden moeten worden als fosfaatvrije bemesting wordt opgelegd voor het gehele areaal natte landbouwgronden in het stroomgebied van de Schuitenbeek (2000 ha). De kosten van vervanging van dierlijke mest door fosfaatvrije kunstmestgiften bedragen ca. 1,3 miljoen gulden per jaar. Indien deze bemestingsmaatregel gerealiseerd wordt in de vorm van volledig bemestingsvrije bufferstroken (ook geen beweiding; dus afrastering) worden de investeringskosten geraamd op 17 miljoen gulden (voornamelijk in verband met de aankoop van grond in de bufferstrook).

Sinds kort wordt via subsidiëring gestimuleerd om 5 meter aan weerszijden van de watergang niet meer te bemesten, omdat verwacht wordt dat deze maatregel lokaal een aanzienlijke vermindering van de fosfaatuitspoeling tot gevolg kan hebben.

5.1.2 Immobilisatie van fosfaat in de bodem

Relevante maatregelen zijn:

- beïnvloeding grondwaterstroming van het perceel;
- toediening van ijzerhydroxyden.

De investeringskosten van de twee maatregelen zijn hoog. Voor het stroomgebied van de Schuitenbeek bedragen de kosten f 6.000,- à 18.000,- per ha landbouwgrond, in totaal f 12 à 36 miljoen. Daarnaast wordt verwacht dat implementatie op korte termijn (vóór 2000) niet realiseerbaar is.

Vanuit BOVAR is aangegeven dat ten gevolge van beïnvloeding van de grondwaterstroming binnen een perceel, de gemiddelde grondwaterstand niet meer dan 5 cm mag veranderen. Indien, gelet op de hoge kosten, een dergelijke randvoorwaarde achterwege wordt gelaten, zijn wellicht goedkopere varianten realiseerbaar waarbij ook een aanzienlijke reductie in fosfaatvrucht wordt gerealiseerd. Hierbij valt te denken aan varianten waarbij een beperkte vernatting wordt geaccepteerd. Door de provincie Gelderland wordt momenteel nagegaan of een combinatie van maatregelen perspectief biedt.

5.1.3 Vermindering fosfaatbelasting van randmeren

Hierbij wordt gedacht aan:

- defosfateren RWZI's;
- afleiden Schuitenbeek;
- chemisch defosfateren beken;

- waterplanten (rietgorzen/helofyten), en
- slibvangen.

De fosfaatconcentratie van het effluent van de meeste RWZI's ligt beneden de 1 mg totaal-P l⁻¹. Op dit moment wordt de aanleg van een vierde trap geadviseerd, waardoor de fosfaatconcentratie in het effluent daalt naar 0,25 mg totaal-P l⁻¹. De totale investeringskosten voor de twee belangrijkste RWZI's bedragen ca. 30 tot 40 miljoen gulden.

Om op korte termijn een kwaliteitsverbetering van het oppervlaktewater te verkrijgen zal de Schuitenbeek binnenkort worden afgeleid. Dit is een 'end-of-pipe' benadering waarbij de uitloop van de waterloop verlegd wordt naar het Eemmeer, dat een hoger fosfaatgehalte heeft dan de Schuitenbeek. Als gevolg hiervan vermindert de fosfaatbelasting van het Nuldernauw en het Wolderwijd.

Hiervoor wordt de monding verlegd van de oostzijde naar de westzijde van jachthaven Nulde, waarmee een verlaging van het fosfaatgehalte in het Nuldernauw wordt bereikt van 6%. Voor een verdere afleiding richting Eemmeer zijn een aantal varianten doorgerekend (Blaauw et al., 1995). Voor de verschillende varianten varieert de verlaging in fosfaatgehalte van 22-27%. Afhankelijk van de variant bedragen de totale kosten 3,6 à 10,2 miljoen gulden. Wellicht zullen de overige beken die in de Veluwerandmeren uitmonden op de afleiding worden aangesloten. Deze maatregel wordt als een tijdelijke oplossing gezien.

Chemisch defosfateren van beken biedt alleen perspectief bij fosfaatgehalten in de beek boven 0,6 mg totaal-P l⁻¹ (van Dalen, 1989). Deze maatregel wordt in BOVAR-kader niet meer ondersteund omdat optimaal doseren in de praktijk niet mogelijk is door het optreden van piekafvoeren, waardoor permanent een hoge dosering gegeven moet worden en de kosten te hoog worden. Daarenboven is de effectiviteit van defosfatering onzeker.

De reductie van de fosfaatbelasting van de randmeren door de aanleg van rietgorzen- of helofytenfilters wordt geschat op maximaal 40 à 50%. De investeringskosten bedragen ca. 3 miljoen gulden voor 45 ha. Een reductie van 90% lijkt haalbaar indien een driemaal zo groot oppervlak wordt aangelegd. Omtrent de effectiviteit op termijn bestaat veel onzekerheid aangezien een groot deel van de effectiviteit berust op het bezinken van zwevend materiaal (particulair-P), waardoor uiteindelijk oplading van de bodem plaatsvindt. Om dit te voorkomen dient het bezonken materiaal regelmatig verwijderd te worden. In een aantal varianten voor het

afleiden van de Schuitenbeek is de aanleg van helofytenfilters meegenomen. De kans is groot dat bij het afleiden van de beek ook rietvelden worden aangelegd.

Door slibvangen kan jaarlijks circa 20-25% van de totale fosfaatbelasting van het Veluwemeer worden geaccumuleerd. Doordat onder anaërobe omstandigheden het geaccumuleerde fosfaat weer vrij kan komen, ligt het effectieve rendement op slechts 10-12,5%. Op grond hiervan wordt verwacht dat het rendement voor de Veluwerandmeren te laag ligt voor toepassing.

5.1.4 Effectgerichte maatregelen in meren

Op dit gebied zijn een groot aantal maatregelen mogelijk. De meest perspectiefrijke maatregelen zijn:

- verwijderen bodemslib;
- actief biologisch beheer;
- actieve fosfaatfixatie, en
- doorspoelen.

Verwijderen van bodemslib werd oorspronkelijk gezien als economisch onhaalbaar. Gelet op het feit dat een aanzienlijk deel van het in bodemslib geaccumuleerde fosfaat weer aan het bovenstaande water wordt afgegeven, wordt verwijderen van bodemslib thans weer overwogen.

Bij actief biologisch beheer wordt door manipulatie van de visstand, zoals uitdunnen van bepaalde vissoorten en uitzetten van snoek, het biologische evenwicht hersteld, waardoor de doelstellingen voor de Veluwerandmeren kunnen worden gerealiseerd. De maatregel is vooralsnog niet duurzaam als gevolg van het te hoge fosfaatgehalte ($>0,07 \text{ mg P l}^{-1}$). Actief biologisch beheer blijft evenwel een maatregel die zal worden toegepast.

Om de fosfaatnalevering uit waterbodems tegen te gaan kan een fosfaatbindend zout in de waterbodem worden gebracht (actieve fosfaatfixatie). Proeven hebben aangetoond dat bij gebruik van ijzerchloride de maatregel niet duurzaam is. Daarnaast zijn de kosten hoog. Gebruik van aluminiumzouten wordt om toxiciteitsredenen niet overwogen.

Sinds 1979 wordt het Veluwemeer periodiek doorgespoeld met relatief schoon polderwater uit Flevoland. Doorspoelen is vooralsnog blijvend beleid, en zal daarom nog zoveel mogelijk worden geoptimaliseerd.

5.1.5 Conclusies

Ten aanzien van de toepasbaarheid van beheersmaatregelen om de fosfaatbelasting van de

randmeren te verlagen heeft het Projectbureau BOVAR voor het Schuitenbeekgebied het volgende geconcludeerd:

Bemestingsmaatregelen zijn ontoereikend om op korte termijn een sterke reductie te bewerkstelligen. Toch is dit uiteindelijk de belangrijkste maatregel om op termijn een blijvende verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit te bewerkstelligen. De regionale overheden en waterschappen voeren een stimuleringsbeleid gericht op het terugdringen van de fosfaataanvoer naar de bodem. Daarnaast wordt op de centrale overheid druk uitgeoefend om de mestwetgeving drastisch aan te scherpen.

Immobilisatie van fosfaat in de bodem biedt mogelijk perspectief maar lijkt op korte termijn niet toepasbaar. Verder onderzoek op dit gebied wordt wel gesteund. Dit betekent dat het beheer op korte termijn gericht is op het oppervlaktewater, te weten verdere defosfatering van RWZI's en het afleiden van de Schuitenbeek. Indien dit heeft geleid tot een verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit zal vervolgens uitgebreid actief biologisch beheer worden toegepast om een duurzame verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit te realiseren.

Verwacht wordt dat een dergelijk pakket aan maatregelen op korte termijn perspectief biedt. Onzekerheid bestaat of de maatregelen ook op langere termijn voldoende zijn, zeker als de fosfaatuitspoeling uit landbouwgronden onvoldoende wordt teruggedrongen. Hier ligt mogelijk het grootste knelpunt.

5.2 Veenweidegebied

De waterkwaliteit van het veenweidegebied in Utrecht en Zuid-Holland is over het algemeen matig tot slecht. In veel gevallen wordt niet aan de normen voldaan. Om deze reden is in het peilgebied van Bergambacht een regionale balansstudie uitgevoerd met als doel: 'het verkrijgen van inzicht in de factoren die de waterkwaliteit in het gebied beïnvloeden om van daaruit tot voorstellen te komen om deze waterkwaliteit te verbeteren'. Het ging hierbij om maatregelen waardoor de groei van kroos afneemt (Oosterberg et al., 1989). Uit dit onderzoek blijkt dat de volgende bronnen een bijdrage leveren aan de nutriëntenbelasting:

- uit- en afspoeling uit de bodem	ca. 50% op jaarbasis
- inlaat en doorlaat van rivierwater	15-20%
- effluent van RWZI's	7-13%
- directe lozingen van afvalwater	5-13%
- depositie	2-11%

- kwel direct op het oppervlaktewater 1%
- nalevering van fosfaat vanuit de waterbodems ca. 40% in zomerhalfjaar

Vastgesteld werd dat de belangrijkste maatregelen die kunnen worden genomen ter verlaging van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater onder te verdelen zijn in bron- en effectgerichte maatregelen. Mogelijke brongerichte maatregelen zijn:

- terugdringen van uit- en afspoeling;
- sanering van directe lozingen van afvalwater;
- reductie van de nutriëntenvrucht afkomstig uit de RWZI's;
- beëindiging van het leiden van gebiedsvreemd oppervlaktewater door het peilgebied;
- defosfateren van inlaatwater.

Potentiële effectgerichte maatregelen zijn:

- verwijderen van kroos;
- baggeren.

Om de effectiviteit van een aantal maatregelen vast te stellen is door Hendriks et al. (1994) een oriënterende modelstudie uitgevoerd. De bestudeerde maatregelen waren zowel bron- als effectgericht.

De volgende brongerichte maatregelen werden verder uitgewerkt:

- peilbeheer: vanuit de landinrichting werd voor dit gebied peilverlaging voorgesteld om tevens een bijdrage te leveren aan de verbetering van de draagkracht van de bodem;
- bemestingsmaatregelen: verlaging van de fosfaatgift tot 85-110 kg P₂O₅ ha⁻¹ jaar⁻¹;
- verbetering kwaliteit effluent van RWZI's en lozingen buiten riolering: de laagst haalbare fosfaatconcentratie in het effluent van RWZI's bedraagt 0,5 mg totaal-P l⁻¹;
- verbetering kwaliteit van het inlaatwater: daling van 0,3-0,4 naar 0,15 mg totaal-P l⁻¹. Er wordt niet aangegeven hoe deze concentratiedaling bereikt zou kunnen worden.

Een tweetal effectgerichte maatregelen worden als haalbaar gezien:

- kroosverwijdering: maximaal 80% van het aanwezige kroos kan worden verwijderd;
- baggeren.

Uit de studie (Hendriks et al., 1994) blijkt dat peilbeheer en bemestingsmaatregelen een beperkte invloed hebben op de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater. Effectgerichte maatregelen blijken wel zeer effectief. In het peilgebied Bergambacht worden dergelijke maatregelen momenteel dan ook uitgevoerd in combinatie met peilbeheer en verbetering van de kwaliteit van het effluent van RWZI's en het inlaatwater. Verwacht wordt dat deze maatregelen op korte termijn perspectief bieden. Evenals voor het Schuitenbeekgebied geldt voor het

veenweidegebied dat duurzaamheid alleen kan worden gewaarborgd bij een juist bemestingsregime, dat wil zeggen afstemming van de gift op de afvoer. Voor het veenweidegebied is weinig bekend over landbouwkundige fosfaatverliezen en dit kan dan ook beschouwd worden als belangrijk knelpunt. Daarnaast bestaat onduidelijkheid omtrent de waterkwaliteitsnorm die voor het veenweidegebied moet gelden en in hoeverre daarbij rekening moet worden gehouden met de processen die de natuurlijke achtergrondconcentratie van fosfaat bepalen.

6. KNELPUNTEN EN LEEMTEN IN KENNIS

6.1 Inleiding

Op basis van de uitkomsten van de discussies in de werkgroep wordt in dit hoofdstuk een overzicht gegeven van knelpunten en van leemten in de kennis met betrekking tot een adequaat beheer en herstel van fosfaatlekkende gronden.

Een succesvolle implementatie van maatregelen in de praktijk blijkt in sterke mate te worden gehinderd door het ontbreken van een wettelijk kader en door beleidsmatige en juridische knelpunten.

De volgende knelpunten zijn gesignaleerd:

- problemen van beleidsmatige aard: het wettelijk kader om maatregelen af te dwingen ontbreekt;
- problemen van juridische aard: wie heeft het probleem veroorzaakt, is het een verwijtbare schuld, kunnen kosten worden verhaald?
- bestuurlijke aspecten: welke instanties dragen een verantwoordelijkheid, hoe verhouden die zich tot elkaar en hoe komen ze tot samenwerking?
- financiële aspecten: veel maatregelen zijn kostbaar, wie betaalt?
- problemen met betrekking tot de acceptatie van maatregelen op grond van al dan niet terecht veronderstelde (ongewenste) neven-effecten.

Het oplossen van deze beleidsmatige, juridische en voorlichtingskundige knelpunten is een randvoorwaarde voor een succesvolle implementatie van maatregelen.

Kwantificering van de effecten en gevolgen van de verschillende maatregelen, via gericht onderzoek, kan ertoe bijdragen dat de effectiviteit van die maatregelen en het draagvlak in de praktijk worden vergroot. Monitoring is daarbij eveneens van belang: het is essentieel om het effect van maatregelen te kunnen volgen en evalueren. Daarnaast is monitoring van grote waarde voor de validatie van kwaliteitsmodellen voor beleid en beheer op veldschaal. Zowel vanuit de landbouwsector als vanuit het waterkwaliteitsbeheer is grote vraag naar de validatie van dergelijke modellen. De ervaring leert dat het in de praktijk niet eenvoudig is om een adequaat monitoringprogramma op te zetten tegen aanvaardbare kosten. Een gezamenlijke inspanning is hier dus nodig. Nagegaan moet worden hoe dergelijke programma's dienen te

worden opgezet.

Voor een effectieve implementatie van maatregelen is voor de volgende onderwerpen nader onderzoek nodig:

- differentiatie van normstelling voor grond- en oppervlaktewater naar regio en watertype;
- identificatie en inventarisatie van fosfaatverzadigde en fosfaatlekkende gronden, en
- kwantificering van effecten van maatregelen voor beheer en herstel.

Hierop wordt in de volgende paragrafen nader ingegaan.

6.2 Differentiatie van normstelling grond- en oppervlaktewater

Normen zijn belangrijke toetsstenen voor water- en bodemkwaliteit. Van belang zijn de waterkwaliteitsnormen voor fosfaat in oppervlaktewater en grondwater en het criterium voor fosfaatverzadiging in landbouwgronden (zie ook hoofdstuk 2). De vigerende waterkwaliteitsnorm voor fosfaat in oppervlaktewater ($0,15 \text{ mg totaal-P l}^{-1}$) is afgeleid uit de optredende eutrofiëringseffecten in grote stagnante oppervlaktewateren, maar geldig verklaard voor alle oppervlaktewateren. Het betreft een basiskwaliteit en geen streefwaarde. De norm staat dan ook van twee kanten ter discussie. Enerzijds blijkt de norm te hoog om eutrofiëeringsverschijnselen in meren en plassen effectief te bestrijden, anderzijds wordt de norm voor sloten als weinig realistisch ervaren. In Zweden wordt oppervlaktewater met een totaal-P gehalte $> 0,05 \text{ mg l}^{-1}$ geclassificeerd als sterk voedselrijk, vanwege het optreden van sterk versturende algenontwikkeling (SEPA, 1994). In Florida (USA) wordt een norm gehanteerd voor totaal-P in oppervlaktewater in weidegebieden van $0,35 \text{ mg l}^{-1}$ (Rechcigl en Bottcher, 1995). Het verdient dus aanbeveling om een stelsel van normen te ontwikkelen voor fosfaat in verschillende soorten oppervlaktewater, dat recht doet aan de karakteristieken van die oppervlaktewateren. Op het niveau van stroomgebieden dient rekening te worden gehouden met de stroomafwaartse beïnvloeding. Dit aspect is vooral van belang indien zou blijken dat de stroomopwaarts gelegen watersystemen veel minder gevoelig zijn dan de stroomafwaarts gelegen watersystemen. Een gebiedsgerichte normstelling zal zowel het areaal fosfaatlekkende gronden als de perspectieven van maatregelen om die gronden te beheren, beïnvloeden.

Dat de vigerende norm van $0,15 \text{ mg totaal-P l}^{-1}$ waarschijnlijk te hoog is voor meren en plassen blijkt uit figuur 5. Hierin is weergegeven het percentage (giftige) blauwalgen als functie van het gehalte aan totaal-P van het water. De gegevens zijn verzameld in de jaren 1975-1994 in het Veluwemeer en het Wolderwijd. In de figuur is met een stippellijn de norm van $0,15 \text{ mg l}^{-1}$

aangegeven. Het blijkt dat bij dit gehalte nog een dominantie van blauwalgen verwacht mag worden. Pas bij een gehalte lager dan $0,07 \text{ mg l}^{-1}$ neemt de kans hierop sterk af.

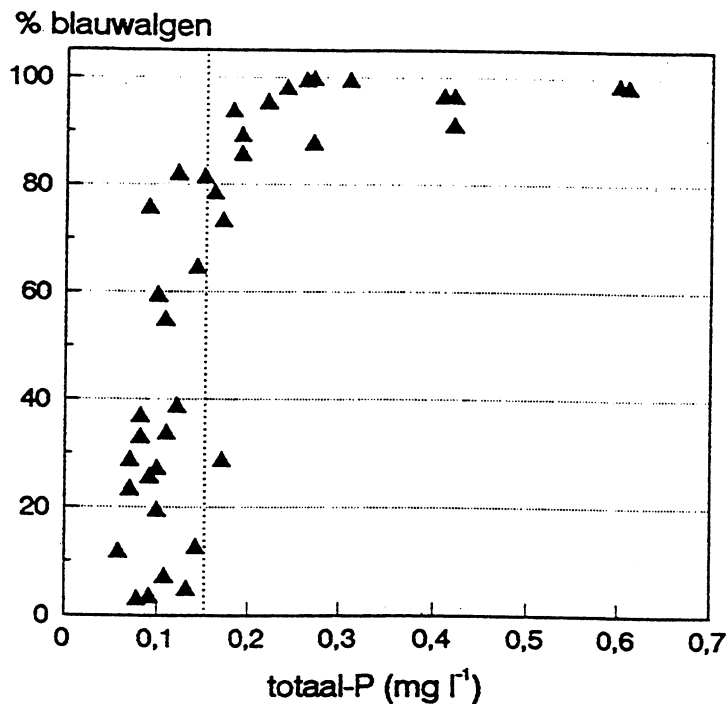


Fig. 5. Verband tussen zomergemiddeld totaal-P gehalte en het percentage blauwalgen van de totale algenpopulatie in het Veluwemeer en Wolderwijd (1975-1994). Stippellijn: waterkwaliteitsnorm $0,15 \text{ mg P l}^{-1}$. Naar Reeders en Helmerhorst (1996).

6.3 Identificatie en inventarisatie van fosfaatverzadigde en fosfaatlekkende gronden

Tot op heden is alleen voor kalkloze zandgronden een criterium ontwikkeld voor de mate van fosfaatverzadiging. Ten behoeve van het generieke beleid moet ook voor de overige bodemtypen een dergelijk criterium worden ontwikkeld.

Fosfaatlekkende gronden kunnen alleen via experimenteel onderzoek worden geïdentificeerd.

Daarom is het noodzakelijk dat eenvoudig toepasbare indicatoren worden ontwikkeld waarmee deze gronden routinematig kunnen worden geïdentificeerd. Hierbij zijn van belang de functies en eigenschappen van het stroomgebied, de wijze van afwateren van een perceel en het fosfaatgehalte in het bodemvocht op de plaats waar afwatering plaatsvindt (bij een drain of in de slootkant). De te ontwikkelen methoden en indicatoren moeten toepasbaar zijn voor alle grondsoorten. Een inventarisatie per stroomgebied van ligging en areaal van fosfaatlekkende gronden is nodig om prioriteiten te kunnen vaststellen voor aanpak en beheer van deze gronden.

6.4 Kwantificering van de effecten van maatregelen voor beheer en herstel

6.4.1 Verbetering en toetsing modelinstrumentarium

Veel van de in dit rapport besproken maatregelen zijn niet of slechts in beperkte mate getoetst in het veld. Omdat veel maatregelen hoge kosten met zich meebrengen is het nodig dat toetsing op effectiviteit in het veld plaatsvindt. Waar mogelijk zullen maatregelen moeten worden geoptimaliseerd en negatieve neveneffecten moeten worden beperkt.

Om het rendement van het beheer en herstel van fosfaatlekkende gronden onder verschillende omstandigheden te voorspellen kunnen modellen worden gebruikt, mits deze betrouwbaar en goed gevalideerd zijn. Modelvalidatie heeft echter tot nu toe slechts beperkt plaatsgevonden. Bij het voorspellen van effecten gaat het met name om de gevolgen voor de bedrijfsvoering en voor de fosfaatuitspoeling. De bestaande modellen kunnen op de volgende punten worden verfijnd:

1. Het gedrag van fosfaat in fosfaatlekkende veengronden, kalkloze en kalkrijke kleigronden, moerige gronden en kalkrijke zandgronden verschilt naar verwachting sterk. Het is dus van belang dat de procesformulering en de parametrisatie van het gedrag van fosfaat in deze gronden goed onderbouwd worden. Opgemerkt wordt dat deze kennis niet alleen belangrijk is voor de identificatie en het beheer en herstel van fosfaatlekkende gronden, maar ook voor het ontwikkelen van bemestingsstrategieën bij stringente verliesnormen voor fosfaat. De kennis omtrent de reactiemechanismen van fosfaat in de bodem vormt de basis voor de kwantificering van de interacties tussen fosfaattoestand van de bodem, gewasopbrengst en de kwaliteit van het bodemwater.
2. Invloed van heterogeniteit. De invloed van mestflaten en perceelsvariabiliteit op de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater is onvoldoende gekwantificeerd.
3. Preferent transport. Het watertransport door de bodem blijkt in veel gevallen niet homogeen te verlopen. Aangetoond is dat preferente waterstroombanen kunnen voorkomen in

gronden die wat structuur betreft homogeen zijn. Door het optreden van preferente stroombanen bestaat de kans dat plaatselijk (sterk) verhoogde fosfaatconcentraties worden waargenomen. Wat de gevolgen hiervan zijn voor de praktijk is op dit moment niet bekend.

4. Interflow, dit wil zeggen het lateraal transport in de niet volledig met water verzadigde zone. In droge perioden wordt bij een plotseling hoge neerslagintensiteit een sterk verhoogde fosfaatbelasting van het oppervlaktewater waargenomen. De indruk bestaat dat deze wordt veroorzaakt door verhoogde waterafvoer vanuit lagen die nog niet volledig met water verzadigd zijn. De bijdrage hiervan en mogelijke maatregelen gericht op het reduceren van deze invloed dienen te worden vastgesteld.

6.4.2 Bemestingsmaatregelen

Sanering van fosfaatlekkende gronden lukt alleen als de bemesting wordt aangepast. Volgens de officiële bemestingsadviezen is fosfaatbemesting niet noodzakelijk (en economisch niet verantwoord) indien het Pw en/of PAL-getal hoger is dan 60 à 80 (afhankelijk van gewas en grondsoort). Ook om een uitbreiding van het areaal van fosfaatlekkende gronden te voorkomen, is het gewenst om Pw- en PAL-getallen te definiëren waarboven geen bemesting met fosfaat mag worden uitgevoerd.

Bij fosfaatgiften die lager zijn dan de afvoer van fosfaat via het gewas wordt de bodem 'uitgemijnd'. Omdat de mogelijkheden en wijze van uitmijnen voor de verschillende sectoren (veehouderij, akkerbouw, bollenteelt e.d.) verschillen, is een opsplitsing van het onderzoek naar sectoren gewenst. In deze paragraaf worden de onderzoeksvragen besproken die voor alle sectoren van belang zijn.

Een ver gaande reductie in fosfaatbemesting heeft forse consequenties voor de bedrijfsvoering. Op een graasveebedrijf kan dit betekenen dat omgeschakeld moet worden van volledig naar beperkt weiden in combinatie met mestafvoer. Deze omschakeling heeft grote financiële gevolgen. Het is derhalve van belang dat wordt nagegaan hoe de bedrijfsvoering kan worden aangepast opdat de negatieve financiële gevolgen worden beperkt. Dit is zeker ook nodig voor het creëren van voldoende draagvlak voor de implementatie van bemestingsmaatregelen.

Uitmijnen van de bodem heeft uiteindelijk gevolgen voor de fosfaattuitleiding. Onderzoek dient antwoord te geven op de volgende vragen:

- daalt de gewasopbrengst bij een daling van de fosfaattoestand van de bodem, en zo ja, in welke mate?

- in hoeverre is het toedienen van dierlijke mest noodzakelijk voor het op peil houden van het organische-stofgehalte van de bodem?
- op welke termijn kan als gevolg van uitmijnen weer gesproken worden van acceptabele verliezen naar het milieu? In dit kader moet worden vastgesteld in hoeverre het sterk aan de bodem gebonden fosfaat op lange termijn een bijdrage levert aan de fosfaatbelasting van het grond- en oppervlaktewater.

6.4.3 Hydrologische maatregelen

Een eerste verkenning is uitgevoerd naar de mogelijkheden om via ingrepen in de ontwatering de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater te reduceren. Onderzoek naar de mogelijke toepasbaarheid van dergelijke hydrologische maatregelen in vrij afwaterend Nederland wordt aanbevolen. Hierbij dient met name aandacht te worden besteed aan het beperken van mogelijke nadelige gevolgen van deze maatregelen, zoals vernatting en verdroging. Een belangrijke vraag is onder welke omstandigheden hydrologische maatregelen kunnen worden toegepast, en welke maatregelen het meest geschikt zijn onder de gegeven randvoorwaarden.

6.4.4 Bufferstroken

Het fosfaat dat uitspoelt vanuit niet-gedraineerde landbouwgronden is hoofdzakelijk afkomstig van een beperkte strook landbouwgrond aan weerszijden van de sloot. In een dergelijk geval lijken maatregelen die zich beperken tot deze (buffer)strook perspectiefvol. Momenteel dienen zich nieuwe mogelijkheden aan, zoals bijvoorbeeld het vervangen van grond met een hoog fosfaatgehalte door grond met een laag fosfaatgehalte.

6.4.5 Vermindering van de fosfaatbelasting van grote oppervlaktewateren

Effecten van verrijking van oppervlaktewater met fosfaat worden vooral manifest in grote, stagnante oppervlaktewateren zoals meren, plassen en de Noordzee. De uitspoeling van fosfaat uit landbouwgronden vindt echter zelden rechtstreeks op deze systemen plaats, maar op kleine oppervlaktewateren zoals greppels en sloten. Tijdens het transport van kleine naar grote watersystemen vinden allerlei processen plaats: opname in biomassa, uitwisseling met de waterbodem, sedimentatie, menging (en eventueel verdunning) met andere waterstromen, etc. Deze processen zijn kwantitatief onvoldoende bekend om de emissies vanuit de landbouw te vertalen naar een belasting van de grote oppervlaktewateren. Zo blijkt er vaak een grote discrepantie te bestaan tussen de berekende hoeveelheid fosfaat die uitspoelt en de hoeveelheid die, via het oppervlaktewater, daadwerkelijk een gebied verlaat (Werner en Wodsak, 1994).

Ook is tot op heden niet onderzocht welke mogelijkheden er zijn om deze processen te gebruiken voor vermindering van de fosfaatbelasting van de grote oppervlaktewateren.

Tot slot kan worden opgemerkt dat de in dit hoofdstuk geïdentificeerde leemten in kennis de start van het implementeren van maatregelen om fosfaatlekkende gronden te beheren en te herstellen niet in de weg staat. Wel kan het onderzoek er toe bijdragen dat de effectiviteit van de maatregelen sterk wordt verbeterd.

7. CONCLUSIES

Eutrofiëring van het oppervlaktewater leidt tot troebele meren, drijfslagen van blauwwieren en sloten vol kroos. Voor zoete oppervlaktewateren is sanering van de fosfaatbelasting vereist om eutrofiëringsverschijnselen te minimaliseren. De afgelopen jaren zijn door alle doelgroepen - huishoudens, industrie, RWZI's, landbouw - maatregelen genomen om de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater terug te dringen. Desondanks is het fosfaatgehalte van vele oppervlaktewateren nog te hoog. De uit- en afspoeling uit landbouwgronden levert een steeds grotere bijdrage aan de fosfaatvrucht van het oppervlaktewater, zowel absoluut als relatief. Effectgerichte maatregelen hebben in het verleden veel meer aandacht gekregen dan de aanpak van de bodem als bron van fosfaat.

Ten aanzien van de problematiek rond fosfaatuitspoeling kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. de door de landbouw veroorzaakte fosfaatbelasting van het oppervlaktewater is te hoog. Het generieke mestbeleid is onvoldoende om te komen tot een effectief brongericht beleid, mede door het ontbreken van wettelijke kaders en financiële prikkels voor de boer;
2. de aanpak van fosfaatverzadigde gronden wordt mede bemoeilijkt door het ontbreken van voldoende draagvlak. Gebrek aan draagvlak wordt veroorzaakt doordat:
 - * de omvang van het areaal fosfaatverzadigde gronden het probleem nagenoeg onbeheersbaar maakt;
 - * de relatie tussen enerzijds de fosfaatverzadigingsgraad van de bodem en anderzijds de uitspoeling naar het oppervlaktewater en het optreden van eutrofiëringsverschijnselen in het oppervlaktewater onduidelijk is;
 - * de problematiek van de fosfaatlekkende landbouwgronden onvoldoende wordt erkend door de politiek (overheid) en de land- en tuinbouw;
3. om de uit- en afspoeling van fosfaat uit landbouwgronden op korte termijn te kunnen verminderen, is het noodzakelijk dat gronden worden opgespoord die een onacceptabel hoge bijdrage leveren aan de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater, de zogenoemde fosfaatlekkende gronden. Het opsporen van gronden die pas op termijn de kwaliteit van het oppervlaktewater bedreigen heeft een lagere prioriteit;
4. gestart moet worden met het identificeren van de te beschermen wateren, hun ecologische doelstelling en het formuleren van milieudoelstellingen. Vanuit een stroomgebiedsbenadering

moet dan de sanering van de fosfaatbronnen aangepakt worden. Per stroomgebied dienen de belangrijkste bronnen te worden opgespoord en een plan van aanpak voor beheer en herstel te worden gemaakt;

5. voor de completering van het beeld van fosfaatverzadigde gronden moeten voor alle grondsoorten criteria voor fosfaatverzadiging worden ontwikkeld. Voor de prioriteitsstelling en definitieve identificatie van fosfaatlekkende percelen of gebieden is een goed omschreven en eenduidige methode vereist;
6. om een vermindering van de uit- en afspoeling van fosfaat te bewerkstelligen die zo natuurlijk en duurzaam mogelijk is, dienen fosfaatlekkende gronden te worden uitgemijnd. Dit kan worden bereikt door een maximale reductie van de fosfaatgift te combineren met het optimaliseren van de fosfaatonttrekking uit de bodem door een gerichte gewaskeuze;
7. voor het op de korte termijn verminderen van de eutrofiëringsverschijnselen in oppervlaktewateren is een pakket van aanvullende maatregelen nodig. Het betreft hier maatregelen op en langs percelen en/of maatregelen in kleine en grote oppervlaktewateren. Via een gebiedsgerichte benadering kan een keus gemaakt worden uit dit pakket van maatregelen welke afhankelijk is van de specifieke situatie in het stroomgebied;
8. voor de bestrijding van de eutrofiëring van het oppervlaktewater is voldoende kennis voorhanden. Onderzoek gericht op (i) de kwantificering van de effecten van maatregelen voor beheer en herstel, en (ii) verbetering van bestaande methoden, is nodig om de effectiviteit van die maatregelen te vergroten en de kosten te verlagen. Het onderzoek mag echter geen aanleiding zijn om de aanpak te vertragen;
9. de toename van het mestoverschot, dat ontstaat door bemestingsmaatregelen op fosfaatlekkende percelen, mag niet leiden tot het vergroten van problemen elders. Verscherping van het generieke beleid is nodig om een toename van het areaal fosfaatlekkende gronden te voorkomen.

In het kader van de bodemgerichte *onderzoeksprogrammering* werden de volgende *onderzoeksprioriteiten* vastgesteld:

1. om het beeld van fosfaatverzadigde gronden compleet te maken, moeten voor alle grondsoorten criteria voor fosfaatverzadiging worden vastgesteld;
2. ten behoeve van de prioriteitsstelling moet een methodiek worden ontwikkeld om voor een stroomgebied vast te stellen wat fosfaatlekkende percelen zijn; in dit kader dient de norm voor fosfaat in klein oppervlaktewater, zoals perceelsslotten, te worden onderbouwd. Het is

noodzakelijk dat eenvoudig toepasbare indicatoren worden ontwikkeld, waarmee fosfaatlekkende gronden routinematig kunnen worden geïdentificeerd. De te ontwikkelen methoden en indicatoren moeten toepasbaar zijn voor alle grondsoorten;

3. mogelijke vormen van landbouwkundige bedrijfsvoering met een netto-onttrekking van fosfaat moeten worden verkend en geverifieerd. Perspectiefrijke opties van bedrijfsvoering, waaronder combinaties van landbouw en natuurontwikkeling moeten worden geoptimaliseerd, waarbij vooral ook bedrijfseconomische aspecten van belang zijn;
4. gewassen en teeltmaatregelen die fosfaat uit de ondergrond onttrekken moeten worden geïdentificeerd en getoetst;
5. maatregelen gericht op het vergroten van de buffercapaciteit van de bodem voor fosfaat moeten qua kosten worden geoptimaliseerd;
6. gerichte en samenhangende pakketten van maatregelen afgestemd op de eigenschappen, functies en randvoorwaarden van afzonderlijke gebieden moeten worden ontwikkeld.

8. VERSLAG WORKSHOP

De conceptversie van dit rapport is op 27 juni tijdens een workshop besproken. Het hoofddoel van de workshop was om de in het concept-rapport opgenomen knelpunten en leemten in kennis te toetsen aan de mening van de deelnemers aan de workshop.

Voor de workshop waren de personen uitgenodigd die de enquête hadden beantwoord en/of vanuit beleid of beheer betrokken zijn bij de problematiek van fosfaatuitspoeling. In totaal waren 40 personen aanwezig. Voorzitter van de workshop was dr. M.L. van Beusichem, werkzaam bij de vakgroep Bodemkunde en Plantenvoeding van de LUW.

Een aantal leden van de werkgroep hielden een korte samenvattende voordracht over onderdelen van het rapport:

- Geelen : Knelpunten in het beleid
- Schoumans : Van fosfaatverzadigde naar fosfaatlekkende gronden
- Boers : Identificatie en inventarisatie per stroomgebied
- Fraters : Mogelijkheden voor beheer en herstel
- Oenema : Leemten in de kennis; conclusies.

Tijdens een discussieronde werd ingegaan op de gepresenteerde conclusies en aanbevelingen voor te verrichten onderzoek. De discussie kan als volgt worden samengevat.

De eerste conclusie van het concept-rapport, dat het beheer primair gericht moet worden op fosfaatlekkende gronden in plaats van op fosfaatverzadigde gronden, lokte veel discussie uit. De huidige regelgeving van de Ministeries van VROM en LNV richt zich op fosfaatverzadigde gronden. Een juridisch voordeel van fosfaatverzadigde gronden is dat identificatie gebaseerd is op een bodemcriterium, terwijl de identificatie van fosfaatlekkende gronden en fosfaatgevoelige gebieden is gebaseerd op belasting van het oppervlaktewater. Het feit dat voor fosfaatlekkende gronden kennis noodzakelijk is van de plaatselijke hydrologie werd als een nadeel gezien. Voorzien werd dat de handhaafbaarheid en controleerbaarheid van regelgeving gebaseerd op fosfaatlekkende gronden problemen zal geven en dat het draagvlak in de praktijk niet vergroot zal worden door volledig over te stappen op fosfaatlekkende gronden. Bovendien werd gesuggereerd dat het opstellen van een protocol voor het localiseren van fosfaatlekkende gronden mogelijk veel tijd zal kosten. Geconcludeerd werd dat voor het stellen van prioriteiten bij het terugdringen van fosfaatuitspoeling het concept van fosfaatlekkende gronden waardevol

is, als aanvulling op het protocol van fosfaatverzadigde gronden.

Om het beeld van fosfaatverzadigde gronden compleet te maken moeten voor alle grondsoorten criteria voor fosfaatverzadiging worden ontwikkeld. Er werd op aangedrongen om ten behoeve van de aanwijzing van fosfaatlekkende gronden een methodiek te ontwikkelen ('stappenplan'). Een benadering per stroomgebied werd hierbij een goede invalshoek gevonden.

Het oordeel over de strategie om de bodem 'uit te mijnen' was zeer positief, met name als de ondergrond hiermee ook wordt aangepakt. Het principe zou op proefbedrijven kunnen worden uitgetest. Wellicht is een koppeling met natuurontwikkeling mogelijk. Het verkennen van mogelijke vormen van bedrijfsvoering bij een netto onttrekking van fosfaat, en de identificatie van gewassen en teeltmaatregelen die fosfaat uit de ondergrond onttrekken moeten prioriteit krijgen in het onderzoek.

Het onderzoek naar de onderbouwing en differentiatie van normen voor fosfaat in oppervlaktewater moet eveneens een hoge prioriteit krijgen. Slecht onderbouwde normen zijn funest voor het draagvlak van maatregelen. Een norm voor het fosfaatgehalte in het oppervlaktewater in landbouwgebieden die lager is dan gehalten in nabijgelegen natuurgebieden zullen door boeren niet worden geaccepteerd.

Bij de samenstelling van pakketten van mogelijke maatregelen om fosfaatuitspoeling tegen te gaan moet het economische aspect nadrukkelijk worden meegenomen.

Bij het vergroten van de buffercapaciteit van de bodem voor fosfaat wordt gevreesd voor hoge kosten en strijdigheid met andere maatregelen zoals het streven naar 'vernatting'. Optimalisatie op beide punten zal moeten plaatsvinden.

Verder onderzoek naar de invloed van bodemheterogeniteit, preferent transport en 'interflow' op fosfaatuitspoeling werd voor de aanpak van fosfaatlekkende gronden als minder prioritair gezien. Wel wordt erkend dat de consequenties van bodemheterogeniteit groot kunnen zijn. Benadrukt wordt dat aan de vertaling naar de praktijk nog het een en ander ontbreekt.

9. REFERENTIES

- Beek, J., 1979. Phosphate retention by soil in relation to waste disposal. Wageningen, Landbouwwuniversiteit. Dissertatie.
- Blaauw, E., A.A. Rijdsdorp, A. Griffioen, G.J. Koerselman, A.T. Meeldijk & T.S.P. Moolenaar, 1995. Afleiding van het water van de Schuitenbeek en het Puttergemaal. BOVAR-rapport, Min. V&W, Directie IJsselmeergebied Lelystad.
- Boers, P.C.M. & D.T. van der Molen, 1993. Eutrophication control in Europe - the state of the art. *European Water Control* 3: 19-25.
- Boers, P.C.M., M.P. van der Does, M.P. Quaak & J.C. van der Vlugt, 1994. Phosphorus fixation with ironchloride: a new method to combat internal phosphorus loading in shallow lakes? *Archiv für Hydrobiologie* 129: 339-351.
- Boers, P.C.M., W.E.M. Laane & L. van Liere, 1995. Regionaal omgaan met landelijke normen. *Landschap* 12 (6): 15-21.
- BOVAR, 1995. MBO-notitie projectbureau. BOVAR-rapport Min. V&W, Directie IJsselmeergebied Lelystad.
- Breeuwsma, A., J.G.A. Reijerink & O.F. Schoumans, 1990. Fosfaatverzadigde gronden in het Oostelijk, Centraal en Zuidelijk Zandgebied. Staring Centrum Wageningen, Rapport no. 68.
- Breeuwsma, A. & O.F. Schoumans, 1986. Fosfaatophoping en -uitspoeling in de bodem van mestoverschotgebieden. *Bodembeschermingsreeks*, nummer 74. Staatsuitgeverij 's-Gravenhage.
- Cooke, G.D., E.B. Welch, A.B. Martin, D.G. Fulmer, J.B. Hyde & G.D. Schrieve, 1993. Effectiveness of Al, Ca, and Fe salts for control of internal phosphorus loading in shallow and deep lakes. *Hydrobiologia* 253: 323-335.
- Coppoolse, J. & H. Kersten, 1992. Emissiereductie Rijn- en Noordzeeactieplan; Tussenstand en prognose. Nota 92.065, RIZA, Lelystad.
- Dalen, R. van, 1989. Verlaging fosfaatbelasting Veluwerandmeren door maatregelen bij de rwzi's Elburg en Harderwijk en door defosfatering van beekwater. BOVAR-rapport Min. V&W, Directie IJsselmeergebied Lelystad.
- Dijkstra, H., Y.C.W.M. Geelen & J. Paas, 1990. Deel A. Inventarisatie van mestgegevens in Veluwse randmeergemeenten. deel B. Mogelijke maatregelen ter bestrijding van overmatige algenbloei in de randmeren. BOVAR-rapport, Min. V&W, Directie IJsselmeergebied Lelystad.
- Ehlert, P.A.I., S.L.G.E. Burgers & J.W. Steenhuizen, 1996. Verandering van de beschikbaarheid van fosfaat in grond onder invloed van bemesting. Rapport Inst. voor Agrobiol. en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek, nr. 51.

- Golterman, H.L., 1994. De betekenis van sediment gebonden fosfaat voor de waterkwaliteit. 25 jaar modderen met fosfaat. In: P. del Castilho en E.J. Hoekstra (eds) Verslag Symposium 25 jaar KNCV Milieuchemie. Haren 1994, pp. 13-40.
- Groenenberg, J.E., G.J. Reinds & A. Breeuwsma, 1996. Simulation of phosphate leaching in catchments with phosphate saturated soils in the Netherlands. Staring Centrum Wageningen, Rapport no. 115 (in preparation).
- Hendriks, J.G.L. & J.F.M. Huijsmans, 1995. Onderzoek naar maatregelen ter vermindering van de fosfaatuitspoeling uit landbouwgronden. Toedieningsmethoden voor ijzerhydroxide op fosfaatverzadigde zandgronden. Staring Centrum Wageningen, Rapport no. 374.3.
- Hendriks, R.F.A., J.W.H. van der Kolk & H.P. Oosterom, 1994. Effecten van beheersmaatregelen op de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater van peilgebied Bergambacht. Staring Centrum Wageningen, Rapport no. 272.
- Henkens, Ch.H., 1969. Problemen rond de organische mest. De Bedrijfspluimveehouder 47: 689.
- Henkens, Ch.H., 1976. Voedingsstoffen of mineralenbalansen. Stikstof 83/84: 355-362.
- Henkens, Ch.H., 1987. Die Entwicklung der Düngungsempfehlungen in den Niederlanden. Kali-Briefe (Büntehof) 18: 595-609.
- Jeurissen, L.J.J., 1996. Verkenning van mogelijke waterbeheersmaatregelen ter vermindering van de fosfaatuitspoeling uit landbouwgronden met modelberekeningen. Staring Centrum Wageningen, Rapport no. 285.
- Lande Cremer, L.C.N. de la, 1970. Mestoverschotten, een potentiële bron van milieuverontreiniging. Kali 80: 361-368.
- Lexmond, Th.M., W.H. van Riemsdijk & F.A.M. de Haan, 1982. Fosfaat en koper in de bodem in gebieden met intensieve veehouderij. Staatsuitgeverij 's Gravenhage 1982
- Oosterberg, W., J.Th.F. Heijs, J.H. Boeijen, W.N.M. van Acht, 1989. Resultaten van eutrofiëringsonderzoek in het peilgebied Berg-Ambacht in de Krimpenerwaard. Eindrapportage. Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden, Dordrecht.
- Orleans, A.B.M., F.L.T. Mugge, T. van der Meij, P. Vos & W.J. ter Keurs, 1994. Minder nutriënten in oppervlaktewater door bufferstroken? Een literatuuranalyse. Rapport Milieubiologie R.U. Leiden. ISBN 90-72726-26-X.M.P.
- Orleans, A.B.M., F.L.T. Mugge, P. Vos & W.J. ter Keurs, 1995. Bufferstroken langs watergangen. Een mogelijkheid om de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater te verminderen? Landschap 12 (6): 47-62.
- Pauw, F. van der, 1955. Uitspoeling van meststoffen. De Buffer 1 (6): 88-90.

- PER, 1986. Bestrijding van de eutrofiëring van het Veluwemeer-Drontermeer. Projectgroep Eutrofiëringsonderzoek Randmeren, Lelystad.
- Pote, D.H., T.C. Daniel, A.N. Sharpley, P.A. Moore, D.R. Edwards & D.J. Nichols, 1996. Relating extractable soil phosphorus to phosphorus losses in runoff. *Soil Science Society of America Journal* 60: 855-859.
- Quaak, M.P., M.P. van der Does, P.C.M. Boers & J.C. van der Vlugt, 1993. A new technique to reduce internal phosphorus loading by in-lake phosphate fixation in shallow lakes. *Hydrobiologia* 253: 337-344.
- Rehcgigl, J.E. & A.B. Bottcher, 1995. Fate of phosphorus on bahiagrass (*Paspalum notatum*) pastures. *Ecol. Engin.* 5: 247-259.
- Reeders, H.H. & T.H. Helmerhorst, 1996. Op weg naar helderheid. Een heroriëntatie van BOVAR gericht op 2000. BOVAR-rapport nr. 96.01, Min. V&W, Directie IJsselmeergebied Lelystad.
- Reijerink, J.G.A. & A. Breeuwsma, 1992. Ruimtelijk beeld van de fosfaatverzadiging in mestoverschotgebieden. Staring Centrum Wageningen, Rapport no. 222.
- Remmers, J. & P. Vertegaal, 1995. De aanpak van fosfaatverzadigde gronden. Rapport St. Natuur en Milieu & Waterpakt, 57 pp.
- Riemsdijk, W.H. van, 1979. Reaction mechanisms of phosphate with $Al(OH)_3$ and a sandy soil. Wageningen, Landbouwniversiteit. Dissertatie.
- Rijsdijk, R.E., 1994. Mogelijke maatregelen bij de bestrijding van eutrofiëring in Nederlandse plassen en meren. RIZA Werkdocument 94.103x
- Schoumans, O.F., 1995. Beschrijving en validatie van de procesformulering van de abiotische fosfaatreacties in kalkloze zandgronden. Staring Centrum Wageningen, Rapport no. 381.
- Schoumans, O.F. & R. Kruijne, 1995a. Onderzoek naar maatregelen ter vermindering van de fosfaatuitspoeling uit landbouwgronden. Eindrapport. Staring Centrum Wageningen, Rapport no. 374.
- Schoumans, O.F. & R. Kruijne, 1995b. Onderzoek naar maatregelen ter vermindering van de fosfaatuitspoeling uit landbouwgronden. Meting van de fosfaatuitspoeling uit fosfaatverzadigde zandgrond met en zonder hydrologische maatregel. Staring Centrum Wageningen, Rapport no. 374.1.
- Schoumans, O.F. & H. Köhlenberg, 1995. Onderzoek naar maatregelen ter vermindering van de fosfaatuitspoeling uit landbouwgronden. Mogelijkheden van toediening van aluminium en ijzerverbindingen. Staring Centrum Wageningen, Rapport no. 374.2.
- Schoumans, O.F., W. de Vries & A. Breeuwsma, 1986. Een fosfaattransportmodel voor toepassing op regionale schaal. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering, Rapport nr. 1951.
- SEPA, 1994. Eutrophication of soil, freshwater and the sea. Swedish Env. Prot. Agency, Solna Sweden.

- STOWA, 1994. Evaluatie van systemen voor het defosfateren van oppervlaktewater. Rapport St. Toegepast Onderzoek Waterbeheer, nr. 94-15.
- TCB, 1990. Advies van de Technische Commissie Bodembescherming ten behoeve van de hantering van het protocol fosfaatverzadigde gronden. Advies aan de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
- Vries, O. de & C.W.G. Hetterschij, 1936. Beweglichkeit der Phosphorsäure im Boden. Zeitschrift Pflanzenernährung und Bodenkunde 47: 178-186.
- Werner, W. & H.-P. Wodsak (eds.), 1994. Stickstoff- und Phosphateintrag in die Fließgewässer Deutschlands unter besonderer Berücksichtigung des Eintragungsgeschehens im Lockergesteinsbereich der ehemaligen DDR. Agrarspectrum Schriftenreihe Band 22, DLG Verlag Frankfurt (Main).
- Zee, S.E.A.T.M. van der, 1988. Transport of reactive contaminants in heterogeneous soil systems. Wageningen, Landbouwniversiteit. Dissertatie.
- Zee, S.E.A.T.M. van der, 1994. Recent onderzoek naar het gedrag van fosfaat in de bodem. In: P. del Castillo en E.J. Hoekstra (eds) Verslag Symp. 25 jaar KNCV Milieuchemie. Haren 1994, pp. 47-62.
- Zee, S.E.A.T.M. van der, W.H. van Riemsdijk & F.A.M. de Haan, 1990. Het protocol fosfaatverzadigde gronden. Deel I: Toelichting. Wageningen, Landbouwniversiteit, Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding.
- Zee, S.E.A.T.M. van der, W.H. van Riemsdijk & F.A.M. de Haan, 1990. Het protocol fosfaatverzadigde gronden. Deel II: Technische uitwerking. Wageningen, Landbouwniversiteit, Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding.
- Zwerman, P.J. & F.A.M. de Haan, 1972. Significance of the soil in the environmental quality improvement. Agric. State Univ. Wageningen, Dept. Soils and Fert., 1st ed. 51 pp.

Bijlage 1.

Modelberekeningen van het areaal fosfaatverzadigde gronden

Berekening van het areaal fosfaatverzadigde gronden heeft tot nu toe alleen plaatsgevonden voor gebieden met een hoog mestoverschot (centraal, oostelijk en zuidelijk zandgebied). In eerste instantie zijn alleen de maïspcelen op kalkloze zandgronden doorgerekend omdat deze gronden in het verleden zeer hoge fosfaatgiften ontvingen (oplopend tot ca. 5 à 10 keer de fosfaatonttrekking door het gewas). Doordat de definitie van een fosfaatverzadigde grond is aangescherpt, is ook het areaal 'fosfaatverzadigde zandgronden' toegenomen. Tevens bleek dat door deze aanscherping van de definitie niet alleen veel maïspcelen fosfaatverzadigd konden zijn, maar ook veel grasland en overig bouwland. Tabel 3 geeft een overzicht van de resultaten van modelberekeningen van het areaal fosfaatverzadigde zandgronden zoals deze in de loop van de tijd zijn gepubliceerd.

Tabel 3. Berekend areaal fosfaatverzadigde zandgronden als functie van het bodemgebruik, mate van detail van inputgegevens en het criterium.

bodem- gebruik	detail van input gegevens	criteria ref. diepte	FVG (%)	areaal (ha)		
				1986	1990	2000
mais ¹⁾	LBG ⁴⁾	GHG	100	20.000		30.000
cultuurland ²⁾	LBG ⁴⁾	GHG	25		293.000	381.000
cultuurland ³⁾	2,5*2,5km ²	GHG	25	403.000		

1) Breeuwsma en Schoumans, 1986

2) Breeuwsma, Reijerink en Schoumans, 1990

3) Reijerink en Breeuwsma, 1992

4) LBG = landbouwgebied

Figuur 6 geeft de fosfaatverzadigingscurve van het totale zandgebied in de onderzochte gebieden. Hierbij is zowel de curve van het totale landbouwareaal op zandgrond gegeven als de curves voor maïs- en grasland apart. Uit de grafiek is af te lezen hoeveel procent van het landbouwareaal op zandgrond een bepaalde fosfaatverzadigingsgraad overschrijdt. Tevens zijn de kwalitatieve gradaties in fosfaatverzadiging aangegeven. Uit de figuur blijkt dat bij resp. 70%, 21% en 6% van deze landbouwgronden een hogere fosfaatverzadigingsgraad bezit dan 25%, 50% en 75%.

Tevens kan de figuur worden afgeleid dat het areaal fosfaatverzadigde zandgronden sterk afneemt als de maximale toegestane fosfaatverzadigingsgraad (nu 25%) weinig toeneemt. Dit betekent dat van een relatief groot areaal landbouwgronden op termijn verwacht mag worden dat de 'natuurlijke' uitspoeling *net* overschreden zal worden, aangezien dit bij een fosfaatverzadigingsgraad van 25% het geval is. Verder blijkt dat slechts een paar procent van het landbouwareaal op zandgrond voor 100% met fosfaat verzadigd is. Juist van dit areaal mag verwacht worden dat het een relatief hoge fosfaatbelasting van het oppervlaktewater veroorzaakt.

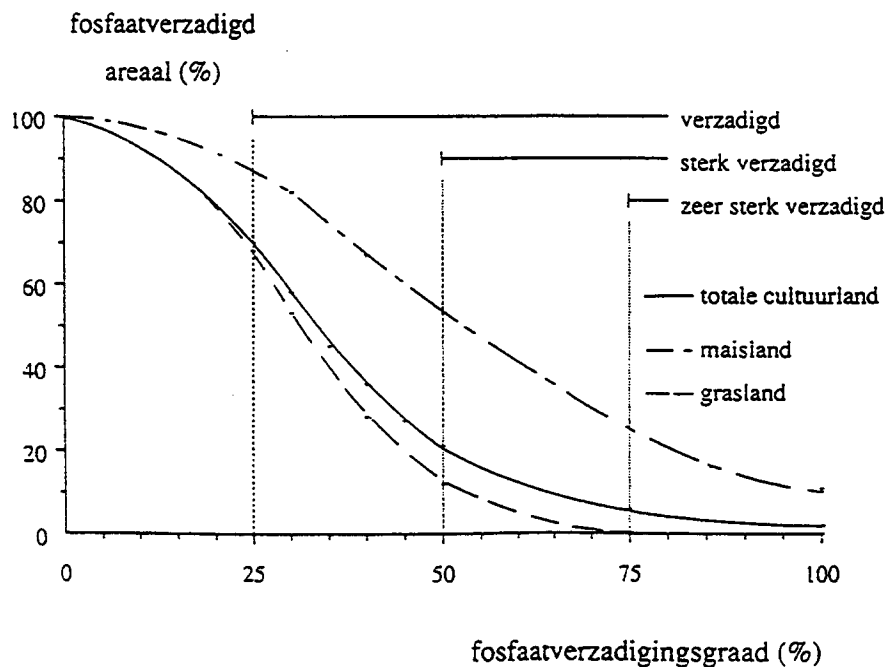


Fig. 6. Het percentage landbouwgronden, resp. gras- of maïsieland, dat een bepaalde fosfaatverzadigingsgraad overschrijdt ('fosfaatverzadigingscurve') (Reijerink en Breeuwsma, 1992).

Bijlage 2.

Overzicht fosfaatonderzoek aan respectievelijk LUW, RIVM, RIZA, AB-DLO en SC-DLO

1. LUW, Vakgroep Bodemkunde & Plantevoeding

Betrokkenen: Van Riemsdijk, Van der Zee, Lexmond, De Haan (voorheen ook Beek, Boumans, Fokkink, Gjaltema e.a.)

Een recent uitgebreid overzicht van het LUW-onderzoek wordt gegeven in Van der Zee (1994).

- In de 70-er jaren werd onderzoek gedaan naar de capaciteit van zandgronden om fosfaat vast te leggen uit afvalwater op vloeivelden. De capaciteit bleek gecorreleerd met het gehalte aan reactieve ijzer- en aluminiumhydroxiden. Dit concept werd later verder ontwikkeld tot P-verzadigingsgraad en P-bindend vermogen van een grond.
- Op basis van de fosfaatproductie van de niet aan grond gebonden veestapel werd voor de grote zandgebieden de belasting van de bodem met P in kaart gebracht.
- Gehalten aan P in bodemvocht van zwaar bemeste percelen bleken op te lopen tot 90 mg P L⁻¹. Er werden aanwijzingen gevonden voor de aanwezigheid van dicalciumfosfaat als vaste fase welke in deze gronden het (maximale) P-gehalte van het bodemvocht reguleert.
- In laboratoriumonderzoek werd de kinetiek van P-vastlegging bestudeerd, zowel voor grondmonsters als voor gibbsiet (aluminiumhydroxide). De kinetiek wordt modelmatig beschreven met een snelle adsorptiereactie gevolgd door een door diffusie vertraagde 'fixatie'-reactie. In welke mate en met welke snelheid het 'gefixeerde' P weer vrij kan komen is vooralsnog niet duidelijk. De totale vastlegging hangt zowel af van de aangelegde P-concentratie als van de blootstellingstijd.
- Door heterogeniteit van de bodem, zowel qua vastleggingscapaciteit als qua opgetreden belasting met fosfaat, kan plaatselijk P-uitspoeling optreden terwijl de vastleggingscapaciteit van het betreffende perceel nog lang niet is opgevuld.
- Verschillende scenarioberekeningen werden uitgevoerd. Deze gaven aan dat wanneer in een bodem eenmaal uitspoeling van P optreedt het decennia tot eeuwen kan duren voordat weer acceptabele gehalten worden bereikt, zelfs bij een sterk verminderde aanvoer van P.

2. RIVM

Betrokkenen: Boumans, Bronswijk, Fraters, Willems

- Het RIVM heeft als één van de kerntaken het beschrijven van de actuele en de toekomstige milieukwaliteit voor alternatieve beleidsscenario's. Voor de uitvoering van deze kerntaak heeft het RIVM verscheidene monitoringnetwerken, ondermeer voor het monitoren van de bodem- en de grondwaterkwaliteit. Vaak wordt hierbij samengewerkt met andere onderzoeksinstituten en provincies.
- Het monitoren van de bodemkwaliteit vindt plaats binnen het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit. Hierbij worden zowel de bodem als het bovenste grondwater bemonsterd. Elk jaar worden twee bodemgebruik-bodemtype combinaties onderzocht, waarbij in totaal zo'n 40 lokaties (landbouw-bedrijven en/of natuurterreinen) worden bezocht. Eén van de parameters is de fosfaattoestand of verzadigingsgraad van de bodem en de fosfaatconcentratie in het bovenste grondwater. In de periode 1992-1995 is de aandacht vooral op het zandgebied gericht geweest. Eind 1995 zijn lokaties in het veengebied opgenomen in het meetnet, en in 1996 is gestart met het bemonsteren van lokaties in het kleigebied.
- Het monitoren van de kwaliteit van het bovenste grondwater (ondieper dan 5 m -mv) vindt vooral plaats in het Meetprogramma Kwaliteit Bovenste Grondwater. In het zandgebied zijn circa 100 bedrijven vier jaar lang bezocht (1992-1995). Daarnaast vindt er onderzoek plaats op specifieke bedrijven; bijvoorbeeld de MDM bedrijven en De Marke. Vanaf 1997 zal het programma op de standaardbedrijven worden voortgezet. In het kleigebied is in de periode 1993-1996 op 20 bedrijven de drainwaterkwaliteit onderzocht. In het veengebied vindt op dit moment een oriënterend onderzoek plaats naar grond- en oppervlaktewaterkwaliteit.
- De kwaliteit van het diepere grondwater wordt al sinds 1985 gemonitord in het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit. Het betreft hier twee dieptes: 5-17 m -mv en 17-30 m -mv.

3. RIZA

Betrokkenen: Boers, Van der Does, Griffioen, Laane, Van Liere, Van der Molen, Quaak, Van der Vlugt (voorheen ook Uunk)

Het RIZA verricht zelf geen onderzoek aan fosfaatlekkende gronden. Door andere instanties is wel onderzoek verricht (deels) in opdracht van RIZA en/of RWS-directies. Voorbeelden hiervan zijn:

- Onderzoek door SC in het Schuitenbeek-gebied (zie aldaar).
- Experimenteel onderzoek naar lange-termijn desorptie van P door de LUW (zie aldaar), gevolgd door aanpassing en toetsing procesformuleringen voor P in Animo door het SC.
- Enkele balansstudies die het aandeel van de landbouw in de P-belasting van het oppervlaktewater zichtbaar maken. Het gaat om landelijke modelstudies i.s.m. SC (1988 tot nu)) en om balansstudies van stroomgebieden Eem en Mark/Dintel, Walcheren.
- Literatuurstudie naar de effectiviteit van bufferstroken (uitgevoerd door Milieubiologie Leiden; Eindrapport: Orleans et al., 1994). De voornaamste conclusie voor P was dat de effectiviteit op langere termijn twijfelachtig is.
- Veldstudie naar de effectiviteit van een natuurlijke bufferstrook in samenwerking tussen RIZA, SC, prov. Overijssel, waterschap Regge en Dinkel; deze studie loopt nog.
- Verschillende onderzoeken naar de effectiviteit van zuiveringstechnieken voor oppervlaktewater: chemisch defosfateren, slibvang, helofytenfilter etc. (zie overzicht in: Rijdsijk, 1994 en bijl. 3).

4. AB-DLO

Betrokkenen: De Willigen, Ehlert, Oenema, Van Faassen, Chardon, Steenhuizen, Blaauw, Vriesema (voorheen ook: Van Noordwijk, Gerritse, Van der Paauw, Prummel)

Binnen het AB-DLO wordt onderzoek gedaan naar het gedrag van P in de bodem, de opname van P door het gewas en naar bodem/gewas-relaties.

Het *bodemgerichte* onderzoek omvat:

- Modelleren van P-uitspoeling onder invloed van immobilisatie (microbiële adsorptie) en tijdsafhankelijke sorptie van P; toetsing in kolomproeven.
- Berekenen van een (mogelijk) verband tussen de fosfaatverzadigingsgraad (VG) van een grondmonster en de beschikbaarheid voor het gewas (P_w). Een niet-lineair verband bleek de beste beschrijving te geven; in het 'normale' P_w -traject (< 60) bleek de voorspellende waarde van het verband (berekenen P_w uit VG) echter gering.
- Onderzoeken van organische P-vormen in dierlijke mest, de mineralisatie van deze component en het relatieve belang ervan voor de uitspoeling van P. Het blijkt dat het gehalte van organisch P in het bodemvocht toeneemt met de diepte, en tot 70% kan uitmaken van P-totaal. In een lysimeterexperiment werden aanwijzingen gevonden voor colloïdaal transport van P (bij een lagere

ionsterkte spoelde meer P uit). Onderzoek naar de karakterisering van organisch P in bodemvocht is gaande.

- Bepalen van het verloop in de tijd van Pw en PAL bij verschillende bemestingsniveaus, waaronder nulbemesting ('uitmijnen').

Ontwikkelen van FeO-papier, waarmee hoeveelheid desorbeerbaar P geschat kan worden alsmede de desorptiekinetiek van P kan worden bepaald; inventariserend literatuuronderzoek naar huidige wijze van bereiden en gebruik ervan.

- Schatten van 'onvermijdbaar P-verlies' op basis van bodemeigenschappen, Pw en/of PAL en cultuurgebruik.

Het *gewasgerichte* onderzoek omvat:

- Berekening van P opname door het gewas in afhankelijkheid van bewortelingsdichtheid, P-rijkdom van de grond en mate van contact tussen wortel en grond. Bij de opname van P werd de behoefte van het gewas als sturende variabele gebruikt ('actieve' rol van gewas) en niet het P-gehalte van het bodemvocht ('passieve' rol).
- Berekenen van onttrekking van P door het gewas (kg P ha^{-1}), voor verschillende gewassen, in afhankelijkheid van het P-gehalte van de bodem en heterogeniteit van P-verdeling in de bodem.
- Beoordeling van de invloed van verschillende fosfaatmeststoffen (waaronder dierlijke mest), op hun potentiële opneembaarheid door het gewas; invloed van P-vorm, wijze en tijdstip van bemesten op de gewasopbrengst en -kwaliteit voor bouwland en grasland.
- Verfijnen van bemestingsadviezen voor vollegrondsgroente- en bloembollenteelt op basis van deterministisch model van P-opname door gewas, mede in verband met milieu-aspecten. Onzekerheidsanalyse van betrouwbaarheid van uitkomsten van modellen (zowel deterministisch als stochastisch).

5. SC-DLO

Betrokkenen: Breeuwsma, Schoumans, Groenenberg, Groenendijk, Hendriks, Reinds, Reitema, Van der Salm (voorheen ook: Reijerink e.a.)

Het fosfaatonderzoek binnen SC-DLO heeft in grote lijnen betrekking op de volgende onderdelen:

- *Procesonderzoek naar fosfaatbinding (sorptie) en naar het vrijkomen van fosfaat (desorptie)* De aandacht van dit type onderzoek is grotendeels gericht geweest op de kalkloze zandgronden (in

de mestoverschotgebieden komt voornamelijk dit soort gronden voor). Oriënterend onderzoek is uitgevoerd voor veengronden en kalkrijke zandgronden. Het betreft hier over het algemeen laboratoriumonderzoek en, op een beperkt aantal locaties, veldonderzoek. Het fosfaatprocesonderzoek is veelal uitgevoerd vanuit een invalshoek dat er fosfaatoverschotten zijn (op jaarbasis netto fosfaatophoping in de bodem).

- *Fosfaatkwetsbaarheidskaarten* Hiervoor zijn een groot aantal karakteristieke horizonten c.q. profielen van veel voorkomende bodemeenheden bemonsterd, waarvan vervolgens het gehalte aan fosfaatbindende bodembestanddelen is bepaald. Op grond van deze gegevens kan een schatting worden gemaakt van de maximale capaciteit van de bodem om fosfaat te binden, zodat kwetsbaarheidskaarten voor fosfaatuitspoeling kunnen worden afgeleid.
- *Modelontwikkeling* Het koolstof-stikstof-model ANIMO, ontwikkeld voor voornamelijk lokale toepassingen, is de afgelopen jaren uitgebreid met een fosfaatkringloop. De procesformulering van de abiotische fosfaatreacties is afkomstig van laboratoriumonderzoek. De organische fosfaatproces-formulering is gekoppeld aan de bestaande organische N-kringloop. Validatie is beperkt uitgevoerd. In samenwerking met RIVM en RIZA wordt momenteel een vereenvoudigd nutriëntenmodel ontwikkeld, voornamelijk voor toepassingen op nationale schaal.
- *Fosfaatverzadiging* Zowel via aselechte steekproeven als via modelberekeningen is voor een aantal gebieden de fosfaatverzadigingsgraad van de bodem in kaart gebracht. Bij deze modelberekeningen wordt integraal gebruik gemaakt van de fosfaatprocesformulering, de fosfaatkwetsbaarheidskaart van de bodem en de gegevens omtrent de historische fosfaatbemesting van de bodem; deze laatste gegevens zijn afkomstig van het LEI.
- *Nutriëntenbelasting van grond- en oppervlaktewater* Voor een groot aantal instanties en regionale overheden (provincies, waterschappen/STOWA, RIZA, RIVM) zijn berekeningen uitgevoerd naar de nutriëntenbelasting van het grond- en oppervlaktewater onder verschillende bemestingsregimes en hydrologische omstandigheden (scenario-analyses). Ook voor de centrale overheid vindt dit plaats ter onderbouwing van het generieke beleid (bijv. mestwetgeving; onderbouwing van de verliesnormen).
- *Nutriëntenhuishouding in slootbodems en kleine waterlopen* Het betreft hier voornamelijk de ontwikkeling (validatie en toepassing) van een oppervlaktewatermodel (NUSWA) dat het gedrag van stikstof en fosfaat in oppervlaktewater beschrijft (processen in waterbodems en opbouw en afbraak van biomassa).
- *Maatregelen ter vermindering van de fosfaatbelasting van het grond- en oppervlaktewater.* De afgelopen jaren verschuift het onderzoek van inventariserend onderzoek naar oplossingsgericht onderzoek. Te denken valt hier o.a. aan het meten en modelleren van de effecten van aanvullende

bemestingsmaatregelen, hydrologische of bodemchemische maatregelen of de invoering van bufferstroken).

Bijlage 3.

Overzicht van een aantal in Nederland uitgevoerde eutrofiëringsprojecten, met het eerste jaar van uitvoering (i.s. = in studie), naar Rijdsijk (1994).

1 Reductie van de nutriëntentoevoer

1.1 Zuivering van puntbronnen

Boschkreek (1993);
Botshol (1988);
Drontermeer (1972);
Geerplas (1980);
Gorecht (1992);
Loosdrechtse plassen (1984);
Nieuwkoopse plassen (1990);
Reeuwijkse plassen (1986);
Veluwemeer (1979);
Wieden en de Weerribben (1975).

1.2 Reductie van rioolwateroverstorten

Amersfoort (bergbezinkbassin, 1982);
De Dole, Witmarsum (1992);
Gaasterland (verbeterde overstortput, 1985);
Goes (werveloverstortput, ± 1985);
Houten (nazuivering met helofytenfilter, 1986);
Kerkrade (bergbezinkbassin, 1983);
Oppenhuizen (bergbezinkleiding, 1993);
Rolde (1992);
Rotterdam-IJsselmonde (verbeterde overstortput, 1987);
St. Oedenrode (bergbezinkbassin, 1993).

1.3 Zuivering van inlaatwater

bezinkingbassins:

Hierdense beek (i.s.);
gemaal Lovink (i.s.);
Markvliet (i.s.);
Noordwoldervaart (1994);
Schuitenbeek (i.s.).

chemische defosfatering:

Anewiel (1993);
Botshol (1990);
Geerplas (1989);
Gorecht (1992);
Loosdrechtse plassen (1985);
Nieuwkoopse plassen (1990);
Naardermeer (1985);
Nannewijd (1994).

helofytenfilters:

Bergse plassen (1993);
De Deelen (1992);

rwzi Elburg (1977);
afvalwater recreatiebedrijven Zuid-Flevoland (1967);
Geerplas (1991);
Gorecht (1992);
rwzi Harderwijk (i.s.);
Herdense beek (i.s.);
nazuivering overstort in Houten (1986);
Lauwersoog (1975);
Nannewijd (1994);
Schuitenbeek (i.s.);
Zwaakse kreekrest (1992).

1.4 Afleiden van nutriëntrijke bronnen

hydrologische isolatie:

Akkerdijkse polder (i.s.);
Ankeveense plassen (1986);
Bargerveen (1993);
Bergse plassen (1993);
Botshol (1988);
Boswachterij Dwingeloo (1992);
Geerplas (1990);
Loosdrechtse plassen (1984);
Naardermeer (1960);
Nannewijd (1993);
De Oude Venen (1985).

afleiden externe bron:

Akkerdijkse polder (i.s.);
Barsbeker binnepolder (1992);
Brielse meer (1980);
Duinrellen St-Maartenszee (1992);
Kortenhoefse plassen (1984);
Nannewijd (1993);
Nieuwkoopse plassen (1988).

isoleren interne bron (guanotrofie):

Naardermeer (1985);
De Oude Venen (Princenhof) (1989);
Geerplas (1991).

1.5 Reductie van diffuse lozingen vanuit de landbouw

Herdense beek (1992);
Merkske en Strijbeekse beek (i.s.);
Nieuwkoopse plassen (1988);
Zwaakse kreekrest (1992).

1.6 Reductie van diffuse lozingen vanuit huishoudens

In 1990 was 93% van de huishoudens in Nederland op de riolering aangesloten. Dit percentage zal in de loop der jaren verder toenemen. Het geven van voorlichting en het plaatsen van voorzieningen voor de recreatie gebeurt veelal in integrale projecten.

In 1994 is het (REGIWA) proefproject Vuilwatertank gestart, waarbij inzamelstations gecreëerd zijn voor inzameling van huishoudelijk afvalwater van de recreativaart (via vuilwatertank).

2 Reductie van de hoeveelheid nutriënten in het systeem

2.1 Verdunnen en doorspoelen

Brielse meer (1984);
Drontermeer (1979);
Loosdrechtse plassen (i.s.);
De Oude Venen (Princenhof) (1989);
Veluwemeer (1979);
Wolderwijd (1990);
Zwaakse kreekrest (1992).

2.2 Vergroting van de waterdiepte

Horsterplas (i.s.);
Zwaakse Kreekrest (1992).

2.3 Verwijdering van eutrofe waterbodem

Akkerdijkse polder (i.s.);
Bergse plassen (i.s.);
Boschkreek (1993);
De Deelen (1994);
Geerplas (1989);
Hollands Ankeveense plassen (1991);
Kortenhoefse plassen (i.s.);
Kralingse plas (i.s.);
Loosdrechtse plassen (i.s.);
Nannewijd (1994);
De Oude Venen, 40-mêd (1991);
Rottige Meente (1994);
De Veenhoop, Polderhoofdkanaal (1994)
Wormer, Jisp en Nekpolder (1989);
Zwaakse kreekrest (1992).

2.4 Mechanische biomassaverwijdering

Mechanische biomassaverwijdering is verreweg de meest toegepaste onderhoudsmethode van oppervlaktewater.

Voorkomen van overlast door drijfslagen van blauwalgen:

Braassemermeer;
Brielsemeer (1984).

3 Reductie van de beschikbaarheid van nutriënten in het systeem

3.1 Droogzetting

in combinatie met Actief Biologisch Beheer:

IJzeren Man (1990);
Zwemlust (1987).

in combinatie met het verwijderen van eutrofe waterbodem:

IJzeren Man (1989);
Kleinewijd (1994).

3.2 Hypolimnion en beluchten sediment

Maarsseveense plas (1970)

3.3 Kunstmatige destratificatie

Biesbosch (1973);

Grevelingenmeer (1972);

Maarsseveen (1967);

Nieuwe meer (1992);

Watervoorzieningsreservoirs in Zeeuws-Vlaanderen (1967).

3.4 Bedekken van het sediment

Deze maatregel is nog niet in Nederland toegepast.

3.5 Fosfaatinactivatie in het sediment

Akkerdijkse polder (i.s.);

Bergse plassen (i.s.);

Groot Vogelenzang (1989);

Kralingse plas (i.s.);

Loosdrechtse plassen (i.s.);

Nannewijd (1994).

3.6 Fosfaatinactivatie in de waterfase

Deze maatregel is nog niet in Nederland toegepast.

4 Ingrepen in het voedselweb

4.1 Habitatmanipulatie

Kralingse plas (i.s.);

Noorddiep (1988).

4.2 Slibmanipulatie

Breukeleveense plas (i.s.);

De Deelen (onderwaterschermbank, 1994);

Geerplas (onderwaterschermbank, 1991);

Ketelmeer (slibvang, i.s.);

Markermeer (slibvang, i.s.);

Markvliet (i.s.);

Noordwoldervaart (slibvang, 1995);

Veluwemeer (strekdam, 1989);

Wolderwijd (slibvang, i.s.).

4.3 Chemische biomassaverwijdering

Chemische biomassaverwijdering wordt in Nederland nauwelijks nog toegepast als onderhoudsmethode van oppervlaktewater. In 1990 werd in 1,5% van de watergangen chemische middelen toegepast. Het ligt in de lijn der verwachting dat dit gebruik verder zal afnemen.

4.4 Biologische biomassaverwijdering

Tot en met 1990 is in 1200 projecten ruim 300 ton graskarper uitgezet. Dit is gebeurd bij 950 beheerders. De driehoeksmossel kan worden uitgezet om algen en zwevend stof te filteren uit de waterkolom.

uitzetten driehoeksmossel:
proefvijvers bij de Roggebotsluis;
Veluwemeer (i.s.);
Volkerak/Zoommeer.

4.5 Actief Biologisch Beheer

Bergse plassen (i.s.);
Bleiswijkse zoom (1987);
Boschkreek (1993);
Breukeleveense plas (1989);
Canisvliet (1993);
De Deelen (1994);
Duinigermeer (1993);
Fortgracht Veldhuizen (1988);
IJzeren Man (1990);
Klein Vogelenzang (1989);
Kralingse plas (i.s.);
Loosdrechtse plassen (i.s.);
Nanneveld (1994);
Noorddiep (1988);
De Oude Venen (1991);
Rammekenskreek (i.s.);
Sondelerleien (1991);
Wolderwaard (1991);
Wormer, Jisp en Nekpolder (1990);
Zuidlaardermeer (1993);
Zwemlust (1987).

Bijlage 4.

ENQUÊTE

In deze bijlage is opgenomen:

- een lijst met de personen die de enquête hebben beantwoord
- de tekst van de enquête
- een samenvatting van de verkregen antwoorden

1. Overzicht personen die enquête hebben beantwoord.

H. de Haan	Prov. Friesland, beleidsmedewerker Waterkwaliteit
A. Hahn	idem, Bodembeheer
R. Veeningen	Waterschap Friesland
S.E.A.T.M. van der Zee	LUW, vakgroep Bodemkunde & Plantevoeding
B.H. Janssen	idem
H.O. Hooghoudt, M. Koen	Min. VROM
S.P. Klapwijk	Stowa
P. Kusse	LBL, afd. Hydrologie en Milieu, Utrecht
J. van Till	Prov. Utrecht, Afd. Bodem en gebieden, Landbouw & Milieu
K. Everards	Prov. Utrecht, Afd. Oppervlaktewaterkwaliteit
E.J.B. Uunk	Waterschap Regge en Dinkel
P. de Vries	Unie van Waterschappen
J. van Kempen	Zuiveringsschap Veluwe
E.C.W.A. Geuze	Waterschap Dommel
P. Berends	Min. V&W
W.J. Willems	RIVM
P. Deenen	Prov. Brabant
L. Lijklema	LUW, vakgroep Waterkwaliteit
M.I. Mul	Zuiveringsschap ZHEW
D.A.M. Risseeuw	LTO Nederland
G. Hofman	Universiteit Gent
D. van Leussen	Waterschap Noord Veluwe

2. Tekst enquête

De volgende (algemene) vragen werden gesteld:

- Op welke wijze bent u, of is de instelling waar u werkzaam bent, betrokken bij het probleem van P-rijke ('fosfaatverzadigde') gronden? (bijv. waterkwaliteitsbeheer, formuleren van beleid, ontwerpen en testen van maatregelen, het uitvoeren van praktijkproeven met beheersmaatregelen)
- Wat zijn volgens u de knelpunten in het beleid t.a.v. P-rijke gronden?
- Verwacht u in het algemeen het meest van bodem- of van oppervlaktewatergerichte maatregelen en waarom?
- Is er volgens u sprake van specifieke leemten in kennis t.a.v. het gedrag van fosfaat in de (water)bodem die het nemen van maatregelen nadelig beïnvloeden?

Vervolgens werd gevraagd of men kon aangeven welke knelpunten men signaleert bij het toepassen van een aantal mogelijke beheersmaatregelen. Bij knelpunten kan gedacht worden aan: leemten in kennis; uitvoerbaarheid; draagvlak politiek / maatschappij / doelgroep; beleid.

Bodemgerichte maatregelen (op en langs percelen):

- (B1) gedeeltelijk of volledig stopzetten P-bemesting;
- (B2) stimuleren van P-onttrekking door gewas door teeltkundige maatregelen;
- (B3) aanleggen van bufferstroken langs watergangen;
- (B4) zuivering drainwater (chemisch of biologisch);
- (B5) immobilisatie van P met behulp van ijzer en/of aluminium-hydroxiden;
- (B6) door verlagen grondwaterstand vergroten buffercapaciteit van de bodem;
- (B7) hydrologische isolatie van percelen gecombineerd met zuivering van overtollig water;
- (B8) afgraven van toplaag en reinigen, of gebruik elders;
- (B9) uit productie nemen van grond gecombineerd met afgraven toplaag.

Maatregelen gericht op het oppervlaktewater:

- (O1) Immobilisatie van P in het sediment;
- (O2) verwijderen, door sedimentatie, van P-bevattend zwevend materiaal;
- (O3) verwijderen van P via oogsten waterplanten;
- (O4) defosfatering van het oppervlaktewater
- (O5) verlagen slootdichtheid
- (O6) afleiden naar een ontvangend water waar een hoog P-gehalte minder kwaad kan.

Tot slot werden de volgende aanvullende vragen gesteld:

- Ziet u perspectieven voor andere maatregelen dan bovengenoemde?
- Kent u maatregelen of beleidsopties welke, bij uittesten, onwerkzaam bleken te zijn? (dit om te voorkomen dat overbodige experimenten worden uitgevoerd).
- De ervaring leert dat praktijkonderzoek nogal moeizaam vordert. Hebt U enig idee wat de oorzaak hiervan kan zijn?
- Heeft u verder nog op- of aanmerkingen t.a.v. dit onderwerp?

3. *Beantwoording enquête*

In het navolgende worden de verschillende mogelijk opties genoemd, met een toelichting (*cursief*), gevolgd door een samenvatting van het commentaar van de geïnterviewden.

(B1) Beperking van P-bemesting. *Door minder P toe te dienen dan door het gewas onttrokken wordt aan de bodem neemt het P-gehalte van de bodem geleidelijk af, waarbij met name de fractie welke het meest gevoelig is voor gewasopname en uitspoeling terugloopt.*

Doordat boeren door deze maatregel meer mest elders zullen moeten afzetten zal het draagvlak bij hen gering zijn. Bovendien zal het effect pas op langere termijn zichtbaar worden, wat het draagvlak verder vermindert. Vanwege de toename van het mestoverschot is er (op dit moment) echter geen politiek draagvlak voor P-gift < onttrekking door gewas. Een mogelijkheid om het P-overschot te beperken is inkrimping van de veestapel.

Een probleem is dat boeren niet graag zien dat de Pw daalt; de P-deskstudie heeft hieraan bijgedragen door van streefwaarden uit te gaan. Bij hoge streefwaarden treden hoge verliezen op door uitspoeling en 'fixatie'. Bij het volledig stopzetten van de bemesting bij mais treedt in het voorjaar paarskleuring op, zonder dat de uiteindelijke opbrengst lager hoeft te zijn; de boer 'schrikt' hier echter van. Onkruid krijgt een kans als mais later gaat groeien; het toedienen van een geringe hoeveelheid mest via rijenbemesting kan dan een oplossing zijn. Binnen de landbouw bestaat het idee dat, ook op P-rijke gronden, gemakkelijk opneembaar P gegeven moet worden in het voorjaar. Een eventuele opbrengstderving is moeilijk controleerbaar, wat problemen kan opleveren bij het geven van een schadevergoeding. Om een draagvlak onder boeren te creëren moet de vergoeding in sommige gevallen hoger worden dan strikt noodzakelijk.

(B2) Optimaliseren P-onttrekking door gewas ('uitmijnen'). *De onttrekking van P door het gewas wordt gestimuleerd door een gerichte keuze van gewassen (of gewassoorten), welk relatief veel P opnemen, door diep wortelende gewassen te kiezen of door een navrucht toe te passen: hierdoor zal het onder B1 genoemde proces sneller verlopen.*

Als voordeel van deze optie wordt genoemd de kans op succes. Bij een paar procent van de percelen zal uitmijnen echter heel lang duren. Gevreesd wordt dat deze optie pas op lange termijn effect zal hebben. Leemten in kennis zijn: de gewassen die hiervoor het meest geschikt zijn en hoe snel het proces zal verlopen. De vraag werd gesteld of uitmijnen te combineren is met een agrarisch bedrijf, met name of er speciale apparatuur voor nodig is.

Het opvolgen van het bemestingsadvies zou vaak al een oplossing bieden (geen bemesting met P boven bepaalde Pw/PAL-waarde. Hierdoor zal de Pw vanzelf tot een acceptabele waarde leiden van 25-30, waarbij met gift=onttrekking gewerkt kan worden. Aan het uitmijnen zijn echter grenzen verbonden: de P-onttrekking met mais is normaliter 28-30 kg P ha⁻¹ jaar⁻¹, en maximaal ca. 50 kg. Wanneer voer met een hoog P-gehalte door vee wordt geconsumeerd zal het P-gehalte van de mest toenemen. Bij de berekening van P-afvoer via mest geeft dit problemen als er met een standaard-P-gehalte van mest wordt gerekend.

(B3) Aanleg van bufferstroken langs de sloot. *Wanneer de P-bemesting binnen een perceel niet tot (vrijwel) nul wordt teruggebracht kan een bemestingsvrije strook worden aangebracht om directe afspoeling of drift van P naar de sloot te beperken; voorwaarde voor een blijvend goed functioneren van een dergelijke strook is wel dat P met biomassa wordt afgevoerd.*

In het kader van de relatienota landelijk gebied worden in elke provincie proeven gedaan met bufferstroken. Het doel is hierbij echter het verhogen van de natuurwaarden, dus niet het verminderen van P-uitspoeling. De vraag is of alleen oppervlakkige afspoeling van P wordt beïnvloed of ook de diepere uitspoeling; in het algemeen is de te verwachten effectiviteit onduidelijk. Een (noodzakelijke) dimensionering van een bufferstrook zal door onderzoek moeten worden onderbouwd. De werkzaamheid van een bufferstrook zal afhangen van het bodemgebruik van het aangrenzende perceel: evenwichtsbemesting op een P-rijke grond geeft waarschijnlijk meer uitspoeling dan een bufferstrook kan opvangen. Zonder afvoer van P met biomassa zal de functie van de strook beperkt blijven tot het afvangen van aan bodemdeeltjes gebonden P.

Gevreesd wordt dat de boer een bufferstrook lastig zal vinden, vooral bij kleine percelen. Op de zandgronden, waar relatief weinig sloten zijn en het dus een kleiner oppervlak betreft, zal het beter haalbaar zijn dan bijvoorbeeld in het veenweidegebied. Boeren zullen mogelijk bang zijn dat het een 'rommeltje' wordt, met distels etc.; teeltvrije zones zullen door de praktijk slechts geaccepteerd

worden bij voldoende positieve (financiële) prikkels.

Onduidelijk is hoe lang een bufferstrook nodig is: permanent aanleg kost veel geld. Het heeft de voorkeur om de strook zo in te richten dat deze in beheer blijft bij de grondgebruiker of bij een milieucoöperatie, omdat het beheer anders te ingewikkeld en te kostbaar wordt. Een vraagteken wordt gezet bij de controleerbaarheid van een bemestingsvrije zone bij agrarisch gebruik. Binnen het waterbeheer zou een bufferstrook wel controleerbaar zijn.

(B4) zuivering drainwater. *Drainwater zou, voordat het in de sloot komt, gezuiverd kunnen worden, ter plaatse of via aansluiting van de drain op de riolering.*

Hiermee is ervaring opgedaan bij tuinbouwbedrijven in een natuurgebied, de drains van kassen werden op het riool aangesloten; technisch is hierover voldoende bekend. Of zuivering per drain technisch haalbaar is wordt betwijfeld: een filter zou mogelijk snel verstopten door uitspoeling van colloïdaal materiaal. Gevreesd wordt dat investerings- en exploitatiekosten in dat geval hoog zullen zijn, en dat het milieurendement te laag is. De ruimte om piekafvoer van het drainwater op te vangen zal vaak ontbreken. Opgemerkt wordt dat als P eenmaal uitspoelt dat dit dan tientallen tot honderden jaren zal duren, wat inhoudt dat zo lang gezuiverd zou moeten worden.

Als alternatief voor zuivering van de individuele drain wordt genoemd om een kavelsloot als 'drain' te beschouwen, en de afwateringssloot als het einde van de 'drain'. In de afwateringssloot zou het water dan gezuiverd kunnen worden. Ter vergelijking: bij bestrijdingsmiddelen is de gestelde norm in de kavelsloot vaak niet haalbaar, maar verderop wél, door afbraak van het middel in de sloot. Maatregelen zijn evt. te combineren met slootschonen. Andere alternatieven die zijn genoemd: het verspreiden van drainafvoer over land, voorzien van uiteinden van drains van een beweegbaar eindstuk, waardoor flexibeler met de ontwatering kan worden omgegaan met als gevolg minder afvoer van water en stoffen via drains.

(B5) immobilisatie van P door toedienen van ijzer. *Door ijzer en/of aluminiumhydroxide aan de bodem toe te dienen wordt de vastlegging van P bevorderd; de concentratie van P in het bodemvocht wordt lager waardoor de uitspoeling afneemt. De werkzaamheid op korte termijn is aangetoond door Schoumans en Köhlenberg (1995a).*

Deze optie wordt meer gezien als een noodmaatregel voor percelen waar dumping van mest heeft plaatsgevonden dan als iets om algemeen toe te passen. Vooral wanneer de maatregel om de paar jaar herhaald zou moeten worden wordt het zeer kostbaar. Er wordt op gewezen dat de werkzaamheid en de (ecologische) effecten op lange termijn onduidelijk zijn en dat de Pw in de bewortelde zone niet te ver moet dalen in verband met de landbouw (risico op overdosering, nauwkeurigheid van toedienen

is van belang). Bij grootschalige toepassing zou het landschap kunnen 'vervlakken' door de noodzakelijke grondbewerking. Bij de vorming in situ van de hydroxiden treedt een zoutschok op, het effect van toedienen in vaste vorm is onbekend. Gesteld wordt dat de maatregel in een te experimenteel stadium is om significante effecten voor de komende 10 jaar van te verwachten. De maatregel wordt 'dubieus' genoemd, omdat chemicaliën aan het milieu worden toegevoegd ('chemokuur').

(B6) vergroten buffercapaciteit door verlagen grondwaterstand. Door de grondwaterstand te verlagen kan P dat bovenin het profiel uitspoelt op grotere diepte in het profiel worden vastgelegd, en spoelt niet uit.

Gesteld wordt dat dit alleen mogelijk is wanneer een diepere grondwaterstand geen schade aan de (landbouwkundige) productiviteit of aan de natuur oplevert; het verlagen van de grondwaterstand is strijdig met het vernattingsstreven van de overheid. Het kan een tijdelijke oplossing zijn die effectief is om op korte termijn resultaat te bereiken.

(B7) hydrologische isolatie met zuivering overtollig water. Het water dat een landbouwgebied verlaat zou gezuiverd kunnen worden voordat het kwetsbaar oppervlaktewater bereikt; dit komt neer op de onder B4 gedane suggestie (zuiveren water in afwateringssloot).

Op perceelsniveau wordt dit moeilijk geacht, bij iets grotere gebieden (bijv. kwart of halve polder) kan het wel; ervaring is opgedaan bij Nieuwkoop, waar een strook landbouwgrond hydrologisch gescheiden is van een natuurgebied. Zuivering zou zowel chemisch kunnen als bijv. via rietvelden, wat een combinatie is van fysische processen (sedimentatie) en biologische (opname door gewas). Gevreesd wordt echter dat voor de zuivering met helofytenfilters een zeer groot oppervlak nodig is, en er worden vraagtekens gezet bij de haalbaarheid van zuivering voor laagbelaste systemen zoals hierbij het geval zou zijn. Het wordt alleen lokaal geschikt geacht voor speciale, hoogwaardige gebieden; anders is de optie te kostbaar.

(B8) afgraven en reinigen en (B9) uit productie nemen + afgraven

Deze beide opties worden niet reëel geacht, ze zijn te kostbaar en er is geen maatschappelijk draagvlak voor. Bij 'dumppercelen' waarbij de kosten mogelijk te verhalen zijn ligt dat anders. De vraag is echter of de afgegraven grond afgezet kan worden, mede vanwege bijv. het kopergehalte (door het dumpen van varkensdrijfmest). Opgemerkt wordt dat bij beekherstel wordt afgegraven, en ook in het plan Goudplevier (Ver. Natuurmonumenten). Afgraven is wel mogelijk in combinatie met het inrichten van bufferstroken langs beken. Een alternatief voor reinigen kan zijn om met afgegraven

grond laaggelegen landbouwgrond op te hogen.

Uit productie nemen wordt in Brabant niet reëel geacht, omdat de landbouw een groot tekort aan grond heeft.

(O1) immobilisatie van P in het sediment. *Door toevoeging van ijzer-, aluminium of calciumzouten zou het P-gehalte van oppervlaktewater verlaagd kunnen worden doordat P sterker aan het sediment wordt gebonden (zie bijv. Boers et al. 1994; Quaak, et al.,).*

Een literatuuroverzicht van studies die op dit punt zijn uitgevoerd is gegeven door Cooke et al. (1993). Uit deze studie bleken aluminiumzouten het meest effectief op lange termijn. In Nederland is met ijzer geëxperimenteerd, o.a. in de Reewijkse plassen (Groot Vogelzang) en in het Nanneveld. Over de werkzaamheid bestaat onduidelijkheid: sommige ondervraagden twijfelen eraan, anderen menen dat het technisch mogelijk is en op korte termijn effect heeft. Geconstateerd kan worden dat er op dit punt sprake is van een leemte in kennis. Gesuggereerd wordt dat toediening van kalk een beter effect heeft. Het weer in suspensie komen van het sediment werkt nadelig, waardoor de optie zeker in beken, maar mogelijk ook in sloten, niet toepasbaar is. Een positief neveneffect in de Reewijkse plassen was dat het water helder werd door het uitvlokken van gesuspendeerd materiaal.

(O2) verwijderen, door sedimentatie, van P-bevattend zwevend materiaal. *Een belangrijk deel van het P dat getransporteerd wordt in oppervlaktewater is vastgelegd aan zwevend materiaal; wanneer dit materiaal bezinkt voordat een eutrofiëringsgevoelig water wordt bereikt dan wordt de totale belasting verminderd.*

Het afvangen van zwevend materiaal kan gebeuren door de stroomsnelheid van het oppervlaktewater tijdelijk sterk te verlagen, bijvoorbeeld in een slibvang. In beken zal het door de te hoge stroomsnelheid niet toepasbaar zijn. Het leiden van het water door een rietveld heeft feitelijk eenzelfde uitwerking. Om dichtslibben van de slibvang te voorkomen moet deze uiteraard wel geregeld geleegd worden. Er wordt op beperkte schaal mee geëxperimenteerd (Linge), maar er zijn nog weinig goede waarnemingen aan verricht; bestaande slibvang-inrichtingen zouden daarom gemonitord moeten worden. Voor de aanleg van een brede slibvang is grondaankoop nodig, voor een diepe slibvang (bezinkput) niet. De techniek is eenvoudig, en verwacht wordt dat er wel een draagvlak voor te vinden zal zijn. De toepassing zou kunnen plaatsvinden in een afwateringssloot, zoals gesuggereerd onder B4. In meren is het verwijderen van sediment zeer duur, de nalevering van P gaat door vanuit slib dat blijft liggen, en nieuw slib (dode algen) geeft weer problemen. Het vooraf afvangen zal daarom effectiever zijn.

(O3) verwijderen van P via oogsten waterplanten:

De haalbaarheid hiervan is vermoedelijk beperkt tot kleine, ondiepe systemen, omdat in de meest eutrofe wateren de plantengroei beperkt is, en de hoeveelheid nutriënten in de planten dus gering is. Het afvoeren van geoogste waterplanten om te composteren of over het land te verspreiden is duur. Het verwijderen van 'flab' en kroos is technisch gezien moeilijk. In sloten worden planten door de boer zelf reeds verwijderd bij het schonen; dit zou geïntimaliseerd kunnen worden door het materiaal niet op de slootrand achter te laten, aangezien dan in korte tijd het P weer zal vrijkomen en weer in de sloot terecht komt. Kroos wordt soms verwijderd om zuurstofgebrek te voorkomen na rotting. Om een oppervlaktewater langs deze weg van P te ontdoen vergt veel tijd. Er lopen verschillende onderzoeken (opname P door kroos en door algen) waaruit het rendement kan blijken; bij algenbloei is in een ander experiment de drijfslaag verwijderd.

(O4) defosfatering van het oppervlaktewater. *Voordat water wordt ingelaten in bijvoorbeeld een meer kan het fosfaat er (grotendeels) uit worden verwijderd (zie bijv. Rijdsijk, 1994).*

Dit kan zowel langs chemische weg als met helofytenfilters, zoals in rietvelden. Om rietvelden effectief te laten zijn moet fosfaatafvoer plaatsvinden door oogsten van het riet. Dit moet gebeuren op een moment dat het P zich nog in de geoogste (bovengrondse) delen bevindt. Chemische defosfatering van water dat in plassen wordt ingelaten gebeurt in Utrecht al sinds 1983. Over defosfatering is een rapport verschenen waarin het rendement van verschillende systemen wordt behandeld (Stowa, 1994). In Friesland is in het verleden een proef uitgevoerd met het filteren van oppervlaktewater door een zandfilter waaraan vlokingsmiddelen waren toegevoegd; het verwijderingsrendement voor P was ca. 50%. Onderzocht zou kunnen worden of in kleinere wateren adsorptiefilters kunnen worden toegepast, die weinig toezicht behoeven en regenererbaar zijn. Defosfatering wordt, mede vanwege de kosten, alleen geschikt geacht voor het beschermen van een natuurgebied en niet als landelijke oplossing. Met de huidige technieken wordt het milieurendement als te laag beschouwd.

(O5) verlagen slootdichtheid. *De hypothese achter deze maatregel, die eventueel gecombineerd kan worden met het verminderen van het aantal drains, is dat de weg die P in de bodem aflegt verlengd wordt, en er dus onderweg meer vastlegging van P kan plaatsvinden.*

Het neveneffect is dat de grondwaterstand wordt verhoogd en er vernatting optreedt, waardoor het draagvlak bij boeren of bij waterkwantiteitsbeheerders een probleem kan zijn. Een verhoging van de grondwaterstand kan zelfs averechts werken, omdat bij vernatting anaërobie optreedt waardoor P

wordt gemobiliseerd. Ook zal het water door ondiepe, meer fosfaatrijke lagen naar een sloot toestromen. Een ander neveneffect is dat, wanneer bij een lagere slootdichtheid eenzelfde waterafvoer plaatsvindt uit een gebied, de stroomsnelheid hoger zal zijn, waardoor er meer P-bevattend sediment afgevoerd wordt, wat elders tot meer eutrofiëring zal leiden.

(O6) afleiden naar een ontvangend water waar een hoog P-gehalte minder effect heeft.

Dit wordt alleen als tijdelijke maatregel toepasbaar geacht; omdat op termijn voor alle (binnen)wateren dezelfde P-doelstelling geldt. In Friesland zijn bijvoorbeeld nauwelijks wateren waar P niet limiterend is, m.u.v. het noordelijk kleigebied, waar P door nutriëntenrijke kwel al hoog is. De optie wordt als niet duurzaam beoordeeld, omdat uiteindelijk al het P in de (te beschermen) Noordzee/ Waddenzee terechtkomt. Er wordt een vraagteken gezet bij de politieke acceptatie, en de term 'geknutsel' wordt gehanteerd.

Bijlage 5.

Lijst van gehanteerde begrippen en definities

fosfaatlekkende grond	grond die <i>thans</i> de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater milieukundig onacceptabel zwaar verhoogt
fosfaatbindend vermogen	capaciteit van een grond om anorganisch fosfaat te binden
fosfaatverzadigingsgraad	mate waarin het fosfaatbindend vermogen van een bodem is verbruikt
Pw-getal	parameter welke de beschikbaarheid van P voor een gewas aangeeft; het P-gehalte van de grond wordt gemeten in een waterextract (1:60 v:v)
PAL	idem; het P-gehalte van de grond wordt gemeten in een op pH 3,75 gebufferde oplossing van ammoniumlactaat-azijnzuur
totaal-P	gehalte aan P van een vloeistof- of bodemonmonster, gemeten na destructie van organisch materiaal
GHG	(jaar)gemiddelde hoogste grondwaterstand
GLG	(jaar)gemiddelde laagste grondwaterstand
helofytenfilter	ook wel: rietmoeras; een ondiep bekken begroeid met waterplanten waar het water doorheen stroomt, met als doel het 'vasthouden' van fosfaat. Dit gebeurt zowel door opname van P door de waterplanten als door sedimentatie van zwevend materiaal
slibvang	verbreding en/of verdieping van een waterloop met als doel de stroomsnelheid te verlagen en hierdoor de sedimentatie van zwevend materiaal te bevorderen
uitmijnen	verlagen van het fosfaatgehalte van een grond door afvoer van P via het gewas; de aanvoer van P via kunstmest of dierlijke mest dient lager te zijn dan de afvoer

**Bijlage 6: Rapporten Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek en Speerpuntprogramma
Bodemonderzoek**

Uitgaven in de serie Rapporten Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek

deel	titel	prijs
1	Kennisbehoefte actief bodembeheer P.S.H. Ouboter et al., 1996 (29 p., 2 bijlagen)	f 40,-
2	Ecotoxicologische risicobeoordeling van verontreinigde (water)bodems - Hoe verder ? C. van der Guchte et al., 1996 (56 p.)	f 40,-
3	Monitoring en controle van bodem en grondwater - Beleidsrelevantie van monitoringsystemen R.A. Ammerlaan et al., 1996 (60 p.)	f 40,-
4	Risicobeoordeling bij bodemverontreiniging: inventarisatie van knelpunten en oplossings- richtingen A.G. Nijhof, 1996	f 40,-
5	Classificatie van bodemverontreiniging - Inventarisatie van mogelijkheden en knelpunten in verband met onderzoekprogrammering W.F. Kooper, 1996	f 40,-
6	Stimuleringsprogramma's voor bodem- en waterbodemonderzoek in Nederland, anno 1996 Doelstellingen - Programmering - Toekomstvisies 1996	---

- 7 Vluchtige organische chloorverbindingen in de bodem - *f 40,-*
 Saneringspraktijk en onderzoeksbehoefte
 L. Schipper et al., 1996 (51 p.)

Uitgaven in de serie The Netherlands Integrated Soil Research Programme Reports

vol.	title	price
1	The fate of organic pollutants in soils and sediments and the development of biological soil remediation techniques P.J.M. Middelkoop and G. Schraa, 1995 (26 p., 5 bijlagen)	<i>f 15,-</i>
2	Adaptation and selection mechanisms of natural and genetically modified soil microorganisms H. Rogaar et al. (eds), 1995 (70 p., 2 bijlagen)	<i>f 15,-</i>
3	Biological availability and transformations of organic compounds in soil and sediment systems H. Rogaar et al. (eds.), 1995 (152 p., 4 bijlagen)	<i>f 15,-</i>
4	Spatial variability of soil contamination and the consequences for environmental risk assessment A. Stein and I.G. Staritsky, 1995 (35 p., 5 bijlagen)	<i>f 15,-</i>
5	Remediation and isolation techniques for soils and sediments J.T.C. Grotenhuis et al. (eds.), 1996 (258 p., 3 bijlagen)	<i>f 15,-</i>
6	Soil structure and transport processes - Implications for water, gases, nutrients, pesticides, and contaminants in soils (132 pp.; 3 app.). P.A.C. Raats, H. Rogaar, and A.H. van den Heuvel-Pieper (editors)	<i>f 15,-</i>