



ALTERRA

WAGENINGEN UR

Fosfaatpilot Noord- en Midden-Limburg

Plan van aanpak en monitoring

I.G.A.M. Noij
P.J.T. van Bakel
R.A. Smidt
H.T.L. Massop
W.J. Chardon

Alterra-rapport 1255, ISSN 1566-7197



Fosfaatpilot Noord- en Midden-Limburg. Plan van Aanpak en Monitoring

Fosfaatpilot Noord- en Midden-Limburg

Plan van Aanpak en Monitoring

**Noij, I.G.A.M
P.J.T van Bakel
R.A. Smidt
H.T.L. Massop
W.J. Chardon**

Alterra-rapport 1255

Alterra, Wageningen, 2006

REFERAAT

Noij, I.G.A.M., P.J.T van Bakel, R.A. Smidt, H.T.L. Massop & W.J. Chardon, 2006. *Fosfaatpilot Noord- en Midden-Limburg. Plan van Aanpak en Monitoring*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1255. 128 blz.; 36 fig.; 20 tab.; 25 ref.

Dit plan van aanpak en monitoring van maatregelen tegen fosfaatbelasting van het oppervlaktewater in het landelijk gebied zal worden gebruikt voor het proefproject Fosfaatpilot Noord- en Midden- Limburg, dat de Dienst Landelijk Gebied uitvoert in het kader van de Reconstructie van de Zandgebieden. Een gebiedsdiagnose is ontwikkeld en uitgevoerd om de landbouwpercelen met de grootste risico's te identificeren, en om voor deze percelen de meest geschikte maatregelen te vinden: uitmijnen, samengestelde diepe drainage met niveauregeling of maatregelen tegen oppervlakkige afspoeling. Daarnaast zijn een drietal andere maatregelen beschouwd: een groot en een klein vloeiveld voor het zuiveren van oppervlaktewater uit landbouwgebied, de wasmachine voor het bewust uitspoelen van fosfaat uit voormalige landbouwgrond ter voorbereiding op natuurontwikkeling, en het omleiden van landbouwwater voor de verbetering van de waterkwaliteit van een herstelde beek. De gebiedsdiagnose was gericht op het perceelsniveau en bestond uit een hydrologische analyse van emissieroutes op basis van karteerbare kenmerken en een analyse van de verspreiding van fosfaatbronnen in het studiegebied door middel van een enquête en aanvullend grondonderzoek. Op de percelen die zijn aangewezen voor de maatregelen zullen metingen (P, N) aan bodem en water met en zonder maatregel worden uitgevoerd om uitspraken te kunnen doen over de effectiviteit van de maatregelen. Het monitoringplan is gericht op opschaling van de resultaten van de maatregelen naar grotere delen van Limburg.

Trefwoorden: blokkeren van oppervlakkige afspoeling, effectiviteit, emissieroutes, enquête, fosfaat, fosfaatbronnen, gebiedsdiagnose, grondonderzoek, hydrologische analyse, landelijke gebied, maatregelen, monitoring, Noord- en Midden- Limburg, oppervlaktewater, omleiden, opschaling, proefproject, reconstructie, samengestelde diepe drainage met niveauregeling, stikstof, uitmijnen, vloeiveld, wasmachine, waterkwaliteit, ijzerfilter, zuivering

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €35,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 1255. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2006 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
1.1 Achtergrond	13
1.2 Doel	14
1.3 Leeswijzer	15
2 Maatregelen en studiegebieden	17
2.1 Keuze en beschrijving kansrijke maatregelen	17
2.2 Keuze en beschrijving proefgebieden	19
2.2.1 Bientje	20
2.2.2 Eeuwselsche loop	20
2.2.3 Elsbeek	21
2.2.4 Vlakbroek	22
3 Risico op fosfaatuitspoeling in Bientje en Eeuwselsche loop	23
3.1 Aanpak van de gebiedsdiagnose	23
3.2 Risico op basis van hydrologische transportroutes	23
3.2.1 Oppervlakte- en oppervlakkige afvoer	25
3.2.2 Afvoer via buisdrainage	28
3.2.3 Afvoer via greppels en droogvallende sloten	28
3.2.4 Afvoer via overige waterlopen	29
3.2.5 Totaal routerisico	29
3.3 Risico op basis van fosfaatbronnen	31
3.3.1 Historisch fosfaatoverschot volgens landelijke bestanden	32
3.3.2 Historisch fosfaatoverschot volgens enquête	34
3.3.3 Risico van fosfaatuitspoeling uit veenlagen	46
3.3.4 Actueel fosfaatoverschot volgens enquête	49
3.3.5 Grondbemonstering	49
3.4 Totaal risico en vertaling naar maatregelen	51
3.4.1 Ruimtelijk niet-differentieerbare risico's en maatregelen	51
3.4.2 Ruimtelijk differentieerbare risico's en maatregelen	53
3.4.3 Keuze van proefpercelen en maatregelen	55
4 Plan van aanpak en monitoring	59
4.1 Uitmijnen van de bovengrond	59
4.1.1 Beschrijving maatregel	59
4.1.2 Locatiekeuze	59
4.1.3 Monitoringplan	60
4.1.4 Proefopzet	64
4.2 'Wasmachine'	65
4.2.1 Beschrijving maatregel	65
4.2.2 Locatiekeuze	66
4.2.3 Monitoringplan	68
4.2.4 Ontwerp voor Vlakbroek	69

4.3	Samengestelde diepe drainage met niveauregeling	70
4.3.1	Beschrijving maatregel	70
4.3.2	Locatiekeuze	72
4.3.3	Monitoringplan	73
4.3.4	Ontwerp voor een geschikt landbouwperceel	77
4.4	Vloevelden	77
4.4.1	Beschrijving en keuze maatregel	77
4.4.2	Locatiekeuze vloeiveld	80
4.4.3	Monitoringplan	81
4.4.4	Monitoringplan	81
4.4.5	Ontwerp	84
4.5	Omleiden	88
4.5.1	Beschrijving maatregel	88
4.5.2	Locatiekeuze	88
4.5.3	Monitoring	88
4.6	Maatregelen tegen oppervlakkige afspoeling	89
4.6.1	Beschrijving maatregelen	89
4.6.2	Locatiekeuze	91
4.6.3	Monitoring	91
4.6.4	Ontwerp	92
5	Opschaling in ruimte en tijd	93
	Literatuur	95
	<i>Bijlagen</i>	
1	Fosfaat in kwel	97
2	Uitwerking van de enquête	99
3	Verslag van workshop helofyten-experts	105
4	Profielen ontwerp vloeiveld bergingsperceel	108
5A:	Resultaten van grondonderzoek kandidaatpercelen	111
5B:	Horizont codering profielbeschrijvingen	121
	Bijlagen op CD	
6	Hydrologische systeemanalyse (Eeuwselsche Loop en 't Bientje)	123
7	Hydrologische systeemanalyse voor de wasmachine (Vlakbroek)	125
8	Hydrologisch effect van samengestelde diepe drainage met niveauregeling	127

Woord vooraf

Dit rapport is het resultaat van een typisch samenwerkingsproject. Reeds bij de voorbereiding van de Fosfaatpilot is door Alterra bij diverse gelegenheden geadviseerd over de gewenste aanpak van de fosfaatproblematiek. In deze periode is contact geweest met Frank van der Bolt en Oscar Schoumans.

Het onderzoek is vervolgens intensief begeleid door de werkgroep pilot fosfaat die door opdrachtgever Dienst Landelijk Gebied is ingesteld. De projectleider van Alterra nam deel aan de werkgroepvergaderingen. Hierdoor ontstond een nauwe wederzijdse betrokkenheid, die heel motiverend werkt. Ik dank de werkgroep voor de prettige samenwerking.

Maarten Clercx, oud-projectleider pilot fosfaat, Dienst Landelijk Gebied

Hans Stevens, projectleider pilot fosfaat, Dienst Landelijk Gebied

Walter Schoenmakers, secretaris werkgroep pilot fosfaat, Dienst Landelijk Gebied

Carla Roghair, coördinator water en milieu, Dienst Landelijk Gebied

Michel Hofman, Waterschap Peel en Maasvallei

Jeroen van Mil, Waterschap Peel en Maasvallei

John Tobben, Limburgse Land- en Tuinbouw Bond

De keerzijde van de vervlechting van het onderzoek met het pilotproject is een beheersprobleem, de noodzakelijke activiteiten liggen niet van meet af aan vast. Hoe speel je intern op de juiste manier in op de steeds wisselende prioriteiten? Hiervoor moet een groot aantal medewerkers, met verschillende expertises, voor een beperkte tijd, op korte termijn inzetbaar zijn. Dit wringt wel eens met de projectmatige aanpak van andere onderzoeken uit de werkplannen. Ik ben mijn collega's die hun welwillende medewerking hebben verleend dan ook zeer erkentelijk. Behalve de auteurs waren dat Antonie van den Toorn, Caroline van der Salm, Dick Brus, Edo Gies, Frank van der Bolt, Gilbert Maas, Han Naeff, Han te Beest, Henk Oosterom, Jaap Nelemans (CBLB), Jan van Kleef, Joop Harmsen, Kees Koenders (CBLB), Leo Renaud, Marius Heinen, Marc Kroonen en Olga Clevering (PPO), Oscar Schoumans, Philip Ehlert en Willy de Groot en dan ben ik vermoedelijk nog wel iemand vergeten. Jan van Bakel wil ik speciaal bedanken voor het waarnemen van het projectleiderschap gedurende mijn Sabbatverlof (juni-oktober 2005) en Frank van Dien (Ecofyt) voor het beschikbaar stellen van zijn ontwerpen voor de beide vloeivelden.

Volgens een prominente collega behoort het moment waarop het rapport gedrukt is tot de gelukkigste momenten uit het leven van een onderzoeker. Toen ik daar ooit tegenin bracht dat je pas tevreden moet zijn als blijkt dat er iets mee gedaan wordt, reageerde hij enthousiast als altijd dat hij dan nog gelukkiger is. Wat dat betreft is dit natuurlijk een geweldig leuk project. Op het moment dat het rapport klaar is, zijn sommige maatregelen al werk in uitvoering. Helaas heeft ook dit voordeel weer een nadeel. Toen uit modelberekeningen was gebleken dat een perceel in 't Vlakbroek geschikt was voor de 'wasmachine', bleek bij veldbezoek dat de bovengrond inmiddels al afgegraven was.

Geen nood, Limburg is groot!

Gert-Jan Noij, Projectleider

Samenvatting

Doel van het proefproject Fosfaatpilot Noord- en Midden-Limburg is om maatregelen in de praktijk uit te proberen die fosfaatuitspoeling naar het oppervlaktewater kunnen verminderen. In 2008 zal een advies worden geformuleerd aan de Reconstructiecommissie en het college van Gedeputeerde Staten van de provincie Limburg over de perspectieven van maatregelen. Daarbij moet worden aangegeven welke beleidstekorten overblijven na uitvoering van perspectiefvolle maatregelen ten opzichte van de doelen uit de Kaderrichtlijn Water (KRW).

Dit plan van aanpak en monitoring van maatregelen tegen fosfaatbelasting van het oppervlaktewater in Noord- en Midden-Limburg is geschreven in opdracht van de Dienst Landelijk Gebied, die de Fosfaatpilot uitvoert. Bij het begin van dit onderzoek waren al vier deelgebieden aangewezen en vijf maatregelen geselecteerd.

Het Bientje en de Eeuwselsche Loop zijn beide intensieve landbouwgebieden met een hoge belasting van het oppervlaktewater met fosfaat. De Elsbeek is een herstelde beek waarvan bovenstrooms landbouwwater is omgeleid ter verbetering van de waterkwaliteit. Het Vlakbroek is een recent aangekocht nat grasland voor natuurontwikkeling, dat voorheen voor veehouderij werd gebruikt.

De vijf geselecteerde maatregelen waren uitmijnen, diepe drainage, vloeiveld, wasmachine (Vlakbroek) en omleiden (Elsbeek). Bij uitmijnen wordt een zo hoog mogelijke fosfaatonttrekking door het gewas nagestreefd met optimale groeiomstandigheden maar zonder fosfaatbemesting. Bij diepe drainage worden de buizen in het grondwater gelegd zonder het streefpeil te verlagen. De zuiverende werking berust op het verlengen en verdiepen van de stroombanen van het uitspoelende water, waardoor onderweg meer fosfaat wordt vastgelegd. In een vloeiveld komen slibdeeltjes met stikstof en fosfaat tot bezinking, nutriënten kunnen met de planten worden afgevoerd, stikstof verdwijnt via denitrificatie naar de lucht, en fosfaat kan worden vastgelegd aan de bodem of aan toegevoegd ijzer. In de wasmachine wordt het grondwaterpeil afwisselend tot in maaiveld verhoogd om fosfaat te mobiliseren, en vervolgens weer verlaagd om het opgeloste fosfaat af te voeren via het oppervlaktewater. Bij omleiden wordt de fosfaatvracht om een kwetsbaar gebied heen geleid om eutrofiëring ter plaatse te voorkomen, echter zonder de vracht te verminderen.

Doel van dit onderzoek was:

- in Bientje en Eeuwselsche Loop aangeven waar welke maatregelen het beste kunnen worden toegepast (gebiedsdiagnose) en aan welke inrichtingseisen percelen moeten voldoen voor de geselecteerde maatregelen;
- in het plan van aanpak rekening houden met een kosteneffectieve inpassing in bedrijfsverband;
- in alle gebieden aangeven hoe de effecten van maatregelen kunnen worden gemeten.

Een gebiedsdiagnose is ontwikkeld en uitgevoerd om de landbouwpercelen met de grootste risico's te identificeren, en om voor deze percelen de meest geschikte

maatregelen te vinden. De gebiedsdiagnose was gericht op het perceelsniveau en bestond enerzijds uit een hydrologische analyse van transportroutes op basis van karteerbare kenmerken, en anderzijds uit een analyse van de verspreiding van fosfaatbronnen in het studiegebied door middel van een enquête en aanvullend grondonderzoek. Er bestond een redelijke overeenstemming tussen de geschatte bodembelasting met fosfaat volgens de enquête en de resultaten van het aanvullende grondonderzoek.

Een belangrijke eigenschap van de bodem in het studiegebied (overwegend zandgrond) is het vóórkomen van veenlagen in het bodemprofiel. Op basis van waargenomen maaiveldaleningen in de afgelopen decennia en aangenomen fosfaatgehalten in het veen kon een substantiële potentiële bijdrage van mineralisatie aan de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater worden berekend.

Het resultaat van deze gebiedsdiagnose zijn kaarten met voor iedere transportroute het risico van fosfaatbelasting naar het oppervlaktewater per perceel en per ha. Vervolgens is aangegeven welke maatregelen bij de transportroutes passen.

afvoer via transportroute:	passende maatregelen
maaiveld (incl. ondiepe greppels)	blokkeren maaiveldafvoer, bufferstrook, drainage, egaliseren
greppels & droogvallende perceelsloten	greppels dichten, drainage, blokkeren maaiveldafvoer
drainbuizen	samengestelde verdiepte drainage met peilregeling, fosfaatfilters
overige sloten	sloten dempen, vloeiveld, voorgaande maatregelen
totaal	voorgaande maatregelen, vloeiveld, brongerichte maatregelen

De brongerichte maatregelen werken in principe via alle routes. Uitmijnen is het meest effectief wanneer het meeste fosfaat zich in de bovengrond bevindt (< 30 cm-mv.). Een alternatief hiervoor kan zijn het toedienen van ijzer en aluminium, maar dit is verder nog niet onderzocht. Als fosfaat al tot diepere bodemlagen is doorgedrongen en/of bij natuurlijk beheer (lage afvoer) zal het lang duren voordat uitmijnen effect heeft. In het geval van een natuurterrein, zoals Vlakhoeve, is het dan interessant om de wasmachine uit te proberen. In het geval van een landbouwperceel ligt het dan meer voor de hand om verdiepte samengestelde diepe drainage met peilregeling aan te leggen. Uit de gebiedsdiagnose en veldwaarnemingen blijkt dat de route via maaiveld naar verwachting belangrijk is. Daarom is één extra maatregel geformuleerd, het blokkeren van de maaiveldafvoer. Hiervoor zijn verschillende varianten mogelijk door combinaties van een dammetje, bezinkgreppel en/of bufferstrook. Besloten is om de maatregel diepe drainage te combineren met samengestelde diepe drainage met peilregeling. Dit systeem staat in het gebied bekend als het 'systeem van Iersel' en biedt de mogelijkheid om de grondwaterstand op het landbouwperceel vrijwel onafhankelijk van het oppervlaktewaterpeil te regelen. Bovendien kan het systeem sloten vervangen, wat ruimte bespaart en eveneens bijdraagt aan vermindering van de oppervlaktewaterbelasting.

Op basis van de gebiedsdiagnose zijn percelen aangewezen die interessant zijn voor de verschillende maatregelen. Vervolgens is in overleg met de boer op deze percelen aanvullend grondonderzoek (0-90 cm-mv.) uitgevoerd om de enquêteresultaten te

kunnen controleren. Naast de landbouwkundige fosfaattoestand is ook de milieukundige fosfaatverzadigingsgraad bepaald. De uiteindelijke keuze is gemaakt op basis van een afweging van het perspectief van de maatregelen, de geschiktheid en uitspoelingsrisico van het perceel, medewerking van de boer en kosten van de monitoring. Op de geselecteerde percelen zijn steeds twee blokken aangewezen, één voor uitvoering van de maatregel en één als referentie. Zo kunnen metingen met en zonder maatregel worden vergeleken om uitspraken te kunnen doen over de effectiviteit van de maatregelen. Voor de overige maatregelen waren al locaties bestemd. De maatregelen blokkeren maaiveldafvoer (twee bouwlandpercelen, één grasland), uitmijnen (één perceel grasland en één bouwland) en klein vloeiveld (ca. 300 m beekbegeleidend vloeiveld) zijn bij het ter perse gaan van dit rapport in uitvoering genomen. De andere maatregelen wachten op aanvullende financiering (samengestelde diepe drainage, groot vloeiveld en wasmachine).

Het monitoringplan is gericht op de latere opschaling van de resultaten van de maatregelen naar grotere delen van Limburg. Als gevolg van de beperkte looptijd van het project is het nodig om meerdere indicatoren te monitoren. Er kan niet worden volstaan met vrachtmetingen of metingen in het oppervlaktewater zelf, omdat het te lang duurt voordat de werking van de maatregelen daar zichtbaar worden. Daarnaast kampen we met grote verschillen in vracht tussen weerjaren (temporele variabiliteit). Het is nodig metingen te verrichten in bodem, bodemvocht, grondwater en eventueel drainwater om op tijd verschillen tussen behandelde en onbehandelde delen van percelen te kunnen aantonen. Met deze metingen worden modelmatige analyses mogelijk, waarmee de effectiviteit van de maatregelen op andere plekken, op grotere schaal en op langere termijn kan worden aangetoond. Het monitoringplan is voor alle maatregelen en geselecteerde percelen of locaties uitgewerkt, begroot en hieronder samengevat.

maatregel	percelen	behandelingen	gewas	bodem		grondwater	Drainwater	oppervlaktewater
				vast	vocht			
uitmijnen	gras	2	4-6/j	start+einde	2x/j	7x/j	nvt	nvt
	bouwland	2	2/j					
blokkeren maaiveldafvoer	1 gras 2 bouwland	1	nvt	start+einde	nvt	nvt	nvt	debietproportioneel
samengestelde drainage	gras	3	6/j	start+einde	7/j		Debietproportioneel	debietproportioneel
	bouwland	2	2/j					
wasmachine	natuurgrasland	2	2/j	start+einde	12/j		nvt	debietproportioneel
klein vloeiveld	Beekbegeleidend	+/- ijzerfilter	1/j ¹	start+einde	7/j		nvt	debietproportioneel
groot vloeiveld	bergingsperceel	+/- ijzerfilter	1/j ¹	start+einde	7/j		nvt	debietproportioneel
omleiden	nvt	2 ²	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	12/j

¹ eens per 5 jaar ook wortelstokken (als de monitoring wordt voortgezet)

² landbouwwater en beekwater

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Als gevolg van de hoge mestoverschotten uit het verleden is veel fosfaat in landbouwgronden opgehoopt en is de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater vanuit landbouwgronden de laatste decennia toegenomen. Mede doordat maatregelen zijn genomen om de bijdrage van andere bronnen (wasmiddelen, ongerioleerde lozingen en riooloverstorten) te verminderen is de relatieve bijdrage van de landbouw aan de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater toegenomen (MNP, 2005). Het huidige generieke mestbeleid is erop gericht om in 2015 te komen tot fosfaatevenwichtsbemesting (LNV, 2005), dat wil zeggen de aanvoer van fosfaat via dierlijke mest en fosfaatkunstmest is gelijk aan de fosfaatafvoer via de oogst van het gewas. Hierdoor blijft de komende jaren een groot deel van het fosfaat dat in het verleden in de bodem is opgehoopt een belangrijke bron voor de fosfaatsuitleiding naar het oppervlaktewater.

Voor het realiseren van verschillende natuurdoelstellingen, waaronder het beschermen van kwetsbare terrestrische en aquatische natuurgebieden, is zowel een afname van de fosfaatophoping in de bodem als ook een vermindering van de diffuse belasting van het oppervlaktewater door de landbouw in grote delen van Nederland gewenst (Bolt et al., 2004). Door de hoge fosfaatgehalten in de bodem en de hoge fosfaatconcentraties in het grond- en oppervlaktewater kunnen de beoogde natuurdoeltypen op voormalige landbouwgronden en in bepaalde oppervlaktewateren vooralsnog niet bereikt worden. Hierdoor zouden beleidsmatige problemen kunnen ontstaan, enerzijds omdat de EHS in 2018 waarschijnlijk niet wordt gerealiseerd met de vereiste milieukwaliteit, anderzijds omdat in 2015 waarschijnlijk geen goede ecologische toestand of goed ecologisch potentieel van het oppervlaktewater kan worden bereikt, zoals de Kaderrichtlijn Water (KRW) van de EU voorschrijft. Naast de 4^e Nota Waterhuishouding en de Waterbeheerplannen van de waterschappen beoogt ook de Reconstructiewet (periode van 12 jaar) een betere milieukwaliteit. In het Reconstructieplan van Noord- en Midden-Limburg (Provincie Limburg, ongedateerd) zijn om deze reden operationele en lange termijndoelen geformuleerd, zoals het minimaliseren van verontreiniging van het grond- en oppervlaktewater, herstel van zogenaamde SEF- en AEF-beken, verbeteren van de kwaliteit van waterbodems en optimaal waterbeheer voor de landbouw.

Medio 2008 moet er advies worden uitgebracht aan de Reconstructiecommissie en het college van Gedeputeerde Staten van de provincie Limburg over de perspectieven van maatregelen om fosfaatsuitleiding naar het oppervlaktewater te verminderen (mogelijkheden en kosteneffectiviteit). Verder dient te worden aangegeven welke beleidstekorten overblijven na uitvoering van perspectievolle maatregelen ten opzichte van de doelen uit de Kaderrichtlijn Water (KRW).

Ten behoeve van dit advies wordt in het kader van de Reconstructie Noord- en Midden-Limburg een Fosfaatpilot uitgevoerd om maatregelen in de praktijk uit te proberen (DLG-Limburg, 2004). In de eerste fase van deze pilot (deelproject 1) is door Royal Haskoning een overzicht gegenereerd van potentiële maatregelen (Schomaker en Verhagen, 2004). DLG-Limburg heeft in overleg met Waterschap Peel en Maasvallei, LLTB, de Provincie Limburg en Alterra de uitkomsten geëvalueerd en vervolgens een lijst opgesteld van de meest kansrijke maatregelen voor toetsing in de praktijk. Daarnaast zijn deelgebieden geselecteerd waar specifieke maatregelen uitgevoerd kunnen worden.

Ten behoeve van het vervolg is opdracht verstrekt aan Alterra om een concreet plan van aanpak te schrijven met de inrichtingseisen van de maatregelen en een monitoringplan voor de analyse van de effectiviteit. Dit rapport bevat de resultaten van deze voorstudie.

Ten behoeve van het vervolg is opdracht verstrekt aan Alterra om een concreet plan van aanpak te schrijven met de inrichtingseisen van de maatregelen en een monitoringplan voor de analyse van de effectiviteit. Dit rapport bevat de resultaten van deze voorstudie.

1.2 Doel

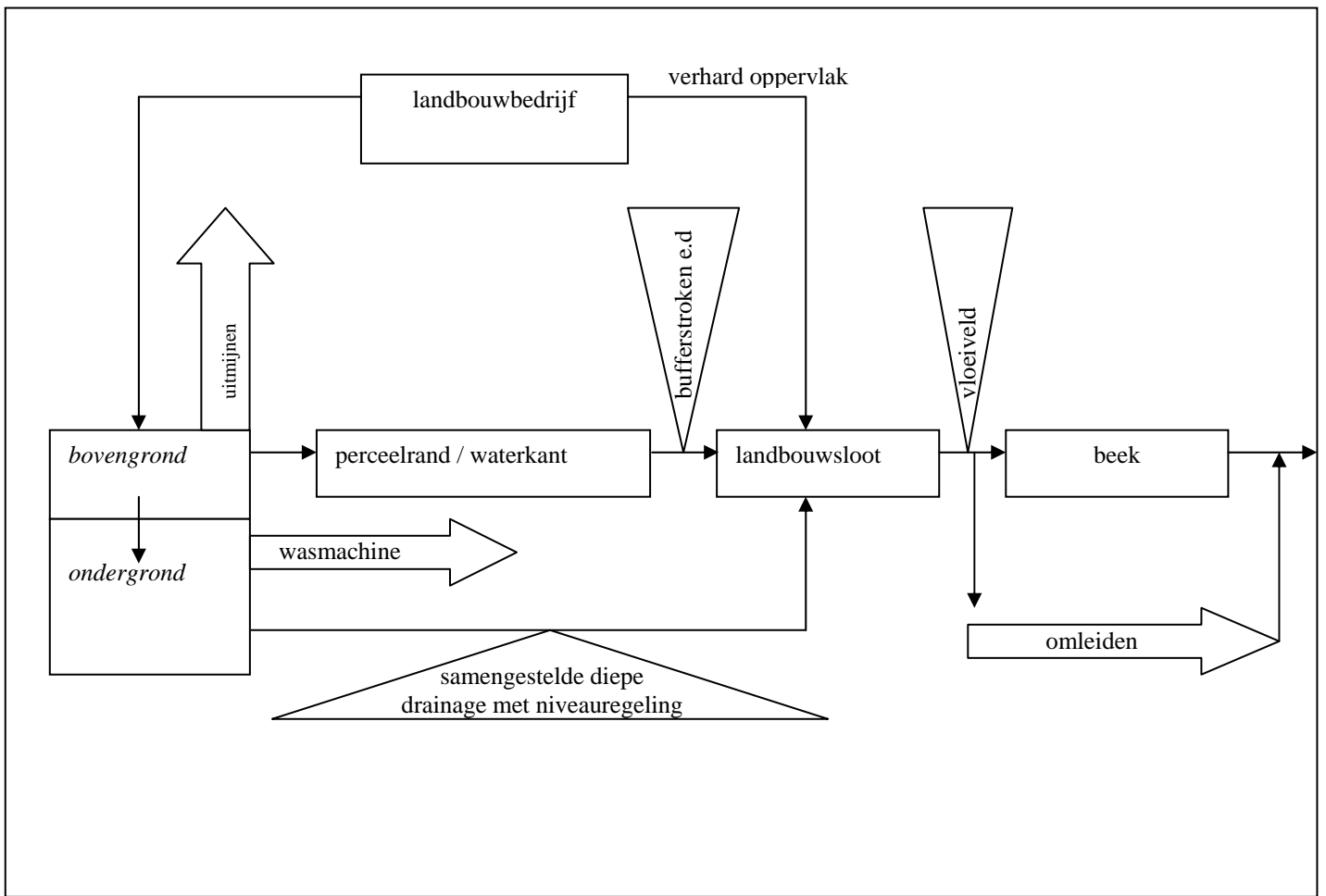
Het doel van dit onderzoek was.

1. Voor de twee gebieden Bientje en Eeuwselsche loop aangeven:
 - 1.1. waar welke maatregelen het beste kunnen worden toegepast (gebiedsdiagnose);
 - 1.2. aan welke inrichtingseisen percelen moeten voldoen voor de geselecteerde maatregelen tegen fosfaatuitspoeling naar het oppervlaktewater.
2. Voor de vier gebieden Bientje, Eeuwselsche loop, Elsbeek en Vlakbroek aangeven hoe de effecten van maatregelen kunnen worden gemonitord. Nitraat zal meeliften in de monitoring.
3. In het plan van aanpak aangeven hoe de inpassing in bedrijfsverband het beste kan worden meegenomen (kosteneffectiviteit en bedrijfseconomie).

Het accent van de studie is op de eerste twee doelen komen te liggen. De inpassing in bedrijfsverband is aan de orde gekomen bij het vast stellen van de vergoeding voor de deelnemende agrariërs. Daar waar nodig zijn gegevens verzameld over de te verwachten kosten en opbrengstdervingen (bijvoorbeeld bij de maatregel uitmijnen). Voor de keuze van de maatregel vloeiveld is dieper ingegaan op de kosten-effectiviteit.

1.3 Leeswijzer

Het rapport is ingedeeld in vier hoofdstukken. Het eerste hoofdstuk gaat in op de fosfaatproblematiek, het beleidskader, de Fosfaatpilot en het doel van dit onderzoek. Het tweede hoofdstuk beschrijft de gekozen studiegebieden en maatregelen. Het derde hoofdstuk gaat dieper in op de aanpak en resultaten van de uitgevoerde gebiedsdiagnose in de twee landbouwgebieden Bientje en Eeuwselsche Loop. Ook de keuze van percelen en maatregelen in deze gebieden komt daar aan de orde. Hoofdstuk 4 beschrijft het plan van aanpak van maatregelen en monitoring voor de gekozen locaties. Hoofdstuk 5 gaat kort in op de problematiek van de toekomstige vertaling van de monitoringresultaten naar de rest van Noord- en Midden-Limburg (opschaling of extrapolatie).



Figuur 1: Plaats van de voorgestelde maatregelen in de bron effect-keten

2 Maatregelen en studiegebieden

2.1 Keuze en beschrijving kansrijke maatregelen

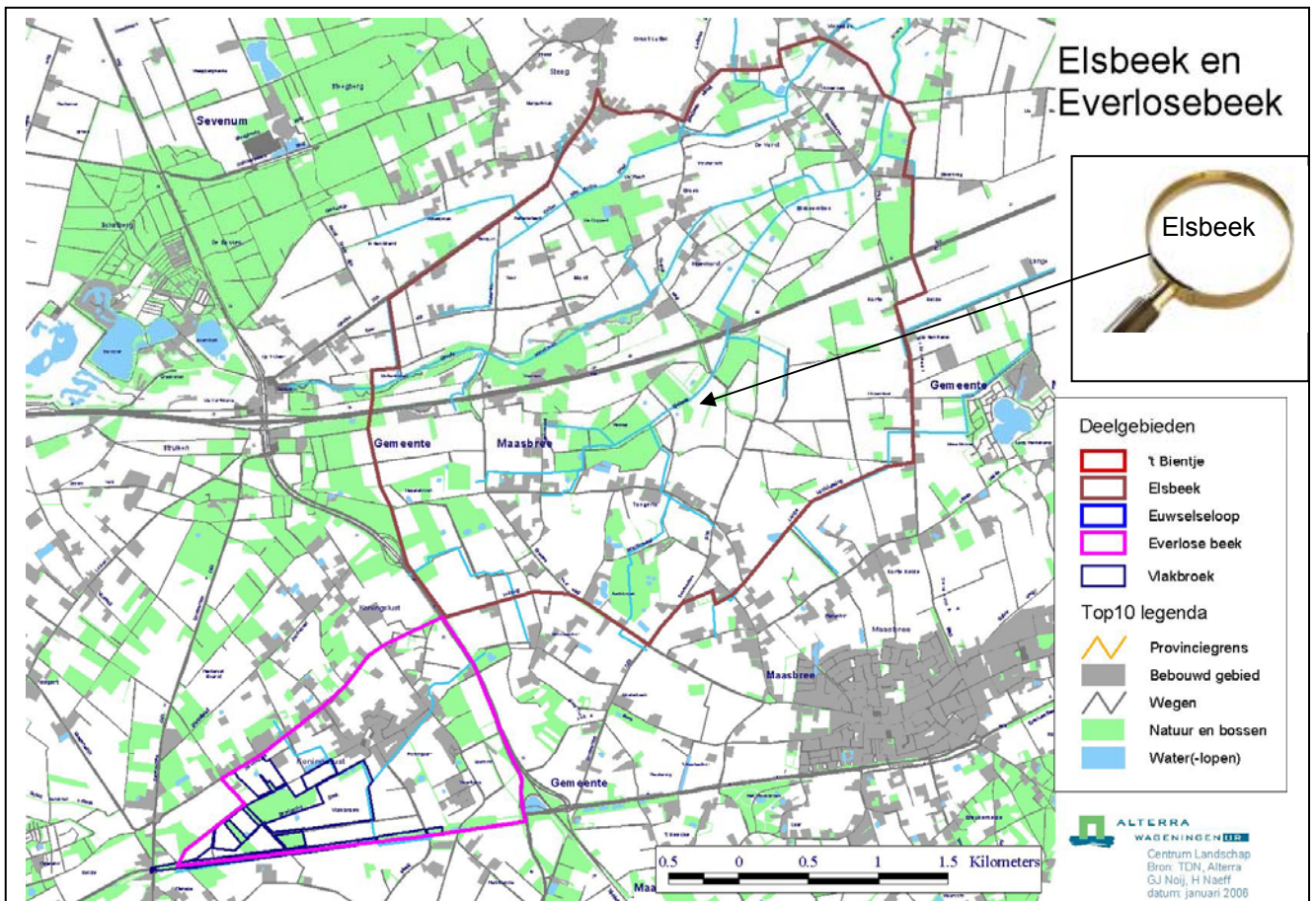
Door Royal Haskoning is een literatuurstudie uitgevoerd (Schomaker en Verhagen, 2004) naar de effectiviteit van maatregelen om de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater te verminderen. Deze groslijst aan maatregelen is door de projectgroep Fosfaatpilot Midden en Noord-Limburg in samenspraak met experts van Alterra nader geanalyseerd waarbij tevens aanvullende maatregelen zijn benoemd (expert meeting d.d. 17 mei 2005, DLG, Roermond). Belangrijke uitgangspunten bij de uiteindelijke selectie van maatregelen waren: mogelijkheden voor aanleg, verwachte medewerking van agrariërs, verwachte effectiviteit. De volgende maatregelen zijn a-priori geselecteerd. Merk op dat de volgorde overeenkomt met de plaats in de bron-effectketen (figuur 1) Tussen haakjes staat de verwijzing naar de betreffende paragraaf in het plan van aanpak en monitoring, hoofdstuk 4.

1. Uitmijnen (paragraaf 4.1): brongerichte maatregel voor de bovengrond door fosfaatopname en -afvoer van een gewas.
2. 'Wasmachine' (paragraaf 4.2): brongerichte maatregel voor de bodem door versnelde uitspoeling.
3. Samengestelde diepe drainage met niveauregeling (paragraaf 4.3): voorkomen van pieken in de grondwaterstand en verdiepen en verlengen van de afvoerstroombanen.
4. Vloevelden (paragraaf 4.4): fosfaatfilter voor afvoer van een groep percelen, één of meer bedrijven of een deel van het stroomgebied.
5. Omleiden (paragraaf 4.5): oppervlaktewater vanuit landbouwgebied om een natuurgebied heen leiden. Dit is een zuiver effectgerichte maatregel.

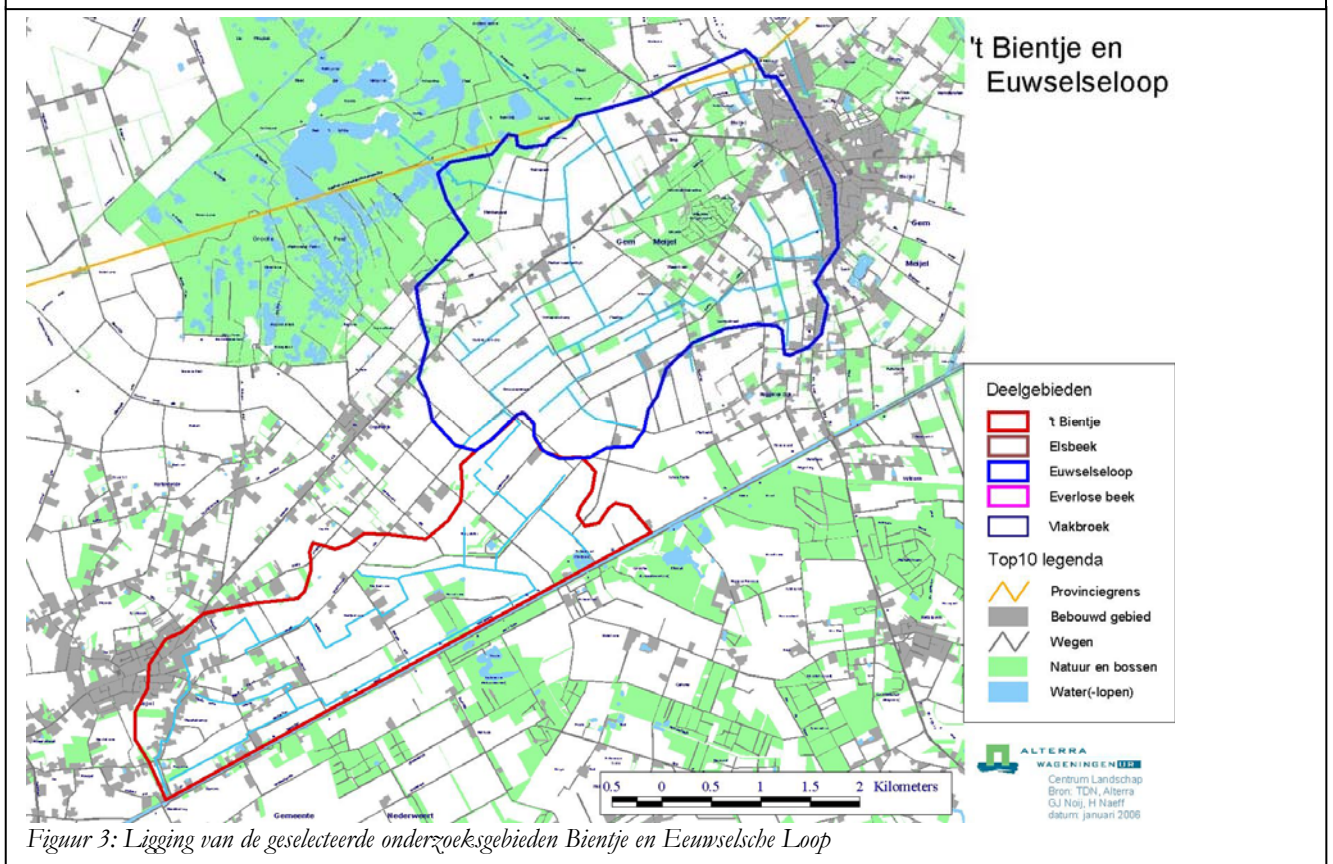
Vanuit de gebiedsdiagnose (hoofdstuk 3) is daar later de volgende groep maatregelen aan toegevoegd.

6. Maatregelen tegen oppervlakkige afspoeling (paragraaf 4.6), zoals bufferstroken, bezinkgreppels en dammetjes. Qua volgorde in de bron-effectketen hoort deze maatregel bij 2 en 3.

In de betreffende paragrafen zullen de maatregelen uitgebreid worden behandeld. We volstaan hier met een verkorte beschrijving. Bij uitmijnen wordt een zo hoog mogelijke fosfaatonttrekking door het gewas nagestreefd met optimale groeiomstandigheden maar zonder fosfaatbemesting. Bij samengestelde diepe drainage worden de buizen dieper in het grondwater gelegd (bijvoorbeeld 1,50 m–mv.), maar het streefpeil kan met de niveauregeling worden gehandhaafd. De zuiverende werking berust op het verlengen en verdiepen van de stroombanen van het uitspoelende water, waardoor onderweg meer fosfaat wordt vastgelegd. Daarnaast voorkomt drainage oppervlakkige afspoeling, maar dat geldt ook al voor traditionele drainage. In een vloeiveld komen slibdeeltjes met stikstof en fosfaat tot bezinking, nutriënten kunnen met de planten worden afgevoerd, stikstof verdwijnt via denitrificatie naar de lucht, en fosfaat kan worden vastgelegd aan de bodem of aan toegevoegd ijzer. In de wasmachine wordt het grondwaterpeil afwisselend tot in



Figuur 2: Ligging van de geselecteerde onderzoeksgebieden Vlakbroek en Elsbeek



Figuur 3: Ligging van de geselecteerde onderzoeksgebieden Bientje en Euwselfelse Loop

oppervlaktewater. Bij omleiden wordt de fosfaatvracht om een kwetsbaar gebied heen geleid om eutrofiëring ter plaatse te voorkomen, echter zonder de vracht te verminderen. Voor het blokkeren van maaiveldafvoer zijn verschillende varianten mogelijk door combinaties van maatregelen zoals een dammetje, bezinkgreppel en/of bufferstrook.

In een regionale benadering van de oppervlaktewaterproblematiek is niet alleen een diagnose op perceelsniveau relevant. Het is dan ook van belang om te analyseren waar de maatregelen aangrijpen in de bron-effect keten. De gezamenlijke bronnen en routes vanuit de landbouw kunnen op de overgang van landbouwwater naar watergangen van het waterschap in een soort end-of-pipe benadering worden aangepakt door een gecombineerd ontwerp voor retentie, bezinking en zuivering, zoals een vloeiveld (paragraaf 4.4). Zo'n ontwerp kan brongerichte maatregelen op perceelsniveau vervangen, en andersom. De effectiviteit van een end-of-pipe maatregel zoals een vloeiveld vóór de blauwe knoop moet dan worden vergeleken met de effectiviteit van een pakket brongerichte maatregelen in het deelstroomgebied. Ook omleiden van landbouwwater (paragraaf 4.5) is een end-of-pipe oplossing, maar alleen voor het deelgebied (natuur bijvoorbeeld) dat wordt gevrijwaard. In dit geval is feitelijk sprake van afwenteling.

Veel van de genoemde maatregelen kunnen worden gecombineerd. End-of-pipe maatregelen zijn natuurlijk minder zinvol als een brongerichte benadering wordt gekozen, en vice versa. Het gewenste ruimtelijke schaalniveau van de maatregelen is aan de overheersende transportroute gekoppeld. Naarmate de diepere routes belangrijker zijn voor de kwaliteit van het oppervlaktewater zullen regionale maatregelen belangrijker worden. Omgekeerd kan er sprake zijn van 'hot spots', zoals bijvoorbeeld sterk fosfaatverzadigde percelen die een grote relatieve bijdrage leveren aan de fosfaatvracht van een groter stroomgebied. In zo'n geval moet de maatregel juist perceelspecifiek worden gekozen.

2.2 Keuze en beschrijving proefgebieden

Binnen het reconstructiegebied Noord- en Midden-Limburg zijn door de projectgroep vier deelgebieden (Bientje, Eeuwselsche Loop, Elsbeek en Vlaktbroek) geselecteerd die in aanmerking komen voor maatregelen tegen fosfaatbelasting van het oppervlaktewater. Figuur 2 en 3 geven de ligging van de geselecteerde gebieden binnen het reconstructiegebied Noord- en Midden-Limburg. Deze gebieden zijn geselecteerd op basis van de criteria fosfaattoestand (hoog), gemeten concentraties in het oppervlaktewater (hoog), voorkomen van hoge grondwaterstanden, het ontbreken van andere bronnen en de bereidheid tot medewerking van de grondgebruikers in deze gebieden. Tijdens een veldbezoek is op basis van deze criteria verkend welke maatregelen waar zouden kunnen worden gerealiseerd. Daarbij is geconstateerd dat voor de gebieden Bientje en Eeuwselsche loop een gedetailleerdere gebiedsdiagnose noodzakelijk is om geschikte maatregelen aan geschikte locaties te kunnen koppelen (hoofdstuk 3). In de volgende paragrafen zullen de deelgebieden en bevindingen van het veldbezoek kort worden beschreven.

2.2.1 Bientje

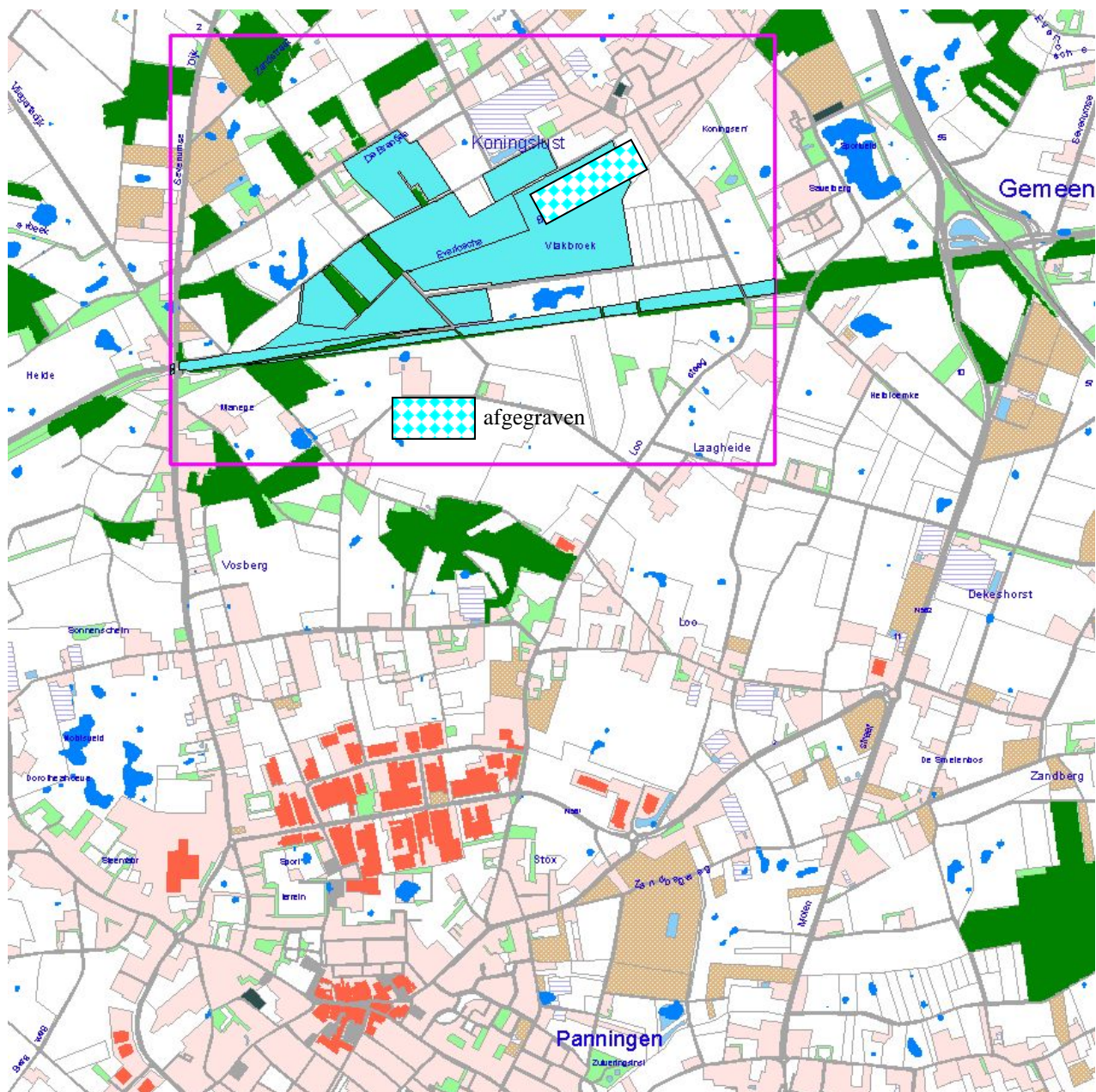
Dit gebied ligt tussen Noordervaart en Ospeldijk (figuur 3) en vormt een bovenstrooms gelegen, ingesloten laagte met een duidelijke dalvorm. De hoogteverschillen zijn aanzienlijk. De afvoer gaat via de hoofdwaterloop met een duiker onder de Noordervaart door en mondt benedenstrooms uit in de Neerpeelbeek. Het waterschap heeft geen meerjarige meetgegevens van de waterkwaliteit in dit gebied. In dit gebied bevindt zich de waterwinning Ospel. Omdat dit een zeer diepe winning betreft onder een slecht doorlatende laag heeft deze winning geen invloed op de waterhuishouding.

A priori zijn voor dit gebied de volgende maatregelen geselecteerd: uitmijnen, diepe buisdrainage, 'wasmachine' en het zuiveringsmoeras (beide laatste benedenstrooms direct voor de duiker). Tijdens het veldbezoek is gebleken dat in dit gebied oppervlakkige afvoer zal optreden als gevolg van kavelpaden, veeverzamelplaatsen, kapotgereden kopakkers en de relatief grote hoogteverschillen. Omdat dit proces een significante belasting op het oppervlaktewatersysteem kan vormen, juist voor fosfor, moet hier bij de systeemanalyse en bij de keuze van perspectiefrijke maatregelen rekening worden gehouden.

2.2.2 Eeuwselsche loop

Geselecteerd is de westelijke zijtak van dit stroomgebied, i.e. het gebied direct ten noordoosten van Bientje tot aan de Grote Peel ten westen van Meijel (figuur 3). Ook dit gebied is dalvormig, de hoogteverschillen zijn kleiner dan bij Bientje. In het gebied komen laaggelegen delen voor met zeer natte kenmerken. De concentraties nutriënten die door het waterschap in deze waterloop zijn gemeten zijn extreem hoog. Dit is een groot probleem omdat de waterloop vanuit dit gebied dwars door het natuurgebied de Grote Peel stroomt.

Bij het veldbezoek is duidelijk geworden dat mogelijk ondiep veen in de bodem voorkomt. Omdat dit de waterkwaliteit kan beïnvloeden (bron van nutriënten) is het noodzakelijk in de systeemanalyse te verkennen waar veen in de ondergrond aanwezig is en of dit mineraliseert. Na het veldbezoek zijn voor dit gebied a priori de maatregelen uitmijnen en zuiveringsmoeras geselecteerd. Ook samengestelde diepe drainage met niveauregeling zou kunnen maar dat zou verdroging kunnen veroorzaken. Dit is nader onderzocht.



Figuur 4: Ligging van het gebied Vlakbroek

2.2.3 Elsbeek

Het stroomgebied van de Elsbeek ligt tussen Maasbree en de snelweg van Eindhoven naar Venlo (figuur 2). In 2005 is de waterloop uit het landbouwgebied afgekoppeld en omgeleid om benedenstrooms van het natuurgebied in de Elsbeek uit te stromen. De invloed van de landbouw op het bovenstroomse deel van de Elsbeek met het natuurgebied wordt daardoor tot nul teruggebracht. Tegelijkertijd is de Elsbeek in het natuurgebied hersteld: hermeandering, verondieping en een natuurlijker profiel (breder, vlakke taluds). Door de concentraties te meten in de bovenloop van de

Elsbeek en in de waterloop uit het landbouwgebied wordt een indruk verkregen van het effect van deze maatregelen. Het ontbreken van metingen in de situatie voor de ingreep maakt het onmogelijk om onderscheid te maken in de gevolgen van omleiden en van beekherstel.

2.2.4 Vlakbroek

Het Vlakbroek (figuur 2 en 4) is een relatief laaggelegen en nat gebied met een hoge slootdichtheid. Voor het overgrote deel is het een voormalig landbouwgebied met veel fosfaat in de bovenste 40 cm. Het wordt thans door Staatsbosbeheer beheerd als natuurterrein, maar de fosfaatvoorraad vormt een ernstige belemmering voor de gewenste biodiversiteit. Staatsbosbeheer wil binnen drie jaren de bovengrond afgraven voor de vereiste vershraling. Dit is inmiddels gebeurd in de noordoosthoek van het gebied. Het tijdpad biedt ruimte om in een deel van het gebied de maatregel versneld doorspoelen ('wasmachine') te onderzoeken.

3 Risico op fosfaatuitspoeling in Bientje en Eeuwselsche loop

3.1 Aanpak van de gebiedsdiagnose

Het doel van de gebiedsdiagnose is om inzicht te verkrijgen in de aard, grootte en ruimtelijke spreiding van risico's op belasting van het oppervlaktewater met fosfaat. Daarnaast vormt de gebiedsdiagnose de basis voor de keuze van de juiste maatregelen voor verschillende locaties. Het risico van fosfaatuitspoeling naar het oppervlaktewater wordt enerzijds bepaald door de aard van de transportroute en de omvang van de bijbehorende afvoer, en anderzijds door de aanwezigheid van fosfaatbronnen. De gebiedsdiagnose verloopt daarom langs deze twee lijnen: routerisico (paragraaf 3.2) en bronrisico (paragraaf 3.3). In paragraaf 3.4 worden beide risico's gecombineerd in een totaal risico en vertaald naar maatregelen. paragraaf 3.4.1 gaat in op risico's die op basis van de gebiedsdiagnose niet ruimtelijk differentieerbaar (of karteerbaar) zijn. Ook de maatregelen die daartegen kunnen worden genomen worden daar besproken.

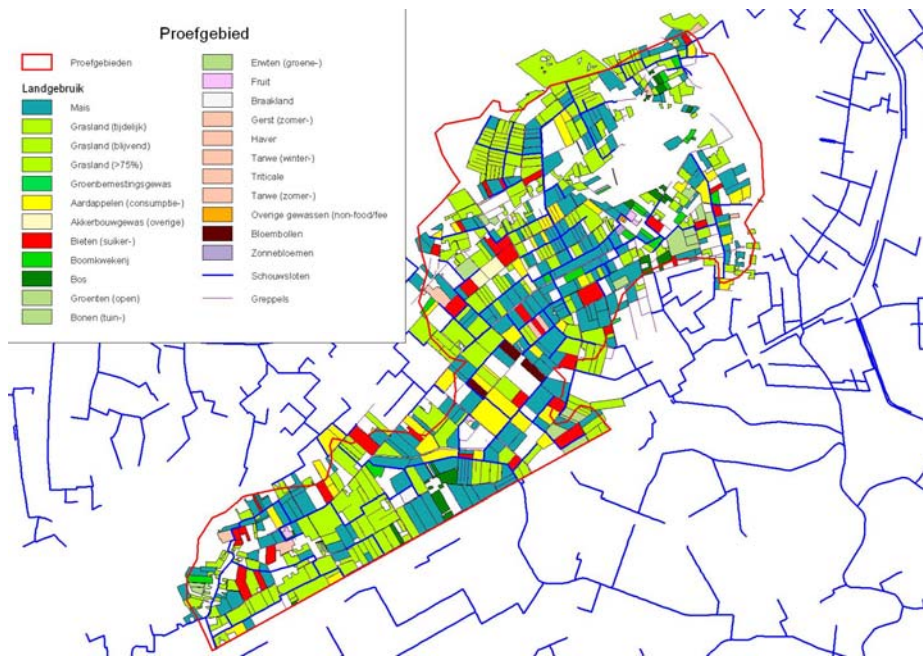
Het landgebruik is van belang zowel voor het routerisico als het bronrisico (figuur 5). De belangrijkste vormen van landgebruik in 2004 zijn maïs (30%), gras (28%), aardappelen (7,6%) en bieten (5,5%). In 2006 is het areaal grasland uitgebreid in verband met het derogatie-criterium uit de mestwetgeving (bedrijven met meer dan 70% grasland mogen een ruimere stikstofgebruiksnorm hanteren).

3.2 Risico op basis van hydrologische transportroutes

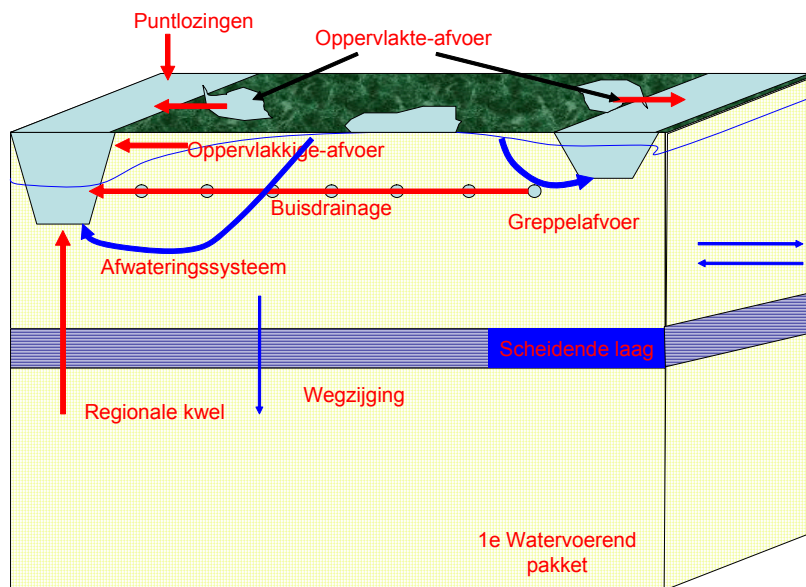
Deze paragraaf bevat een samenvatting van de belangrijkste resultaten van de hydrologische systeemanalyse, die is verricht om de routerisico's (belastingroutes) in het studiegebied in kaart te brengen. De volledige studie is als bijlage 6 bijgevoegd op CD.

De nadruk in de analyse ligt op zogenaamde karteerbare kenmerken, dat wil zegen dat in de analyse gebruik is gemaakt van hydrologische factoren om het belang van een route te karakteriseren, die beschikbaar zijn vanuit GIS-bestanden. Het resultaat van de analyse zijn kaarten van het gebied met daarop aangegeven het relatieve belang van één of meerdere routes. De beschouwde routes staan samengevat in figuur 6.

Er is gekozen voor het ruimtelijke schaalniveau van een landbouwperceel. Dit betekent dat de hydrologische factoren op perceelsniveau zijn gekarakteriseerd en dat het belang van een route voor het hele perceel is bepaald. In sommige gevallen is gekozen voor een gemiddelde waarde (van bijvoorbeeld grondwaterstand) per perceel, soms is ook gekozen voor de overheersende waarde (op meer dan 50% van het perceel geldt bijvoorbeeld een grondwaterstand van ...).



Figuur 5: Ligging van de 2 proefgebieden, het landgebruik per perceel en de voornaamste waterlopen



Figuur 6: Schematische weergave van de watergerelateerde routes van P naar het oppervlaktewaterstelsel:
 Oppervlakte-afvoer. Stroming van water over het maaiveld.
 Oppervlakkige afvoer. Horizontale ondiepe grondwaterstroming door de wortelzone naar ontwateringsmiddelen.
 Afvoer van het neerslagoverschot naar buisdrainage.
 Afvoer van het neerslagoverschot via het grondwater naar greppels of droogvallende sloten.
 Afvoer van het neerslagoverschot via het grondwater naar het afwateringssysteem.
 Afvoer van regionale kwel via het grondwater naar de oppervlaktewaterstelsel.
 Puntlozingen op het oppervlaktewater en wateraanvoer (deze routes worden niet meegenomen in deze analyse)

Er is gekozen voor een semi-kwantitatieve benadering op basis van rangordes en deskundigenoordeel. Dit wil zeggen dat het belang van verschillende hydrologische factoren op de diverse routes is uitgedrukt in rangordes. De doorwerking van verschillende factoren in de uiteindelijke waardering van een route is berekend door optelling of vermenigvuldiging van rangordes, afhankelijk van het mechanisme dat de omvang van de route bepaalt. De voordelen van deze benadering ten opzichte van een mechanistische benadering met dynamische modellen zijn, dat het sneller werkt (goedkoper), dat deze benadering minder, en minder gedetailleerde data behoeft, en dat de benadering voor relatieve leken inzichtelijker is. Het nadeel is dat de rangordes niet kwantitatief kunnen worden vertaald naar optredende vrachten. Verschillen in rangorde zijn niet recht evenredig met de verwachte verschillen in vracht. Het voordeel van de gekozen benadering ten opzichte van een kwalitatieve benadering is dat het deskundigenoordeel geformaliseerd en daarmee reproduceerbaar is.

Het relatieve belang van de routes is gekwalificeerd aan de hand van de volgende twee vragen:

- Wat is het aandeel van de route in de totale vracht naar het oppervlaktewater, als deze route tot volle expressie komt? Kortweg het potentiële of maximale aandeel (tabel 1).
- Wat is de relatie tussen de karteerbare kenmerken en de mate waarin die route tot expressie komt.

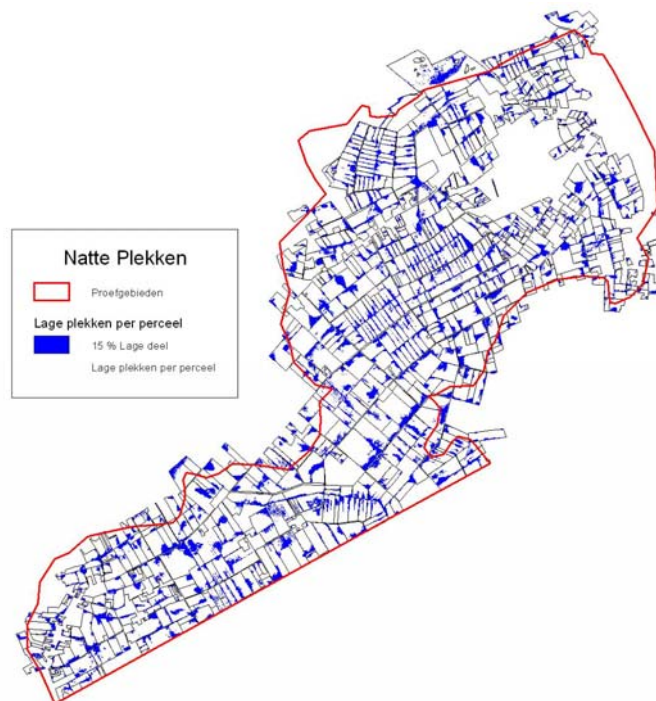
Tabel 1: *Inschatting relatieve belang (potentiële aandeel) van P-routes naar het oppervlaktewatersysteem (figuur 6)*

Route	Belang	Toelichting
Oppervlakte-afvoer	4	Zeer snelle route over het maaiveld met veel slibdeeltjes waaraan P gebonden is, inclusief ondiepe greppeltjes
Oppervlakkige afvoer	2	Slecht bekend proces, route via fosfaatrijke bovengrond
Oppervlakte- en oppervlakkige afvoer	5	
Afvoer via drainbuizen	4	Uitspoeling door de bodem met relatief korte verblijftijden
Afvoer via greppels en droogvallende sloten	2	Uitspoeling door de bodem vooral bij hoge grondwaterstanden, exclusief ondiepe greppeltjes
Afvoer via overige waterlopen	3	Meer drainage door diepere ontwateringsbasis, maar in het algemeen hogere weerstand door geringere dichtheid
kwel via greppels en droogvallende sloten	0	Kwel wordt naar verwachting afgevangen door overige waterlopen
kwel via overige waterlopen	1	Kwel is volgens bijlage 1 niet relevant (weinig P)

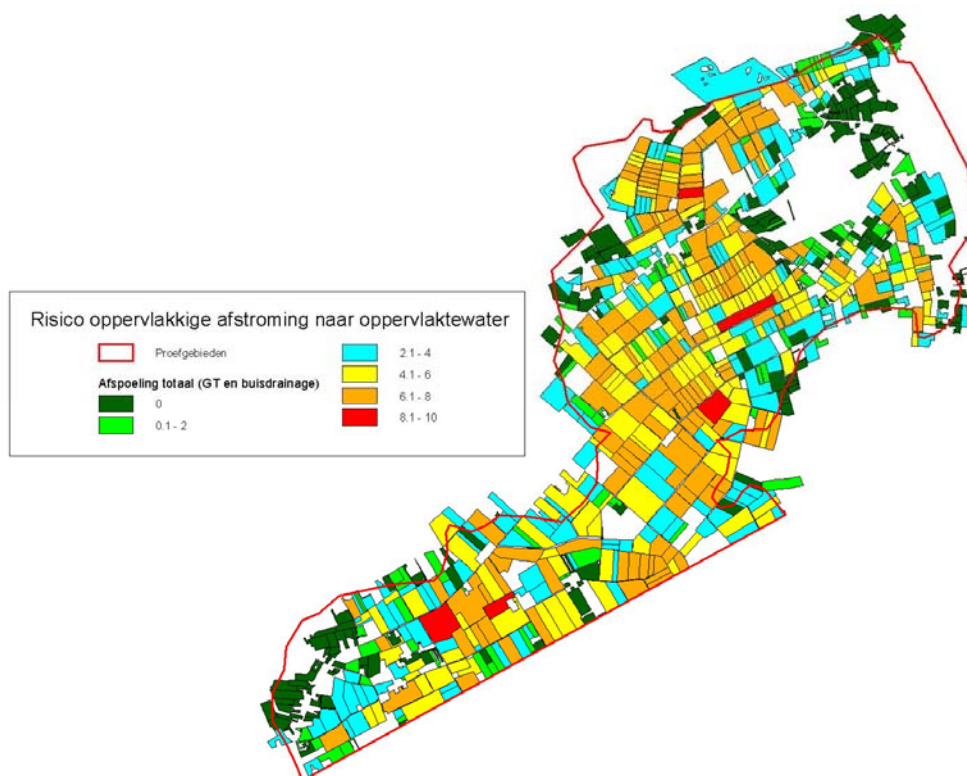
3.2.1 Oppervlakte- en oppervlakkige afvoer

Het belang van deze twee routes wordt door dezelfde factoren bepaald:

- regionale helling (vrijwel overal < 1%, dus verwaarloosbaar);
- micro-reliëf, bepaald door:
 - grondbewerking (ploegvoren, e.d.): hier is alleen het onderscheid grasland – bouwland een karteerbaar kenmerk (figuur 5);
 - het voorkomen van lage plekken die leiden tot natte plekken en plasvorming op maaiveld (figuur 7 en 9)



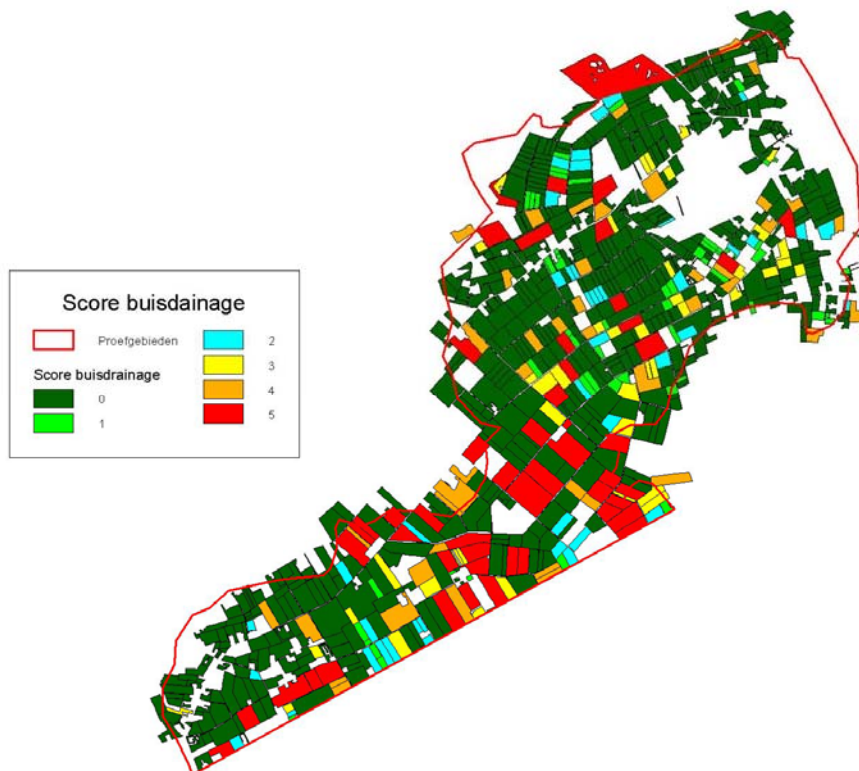
Figuur 7: Lage plekken per perceel. Het betreft de weergave van het laagste 15-percentiel van het totale areaal per perceel. De hoogteverdeling tussen percelen is niet weergegeven, alleen de hoogteafwijkingen binnen de percelen. Bron AHN.



Figuur 8: Risico op fosfaatbelasting via oppervlakte- en oppervlakkige afvoer. Relatieve score.



Figuur 9: Enkele voorbeelden van natte plekken in het proefgebied d.d. 31-3-2005



Figuur 10: Risico op fosfaatbelasting via afvoer van buisdainage. Relatieve score.

- infiltratiecapaciteit van de bovengrond (geen relevante karteerbare verschillen binnen het studiegebied);
- stagnerende lagen in het bodemprofiel, zoals een ploegzool (niet karteerbaar).

Om het risico op oppervlakte- of oppervlakkige afstroming naar het oppervlaktewater in te schatten is een GIS bewerking uitgevoerd waarbij is geanalyseerd in welke mate er overlap is tussen het voorkomen van lage of natte plekken (figuur 7) en een strook langs de waterlopen. Naarmate de natte plek groter is en naarmate er meer contact is met de waterloop is het risico groter. Natte plekken die geen contact maken met de waterloop tellen niet mee. Vervolgens is het voorkomen van hoge grondwaterstanden (hoger risico) en buisdrainage (lager risico) meegewogen in het totale risico (figuur 8).

3.2.2 Afvoer via buisdrainage

De aanwezigheid van buisdrainage op de percelen in het studiegebied is als volgt ingeschat (resultaat: zie figuur 10):

- van de percelen uit de enquête (paragraaf 3.2) is dit gegeven bekend;
- het percentage gedraineerd per bedrijf uit de metelling 2004 is toegekend als kans op het voorkomen van drainage van een perceel;
- de resterende percelen groter dan 1 ha met een dominante Gt II, III of V volgens de oude bodemkaart 1:50.000 hebben een kans op drainage van 50-75%.

3.2.3 Afvoer via greppels en droogvallende sloten

De aanwezigheid van greppels en droogvallende sloten op de percelen in het studiegebied is bekend vanuit GIS-bestanden. Het betreft alleen de ondiepe, soms droogvallende perceel sloten, niet de ondiepe greppels (<40 cm diep), die overigens in het gebied weinig voorkomen. Deze laatste categorie valt onder oppervlakkige afvoer.

De afvoer van deze categorie (figuur 11) wordt in de analyse beïnvloed door (tabel 2):

- GHG;
- Waterloofdichtheid (bekend vanuit GIS-bestanden);
- Grootte perceel (omvang van de afvoer door de strook langs de sloot).

Tabel 2: Risico P-belasting oppervlaktewater via greppels/ droogvallende sloten.

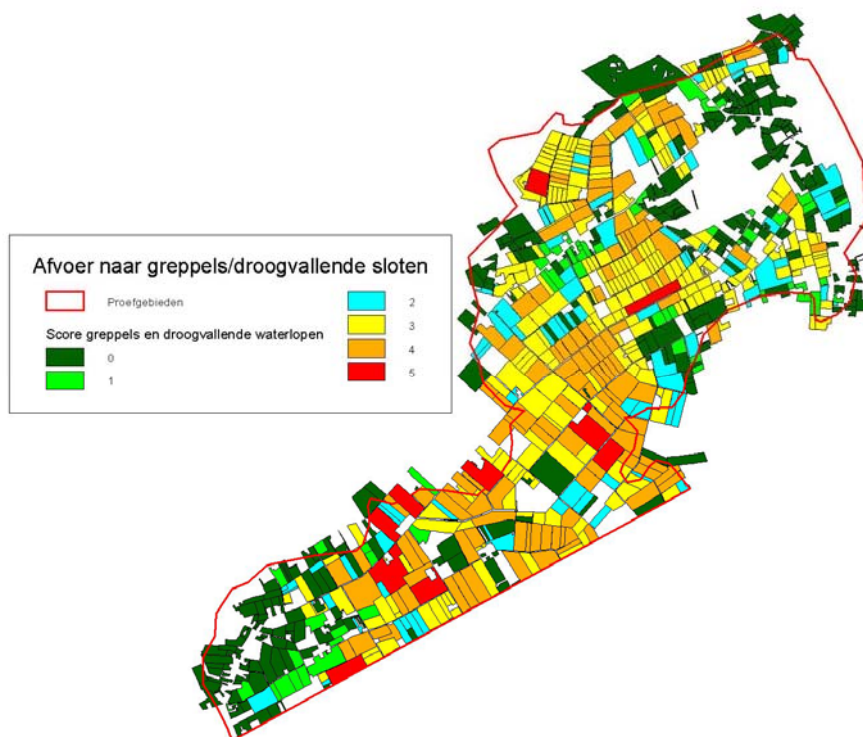
Oppervlakte perceel	Lengte greppels/droogvallende sloten per perceel	Bodem- en grondwatertrappenkaart		
		≤III*,V&V*	IV, VI	>VI
> 5 ha	> 500 m	5	3	2
	200 -500 m	4	2	1
	< 200 m	3	1	1
1-5 ha	> 300 m	4	2	1
	100-300 m	3	1	0
	< 100 m	2	0	0
< 1 ha	>50 m	3	1	0
	< 50 m	2	0	0
Alle percelen	0	0	0	0

3.2.4 Afvoer via overige waterlopen

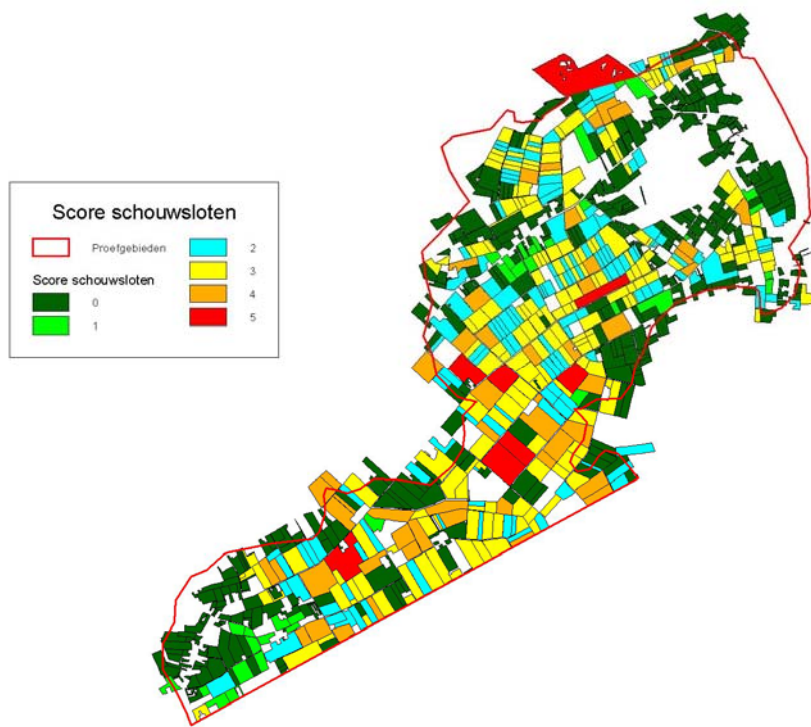
Hiervoor zijn dezelfde uitgangspunten gehanteerd als bij de vorige categorie. Alleen de weging is hoger vanwege de hogere afvoer via grotere waterlopen. Het onderscheid met de vorige categorie kan worden gemaakt op basis van de gebruikte GIS-bestanden (figuur 12).

3.2.5 Totaal routerisico

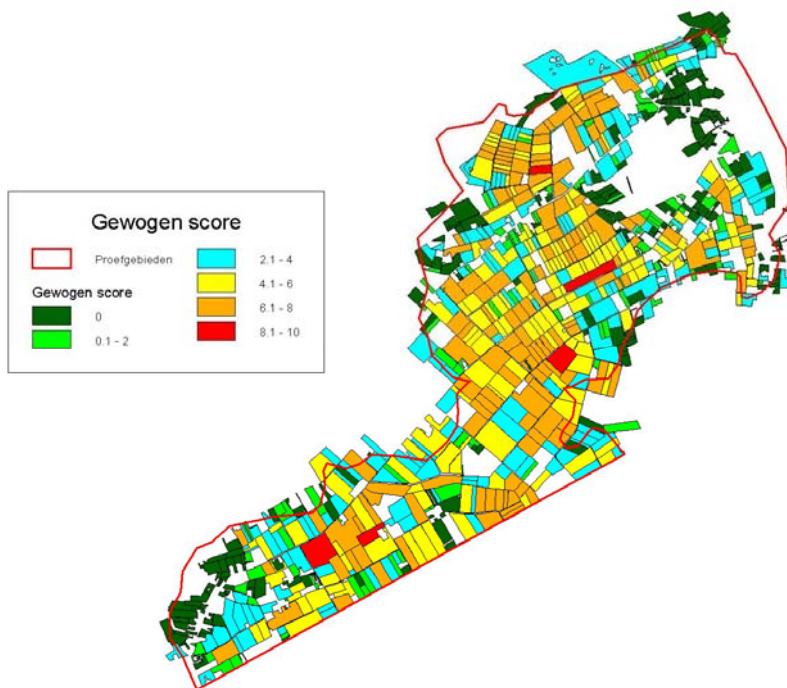
Het totale routerisico is vastgesteld op basis van de weging in tabel 1. Dit leidt tot figuur 13 Omdat naast het risico per perceel ook het risico per eenheid van oppervlakte relevant is in verband met 'hot spots', is daarnaast figuur 14 gemaakt.



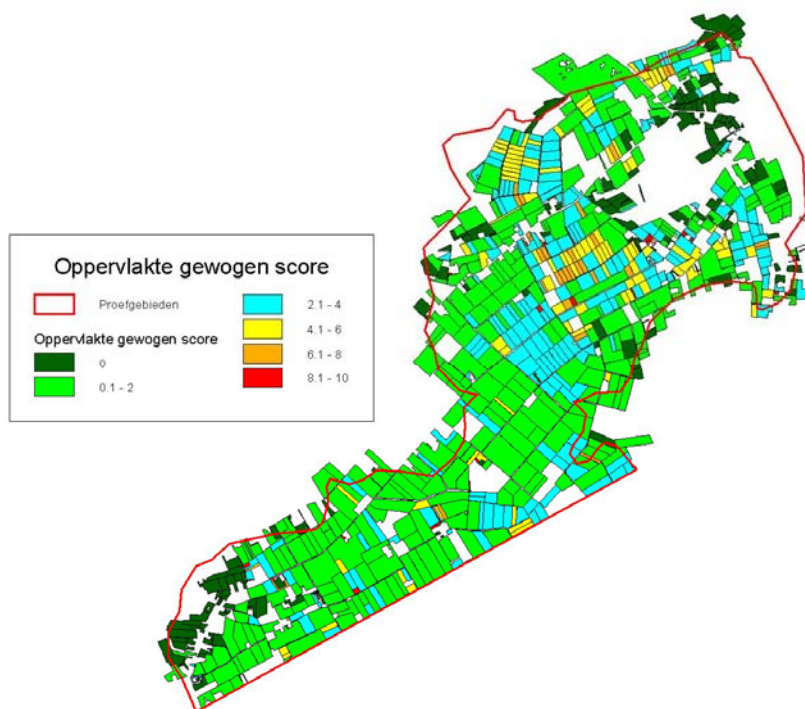
Figuur 11: Risico op fosfaatbelasting via afvoer naar greppels en droogvallende sloten. Relatieve score.



Figuur 12: Risico op fosfaatbelasting via afvoer naar grotere waterlopen. Relatieve score.



Figuur 13: Risicokaart voor fosfaatbelasting oppervlaktewater per perceel (grotere percelen automatisch meer risico). Relatieve score.

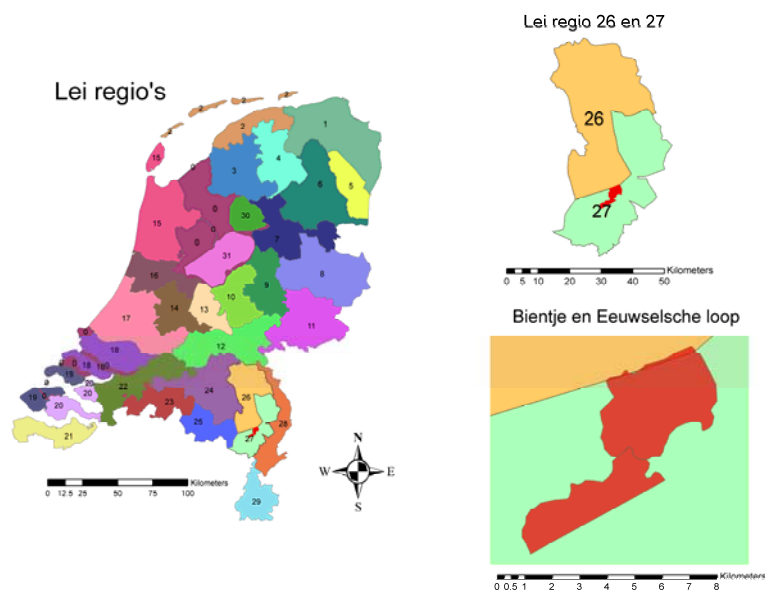


Figuur 14: Risicokaart voor fosfaatbelasting oppervlaktewater per eenheid van perceelsoppervlak. Relatieve score.

3.3 Risico op basis van fosfaatbronnen

We onderscheiden drie bronnen van fosfaatbelasting in deze twee gebieden: de fosfaatvoorraad in de bodem (historische overschot en eventueel veenlagen), de huidige fosfaatbelasting van de bodem (actuele bemesting of overschot) en afvoer vanaf verhard oppervlak zoals erf, kuilplaat, kavelpaden en bedrijfsgebouwen. We maken dit onderscheid omdat deze bronnen aan verschillende routes zijn te koppelen, en dus ook aan verschillende maatregelen. De fosfaatvoorraad van de bodem (paragrafen 3.3.2 en 3.3.3) is een bron voor vrijwel alle routes, de actuele bemesting (3.3.4) alleen voor de oppervlakkige routes.

De meest directe manier om te bepalen of de bodem een risico vormt als bron voor fosfaatuitspoeling is grondonderzoek (3.3.5), bij voorkeur op meerdere dieptes. Daarvoor is aanvankelijk niet gekozen, omdat ervan werd uitgegaan dat een integrale bemonsteringscampagne in de beide gebieden een praktisch onhaalbare optie zou zijn. In plaats daarvan is gekozen voor een benadering op basis van historisch grondgebruik in combinatie met in de praktijk beschikbare grondanalyses door middel van een enquête (paragraaf 3.3.2). De beschikbare analyses zouden als toets dienen voor de schatting op basis van historisch grondgebruik. Omdat er te weinig grondanalyses beschikbaar bleken is aanvullend grondonderzoek verricht op een beperkt aantal kandidaat percelen (3.3.5). Paragraaf 3.3.3. gaat in op veenlagen in het bodemprofiel als bron voor fosfaatbelasting. De mogelijke bijdrage van kwel hebben we verwaarloosd op basis van de bevindingen in bijlage 1. Daarnaast is in paragraaf 3.3.1 onderzocht wat volgens landelijke studies een redelijke schatting is van de fosfaatvoorraad in deze gebieden.

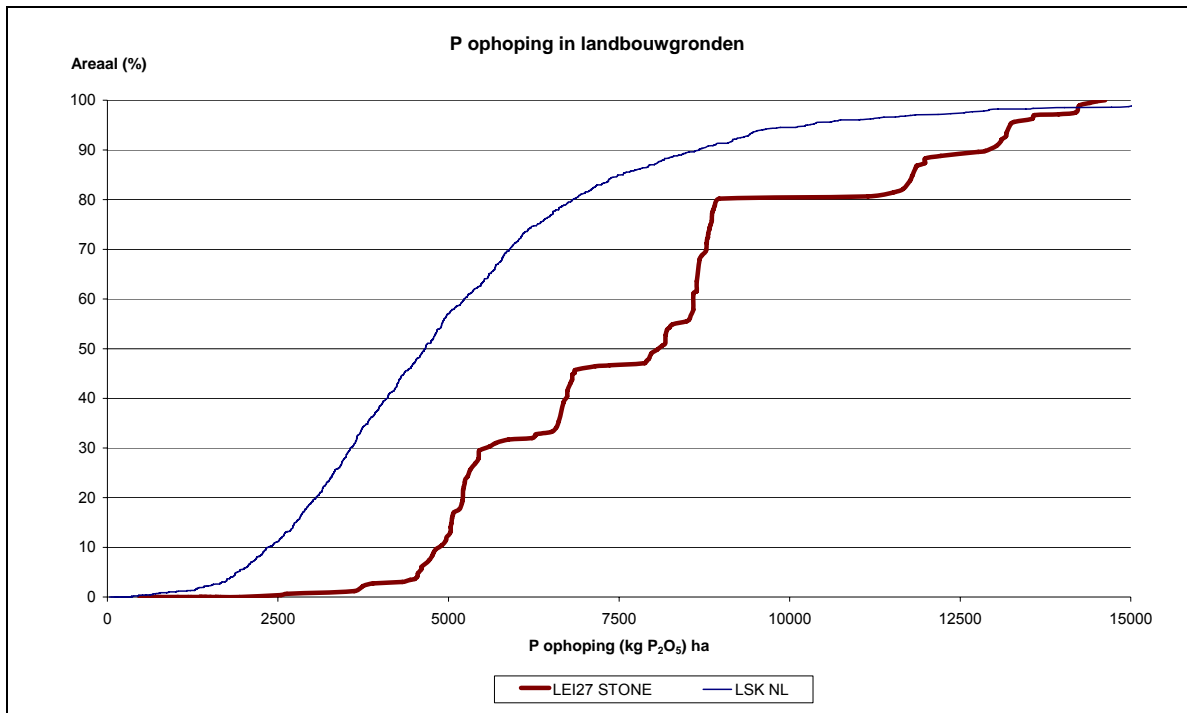


Figuur 15: Ligging van het studiegebied ten opzichte van de 31 LEI Mestregio's

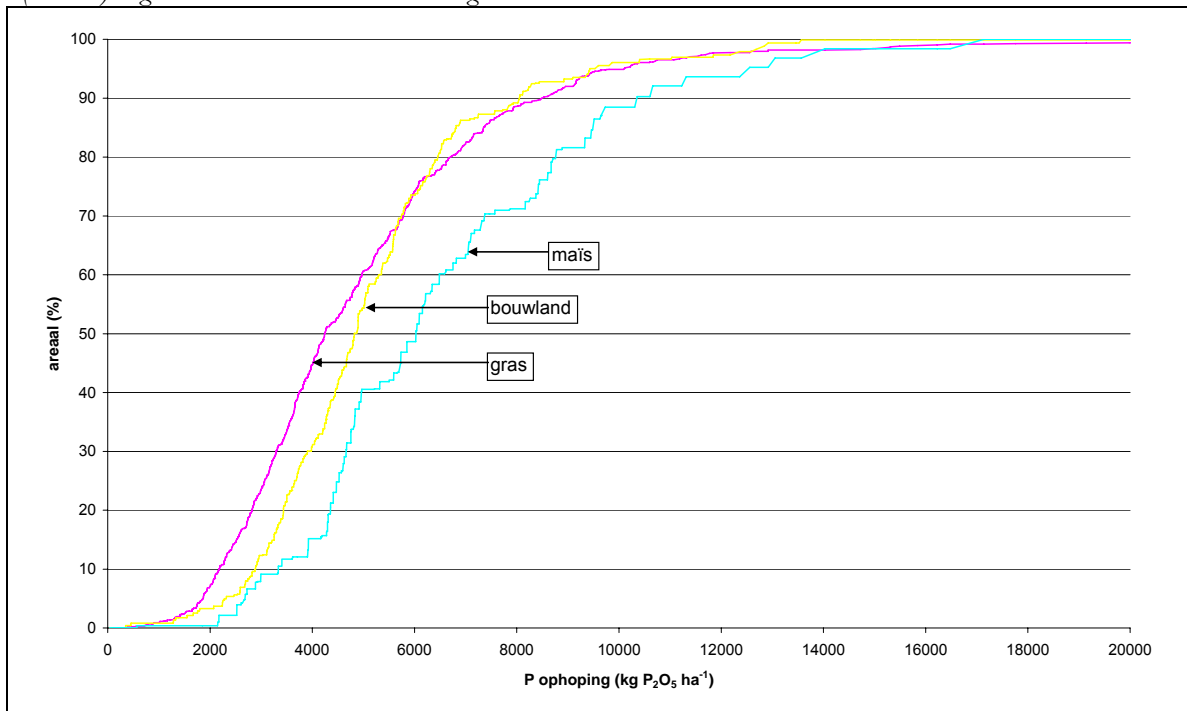
3.3.1 Historisch fosfaatoverschot volgens landelijke bestanden

In deze paragraaf maken we een schatting van de fosfaatvoorraad in de twee studiegebieden op basis van historisch grondgebruik. We maken daarvoor gebruik van het landelijke modelinstrumentarium voor analyse van de mestproblematiek STONE en de Landelijke Steekproef Kaarteenheden (LSK; Finke et al., 2001) met ca. 1400 monsterpunten over heel Nederland, waar ook fosfaat in de bodem is bepaald (Schoumans, 2004).

STONE maakt gebruik van ingeschatte mestverdelingen voor 4 vormen van landgebruik (grasland, maïs, overig bouwland en natuur) op het schaalniveau van (31) LEI-mestregio's (figuur 15). Uit figuur 9 uit Schoumans et al. 2004 blijkt dat de frequentieverdeling van fosfaatvoorraden volgens STONE voor alle gronden goed overeenstemt met de resultaten van LSK. Dit geldt echter niet voor de verdeling over de gewassen (figuur 10 in Schoumans et al., 2004). Uit figuur 16 blijkt dat de mediaan van de bodemvoorraad in LEI 27 voor alle gronden ligt bij 8100 kg/ha P_2O_5 . In de fosfaatverdeling volgens LSK komt deze hoeveelheid overeen met het 88-percentiel. We gaan ervan uit dat dezelfde frequentie (88%) voor de drie afzonderlijke bodemgebruiksvormen geldt. Uit figuur 17 kan dan worden afgelezen dat de verwachte voorraad (=88-percentiel) voor gras ligt bij 7600, bouwland bij 7200 en maïs 9600 kg/ha P_2O_5 . Het gaat hier om gemiddelden, die mede het gevolg zijn van vruchtwisseling. Dit betekent dat percelen waarop continu maïs is geteeld naar verwachting een hoger, en continu gras- en bouwland een lagere fosfaatvoorraad hebben. Continu teelt komt/kwam naar verwachting relatief meer voor in mestoverschotgebieden zoals het studiegebied. Daarnaast mag binnen de categorie



Figuur 16: Frequentieverdeling (%areaal) van de fosfaatvoorraad in de bovenste 50 cm van de bodem in het studiegebied (LEI27) volgens STONE en voor heel NL volgens LSK



Figuur 17: Frequentieverdeling (% areaal) van de fosfaatvoorraad in de bovenste 50 cm van de bodem op gras-, maïs- en bouwlandpercelen in heel NL volgens LSK.

gras een verschil verwacht worden tussen intensiever gebruikte en bemeste huiskavels en extensiever bemeste veldkavels. Binnen de categorie bouwland is het verschil relevant tussen een traditioneel bouwplan met graan en hakvruchten (extensief), waar een P-toestand voldoende mag worden verwacht, en een intensief bouwplan met veel vollegrondsgroente en/of siergewassen (P-toestand hoog). Daarmee komen we tot de volgende rangorde qua P-toestand c.q. bronrisico (tabel 3).

Tabel 3: *Inschatting relatie tussen grondgebruik en P-toestand in het studiegebied*

score	P-toestand Pw of P-AL	Grondgebruik	schatting voorraad kg/ha P ₂ O ₅
3	Hoog	Continu maïs of intensief akkerbouw	> 9600
2	Ruim voldoende Hoog	gras huiskavel	> 7600
1	Voldoende Ruim voldoende	gras veldkavel of extensief akkerbouw	< 7200

Volgens het RIVM (2002) geldt de volgende verdeling van fosfaattoestanden in de concentratiegebieden (tabel 4) Dit bevestigt het geschetste beeld van tabel 3. In de volgende paragraaf komen we hierop terug.

Tabel 4: *Verdeling van het areaal grasland en bouwland in de concentratiegebieden (%) over waarderingsklassen van de P-toestand volgens het bemestingsadvies (RIVM, 2002). Totaal wijkt af van 100 door afrondingen.*

Waardering P-toestand: P-AL (gras) Pw (bouwland)	Grasland			Bouwland incl. maïs		
	Oost	Zuid	Overig	Oost	Zuid	Overig
Laag	3	1	3	6	2	8
Voldoende	32	28	46	10	6	16
Ruim voldoende	32	35	34	34	27	53
Hoog	35	38	17	51	65	24
Totaal	102	102	100	101	100	101

3.3.2 Historisch fosfaatoverschot volgens enquête

Doel van de enquête was primair om inzicht te verkrijgen in de verspreiding van de belangrijkste fosfaatbronnen in het gebied en secundair om aanvullende informatie te krijgen over de routerisico's.

Tabel 5: Overzicht van bronnen en de waardering van het bronrisico.

waardering	Erosie vaste deeltjes				Actuele bemesting						Verhard oppervlak: Erf/kuil/kavelpad/etc.		Puntlozingen	Sloot- onduidelijk
	Bouwland		Grasland		Waarde afh. van	Kunstmest			Dierlijk		Veehouderij	Akkerbouw		
	hell	vlak	hell.	vlak	Route	Breed	Kant	rij	inj.	wei	Mest en kuil	Minder mest		
	2	1	0,5	0	Meemesten	2	0	0	0	1	2	1	Open vragen over spoel- water, afval- water, e.d.	Open vragen over bagger biomassa slib, e.d.
vermenigvuldigen met waardering P-voorraad				Oppervlakkig	1	1	0	1	1	Wegen o.b.v. aandeel akkerbouw en veehouderij				
				Drains/diep	0	0	0	0,5	0,5					

¹ inclusief greppels

Achtergrondbelasting		P-voorraad bodem (historie)					
Kwel	Mineralisatie	Beschikbare grondanalyses bij de boer					
Combineer gegevens grondwaterputten met kwelschattingen en geef aan waar dat speelt (zie bijlage 1). Waardering = 0	Geef aan waar bodems liggen met veen- of moerige lagen in de ondergrond. (zie paragraaf 3.3.3). Waardering = 1	Onderscheid maken naar historisch grondgebruik per perceel					
		Grondgebruik	Bouwland ext.	Bouwland int.	Grasland veld	Grasland huis	Mais
		Waardering paragraaf 3.3.1	1	3	1	2	3
		In enquête per grondgebruik 3 klassen: 0-33, 33-66, >66%					
Eventueel extra metingen voorstellen in Plan van Aanpak							

3.3.2.1 Selectie van percelen

Het aantal grondeigenaren in het gebied bleek te groot (ca. 180) om allemaal te kunnen enquêteren. Daarom is een selectie gemaakt. Er was ruimte voor het enquêteren van maximaal 30 boeren. Per bedrijf is een kaart gemaakt en geladen in een laptop om samen met de boer te kunnen bekijken om welke percelen het gaat. Eventuele bijzonderheden konden op de kaart worden aangegeven en toegelicht met commentaartekst. De enquêteresultaten werden meteen digitaal opgeslagen.

Er is voor gekozen om de enquête toe te spitsen op de percelen waar het grootste routerisico bestaat volgens paragraaf 3.2. Het belangrijkste argument hiervoor is dat de verwachte effectiviteit van voor te stellen maatregelen daar hoger is. Dat maakt de maatregelen zinvoller en makkelijker te monitoren. De keuze van grondgebruikers met bijbehorende risicopercelen kan op verschillende manieren worden gemaakt. In de hydrologische systeemanalyse (paragraaf 3.2) zijn 2 benaderingen aangegeven om het hoogste risico toe te kennen. De ene benadering gaat uit van de bijdrage per perceel; hierin speelt ook de grootte van het perceel een rol. De andere benadering is gebaseerd op de bijdrage per eenheid van oppervlak. Gestreefd is naar een evenwichtige verdeling over beide benaderingen binnen de maximale omvang van 30 boeren. Gekozen is voor percelen met risico-index groter dan 7 (halverwege de 2e risicoklasse in figuren 13 en 14. Uit beide risicobenaderingen zijn dan een gelijk aantal (25) grondgebruikers vertegenwoordigd, waarvan 9 overlappend. Dit resulteert in een totaal van maximaal 41 grondgebruikers voor de enquête. 11 Adressen werden in reserve gehouden voor het geval dat boeren niet wilden meewerken. In totaal zijn op deze manier 101 percelen geselecteerd, waarvan 73 percelen met bekende grondgebruikers en 28 zonder LNV-relatienummer.

Overzicht selectiestappen:

Totaal landbouwareaal:	1425 ha
→ Geselecteerd: 101 percelen met risico-index > 7:	228 ha
→ waarvan 28 percelen zonder bekende gebruiker:	52 ha
→ waarvan 73 percelen met bekende gebruiker:	176 ha
→ 43 percelen volgens perceel gewogen risico:	167 ha
→ 30 percelen volgens oppervlaktegewogen risico:	9 ha

3.3.2.2 Inhoud van de enquête

Fosfaatbronnen

Tabel 5 geeft een overzicht van relevante fosfaatbronnen in het studiegebied. De fosfaatvoorraad van de bodem vormt de belangrijkste bron. Deze kan het best op basis van grondanalyse worden vastgesteld. Daarom is de boeren gevraagd naar beschikbare grondanalyses van de betreffende percelen. Daarnaast is gevraagd naar het historische grondgebruik en het voorkomen van veen. Het aandeel gras (veldkavel/huiskavel), bouwland (intensief/extensief) en maïs is onderverdeeld in drie klassen (0-33, 34-66, 67-100%). Als startjaar is 1970 gekozen. Paragraaf 3.3.1 geeft nadere uitleg over het verband tussen het historische grondgebruik de verwachte bodemvoorraad fosfaat. Hierop is de beoordeling van het bronrisico van een bepaald grondgebruik gebaseerd (tabel 5). Het bronrisico voor een perceel wordt

het gewogen gemiddelde van de risico's per grondgebruik. Bijvoorbeeld 50% maïs en 50% veldkavel gras wordt $0,5 \times 3 + 0,5 \times 1 = 2$. Voor een substantiële hoeveelheid veen in het profiel is met 1 gewaardeerd volgens paragraaf 3.3.3.

Het bronrisico van erosie, belasting van het oppervlaktewater met vaste deeltjes, wordt eveneens beïnvloed door het verwachte fosfaatgehalte van de bovengrond, en kan dus op dezelfde manier worden gewogen als de fosfaatvoorraad.

Het risico van actuele bemesting hangt samen met het direct meemesten van sloten en met incidentele oppervlakkige afspoeling als de bemesting binnen korte tijd gevolgd wordt door een neerslagpiek. Dit risico is groter bij oppervlakkige, breedwerpige bemesting en beweiding, dan bij mestinjectie, rijenbemesting en kantstrooien. De enquête gaat daarom in op de manier van bemesten en de intensiteit van beweiding. Daarnaast is gevraagd naar het gebruik van meststoffen (welke en hoeveel, afhankelijk van de gewassen op het perceel). In het geval van gebruik van dierlijke mest, houden we in tabel 5 bij de actuele bemesting rekening met enige uitspoeling van organisch fosfaat.

Belasting via verhard oppervlak zal eerder op een veehouderijbedrijf plaatsvinden dan op een akkerbouwbedrijf, omdat daar meer mest omgaat. Daarnaast kunnen kuilresten of sappen in de sloot terecht komen. De weging kan op basis van het aandeel akkerbouwpercelen per bedrijf.

Daarnaast zijn open vragen gesteld over puntbronnen (welke en hoeveel en waar vindt lozing plaats) en slootonderhoud. Wat gebeurt er met de bagger en het maaisel van de sloten? Is er ontvangstplicht voor bagger van het waterschap en zo ja wat gebeurt daarmee?

Kwel kan als bron worden verwaarloosd (bijlage 1).

Enquêtevragen

Tijdens de gesprekken met de boeren kwamen de volgende onderwerpen aan bod. (Bijlage 2 geeft een gedetailleerd overzicht van de vragen uit de enquête).

- historisch grondgebruik, voor zover bekend vanaf 1970
- (gemiddeld) mestgebruik per grondgebruik
- aanwezigheid drainage
- aanwezigheid van veenlagen in het profiel
- grondanalyse
- berekening

Van de gelegenheid van de enquête is gebruik gemaakt om informatie te vergaren vanuit de praktijk waarmee de analyse van het routerisico kon worden aangescherpt. Een belangrijk voorbeeld hiervan is de aanwezigheid van drainagebuizen. Daarnaast is gevraagd naar het vóórkomen van water op het maaiveld en eventueel erosie op de betreffende percelen, over belasting via verhard oppervlak: erf, kuil, wasplaats van machines, kavelpaden naast de sloot, risicoplekken zoals kop- en wendakkers, kapot gereden stukken bouwland in de herfst en veeverzamelplekken, zoals hekken bij de sloot, drinkbakken naast de sloot, etc.

Berekening fosfaatoverschot bodem

De antwoorden van de boeren over de mesthoeveelheden per gewas en de bekende periode zijn in een spreadsheet verwerkt tot een overzicht van het gemiddelde

fosfaatoverschot uitgedrukt in kilogram per hectare per jaar (P_2O_5). Daarbij is rekening gehouden met de volgende factoren:

- 1) hoeveelheid toegediende mest per ha
 - a) mestsoort en samenstelling, waar geen exacte hoeveelheden konden worden genoemd is een bereik bepaald tussen:
 - i) globale adviesdosering in de genoemde periode (berekening A(dvies))
 - ii) maximum normstelling in de genoemde periode (berekening B(eleid))
 - b) frequentie van toedienen (variërend van eenmalig tot meerdere keren per jaar)
- 2) fosfaatoverschot bij grasland, rekening houdend met:
 - a) excretie, afhankelijk van type vee en beweidingssysteem:
 - i) melkvee, beperkt weiden (gem. 9,2 kg /dier/jaar P_2O_5)
 - ii) jongvee/droge koeien onbeperkt weiden (gem. 6,1 kg /dier/jaar P_2O_5)
 - b) veebezetting per hectare grasland (zie bijlage 2C)
 - c) gewasopname per snede door maaien of weiden (max. 6 sneden per jaar):
 - i) maaien (20,6 kg /ha/jaar per snede P_2O_5)
 - ii) weiden (13,7 kg/ha/jaar per snede P_2O_5)
 - d) verhouding in de tijd tussen weiden en maaien
 - i) % van de sneden dat er wordt geweid
 - ii) % van de sneden dat er wordt gemaaid
- 3) fosfaatafvoer overige gewassen, rekening houdend met gewastype, zie tabel 8 en bijlage 2D

Berekening van het netto fosfaat overschot per perceel per jaar:

(1): opgegeven hoeveelheid (in kg/ha/jaar P_2O_5)

(2a): excretie/jaar = excretie/diertype x aantal dieren/ha x % weiden

(2b): afvoer gras = 6 x (% weiden x gewasopname/weidesnede) +
% maaien x gewasopname/maaisnede)

(3): afvoer overige gewassen (zie bijlage 2D)

Netto fosfaatoverschot per jaar = (1) + (2a) - (2b) - (3)

Bij de afvoer van fosfaat via beweiding is rekening gehouden met de gemiddelde veebezetting per hectare grasland. Tijdens de enquêtegesprekken kwamen voor de gevraagde historie vaak onvoldoende kwantitatieve gegevens boven water, zodat is besloten om de veedichtheid per hectare grasland te benaderen via de landbouwmeitelling (CBS 2003). Er is geen rekening gehouden met trendmatige veranderingen hierin gedurende de laatste 30 jaar. Voor melkvee bedraagt de veedichtheid 2,9 – 4,7 dieren per hectare grasland. Bij jongvee is dit iets lager: 2,2 – 4,5 dieren per hectare. Zie bijlage 2C.



Figuur 18: Respons en ligging van de percelen in de enquête

Tabel 6: Overzicht van de respons op de enquête

Toelichting	aantal percelen	areaal (ha)	areaal (%)
geen relatie bekend	28	52.1	23%
Niet geselecteerd (<i>geen brief</i>)	16	13.4	6%
in enquête	32	118.4	52%
bedankt voor enquête	13	31.9	14%
Niet benaderd (te klein)	7	1.4	1%
geen contact (<i>wel brief</i>)	5	11.0	5%
totaal:	101	228.3	100%

Tabel 7: Beschikbaarheid grondanalyses met de waardering volgens het bemestingsadvies

Bedrijf	perceel nr.	Jaar	Bouwland		grasland	
			Pw	waardering	P-AL	waardering
D	2	2005			71	hoog
I	1	1994	58	Vrij hoog		
I	2	1994	37	Ruim voldoende		
I	3	1998			54	Ruim voldoende
I	4	1994	40	Ruim voldoende		
I	5	1995	45	Ruim voldoende		
L	1	2002	57	Vrij hoog		

3.3.2.3 Resultaten van de enquête

Respons

De enquête is in 2 delen uitgevoerd; in een eerste brief van DLG naar de grondgebruikers zijn 30 boeren aangeschreven met het verzoek om medewerking te verlenen aan de enquête. Daarbij was de lijst van grondgebruikers nog niet gerangschikt naar prioriteit (in grootte van de percelen). Mede hierdoor vielen enkele boeren af (beslissing Alterra), in verband met een te klein relevant areaal in de enquête. Ook waren er enkele boeren die bedankten voor de medewerking. Om de respons van de enquête nog te verhogen is in een later stadium nog een 2e brief uitgeschreven door DLG en zijn er nog enkele boeren benaderd. Een totaal overzicht van de respons staat weergegeven in tabel 6 en figuur 18. De totale respons van de enquête was 52%, gemeten naar areaal, en slechts 32% gemeten naar aantal.

Grondgebruik

Het actueel areaal landbouwgrond in het gezamenlijke stroomgebied is bepaald op ca. 1425 ha (Top10). Via de Basisregistratie Percelen (LNV 2003/2004) is van ca. 85% een gebruiker bekend. Het belangrijkste grondgebruik in 2003/2004 is grasland (45%), maïs (zowel korrel- als snijmaïs, 35%), gevolgd door wisselteelten met consumptieaardappelen (9%) en bieten (6%). Zie voor het historische grondgebruik tabel 8.

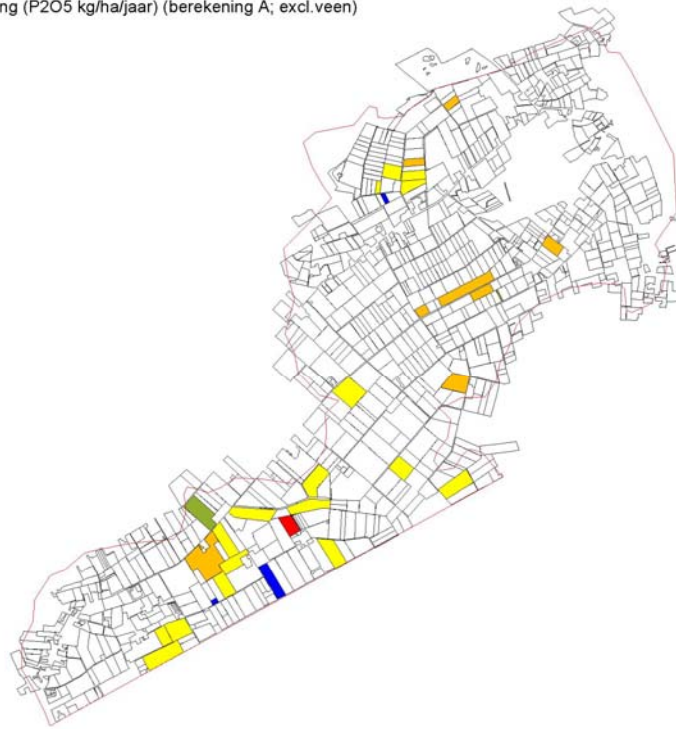
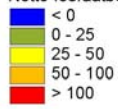
Tabel 8: Historisch grondgebruik in de enquêtepercelen.

Gras	57%
Maïs	24%
Aardappelen	9%
Bieten	2%
Korrelmaïs	2%
wisselteelt_granen	1%
Cichorei	1%
contractteelt_groenten	1%
kerstdennen	1%
Bonen/nateelt	0%
Wortelen	0%
tuinbonen	0%
Triticale	0%
Erwten	0%
erwten/nateelt	0%
Braak	0%

Grondanalyses

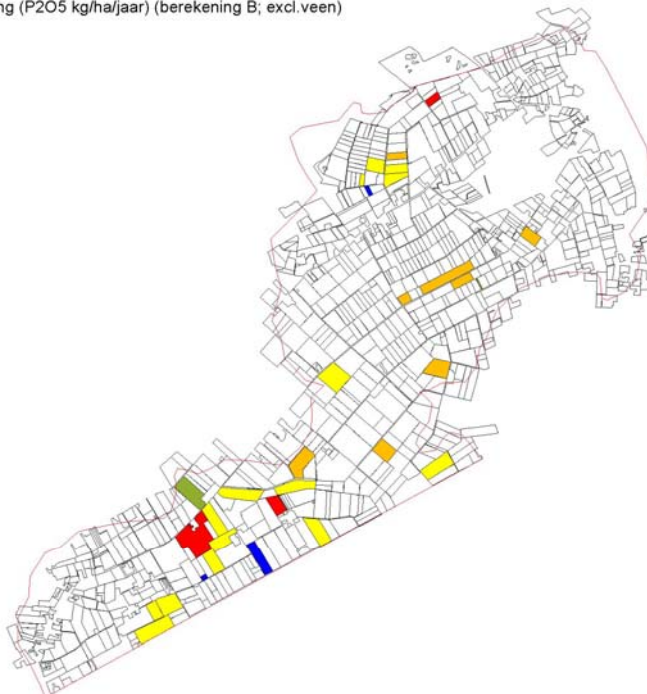
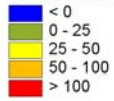
Uit de enquête kwam nauwelijks informatie over de P-toestand van de bodem (tabel 7).

Netto fosfaatbelasting (P2O5 kg/ha/jaar) (berekening A; excl.veen)

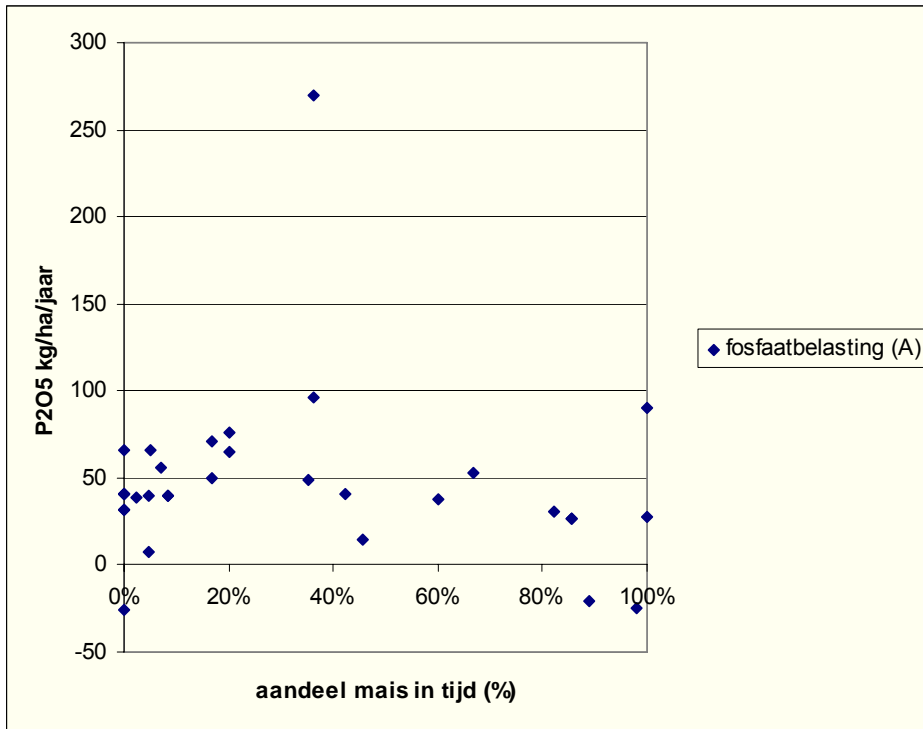


Figuur 19: Fosfaatoverschot per perceel volgens berekening A (ontbrekende mesthoeveelbeden benaderd via adviesdosering)

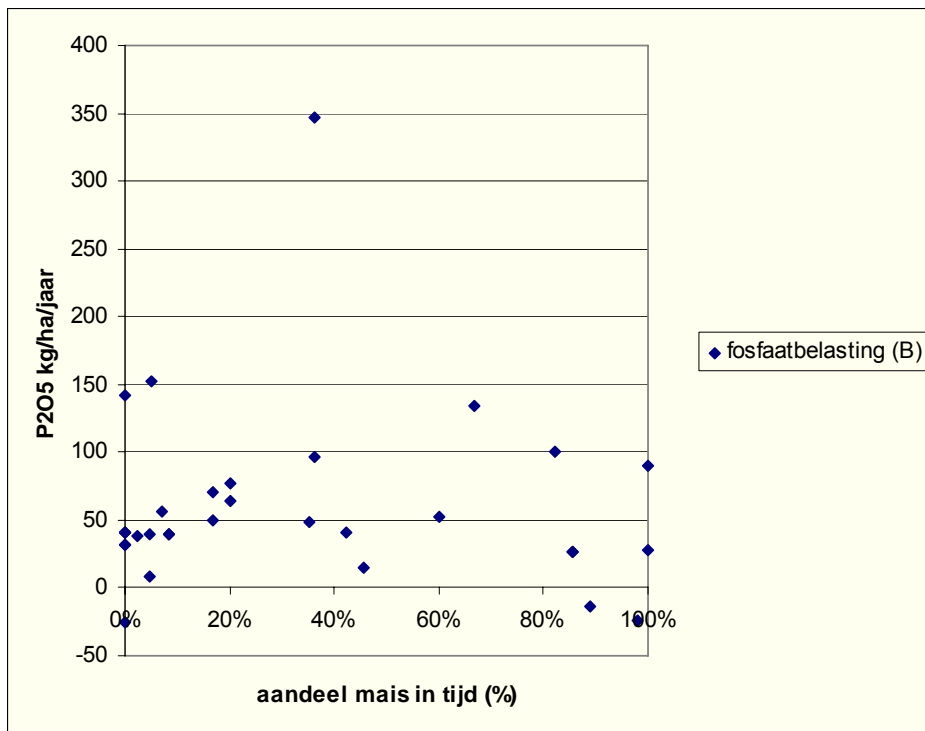
Netto fosfaatbelasting (P2O5 kg/ha/jaar) (berekening B; excl.veen)



Figuur 20: Fosfaatoverschot per perceel volgens berekening B (ontbrekende mesthoeveelbeden benaderd via wettelijk maximum):



Figuur 21: Fosfaatoverschot bij opgegeven mesthoeveelheden (of adviesdosering)



Figuur 22: Fosfaatoverschot bij opgegeven mesthoeveelheden (of wettelijk maximum).

Tabel 9: Berekening fosfaatoverschot per perceel (in kg per ha per jaar P₂O₅)

Bedrijf	Perceel		Gewastype			P ₂ O ₅ kg/ha/jaar				Drainage?	Veen in profiel?
	Perceelnr.	Aantal jaren	Gras	Mais	Overig bouwland	Aanvoer via (kunst)mest	Aanvoer via beweiding	Afvoer via gewas	Netto overschot		
A	703	30	93%	7%	0%	125	16	100	40 ³	1	1
A	700	30	83%	17%	0%	122	28	80	71 ³	0	1
A	691	25	88%	12%	0%	123	15	98	40 ³	0	1
A	713	25	88%	12%	0%	123	15	98	40 ³	0	1
A	697	30	97%	3%	0%	126	11	98	39 ³	0	1
B	655	30	0%	7%	93%	97	0	40	56	1	0
B	656	30	0%	20%	80%	109	0	44	65	1	0
C	53	30	0%	60%	40%	108-122	0	70	38-52	0	0
D	234	26	50%	42%	8%	101	14	75	40	0	0
D	233	15	68%	25%	6%	107	19	77	49	0	0
E	39	23	98%	2%	0%	109-195	26	69	66-152	0	0
E	43	23	98%	2%	0%	109-184	26	69	66-142	0	0
F	745	28	0%	80%	20%	116-197	0	62	68	1	0
G	716	10	0%	20%	80%	131	0	55	76	0	0
G	240	10	0%	20%	80%	102	0	53	49	1	0
H	221	36	28%	44%	28%	318-394	10	58	270-346 ³	1	1
I	831	25	0%	96%	4%	39	0	63	-24	1	0
I	121	25	100%	0%	0%	73	41	82	32	0	0
I	125	25	100%	0%	0%	73	41	82	32	0	0
I	124	25	100%	0%	0%	73	8	107	-26	0	0
I	120	25	0%	100%	0%	93	0	66	27	1	0
J	198	28	80%	0%	20%	93	28	80	41	0	0
J	194	28	80%	0%	20%	93	28	80	41	1	0
J	825	28	80%	0%	20%	93	28	80	41	1	0
J	197	28	80%	10%	10%	96	8	96	8	1	0
J	200	28	0%	75%	25%	94	0	68	27	0	0
J	188	28	0%	75%	25%	94	0	68	27	1	0
K	564	20	60%	35%	5%	82	8	76	14	0	0
L	508	6	0%	33%	67%	157	0	61	96	0	0
M	677	27	0%	80%	20%	42-49	0	62	-21 - -14	0	1
N	528	4	0%	100%	0%	150	0	60	90	0	0
O	160	17	0%	70%	30%	94-163	0	63	31-100	0	0

Fosfaatoverschot bodem

De resultaten van de berekeningen staan in de figuren 19 – 22 en tabel 9. Opvallend is de beperkte invloed op het overschot van het aandeel maïs in het landgebruik. Dit werd ook gevonden in het onderzoek van Schoumans et al. (2004).

Binnen de enquête zitten weinig varkensbedrijven; in de enquête is 1 bedrijf bezocht dat vroeger (< 1990) varkens heeft gehad, daarnaast was er 1 varkensbedrijf dat bedankte voor deelname aan de enquête. Binnen het gebied zijn ook weinig

varkensbedrijven: 17 van de 116 agrarische bedrijven met dieren staan als varkensbedrijf geregistreerd bij de Gezondheidsdienst voor Dieren (Naeff, 2004). Er wordt daarom actueel weinig varkensmest aangewend bij de grootste gewassen, gras en maïs. Bij grasland wordt in het geheel geen varkensmest aangewend; bij maïs is het aandeel varkensmest ca. 12% van de totaal aangewende hoeveelheid dierlijke mest. Hoe dit in het verleden is geweest is niet apart onderzocht. Een loonwerker die gespecialiseerd is in maïsteelt geeft aan dat de varkensmest in het verleden (vóór de mestwetgeving) werd aangewend op het dichtstbijzijnde hoger gelegen perceel met maïs. Deze percelen worden door de huidige akkerbouwers teruggevonden met zeer hoge fosfaattoestanden ($P_w > 150$), maar ontbreken kennelijk in de enquête. Het beperkte aandeel varkensmest vormt een verklaring voor de relatief gematigde overschotten op de maïspcelen, die kennelijk overwegend in gebruik zijn (geweest) bij melkveehouders en daarom niet extreem overbemest zijn in het verleden. Dat neemt niet weg dat er nog altijd sprake is van een behoorlijke spreiding in fosfaatoverschotten volgens de berekening: -25 tot $+100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$. Daarop is één uitzondering met een veel hoger overschot. Dit betreft een perceel met een éénmalige hoge kunstmestgift na een 8-jarige periode met kerstdennen.

Overige perceelsinformatie

Naast mesthoeveelheden en gewasinformatie is gevraagd naar aanwezigheid van drainagebuizen, beregening, aanwezigheid van veen (figuur 23 en/of storende lagen in de ondergrond en het voorkomen van natte plekken in het perceel. Veel aantekeningen hierover zijn als notities op de werkkaarten beschikbaar voor nadere analyse. Alleen drainage is vervolgens gebruikt voor aanpassing van de routeanalyse.

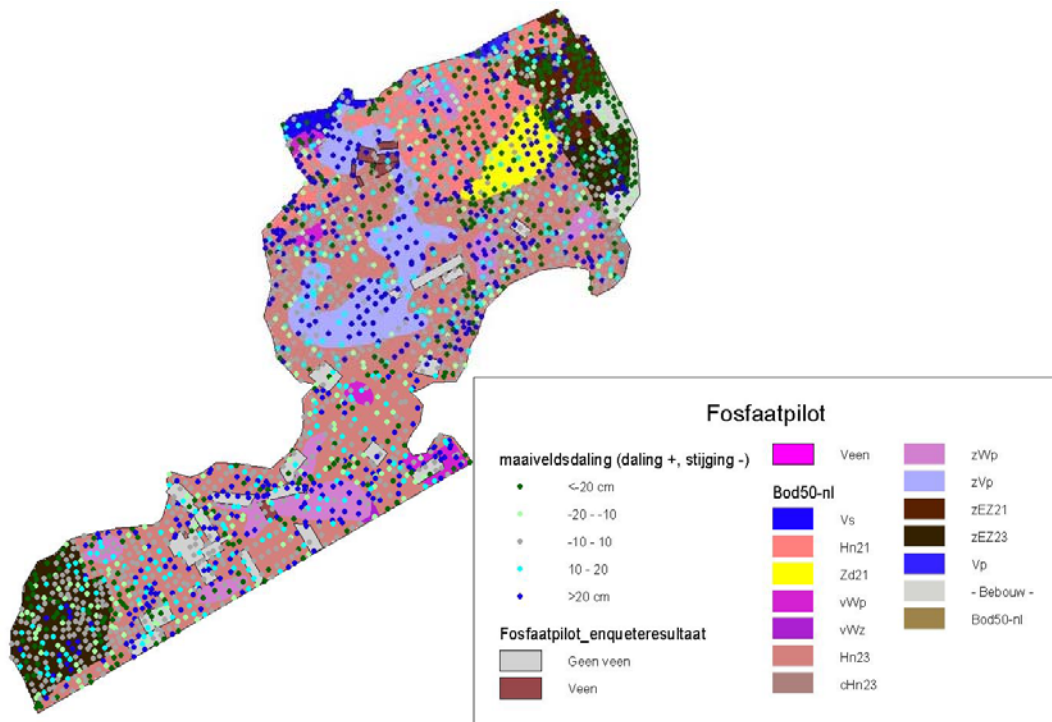
Overige opmerkingen en reacties van de deelnemers

Naast fosfaatbelasting vanuit de percelen werden ook andere bronnen aangeroerd door de deelnemers:

- afvoer van regenwater vanuit de bebouwde kom naar m.n. de Eeuwselsche loop ('1x 30 mm is nog op te vangen, maar 2x 30 mm in korte tijd is teveel en daardoor voert het oppervlaktewater vanuit de bebouwde kom langs de boerderijen');
- afvoer van erven naar kleine kavelsloten/greppels bij hoge neerslag intensiteiten;
- nertsenfokkerijen hadden vroeger weinig mestopvang;
- varkenshouderijen brachten de mest in het verleden vooral naar de hogere maïspcelen.



Figuur 23: Aanwezigheid van veen in het profiel volgens de enquête



Figuur 24: Voorkomen van veen en moerige grond in de twee studiegebieden volgens de bodemkaart en bodemdaling tussen 1955 en 2000 volgens AHN. Toelichting: De meeste veenpercelen zijn geclusterd op of nabij de bodemkaartenheden zVpE-III en zWpE-III. Een veenperceel ligt op een zWp, op deze bodem komen ook niet veenpercelen voor. Een veenperceel ligt op een Hn23 (zandgrond)

3.3.3 Risico van fosfaatuitspoeling uit veenlagen

Veenlagen in de bodem kunnen als gevolg van afbraak een bronrisico voor fosfaat vormen. In de enquête is daarom aan de boeren gevraagd naar het voorkomen van veen in hun percelen (figuur 23). Deze percelen bleken zich overwegend te bevinden in gebied dat ook volgens bodemkaart veengrond of moerige grond is (figuur 24). Vervolgens is ook nog gekeken naar de bodemdaling tussen 1955 en 2000 volgens AHN. De bodemdaling van percelen met veen kan worden vergeleken met die zonder veen. De verschillen zijn een indicatie voor veenafbraak. Ook de bodemdaling vertoont een goede overeenstemming met het voorkomen van veen (figuur 24) blauwe punten). Op twee percelen (gras en maïs) met veenlagen is grondonderzoek uitgevoerd (tabel 10).

In het maïspaneel was in de bouwvoor veel P beschikbaar ($P_w > 60 \text{ P}_2\text{O}_5 \text{ mg.L}^{-1}$ grond; toestand hoog). De fosfaatverzadigingsgraad was eveneens hoog (59%). Het vrij hoge organische stofgehalte (7%) wijst op het naar boven ploegen van veen. De eerste duidelijke veenresten werden aangetroffen op 50-70 cm diepte. Op deze diepte werd ook een hoge concentratie totaalfosfaat (P-tot) gemeten in het bodemvocht (6,21 mg/L). Wanneer zou worden gecorrigeerd voor de verdunning van het vocht tijdens de bepaling dan wordt zelfs een zeer hoog P-gehalte (35 mg/L) berekend. Het is echter de vraag of dit juist is, omdat niet zeker is in welke mate het fosfaat wordt gebufferd tijdens de verdunning. Beneden 150 cm werd geen veen meer aangetroffen, maar de concentratie van P-tot in het bodemvocht was nog steeds vrij hoog (1,04 mg/L), mogelijk door inspoeling vanuit veenhoudende lagen erboven. De grondwaterstand was 1.62 m–mv.; het gehalte aan P-tot van het grondwater was laag, en dit was dus waarschijnlijk meer beïnvloed door de lagen beneden 180 cm dan door de laag 150-180 cm.

In het grasperceel op veen werd een veraarde laag aangetroffen op 0-20 cm, en daaronder aeroob veen tot 40 cm. In beide lagen kwam een hoog gehalte aan P-tot voor in het bodemvocht. Daaronder werd anaeroob veen gevonden tot een diepte van 2 meter (lage pH, hoog % organische stof). Beneden 2 meter neemt het % organische stof geleidelijk aan af, en de pH neemt toe. De grondwaterstand was 1.75 m; het gehalte aan P-tot van het grondwater was laag, en dit was dus waarschijnlijk sterk beïnvloed door de lagen met anaeroob veen, en niet door de toplaag (0-40 cm). In de onderste veenlaag (170-200 cm) werden zeer hoge gehalten aan oxalaat-extraheerbaar Al, Fe en P gevonden. Het gehalte aan organische stof was hier al wat verlaagd (80% i.p.v. >90% in de lagen erboven) dit is blijkbaar een inspoelingslaag, die in staat zal zijn om fosfaat dat uitspoelt vast te leggen.

In beide percelen werden dus hoge gehalten aan totaal fosfaat aangetroffen in de aerobe bodemlagen met veen of resten hiervan. Deze hoge gehalten hadden geen of weinig invloed op het grondwater, dus de belasting van het oppervlaktewater zal waarschijnlijk niet verlopen via het grondwater. Horizontale uit- en afspoeling via drains of over slecht doorlatende lagen zijn een waarschijnlijker route van belasting van het oppervlaktewater.

Er is dus alle aanleiding om in te schatten wat de potentiële bijdrage van veenaafbraak aan de fosfaatbelasting in het gebied is.

Uitgangspunten berekening P-afvoer van stroomgebied:

- Areaal stroomgebied 1000 ha
- Veeljarig gemiddelde afvoer 300 mm/jaar
- Debietgewogen gemiddelde concentratie: 1,2 mg/l P_{tot} (vergelijk met de resultaten uit tabel 10).

Dit resulteert in een veeljarig gemiddelde P-vracht van:

$$1000 \cdot 10000 \cdot 0,3 \cdot 1,2 / 1000 = \mathbf{3600 \text{ kg/jaar P}}$$

Uitgangspunten berekening belasting uit veenaafbraak

- Gemiddelde maaiveldsdaling van veen- en moerige gronden in het stroomgebied: 0,5 cm.j⁻¹.
- Er komt 216 ha van deze gronden voor binnen het stroomgebied.
- Het soortelijk gewicht van het veen is 160 kg per m³ grond (dit is een ordegrootte).
- 95% organische stof
- Maaiveldsdaling volledig te wijten aan veenaafbraak; verwaarlozen van krimp (orde 10-15%)
- C in organische stof: 0,55
- C/P verhouding 500 (dit is een ordegrootte).

Resultaat berekening belasting uit veenaafbraak

$$0,005 \cdot 216 \cdot 10000 \cdot 160 \cdot 0,95 \cdot 0,55 / 500 = \mathbf{1800 \text{ kg/jaar P}}$$

Deze afbraak is dus in de orde van de helft van de gebiedsafvoer. Per ha veen is dat 8 kg P per jaar. Dit wil echter niet zeggen dat deze belasting volledig in de afvoer terecht komt. Een deel van de afbraak vindt plaats in de bovengrond en kan dus bij de bemesting of het overschot worden opgeteld (tabel 5, paragraaf 3.3.2.2), en een deel beneden de wortelzone. Op het grasperceel uit tabel 10 is vooral sprake van mineralisatie in de bovengrond, op het maïspanperceel ook dieper. De afbraak beneden de wortelzone vertegenwoordigt het grootste risico. In het geval dat jaarlijks veen wordt aangeploegd en door de bouwvoor gemengd, zal het aandeel afbraak bovenin toenemen. Een deel van de veenpercelen is gedraineerd en daardoor kan ook de afbraak beneden de wortelzone worden versneld.

De P-concentraties in de Eeuwselsche Loop zijn erg hoog, zelfs in verhouding tot - qua landgebruik- vergelijkbare stroomgebieden als Bientje of in de Gelderse Vallei. Een mogelijke verklaring is dat afbraak van veen deze hoge concentraties veroorzaakt. Het verdient aanbeveling dit nader te onderzoeken. Voorts valt het af te raden om maatregelen uit te proberen op percelen met veel veen.

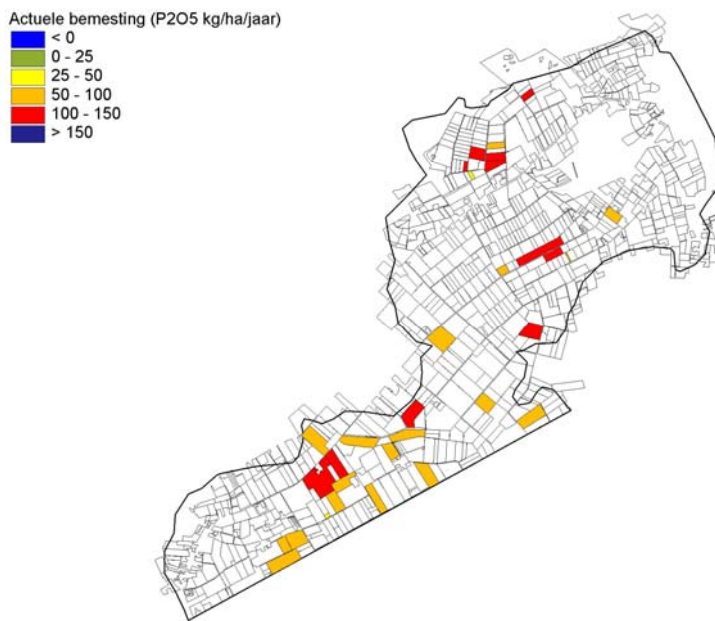
Tabel 10: Resultaten grondonderzoek van percelen 700 en 703 (21-09-2006). Fosfaatgehalten en -beschikbaarheid van de bodem, organische stof, pH en fosfaatverzadigingsgraad

Maisperceel (700)			----- bodemvocht -----				----- bodem (luchtdroog) -----							
Monster	cm-mv.		Ortho-P	P-tot ¹	P-tot ²	org.	Pw	Pw	pH	Al-	Fe-	P-	FVG ³	
Nr.	van	tot		(ongec.)	(gec.)	stof	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅	water	ox	ox	ox		
			----- mg P/L -----	----- mg P/L -----	----- mg P/L -----	%	mg/L	mg/kg		----- mg/kg -----	----- mg/kg -----	----- mg/kg -----		
Grond														
1	0	20	1.14	1.28	2.77	7.0	62	49	6.4	916	501	390	59	
2	50	70	1.20	6.21	35.30	22.9	84	85	5.2	1311	1002	284	28	eerste veenresten
3		100												houtresten, niet geanalyseerd
4	150	180	0.95	1.04	1.95	2.3	39	24	5.2	672	72	83	20	
5	180	200	0.16	0.17	0.34	2.5	13	8	5.5	632	134	40	10	
6	220	230	0.06	0.06	0.06	1.4	3	2	5.6	446	338	12	3	leemlaagje
Water 4			0.01	0.07										grondwater op 1.62 m
Grasperceel (703)														
7	0	20	1.34	3.01	26.91	7.6	56	43	6.1	738	402	308	58	veraard veen
8	20	40	1.20	2.48	5.59	77.0	17	59	4.4	945	381	56	9	aeroob veen
9	50	100	0.44	0.52	0.77	93.1	4	25	4.2	211	975	100	26	anaeroob veen, licht gekleurd, H ₂ S-
10	100	140	0.33	0.39	0.51	95.8	3	25	4.3	196	479	19	8	lucht, zegge-achtig materiaal
11	140	170	0.39	0.47	0.63	96.9	3	32	4.8	252	889	17	4	idem
12	170	200	0.25	0.33	0.50	80.0	5	21	4.8	5684	2802	423	10	anaeroob, minder structuur, detritus-
13	200	230	0.12	0.20	0.43	29.1	9	20	5.2	4482	1783	243	8	achtig met houtresten (berk)
14	230	250	0.09	0.10	0.15	20.3	8	12	5.3	2474	1289	144	8	
15	250	300	0.06	0.10	0.35	0.9	6	4	5.6	345	175	14	6	leem/zandlaag, kletsnat
Water 5			0.03	0.09										grondwater op 1.75 m

¹ niet gecorrigeerd voor effect van verdunning bodemvocht

² gecorrigeerd voor mogelijk effect van verdunning op organisch P in bodemvocht

³ Fosfaatverzadigingsgraad, berekend als $100 \cdot P / 0.5 \cdot (Fe + Al)$, gehalten gemeten in oxalaatextract en uitgedrukt in mmol/kg. De norm hiervoor is 25.



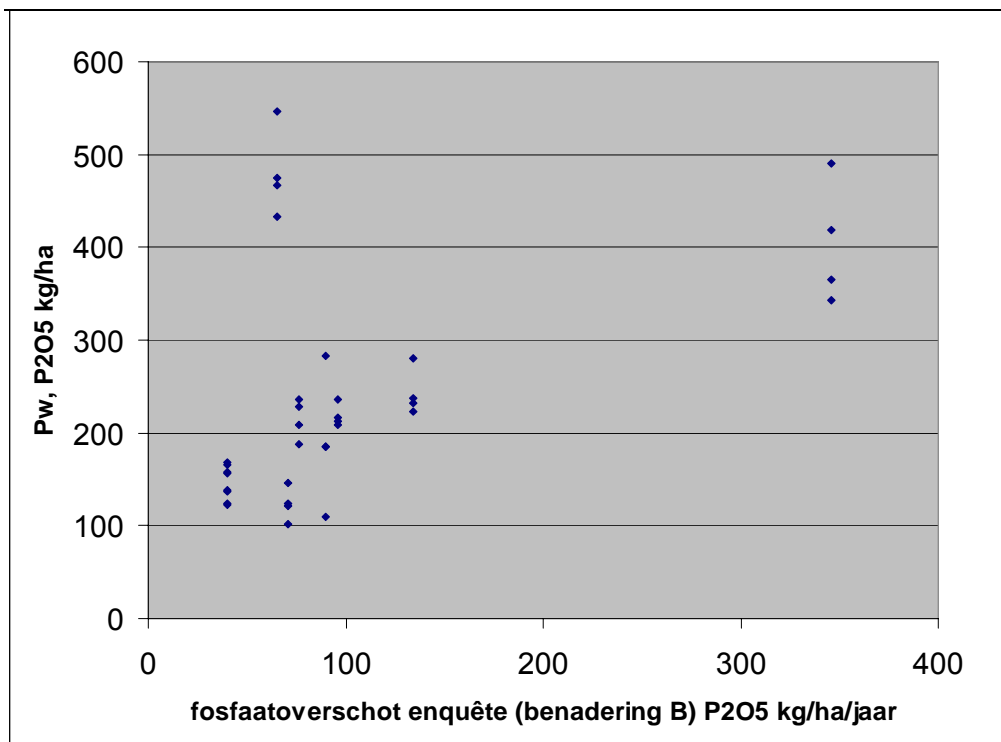
Figuur 25: Actuele bemesting volgens enquête

3.3.4 Actueel fosfaatoverschot volgens enquête

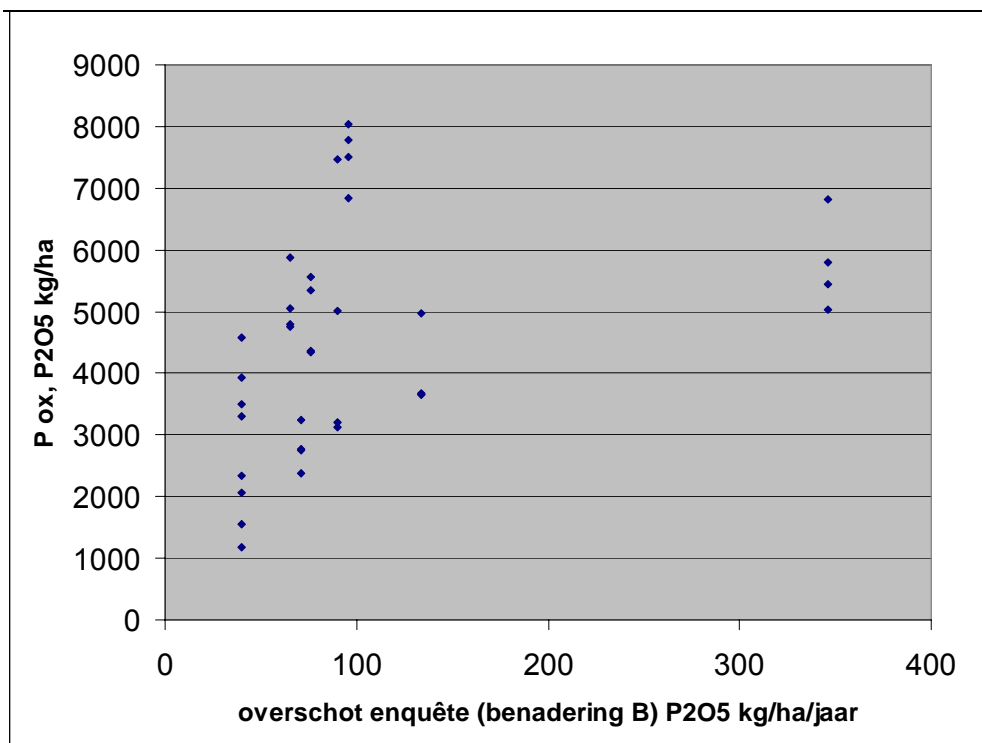
De vraagstelling van de enquête was vooral gericht op het historische grondgebruik, maar de antwoorden van de deelnemers waren veelal gespecificeerd per jaar of voor een kleine periode van een beperkt aantal jaren. Bij de bedrijven waar dit mogelijk was, is uit de antwoorden voor de laatste 5 jaren een actueel mestgebruik afgeleid. Bij de bedrijven waar dit niet mogelijk was is het historische bemestingsniveau (niet te verwarren met overschot!) aangehouden als benadering voor de actuele bemesting. In totaal is op deze manier voor 7 bedrijven (9 percelen) een andere actuele bemesting gebruikt dan bij de berekening van het historische overschot. (figuur 25).

3.3.5 Grondbemonstering

Het resultaat van de schatting van de historische bodemvoorraad fosfaat (paragraaf 3.3.2) zou volgens plan worden getoetst aan de beschikbare grondanalyses. De beschikbaarheid van grondanalyses uit de enquête bleek echter zeer beperkt (tabel 7). Daarom was het nodig om de percelen te bemonsteren die volgens de benadering tot nog toe in aanmerking komen voor maatregelen. Op deze manier kon worden getoetst of de aanwijzing van percelen op basis van de enquêteresultaten klopt. Voordeel van deze aanpak ten opzichte van het gebruik van beschikbare grondanalyses voor het bemestingsadvies is dat meteen ook monsters van grotere diepte (0-90 cm-mv.) dan gebruikelijk (0 - 10 of 25 cm-mv.) konden worden genomen. Nadeel van deze beperking is dat er minder analyses zijn waaraan de enquêteresultaten kunnen worden getoetst.



Figuur 26a: Verband tussen het fosfaatoverschot volgens de enquête en de hoeveelheid beschikbaar fosfaat op de kandidaatpercelen (P_w , 0-30 cm-mv.).



Figuur 26b: Verband tussen het fosfaatoverschot volgens de enquête en de hoeveelheid oxalaat extrabeerbaar fosfaat op de kandidaatpercelen (P_{ox} , 0-60cm, gecorrigeerd voor achtergrond)

De percelen die in aanmerking kwamen voor maatregelen zijn als volgt bemonsterd (bijlage 5). Op basis van oriënterende boringen is het perceel ingedeeld in bodemeenheden. Vooral Gt en veenlagen waren daarbij onderscheidende kenmerken. Per bodemeenheid is een profielbeschrijving gemaakt. Ieder perceel is ingedeeld in minstens vier blokken (deel 1-1, 1-2, etc.). De grenzen tussen de blokken zijn getrokken op basis van de verschillen in bodemgesteldheid. Per blok zijn mengmonsters samengesteld van 8 steken in de bodemlagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm-mv. Op permanent grasland is de laag 0-30 verder opgesplitst in 0-10 en 10-30 cm-mv. Alle monsters zijn onderzocht op fosfaatbeschikbaarheid (Pw en P-AL). Pw wordt in de praktijk voor het bemestingsadvies voor bouwland gebruikt en P-AL voor grasland. Daarnaast is de hoeveelheid oxalaat extraheerbaar fosfaat, ijzer en aluminium onderzocht. Hieruit kan de fosfaatverzadigingsgraad worden afgeleid ($FVG = Pox/0,5(Al+Fe)ox$; molaire verhouding). Als $FVG = 1$, dan is het monster volledig fosfaatverzadigd. Volgens de definitie voor fosfaatverzadigde gronden mag FVG niet groter worden dan 0,25 (25% verzadiging). Boven deze waarde mag zoveel uitspoeling van fosfaat worden verwacht dat de norm voor oppervlaktewater uiteindelijk wordt overschreden.

Een lage dichtheid is indicatief voor een hoog organische stofgehalte, dus de aanwezigheid van veen. Deze resultaten kunnen vergeleken worden met de visueel geschatte veldwaarnemingen voor % organische stof.

Voor de vergelijking grondonderzoek met enquêteresultaten hebben we de fosfaathoeveelheden allemaal uitgedrukt in $kg \cdot ha^{-1} P_2O_5$ (figuren 26a en b en 26b). Van de gemeten Pox hebben we een schatting van de oorspronkelijke achtergrondhoeveelheden afgetrokken. We hebben daarvoor aangenomen dat de oorspronkelijke achtergrondhoeveelheid gelijk is aan die in de ondergrond ($Pox^{corr} = Pox(0-60) - 2 * Pox(60-90)$). Het verband met de voorraad parameter Pox is volgens verwachting beter dan met de beschikbaarheidsparameter Pw, hoewel dat verschil maar op één perceel (656) gebaseerd is.

Zoals verwacht is er een aanzienlijke spreiding, maar toch ook een duidelijke trend waarneembaar: een hoger overschot geeft inderdaad een hogere P-toestand van de bodem.

3.4 Totaal risico en vertaling naar maatregelen

3.4.1 Ruimtelijk niet-differentieerbare risico's en maatregelen

De inschatting van het totale risico spitst zich toe op de uit- en afspoeling vanaf percelen. Aan de volgende andere bronnen en routes wordt minder aandacht geschonken, o.a. vanwege de relatief geringe vracht, het beschikbaar zijn van voor de hand liggende praktische oplossingen of omdat de gebiedsdiagnose geen aanleiding geeft tot ruimtelijk onderscheid in de grootte van deze risico's.

- Belasting vanaf bedrijfsgebouwen, kuilplaat (perssap) en erf kan worden opgevangen in een bezinkgreppel, -bassin of helofytenveld. De belasting is naar verwachting gering ten opzichte van de andere bronnen en routes, maar kan in uitzonderlijke gevallen substantieel zijn en door middel van maatwerk worden aangepakt. De huidige gebiedsdiagnose geeft geen aanleiding binnen het gebied onderscheid te maken. Dit zou nog kunnen door verhard oppervlak te

inventariseren nabij sloten en na te gaan of dat oppervlak met mest of grond wordt belast.

- Voor het overige verharde oppervlak, zoals kavel- en onderhoudspaden, en wegen is een bezinkgreppel en/of (smalle) bufferstrook zinvol voor het opvangen van neerslag vermengd met grond-, oogst- en mestresten. De verwachte bijdrage is echter gering. Bij de aanleg van kavelpaden wordt een licht verhang van de sloot af aanbevolen, zodat het water naar het perceel toe en van de sloot af stroomt (zie paragraaf 4.6). De huidige gebiedsdiagnose geeft geen aanleiding om binnen het gebied onderscheid te maken. Het is in principe nog wel mogelijk om met behulp van GIS-operaties aan te geven waar in het gebied veel kavelpaden en wegen grenzen aan watergangen.
- Puntbronnen, zoals afvalwater van melkinstallatie of wasplaatsen moeten worden gesaneerd (ex WVO) door opvang in mestkelder, afvoer naar riolering, door recycling of door zuivering in een IBA, klein helofytenveld en/of bezinkbassin.
- Meemesten. Uit de gegevens van Van Dijk et al (2003) kan worden afgeleid dat de belasting via meemesten slechts ongeveer 1% bedraagt van de totale belasting. Een bufferstrook (gras 2,5 en bouwland 3,5 m) reduceert meemesten met 50-89% en is dus een effectieve maatregel om dit tegen te gaan. Bovendien zijn er voor de hand liggende maatregelen, die reeds algemeen worden toegepast. Kantstrooiers zijn speciaal ontworpen voor dit doel en dus ook effectief. Ook rijenbemesting en injectie zijn effectieve maatregelen om meemesten te voorkomen. Het is natuurlijk ook mogelijk om alleen bij het kunstmeststrooien een onbemeste rand in acht te nemen om meemesten te voorkomen, zonder overigens een bufferstrook in te richten. De gebiedsdiagnose geeft geen aanleiding om een hoger of lager risico te onderscheiden, maar vanwege het relatief geringe belang heeft het ook niet veel zin hier meer energie in te stoppen. Met name de slootdichtheid zou in combinatie met het gebruik van kunstmest afhankelijk van het gewas voor onderscheid kunnen worden gebruikt.
- Kop/wendakkers en veeverzamelplekken. Het is niet mogelijk om zonder visuele waarneming in het veld aan te geven waar de risicoplekken zitten. Wel kan figuur 6 uit de hydrosysteemanalyse met de lagere plekken gebruikt worden om aan te geven waar mogelijk risico's bestaan voor afvoer via het oppervlak. De bijdrage van slechte plekken aan de belasting van sloten kan lokaal en periodiek aanzienlijk zijn. Het beste is om dit soort plekken daarom te voorkomen in de nabijheid van de sloot. In geval van vee kan dit bijvoorbeeld door drinkbak, pomp, melkwagen of schuildak te plaatsen op voldoende afstand van de sloot en door rekening te houden met het verhang in het perceel. In het geval van bouwland is het belangrijk om het land in het najaar zoveel mogelijk intact te laten op de laagtes waar afspoeling naar de sloot kan optreden. Kop-wendakkers bij voorkeur niet naast de sloot. Insteek intact laten bij grondbewerkingen. Als voorkomen niet mogelijk is, moet worden getracht het afspoelende water te bergen in een bezinkgreppel of -plek, vóór afvoer naar de sloot. Het is ook mogelijk om een onbemeste bufferstrook te ontwerpen specifiek voor de opvang van water van dit soort plekken. Een bezinkgreppel of bufferstrook langs het gehele perceel is natuurlijk ook een optie als daarmee ook andere routes kunnen worden opgevangen (paragraaf 4.6).

- Slootonderhoud. Bagger en biomassa moeten niet op de kant worden gezet, maar verder op het perceel worden gebracht, of afgevoerd. Op die manier wordt terugspoelen van stikstof en fosfaat voorkomen.

Tot slot van deze paragraaf wijzen we erop dat een end-of-pipe oplossing zoals een vloeiveld of omleiden ook werkt voor de ruimtelijk niet-differentieerbare routes. Het verschil met een bufferstrook of bezinkgreppel is dat meerdere landbouwpercelen op één vloeiveld aangesloten kunnen worden.

3.4.2 Ruimtelijk differentieerbare risico's en maatregelen

In deze paragraaf werken we alleen de risico's uit voor die bronnen en routes waarvoor onderscheid gemaakt kan worden binnen het gebied op basis van de beschikbare gegevens. In een kwantitatieve benadering wordt het totaal risico (vracht) gevonden door vermenigvuldiging van routerisico (afvoer) en bronrisico (gehalte). We doen dat hier ook met een semi-kwantitatieve benadering op basis van rangordes. Op basis van deze benadering kunnen percelen onderling worden vergeleken (risico's groter dan en kleiner dan), maar de waarde van de totaalscore kan niet in vrachten worden vertaald.

De resultaten uit de enquête zijn als volgt vertaald naar de scores 0-3, zowel voor de actuele bemesting als de voor historische (tabel 11 en 12). Voor veen is de score 0 en 1 van toepassing op grond van de geschatte bijdrage (paragraaf 3.3.3) van rond de 8 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1} \text{P} = 18 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1} \text{P}_2\text{O}_5$. De indeling van de scores voor a, h en v gaat als volgt:

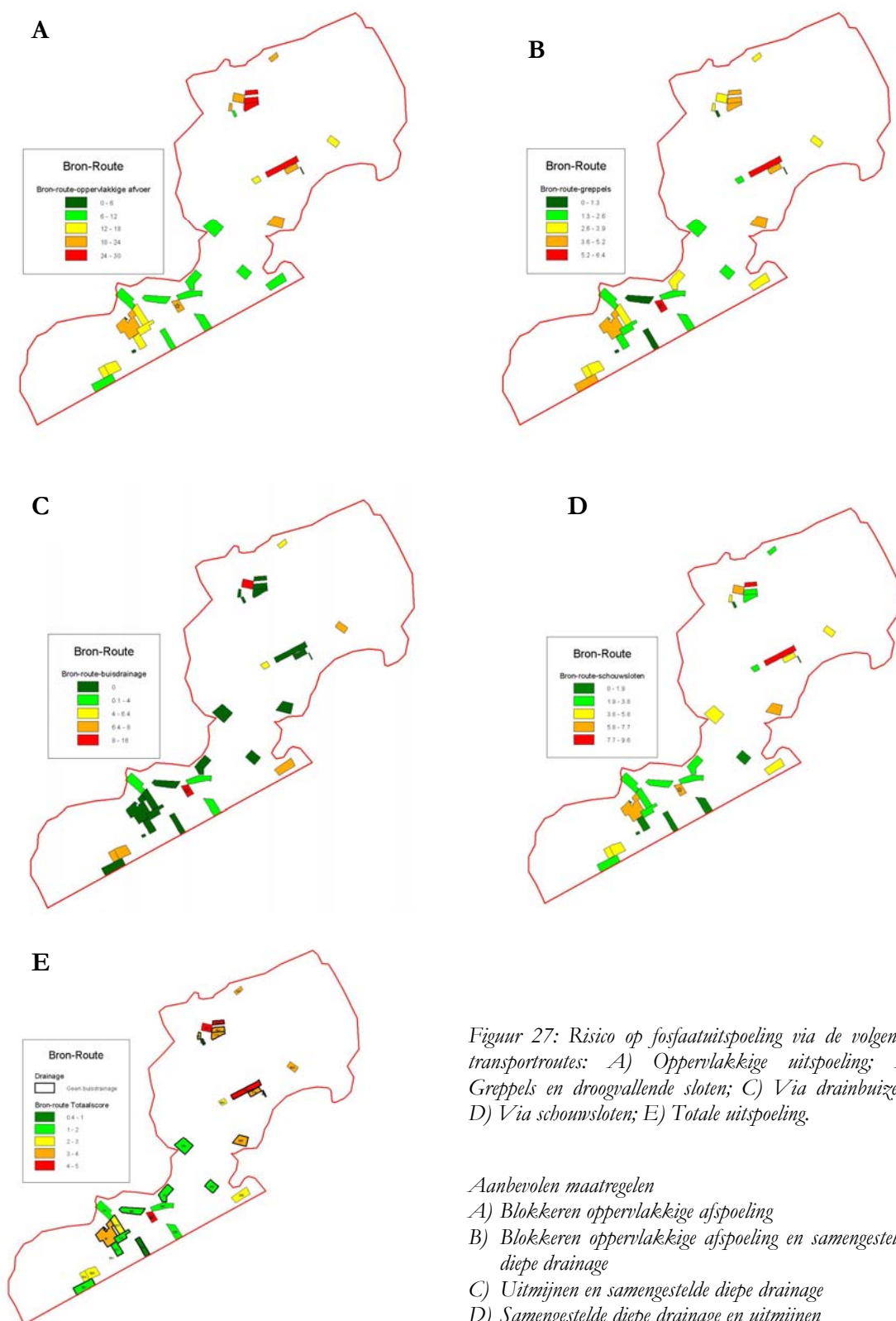
Tabel 11: Waardering van de fosfaatbronnen

Actuele bemesting	a	gemiddeld historische overschot	h	veen	v
$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1} \text{P}_2\text{O}_5$		$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1} \text{P}_2\text{O}_5$			
0	0	0	0	komt niet voor	0
0-50	1	0-33	1	komt wel voor	1
50-100	2	33-66	2		
>100	3	>66	3		

Tabel 12: Gebiedsdiagnose in schema (vetgedrukte beginletters komen terug in de formule).

Routerisico, zie paragraaf 3.2			Bronrisico, zie paragraaf 3.3					Totaalscore
			actuele bemesting	historische bemesting of bodemvoorraad		Veen		
			maaiveld	bovengrond 0-30 cm-mv.	ondergrond >30 cm-mv.	bovengrond 0-30 cm-mv.	ondergrond >30 cm-mv.	
			a: 0-3	h: 0-3		v: 0-1		In formule
route	nr	Score	+ 1 x	+ 1 x hb	+ 2 x ho	+ 1 x vb	+ 2 x vo	$r(a+hb+vb+2ho+2vo)$
oppervlak	1,2	0-5	+ a	+ hb		+ vb		$ro(a+h+vb)^*$
greppel	4	0-2		+ hb		+ vb		$rg(h+vb)$
drains	3	0-4		+ hb	+ 2 ho	+ vb	+ 2 vo	$rd(hb+vb+2ho+2vo)$
sloten	5	0-3		+ hb	+ 2 ho	+ vb	+ 2 vo	$rd(hb+vb+2ho+2vo)$

*de ernst van de route kop/wendakkers/veeverzamelpplaatsen zou ook zo kunnen worden gescoord.



Figuur 27: Risico op fosfaatuitspoeling via de volgende transportroutes: A) Oppervlakkige uitspoeling; B) Greppels en droogvallende sloten; C) Via drainbuizen; D) Via schouwsloten; E) Totale uitspoeling.

Aanbevolen maatregelen

- A) Blokkeren oppervlakkige afspoeling
- B) Blokkeren oppervlakkige afspoeling en samengestelde diepe drainage
- C) Uitmijnen en samengestelde diepe drainage
- D) Samengestelde diepe drainage en uitmijnen

Fosfaat (ho) en veen (vo) beneden de bouwvoor tellen in principe dubbel mee, maar dit onderscheid kon niet op basis van de enquête worden gemaakt. Daarom is in de gebiedsdiagnose aanvankelijk alleen met de score voor h (en eventueel v) gewerkt. Voorafgaand aan de keuze van percelen voor het uitproberen van maatregelen is alsnog het grondonderzoek uit paragraaf 3.3.5 erbij betrokken (3.4.3).

De waardering van de verschillende risico's vormt ook de basis voor de keuze van maatregelen voor de betreffende situatie (tabel 13). Uit de analyse komt naar voren dat het naast de a priori gekozen maatregelen (paragraaf 2.1) ook noodzakelijk is om aandacht te besteden aan maatregelen om oppervlakkige afspoeling tegen te gaan.

In de figuren 27a-e zijn de resultaten van de gebiedsdiagnose voor de enquêtepercelen weergegeven. De genoemde aanbevolen maatregelen gelden alleen voor het schaalniveau van landbouwpercelen, daarnaast zijn de maatregelen vloeiveld en omleiden ook opties die aangrijpen op alle gezamenlijke routes en bronnen van een groep percelen of een deelstroomgebied. De maatregel wasmachine is moeilijk te combineren met landbouwkundig gebruik en is meer een optie ter voorbereiding op de omzetting van landbouw naar natuur. Het volgende hoofdstuk gaat nader in op de verschillende maatregelen.

Bij de oppervlakkige routes is uitmijnen als brongerichte maatregel het meest effectief, daarnaast kunnen maatregelen tegen oppervlakkige afspoeling zinvol zijn als dit proces mag worden verwacht. Als het fosfaat ook uit diepere lagen vrij komt, dan duurt het langer voordat uitmijnen effectief wordt. Mogelijk kan de wasmachine dan een rol vervullen als brongerichte maatregel, maar deze maatregel is moeilijk te combineren met landbouw. Als het perceel een landbouwkundige bestemming behoudt dan kan in het geval van veel fosfaat beneden de bouwvoor beter worden gekeken naar de mogelijkheden van samengestelde diepe drainage met niveauregeling.

3.4.3 Keuze van proefpercelen en maatregelen

Tabel 14 beschrijft het keuzeproces van proefpercelen en maatregelen in Bientje en Eeuwselsche Loop. De eerste selectie is gebaseerd op de gebiedsdiagnose (paragraaf 3.4.2), vervolgens is de selectie aangescherpt op basis van het grondonderzoek (paragraaf 3.3.5). De uiteindelijke keuze is vet gedrukt. Bij deze keuze speelden ook wensen van de agrariër een rol. Zo was omzetten van bouwland naar grasland voor uitmijnen meestal geen optie voor percelen op grote afstand van het veebedrijf en evenmin voor akkerbouwers of afbouwende boeren zonder vee. In het eerste geval zijn de grote transportkosten het bezwaar, in het tweede geval is het bovendien lastig om het gras te vermarkten. Voor uitmijnen zijn daarom naast twee grasland- toch ook twee bouwlandpercelen geselecteerd, hoewel uitmijnen daar minder effectief is. Het betreft één continu maïsperceel en één perceel met een 75% maïsrotatie.

Er zijn drie percelen geselecteerd voor maatregelen tegen afspoeling, twee op bouwland, waar we de meeste afspoeling verwachten, en één op grasland.

Tabel 13: Vertaling gebiedsdiagnose naar maatregelen. Brongerichte en routegerichte maatregelen kunnen worden gecombineerd. Vetgedrukte maatregelen zijn geselecteerd voor het Plan van Aanpak, zie hoofdstuk 4.

Route	Figuur	Routegerichte maatregelen	Brongerichte maatregelen				
			actuele bemesting maatveld	historische bemesting of bodemvoorraad		veen	
				bovengrond 0-30cm-mv	ondergrond > 30 cm-mv	bovengrond 0-30 cm-mv	ondergrond > 30 cm-mv
Afspoeling oppervlakte	15a	Dammetje, Bufferstrook, Bezinkgreppel Grondbewerking parallel aan sloot, Slechte plekken saneren ⁶ , Egaliseren, Draineren	Uitmijnen, Fe/Al toevoegen ⁸ Goede landbouwpraktijk ⁴		Noof ²		
Greppels	15b	Greppels dichtent ¹ i.c.m. dammetje e/o bufferstrook e/o bezinkgreppel, Greppels dichtent en samengesteld draineren		Wasmachine ¹⁰	Goede landbouwpraktijk ⁴ Uitmijnen, Fe/Al toevoegen ⁸	Wasmachine	
Drains	15c	Samengestelde diep drainage met niveauregeling, Drainage opheffen ¹ Opvangen in natte bufferstrook (N) ² Drainwater zuiveren ³	Uitmijnen, Fe/Al toevoegen ⁸ Goede landbouwpraktijk ⁴	Wasmachine, Drainwater zuiveren met Fe/Al in omhullingmateriaal of filter	Uitmijnen, Fe/Al toevoegen ⁸ Goede landbouwpraktijk ⁴	Wasmachine, Vernatten, Fe/Al in drain-omhullingmateriaal of filter	
Sloten	15d	Samengestelde diepe drainage met niveauregeling i.c.m. Sloten dempen of laten verlanden. Zonder drainage leidt dit tot vernatten ¹	Wasmachine, Uitmijnen, Fe/Al toevoegen aan grond of mest ⁸ , Goede landbouwpraktijk ⁴				
Alle	15e	Alle voorgaande perceelsmaatregelen, Vloeveld, Omleiden, bezinkbassin Baggeren en kroos verwijderen, Acoladeprufiel of natte bufferstrook	Alle brongerichte maatregelen				

¹ Bij maatregelen die vernatting veroorzaken moet vooraf worden nagegaan of daarmee het fosfaat niet juist wordt gemobiliseerd.

² oppassen voor fosfaatmobilisatie door vernatten, bij aanleg de fosfaatrijke toplaag verwijderen (kan op het perceel worden aangewend bijvoorbeeld om te egaliseren)

³ samengestelde diepe drainage vergemakkelijkt technologische zuivering, omdat je niet bij elke buis een filter hoeft te plaatsen. Zie ook noot⁹.

⁴ hiermee worden alle gangbare landbouwkundige en milieukundige maatregelen bedoeld gericht op verlagen van het P-overschot. Het gebruik van wintergewassen is speciaal gewenst om oppervlakkige afspoeling in de winter te voorkomen

⁵ theoretisch zou vernatting meer denitrificatie (alleen N), minder mineralisatie (N,P) en daarmee minder uitspoeling (N,P) kunnen betekenen. Anderzijds betekent vernatting juist meer oppervlakkige uit- en afspoeling. De kans op minder uitspoeling is het grootst bij N.

⁶ Maatwerkoplossingen met een bezinkplek of slechte plekken vermijden: veeverzamelplekken of kop/wendakkers niet bij de sloot. Speciale aandacht is gewenst voor bouwland, vooral maïs, na de oogstperiode. Plekken die onvermijdelijk steeds kapot gereden worden zouden draagkrachtiger gemaakt kunnen worden door gras in te zaaien, of door verharding, maar steeds zodanig dat de afvoer niet rechtstreeks de sloot in loopt.

⁷ Om het doorsnijden van de insteek en het talud te voorkomen; verder vergelijkbaar met contour ploegen tegen erosie in hellende gebieden.

⁸ P fixerende stoffen kunnen gemakkelijker aan de mest of aan de bovengrond, dan aan de ondergrond worden toegevoegd. IJzer kan in de vorm van poeder (afvalproduct metaalindustrie) toegevoegd worden en heeft een fosfaatfixerend effect. Het is nog niet in de landbouwpraktijk toegepast, maar wel in vloeivelden en (helofyten)filters. Aluminium wordt in de USA toegevoegd aan mest en zuiverings-slib uit de drinkwaterindustrie en aan grond met hoog P-gehalte om P-uitspoeling te voorkomen (Chardon en Koopmans, 2005). Er zou een 'technology assessment study' uitgevoerd moeten worden naar de duurzaamheid van deze maatregelen (beschikbaarheid grondstoffen, overige milieueffecten).

⁹ Een innovatief idee is om het omhullingmateriaal van drainbuizen te voorzien van ijzer of aluminium voor het binden van fosfaat. Daar zou echter eerst experimenteel onderzoek aan moeten gebeuren in samenwerking met leveranciers van drainagemateriaal om te testen of het voldoende werkt en of de drainagefunctie er niet door wordt aangetast. Wat dat betreft is het idee van een fosfaatfilter aan het eind van de buis een veiliger optie.

¹⁰ De wasmachine is geschikt als maatregel voor het saneren van landbouwpercelen voor omzetten naar natuur, maar kan niet met landbouwkundig gebruik worden gecombineerd.

Tabel 14: Selectie van de percelen in Bientje en Eeuwse Loop voor toepassing van de maatregelen uit hoofdstuk 4 op basis van de gebiedsdiagnose en het aanvullende grondonderzoek..

		gebiedsdiagnose						na grondonderzoek §3.3.5				na overleg met bedrijf	
Code ⁴ enquête		Maatregel ¹			Situatie			Oordeel	FVG ⁵	FVG ⁵	profielbeschrijving	Oordeel	Afspraak
Bedrijf	Perceel	Afspoeling	Uitmijnen	Sdd ⁶	Veen	Drains	Gebruik ²	vóór grondonderzoek	0-30 cm-mv	30-60 cm-mv			
A	703	2	1	1	1	1	G	Te veel veen in profiel			Zie tabel 8	Valt af	
A	700	1	1	1	1	0	G	Alliedrie mogelijk	25	7-16	GtVI, GtIII*; ½ veen 30-100	Uitmijnen/afspoeling	Afspoeling i.c.m. perceel zuid
A	Nrd1 ⁴	Als 700				0	G	Als 700	?	?	Als 700		Uitmijnen
A	Nrd2 ⁴	Als 700				0	G	Als 700	?	?	Als 700		
A	691	1	2	2	1	0	G	Alliedrie mogelijk	24	6-15	GtIV –VI; 1/2 veenlaagjes 30-80	Uitmijnen/afspoeling	Vervalt (huiskavel)
A	713	1	2	2	1	0	G	Alliedrie mogelijk	26	7-13	GtV*-VI; 1/4 veen 35-85	Uitmijnen/afspoeling	Vervalt (huiskavel)
A	697	2			1			Afspoeling					Niet onderzocht
B	655		2	1	0	1	B	Uitmijnen/sdd ⁶					Niet onderzocht
B	656		2	2	0	1	B	Uitmijnen/sdd ⁶	52	22-31	GtVI; veen 35-45	sdd ⁶ /uitmijnen	Samengestelde diepe drainage
B	huis ⁴					1	G	Uitmijnen?					Uitmijnen/sdd ⁶
E	39	2	2	2	0			Alliedrie mogelijk	Noot ⁸				Samengestelde diepe drainage
F	745	2	2	2	1	1	M	Alliedrie mogelijk	37	5-10	GtIII*-V*; 1/4 veen 35-65	Uitmijnen/afspoeling	Uitmijnen ⁷ /Afspoeling
G	716	2	2	2	0	0	B	Alliedrie mogelijk	44	4-10	GtVI	Uitmijnen/afspoeling	Afspoeling
G	knl ⁴					1	B		hoog	?	Kanaalkwel afgevangen; nat		sdd ⁶ /uitmijnen
H	221	1	1	1	1	1	M	Alliedrie mogelijk	23-32	8-12 ³	Gt IV; veen 35/45-65/100	Uitmijnen/sdd ⁶	Uitmijnen met maïs/ voor sdd ⁶ is FVG te laag
J	194		2	1	0	1		Uitmijnen/sdd ⁶					Niet onderzocht
J	825		2	1	0	1		Uitmijnen/sdd ⁶					Niet onderzocht
L	508	2	2	2	0	0	B	Alliedrie mogelijk	29-36	7	Lichte helling; GtVI-VII	Afspoeling	Afspoeling
N	528	1	1	1	0	0	M	Alliedrie mogelijk	24-37	7-12	Gt VI	Afspoeling/uitmijnen	Uitmijnen met bouwland niet nat genoeg voor sdd ⁶
N	528	1	1	1	0	0	M	Blok 1-2	48	24	Gt VI	sdd ⁶	

¹ Cijfers geven de rangorde aan, dus 1 is waarschijnlijk meest geschikt

² G=Gras, M=Mais, B=Bouwland; vetgedrukt betekent dat het gebruik zo moet blijven

³ gebaseerd op 30-40 cm –mv, gehalten 30-60 zijn lager

⁴ een aantal codes komen in de enquête niet voor, dit zijn later toegevoegde kandidaatpercelen

⁵ fosfaaatverzadigingsgraad (norm is 25%)

⁶ samengestelde diepe drainage

⁷ gras in loonwerk

⁸ P-AL waardering hoog

De keuze van percelen voor samengestelde diepe drainage bleek het lastigst omdat daarvoor tegenstrijdige keuzecriteria gelden. Het liefst willen we een ongedraineerd, relatief nat perceel zonder veen. De meeste oorspronkelijk natte percelen zijn echter gedraineerd en de meeste natte plekken in het gebied hangen samen met depressies waarin veen voorkomt. Daarnaast willen we een perceel waarop het fosfaat is doorgedrongen tot de bodemlaag beneden de bouwvoor. Dit komt vooral voor op hogere percelen (draagkracht) waar varkenshouders in het verleden de mest uitreden. Ten slotte geldt binnen het grootste deel van het studiegebied een uitgebreide vergunningprocedure voor drainage in verband met de aanwezigheid van de hydrologische bufferzone van de Groote Peel. Er is daarom gezocht naar een compromis en het zoekgebied is uitgebreid (buiten de hydrologische bufferzone en buiten het studiegebied). We hebben besloten ook gedraineerde percelen als optie toe te laten. In zo'n geval zal de gangbare drainage als referentie voor monitoring worden gebruikt. Ook percelen met veen komen in aanmerking.

4 Plan van aanpak en monitoring

In dit hoofdstuk wordt per gekozen maatregel het plan van aanpak beschreven. Aangezien het plan van aanpak nauw samenhangt met de benodigde monitoring, is ervoor gekozen om het monitoringplan te beschrijven als onderdeel van de aanpak. De eerste subparagraaf geeft steeds een beschrijving van de maatregel (uitgebreider dan in paragraaf 2.1), de tweede subparagraaf gaat vervolgens in op de locatiekeuze, de derde subparagraaf beschrijft het monitoringplan en de vierde paragraaf geeft de proefopzet of het ontwerp van de maatregel (uitgezonderd omleiden paragraaf 4.5)

4.1 Uitmijnen van de bovengrond

4.1.1 Beschrijving maatregel

Onder het uitmijnen van fosfaat wordt verstaan het maaien dan wel oogsten van een gewas en het afvoeren van de biomassa (inclusief eventuele gewasresten), waarbij ervoor wordt gezorgd dat de biomassaproductie op peil blijft door aanvulling van afgevoerde nutriënten anders dan fosfaat (bijv. stikstof en kalium). Dit in tegenstelling tot het meer gebruikelijke verschralen, waarbij wel biomassa wordt afgevoerd maar de productie ervan, en daarmee de afvoer van fosfaat, vrij snel kan teruglopen door stikstof- en/of kaliumgebrek. Vanwege de hogere fosfaatonttrekking wordt de voorkeur gegeven aan gras boven bouwlandgewassen.

Aan uitmijnen, dus zonder enige aanvoer van fosfaat, wordt de voorkeur gegeven boven zogenaamde evenwichtsbemesting waarbij de fosfaatgift gelijk is aan de afgevoerde hoeveelheid. Hiermee zou bereikt kunnen worden dat de uitspoeling niet toeneemt, maar waarschijnlijk ook niet significant afneemt. Het belangrijkste nadeel van evenwichtsbemesting is dat jaarlijks fosfaat wordt toegediend dat goed beschikbaar is voor gewasopname, maar ook voor uitspoeling. Er moet dan rekening worden gehouden met verliezen die direct gekoppeld zijn aan de gift zelf, zoals uit- of afspoeling van toegediend kunstmestfosfaat of dierlijke mest, of van fosfaat uit mestflaten bij beweiding. In de praktijk is gevonden dat bij gras evenwichtsbemesting niet leidt tot vermindering van het risico op uitspoeling (van Middelkoop e.a., 2004).

4.1.2 Locatiekeuze

Wij gaan uit van een uit te mijnen deel van het perceel naast een deel dat regulier wordt bemest om effecten te kunnen meten. Daarom worden voor de proef percelen geselecteerd die voldoende homogeen zijn. Dit geldt zowel voor de voorraad aan fosfaat in de bodem als voor de beschikbaarheid ervan. Percelen die al lange tijd als geheel in gebruik zijn geweest, dus niet recent zijn samengevoegd uit kleinere percelen, zijn het meest geschikt. De homogeniteit dient voor het starten van de

proef te worden vastgesteld door middel van grondonderzoek. Afwijkende plaatsen, waar bijvoorbeeld vaak vee heeft gestaan bij een hek of plekken waar is gekeerd bij het uitrijden van mest (kopakker) moeten worden vermeden. Let ook op historische verschillen (ander grondgebruik in het verleden).

Hydrologisch gezien moet er zo min mogelijk sprake zijn van grondwater dat horizontaal stroomt tussen het normale deel van het perceel en het deel dat wordt uitgemijnd, omdat het fosfaat dat via deze stroming wordt aangevoerd leidt tot een onder- of overschatting van het effect van uitmijnen. Ook het optreden van kwel in het perceel bemoeilijkt het volgen van de optredende processen. De voorkeur wordt gegeven aan gedraineerde percelen, omdat dit de mogelijkheid geeft om door bemonstering van drainwater het effect van uitmijnen te volgen. Voorwaarde is dat de grens tussen de beide delen parallel loopt aan de drainbuizen. Waar geen drainbuizen aanwezig zijn kan door bemonstering van het bodemvocht het risico op uitspoeling worden geschat.

4.1.3 Monitoringplan

Doel van de monitoring is om binnen de proefperiode aan te tonen dat uitmijnen de belasting van het oppervlaktewater met fosfaat terug kan dringen. Stikstof loopt mee in de monitoring om te controleren of behandelingen effect hebben op stikstofuitspoeling. In het begin van het experiment is echter nog weinig effect van uitmijnen op de fosfaatvoorraad en de diepere uitspoeling te verwachten, mogelijk wel op de oppervlakkige afspoeling of uitspoeling via preferent transport van P na bemesting ('incidental losses'). Het monitoren van incidentele vrachten is erg lastig en in het monitoringplan voorbehouden aan de locaties waar specifieke maatregelen tegen oppervlakkige afspoeling worden uitgetoet (paragraaf 4.6). Ook mag vanaf het begin wel een daling van de hoeveelheid beschikbaar fosfaat worden verwacht in de bovengrond, omdat er wel opname, maar geen aanvulling via bemesting plaats vindt. Beschikbaar fosfaat is een indicator voor het risico van fosfaatuitspoeling. Aangezien de Fosfaatpilot Limburg maar tot en met 2008 (drie jaren vanaf heden) duurt, is het essentieel dat naast een bepaling van de fosfaatvoorraad en –uitspoeling ook vaak genoeg beschikbaar fosfaat in de bovengrond wordt bepaald, om de kans op aantoonbare verschillen tussen de behandelingen te vergroten.

Voor het bepalen van het risico op fosfaatuitspoeling zijn een aantal opties beschikbaar:

1. bepalen van fosfaat in bodemvocht met 'suction cups' (frequentie ca. 6x/j);
2. bepalen van beschikbaar fosfaat in grondmonsters (Pc: centrifugaat van 1/1~2 grond/ waterextract frequentie 2x/j);
3. bemonstering van het bovenste grondwater (frequentie ca. 6x/j);
4. bemonstering van drainwater (frequentie ca. 6x/j).

Drainwaterbemonstering was niet mogelijk door het ontbreken van buisdrainage op de gekozen percelen. Op basis van een afweging tussen kosten en informatie is gekozen voor een combinatie van de opties 2 en 3 (tabel 15).

Het is van groot belang om de uitgangssituatie zo nauwkeurig vast te leggen dat op zo kort mogelijke termijn ook statistisch significante verschillen tussen wel en niet uitmijnen kunnen worden aangetoond. Daarom zal een bemonsteringsprotocol worden vastgesteld, dat rekening houdt met de te verwachten ruimtelijke variabiliteit (zie o.a. Brus et al., 1997, 1999 en De Gruijter, 2006). Indien kosten moeten worden bespaard, is het beter om dat te doen op de tussenliggende jaren, en juist niet in het start- en eindjaar.

We gaan uit van een wel en niet uitgemijnd deel die beide jaarlijks worden bemonsterd voor vergelijking. In het uitmijndeel mag geen dierlijke mest of P uit kunstmest wordt toegediend, en in geval van gras ook niet worden beweide.

Tabel 15: Metingen op het behandelde en onbehandelde deel voor de maatregel uitmijnen.

Voor afkortingen zie noot 7

Periode	Frequentie	Gewas	Bodem(vocht)	Grondwater
Aanvang	1x		K-getal ⁷ , pH, org.stof, textuur profielbeschrijving	
Aanvang en eind	2x		(Al,Fe,P)ox, Pw of P-AL, Pi, N,Pts ⁶ , N,Ptot, Nmin, ortoP	Grondwaterbuizen installeren en verwijderen 3 buizen, 3 dieptes ¹
Continue	2x/j ²		Pw+Pc	
	7x/j ²			N,Ptot, N,Pts, Portho, Nmin, Fe ⁵
	Gras <6x/j ³ Bouwland 2x/j ³	ds-opbrengst, N,P-tot		
#Monsters en verdeling		8 = 4 herhalingen x 2 behandelingen	Volgens protocol, zie toelichting ⁴	4 plekken x 2 behandelingen

¹ om het bovenste grondwater te kunnen bemonsteren worden drie buizen op verschillende dieptes geplaatst (traject GLG-GHG). Afhankelijk van actuele grondwaterstand één buis bemonsteren..

² per 50 mm neerslagoverschot plus één extra na het groeiseizoen³ grasland maximaal 6 sneden; bouwland eindoogst en wintergewas.

³ gras maximaal 6 sneden; bouwland eindoogst plus wintergewas

⁴ op basis van oriënterend onderzoek (variabiliteit; bijlage 5) zal een optimale bemonsteringsstrategie worden ontwikkeld. Dieptes bouwland: 0-30,40,50,60,>60 cm -mv.; grasland: 0-10,20,30,40,>40 cm-mv.

⁵ meten bij aanvang, daarna visueel vaststellen of nadere analyse nodig is

⁶ CaCl₂-extractie levert een labiel oplosbaar deel van de organische stof (ts), waarin sneller veranderingen mogen worden verwacht dan in het totaal van de organische stof (Velthof, 2003).

⁷ Afkortingen in tabellen 15, 16, 17, 19

(Al,Fe,P)ox = oxalaat extraheerbaar aluminium, ijzer en fosfaat, hieruit wordt de fosfaatverzadigings-graad FVG berekend;

K-getal = bodemvruchtbaarheidsindex voor kalium

Nmin = Nmineraal, dat wil zeggen nitraat, nitriet en ammonium

ortho = opgelost anorganisch fosfaat in de vorm van PO₄

P-AL = bodemvruchtbaarheidsindex voor beschikbaar fosfaat op grasland o.b.v. extract met ammoniumlactaat-azijnzuurbuffer

Pc = fosfaat in bodemvocht m.b.v. een centrifugaat van een 1:1 verse grond:water extract.

Pi = fosfaatdesorptiekromme op basis van ijzerpapiertjes

Pw = bodemvruchtbaarheidsindex voor beschikbaar fosfaat op bouwland o.b.v. waterextract 1:60 v:v

pH = zuurgraad bodem

textuur = korrelgrootteverdeling

tot = totaal, ts = totaal oplosbaar, vaste deeltjes niet van toepassing bij grondwater

Om beïnvloeding tussen wel en niet uitgemijnde delen van het perceel zoveel mogelijk te voorkomen moet de bemonstering van bodem, grond-, of drainwater niet plaatsvinden op of vlakbij de grens tussen de behandelingen. In het geval van drainage moet de eerste drainagebuis van iedere behandeling worden overgeslagen.

Bemonstering voor aanleg

Bodem

Om te komen tot een selectie van percelen die geschikt zijn voor uitmijnen is eerst een globale grondbemonstering uitgevoerd zoals beschreven in paragraaf 3.3.5. De percelen zijn ingedeeld naar aangetroffen bodemkenmerken (110 cm-mv.), gemiddeld zijn vervolgens vier mengmonsters per diepte (0-30, 30-60, 30-90 cm -mv) geanalyseerd op beschikbaarheid van fosfaat (Pw en P-AL) en fosfaatverzadigingsgraad (P-ox, Fe-ox en Al-ox). De diepste laag was niet nodig voor uitmijnen, maar deze bemonstering diende ook voor de keuze van percelen voor andere maatregelen.

Vervolgens werd een indeling van de geselecteerde percelen in twee zo veel mogelijk gelijke blokken gemaakt. Voorkomen moet worden dat verschillen tussen blokken het gevolg zijn van

verschillen bij aanvang. Om de homogeniteit te beoordelen worden deze blokken daarom opnieuw in meer detail bemonsterd. Deze bemonstering dient tevens als nulmeting. Een optimaal bemonsteringsprotocol zal hiervoor worden ontwikkeld (zie o.a. Brus et al. 1999). De diepte wordt vastgesteld aan de hand van de uitkomsten van het oriënterend onderzoek, bijvoorbeeld op bouwland: 0-30, 40, 50, 60, >60 cm-mv. en op grasland: 0-10, 20, 30, 40, >40 cm-mv.

Deze monsters worden naast de eerder genoemde fosfaatbepalingen ook geanalyseerd op de vaste bodemkenmerken pH, organische stof, en textuur. Daarnaast completeren we de fractionering van P met organisch P, totaal oplosbaar P_{ts} en P_i (desorptiekromme van P op basis van een ijzerpapiertje). Ook voor N nemen we een reeks parameters mee (N_{tot}, N_{org}, N_{ts}, en N_{min}).

Voor het bepalen van de kalibehoeftte van gras moet bij aanvang ook het K-getal worden bepaald en vertaald naar een kaliumbestedingsadvies gedurende de proef. Dit om limitering door kalium uit te sluiten.

Monitoring tijdens de proef

Bodem en water

Wanneer de grond wordt uitgemijnd dan zal na verloop van tijd de beschikbaarheid van fosfaat voor het gewas dalen, wat zich vooral uit in een daling van P in het bodemvocht en van Pw en in mindere mate P-AL in de bovengrond. Door op meerdere tijdstippen per jaar P in het bodemvocht te bepalen kan worden nagegaan of dit effect al meetbaar is. Daarnaast wordt regelmatig bovenste grond water bemonsterd om te controleren of uitspoeling van fosfaat optreedt. Bij het einde van de proef worden grondmonsters opnieuw geanalyseerd op Pw, P-AL, P_i, verzadigingsgraad (P-ox, Fe-ox en Al-ox), P_{org}, P_{ts} en P_{tot} om vast te stellen of verschillen zijn opgetreden tussen de behandelingen. Nadat Pw en P-AL in de bouwvoor voldoende zijn gedaald zal het fosfaat ook aan diepere lagen worden onttrokken, zodat ook hier verschillen kunnen worden aangetroffen.

Grondwater

Bij afwezigheid van drainbuizen zal het bovenste grondwater periodiek worden geanalyseerd op ortho-P, Porg en Ptot en daarnaast op stikstofparameters ter controle.

Oppervlaktewater

Directe meting van de vracht naar het oppervlaktewater is kostbaar en zal binnen de drie jaren van de proef weinig verschil opleveren tussen wel en niet uitgemijnd. Het is een mogelijkheid om dit later, als er al wel duidelijke verschillen in de bodem aantoonbaar zijn, alsnog te doen. In het geval van een gedraineerd perceel kan wel een debietproportionele bemonstering van de drainbuizen worden overwogen. In dat geval kan een verschil tussen wel en niet uitgemijnd in de deelvracht via de drains worden aangetoond.

Gewas

Voor het bepalen van de gewasopbrengst en fosfaatonttrekking door het gewas gaan we bij grasland uit van 3 x per jaar maaien op het uitmijndeel en 6 x op het praktijkdeel (ca. 2 x maaien, 4 x weiden). In de opvolgende sneden wordt per behandeling in vier herhalingen een mengmonster samengesteld voor bepaling van droge stof en N- en P-gehalte. Van het mengmonster kunnen indien gewenst aanvullend andere kwaliteitskenmerken worden vastgesteld om de waarde van het gras bij uitmijnen vast te stellen. Het verdient aanbeveling éénmaal ter controle de kalivoorziening te bepalen in grond of gewas, mede afhankelijk van de uitgangstoestand.

Op bouwland hoeft in principe alleen de eindopbrengst bepaald te worden, tenzij er ook een wintergewas wordt geteeld. Hoewel een wintergewas voor de totaalbalans weinig uit maakt als het wordt ondergewerkt, zal het wel een gedeelte van de beschikbare stikstof en fosfaat 'over de winter tillen' en daarmee de resultaten beïnvloeden.

Beheerskostenvergoeding ondernemer

- kosten aanleg en onderhoud afscheiding tussen wel en niet uitgemijnd deel van perceel in geval van beweiding van het praktijkdeel;
- eventuele kosten voor mestafzet: het niet kunnen aanwenden van dierlijke mest op uitgemijnde deel van perceel;
- kosten aankoop kunstmest (N, K) voor uit te mijnen deel, prognose voor grasland: 400 kg/ha N en 300 kg/ha K₂O;
- kosten opbrengstderving (hoeveelheid en kwaliteit uitmijndeel)
- meerkosten oogsten gras (geen beweiding);
- registratie bemesting en graslandgebruikskalender;
- toestemming voor bemonstering van beide delen

4.1.4 Proefopzet

Samenvattend gelden de volgende locatie-eisen.

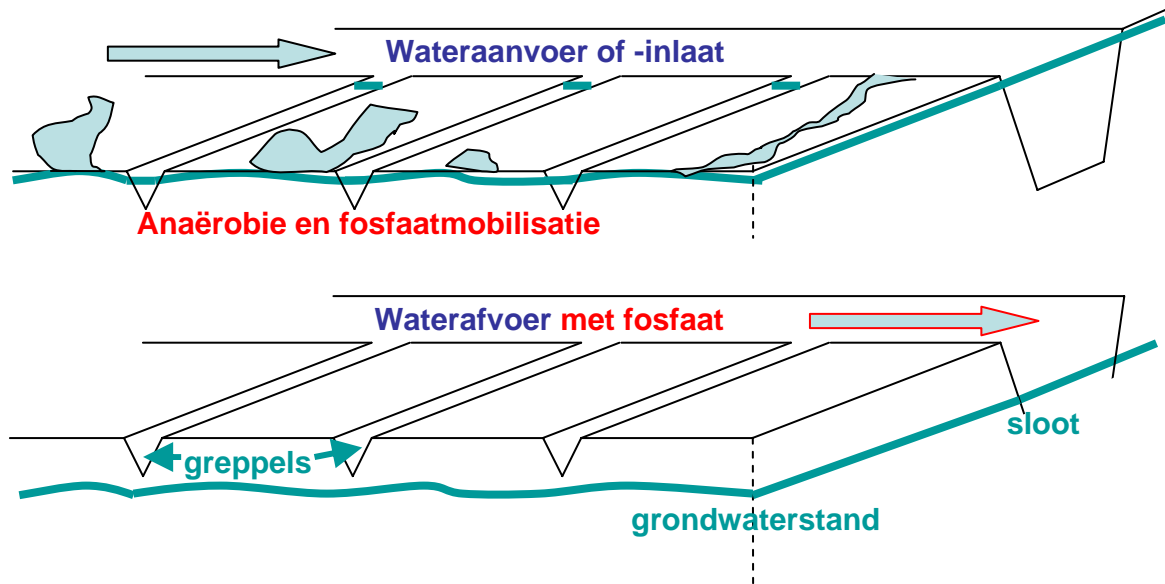
- Homogeen
- Geen horizontaal grondwatertransport
- Geen kwel
- Voorkeur voor gedraineerd
- Grens wel/niet uitmijndeel parallel aan drainbuizen
- Voorkeur gras (zie hieronder)
- Eventueel stroom

De keuze van het uitmijngewas is afhankelijk van de manier waarop het perceel nu het oppervlaktewater belast. Bevindt het meeste fosfaat zich ondiep in het profiel dan zal de belasting via ondiepe stroombanen plaatsvinden. In dat geval gaat de voorkeur uit naar gras, omdat dit ondiep intensief wortelt en omdat hiermee de hoogste afvoer van fosfaat kan worden gerealiseerd (ca. 40 kg ha⁻¹ jaar⁻¹ P of ca. kg ha⁻¹ jaar⁻¹ 90 P₂O₅). Wanneer P dieper uitspoelt doordat P zich ook dieper in het profiel bevindt dan kan ook worden gekozen voor een dieper wortelend gewas. Dergelijke gewassen zijn bijvoorbeeld wintertarwe en snijmaïs (afvoer ca. 25 kg.ha⁻¹.jaar⁻¹ P) en korrelmaïs (afvoer tot 35 kg ha⁻¹ jaar⁻¹ P). Er wordt van uit gegaan dat deze gewassen passen in het bouwplan van de eigenaar van de proefpercelen. Mocht het bouwplan geen beperking opleveren dan zouden ook nog andere gewassen kunnen worden overwogen die veel fosfaat afvoeren, zoals olifantsgras dat een hoge biomassa-productie koppelt aan een diepe beworteling. Men mag er overigens vanuit gaan dat ook dieper wortelende gewassen vooraleerst de meeste fosfaat uit de bovengrond verwijderen.

Vervolgens worden de volgende eisen aan het beheer gesteld.

- Op het uitmijndeel mag geen dierlijke mest of P uit kunstmest worden toegediend. Er mag dus ook niet worden geweid.
- Het praktijkdeel wordt volgens gangbare praktijk behandeld door de boer
- Beide delen worden volgens het bemestingsadvies bemest met uitzondering van fosfaat voor het uitmijndeel. Daar wordt immers in het geheel geen fosfaat gegeven. Omdat hierdoor op het uitmijndeel ook geen dierlijke mest wordt gegeven, en op het praktijkdeel wel, moet op het uitmijndeel extra P en K in de vorm van kunstmest gegeven worden om het weglaten van dierlijke mest te compenseren. Deze extra kunstmestgiften kunnen worden berekend door de hoeveelheden P (P₂O₅) en K (K₂O) in de dierlijke mest te vermenigvuldigen met de bijbehorende werkingscoëfficiënten. Zie hiervoor hoofdstuk 1.3 uit de adviesbasis voor de bemesting van grasland en voedergewassen (www.bemestingsadvies.nl). Voor het bepalen van de kalibehoeftte moet bij aanvang ook het K-getal worden bepaald.
- Beide delen worden volgens gangbare adviezen geweid (alleen praktijkdeel) en gemaaid (beide delen), maar het tijdstip wordt vastgesteld in overleg met het proefstation dat zorg draagt voor de gewasbemonstering.

- Op bouwland moet de bemesting worden geregistreerd en voor de registratie van de bemesting en het gebruik van het grasland moet een graslandgebruikskalender worden bijgehouden.



Figuur 28: De 'wasmachine': schematische weergave van de wijze waarop het systeem van versneld uitspoelen werkt.

4.2 'Wasmachine'

4.2.1 Beschrijving maatregel

Om de overmaat aan fosfaat in landbouwgronden zo snel mogelijk te verlagen kan naast het uitmijnen van landbouwgronden, overwogen worden om (eventueel aanvullend) de grond 'schoon te spoelen'. Door er voor te zorgen dat regelmatig en gedurende langere perioden (enkele dagen) het gehele perceel sterk vernat wordt (inundeert), worden de ijzerverbindingen waaraan fosfaat is gebonden omgezet van *onoplosbare* verbindingen naar *oplosbare* verbindingen. Dit wordt veroorzaakt doordat het ijzer reduceert onder zuurstofarme (anaërobe) omstandigheden. Hierdoor neemt de fosfaatconcentratie in het bodemwater toe. Onder laboratoriumomstandigheden is vastgesteld dat de fosfaatconcentratie in fosfaatrijke lagen met een factor zeven kan toenemen onder anaërobe omstandigheden (Schoumans en Köhlerberg, 1997). Door vervolgens het fosfaatrijke water snel af te voeren (eventueel door bemaling) wordt het perceel geschoond. Figuur 28 schetst schematisch de werking van het systeem. De kans bestaat dat ijzer met fosfaat weer neerslaat zodra het aan het oppervlak komt, bijvoorbeeld in de greppels. Met deze maatregel is in de praktijk nog geen ervaring opgedaan, maar komt in veel beleidsdiscussies wel telkens terug als het schoonspoelen van de bodem ('wasmachine'). Het idee is dat tijdelijk verhoogde fosfaatafvoeren uit het landbouwgebied worden geaccepteerd om het perceel 'schoon' te maken. Hierdoor zal eerder een acceptabele lagere fosfaatconcentratie en -vracht optreden en wordt het perceel geschikter voor een natuurbestemming. Aangezien deze maatregel lastig is te combineren met de landbouwpraktijk moet hij vooral worden gezien als een maatregel om fosfaat te verwijderen uit het profiel met

het oog op biodiversiteit. Als zodanig is het misschien een alternatief voor plaggen of verwijderen van bovengrond. Het voordeel van deze maatregel is dat het fosfaat uit alle lagen van de bodem kan worden 'aangepakt'. Nadelen zijn de vereiste aanpassing van het lokale waterbeheer, die niet altijd mogelijk is tegen redelijke kosten, en de natschade die de vernatting veroorzaakt op het perceel zelf of de nabije omgeving. Verder is de effectiviteit onder praktijkomstandigheden lastig in te schatten.

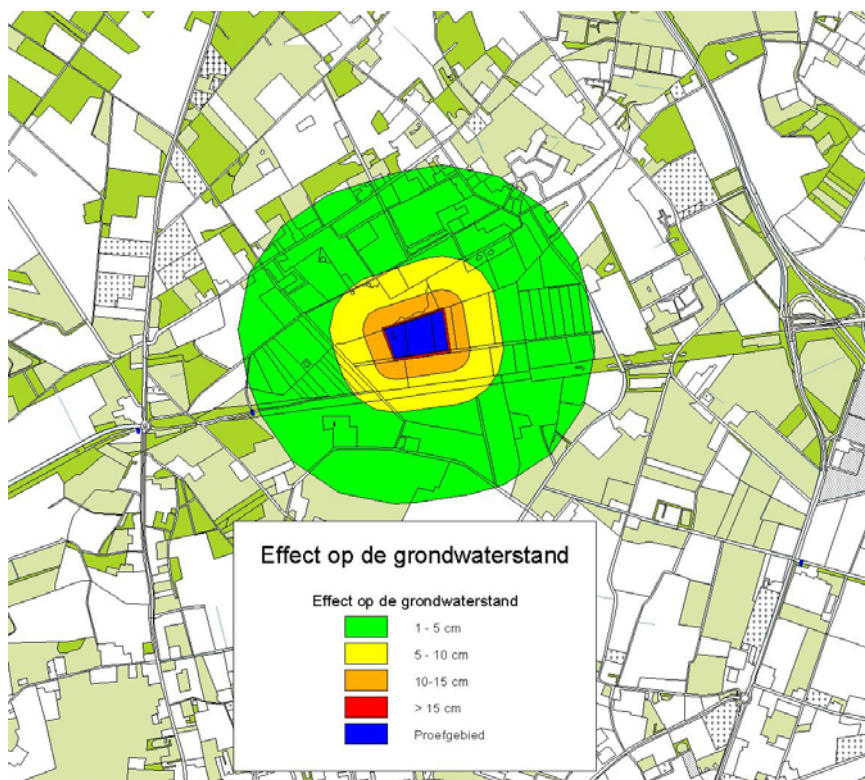
De fosfaatafvoer kan het beste in de winter worden gerealiseerd, enerzijds omdat het fosfaat dan minder kwaad kan in het aquatische milieu, anderzijds omdat er dan minder natschade optreedt.

4.2.2 Locatiekeuze

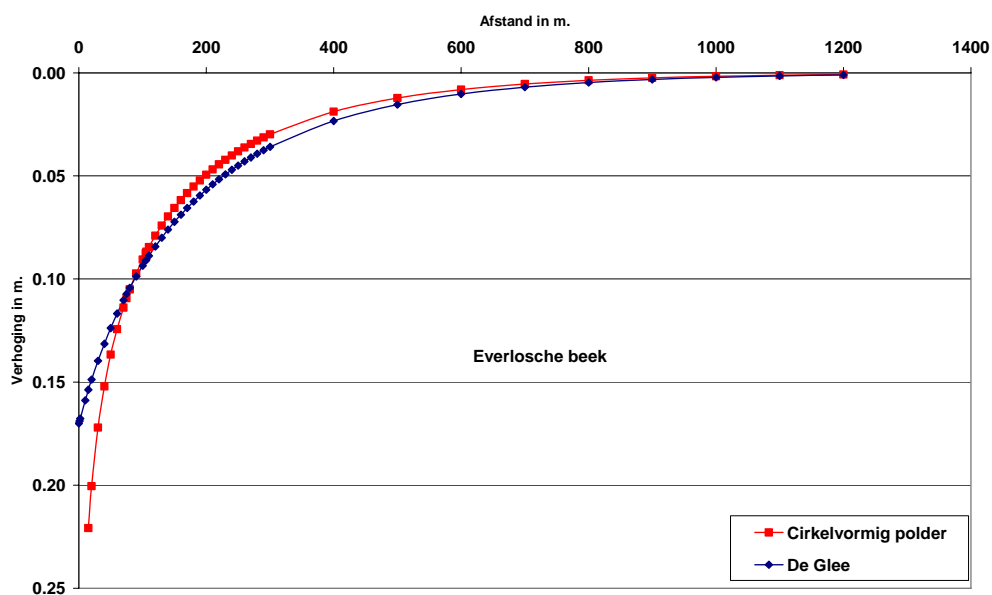
De locatie stelt de volgende eisen.

1. De grondwaterstand kan in relatief korte tijd opgezet worden tot aan maaiveld en vervolgens kan het water weer in korte tijd afgevoerd worden om de grondwaterstand te laten dalen. Dit kan als de neerslag kan worden vastgehouden in en op de bodem en/of als het oppervlaktewaterpeil ter plaatse kan worden verhoogd door inlaat of pompen. Daardoor ontstaat een relatief hoge grondwaterstand ten opzichte van de omgeving die alleen in stand kan worden gehouden als er voldoende kweldruk is om ook na het verhogen van de grondwaterstand wegzijging te voorkomen. Om dit in te kunnen schatten moet een eenvoudige hydrologische systeemanalyse worden verricht.
2. Als de kwel hoog in het profiel doordringt moet rekening gehouden worden met ijzer in het kwelwater. Onder aërobe omstandigheden zal ijzer fosfaat weer vastleggen. Anderzijds verlaagt het wel de fosfaatconcentratie en –vracht, en de fosfaatbeschikbaarheid (en dat was het uiteindelijke doel). Voor het bepalen van ijzer in kwel kan een grondwaterbemonstering worden uitgevoerd.
3. We gaan uit van een locatie met te veel fosfaat in het profiel. De maatregel komt vooral in aanmerking wanneer relatief veel fosfaat op grotere diepte is opgeslagen, met name de diepte waarover de grondwaterstand gaat fluctueren. Deze maatregel is immers in staat het fosfaatfront ook van onderen aan te pakken terwijl het alternatief uitmijnen vooral van bovenaf werkt. Dit zal met grondbemonstering moeten worden vastgesteld.
4. Daarnaast ligt het voor de hand een locatie te kiezen waar het grondgebruik minder intensief is om natschade te beperken.
5. In verband met de monitoring moet het mogelijk zijn zowel een proefterrein als een vergelijkingsobject in te richten. Beide objecten krijgen afgezien van de ontwatering hetzelfde beheer: we gaan uit van tweemaal per jaar maaien van gras.

Om vast te stellen of de kandidaat-locatie Vlakbroek aan de hydrologische randvoorwaarde voldoet is een beperkte hydrologische systeemanalyse uitgevoerd (Bijlage 7). Voor het noordwestelijke perceel blijkt voldoende kweldruk aanwezig, maar dit perceel is inmiddels afgegraven. Vervolgens is gekeken naar het perceel uit figuur 29. Dit perceel ligt iets hoger en daardoor wordt een maximale grondwaterstand van ongeveer 20 cm-mv. verwacht.



Figuur 29: Verhoging van de grondwaterstand in de omgeving indien de grondwaterstand van het wasmachineperceel continu in maaiveld wordt behandhaafd. Berekend volgens De Glee en met een c -waarde van 100 d. (Bijlage 7).



Figuur 30: Stijghoogten in het watervoerende pakket als functie van de afstand tot het proefperceel, waar de grondwaterstand is opgezet tot in maaiveld. Volgens Van der Gaast e.a. (■) en volgens De Glee (◆).

Door het opzetten van de grondwaterstand verandert de oorspronkelijke kwel van 8 mm naar 4 mm wegzijging per dag. De conclusie is dat de wasmachine hier alleen met een pomp kan worden gerealiseerd. Voordeel hiervan is dat deze pomp meteen voor debietproportionele bemonstering van inlaat en afvoer kan worden benut.

Het gevolg van opzetten van het grondwaterpeil tot in maaiveld is vernatting in de nabije omgeving (figuur 29 en 30). Deze vernatting is berekend volgens een worst-case benadering, waarin het grondwaterpeil continue in maaiveld blijft. We schatten dat in werkelijkheid het effect ongeveer de helft zal bedragen (bijlage 7). Dit betekent dat het verwachte effect van vernatting buiten een zone van 100 meter rond het proefperceel beperkt kan blijven tot 5 cm. De berekeningen zijn echter wel met een aantal onzekerheden omkleed. Deze betreffen o.a. de weerstand van de watervoerende laag, het effect van de 'modelvorm' van het perceel (cirkel i.p.v. rechthoek) en het feit dat deze berekeningen met analytische formules, en dus voor evenwichtssituaties zijn uitgevoerd. In werkelijkheid zijn er ook dynamische effecten. Het is daarom verstandig onzekerheidsmarges in acht te nemen om achteraf niet voor verassingen te komen staan.

4.2.3 Monitoringplan

De effecten van de wasmachine zijn naar verwachting beperkt. Stel dat het mogelijk is om het peil 50 cm op te zetten, dat daarmee 100 mm waterschijf kan worden geborgen in de bodem en vervolgens worden afgevoerd, en dat de P-concentratie door anaërobie toeneemt tot 1 mg/l. Dan kan per ronde 1 kg/ha P worden afgevoerd. Als de gehele winterperiode voldoende water beschikbaar is en een ronde twee weken kost, dan kan per jaar maximaal zo'n 10 kg/ha P worden afgevoerd. In werkelijkheid zal het aantal haalbare rondes worden bepaald door de snelheid waarmee anaërobie wordt bereikt. Daarom moet het verloop van de redoxpotential in het profiel worden gemeten.

Bij een geringe jaarlijkse afvoer kunnen de effecten van de maatregel minder goed worden afgeleid uit een verlaging van de fosfaatvoorraad van de bodem, maar waarschijnlijk wel uit een verandering in fosfaatvrucht en -concentratie in de afvoer. Als gevolg van de sterk wisselende bodemchemische omstandigheden in de wasmachine mogen wel veranderingen in de samenstelling van de P-bodemvoorraad worden verwacht. Ook is het mogelijk dat veranderingen in het bodemvocht of het gemakkelijk beschikbare fosfaat waarneembaar zijn. De bemonstering van de bodemvoorraad beperken we daarom tot het begin en eind van de proef. Bodemvocht zullen we wel frequent meten, in ieder geval voor en na opzetten. Door de beperkte doorlooptijd van de proef is een nulmeting in de afvoer niet mogelijk. Eén jaar is daarvoor niet zinvol vanwege de invloed van het weerjaar (minimaal 3 jaren). Daarom bevelen we aan om de wasmachine op een deel van het daarvoor bestemde oppervlak toe te passen en het onbehandelde deel te gebruiken voor vergelijking. Door beide delen gedurende de hele proef te monitoren verkrijgen we toch voldoende informatie over de effecten. Tabel 16 geeft een overzicht van de noodzakelijke metingen.

Tabel 16: Metingen op het behandelde en onbehandelde deel voor de maatregel 'wasmachine'. Voor afkortingen zie noot 9.

Periode	Freq.	Gewas	Bodem	Bodemvocht	Grondwater	Oppervlaktewater
Aanvang	1		pH, org.stof, textuur profielbeschrijving			Debietproportionele bemonsteringsapparatuur ³
Aanvang en eind	2		(Al,Fe,P)ox ⁹ , PAL, Pw, Pi ,N,Pts ⁵ , N,Ptot, Nmin, ortoP	Cups installeren en verwijderen	Grondwaterstand- buizen installeren en verwijderen	
Continue	Deb. prop. ³					debiet ³ , NP-tot,vast ¹ , P-ortho, N-min,
	12/j ²				NP-tot,P-ortho,N-min, redoxpot ² , Fe ⁸ Grondwaterstand	
	2/j ⁴	Ds en NP-tot				
#Monsters en verdeling		8 = 2 behandelingen x 4 herhalingen	Protocol zie toelichting ⁶	40 = 4 plekken x 5dieptes ⁷ (4 cups) x 2 behandelingen. 1/j. 160 (4 cups apart)		Inlaat+ afvoer wasmachine +afvoer referentie = 3

¹ Watermonsters als volgt voorbehandelen: filtreren < 0,45µ voor P-ortho (Nmin) en NPts (voor Pts ook aanzuren), en ongefiltreerd destrueren voor nogmaals NP-tot.

Schema watermonsters	Anorganisch	Organisch	Totaal
Opgelost; <0,45 µ	Nmin; orthoP	Nts-Nmin, Pts-orthoP	Nts; Pts
Vast; >0,45 µ	onderscheid organisch - anorganisch van vaste deeltjes in het water niet onderzocht		Ntot-Nts; Ptot-Pts
Totaal			Ntot, Ptot

² vóór en na 6 rondes: bij hoog peil en bij laag peil. Frequentie hangt af van de snelheid waarmee de redoxpotentiaal daalt na opzetten grondwaterstand.

³ debietproportionele bemonstering kan worden gecombineerd met de pomp voor inlaat en afvoer. Eén opstelling inclusief installatie en exclusief pomp en kunstwerk kost in de orde van 10 k€. (minimaal 2 nodig). Gewenste monsternamen-frequentie afhankelijk van aantal rondes en neerslagoverschot, bijvoorbeeld 60 monsters per jaar.

⁴ natuurlijk grasland maximaal 2 sneden

⁵ CaCl₂-extractie levert een labiel oplosbaar deel van de organische stof (ts), waarin sneller veranderingen mogen worden verwacht dan in het totaal van de organische stof (Velthof, 2003).

⁶ Op basis van een schatting van de variabiliteit zal het aantal benodigde monsters en steken per monster worden berekend. Voorlopig uitgaan van 5 mengmonsters per behandeling. Laagdieptes toespitsen op het traject van de grondwaterstandverandering van beneden de oorspronkelijke grondwaterstand tot maaiveld, bijvoorbeeld 0-10, 30, 50, 70, 90 cm-mv

⁷ Dieptes kiezen in het traject van de grondwaterstandverandering van beneden de oorspronkelijke grondwaterstand tot maaiveld, en afstemmen op de grondbemonstering, bijvoorbeeld 20, 40, 60, 80 cm -mv.

⁸ Zeker bij aanvang, daarna visueel vaststellen of nadere analyse nodig is.

⁹ Afkortingen in tabellen 15,16,17,16:

(Al,Fe,P)ox = oxalaatextraheerbaar aluminium, ijzer en fosfaat, hieruit wordt de fosfaatverzadigings-grad FVG berekend;

K-getal = bodemvruchtbaarheidsindex voor kalium

Nmin = Nmineraal, dat wil zeggen nitraat, nitriet en ammonium

ortho = opgelost anorganisch fosfaat in de vorm van PO₄

P-AL = bodemvruchtbaarheidsindex voor beschikbaar fosfaat op grasland o.b.v. extract met ammoniumlactaat-azijnzuurbuffer

Pc = fosfaat in bodemvocht m.b.v. een centrifugaat van een 1:1 verse grond:water extract.

Pi = fosfaatdesorptiekromme op basis van ijzerpapiertjes

Pw = bodemvruchtbaarheidsindex voor beschikbaar fosfaat op bouwland o.b.v. waterextract 1:60 v:v

pH = zuurgraad bodem

textuur = korrelgrootteverdeling

tot = totaal, ts = totaal oplosbaar, vast = aanwezig in vaste deeltjes

4.2.4 Ontwerp voor Vlakbroek

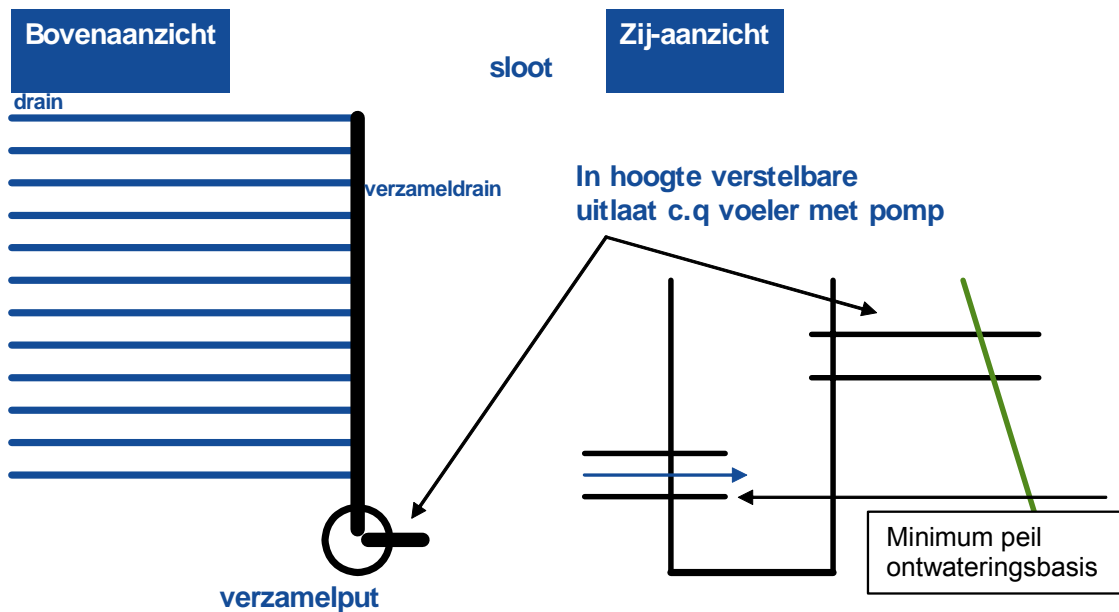
In figuur 4 (paragraaf 2.2.4) is het huidige landgebruik en de begrenzing van de terreinen van Staatsbosbeheer weergegeven. In figuur 29 is het perceel aangegeven, dat in aanmerking komt voor de wasmachine. Er is nog geen besluit genomen over de keuze van een referentieperceel of splitsing van het gekozen perceel voor vergelijking. Vanwege de uitstraling van de grondwaterstandverhoging in de wasmachine is een referentieperceel op afstand beter, maar voor de vergelijkbaarheid

moet het juist weer dichtbij liggen. De waterhuishoudkundige inrichting van het proefterrein moet zodanig worden aangepast dat het gehele terrein snel onder water kan worden gezet en ook weer snel kan worden ontwaterd. Daartoe wordt bij het afvoerpunt op de hoofdwaterloop een stuw gerealiseerd met een kruinhoogte gelijk aan de maaiveldhoogte van de buitenste begrenzing van het te inunderen terrein. In het terrein worden greppels aangelegd (ca. 25 cm diep en 5 m uit elkaar) om na droogval een snelle daling van de grondwaterstand te bewerkstelligen. Deze greppels monden uit in de waterloop naast het laagste deel van het perceel dat afwatert richting aangelegde stuw. Daarnaast is een pomp noodzakelijk voor voldoende inlaat, versnelde afvoer en voor debietproportionele bemonstering. De afvoer van het referentieperceel moet worden gescheiden van het proefperceel (of proefblok binnen het perceel) en eveneens debietproportioneel worden bemonsterd. Installatie van een stuw en een pomp voor het referentieperceel maakt het mogelijk om door middel van peilbeheer de effecten van uitstraling van het proefperceel (of -blok) naar het referentieperceel te compenseren, waardoor toch en nabij perceel kan worden gekozen. In dat geval moet bij de monitoring voldoende afstand tussen de twee behandelingen in acht worden genomen in verband met mogelijke randeffecten (horizontaal transport en verloop in de grondwaterstanden).

4.3 Samengestelde diepe drainage met niveauregeling

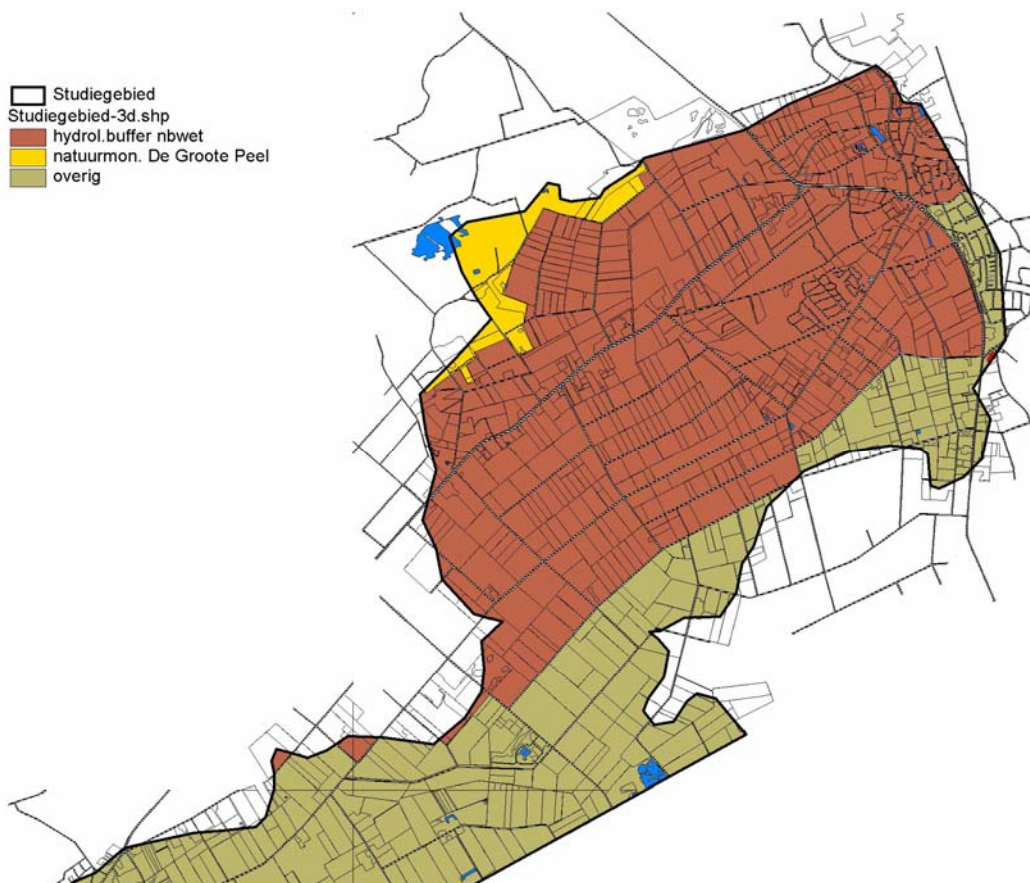
4.3.1 Beschrijving maatregel

Uit studies van o.a. NITG is gebleken dat intensieve buisdrainage de wateroverlast in de landbouw kan verminderen zonder extra droogteschade, mits de ontwateringsbasis (het peil in de sloot of het drainagestelsel) gelijktijdig wordt verhoogd (Rozemeijer en Griffioen, 2004). Het nadeel van gewone drainage met niveauregeling is echter dat daardoor de verblijftijd van het neerslagoverschot sterk wordt gereduceerd met kans op extra fosfaatlekkage. Al eerder is een idee uitgewerkt om dit nadeel te voorkomen door de drainbuizen dieper en onder water te leggen (Schoumans en Kruijne, 1995). Deze auteurs gingen uit van één zeer diepe drainbuis parallel aan de sloot om de stroombananen naar de sloot om te buigen via de ondergrond, waarin het fosfaat kan worden vastgelegd. Indien door de aanleg de GHG wordt verlaagd is een sterke reductie (tot 70%) van de P-uitspoeling mogelijk. Bij de maatregel die we hier voorstellen is eveneens sprake van verdiept aangelegde drainage (1,50 m-mv.) maar deze drainage wordt perceelsdekkend aangelegd waardoor het daarnaast mogelijk wordt de ontwatering en de watervoorziening van het perceel te optimaliseren zonder de gemiddelde grondwaterstand te verlagen. In principe is het mogelijk om met deze maatregel de perceelsloten te vervangen, dat wil zeggen te dempen. Dat levert grondwinst en minder belasting van het oppervlaktewater. De kans op afspoeling en oppervlakkige afvoer wordt kleiner omdat de frequentie van grondwaterstanden vlak onder of in het maaiveld afneemt. Een vroeger veel genoemd nadeel dat water via de drainsleuf snel in de drainbuis komt is verholpen door de techniek van sleufloze drainage.



Figuur 31: Samengestelde diepe drainage met niveauregeling volgens 'systeem van Iersel'

Recentelijk is door de heer Van Iersel van het waterschap Peel en Maasvallei het idee van samengestelde drainage met niveauregeling verder uitgewerkt. Dit idee is primair gericht op verbetering van de landbouwbedrijfsvoering: zowel waterconservering in het voorjaar als betere ontwatering in de winter (figuur 31). De drainbuizen monden uit in een verzameldrain die uitkomt op een put waarvan de waterstand kan worden geregeld. De drainbuizen liggen altijd onder water. Dit voorstel is goed te combineren met onderzoek naar de reductie van fosfaatbelasting van het grond- en oppervlaktewater door een meer verfijnde waterbeheersing op het perceel. Deze verfijning houdt in dat pieken in de grondwaterstand, die mogelijk leiden tot fosfaatmobilisatie, worden voorkomen door middel van de drainage, en dat verdroging en droogteschade door diepe grondwaterstanden worden voorkomen door het peil in de put structureel op te zetten. Door het verhogen van de ontwateringsbasis bij de overgang van winter- naar zomer kan ook waterconservering worden gerealiseerd. Dit vereist peilbeheer afhankelijk van de grondwaterstand, dat eventueel kan worden geautomatiseerd (dynamisch peilbeheer). Daartoe worden grondwaterstandbuizen geïnstalleerd, die automatisch bij een bepaalde grondwaterstand een signaal afgeven. Om randeffecten te voorkomen wordt zo veel mogelijk gemeten op locaties binnen het gedraineerde deel, die geen invloed ondervinden van het nulobject en omgekeerd.



Figuur 32: Hydrologische bufferzones waar voor drainage een extra vergunningprocedure geldt.

De maatregel heeft voor het landgebruik geen negatieve gevolgen en kan juist positief uitpakken door de verbeterde drainage. De te verwachten voordelen in de vorm van minder wateroverlast worden niet verrekend maar vallen toe aan de betrokken agrariër. Na afloop van de proef kan de drainage blijven functioneren. De betreffende agrariër zou kunnen worden vergoed voor eventuele overlast tijdens aanleg. Aanleg van de drainage vindt in principe plaats buiten het groeiseizoen en de kosten van de drainage komen ten laste van de Fosfaatpilot. De elektriciteitskosten van de pomp en daaraan gekoppelde meetapparatuur worden op basis van verbruikte kWh's vergoed.

4.3.2 Locatiekeuze

De locatie moet voldoen aan de volgende randvoorwaarden.

- Er is een vergunning nodig van de grondwaterbeheerder, i.c. de provincie, voor het aanleggen van drainage binnen de hydrologische bufferzone uit figuur 32. De procedure duurt minmaal 21 weken. Het is overigens goed mogelijk de ontwatering in te richten met een gegarandeerd minimum peil voor de ontwateringbasis om aan de vergunning te kunnen voldoen.
- De maatregel is naar verwachting vooral effectief wanneer zich relatief veel fosfaat bevindt tussen bouwvoor en de diepte rond GHG (zeg 30-60 cm-mv.).

- Het slootpeil is ca. 1,10 m –mv.
- Bij voorkeur één groot perceel om behandeld en onbehandeld mogelijk te maken en om eventueel een kleine bufferzone aan te kunnen leggen tussen behandeld en onbehandeld.
- Uit vooronderzoek (bijlage 8) blijkt dat de aanleg van de buisdrainage ter plaatse niet leidt tot een structurele daling van de grondwaterstand. Het is mogelijk om pieken in de grondwaterstand te voorkomen en toch de grondwaterstand gemiddeld niet te laten dalen.
- In de ongedraineerde uitgangssituatie bedraagt de GHG minder dan 0,40 cm –mv.
- In het geval er wateraanvoer mogelijk is, kan van de vorige randvoorwaarden worden afgeweken.
- De ongedraineerde uitgangssituatie is bij voorkeur gelegen aan een eindsloot, dat voorkomt afdammen en omleiden voor de monitoring.
- In de gedraineerde uitgangssituatie moet afspoeling worden voorkomen, zie monitoringplan.

Er zijn twee geschikte percelen gevonden, één reeds gedraineerd akkerbouwperceel met zeer hoge fosfaattoestand binnen de bufferzone, en één grote ongedraineerde en relatief natte huiskavel (grasland) met een hoge fosfaattoestand.

4.3.3 Monitoringplan

Ook bij deze maatregel is gekozen voor de aanpak met een vergelijking tussen een behandeld en een onbehandeld deel (referentie) van een perceel. Daarbij zijn echter twee opties: de referentie is gedraineerd (1) of ongedraineerd (2). Gebleken is dat er nog nauwelijks ongedraineerde natte percelen voorkomen, zeker niet met een GHG binnen 40 cm -mv. Bovendien blijkt uit het vooronderzoek dat de natte ongedraineerde percelen niet de percelen met de grootste fosfaatvoorraad zijn, waardoor er ook minder fosfaat aanwezig is in de voor deze maatregel interessante laag (30-60 cm–mv.) beneden de bouwvoor. In de jaren vóóordat mestopslagcapaciteit voor de winterperiode werd gebouwd werd vooral varkensmest jaarrond uitgereden op de meest draagkrachtige (dus niet de natte) percelen. Hierdoor is de relevantie van een ongedraineerde referentie geringer. Het is dan relevanter om te onderzoeken in hoeverre samengestelde diepe drainage met niveauregeling de fosfaatbelasting kan terugdringen ten opzichte van traditioneel gedraineerde percelen. Op deze percelen worden wel hoge fosfaattoestanden aangetroffen en ze komen meer voor. Dit heeft als bijkomend voordeel dat het monitoren kan worden toegespitst op de belasting via drainbuizen in plaats van relatief dure debietproportionele vrachtmetingen in afgedamde slootdelen. Nadeel hiervan is dat het effect van drainage op oppervlakkige afspoeling niet wordt meegenomen. Dit nadeel kan worden voorkomen door oppervlakkige afspoeling fysiek te blokkeren. De blokkade bootst de situatie na met samengestelde diepe drainage zonder sloot, waarin evenmin oppervlakkige afspoeling mogelijk is.

Met het oog op de latere opschaling naar andere delen van Limburg raden we toch ook een vergelijking aan met een ongedraineerde referentie (optie 2). Het is mogelijk

dat daar nog wel ongedraineerde percelen met GHG binnen 40 cm–mv. voorkomen. Optie 2 maakt het mogelijk de bijdrage te onderzoeken van samengestelde diepe drainage aan de totale vermindering van de vracht, dus inclusief de oppervlakkige deelvrachten. Optie 2 resulteert in een casus die later behulpzaam kan zijn bij het kalibreren van modellen.

Ten behoeve van de vergelijking wordt dus op één helft samengestelde diepe drainage met niveauregeling aangelegd. Eventueel kunnen ook twee vergelijkbare percelen worden gekozen. Het monitoringplan hieronder heeft dus steeds betrekking op twee perceelhelften of percelen.

Bij optie 1 kan zowel bij de behandeling en als bij de referentie debietproportioneel drainafvoer worden bemonsterd. In dit geval worden alleen de drainafvoeren vergeleken en niet de totale vracht. Daarom moet de proef zo worden aangelegd dat geen oppervlakkige afvoer naar de sloot mogelijk is. Eventuele natschade als gevolg hiervan kan in de vergoeding aan de boer worden meegenomen.

Bij optie 2 is de vrachtmeting van het ongedraineerde referentieperceel lastig. De totale afvoer, van referentie en van behandeld perceel(deel), inclusief drainafvoer, moeten onderling, en van andere afvoer worden gescheiden om de totale fosfaatvracht van beide behandelingen debietproportioneel te kunnen meten. De consequentie van de keuze voor optie 2 is dus dat debietproportioneel afvoeren gemeten moeten worden in afgedamde slootdelen. Bij wijze van alternatief kan worden overwogen om de vracht van referentie en behandeling te schatten met een combinatie van metingen (concentraties) en modelberekeningen (afvoer).

In tabel 17 zijn de metingen uitgewerkt.

Voor uitvoering, oriënterend

Bodem

Om te komen tot een selectie van percelen die geschikt zijn voor uitmijnen is eerst een globale grondbemonstering uitgevoerd zoals beschreven in paragraaf 3.3.5. De percelen zijn ingedeeld naar aangetroffen bodemkenmerken (110 cm–mv.), gemiddeld zijn vervolgens vier mengmonsters per diepte (0-30, 30-60, 30-90 cm–mv.) geanalyseerd op beschikbaarheid van fosfaat (Pw en P-AL) en fosfaatverzadigingsgraad (P-ox, Fe-ox en Al-ox).

Water

De hydrologie is onderzocht op de gewenste randvoorwaarden (bijlage 8).

Voor uitvoering, definitief

Vervolgens wordt een indeling van de geselecteerde percelen in twee zo veel mogelijk gelijke blokken gemaakt. Voorkomen moet worden dat verschillen tussen blokken het gevolg zijn van verschillen bij aanvang. Om de homogeniteit te beoordelen worden deze blokken daarom opnieuw in meer detail bemonsterd. Deze bemonstering dient tevens als nulmeting. We volgen daarbij een nog te ontwikkelen

Tabel 17: Metingen op het behandelde en onbehandelde deel voor de maatregel samengestelde diepe drainage met niveauregeling. Voorafkortingen zie lijst¹⁰ onderaan de tabel.

Periode	Freq.	Gewas	Bodem	Bodemvocht	Grondwater	oppervlakte(drain)water
Aanvang	1		pH, org.stof, textuur profielbeschrijving			
Aanvang en eind	2		Pw, P-AL, (Al,Fe,P)ox, Pi, Nmin, NPts ⁵ , NPtot	Cups installeren en verwijderen Grondwaterstandbuisen, idem		Debietproportionele bemonsteringsapparatuur, verzamelbuis installeren ³
Continue	Debprop ³					debiet ³ , P-ortho, N-min, NP-tot, NP-ts, vast ¹
	2x/j ²			Pw+Pc		
	7x/j ²			Grondwaterstand ⁴ , Fe ⁹ , redox ⁹ Portho, Nmin, NPts		
	2 of 6/j ⁷	Ds en NP-tot				
#Monsters en verdeling		2 behandelingen x 4 herhalingen = 8	Protocol zie toelichting ⁶	40 = 4 plekken x 5 dieptes ⁸ (meng 4 cups) x 2 behandelingen. 1/j. 160 (4 cups apart)		Referentie plus behandeling ³

¹ Monsters als volgt voorbehandelen: filtreren < 0,45µ voor P-ortho (Nmin) en opgelost NPts destrueren voor nogmaals NP-ts

Schema watermonsters	Anorganisch	Organisch	Totaal
Opgelost; <0,45 µ	Nmin; orthoP	Nts-Nmin, Pts-orthoP	Nts; Pts
Vast; >0,45 µ	onderscheid organisch - anorganisch van vaste		Ntot-Nts; Ptot-Pts
Totaal	deeltjes in het water niet onderzocht		Ntot, Ptot

² Frequentie kan gedurende de proef op het verloop van grondwaterstand en neerslagoverschot worden afgestemd: resp. per 100 en per 50 mm neerslagoverschot plus één extra na het groeiseizoen. Frequente meting van bodemvocht en grondwater kan worden gebruikt in combinatie met een hydrologisch model (ca. 10 dagen werk) om de vracht te schatten voor referentie en behandeling. Als zodanig een alternatief voor de vrachtmeting ad 3.

³ debietproportionele bemonstering van het drainwater kan worden gecombineerd met de pomp in de put voor peilregeling (systeem van Iersel). Eén monsterapparaat inclusief installatie en exclusief pomp en kunstwerk kost in de orde van 10 k€. Als gekozen wordt voor een referentie met traditionele drainage, dan kan dezelfde oplossing gekozen worden. Hiervoor moet een verzamelbuis worden aangelegd. Indien het slootpeil soms boven de drainbuisen komt dan moet voor die omstandigheden een aanvullende voorziening getroffen worden (totaal 16 k€). Als de referentie geen drainage heeft zal ter plaatse moeten worden onderzocht of slootafvoer van het perceel gescheiden en debietproportioneel bemonsterd kan worden voor beide behandelingen. Voor twee afdammingen kan ongeveer 15 k€ worden aangehouden. Monsternamenfrequentie bijvoorbeeld 1 per 5 mm = 60 monsters per jaar.

⁴ installatie van cups is relatief duur en kan worden afgewogen tegen frequentere bodembemonstering voor Pw en Pc (bijvoorbeeld per 50 mm neerslagoverschot, 7x/j). Nog een alternatief is het gebruik van een (bestaande of speciaal hiervoor aangelegde) drainbuis voor bemonstering van het bovenste grondwater. Dit is een aantrekkelijke optie wanneer gestart wordt met een reeds gedraineerd perceel.

⁵ labiele oplosbare organische stof (ts) in CaCl₂-extract, waarin sneller veranderingen mogen worden verwacht dan in het totaal van de organische stof (Velthof, 2003).

⁶ Op basis van een schatting van de variabiliteit zal het aantal benodigde monsters en steken per monster worden berekend. Voorlopig uitgaan van 5 mengmonsters per behandeling per diepte, dieptes concentreren rond oude en verwachte nieuwe GHG (0-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-90 cm-mv).

⁷ bouwland 2x, eindoogst en eventueel wintergewas, grasland 6x, bijv. 2x maaien en 4 x weiden

⁸ gedraineerde referentie 3 dieptes, bijv.: 30, 60, 90 cm -mv; ongedraineerde referentie en samengestelde diepe drainage 5 dieptes, bijv.: 0, 60, 90, 120, 150 cm-mv. De 4 cups per diepte op verschillende horizontale afstanden tot de drainbuisen plaatsen (traject 0 tot halve drainafstand).

⁹ Grondwaterstand, Fe en redox bij aanvang van de proef om te controleren of Fe aanwezig is en waar anaërobie kan ontstaan, daarna eventueel alleen nog grondwaterstand meten. Grondwaterstandmetingen kunnen worden gecombineerd met dynamisch peilbeheer

¹⁰ Afkortingen in tabellen 15, 16, 17, 19

(Al,Fe,P)ox = oxalaatextraheerbaar aluminium, ijzer en fosfaat, hieruit wordt de fosfaatverzadigings-grad FVG berekend;

K-getal = bodemvruchtbaarheidsindex voor kalium

Nmin = Nmineraal, dat wil zeggen nitraat, nitriet en ammonium

ortho = opgelost anorganisch fosfaat in de vorm van PO₄

P-AL = bodemvruchtbaarheidsindex voor beschikbaar fosfaat op grasland o.b.v. extract met ammoniumlactaat-azijnzuurbuffer

Pc = fosfaat in bodemvocht m.b.v. een centrifugaat van een 1:1 verse grond:water extract.

Pi = fosfaatdesorptiekromme op basis van ijzerpapiertjes

Pw = bodemvruchtbaarheidsindex voor beschikbaar fosfaat op bouwland o.b.v. waterextract 1:60 v:v

pH = zuurgraad bodem

textuur = korrelgrootteverdeling

tot = totaal, ts = totaal oplosbaar, vast = aanwezig in vaste deeltjes

optimaal protocol om statistisch relevante verschillen te kunnen aantonen (zie o.a. Brus et al. 1999). De diepte wordt vastgesteld aan de hand van de uitkomsten van het oriënterend onderzoek, maar zal worden toegespitst op de laag tussen bouwvoor en iets beneden GHG, bijvoorbeeld 0-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-90 cm-mv. Deze monsters worden naast de eerder genoemde fosfaatbepalingen bij oriënterend ook geanalyseerd op de vaste bodemkenmerken pH, organische stof en textuur. Daarnaast wordt de fosfaatfractionering gecompleteerd met organisch P en Pi (desorbeerbare voorraad P op basis van een FeO-strip). Bodemvocht kan worden bemonsterd met cups: per behandeling 4 plekken van vier cups per diepte. Voor de dieptes zie noot 8 bij tabel 17.

Grondwaterstandbuizen plaatsen voor het monitoren van de grondwaterstanden en de redoxpotentiaal, en eventueel voor grondwaterstandafhankelijk peilbeheer.

Na aanleg, tijdens de proef

Bodemvocht en grondwater. Hiervoor zijn drie alternatieven.

De eerste optie is periodiek bemonsteren door middel van cups. De cups worden in de diepte geconcentreerd rond de bodemlagen waar de grondwaterstand door de maatregel gaat veranderen (rond de oude en nieuwe GHG). De frequentie wordt afgestemd op de perioden met grootste drainafvoer (minimaal maandelijks in de periode met neerslagoverschot). De ruimtelijke bemonsteringsdichtheid is 4 monsterplekken per behandeling met vier cups per diepte op verschillende horizontale afstand tot de drainbuizen (traject 0 - halve drainafstand). In principe 1 mengmonster nemen van vier cups per diepte, totaal 4 mengmonsters x 4 dieptes = 16 monsters per keer per behandeling. Om de ruimtelijke variabiliteit te toetsen worden aan begin en eind cups apart bemonsterd.

De tweede optie is gebruik maken van een drainbuis voor frequente bemonstering van het bovenste grondwater. Deze drainbuis met dan op traditionele diepte (80-120 cm-mv.) aanwezig zijn of speciaal hiervoor worden aangelegd. Nadeel van deze optie is dat alleen bemonsterd kan worden bij hogere grondwaterstanden en dat een mengmonster van water van verschillende verblijftijden wordt genomen. Met grondwaterbuizen kan het meest recente water worden bemonsterd. Voordeel van de drainbuis is dat je een groot deel van de ruimtelijke variatie kwijt bent.

De derde optie is frequente grondbemonstering op Pw en Pc (bodemvocht) in combinatie met bemonstering van het bovenste grondwater met grondwaterbuizen

Vracht en debiet: In het perceeldeel met samengestelde diepe drainage kan via de put en de pomp debietproportionele bemonsteringsapparatuur worden aangesloten voor een vrachtmeting. Datzelfde is mogelijk bij de gedraineerde referentie, zij het dat hier dan een verzamelbuis moet worden geïnstalleerd en, indien nodig, een voorziening bij infiltratie (totaal 2 opstellingen).

In geval van een ongedraineerde referentie worden beide delen van de sloot, waarop de behandelingen afwateren, afgedamd. Het peil in de afgedamde delen wordt met een pomp geregeld en afgestemd op de rest van de sloot. Hierdoor is één extra debietproportionele bemonstering nodig voor de vrachtmetingen tussen sloot en afdammingen (totaal 3 opstellingen). De volledig geautomatiseerde bemonstering kost ongeveer € 10 per opstelling. Twee afdammingen kosten in de orde van 15 €.

Deze laatste kosten zouden grotendeels kunnen worden vermeden in geval van een eindsloot.

Het alternatief is alleen concentraties meten in combinatie met modelberekeningen (ca.3 weken modellerwerk).

4.3.4 Ontwerp voor een geschikt landbouwperceel

- Zie schetsontwerp (figuur 31 ontleend aan Van Iersel).
- De drainbuizen worden sleufloos op 1,50 m–mv. aangelegd. Belangrijk punt van aandacht is daarbij dat de grond rond de drainbuizen niet mag versmeren maar echt moet worden opgelicht.
- De drainafstand volgt uit een meting van de doorlatendheid en de Hooghoudt-formule. Het grondwaterstand- en drukhoogte-afhankelijk peilbeheer wordt ontleend aan berekeningen met SWAP (bijlage 8).
- De waterstand in de put is instelbaar van 0,70 tot 1,10 m–mv. en kan eventueel worden geregeld via op afstand instelbare sensoren in grondwaterpeilbuizen (dynamisch peilbeheer) die een onderwaterpomp aansturen.
- Een verlaging van de GHG wordt volledig gecompenseerd met een verhoging van de GLG (bijlage 8).
- De kosten van aanleg van de samengestelde diepe drainage worden geschat op ca. 4000 euro per ha.
- Het maken van de put waarin de verzameldrain uitkomt wordt gecombineerd met de debietproportionele bemonsteringsapparatuur. De verzameldrain mondt uit in een in de grond ingegraven put. Daarin bevindt zich een onderwaterpomp die wordt aangestuurd door de waterstand in de put. Via een gesloten leiding wordt het water naar de sloot gevoerd. De registratie van het debiet gebeurt met de Siemens flowmeter. Het signaal van de debietmeter stuurt een debietproportioneel bemonsteringsapparaat aan waarmee watermonsters worden verzameld die wekelijks worden meegenomen voor laboratoriumanalyse.
- Een combinatie met de maatregelen tegen afspoeling is mogelijk. Voorkomen moet worden dat afspoeling optreedt in het geval van een gedraineerde referentie (optie 1). Hierdoor zou een deel van de werking van samengestelde diepe drainage worden gemist.
- Door middel van berekening zou het optreden van verschillen tussen de behandelingen kunnen worden versneld door in de winter extra neerslag te genereren.

4.4 Vloevelden

4.4.1 Beschrijving en keuze maatregel

Water dat te veel nutriënten bevat kan (voor een deel) van deze nutriënten worden ontdaan door middel van een vloeveld (helofytenfilter, zuiveringsmoeras). In het kader van deze studie kan deze maatregel als een end-of-pipe oplossing worden gezien (zie figuur 1 paragraaf 2.1). Het maakt in principe niet uit of het water afkomstig is van landbouwbedrijven, van riooloverstorten, van verharde opper-

vlakken of van een vervuilde waterloop. Fosfaat en stikstof kunnen in een vloeiveld worden onderschept door bezinking van vaste deeltjes, door opname en vervolgens afvoer van de helofyten (bijvoorbeeld riet), door vastlegging in de organische stof, door denitrificatie (alleen N) en door binding in de bovengrond en eventueel aan toegevoegd ijzer (alleen P).

Twee duidelijk verschillende typen helofytenfilters zouden in aanmerking kunnen komen (bijlage 3: workshopverslag met daarin opgenomen referenties).

- Een met riet begroeid vloeiveld: horizontaal doorstroomd over het landoppervlak, effectiviteit¹ in de orde van enige tientallen procenten. Riet is de voornaamste onderschepper van P. Daarnaast vindt bezinking van slib en vastlegging in wortels plaats.
- Technologisch geavanceerd verticaal doorstroomd helofytenfilter waarin de fosfaatbinding vooral door het toegevoegde ijzer wordt gerealiseerd. Effectiviteit aanvankelijk vrijwel 100%.

De effectiviteit om P te onderscheppen van een vloeiveld (type 1) is relatief laag. Door jaarlijks riet te oogsten kan zo'n 50 kg per ha per jaar worden onderschept. De capaciteit (verhouding areaal vloeiveld : areaal bovenstrooms gebied) varieert in het algemeen van 1:10 tot 1:20 (bijlage 3). Echter, indien veel P is gebonden aan slib en het vloeiveld is in staat het slib in te vangen dan stijgt de effectiviteit. Indien met tussenpozen van 5 jaar de wortelstokken (met gesedimenteerd slib) worden verwijderd blijft het riet vitaal en kan de effectiviteit worden vergroot doordat ook ondergrondse delen met daarin opgeslagen fosfaat worden afgevoerd. We schatten daarom voor het aan te leggen vloeiveld in het studiegebied van netto 3 ha een jaarlijkse vastlegging van $2 \times 3 \times 50 = 300$ kg P per jaar (zonder ijzertoevoeging). Dat komt overeen met de afvoer van ongeveer 60 ha (tabel 18: de jaarlijkse afvoer van het totale gebied komt bij 300 mm neerslagoverschot overeen met 240 ha, dus 4,6 kg P per ha per jaar). De capaciteit zou dan 1:20 zijn en de geschatte effectiviteit 27%.

Tabel 18: Berekening van de verwachte effectiviteit¹ van het vloeiveld in het bergingsperceel naast de Eeumselsche Loop op basis van afvoer van riet. We verwachten ongeveer het dubbele in verband met slibbezinking en verwijdering van wortelmassa. MA = Maatgevende afvoer

Gemiddelde concentratie in	Gemiddeld debiet 15% MA		Anvoer P	Ruimtebeslag	Reductie P	Afname concentratie P	Gemiddelde concentratie uit	Effectiviteit
mg.L ⁻¹	L.s ⁻¹	m ³ .jaar ⁻¹	kg jaar ⁻¹	ha	kg.jaar ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	%
1.53	23	725328	1110	3.0	150	0.21	1.39	13.5

De aanleg is relatief goedkoop en het beheer past goed bij een agrarische bedrijfsvoering. Een deel van het bedrijf wordt ingericht als vloeiveld en in september wordt het riet geoogst en wordt op het bedrijf gecomposteerd, vergist of gehakseld en ondergewerkt. Het rietcompost kan vervolgens op het bedrijf of in de streek worden hergebruikt. Een mogelijk alternatief is het riet te gebruiken als grondstof voor bio-energie.

¹ effectiviteit = vracht met maatregel / vracht zonder maatregel x 100 %.

De technologische typen zijn veel effectiever om P te verwijderen (>90%) omdat de werking berust op gecontroleerde doorstroming van een medium dat fosfaat kan binden. Voorwaarde voor gecontroleerde doorstroming is voldoende berging. Het ruimtebeslag is een factor 3 à 5 lager in vergelijking met horizontale vloeivelden. Na ongeveer 25 jaar is het systeem met P opgeladen en moet de inhoud van de filter worden afgevoerd en vervangen door nieuw materiaal. Voor een gemotiveerde keuze is de kosteneffectiviteit van belang. Volgens het tekstkader bedraagt de geschatte capaciteit van een verticale helofytenfilter inclusief bergingsperceel 1 : 47 (ha.ha⁻¹), de geschatte effectiviteit 65% en de geschatte kosteneffectiviteit 640 € per jaarlijkse 'gezuiverde' kg P, of € 3000 per 'gezuiverde' ha. Het horizontale vloeiveld mag dus in vergelijking met de verticaal doorstroomde filter 640 (zelfde kosteneffectiviteit in € per jaarlijkse kg P) x 300 (jaarlijkse vastlegging door horizontale vloeiveld in P kg/ha/j) = 192.000 € kosten.

Schatting capaciteit en (kosten)effectiviteit van een verticale helofytenfilter

Een verticaal doorstroomde helofytenfilter van 1000 m² zou volgens de deskundigen uit bijlage 3 in de orde van 100.000 € moeten kosten. Om de afvoer uit tabel 15 te kunnen verwerken is bij een doorstroomd debiet van 200 mm/d ongeveer 1 ha helofytenfilter nodig, mits er voldoende berging aanwezig is. Uitgaande van een schaalvoordeel van 50% zouden de kosten voor aanleg op € 500.000 uitkomen. Stel 2/3 van het jaar ligt de afvoer beneden 15%MA (maatgevende afvoer) en 1/3 jaar erboven. De gemiddelde afvoer in de 2/3 jaar met lagere afvoer is naar schatting ongeveer 7,5% MA, dan is de afvoer in de rest van het jaar (1/3) gemiddeld 0,30 MA. In de periode (2/3 jaar) met lagere afvoer kan de afvoer volledig worden gefilterd: 2/3 x 7,5% MA of 370 kg P (tabel 15). De filter is gedimensioneerd op maximaal 15% MA, dus we filteren 1/3 jaar maximaal 15%MA, overeenkomend met 1/3 x 1110 = 370 kgP en de rest, 30%MA -15%MA = 15% MA of 370 kg P verdwijnt in die periode via de bypass. Subtotaal 740 kg P. Maar we hebben nog berging op de resterende 3,6 - 1 = 2,6 ha. Stel 100 cm berging = 26.000m³. Dat loopt bij 30%MA binnen een week vol. Laten we aannemen dat die berging vervolgens constant vol blijft in de 1/3 jaar met hogere afvoer, dan kunnen we de berging dus één maal extra legen via de filter. Dat is 26000/725000 x 1110 = 40 kg. Totaal samen 780 kg, overeenkomend met de afvoer van 170 ha. Capaciteit inclusief bergingsperceel is dus 170 / 3,6 = 1 : 47. De geschatte effectiviteit van de verticale filter wordt dan >90% van 780/1110 = ca. 65%. De kosteneffectiviteit bedraagt dan ongeveer 500.000 / 780 = 640 € per jaarlijkse kg P, ofwel 500.000 / 170 = € 3000 per 'gezuiverde' ha.

De werkgroep heeft gekozen voor het eerste type op basis van twee argumenten. Het eerste argument is de zojuist behandelde kosteneffectiviteit. Het is moeilijk voor te stellen dat een verticale helofytenfilter met deze aanlegkosten (€ 3000/ha landbouwgrond) grootschalig in Noord- en Midden-Limburg kan worden ingevoerd. Een dergelijke kapitaalintensieve, technologisch geavanceerde oplossing past dan beter bij een meer geconcentreerde afvalwaterstroom, waarvoor ook minder berging nodig is. In het studiegebied kan de aanleg van een grootschalig horizontaal vloeiveld bovendien meeliften met de aanleg van het bergingsperceel, waardoor deze optie heel aantrekkelijk wordt.

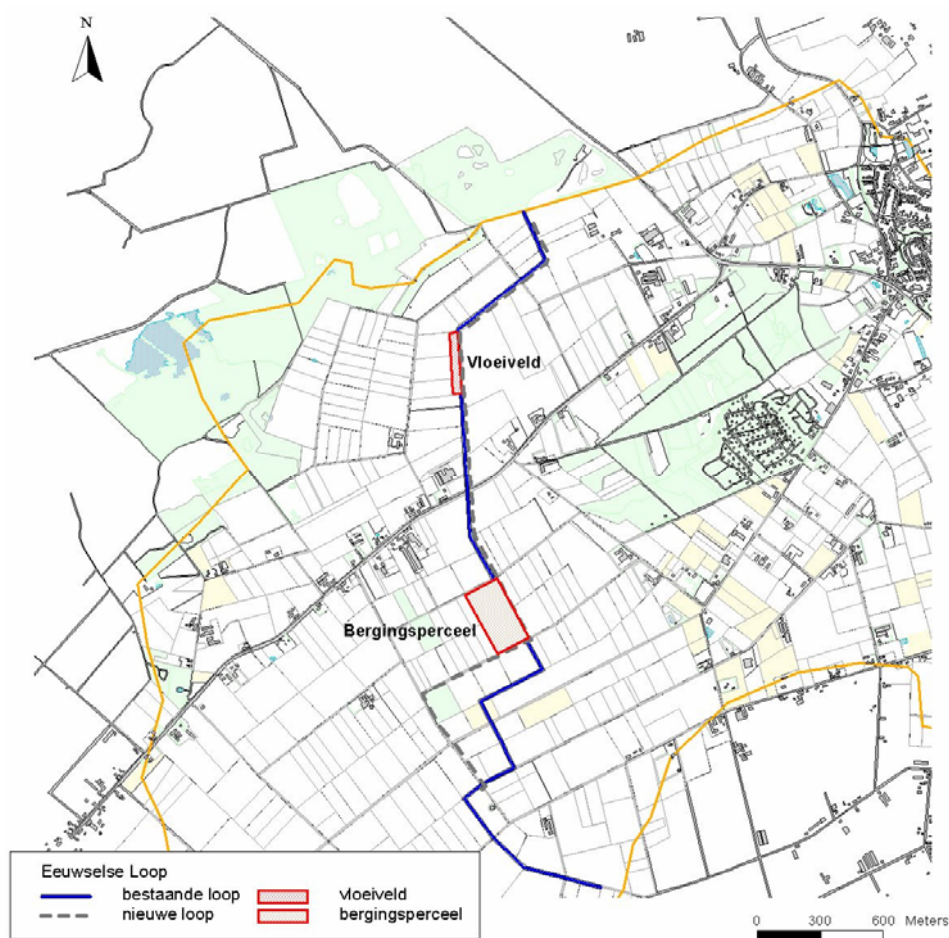
Het andere argument is dat de Fosfaatpilot primair op zoek is naar maatregelen in de landbouw om fosfaatbelasting terug te dringen. De landbouw wordt als diffuse bron relatief steeds groter. Oplossing van het fosfaatprobleem vraagt daarom betrokkenheid van de landbouw en maatregelen waarvoor draagvlak in de streek kan worden verkregen. Het tweede technologische type vraagt geen betrokkenheid van

de landbouwsector, terwijl dat wel het geval kan zijn bij een horizontaal vloeiveld. Ten eerste is het denkbaar dat agrariërs uit de streek ingezet worden bij het onderhoud van vloeivelden en het verwerken van riet en slib. Een horizontaal vloeiveld vraagt daarnaast ruimte in landbouwgebied. Ook hiervoor geldt het adagium 'de slechtste grond is de beste' (Stortelder, 2001). Dit adagium is geformuleerd door Stortelder et al (2001) met het oog op het beheer van landbouwgrond voor natuurdoelstellingen. Het idee is dat de boer beter kan worden van een vergoeding voor natuurdoelstellingen, indien daarvoor de landbouwkundig slechtste grond wordt gekozen. En deze grond is juist vaak weer het beste voor biodiversiteit, waardoor een win-win situatie kan worden gecreëerd. Iets dergelijks geldt hier ook want laaggelegen plekken zijn landbouwkundig minder geschikt, maar prima voor een vloeiveld. Ten slotte kan een vloeiveld ook op verschillende schalen worden toegepast (aantal percelen tot deelstroomgebied) en goed worden gecombineerd met andere waterbeheersmaatregelen, zoals natte bufferstroken of meestromende waterberging naast grotere waterlopen. De bufferstrook wordt dan zodanig ingericht dat oppervlakkig afstromend water en water van ondiepere waterlopen in de lengterichting de bufferstrook doorstroomt, waarbij een deel via bodempassage wegstroomt naar de grote waterloop en het slib sedimenteert. Daarvoor moet de bufferstrook verlaagd worden aangelegd, waardoor opvang van afvoer plaats vindt en ook denitrificatie kan plaats vinden. Verwijdering van de bovengrond draagt bij aan vermindering van de fosfaatbelasting.

4.4.2 Locatiekeuze vloeiveld

In het stroomgebied van de Eeuwselsche Loop komen 2 locaties in aanmerking voor een vloeiveld (zie figuur 33).

- Door het waterschap aangekochte percelen (3,6 ha) ten behoeve van berging van oppervlaktewater (vanaf hier aangeduid als **bergingsperceel**). Het vloeiveld wordt hier dus gecombineerd met de functie piekberging van de Eeuwselsche Loop met een verwachte overstromingsfrequentie van 1 x per jaar. Vanwege die bergingsfunctie heeft het een behoorlijk oppervlak en kan daarom worden ingericht voor het zuiveren van water uit de Eeuwselsche loop.
- Een beekbegeleidend **vloeiveld** in het tweefasenprofiel van de nieuwe Eeuwselsche Loop, die iets naar het westen is verlegd. Hier zijn in principe twee varianten mogelijk.
 - Het water van het achterland wordt via een zijslot van de Eeuwselsche Loop door het beekbegeleidend vloeiveld geleid. Het water van de belendende percelen kan desgewenst hierop worden aangesloten met een verzamelleiding.
 - Alleen het water van de belendende percelen wordt door de strook geleid. Om voldoende verblijftijd te garanderen is het nodig om met een verzamelleiding te werken.



Figuur 33: Locaties voor inrichting van vloeivelden naast de Eeuwselse Loop (onderbroken lijn is de nieuwe loop na herinrichting).

4.4.3 Monitoringplan

4.4.4 Monitoringplan

Algemeen

Het primaire doel van de monitoring is om te meten in hoeverre de N- en P-vracht in het oppervlaktewater door de maatregel wordt gereduceerd. Hiervoor is het nodig om debiet en N- en P-concentraties van de invoer en de afvoer van het vloeiveld debietproportioneel te meten. Daarnaast is het van belang om rekening te houden met bergingsverschillen (N en P) tussen aanvang en eind van de proef (bodem en gewas). Daarom is het zinvol om bij aanvang en eind bodembemonstering uit te voeren op verschillende dieptes (bodem, bodemvocht, grondwater). We kunnen dan nagaan in hoeverre de werking van het vloeiveld is toe te schrijven aan vastlegging in de bodem (eindig). Voor de bodembemonstering worden mengmonsters gestoken op verschillende afstanden tussen inlaat en afvoer. Het onderzoek richt zich op verschillende vormen van N en P. Dit is nodig omdat gedurende de relatief korte looptijd van de proef de veranderingen in de totaalgehalten beperkt zullen zijn, maar

waarschijnlijk groter in de meer beschikbare fracties. Grondwater wordt daarom gedurende de gehele proef op verschillende tijdstippen in het jaar op een aantal proefplekken tussen inlaat en afvoer bemonsterd. Dit moet vaker omdat de N en P gehalten van het water variabel zijn in de tijd.

We meten de N- en P-opname en -afvoer met de rietooft, en de vastlegging in de wortels (bergings) om de werking van het vloeiveld via het riet vast te stellen. We doen chloride metingen om de massabalans te controleren en om een indruk te verkrijgen van het optreden van denitrificatie (Cl/NO₃-verhouding).

Bergingsperceel

Op het bergingsperceel worden zowel inlaat als afvoer debietproportioneel gemeten. Daarnaast vindt één extra debietproportionele bemonstering van het oppervlaktewater plaats, tussen het gedeelte zonder en het gedeelte met ijzer toevoeging. Op die manier kan straks worden berekend wat de werking met en zonder ijzer is. Om dezelfde reden moeten er extra grondmonsters genomen worden en bemonsteringsplekken worden ingericht om het verschil met en zonder ijzer aan te kunnen tonen.

Meting van de onderscheppende werking van het vloeiveld wordt verstoord tijdens inundatie van het bergingsperceel vanuit de Eeuwselsche loop (gemiddeld 1 maal per jaar). Dit water wordt later weer afgevoerd maar de kans is groot dat een deel van het slib tot bezinking komt. Slibmatten zijn ongeschikt om dit effect van inundatie op de stoffenbalans vast te stellen, vooral omdat de verwachte hoeveelheden slib te klein zijn (Gilbert Maas, pers. meded.). Hierdoor zal het verschil tussen slibmatten met en zonder inundatie niet meer waarneembaar zijn. De effecten van inundatie zullen moeten worden geschat door interpretatie van de verschillen in vrachten voor en na inundatie.

Beekbegeleidend vloeiveld

Ook voor het beekbegeleidende vloeiveld is debietproportionele bemonstering van inlaat en uitlaat uitgewerkt (tabel 19). Daarnaast zijn er een drietal goedkopere alternatieven met nadelen. De eerste twee alternatieven zijn zonder debietmeting. Je weet dan niet het debiet maar je weet wel dat ingaand en uitgaand debiet vrijwel hetzelfde is. Bijgevolg is dan de relatieve vrachtreductie (%) gelijk aan de relatieve reductie (%) in concentratie tussen ingaand en uitgaand.

Alternatief 1 is op vaste tijdstippen alleen ingaande en uitgaande concentraties meten. Nadeel hiervan is dat neerslagpieken worden gemist die juist belangrijk zijn in verband met de P-afvoer.

Alternatief 2 is het gebruik van twee automatische bemonsteringsapparaten voor inlaat en uitlaat, die zeer frequent, bijvoorbeeld 24 x per dag een klein monster nemen en dat mengen. Hierdoor worden de pieken niet of minder gemist. Dit is nog steeds geen debietproportionele bemonstering, maar beter dan de vorige optie.

Alternatief 3 is één debietproportionele opstelling, bijvoorbeeld bij de inlaat met een signaal naar een tweede monstername apparaat bij de uitlaat om op de zelfde tijdstippen monsters te nemen. Als we mogen aannemen dat ingaand en uitgaand debiet hetzelfde is (geen kwel of wegzijging, en niet veel berging), dan is dit vergelijkbaar met de volledige debietproportionele bemonstering.

Tabel 19: Monitoring van de maatregel vloeiveld op het bergingsperceel (groot) en het beekbegeleidende vloeiveld (klein). Gewasbemonstering in tekst. Voor afkortingen zie lijst⁹ onderaan.

Periode	Freq.	Riet	Bodem	Bodemvocht = Grondwater	Oppervlaktewater
Aanvang	1	Plantgoed	profielbeschrijving, pH, org.stof, textuur	Installeren cups, waterpeilloggers, elektroden	installeren debietproportionele bemonsteringsapparaat uur ³
Aanvang en Eind	2		Pw,(Al,Fe,P)ox, Pi, Nmin, NPorg, NPts ⁵ , NPtot	idem verwijderen	idem verwijderen
Continue	Debprop ³				debiet ³ , Cl, P-ortho, N-min, NP-tot,ts,vast ²
	12x/j				P-ortho, Ptot in steekmonsters vóór en achter ijzerfilter
	7x/j ¹			Waterpeil, Cl, Fe visueel ⁶ , redox, Portho, Nmin, NPtot, NPorg	
	1/j ⁷	Ds, Cl en NP-tot			
ruimtelijke verdeling en #monsters					
Groot vv	riet en wortels ⁴	1 plek per sloot ⁴ =10	10 sloten ⁸ x 2 mengmonsters x 5 dieptes ⁹	6 plekken x 4 dieptes ⁸); 1/j. 4 cups apart	Inlaat+afvoer+tusseni n ⁷ =3 monsterplekken
Klein vv		2 per sloothelft ⁴ =4	2 lengtes ⁸ x 2 mengmonsters x 5 dieptes ⁹	2 plekken x 4 dieptes ⁸) 1/j. 4 cups apart)	Inlaat+afvoer=2 monsterplekken ⁷ . Steekmonsters vóór en achter ijzerfilter

¹ Frequentie kan gedurende de proef op het verloop van neerslagoverschot en afvoer worden afgestemd, bijvoorbeeld 1 maal per 50 mm neerslagoverschot plus één extra na het groeiseizoen. In principe bij aanvang groeiseizoen, midden groeiseizoen, einde groeiseizoen, begin, midden, einde winterperiode, en één extra, en rekening houdend met overstroming vanuit de beek bij piekbelasting (gemiddeld 1/jaar).

² Monsters als volgt voorbehandelen: filtreren < 0,45µ voor P-ortho (Nmin) en opgelost NPts (ook aanzuren voor Pts), en ongefiltreerd destilleren voor nogmaals NP-totaal.

Schema watermonsters	Anorganisch	Organisch	Totaal
Opgelost; <0,45 µ	Nmin; orthoP	Nts-Nmin, Pts-orthoP	Nts; Pts
Vast; >0,45 µ	onderscheid organisch - anorganisch van vaste deeltjes in het water niet onderzocht		Ntot-Nts; Ptot-Pts
Totaal; na destructie			Ntot, Ptot

³ debietproportionele bemonstering van water uit het vloeiveld kan worden gecombineerd met een pomp voor peilregeling. Eén monsterapparaat inclusief installatie en exclusief pomp en kunstwerk kost in de orde van 10 k€. Monsternamerequentie bijvoorbeeld 1 per 5 mm = 60 monsters per jaar.

⁴ Rietbemonstering (incl. wortels, dus x 2) aan het eind inclusief wortelstokken (dus x 3).

Op het bergingsperceel in het midden van sloten 1-8 en aan het eind van 9 en 10, dus 10 x 2 monsters in enkelvoud. Beekbegeleidende vloeiveld minimaal indelen in twee helften met 2 monsterplekken in duplo voor de rietbemonstering (incl. wortels). Bodembemonstering: diepte bijvoorbeeld 0-5,5-10,10-20,20-40,40-80 cm -mv. Bergingsperceel: één mengmonster per sloot (#10). Beekbegeleidend vloeiveld: 2 mengmonsters x 2 helften.

⁵ labiele oplosbare organische stof (ts) in CaCl₂-extract, waarin sneller veranderingen mogen worden verwacht dan in het totaal van de organische stof (Velthof, 2003).

⁶ bij aanvang, daarna bij monsternamere visueel vaststellen of bruinkleuring optreedt aan de lucht en naar behoefte analyseren.

⁷ op het bergingsperceel wordt in de laatste 2 rietsloten metallisch ijzer (Fe⁰) toegevoegd, daarom moet tussen de sloten 8 en 9 een derde debietproportionele bemonstering worden geplaatst voor de vergelijking van de werking met en zonder ijzer. De afvoer sloot 8 is gelijk aan de inlaat van sloot 9. In het beekbegeleidende vloeiveld wordt een ijzerfilter geplaatst vlak voor het eind. Het effect ervan wordt gemeten door regelmatig tegelijk steekmonsters vóór en achter te nemen, zodat de concentratieafname van Ptot en Portho kan worden gemeten.

⁸ Bergingsperceel: 4 plekken in het midden van de sloten 1,2,4 en 8 zonder ijzer; ieder 1 plek aan het eind van de sloten 9 en 10 met ijzer. Beekbegeleidend: 2 plekken op een kwart en driekwart van de lengte. Per plek 4 cups en één elektrode per diepte en één waterpeillogger. Levert 4 monsters per diepte, bijvoorbeeld 5,15,30,60 cm -mv.

⁹ Afkortingen in tabellen 15,16,17,19:

(Al,Fe,P)ox = oxalaatextraheerbaar aluminium, ijzer en fosfaat, hieruit wordt de fosfaatverzadigings-graad FVG berekend;

K-getal = bodemvruchtbaarheidsindex voor kalium

Nmin = Nmineraal, dat wil zeggen nitraat, nitriet en ammonium

ortho = opgelost anorganisch fosfaat in de vorm van PO₄

P-AL = bodemvruchtbaarheidsindex voor beschikbaar fosfaat op grasland o.b.v. extract met ammoniumlactaat-azijnzuurbuffer

Pc = fosfaat in bodemvocht m.b.v. een centrifugaat van een 1:1 verse grond:water extract.

Pi = fosfaatdesorptiekromme op basis van ijzerpapiertjes

Pw = bodemvruchtbaarheidsindex voor beschikbaar fosfaat op bouwland o.b.v. waterextract 1:60 v:v

pH = zuurgraad bodem

textuur = korrelgrootteverdeling

tot = totaal, ts = totaal oplosbaar, vast = aanwezig in vaste deeltjes

Bodem: aanvang en eind

Deze bemonstering kan pas worden uitgevoerd na aanleg van het vloeiveld, vanwege het grondverzet (verwijderen bovengrond) en moet vervolgens worden geconcentreerd op de bovenste lagen waar P en N in zouden kunnen worden vastgelegd: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-80 cm-mv. Diepere laag ter controle (i.v.m. rietwortels). In het grote vloeiveld volstaan we met enkelvoudige bemonstering per sloot (10), in het kleine vloeiveld verdelen we de lengte in tweeën en bemonsteren in duplo per helft ($2 \times 2 = 4$).

Grondwater, c.q. bodemvocht: proefplekken met cups en één buis

Het vloeiveld komt in principe constant onder water te staan, waardoor grondwater en bodemvocht hetzelfde zijn. De watermonsters worden geanalyseerd op N, P, Cl, Portho en Nmin; Fe; Cl. Redoxpotentiaal wordt in situ gemeten met een elektrode, met het oog op denitrificatie(capaciteit), ijzerreductie en daaraan gekoppelde fosfaatmobilisatie.

Oppervlaktewater, debietproportioneel

De N- en P-vrachten worden opgedeeld in anorganisch - organisch en vast – opgelost (zie schema noot 2 bij tabel 19).

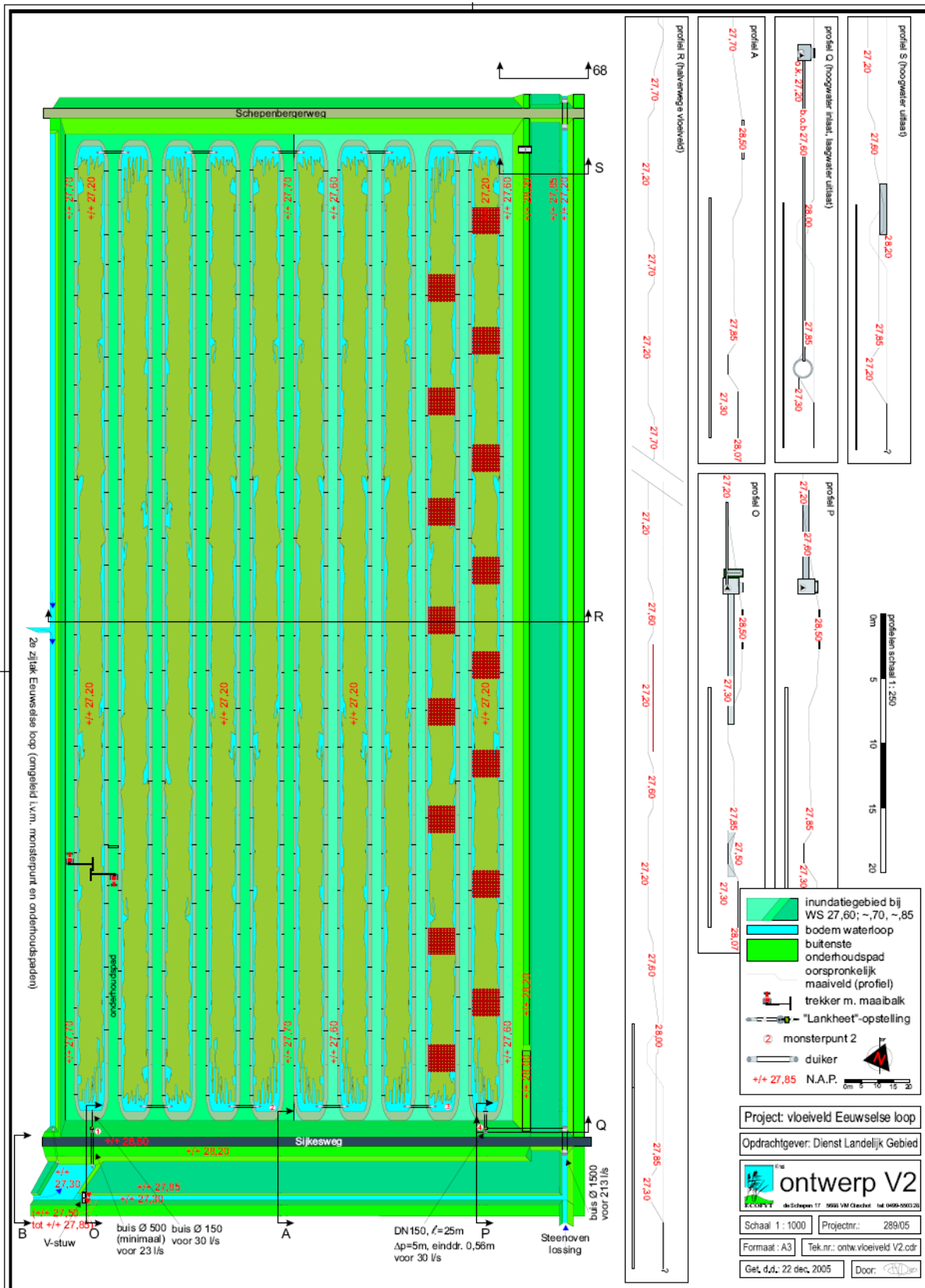
Riet

In het grote vloeiveld wordt bij de oogst jaarlijks per sloot drogestofopbrengst, N, P en Cl-gehalte bepaald (10 plekken). Ten behoeve van de stofbalans wordt bij aanvang de hoeveelheid drogestof en N,P,Cl in het plantmateriaal bepaald. In de proefperiode zal nog geen vernieuwing van het riet door afgraving plaats vinden, dus daarvoor is nog geen bemonstering van wortelstokken nodig. Voor de balans wordt éénmalig aan het eind van de proefperiode ook een ondergronds monster genomen op 10 plekken voor drogestof, en totaal N, P, Cl.

In het kleine vloeiveld kiezen we voor twee helften, maar dan wel in duplo (4 plekken).

4.4.5 Ontwerp

Figuur 34a is het ontwerp voor het bergingsperceel. Het instromende water (linksonder) wordt via 10 sloten met riet door het bergingsperceel geleid. De sloten zijn aan begin en eind met duikers in serie geschakeld. Tussen de sloten bevindt zich een iets hoger gelegen rug (ca. 50 cm boven slootbodem) die met gras is begroeid en waarover machines kunnen rijden. Deze machines kunnen vanaf de noord- en zuidzijde het perceel inrijden. Het waterpeil wordt binnen de rietsloot in principe gehandhaafd op ca. 30 cm+mv. (t.o.v. de rug ca. 20 cm-mv.), maar kan voor onderhoudswerkzaamheden, metingen en oogst worden verlaagd. De inschatting is dat de rietsloten een behoorlijke stromingsweerstand opbouwen. Hierdoor zal er een gradiënt ontstaan. Dicht bij de inlaat zullen de grovere deeltjes bezinken en verderop de fijnere deeltjes. Het riet zal achteraan in de serie minder nutriënten ter beschikking hebben, daarom zal de groei en onttrekking vooraan hoger zijn en aan het eind lager.



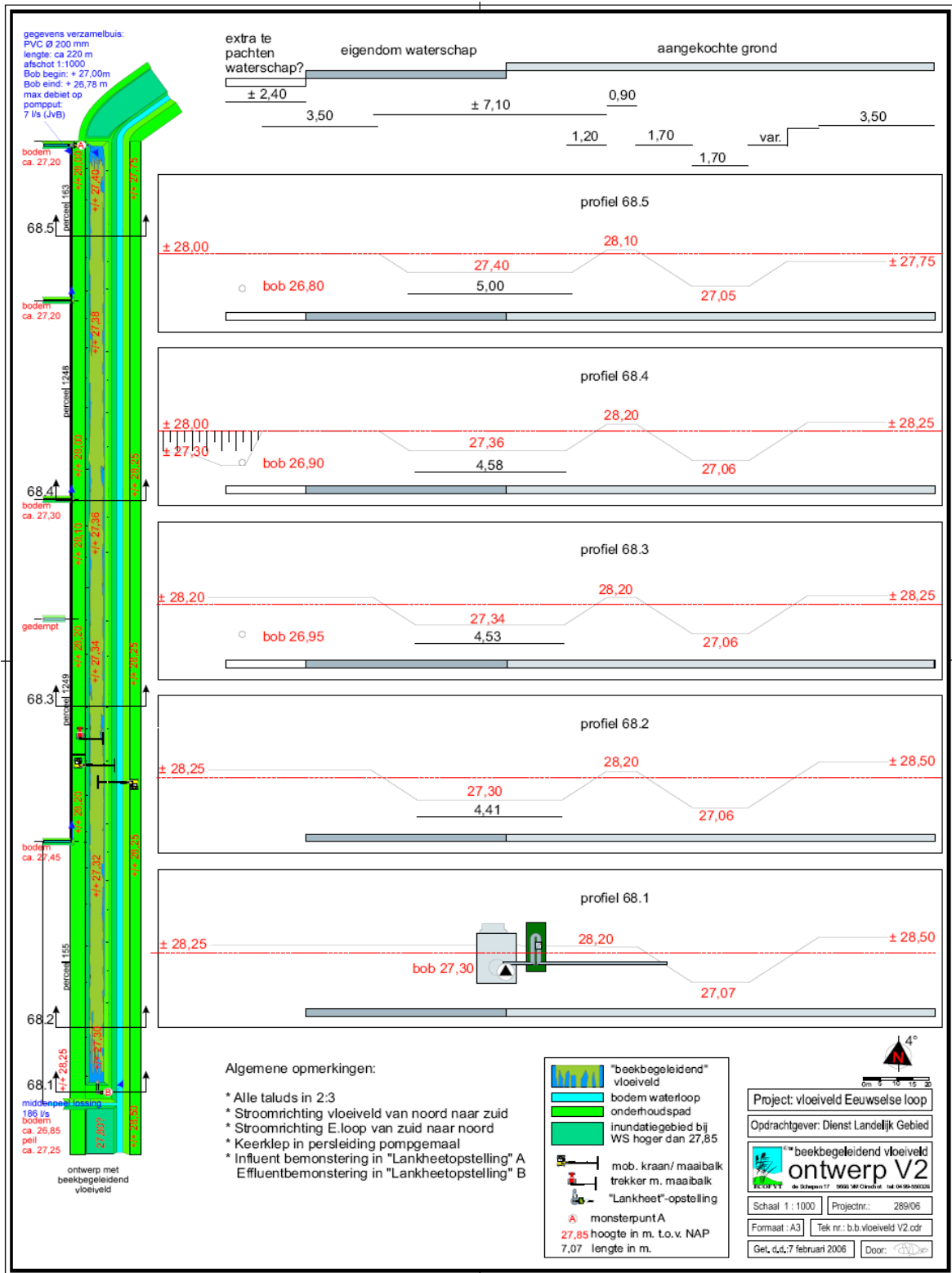
Figuur 34a: ontwerp van het vloeiveld op het bergingsperceel door Ecofyt, voor meer profielen zie bijlage 4. Rode vierkantjes stellen ijzerfilters voor.

Vermoedelijk zal na verloop van tijd ook de denitrificatie vooraan actiever zijn. Het opgeloste fosfaat zal niet bezinken maar grotendeels doorstromen naar het eind van het vloeiveld. Daarom willen we in de laatste twee sloten experimenteren met een vorm van filtering met behulp van metallisch ijzer om te onderzoeken wat de bijdrage daarvan is aan de fosfaatvastlegging in een vloeiveld. Het ijzer vormt roest, waaraan het opgeloste fosfaat zich kan binden. Dit vereist slechts één extra debietproportionele bemonstering (zonder debietmeting) die bij de duiker tussen strook 8 en 9 kan worden geplaatst. Alle apparatuur komt hierdoor aan de kant van de ingang vanaf de weg te liggen.

De meting van het debiet vereist een volkomen overlaat of een pomp. Voor een volkomen overlaat is een behoorlijk verval nodig want ook in tijden van hoge afvoer mag de meetopstelling niet verdrinken. Aan de uitstroomkant is deze opstelling daarom niet realiseerbaar want de waterstand in de Eeuwselsche loop varieert te veel. Bovendien werkt zo'n meetopstelling storend op de stroming waardoor zich bijvoorbeeld slib voor de meetopstelling ophoopt. Daarom kiezen we de zogenaamde Lankheetoplossing: een ingegraven put met onderwaterpomp waarmee het debiet nauwkeurig kan worden geregeld. Met dit debiet wordt tevens het automatische debietproportionele bemonsteringsapparaat aangestuurd. Er is dus stroomaansluiting noodzakelijk.

Het ontwerp is gedimensioneerd voor de gemiddelde afvoer van de Eeuwselsche Loop, 15% van de maatgevende afvoer (MA), 23 liter per seconde. Tot een waterstand van 27,20 m+NAP kan de volledige afvoer van de Eeuwselsche Loop worden verwerkt via het vloeiveld. Als de waterstand verder stijgt dan treedt de bypass in werking tot een waterstand van 27,85 en vervolgens met een verbreed profiel tot 28 m+NAP. Vanaf dat punt gaat het vloeiveld inunderen en als piekberging functioneren. De overlaat ligt rechtsonder in het vloeiveld.

Figuur 34b is een ontwerp voor het beekbegeleidend vloeiveld. Dit ontwerp gaat uit van de monitoring volgens tabel 19, dus met twee debietproportionele bemonsteringen. De afvoer van de percelen ter linkerzijde wordt via de perceel sloten aangevoerd naar een verzamelleiding. Aan het eind van het perceel wordt een barrière aangebracht om te voorkomen dat rechtstreekse afvoer naar het vloeiveld plaatsvindt. Via de verzamelleiding wordt de afvoer naar het instroompunt A geleid. Het inlaatdebiet wordt bij A geregeld met een pomp en de vracht 'in' wordt debietproportioneel gemeten. Het water stroomt vervolgens door het vloeiveld terug naar punt B. Ook het uitlaatdebiet wordt bij B geregeld met een pomp en de vracht 'uit' wordt debietproportioneel gemeten. De dimensionering van het vloeiveld is vergelijkbaar met één rietsloot uit figuur 34a. Het gekozen alternatief waarbij water uit de zijslot Middenpeel wordt ingelaten bij punt B is nog niet uitgewerkt. In dat geval stroomt het water van B naar A.



Figuur 34b: Ontwerp voor het beekbegeleidend vloeiveld door Ecofyt.

4.5 Omleiden

4.5.1 Beschrijving maatregel

De maatregel ‘omleiden’ houdt in dat relatief vuil oppervlaktewater, bijvoorbeeld vanuit een bovenstrooms gelegen landbouwgebied, om een gevoelig natuurgebied heen wordt geleid door middel van een gegraven en/of een bestaande waterloop. Het is dus geen brongerichte, maar juist een effectgerichte maatregel. De fosfaatvracht neemt er niet door af, maar voorkomen wordt dat dit fosfaat door het gevoelige natuurgebied heen stroomt, waardoor lokaal of regionaal de waterkwaliteit verbetert.

4.5.2 Locatiekeuze

De maatregel ‘omleiden’ is a priori geselecteerd voor de Elsbeek (figuur 2) waar bovendien beekverbetering heeft plaatsgevonden (hermeandering en profielaanpassing). Het bovenstroomse ‘landbouwwater’ wordt omgeleid om het natuurgebied te beschermen.

4.5.3 Monitoring

In tegenstelling tot de monitoring van de andere maatregelen is het bij deze maatregel uiteraard niet mogelijk om de situatie met en zonder maatregel te vergelijken. Het is ook niet mogelijk om de situatie vóór en ná de maatregel te vergelijken omdat het beekherstel en de omleiding in 2005 reeds zijn uitgevoerd. Het is echter wel mogelijk om na de uitvoering van het beekherstel en het omleiden de ontwikkeling van de kwaliteit van het beekwater te vergelijken met die van het omgeleide landbouwwater. Als monsterpunt voor het landbouwwater kan het beste het einde van de omleiding voor het uitstroompunt in de beek worden gekozen en voor het beekwater een punt in de beek vlak vóór het uitstroompunt van de omleiding. Indien men daarnaast geïnteresseerd is in vergelijking met de verwachte kwaliteit van de beek zonder omleiden (wel met beekherstel!), dan zou nog een extra monsterpunt kunnen worden gekozen in de beek ver genoeg na het uitstroompunt (met het oog op menging). Om de bijdrage van het landbouwgebied ten opzichte van het overige bovenstroomse gebied aan de belasting van de benedenstroomse beek vast te stellen moeten in principe vrachten worden vastgesteld. Deze vrachten kunnen dan bovendien met het oog op opschaling nog per ha worden uitgedrukt. Overigens kan ook dan geen onderscheid worden gemaakt tussen het effect van beekherstel en het effect van omleiden. Vrachten vergen een debietmeting en die is lastig uit te voeren in grotere waterlopen. Dit kan worden ondervangen met debietschattingen door het waterschap of door middel van speciale modelberekeningen voor het gebied, die weer met onzekerheid zijn omkleed. Daarnaast moet dan debietproportioneel de concentratie worden gemeten, wat kostbaar is. Er is daarom besloten om de monitoring te beperken tot regelmatige concentratiemetingen door het Waterschap (NPtot, NPs, Nmin, ortho-P). Een benadering van debietproportioneel meten blijft het beste, maar minimaal 12 metingen per jaar binnen de routine van de WVO is het

minimum (zo vaak mogelijk, maar minimaal 12 x per jaar en liefst vaker in perioden met grotere afvoer). Voor de latere extrapolatie met behulp van modellen kunnen de concentratiemetingen voor calibratie worden gebruikt.

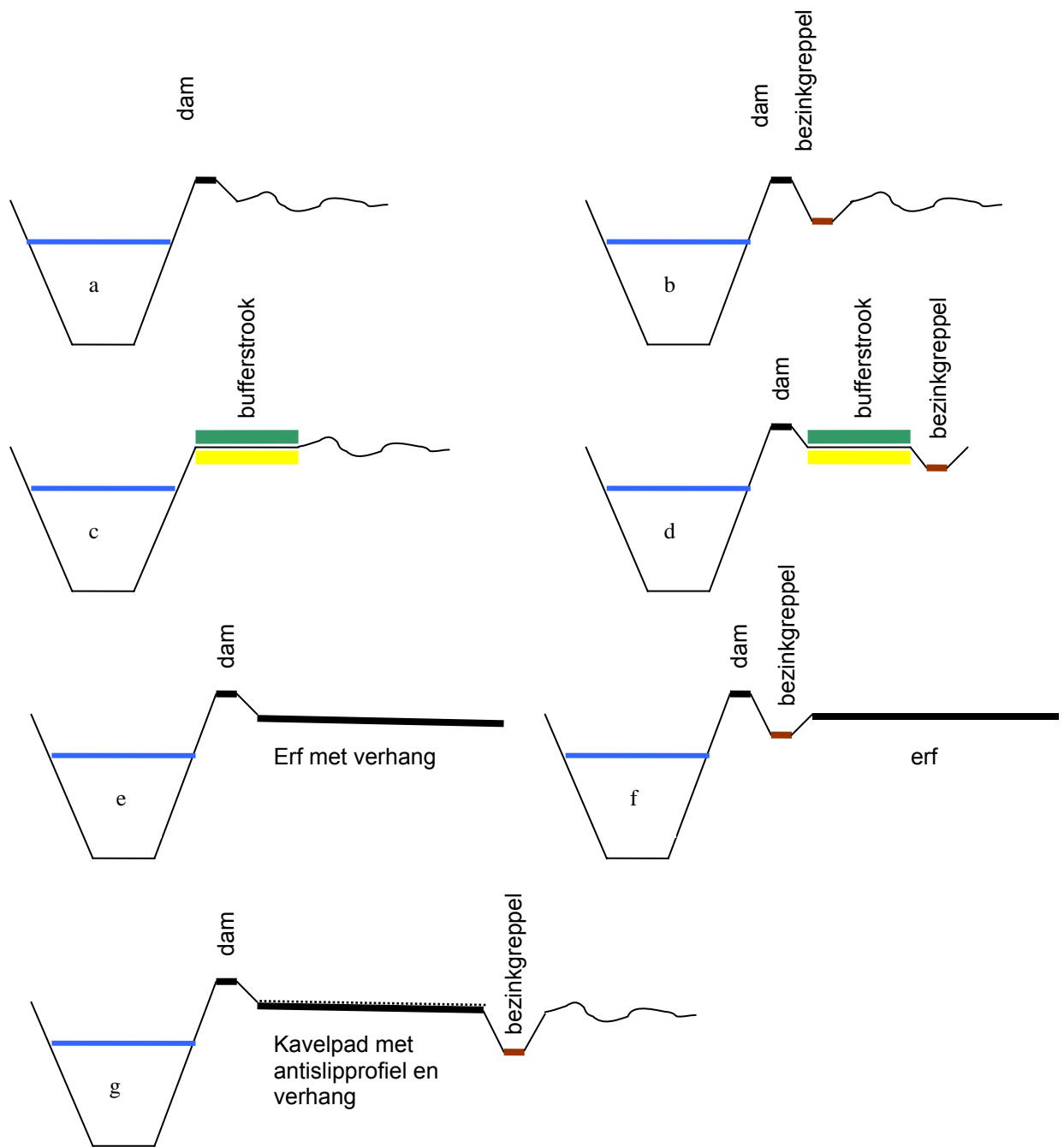
4.6 Maatregelen tegen oppervlakkige afspoeling

4.6.1 Beschrijving maatregelen

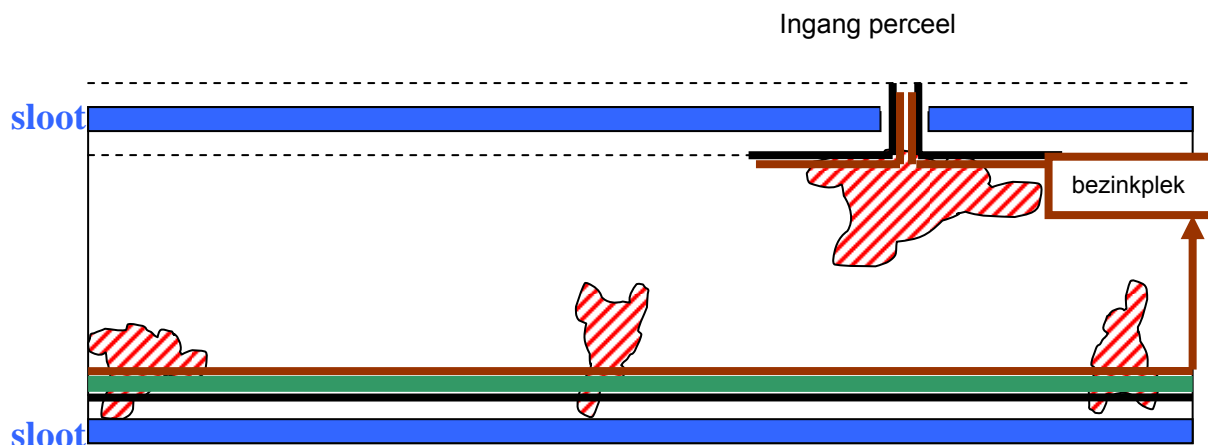
Het betreft hier een groep van maatregelen die allen gericht zijn op het tegengaan van oppervlakteafoer door het aanbrengen van een barrière, bezinkplek, en/of bufferzone op grens van perceel en sloot. De exacte uitvoering is maatwerk, met uitzondering van ‘generieke’ invoering van bufferstroken. Remmen van de oppervlakteafoer zal vaak leiden tot plassen op het land. Om dit te voorkomen kan enige bergingscapaciteit worden gereserveerd op het perceel waar een bezinkgreppel in uit kan komen (figuur 35: bezinkplek). Ook hiervoor geldt het adagium: ‘de slechtste grond is de beste’ (Stortelder, 2001, toelichting zie paragraaf 4.4.1). Overigens bestaat de indruk dat meer plassen ontstaan op bouwland (veelal maïs) dat pas na de winter wordt geploegd. Dit probleem zou dus mogelijk ook deels kunnen worden voorkomen door het bouwland voor de winter te ploegen, eventueel in combinatie met een vroeger maïsras.

In diverse delen van het land wordt al geëxperimenteerd met bufferstroken, bemestingsvrije perceelsranden, actief randenbeheer, etc. Daarnaast spelen bufferstroken ook een rol in de discussies tussen Nederland en EU over het mestbeleid. Nederland heeft uitstel bedongen van de invoering van bufferstroken (breedte 5 m) in afwachting van de resultaten van onderzoek naar de effectiviteit van bufferstroken (looptijd 2005-2008; Noij, 2006). Generieke bufferstroken van bijvoorbeeld 5 meter breed zouden het maatwerk dat hieronder beschreven wordt voor een deel kunnen vervangen, maar het omgekeerde geldt ook.

Uit de gebiedsdiagnose komt naar voren dat oppervlakteafoer een belangrijke component kan zijn in de totale fosfaatvracht naar het oppervlaktewater, vooral daar waar slechte en/of natte plekken of verhard oppervlak aan het oppervlaktewater grenzen. Denk hierbij aan plekken waar het weidend vee zich verzamelt of steeds langs komt, lage natte plekken, kop/wendakkers, kavelpaden, erf, etc. In geval van piekneerslag zal oppervlakteafoer plaats vinden vanaf deze plekken of oppervlakken en daardoor vrijwel zonder vertraging in de sloot terecht komen. Daarmee zullen gronddeeltjes, mestresten, gewasresten en mogelijk ook fosfaatrijk bodemvocht naar de sloot worden gevoerd. Figuur 35 geeft dwarsdoorsneden van een aantal maatregelen, die afhankelijk van de omstandigheden kunnen worden gecombineerd. Naast de dwarsdoorsnede is ook het bovenaanzicht relevant (figuur 36).



Figuur 35: Dwarsdoorsede van enige maatwerkoplossingen tegen oppervlakteafvoer. Kleuren komen overeen met figuur 36



Figuur 36: Bovenaanzicht van de maatregelen in figuur 24 b en d. Kleuren komen overeen met figuur 35

4.6.2 Locatiekeuze

De voorwaarde voor werkzaamheid van dit type maatregelen is het vóórkomen van natte en/of slechte plekken in combinatie met helling of ligging nabij de waterloop. Op grasland moet vooral op de dagelijkse gang van het vee worden gelet. Mest en urine spoelen gemakkelijk af van verhard oppervlak zoals erf en kavelpaden. Ook de plaatsen, die vaak worden vertrapt, zoals bij de ingang van het perceel, nabij een pomp, of een plaats vanwaar koeien uit de sloot kunnen drinken, vormen een reëel risico.

Op bouwland moet speciaal worden gelet op de richting van de grondbewerking en het berijden van het land in het najaar onder minder draagkrachtige omstandigheden. Hierdoor ontstaan wielsporen die als greppels kunnen gaan functioneren richting waterloop. Soms worden ook bewust greppeltjes aangelegd naar de sloot door de boer om de plassen zo snel mogelijk van het land te verwijderen. Het gaat juist om het vertragen van deze afvoer naar het oppervlaktewater.

4.6.3 Monitoring

Het behoeft weinig betoog dat het monitoren van deze maatregelen geen sinecure is. Een nulmeting ontbreekt, en vanwege het sterke stochastische karakter van de belasting, zowel in tijd als ruimte, vergt een nulmeting bovendien een langere periode op meerdere risicoplekken. De andere optie om de effectiviteit te bepalen is het vergelijken van de vracht vanaf een behandelde en onbehandelde plek, net zoals bij de andere maatregelen. Deze aanpak wordt ook gevolgd in het onderzoek naar de effectiviteit van bufferstroken dat juist is gestart en doorloopt tot en met 2008 (Noij, 2006). Het probleem bij de hier behandelde maatregelen is echter dat vrijwel altijd sprake is van maatwerk voor één bepaalde, en dus unieke risicoplek. Daarvoor bestaat geen 'eerlijke' (i.e. wetenschappelijk verantwoorde) onbehandelde referentie. Wij stellen daarom de volgende benadering voor.

We gaan ervan uit dat deze groep maatregelen via goed uitgevoerd maatwerk in staat is om de oppervlakteaflow volledig teniet te doen. De effectiviteit van de maatregel

is dan volgens de definitie (voetnoot¹ par. 4.4.1) gelijk aan het aandeel van de deelvracht afspoeling ten opzichte van het totaal. De monitoring wordt nu gericht op het kwantificeren van de deelvracht afspoeling op onbehandelde plekken. Ter plaatse zal in overleg met ervaren veldonderzoekers moeten worden bepaald wat voor installatie nodig is om deze deelvracht zo goed mogelijk te bepalen. Uit ervaring blijkt oppervlakkige afspoeling namelijk een lastig te meten verschijnsel. Te denken valt aan een goot die net onder de insteek is ingegraven in de slootwand om oppervlakkige afspoeling op te vangen. Deze vracht wordt vervolgens opgevangen en gecombineerd met debietproportionele monstername apparatuur (ordegrootte € 10000 per locatie, exclusief analyses). Er is één locatie op grasland en twee op bouwland gekozen. Op één van de locaties wordt een datalogger met signaal op afstand toegepast, om te waarschuwen wanneer er in het gebied een neerslagpiek met oppervlakkige afspoeling optreedt, zodat de veldonderzoeker tijdig naar het gebied kan om monsters te nemen.

Zowel aan het begin als aan het eind van de proef worden monsters genomen van de bovengrond van de plek waarvan oppervlakkige afspoeling verwacht wordt. Op deze manier kan, met het oog op de latere opschaling, iets worden gezegd over de relatie tussen de omvang van de vracht en de hoeveelheid N en P in de bovengrond.

4.6.4 Ontwerp

Aangezien deze maatregel specifiek is voor de betreffende locatie, ontbreekt in dit hoofdstuk de paragraaf ontwerp. Het exacte ontwerp van deze maatregelen zal ter plaatse moeten worden vastgesteld. Figuren 35 en 36 geven overigens voldoende inzicht in de benodigde uitvoering.

5 Opschaling in ruimte en tijd

Het uiteindelijke doel van de Fosfaatpilot is een onderbouwd advies over de invoering van maatregelen tegen fosfaatuitspoeling naar het oppervlaktewater in het reconstructiegebied van Limburg. De resultaten van de monitoring van de effecten van de maatregelen in de studiegebieden, die in de komende drie jaren zullen worden verzameld, zijn niet zonder meer vertaalbaar naar de rest van het reconstructiegebied in Limburg (opschaling in de ruimte). Bovendien zal er rekening mee moeten worden gehouden dat de effecten van maatregelen in de vrachten naar het oppervlaktewater pas na langere tijd goed zichtbaar worden. Dit wil niet automatisch zeggen dat de maatregelen niet goed werken, maar dat het mogelijk meer tijd kost voordat de effecten zichtbaar worden. Toch is het nodig om aan het eind van de pilot een goed advies te geven. Daarvoor is het nodig om de monitoringresultaten ook in de tijd op te schalen of te extrapoleren. In het monitoringplan is daarom voorzien in het meten van ook andere parameters, dan vrachten (tabel 20). Deze parameters, zoals bijvoorbeeld de hoeveelheid gemakkelijk beschikbaar fosfaat in de bovengrond (Pw), zullen naar verwachting veel sneller een dalende trend vertonen.

Tabel 20: Indicatoren voor veranderingen in fosfaat- en stikstofhuishouding en de termijn waarop verandering mag worden verwacht als gevolg van maatregelen. N_{min} en P_w zijn gangbare bepalingen voor het bemestingsadvies. Totale gehalten aan N en P zullen worden gefractioneerd om sneller veranderingen te kunnen waarnemen (opgelost – vast, organisch – anorganisch, labiel – stabiel).

	bodem				
	Bodemvocht	Intensiteit	Capaciteit	Grondwater	Oppervlaktewater
N	Opgelost N	N _{min}	Totaal N	Opgelost N	Totaal N
P	Opgelost P	P _w	Totaal P	Opgelost P	Totaal P
termijn	< 1 jaar	< 1 jaar	> 3 jaar	1 jaar	> 1 jaar

Desondanks blijft het nodig om deze sneller reagerende indicatoren te vertalen naar de uiteindelijke vrachten waar het om gaat. Het monitoringplan is daarom zo opgezet dat de gegevens ook benut kunnen worden om modellen te ijken. De modellen kunnen vervolgens worden toegepast om te analyseren hoe de effecten zich zullen ontwikkelen in de toekomst, en hoe de effectiviteit van de maatregelen zal variëren tussen verschillende locaties. Daarbij kan bijvoorbeeld ook op het niveau van stroomgebieden worden berekend wat de effecten van maatregelen zullen zijn.

Deze aanpak met een combinatie van metingen en modellen wordt momenteel al uitgetest in het project Monitoring Stroomgebieden (www.monitoringstroomgebieden.nl) waardoor het benodigde instrumentarium aan het einde van de looptijd van deze pilot naar verwachting gereed is. Toepassing zal dan nog wel parametrisatie voor Noord- en Midden-Limburg vergen. Daarvoor kan onder andere gebruik gemaakt worden van de schematisering van het landelijk instrumentarium STONE (Wolf, et al., 2005) en van beschikbare regionale studies voor Limburg (o.a. Bolt et al., 2004; Jansen, 1999).

Literatuur

- Bolt, F.J.E. van der, P.E. Dik, W.W. Immerzeel, J. Runhaar, 2004. Waterbeheer reconstructiegebied Nederweert. Hoofdrapport. Alterra-rapport 612, Wageningen.
- Brus, D.J. & J.J. de Gruijter, 1997. Random sampling or geostatistical modelling? Choosing between design-based and model-based sampling strategies for soil (with discussion). *Geoderma* 80, 1: 1-59.
- Brus, D.J. W.J.M. te Riele & J.J. de Gruijter, 1999. Een nieuwe steekproefstrategie voor de inventarisatie van de fosfaattoestand van percelen. Validatie van het nauwkeurighheidsmodel. Alterra-rapport 516.2.
- Brus, D.J., L.E.E.M. Späjtjens & J.J. de Gruijter, 1999. A sampling scheme for estimating the mean extractable phosphorus concentration of fields for environmental regulation. *Geoderma* 89 (1999), 1/2: 129-148.
- Chardon W.J. & G.F. Koopmans, 2005. Phosphorus workshop. Introduction. *J. of Environ. Qual.* 34:2091-2092.
- De Gruijter, J.J., D.J. Brus., M.F.P. Bierkens & M. Knotters, 2006. *Sampling for Natural Resource Monitoring*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- DLG-Limburg, 2004. Projectcontract Pilot Fosfaat. Versie 0.2/20-9-04.
- Dijk, Wim van, Olga Clevering, David van der Schans, Jan van der Zande & Henk Porskamp, Marius
- Rozemeijer, J. & J. Griffioen, 2004. Effecten van waterconservering op de waterkwaliteit in Noord-Brabant en Limburg. *H2O* 37(2004)20:30-33.
- Heinen, Rob Smidt & Rob Merkelbach, 2003. Effecten bufferstroken op de kwaliteit van oppervlaktewater in Noord-Brabant. Projectrapport nr. 510318, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving B.V., Sector AGV, Lelystad.
- Jansen, E.J., 1999. Hydrologisch onderzoek Tungelroyse beek.. Hydrologische modellering en systeemanalyse. Eindconcept project 3605922, Tauw, Deventer.
- LNV, 2005. Derde Nederlandse Actieprogramma (2004-2009) inzake de nitraatrichtlijn. Rapporten en nota's, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit, Den Haag, www.minlnv.nl, pdf, 318 Kb, 15-04-2005.
- Maas, Gilbert, Pers. Meded. Bemonstering Slibmatten. Beschrijving werkwijze met slibmatten. Interne Notitie Alterra, Wageningen.

Middelkoop, J.C. van, Salm, C. van der, Boer, D.J. den, Horst, M. ter, Chardon, W.J., Bakker, R.F., Schils, R.L.M., Ehlert, P.A.I. & Schoumans, O.F. (2004) Effecten van fosfaat- en stikstofoverschotten op grasland. Praktijkrapport Rundvee 48. Praktijkonderzoek Animal Sciences Group WUR, Lelystad.

Naeff, H.S.D., 2005. Geactualiseerd GIAB-bestand 2004 voor Nederland. Intern rapport, Alterra, Wageningen.

Noij, 2006. Effectiveness of buffers strips in the Netherlands. Research plan. Effectiveness of buffer strips, publication series 1, Alterra, Wageningen.

Provincie Limburg, ongedateerd. Reconstructieplan Noord- en Midden Limburg. www.limburg.nl/Plattelandinuitvoering/reconstructieplan/

RIVM, 2002: Minas en Milieu, balans en verkenning. Milieu en Natuurplanbureau RIVM, Bilthoven. 205 pp.).

Schomaker, A.H.H.M. & F. Th. Verhagen, 2004. Pilot fosfaat in Noord- en Midden-Limburg. Quick Scan van reductiemaatregelen van P-belasting van oppervlaktewater. Dienst Landelijk Gebied, Limburg; Royal Haskoning, 's Hertogenbosch.

Schoumans, O.F. & L. Köhlerberg, 1997. Invloed van veroudering van ijzerhydroxide en anaërobe omstandigheden op de fosfaatconcentratie in fosfaatverzadigde lagen. Rapport 508, SC-DLO, Wageningen.

Schoumans, O.F., 2004 Inventarisatie van de fosfaatverzadiging van landbouwgronden in Nederland, Alterra-rapport 730 .4, Wageningen.

Schoumans, O.F., R. Renaud, H.P. Oosterom & P. Groenendijk, 2004. Lot van het fosfaatoverschot, Alterra rapport 730.5, Wageningen.

Stortelder, A.H.F., R.A.M. Schrijver, H. Alberts, A. van den Berg, R.G.M. Kwak, K.R. de Poel, J.H.J. Schaminée, I.M. van den Top & P.A.M. Visschedijk, 2001. Boeren voor natuur. De slechtste grond is de beste. Alterra-rapport 312 , Wageningen.

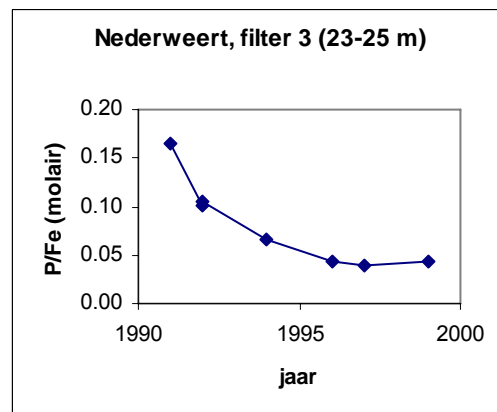
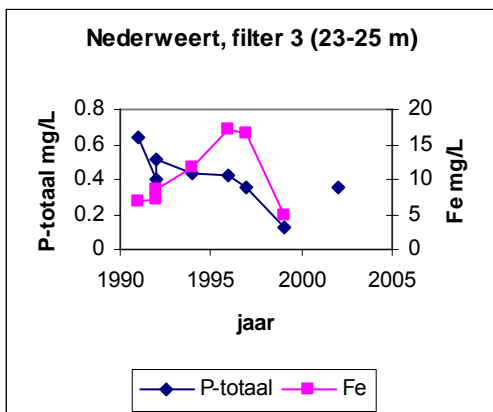
Velthof, G.L., 2003. Relaties tussen mineralisatie, denitrificatie en indicatoren voor bodemkwaliteit in landbouwgronden. Reeks Sturen op Nitraat 6. Alterra-rapport 769, Wageningen.

Wolf, J., R. Rötter & O. Oenema, 2005. Nutrient emission models in environmental policy evaluation at different scales—experience from the Netherlands. Agriculture, Ecosystems and Environment 105: 291–306.

Bijlage 1 Fosfaat in kwel

In onderstaande tabel en figuren zijn de meetresultaten van de grondwaterbemonstering samengevat voor de locaties Nederweert en Meijel. Over het algemeen zijn de gehalten aan P-totaal laag: < 0.1 mg/L, wat bij kwel nauwelijks tot belasting leidt van de bodem en het grondwater. Een uitzondering vormt filter 3 (23-25 m) in Nederweert, waar P-totaal sterk verhoogd was, vooral in de eerste jaren; ook het gehalte aan ijzer was hoog in deze monsters. Mogelijk is het fosfaat op deze diepte en locatie gebonden aan colloïden van ijzeroxiden. In de linkerfiguur zijn de gehalten van P-totaal en Fe weergegeven als functie van de tijd. De molaire verhouding P/Fe in de monsters was echter vrij laag, en nam eveneens af in de tijd, van 0.19 naar 0.04 (zie rechterfiguur). De hoogst mogelijke waarde voor de verhouding P/Fe is 0.5, dan is het ijzer verzadigd. De gevonden verhoudingen wijzen dus op een lage beschikbaarheid van P in de monsters. De gehalten aan ortho-P zijn alleen in 2002 gemeten, en lagen toen allemaal beneden de bepalingsgrens (< 0.035 mg/L). Het grondwater in Meijel op 7.5-9.5 m diepte heeft een sterk verhoogd nitraatgehalte; op 16.5-19.5 m is het lager, maar lijkt het toe te nemen in de loop van de tijd. In Nederweert zijn de nitraatgehalten veel lager, maar hier zijn relatief weinig metingen verricht.

NEDERWEERT									
filter (m-mv.)	Fe 3.5-4.8	P-tot 3.5-4.8	NO ₃ 3.5-4.8	Fe 15-17	P-tot 15-17	NO ₃ 15-17	Fe 23-25	P-tot 23-25	NO ₃ 23-25
1991	0.0	0.03		46.0	0.01		7.0	0.64	
1992	0.2	0.03					7.2	0.40	
1992	0.7	0.08					8.7	0.51	
1994	0.1	0.01	23.9				11.6	0.43	
1996	0.8	0.02	2.2				17.2	0.42	3.1
1997	0.2	0.01					16.7	0.36	0.3
1999							4.9	0.12	
2000									
2002	0.3	0.03	8.6				0.0	0.36	0.1
MEIJEL									
filter (m-mv.)	7.5-9.5	7.5-9.5	7.5-9.5	16-19	16-19	16-19			
1991	1.6	0.05	66.0	12.8	0.07				
1992	1.3	0.01	70.9						
1992	0.2	0.02	54.9						
1994	0.0	0.01	88.6	9.9	0.01	2.7			
1995	0.1	0.01	93.0	0.5	0.08	6.6			
1996	2.5		52.3	9.0	0.01	2.7			
1999	0.0	0.01	118.0	0.2	0.01	11.7			
2000									
2002	0.0	0.01	108.0	0.2	0.01	14.3			



Bijlage 2 Uitwerking van de enquête

2A. Gebruikte bestanden:

Figuur 12: Risicokaart voor fosfaatbelasting oppervlaktewater per perceel

Figuur 13: Risicokaart voor fosfaatbelasting oppervlaktewater per eenheid van perceelsoppervlak

databestanden bestanden Alterra:

- GewasPercelen (selectie studiegebied) 2004
- GewasPercelen (selectie studiegebied) 2004 aanvulling 2003

2B. Grondgebruik in studiegebied:

<u>Totaal oppervlakte selectiegebied (obv. Top10Clip):</u>	1843 ha
waarvan landbouw:	1425 ha
<u>oppervlakte via Gewaspercelen 2004(+aanv.2003):</u>	1472 ha
waarvan gewas bekend:	
belangrijkste gewassen:	
gras	564 ha
maïs	445 ha
aardapp.	112 ha
bieten	80 ha
boomkwekerij	24 ha
<u>granen</u>	<u>18 ha</u>
subtotaal	1243 ha
<u>oppervlakte Gewaspercelen waarvan gebruiker bekend:</u>	1229 ha

2C. Aannames in gemiddelde veebezetting op grasland.

Veedichtheid op grasland in 2003 (ha ⁻¹). Landbouwtelling, CBS.			
Bedrijf	Perceel nr	melkvee	jongvee / droge koeien
A	1	3.65	3.05
A	2	3.65	3.05
A	3	3.65	3.05
A	4	3.65	3.05
A	5	3.65	3.05
B	1	4.63	4.47
B	2	4.63	4.47
C	1	4.43	2.86
D	2	4.43	2.86
D	1	4.01	3.27
E	2	4.70	3.37
E	3	4.70	3.37
F	4	4.70	3.37
G	1	3.76	3.32
G	2	3.76	3.32
H	3	3.76	3.32
I	4	3.76	3.32
I	5	3.76	3.32
I	1	2.92	2.20

2D: Gewasafvoer (oogst)

gewas	kg.ha ⁻¹ .j ⁻¹ P ₂ O ₅
aardappelen (cons.)	72
bieten (suiker)	48
stamslabonen = bonen/nateelt	12
Braak	0
Cichorei	43
doperwt = erwten/nateelt	18
Gras	91.7
kerstdennen	20.6
maïs korrel-	60
maïs snij-	66
schorseneren, e.a. contractteelt groenten	27
wisselteelt met granen	43
triticale	53
tuinbonen	12
(winter)wortelen, waspeen	83

2E: Vragenlijst enquête

Kwantificeerbare antwoorden (over o.a. beweiding) zijn vastgelegd in een spreadsheet (2F).

	Vraag:	Doel- / aandachtspunten:
0	<p>Introductie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - wie zijn wij en waarom zijn we hier (evt. refereren naar introductie-avond of introductie-brief) - welke gegevens hebben wij over de percelen (wordt beperkt tot alleen de belangrijkste percelen uit de hydrologische analyse) - kloppen de indelingen en arealen? <p>Bodemgegevens boer:</p> <p>a. Zijn er bodembemonsteringen geweest op de aangegeven percelen.</p> <p><i>zo ja:</i></p> <p>b. Zijn er analyse resultaten beschikbaar?</p> <p>c. Van welke datum zijn deze?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> jaar: <input type="checkbox"/> maand: <input type="checkbox"/> begin groeiseizoen <input type="checkbox"/> einde groeiseizoen 	<p>uitleg project, samenwerking, zelf maatregelen laten bedenken, e.d. verificatie en zonodig bijstelling van de perceelsinformatie die we digitaal hebben.</p> <p>vragen in introductiebrief om deze vooraf klaar te laten leggen</p> <p>Fosfaatvoorraad in bodem: via info grondanalyse invullen in spreadsheet per perceel, indien mogelijk.</p>
1 a	<p>Perceelsgebonden vragen (met kaart erbij):</p> <p>Berekening:</p> <ul style="list-style-type: none"> - zijn er percelen bij die worden berekend? <i>zo ja....</i> - hoe vaak (per jaar, periode:) <input type="checkbox"/> uit oppervlaktewater <input type="checkbox"/> uit grondwater <p>b Wateroverlast:</p> <ul style="list-style-type: none"> - is er ('s winters) wateroverlast op de percelen? - kunt u aangeven waar dit optreedt (intekenen op kaart)? - kunt u aangeven hoe vaak (wanneer) dit optreedt? - kunt u aangeven wat hier de oorzaak van is ? (kavelpaden, bodemverdichting, veeverzamelplaatsen, 	<p>Vragen mbt water:</p> <p>'s Zomers invullen in spreadsheet per perceel, indien mogelijk</p> <p>'s winters en bij hevige regenval</p>

	Vraag:	Doel- / aandachtspunten:
c	<p>bodemsamenstelling/slemp, e.d.)</p> <p>Drainage:</p> <ul style="list-style-type: none"> - is er buisdrainage aanwezig? - lopen ze goed ? (dit is 's winters te zien) allemaal? <p>d</p> <ul style="list-style-type: none"> - welk aandeel is goed functionerend (in procenten)? <p>Overig m.b.t. water:</p> <ul style="list-style-type: none"> - treedt er slemp op? - zijn er plaatsen waar vanzelf oppervlakkig verzameld regenwater doorbreekt naar de sloot? of..... - steekt u de slootkant ('s winters) door om overtollig water kwijt te raken? 	
2	<p><u>Vragen over bodemeigenschappen</u></p> <p>a Storende lagen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Treft u bij ploegen en andere groundbewerkingen wel eens (sporen) van storende lagen aan? <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> ja / nee / soms <input type="checkbox"/> in bovengrond, <i>of in</i> <input type="checkbox"/> in ondergrond <input type="checkbox"/> lijkt het op veen? <p>Historisch grondgebruik: Wat is uw inschatting van het historisch grondgebruik sinds 1970 ? (schatting mag in 'derden' of procenten):</p> <p>b</p> <ul style="list-style-type: none"> - historisch. grondgebruik is bij teler bekend sinds: - grasland - maïs - bouwland extensief (roterende gewassen zoals: aardappelen, bieten, granen, maar ook bv. asperges), - bouwland intensief (vnl. vollegrondsgroenten) 	<p>zijn er aanwijzingen voor veenlagen?</p> <p>Fosfaatvoorraad in bodem: bijstelling schattingen via historisch grondgebruik</p> <p>antwoorden invullen in spreadsheet.</p>
3	<p><u>Vragen over bemesting:</u></p> <p>a Huidige wijze van bemesten:</p> <p><u>Kunstmest</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Breedwerpig - Kantstrooier - Rijenbemesting <p><u>Dierlijk</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - injectie: kippen-, runder- of varkensmest - beweidingssysteem <p>b Welke meststoffen zijn er gebruikt? (kunstmest/dierlijk) Kunstmest: (zie spreadsheet) Dierlijk: (zie spreadsheet)</p> <p>c Gebruikt u een groenbemester?</p> <ul style="list-style-type: none"> - welk? <p>Of gebruikt u een wintergewas?</p> <ul style="list-style-type: none"> - wordt dit geoogst (afgevoerd)? - of wordt dit ondergeploegd? 	<p>'meemesten' en risico op afspoeling bij hoge neerslagintensiteit</p> <p>kentallen verzamelen voor schatten P-belasting</p> <p><i>doel: totaal NP-niveau (kg.ha⁻¹.j⁻¹) vaststellen bv. KAS, MAS,(kg) ... m3 varkensmest ... m3 kippenmest ... m3 rundermest</i></p>

	Vraag:	Doel- / aandachtspunten:
4	<p data-bbox="300 255 887 286"><u>Vragen over graslandgebruik (laten aanwijzen op kaart!):</u></p> <p data-bbox="261 315 501 347">a Totaal N-niveau:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="300 347 683 378">1) Wat is het totaal N-niveau (kg)? <li data-bbox="300 378 707 409">2) Wat bedraagt het maaipcentage? <li data-bbox="300 409 523 441">3) beweiding door: <ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="347 441 488 472">a) melkvee <li data-bbox="347 472 539 504">b) droge koeien <li data-bbox="347 504 488 535">c) vleesvee <li data-bbox="347 535 563 566">d) schapen/geiten <li data-bbox="300 566 655 598">4) wat voor kavel is het perceel: <ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="347 598 507 629">a) huiskavel? <li data-bbox="347 629 507 660">b) veldkavel? <li data-bbox="300 660 815 692">5) wat is de veedichtheid? (aantal dieren per ha) <p data-bbox="300 714 852 745"><i>zie verder vragen over de beweidingssystemen in de spreadsheet.</i></p> <p data-bbox="261 775 469 806">b P-meststoffen:</p> <p data-bbox="300 806 469 837">zie spreadsheet</p>	<p data-bbox="1038 315 1190 347">verdeeld over:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1038 347 1230 378">- kg kunstmest <li data-bbox="1038 378 1190 409">- kg dierlijk <p data-bbox="1038 528 1318 560">Bepalen van Veebezetting:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1038 560 1222 591">- diersoort(en) <li data-bbox="1038 591 1190 622">- veetype(n) <li data-bbox="1038 622 1246 654">- koeweidedagen <p data-bbox="1038 775 1410 837">kentallen verzamelen voor schatten P-belasting:</p>

2F: Kwantificeerbare enquêtevragen in spreadsheet

a. Berekening				1b. Wateroverlast			
beregent u?	hoe vaak (per jaar)	opp.water of grondwater	hoe? Druppelen of Sproeien/spuiten	is er 's winters wateroverlast	hoe vaak / wanneer	spontane doorbraak van verzameld water	zelf doorsteken van slootkant ('s winters)

Wat gebeurt er met neerslagoverschot?

1b (vervolg) Mogelijke oorzaken van wateroverlast?							
bodem-samenstelling / slemp?	spontane doorbraak van verzameld water	zelf doorsteken van slootkant ('s winters)	kavelpaden	kop/wendakker	verdichte bodem	kapotgereden bouwland	veeverzamelplaatsen

Vraag 5: Risicoplekken		Vraag 6: Schonen sloten			
wasplaats	bezinkpunt	hoe vaak	op sloot getrokken	op (hele)perceel inwerken	verzameld + afvoeren

Bijlage 3 Verslag van workshop helofyten-experts

Datum en plaats: 4 november 2005 bij Alterra

Aanwezigen:

- Carla Roghair (DLG-Centraal; discussieleidster)
- Frank van Dien (Ecofyt)
- Johan Blom (Royal Haskoning)
- Olga Clevering (PPO-AGV)
- Jeroen van Mil (Peel en Maasvallei)
- Gert-Jan Noij (Alterra, projectleider)
- Jan van Bakel (Alterra, verslag)

Achtergronden

Alterra voert in opdracht van DLG een verkennend onderzoek uit naar maatregelen om de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater terug te dringen. Een van de kansrijk geachte maatregelen is een (gedeeltelijke) verwijdering van fosfaat uit oppervlaktewater afkomstig van landbouwgebieden door middel van helofytenfilters dan wel rietvelden dan wel vergelijkbare oplossingen. Op een voorzet van Alterra voor een mogelijke inrichting is door Jeroen van Mil commentaar geleverd en daar is weer op gereageerd.

De conclusie in de werkgroep was dat we mislukkingen moeten zien te vermijden en dat het raadzaam is in een apart overleg proberen te komen tot een goede onderbouwing van beslissingen/adviezen ten aanzien van deze maatregel.

De hoofddoelstelling van de daarop georganiseerde workshop was: een uitspraak te doen of de aanleg van rietvelden of vergelijkbaars een kansrijke maatregel is om de P-belasting van oppervlaktewater terug te dringen en zo ja, wat dan een goede inrichting is en een gewenst beheer.

Agenda

Kennismaking

Inleiding

Definities

Vragen

- Zijn de horizontaal doorstroomde rietvelden effectief om P te onderscheppen?
- Van welke factoren hangt de effectiviteit af?
- Is de voorgestelde inrichting te combineren met de functie waterberging
- Zijn er betere inrichtingen (bijv. verticaal doorstroomde rietvelden) denkbaar en zijn die kostentechnisch interessant?
- Wat is het meest gewenste beheer na aanleg?
- Waar moeten we op letten bij de keuze van het terrein c.q. het te zuiveren water
- Draagt lekkage via de 'onderkant' wel of niet bij aan het rendement?
- Hoe monitoren we de effectiviteit?
- Hoe is de inpasbaarheid in de omgeving?
- De rol van slib.

Definities

Type 1: Horizontaal doorstroomde zuiveringsystemen.

Variant 1: waterverplaatsing over het maaiveld

- Voorkeursaanduiding: vloevelden.
- Water stroomt horizontaal door rietstengels en niet door maar over de grond
- Peil 20-40 cm+mv.
- Verblijftijden minder dan 10 dagen tot maximaal 20 dagen
- De P-verwijdering via te maaien riet. Zo'n 50 kg P per ha per jaar
- Combineren met waterberging: na het maaien mogen rietstoppels niet langer onder water komen dan 2 à 3 weken in de winter en 5 dagen in de lente (als de groei is gestart).
- Bij voorkeur aanleggen op P-arme grond, anders eerst uitmijnen of afgraven. Bij voorkeur geen ondiep veen
- Bij lange verblijftijden kan voedingsstoffenlimitering voor goede groei van het reit ontstaan als de P-concentratie in het aanvoerwater minder is dan 0,3 mg P/l, maar dat is hier geen probleem (1-2 mg/l).
- Eventueel bij aanleg Fe in bovenste laag aanbrengen voor binding ortho-P.
- Rendement voor verwijdering van ortho-fosfaat zonder Fe niet boven 30%, dit is dus exclusief het effect op bezinking van slib. N-verwijdering meestal wel effectiever.
- Ruimtebeslag 1 : 10 à 20, dit betekent 1 ha vloeiveld voor maximaal 20 ha landbouwgrond.

Variant 2: horizontale waterverplaatsing door de grond

Zo'n 5 m breed.

Water stroomt onder vrij verval door grof zand en wordt in verzamelsloot opgevangen

Variant 3: drijvende rietvelden

Voor riet mag ook ander gewas worden ingevuld (bijv. iris of gele lis).

Nieuwe ster aan het firmament?

Type 2: verticaal doorstroomde filters

- De P-onderschepping is aanvankelijk vrijwel compleet door bijgemengd ijzer (en kalk). Uitstroomconcentratie < 0,05 mg/l P. Riet onderschept minder dan 10%. Echter na zeg 25 jaar is systeem opgeladen en verliest het zijn werking.
- Voor langere levensduur en betere werking bij voorkeur bassin voorschakelen voor bezinking van slib en voor demping in aanvoerdebiet. Vooral bij zuiveren van beekwater (met sterke dynamiek in afvoer) is dat nodig. Oppervlakte kan door betere onderschepping factor 3 à 5 kleiner dan horizontaal doorstroomd systeem. Voorwaarde hiervoor is dat piekbelastingen kunnen worden gebufferd. Een en ander is afhankelijk van de dimensionering waarvoor moet worden gerekend.
- Typische hydraulische belasting 200 mm/dag
- Drainbuizen op 1,20 m diep en onderafdichting en dus ook hydraulisch verval van 1,20 m. Dat betekent dat vrijwel altijd pompen nodig zijn.

Beantwoording vragen

Vanuit perspectief van aanleg en beheer onderscheid in vloeivelden enerzijds en technologische oplossingen (overige typen) anderzijds. Bij de beantwoording van de vragen is dit onderscheid aangebracht met het volgende resultaat.

Vraag/aspect	Vloeiveld	Technologische oplossing	Opmerkingen
Is combinatie met berging mogelijk?	+	+ bij ontwerp scheiden van functies	Voorwaarde winter < 2/3 weken; lente < 5 dagen inundatie
Afdichting onderkant?	Bij onderzoek wel; in de praktijk niet	Ja	
Toevoeging Fe?	+/- alleen in bovengrond	++ hoort bij systeem	Wel/niet toevoegen van ijzer aan bovengrond bij vloeivelden apart onderzoeken?
Dimensionering	+ haalbaar	+	Moet aan gerekend worden
Slibverwijdering	+ Omvang en kosten hangen af van beheer ²	- bij 'opdoeken' systeem na zeg 25 jaar	
Ruimtelijke inpassing	++ past bij agrarische bedrijfsvoering (riet telen)	+ / 0 met voorschakel-reservoir kan je 'leuke' dingen doen?	
Toegankelijkheid	+	-	
Beheer (maaïen, slibverwijdering controle peilen)	+/- * maaïen in september geeft veel biomassa. Moet bijvoorbeeld op bedrijf worden vergist of gecomposteerd. * slibverwijdering samen met deel wortelstokken (bovenste 20 cm; cyclus van 5 - 7jaar). Voorkomt remineralisatie en vitaliseert het riet * verwerken is duur want biomassa die veel water bevat	+ - 1 maal per jaar of per 2 jaar maaïen in de winter geeft veel minder biomassa - alles in de hand	
Monitoring effectiviteit	+ minimaal maandelijks, ook redox/O ₂ , Fe, N, neerslag	++ idem	Mits pompen en debietproportionele bemonstering en onderafdichting ³
Extrapolatie rest Reconstructiegebied	+/- - aanleg goedkoop - beheer duurder bij slibverwijdering	+/- klein oppervlak nodig maar wel duur	

Conclusies

1. Inzet van vloeivelden/helofytenfilters is kansrijk om P te verwijderen.
2. Duidelijk onderscheid in vloeiveld enerzijds (laag technologisch niveau; past bij agrarische bedrijfsvoering) en de overige meer technologische oplossingen (waarbij het waterschap de aangewezen beheerder is).
3. Er is geen duidelijke voorkeur voor één van beide systemen en het verdient aanbeveling beide uit te testen.
4. Er zijn nog steeds de nodige vraagtekens bij de werking en dus niet bezuinigen op blanco's en herhalingen.

² Aanbevolen wordt gedeeltelijke slibverwijdering in stroken 1/7 jaar

³ Als alternatief stellen we chloridemetingen voor

5. Resultaten moeten transparant en reproduceerbaar zijn.
6. Proeven moeten ook geschikt zijn als demo.
7. Alvorens over te gaan op realisatie lijkt een afschatting van rendement in verhouding tot kosten van aanleg en beheer gewenst. (Wat kost het om 1 kg P te onderscheppen?)
8. De aanwezigen zien mogelijkheden voor medefinanciering.

Referenties

Blom, J. J., 'Voorbereiding praktijkonderzoek verticaal doorstroomd helofytenfilter, Taakgroep Watersysteem Leidsche Rijn', Royal Haskoning, 16 oktober 2003. www.zuiveringsfilter.nl.

Bos, H. van den ; Swart, E. de ; Vriend, S. ; Frapporti, G., 2001. Fosfaatreductie in helofytenfilters: de efficiëntie van toegevoegde fosfaatbinders. H2O

Gleichman-Verheijen E.C., W.H. van der Putten & L. van Lier (1992) Afvalwaterzuivering met helofytenfilters in Nederland. Publikatierreeks Milieutechnologie 1992/13.

Ridder, R. P. de, 1996. Integratie van oppervlaktewaterzuivering, natuur en andere functies in moerassen. LBL-Mededeeling 206, Utrecht.

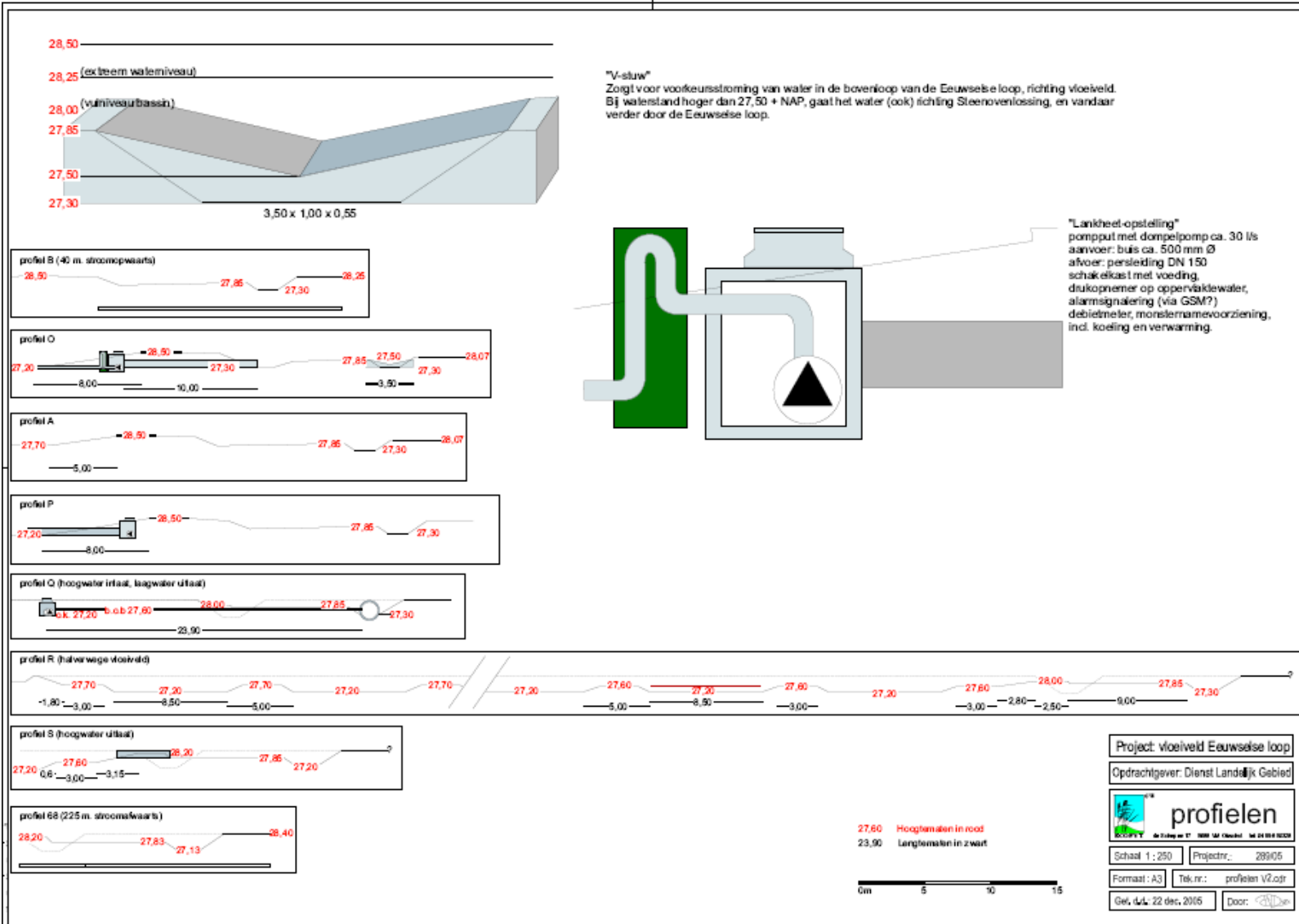
STOWA, 2001. Handboek zuiveringsmoerassen voor licht verontreinigd water. Rapport 09, Stowa Utrecht.

STOWA, 2004. Praktijkonderzoek moerassysteem RWZI Land van Cuijk.. Rapport 45, Stowa, Utrecht.

STOWA, 2005. Vergaande verwijdering van fosfaat met helofytenfilters. Rapport 19 Stowa, Utrecht. Van Hall Instituut Business Center, 2003. Individuele Behandeling van Afvalwater, Handboek 2003/2004, Leeuwarden.

Waterharmonica, de natuurlijke schakel tussen waterketen en watersysteem. www.waterharmonica.nl. Nabehandeling van RWZI-effluent tot bruikbaar oppervlaktewater in een moerassysteem, resultaten van een 4-jarig demonstratieproject op praktijkschaal op rwzi Eversteekooog, Texel.

Bijlage 4 Profielen ontwerp vloeiveld bergingsperceel: zie volgende pagina



Bijlage 5 A: Resultaten van grondonderzoek kandidaatpercelen

			Labanalyses	P-AL	P-water	FVG	Dichtheid	Profielbeschrijving in het veld (zie bijlage 5B)		
perceel (gebruik)			diepte cm-mv.	P ₂ O ₅ mg/100g	P ₂ O ₅ mg/l	molair P/0,5(Fe+Al)	g/(1,2ml)	org.stof %	profiel	diepte cm-mv.
700	1	1	0-30	37	40	0.5	1.237	2	Bouwvoor	0-35
Gras			30-60	20	23	0.32	1.239	65	Veen	35-100
voorheen			60-90	13	8	0.1	0.453	65	Veen	35-100
Maïs								10	Gereduceerd lemig zand	100-120
700	1	2	0-30	43	49	0.52	1.375	2	Bouwvoor	0-35
			30-60	8	10	0.14	1.379	3-1	B/C zand	35-100
			60-90	3	4	0.06	1.623		C zand	35-110
								3	Gereduceerd lemig zand	110-120
700	2	1	0-30	37	34	0.52	1.242	2	Bouwvoor	0-35
			30-60	16	16	0.24	1.429	3-1	B/C zand+B10	35-50
			60-90	4	6	0.08	1.467	30	Veen	50-60
									Gereduceerd lemig zand	60-120
700	2	2	0-30	69	41	0.48	1.376	2	Bouwvoor	0-35
			30-60	10	15	0.14	1.233	3	B/C zand	35-50
			60-90	4	5	0.08	1.552	30	Veen	50-60
									Gereduceerd lemig zand	60-120

		Labanalyses		P-AL	P-water	FVG	Dichtheid	Profielbeschrijving in het veld (zie bijlage 5B)		
perceel (gebruik)		diepte cm-mv.	P ₂ O ₅ mg/100g	P ₂ O ₅ mg/l	molair P/0,5(Fe+Al)	g/(1,2ml)	org.stof %	profiel	diepte cm-mv.	
691 Gras voorheen Maïs	1 1	0-10	54	68	0.6	1.318	3	Bouwvoor	0-25	
		20-30	50	55	0.52	1.371	3	Bouwvoor	0-25	
		30-60	10	9	0.12	1.328	3-15	C/D zand/moerig	25-80	
		60-90	3	3	0.04	1.544		C-zand	80-120	
691	1 2	0-10	44	51	0.54	1.344	3	Bouwvoor	0-30	
		10-30	41	42	0.52	1.305	3	Bouwvoor	0-30	
		30-60	10	8	0.12	1.493	5-3-1	Ab/B/C zand	30-50	
		60-90	8	7	0.14	1.654		B zand	50-100	
691	2 1	0-10	37	58	0.52	1.314	3	Bouwvoor	0-30	
		10-30	25	49	0.36	1.352	3	Bouwvoor	0-30	
		30-60	7	12	0.14	1.355	10-65	Ab/D veen	30-80	
		60-90	2	3	0.06	1.566		C- lemig zand	80-120	
691	2 2	0-10	44	58	0.54	1.408	3	Bouwvoor	0-25	
		10-30	43	54	0.52	1.455		Bouwvoor	0-25	
		30-60	24	35	0.3	1.308		B/C zand	25-50	
		60-90	12	21	0.12	1.151		C zand	50-95	
							20	D-veen	95-110	

perceel		Labanalyses		P-AL	P-water	FVG	Dichtheid	Profielbeschrijving in het veld (zie bijlage 5B)		
(gebruik)		diepte	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅	molair	g/(1,2ml)	org.stof	profiel	diepte	
		cm-mv.	mg/100g	mg/l	P/0,5(Fe+Al)		%		cm-mv.	
713	1	1	0-10	58	57	0.6	1.322	3	Bouwvoor	0-30
Gras voorheen			10-30	48	41	0.52	1.449	3	Bouwvoor	0-30
			30-60	17	12	0.24	1.578		A/C zand	30-40
			60-90	4	3	0.06	1.710		C zand	40-120
713	1	2	0-10	56	43	0.52	1.291	3	Bouwvoor	0-30
			10-30	54	40	0.5	1.409	3	Bouwvoor	0-30
			30-60	18	13	0.26	1.672		A/C zand	30-40
			60-90	4	4	0.1	1.663		C zand	40-120
713	2	1	0-10	72	64	0.54	1.220	3	Bouwvoor	0-30
			10-30	31	52	0.48	1.272	2	Bouwvoor	0-30
			30-60	7	13	0.14	1.362	2-1-30	B/C/D zand/moer	30-60
			60-90	4	8	0.1	1.257		C zand	60-120
713	2	2	0-10	49	54	0.54	1.301	4	Bouwvoor	0-35
			10-30	43	52	0.46	1.287	4	Bouwvoor	0-35
			30-60	17	13	0.18	1.225	65	veen	35-85
			60-90	7	5	0.05	1.567		C lemig zand	85-120

		Labanalyses		P-AL	P-water	FVG	Dichtheid	Profielbeschrijving in het veld (zie bijlage 5B)		
perceel (gebruik)		diepte cm-mv.	P ₂ O ₅ mg/100g	P ₂ O ₅ mg/l	molair P/0,5(Fe+Al)	g/(1,2ml)	org.stof %	profiel	diepte cm-mv.	
656	1	1	0-30	97	182	1.14	1.425	3	Bouwvoor	0-35
			30-45	51	131	0.68	1.130	30	veen	35-45
			45-60	15	79	0.42	1.449		E zand	45-60
			60-90	14	26	0.18	1.470	1	B zand	60-90
656	1	2	0-30	86	144	0.98	1.332	3	Bouwvoor	0-35
			30-45	29	98	0.5	1.250	30	veen	35-45
			45-60	8	44	0.38	1.527		E zand	45-60
			60-90	24	73	0.34	1.584	1	B zand	60-90
656	2	1	0-30	95	156	1.1	1.409	3	Bouwvoor	0-35
			30-45	66	156	0.76	1.290	30	veen	35-45
			45-60	20	87	0.48	1.514		E zand	45-60
			60-90	20	55	0.38	1.601	1	B zand	60-90
656	2	2	0-30	90	158	0.96	1.311	3	Bouwvoor	0-35
			30-45	44	117	0.68	1.411	30	veen	35-45
			45-60	21	73	0.38	1.545		E zand	45-60
			60-90	21	27	0.22	1.452	1	B zand	60-90

Labanalyses								Profielbeschrijving in het veld (zie bijlage 5B)		
perceel (gebruik)			diepte cm-mv.	P-AL P ₂ O ₅ mg/100g	P-water P ₂ O ₅ mg/l	FVG molair P/0,5(Fe+Al)	Dichtheid g/(1,2ml)	org.stof %	profiel	diepte cm-mv.
745 Maïs	1	1	0-30	68	79	0.74	1.406	4	Bouwvoor	0-30
			30-60	7	8	0.1	1.442	3	A/B zand	30-60
			60-90	2	2	0.08	1.594		C zand	60-90
					0		10	Ab begraven A	90-110	
745	1	2	0-30	65	74	0.82	1.427	4	Bouwvoor	0-30
			30-60	11	10	0.12	1.498	3	A/B zand	30-60
			60-90	3	2	0.06	1.563		C zand	60-90
					0		10	Ab begraven A	90-110	
745	2	1	0-30	71	78	0.68	1.407	3	Bouwvoor	0-35
			30-60	24	24	0.2	0.988	65	Veen	35-65
			60-90	6	6	0.08	1.492	4	C lemig zand	65-100
					0		70	Veen	100-120	
745	2	2	0-30	65	93	0.72	1.248	3	Bouwvoor	0-35
			30-60	26	35	0.2	0.468	65	Veen	35-65
			60-90	12	16	0.08	1.089	4	C lemig zand+B9	65-100
					0		70	Veen	100-120	

		Labanalyses		P-AL	P-water	FVG	Dichtheid	Profielbeschrijving in het veld (zie bijlage 5B)		
perceel (gebruik)		diepte cm-mv.	P ₂ O ₅ mg/100g	P ₂ O ₅ mg/l	molair P/0,5(Fe+Al)	g/(1,2ml)	org.stof %	profiel	diepte cm-mv.	
716 Bouwland	1 1	0-30	74	70	0.82	1.473	2 2/3/65/1	Bouwvoor schraal	0-40	
		30-60	7	5	0.1	1.511		A/B/D/BC zand	40-85	
		60-90	5	4	0.06	1.573		C zand	85-120	
					0					
716	1 2	0-30	77	79	0.92	1.461	2 2/1	Bouwvoor schraal	0-30	
		30-60	12	9	0.2	1.618		C zand	30-50	
		60-90	3	2	0.06	1.650		A/BC zand	50-80	
					0		BC zand	80-100		
716	2 1	0-30	67	62	0.82	1.458	2	Bouwvoor schraal	0-30	
		30-60	7	6	0.08	1.520		C zand	30-50	
		60-90	4	3	0.1	1.692		C zand	50-120	
					0					
716	2 2	0-30	78	76	0.92	1.484	2 2-1-1	Bouwvoor schraal	0-30	
		30-60	10	7	0.16	1.602		A/B/BC zand	30-60	
		60-90	3	2	0.08	1.795		C zand	60-120	

			Labanalyses	P-AL	P-water	FVG	Dichtheid	Profielbeschrijving in het veld (zie bijlage 5B)		
perceel (gebruik)			diepte cm-mv.	P ₂ O ₅ mg/100g	P ₂ O ₅ mg/l	molair P/0,5(Fe+Al)	g/(1,2ml)	org.stof %	profiel	diepte cm-mv.
221 Maïs	1	1	0-30	60	82	0.64	1.321	3	Bouwvoor	0-30
			30-40	17	28	0.24	1.171	3-1	A/B zand	30-40
			40-80	7	12	0.12	1.348	70	D veen	40-100
			80-100	19	15	0.14	1.341	70	D veen C-leem	40-100 100-120
221	1	2	0-30	48	61	0.5	1.340	3	Bouwvoor	0-35
			30-40	14	16	0.18	1.323	70	D veen	35-85
			40-80	6	9	0.08	0.863	70	D veen	35-85
			80-100	18	14	0.16	1.478		C-lemig zand C leem	85-100 100-120
221	2	1	0-30	42	57	0.46	1.481	3	Bouwvoor	0-30
			30-40	13	12	0.16	1.433	8-2	Ab/B zand	30-45
			40-70	6	8	0.1	1.350	16	D veen	45-65
			70-100	15	11	0.12	1.350		C-zand C-leem	65-100 100-120
221	2	2	0-30	49	70	0.56	1.377	3	Bouwvoor	0-30
			30-40	19	20	0.22	1.314	3-1	A/B zand	30-45
			40-70	8	12	0.12	1.345	70	D veen	45-75
			70-100	8	7	0.12	1.531		C-lemig zand C-leem	75-110 110-120

		Labanalyses		P-AL	P-water	FVG	Dichtheid	Profielbeschrijving in het veld (zie bijlage 5B)		
perceel (gebruik)		diepte cm-mv.	P ₂ O ₅ mg/100g	P ₂ O ₅ mg/l	molair P/0,5(Fe+Al)	g/(1,2ml)	org.stof %	profiel	diepte cm-mv.	
508 Bouwland	1 1	0-30	104	70	0.58	1.100	6	Bouwvoor	0-30	
		30-60	19	9	0.14	1.473		B zand	30-60	
		60-90	5	3	0.1	1.524		C-zand	60-100	
								C-lemig zand	100-120	
508	1 2	0-30	104	79	0.64	1.332	4	Bouwvoor	0-30	
		30-60	18	7	0.14	1.513		4-2	A/B zand	30-40
		60-90	8	4	0.1	1.585		25	D veen	40-60
								C- zand	60-90	
								C-lemig zand	90-120	
508	2 1	0-30	123	72	0.72	1.274	4	Bouwvoor	0-30	
		30-40	37	14	0.22	1.552		A/B zand	30-40	
		40-60	4	2	0.08	1.652		C- lemig zand	40-100	
		60-90	3	6	0.06	1.588		C-leem	100-120	
508	2 2	0-30	109	71	0.66	1.387	3,5	Bouwvoor	0-25	
		30-40	25	10	0.18	1.478		C zand	25-50	
		40-60	4	2	0.08	1.660		C zand	50-110	
		60-90	2	2	0.06	1.635		C- lemig zand	110-120	

		Labanalyses		P-AL	P-water	FVG	Dichtheid	Profielbeschrijving in het veld (zie bijlage 5B)					
perceel (gebruik)		diepte cm-mv.	P ₂ O ₅ mg/100g	P ₂ O ₅ mg/l	molair P/0,5(Fe+Al)	g/(1,2ml)	org.stof %	profiel	diepte cm-mv.				
528	1	1	0-30	55	62	0.58	1.213	3	Bouwvoor	0-30			
			30-60	11	11	0.14	1.446		C zand	30-45			
			60-90	5	4	0.08	1.758		BC zand	45-110			
Maïs									C- lemig zand	110-120			
			528	1	2	0-30	93	94	0.96	1.416	3	Bouwvoor	0-30
			30-60	48	51	0.48	1.337	3-1	A/C zand	30-55			
			60-90	9	4	0.12	1.695		BC zand	45-110			
									C- zand	110-120			
528	2	1	0-30	64	62	0.74	1.455	3	Bouwvoor	0-30			
			30-60	18	18	0.24	1.423		3-1	A/C zand	30-50		
			60-90	5	5	0.08	1.581			C lemig zand	50-65		
								C- zand	65-100				
528	2	2	0-30	49	37	0.58	1.322	3	Bouwvoor	0-30			
			30-60	12	10	0.2	1.619		3	A zand	30-40		
			60-90	4	4	0.08	1.721			B- zand	40-60		
								C- lemig zand	60-110				

Bijlage 5B: Horizont codering profielbeschrijvingen

Vereenvoudigde versie van de tekst uit de Handleiding Bodemgeografisch Onderzoek deel A Bodem, Ten Cate et al., 1995.

1 opbouw codering

De lagen die we in de bodem waarnemen, worden horizonten genoemd. Ze verschillen van elkaar door bijvoorbeeld hun gehalte aan humus, ijzer, lutum en kalk en/of door kleur, structuur en consistentie.

De horizontcode bestaat uit vier delen:

- de hoofdhorizont, geven we aan met een hoofdletter; dit is de basis van de horizontcode;
- een kleine-lettertoevoeging achter de hoofdhorizont; deze geeft nadere informatie over het bodemvormende proces dat met de hoofdletter is gecodeerd;
- een cijfer vóór de hoofdhorizont; dit is een code voor (sterk verschillend) moedermateriaal, ook wel uitgangsmateriaal genoemd; de cijfers hebben geen vaste betekenis. Door middel van dit cijfer kunnen we grote verschillen in materiaal van aangrenzende horizonten binnen één profiel (zgn. lithologische discontinuïteiten) aangeven;
- een cijfer achter de kleine-lettertoevoeging; hiermee verdelen we, indien dit nodig is, de horizont onder (in lagen).

1.2 Hoofdhorizonten

- O** strooisellaag
- A** Een gehomogeniseerde minerale of moerige horizont
- E** eluviale horizont (vandaar de E) heet ook wel uitspoelingshorizont (kleimineralen, sesquioxiden of humus) .
- B** inspoelingshorizont (van kleimineralen, sesquioxiden of humus)
- C** weinig of niet door bodemvormende processen veranderde horizont waardoor geen O-, A-, E- en B-horizont is ontstaan.
- R** Vast gesteente

1.3 Overgangshorizonten

Een horizont met kenmerken van twee hoofdhorizonten noemen we een overgangshorizont. Bv. wanneer er een geleidelijke overgang tussen twee hoofdhorizonten voorkomt, zoals tussen A en C wordt AC.

1.4 Kleine-lettertoevoegingen

Bij O

- f** fragmenten van planten
- h** een compacte laag omgezette organische stof,

- l** laag met verse, nauwelijks aangetaste bladeren.
- u** reserve als geen andere kleine letter toegekend kan worden
- w** blokkige of prismatische structuur en sterk verweerde moerige horizont
- y** zand met ijzerhuidjes

Vooraf bij B

- e** ijzerloze horizont
- h** voor ingespoelde humus.
- s** ingespoelde sesquioxyden (ijzer en aluminium)
- t** klei-inoeling
- w** homogene ijzer- of lutuminoelingshorizont en/of met blokkige of prismatische structuur

Vooraf bij C

- c** ijzerrijke horizont
- e** ijzerloze horizont
- g** roestvlekken
- i** met klei of zavel die half gerijpt is
- j** voor gele katekleivlekken (jarosiet).
- r** geheel gereduceerde horizont

1.5 Cijferindeling bij horizonten

Voor de lettercodering komt een cijfer voor het moedermateriaal te beginnen met een nummering bovenaan in het profiel. Verandert het moedermateriaal dan hoogt het cijfer met een op. Bv. 1C, 2 C.

Achter de kleine lettercodering een cijferindeling als de textuur of organischestofgehalte aanmerkelijk wijzigt (2 klassen). Bv. 1Cg1, 1Cg2 etc.

Verwerkte gronden worden indien herkenbaar benoemd naar de erin voorkomende hoofdhorizonten afgescheiden door een schuine streep. Bv. 1A/Cgp.

Bijlage 6 Hydrologische systeemanalyse (Eeuwselsche Loop en 't Bientje)

Zie hiervoor bijgevoegde CD:

P.J.T. van Bakel en H.Th.L. Massop. Hydrologische basis voor risico-inschatting P-belasting van het oppervlaktewater in 2 stroomgebieden in Midden-Limburg.

Bijlage 7 Hydrologische systeemanalyse voor de wasmachine (Vlakbroek)

Zie hiervoor bijgevoegde CD:

Bakel, Jan van en Harry Massop. Hydrologische achtergronden bij de realisatie van de 'wasmachine' in Vlakbroek.

Bijlage 8 Hydrologisch effect van samengestelde diepe drainage met niveauregeling

Zie hiervoor bijgevoegde CD:

Bakel, Jan van en Jan Wesseling. Het effect van samengestelde, diep aangelegde drainage met niveauregeling op grondwaterstand en risico's van fosfaatuitspoeling naar het oppervlaktewater.

