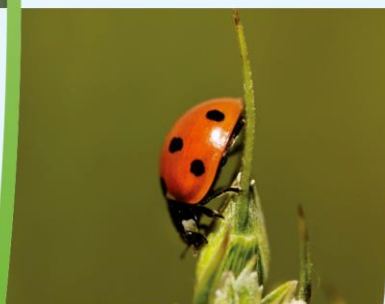


Soil for life

Rapport 1373

Risico van fosfaatemissie
uit landbouwgronden in
Drenthe; inventarisatie



juli 2010

rapport 1373

Risico van fosfaatemissie uit landbouwgronden in Drenthe; inventarisatie

deel I

dr. ir. D.W. Bussink

ir. M.J.G. de Haas

ir. R. Postma

nutriënten management instituut nmi bv

postbus 250

6700 ag wageningen

agro business park 10

6708 pw wageningen

tel. (0317) 46 77 00

fax (088) 876 12 81

e-mail nmi@nmi-agro.nl

internet www.nmi-agro.nl

© 2010 Wageningen, Nutriënten Management Instituut NMI B.V.

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

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

Disclaimer

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

Verspreiding

Inhoud

	pagina
Samenvatting en conclusies	3
1 Inleiding	7
2 Werkwijze	9
2.1 Mogelijkheden van gebruik bodemvruchtbaarheidsparameters	9
2.2 Beschikbaarheid bodemvruchtbaarheidsparameters in Drenthe	9
2.3 Risicobeoordeling op basis van gecombineerde informatie	9
2.4 Plan voor aanvullende monsternamen en analyse	10
3 Landbouwkundige fosfaatparameters voor risico-beoordeling P-emissie	11
3.1 Landbouwkundige parameters en P-emissie	11
3.2 Fosfaatverzadigde en fosfaatlekkende gronden	12
3.3 Karakterisering P-gedrag in grond door analyse van twee P-parameters	13
3.4 Fosfaatemissie	14
3.5 Conclusies	18
4 Risico van P-emissie in Drenthe	19
4.1 Actuele risico van P-emissie	19
4.2 P-gehalten in oppervlaktewater in Noord Drenthe	21
4.2.1 Trend	21
4.2.2 Relatie bodem met oppervlaktewaterkwaliteit	24
4.3 P-gehalten in oppervlaktewater in Zuidoost Drenthe	26
4.3.1 Algemeen	26
4.3.2 Relatie bodem met oppervlaktewaterkwaliteit	26
4.4 P-gehalten in oppervlaktewater in Midden Drenthe	28
4.5 P-gehalten in oppervlaktewater in Zuid West Drenthe	29
4.6 Mogelijkheden verlaging reductie P-emissie	30
5 Voorstel voor aanvullende monsternamen en analyse	33
Literatuur	35
Bijlagen	37

Samenvatting en conclusies

Aanleiding

Een hoog fosfaatgehalte in oppervlakte water is negatief voor de waterkwaliteit en leidt tot een toename van de algen- en plantengroei. Fosfaat komt vooral in het oppervlaktewater terecht door uit- en afspoeling op landbouwgronden. Het streven is deze fosfaatemissie terug te dringen om aan waterkwaliteitsdoelstellingen te voldoen.

De Provincie Drenthe heeft NMI verzocht een inventarisatie uit te voeren naar het risico van P-eutrofiëring van het oppervlaktewater door afspoeling en ondiepe uitspoeling van fosfaat van landbouwpercelen nabij waterlopen. Daartoe is eerst de P-problematiek in beeld gebracht en is aangegeven hoe P-data van landbouwpercelen kunnen worden gebruikt om het risico van P-belasting te schatten. Aansluitend is deze inventarisatie uitgevoerd met grote aantallen recente data over de fosfaattoestand van landbouwgronden in combinatie met bodemkaarten, hoogteligging kaarten en een topografisch bestand met waterlopen.

Achtergrond

Om het risico van fosfaatemissie te schatten wordt veelal gebruik gemaakt van het vaststellen van de fosfaatverzadigingsgraad (FVG). De meetdichtheid van de FVG over Nederland bedraagt veelal niet meer dan 1 meetpunt per 2000 ha. Voor een goede risico-inschatting is het van belang dat er veel P-meetdata beschikbaar zijn. Deze gegevens zijn er omdat op landbouwgronden de P-toestand veelvuldig wordt bepaald (PAL, Pw en P-PAE). Recent onderzoek geeft aan dat PAL en P-PAE goed in verband gebracht kunnen worden met het adsorptie-desorptiegedrag (bepaalt hoe lang een bepaalde concentratie fosfaat in het bodemvocht gehandhaafd kan blijven) van fosfaat en ook met de FVG. Voor Drenthe wordt op basis van P-PAE en PAL-cijfers geschat dat de toplaag van akkerbouw- en graslandpercelen in ongeveer 70% van de gevallen een FVG tussen 25 en 50% heeft. Voor deze gronden is er een verhoogd risico van P-emissie.

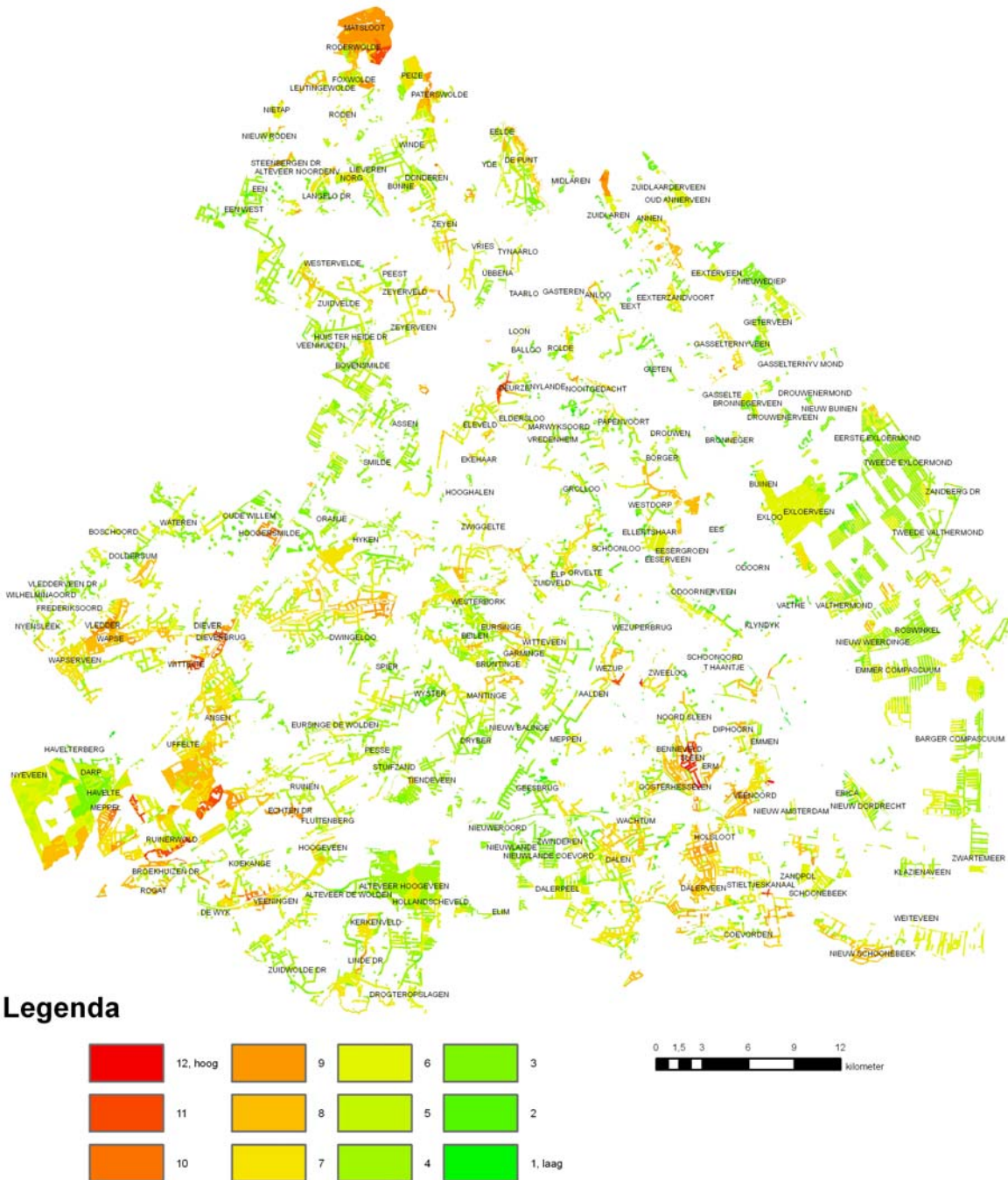
Niet alleen fosfaattoestand van de bodem op verschillende diepten, maar ook de fosfaatbemesting (hoeveelheid, tijdstip en wijze van toediening), - hydrologie (o.a. grondwaterstand, afwatering perceel, etc.), weersomstandigheden (incidentele buien), landgebruik en bodemtype zijn van invloed op de emissie van fosfaat uit landbouwgronden naar oppervlaktewater. Het P-PAE-gehalte is het meest geschikt voor een directe inschatting van het risico van P-af(uit)spoeling, omdat deze waarde gedeeld door 10 ongeveer gelijk is aan het ortho-P-gehalte van bodemvocht. Gronden (veelal landbouwgronden op zand) met een hoge directe fosfaatbeschikbaarheid (P-PAE) en ongunstige hydrologische omstandigheden (hoge grondwaterstand) geven een hoog risico van P-emissie.

Oppervlakkige afstroming levert een belangrijke bijdrage aan de totale P-emissie van grasland en bouwland naar het oppervlaktewater. Kortdurende pieken die worden veroorzaakt door buien lijken verantwoordelijk te zijn voor het grootste deel van de totale jaarlijkse P-vracht zo blijkt uit recent onderzoek. Lokale omstandigheden, zoals de grondwaterstand, de dikte van de watervoerende laag, de infiltratiecapaciteit van de bodem, de P-toestand van de bodem en het microreliëf, hebben invloed op de P-emissie via oppervlakkige afspoeling. Vooral voor natte gronden wordt een hoge P-emissie berekend.

Risico van P-emissie in Drenthe

Voor het ontwikkelen van een risicokaart zijn eerst 50 meter zones aan weerszijde van waterlopen en meren geselecteerd. Deze is gekoppeld met de directe P-beschikbaarheid in landbouwgronden op basis

van P-PAE. Aansluitend is deze gekoppeld met de grondwatertrappenkaart tot een kaart die het risico van P-emissie weergeeft. Daarbij is aangenomen dat het risico van P-emissie toeneemt met een toename van de P-PAE-klasse en met een afname van de Gt-klasse. Het resultaat van de exercitie is weergegeven in onderstaande figuur. De hellingshoek (afschot naar het water) is vooralsnog niet meegenomen in de risicokaart omdat dit met de nodige onzekerheden omgeven is.



Het resultaat van de risico-inventarisatie van de emissie van P uit landbouwgronden naar oppervlaktewater is vergeleken met meetwaarden van P-gehalten in oppervlaktewater. Dit is gedaan voor meetpunten in het werkgebied van de waterschappen Noorderzijlvest, Hunze en Aa's, Reest en Wieden en Velt en Vecht. Inventarisatie van de data gaf aan dat er met enige regelmaat piekwaarden werden gemeten. Deels vielen die samen met veel neerslag rond het tijdstip van bemonsteren van het oppervlaktewater. Tegelijk kon worden vastgesteld dat het P-gehalte in oppervlaktewater over de

afgelopen 10 jaar is gedaald, vooral in de kleinere waterlopen.

De risicobeoordeling bleek redelijk overeen te stemmen met het gemeten gehalte in oppervlaktewater in het werkgebied van Noorderzijlvest en Velt en Vecht. Het betrof hier vooral de kleinere watersystemen. Voor de bestudeerde situaties in het werkgebied van Hunze en Aa's, Reest en Wieden bleek er weinig verband te zijn tussen P in het oppervlaktewater en P-risico. Dit wordt waarschijnlijk voor een groot deel veroorzaakt doordat het hier grotere kanalen betreft. Deze vervullen vooral een transportfunctie voor water. Het waterkwaliteitsmeetpunt in deze kanalen is daarmee geen directe afspiegeling van het gebiedswater uit aanpalende percelen.

Er kon geen duidelijk of hooguit een zwak verband gelegd worden met het hellingspercentage. Enerzijds omdat de 25 bij 25 meter kaart weinig hoogteverschil liet zien en anderzijds omdat de 5 bij 5 m kaart sterk fluctueerde op korte afstand.

Drie factoren zijn van invloed op de hoge P-toestand in gebiedseigen oppervlaktewater:

1. Een hoge P-PAE waarde van de bodem;
2. Een lage Gt (= een hoge grondwaterstand); en
3. Veel neerslag in combinatie met een geringe infiltratiecapaciteit. Deze hangt af van de Gt maar ook van de bodemstructuur (bijvoorbeeld het optreden van verdichting). Effecten hiervan kunnen nog versterkt worden indien recentelijk is bemest.

Maatregelen om P-toestand te laten dalen zijn het verlagen van de P-bemesting, het aanleggen van een groenstrook en/of een bemestingsvrije zone langs waterlopen, de beïnvloeding van de grondwaterstand, het verbeteren bodemstructuur en het anticiperen op de neerslagverwachting.

Door een verdere verlaging van de P-bemesting daalt de P-PAE-waarde. Hoe snel dit gaat hangt af van het buffergedrag van de grond. Langs waterlopen zou ook in het geheel geen fosfaat (dus geen mest) meer toegediend kunnen worden. Hoe groot deze zone langs waterlopen dient te zijn zal afhangen van de lokale infiltratiecapaciteit en bijvoorbeeld het hellingspercentage.

De grondwaterstand is vaak maar beperkt te beïnvloeden mede door andere belangen, zoals natuurbeheer en een goede vochtvoorziening van gewassen. Wel kan gewerkt worden aan het verbeteren van de infiltratiecapaciteit van gronden (sponswerking) door het opheffen van verdichting zodat de bovenlaag minder snel verzadigd raakt.

Beter anticiperen op de neerslagverwachting kan de oppervlakkige afspoeling van mest als gevolg van veel neerslag verminderen.

Conclusies

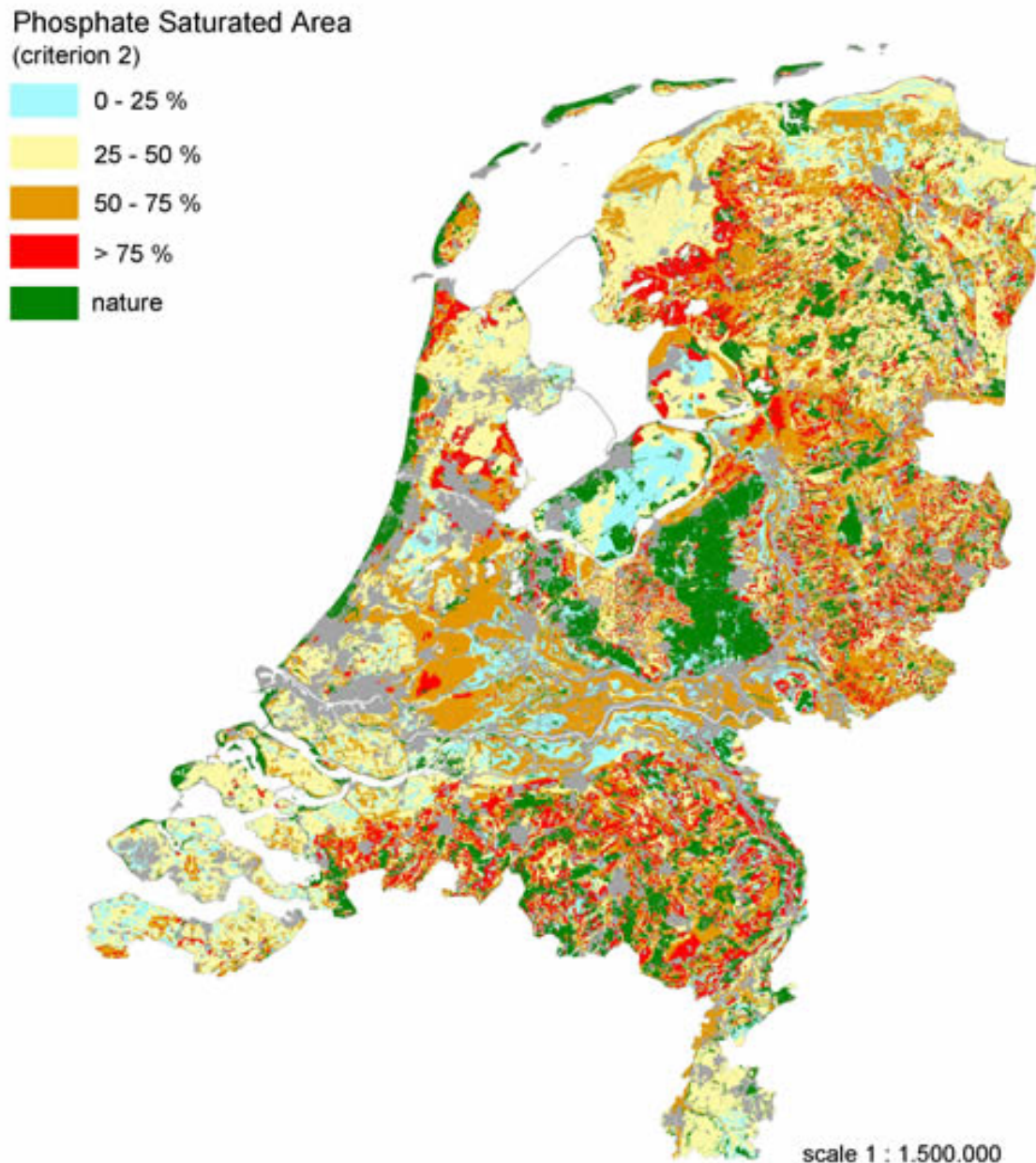
- P-bodemdata van landbouwpercelen zijn redelijk goed in verband te brengen met de fosfaatverzadigingsgraad en zijn een goed alternatief om de P-toestand langs waterlopen te beoordelen.
- De P-PAE waarde en de grondwaterstand (Gt) zijn belangrijke indicatoren voor het risico van P-emissie naar het oppervlaktewater. Voor het hellingspercentage (afschot) is dit minder duidelijk.
- Er zijn grote verschillen binnen Drenthe ten aanzien van het risico van P-emissie naar waterlopen.
- Het ontwikkelde risicogetal (op basis van P-PAE en Gt) om het risico van P-emissie naar waterlopen te beoordelen lijkt een redelijk verband te geven met het P-gehalte in de kleinere waterlopen. Er is geen of weinig verband met het P-gehalte in kanalen.

1 Inleiding

Een hoog fosfaatgehalte in oppervlaktewater is ongewenst, aangezien het een negatief effect heeft op de waterkwaliteit door een toename van de algen- en plantengroei. Om aan de doelstelling van de Europese Kaderrichtlijn Water te kunnen voldoen zijn daarom waterkwaliteitsnormen opgesteld voor natuurlijke en sterk veranderde wateren en voor kunstmatige wateren. Het fosfaat komt vooral in het oppervlaktewater terecht door fosfaatemissie uit landbouwgronden. Het is afkomstig van fosfaat dat al langere tijd in de bodem aanwezig is, of van uit- en/of afspoeling van recent toegediende meststoffen. Ten behoeve van een risico-inventarisatie van de fosfaatemissie uit landbouwgronden naar oppervlakte in Drenthe is het van belang om de factoren te benoemen die van invloed zijn op de fosfaatemissie.

Een belangrijke factor is de fosfaatrijkdom van de bodem. Deze kan worden gekarakteriseerd door de fosfaatverzadigingsgraad (Van der Zee et al., 1988). Er is sprake van een fosfaatverzadigde grond als de maximaal toelaatbare fosfaatconcentratie in het bodemvocht op een referentiediepte wordt overschreden doordat er meer fosfaat in de bodem aanwezig is dan er kan worden gebonden. Op kalkarme zandgronden is sprake van fosfaatverzadiging als de fosfaatconcentratie in het bovenste grondwater (referentiediepte is de gemiddelde hoogste grondwaterstand, GHG) hoger is dan 0,1 mg ortho-P/l of 0,15 mg totaal-P/l (Schoumans, 2004; TCB, 2007). Op deze gronden is er sprake van een verhoogd risico van uitspoeling van P naar het bovenste grondwater en het oppervlaktewater. Op basis van de genoemde norm en een aantal aannames met betrekking tot bodemparameters is door Schoumans (2004) afgeleid dat de kritische FVG voor kalkarme zandgronden 25% bedraagt. Schoumans (2004) schat dat 50-60% van de landbouwgronden in Nederland fosfaatverzadigd zijn, vooral in Zuid en Oost Nederland en delen van Friesland (Figuur 1.1). Voor Drenthe bevinden de meeste gronden zich in de klasse 25-50%. De schatting van Schoumans is gebaseerd op de monsters uit de Landelijke Steekproef Kaarteenheden (LSK) waarin per monsterpunt onder andere de grondsoort, grondwatertrap en fosfaatverzadiging is bepaald. In totaal zijn er in het LSK 1368 bemonsteringspunten opgenomen voor de berekening van de fosfaatverzadiging. Per bemonsteringspunt is de fosfaatverzadiging tot minimaal 1,20 m diepte bepaald in de periode 1992-1998. Gemiddeld ligt één boorpunt op 2245 ha landbouwgrond, en voor kalkarme zandgronden was er 1 boorpunt per 1777 ha. In totaal zijn er voor heel Nederland 95 combinaties van grondsoort met grondwatertrap onderscheiden. Een combinatie grondsoort-grondwatertrap ligt in beginsel verspreid over Nederland. De ruimtelijke verdeling van de fosfaatverzadiging is afgeleid uit een combinatie van bodemkaarten, kaarten met het grondgebruik (LGN 4) en gegevens uit de LSK. Per combinatie is één gemiddelde fosfaatverzadiging berekend. Uit de analyse volgt dat urgente gebieden bestaan uit landbouwgronden in de beekdalen en andere laaggelegen landbouwgronden op zand in Zuid- en Oost-Nederland. De resolutie van de basisinformatie over de fosfaattoestand van de bodem in de genoemde studie is echter zodanig laag dat aanvullende informatie nodig is voor het doen van betrouwbare uitspraken voor een specifieke regio.

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



Figuur 1.1. De verdeling van de fosfaatverzadigingsgraad, naar Schoumans (2004) (bron Alterra).

De Provincie Drenthe heeft NMI verzocht een inventarisatie uit te voeren naar het risico van P-eutrofiëring van het oppervlaktewater door afspoeling en ondiepe uitspoeling van fosfaat van landbouwpercelen nabij waterlopen. Dit wordt gedaan in twee fasen. In fase 1 is deze inventarisatie uitgevoerd op basis van actuele en grote aantallen data van de fosfaattoestand op landbouwgronden in combinatie met bodemkaarten, hoogteligging kaarten en een topografisch bestand met waterlopen. In fase 2 wordt een gerichte aanvullende bemonstering op de fosfaatverzadigingsgraad uitgevoerd voor op basis van fase 1 nader te benoemen regio's.

Op basis van deze inventarisatie moet blijken of intensivering van beleid c.q. regionaal maatwerk nodig is om aan beleidsdoelstellingen te voldoen.

2 Werkwijze

2.1 *Mogelijkheden van gebruik bodemvruchtbaarheidsparementers*

Als eerste is een korte bureaustudie uitgevoerd waarin is beschreven op welke wijze bodemvruchtbaarheidsparementers, zoals P-PAE en P-AL, kunnen worden gebruikt voor een inventarisatie/risico-beoordeling van de P-emissie. Er wordt kort ingegaan op de analysemethoden en de P-fracties in de bodem die daarmee worden bepaald en nagegaan wordt welke relaties er zijn te verwachten tussen de hoogte van de analyseresultaten en de P-emissies naar grond- en oppervlaktewater.

2.2 *Beschikbaarheid bodemvruchtbaarheidsparementers in Drenthe*

Ten behoeve van de voorliggende studie is gebruik gemaakt van analyseresultaten van grote aantallen grondmonsters uit de Bggg-database die afkomstig waren uit de Provincie Drenthe. De grondmonsters zijn in het algemeen genomen voor individuele boeren, die op basis van het resultaat van het monster een bemestingsadvies kregen aangereikt. De monsters zijn gekoppeld aan het adres van het agrarisch bedrijf dat de monsters heeft laten nemen, waarmee een indruk wordt verkregen van de geografische ligging van de percelen waarvan de monsters afkomstig zijn. De volgende fosfaatparementers zijn bepaald:

- de directe fosfaatbeschikbaarheid (P-PAE, ofwel P geëxtraheerd met 0,01 M CaCl₂; hiermee wordt een P-fractie verkregen die goed vergelijkbaar is met de P-concentratie in het bodemvocht); en
- het voor planten in een groeiseizoen beschikbare fosfaat (P-AL, ofwel P geëxtraheerd met ammoniumlactaat azijnzuur).

Het betrof grondmonsters uit de jaren 2005 t/m 2009. Het aantal monsters bedroeg vele duizenden. De resultaten waren beschikbaar op het niveau van het 6-cijferig postcodegebied.

2.3 *Risicobeoordeling op basis van gecombineerde informatie*

De ruimtelijke verdeling van het risico van P-emissie naar grond- en oppervlaktewater is via een GIS-analyse in kaart gebracht. Ruimtelijke informatie is gecombineerd met beschikbare informatie over de fosfaattoestanden (een hoge P-toestand leidt in het algemeen tot een hoog risico van P-emissie) per 6-cijferig postcodegebied. Met betrekking tot de ruimtelijke informatie is de volgende provinciale informatie gebruikt:

- informatie over waterlopen (waterlopen.shp) en grotere oppervlakte wateren (top10_water.shp). In het waterlopenbestand is een selectie gemaakt van watervoerende waterlopen met een breedte tussen de 0,5-3 of 3-6 meter. Het top10_water-bestand bevat wateren die breder zijn dan 6 meter. Het risico van P-emissie naar oppervlaktewater is relatief hoog in die perceelsgedeelten nabij oppervlaktewateren (<50 m);
- bodemkaart met informatie over de grondwatertrappen (bodemk.shp); het risico van P-emissie naar grondwater is relatief hoog in percelen met een hoge grondwaterstand, ofwel een lage grondwatertrap; en
- hoogtekkaart (AHN25.rrd en AHN5.rrd); het risico van P-emissie naar grond- en oppervlaktewater is relatief hoog op laaggelegen, natte percelen, vooral als er sprake is van afschot naar het oppervlaktewater.

Daarnaast is beschikbare informatie over de actuele kwaliteit van oppervlaktewater gebruikt voor een evaluatie van het geschatte risico van de P-emissie voor een aantal specifieke gebieden.

2.4 *Plan voor aanvullende monsternamen en analyse*

Op basis van de geografische dekking van de beschikbare resultaten van grondonderzoek en de geografische spreiding van de geschatte risico's van P-emissie is een plan voor aanvullende monsternamen en analyse opgesteld.

3 Landbouwkundige fosfaatparameters voor risicobeoordeling P-emissie

3.1 Landbouwkundige parameters en P-emissie

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

Een belangrijke vraag is in hoeverre de P-toestand van landbouwgronden, bepaald met parameters zoals P-PAE en P-AL, informatie geeft over het risico van P-emissie naar grond- en/of oppervlaktewater. Chardon (in Den Boer et al., 2001) heeft de P-uitspoeling uit de bouwvoor voor grasland op basis van de gemiddelde Pw en P-AL gegevens en een neerslagoverschot van 300 mm per jaar berekend (Tabel 3.1). Chardon kwam tot de conclusie dat er een ruime spreiding is in de relatie tussen Pw en het P-gehalte in het bodemvocht. In veel gevallen is de spreiding van de berekende uitspoeling ongeveer gelijk aan de berekende gemiddelde uitspoeling. Pw en P-AL zijn dus vooral indicatief maar minder geschikt om het risico van uitspoeling kwantitatief te voorspellen.

Tabel 3.1. Berekende P-uitspoeling (kg P_2O_5 /ha/jaar) uit de bouwvoor voor gras, gemiddelde P-AL (mg P_2O_5 /100 g grond), gemiddelde Pw (mg P_2O_5 /l grond) en landbouwkundige waardering op basis van P-AL per grondsoort.

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

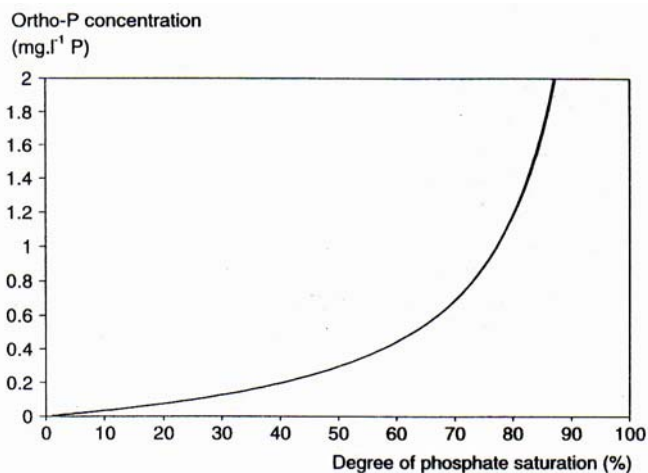
Bron: Chardon in Den Boer et al., 2001.

Gronden die volgens het bemestingsadvies voor grasland een toestand 'voldoende' hebben, hebben een behoorlijke berekende P-uitspoeling. Opvallend is dat de berekende uitspoeling op kleiig veen relatief hoog is, terwijl de fosfaattoestand van de bodem relatief laag is. Dat komt mede door de verhouding tussen de maximale en de geschatte, actuele hoeveelheid geadsorbeerd fosfaat. Voor kleiig veen zijn deze bijna aan elkaar gelijk, zodat er bijna geen buffer is in de bodem. Voor de andere grondsoorten is er wel een fosfaatbuffer aanwezig. Dit betekent dat bij een verhoging van de P-aanvoer een groot deel van de P wordt vastgelegd aan bodemdeeltjes en dat de extra P niet of nauwelijks leidt tot een verhoging van de P-concentratie in het bodemvocht. Bij een P-onttrekking zal de P-concentratie in het bodemvocht niet of nauwelijks dalen, door een nalevering van P die gebonden is aan bodemdeeltjes.

3.2 Fosfaatverzadigde en fosfaatlekkende gronden

Voor een beschouwing van de P-emissies uit landbouwgronden zijn de begrippen fosfaatverzadigde en fosfaatlekkende gronden van belang. Zoals aangegeven wordt er voor de bepaling van de P-verzadigde gronden uitgegaan van een relatie tussen de P-verzadigingsgraad en de P-concentratie in het bovenste grondwater en is sprake van fosfaatlekkende grond als daarnaast sprake is van hydrologische omstandigheden waarbij directe uit- of afspoeling van P naar het oppervlaktewater kan plaatsvinden.

De relatie tussen de fosfaatverzadigingsgraad en het P-gehalte in het bodemvocht in kalkarme zandgronden is beschreven met een exponentieel verband (Figuur 3.1). Gevolg hiervan is dat de berekende P-concentratie in het bovenste grondwater in kalkarme zandgronden zeer snel toeneemt bij een P-verzadigingsgraad boven 40-50% (Schoumans & Groenendijk, 2000). In dat traject neemt ook het risico van P-emissie toe.



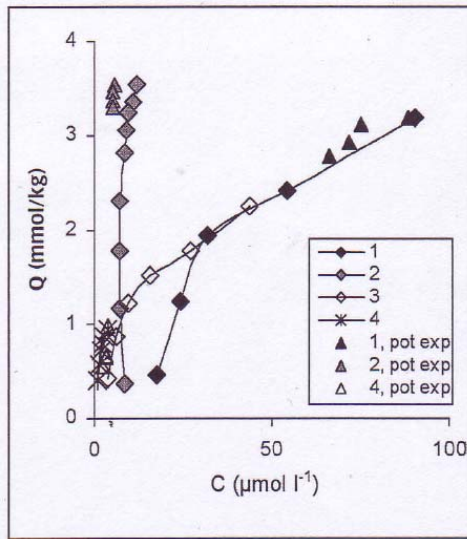
Figuur 3.1. Relatie tussen ortho-P evenwichtsconcentratie in het bodemvocht (Y-as) en fosfaatverzadigingsgraad (X-as, degree of phosphate saturation) voor een kalkarme zandgrond (Schoumans & Groenendijk, 2000).

De verhouding tussen de hoeveelheid fosfaat die aan bodemdeeltjes is gebonden (ofwel de P-verzadigingsgraad) en de P-concentratie in het bodemvocht bij verschillende fosfaathoeveelheden (zoals in Figuur 3.1) wordt de fosfaatadsorptie- of fosfaatdesorptie-isotherm genoemd.

Het niet-lineaire adsorptie-desorptiegedrag kan sterk verschillen tussen gronden, in afhankelijkheid van bodemeigenschappen, waarbij met name het gehalte aan ijzer- en aluminium(hydr)oxiden een belangrijke rol speelt (Van Rotterdam, 2009; Figuur 3.2). Uit Figuur 3.2 komt het grote verschil in het gedrag tussen gronden tot uiting, doordat bij grond 1 en 3 de P-concentratie in het bodemvocht boven een hoeveelheid van 1,5-2 mmol P/kg sterk toeneemt, terwijl dat met grond 2 niet het geval is tot een hoeveelheid van 3,5 mmol P/kg.

Ten behoeve van het inschatten van het risico van P-emissie (of de fosfaattaflevering ten behoeve van een optimale fosfaatbemesting) voor een willekeurige grond betekent dit dat grondonderzoek nodig is. In het ideale geval wordt informatie verzameld over het adsorptie-desorptie-gedrag van een grond. Immers dat bepaalt hoe lang een bepaalde concentratie fosfaat in het bodemvocht gehandhaafd kan blijven. In theorie is dat mogelijk via het bepalen van een adsorptie-desorptie-isotherm van ieder grondmonster, maar dat is tijdrovend en kostbaar. Daarom wordt gezocht naar alternatieven, waaronder het bepalen

van meerdere P-fracties in de grond, zoals bijvoorbeeld de P-PAE en P-AL.



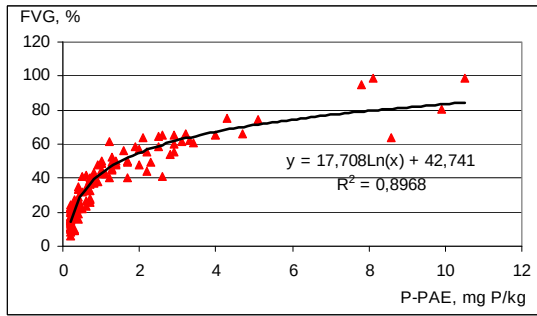
Figuur 3.2. Desorptie-isothermen van 4 gronden, bepaald in het laboratorium met ijzerpapiertjes en door een potexperiment met Engels raaigras. In dit geval is Q de hoeveelheid P, bepaald met P-Olsen, en C de concentratie, bepaald met een CaCl_2 -extractie (Bron: Van Rotterdam et al., 2009).

Het adsorptie-desorptiegedrag is niet alleen belangrijk voor het vaststellen van het risico van P-emissie, maar ook om beter te kunnen sturen met fosfaatbemesting. Van Rotterdam-Los (2010) heeft in haar proefschrift aangetoond dat het desorptiegedrag goed te benaderen is door een combinatie van de parameters P-PAE (een maat voor de directe beschikbaarheid) en P-AL (een maat voor de beschikbaarheid op langere termijn). Daarmee kon de fosfaatafnalevering van zowel grasland (Bussink et al., 2008) als bouwland (Bussink geciteerd in Kolenbrander, 2010) beter voorspeld worden dan op basis van alleen P-AL (grasland) en P_w (akkerbouw). Bij BLGG AgroXpertus vindt bemestingsadvisering plaats op basis van deze nieuwe parameters. Andere laboratoria zijn bezig met de overstap.

3.3 Karakterisering P-gedrag in grond door analyse van twee P-parameters

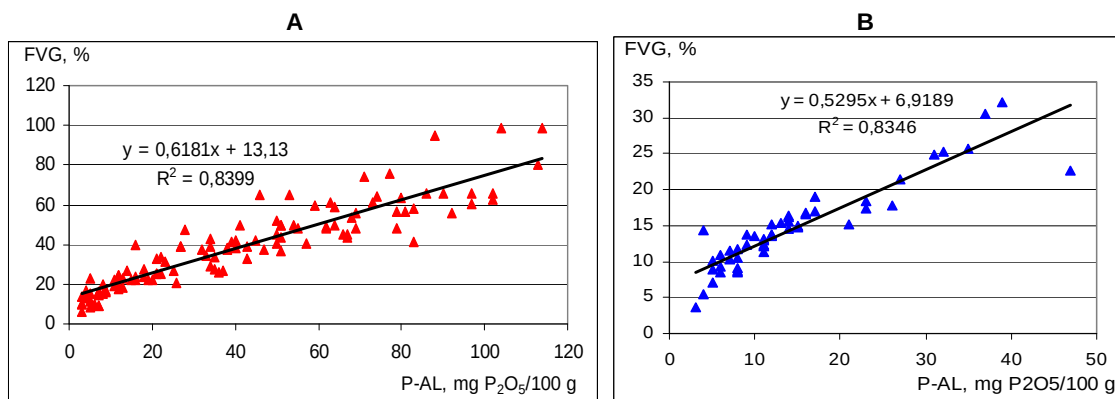
Voor het risico van P-emissie uit grond gaat het vooral om de direct beschikbare hoeveelheid, bijvoorbeeld in de vorm van opgelost P in het bodemvocht. De snelheid waarmee die P-concentratie in bodemvocht kan veranderen, wordt echter vooral bepaald door de hoeveelheid P die aan deeltjes is gebonden.

Als informatie moet worden verkregen over het effect van een veranderende hoeveelheid P op de verhouding tussen de direct beschikbare hoeveelheid P en de beschikbare hoeveelheid P op de langere termijn, is het bepalen van een adsorptie-desorptie-isotherm wenselijk. Zoals hiervoor is aangegeven is dat echter bewerkelijk en kostbaar. Een benadering van het desorptiegedrag van een grond kan worden een groot aantal grondmonsters die afkomstig zijn uit een bepaald gebied en waarin de hoeveelheid P varieert. Een voorbeeld daarvan is weergegeven in Figuur 3.3.



Figuur 3.3. Relatie tussen P-PAE en FVG, op basis van een dataset van ca. 100 monsters (Postma et al., 2010b).

Uit Figuur 3.3. blijkt duidelijk een niet-lineair verband, waarbij de hoeveelheid P-PAE sterk toeneemt boven een FVG van ca. 40%. Dit is het beeld dat overeenkomt met het adsorptie-desorptiegedrag dat is weergegeven in Figuur 3.1 en 3.2. De P-PAE lijkt dan ook een goede maat voor de P-concentratie in bodemvocht en voor het risico van P-emissie. Uit dezelfde dataset blijkt dat P-AL een goede maat lijkt te zijn voor de P-verzadigingsgraad (Figuur 3.4 A en B), aangezien er sprake was van een lineaire relatie en een vrij hoge correlatie. Indien deze relaties worden toegepast voor de grondmonsters uit 2005 t/m 2009 dan blijkt respectievelijk: 8, 70, 21, 1 % in de klasse 0-25, 25- 50, 50-75 en >75% te vallen. Ook dit is slechts een indicatie omdat de relatie in Figuur 3.4 is ontwikkeld op basis van analyses in twee regio's voor in totaal ruim 100 ha. Op basis van P-PAE worden ongeveer dezelfde percentages gevonden met betrekking tot de indeling in fosfaatverzadigingsklassen.



Figuur 3.4. Relatie tussen P-AL en FVG, op basis van een dataset van respectievelijk ca. 100 monsters in Oost-Nederland (A) (Postma et al., 2010b) en ca. 50 monsters in de Roeghoorn (Postma et al., 2009).

3.4 Fosfaatemissie

De fosfaatemissie vanuit landbouwgronden naar oppervlaktewater is niet alleen afhankelijk van de P-toestand van landbouwgronden, maar ook van hydrologische omstandigheden. Er zijn meerdere studies uitgevoerd om dit in beeld te brengen, maar het aantal daadwerkelijke meetgegevens over de emissie van fosfaat naar het oppervlaktewater zijn beperkt (TCB, 2007; Rozemeijer, persoonlijke mededeling, 2008).

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

(Tabel 3.2). Voor alle drie grondsoorten werd geconcludeerd dat van de optredende fosfaatemissie, 75 tot 80 % van de emissie plaatsvindt via oppervlakkige afstroming (Van de Weerd & Torenbeek, 2007). Daarin hebben grondwaterstand, weersomstandigheden en perceelsontwatering een belangrijke rol. Voor zand- en veengronden wordt opgemerkt dat P-emissie via oppervlakkige en ondiepe afvoer optreedt bij een combinatie van hoge grondwaterstand en regen. De metingen op rivierklei laten zien dat de P-verliezen vooral incidenteel zijn geweest. De perceelsontwatering door greppels en drains maakt dat de metingen niet helemaal representatief zijn voor alle kleigronden. Van Beek et al. (2003) merken op dat bouwland in het algemeen gevoeliger is voor oppervlakkige afspoeling dan grasland. Noij (2008) laat daarentegen voor de winterperiode 2006-2007 zien dat juist op grasland hogere P-emissies worden gemeten.

Tabel 3.2. P-verliezen van grasland op verschillende grondsoorten, kg P/ha/j. Bron: Van de Weerd & Torenbeek, 2007.

Grondsoort	emissieroute					vastlegging in bodem
	totaal	oppervlakkig	ondiep*	drains**	diep***	
Zand	1,8	1,6	0,0		0,2	18
Veen	1,9	0,6	1,1		0,2	
Rivierklei	4,0	3,0		1,0		17

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

** : drains: 80 cm –mv

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

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

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

De infiltratiecapaciteit hangt sterk samen met de bodemstructuur. Verdichting kan daarbij een belangrijke rol spelen. Uit een nieuwe studie blijkt dat naar verwachting op een groot deel van de Drentse gronden verdichting optreedt (Bakker et al., 2010).

Daarnaast is in de P-pilot in Limburg door metingen en berekeningen vastgesteld dat het microreliëf van een perceel van invloed is op oppervlakkige afstroming en de emissie (Noij, 2008). Ook in Drenthe kan dat een rol spelen (rond de Havelterberg en de Hondsrug en beperkt in andere regio's) zo blijkt uit de studie van Bakker et al. (2010).

Er zijn meerdere modelberekeningen uitgevoerd waarmee geprobeerd is de relatie tussen fosfaatbemesting en fosfaatuitspoeling te kwantificeren. Schoumans et al. (2008) komen, op basis van berekeningen met het STONE-instrumentarium, tot de conclusie dat, landelijk gezien, de P-emissie op matig droge en droge zand- en kleigronden wordt gedomineerd door de hoeveelheid fosfaat, die in de bodem is opgehoopt door een hoge bemesting in het verleden (bemestingshistorie) en veel minder door de hoogte van recente P-bemesting. In het westen van Nederland spelen daarnaast hoge achtergrondsconcentraties van met name P-rijke, marine afzettingen in de ondergrond een belangrijke rol voor de hoogte van de berekende P-emissie. De modelberekeningen laten voor combinaties van grondsoort-grondwatertrap verschillende P-emissies zien (Tabel 3.3).

Tabel 3.3. Berekende P-emissie naar het oppervlaktewater vanuit landbouw en natuur in relatie tot grondsoort en grondwatertrappen voor de periode 2016-2030, kg P/ha/j.

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

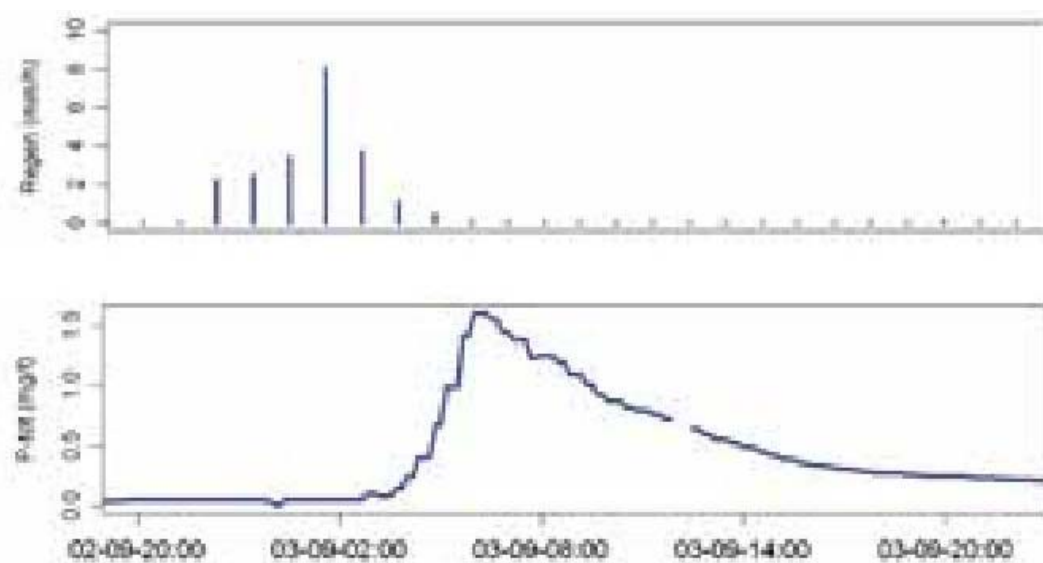
*: nat: grondwatertrap I-V, matig droog: grondwatertrap IV, droog: VII-VIII

Bron: Schoumans et al., 2008.

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

De verschillen tussen de berekende P-uitspoeling in Tabel 3.1 en de berekende P-emissie in Tabel 3.3 zijn aanzienlijk. Belangrijke oorzaak hiervan is dat de resultaten van Tabel 3.1 hebben betrekking op de P-uitspoeling uit de bouwvoor, terwijl in Tabel 3.3 sprake is van P-emissie naar het oppervlaktewater. Daarnaast is gebruik gemaakt van verschillende modellen en aannames. Ten behoeve van de berekeningen die zijn uitgevoerd door Schoumans et al. is gebruik gemaakt van uitgebreide regionale modellen. Chardon heeft gebruik gemaakt van een beperkter uitspoelingsmodel.

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



Figuur 3.2. P-gehalte bij uitstroompunt Hupselse Beek (onderste grafiek) en neerslag in gebied (bovenste grafiek) tijdens een regenbui in september 2007. Bron: Rozemeijer & Van der Velde, 2008.

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

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

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

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

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

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

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

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

3.5 Conclusies

De emissie van fosfaat uit landbouwgronden naar oppervlaktewater wordt bepaald door een aantal factoren, waaronder:

- de fosfaattoestand van de bodem op verschillende diepten (waarbij het P-gehalte in bodemvocht of P-PAE het meest geschikt is voor een directe inschatting);
- de fosfaatbemesting (hoeveelheid, tijdstip en wijze van toediening);
- hydrologie (o.a. grondwaterstand, afwatering perceel, etc.);
- weersomstandigheden (incidentele buien);
- landgebruik; en
- bodemtype.

Een combinatie van gronden met een hoge directe fosfaatbeschikbaarheid (P-PAE) en ongunstige hydrologische omstandigheden (hoge grondwaterstand) leidt tot een hoog risico van P-emissie. De veelheid aan factoren zorgt er voor dat de emissie van fosfaat sterk varieert van perceel tot perceel en van jaar tot jaar.

Een ruimtelijke analyse op regionale en landelijke schaal van de ligging van fosfaatverzadigde gronden in Nederland wijst uit dat de landbouwgronden in beekdalen en andere laaggelegen gebieden op zand in Zuid- en Oost-Nederland een hoge urgentie hebben. Voor Drenthe wordt geschat dat de toplaag van akkerbouw- en graslandpercelen in ongeveer 70% van de gevallen een fosfaatverzadigingsgraad tussen 25 en 50% heeft op basis van de PAL-cijfers.

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

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

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

Eventuele maatregelen om de P-emissie te beperken dienen afgestemd te worden op de belangrijkste emissieroutes.

4 Risico van P-emissie in Drenthe

4.1 Actuele risico van P-emissie

In vervolg op het vorige hoofdstuk is in dit hoofdstuk nagegaan wat de regionale spreiding van het risico van P-emissie in Drenthe is. Daartoe zijn een aantal bewerkingen uitgevoerd in de volgende stappen:

1. selecteren van stroken met een breedte van 50 m langs oppervlaktewateren;
2. verzamelen, classificering en weergeven van beschikbare gegevens van P-PAE;
3. verzamelen, classificering en weergeven van beschikbare gegevens van P-AL;
4. verzamelen en weergeven beschikbare gegevens van grondwatertrappen;
5. verzamelen van informatie over de hellingshoeken in het terrein; en
6. inschatten en weergeven risico van P-emissie vanuit de bodem naar oppervlaktewater op basis van een combinatie van 1, 2 en 4.

Ad 1.

Als eerste is op basis van de het waterlopenbestand en het top10_water-bestand een zone van 50 m breed langs waterlopen gecreëerd. Hiervan wordt aangenomen dat er een potentieel risico van emissie van P naar het oppervlaktewater is. In het waterlopenbestand zijn die records geselecteerd die in het attribuut 'typewater' de waarde 'waterloop' of 'overig' hebben; records met als attribuutwaarde 'greppel, droge sloot' zijn niet geselecteerd. In het top10_water-bestand zijn die records geselecteerd op basis van het attribuut 'functie' met als attribuutwaarde 'overig' en 'onbekend'; records met als attribuutwaarde 'haven', 'natuurbad', 'zwembad', 'waterzuivering' of 'vloeiveld' zijn niet geselecteerd.

Ad 2.

De directe P-beschikbaarheid in landbouwgronden is gekarakteriseerd door P-PAE. Zoals in het vorige hoofdstuk is aangegeven geeft deze P-parameter een indruk van het P-gehalte in het bodemvocht en daarmee van de hoeveelheid P in de bovengrond met een hoog risico van P-emissie.

Het P-gehalte in het bodemvocht (uitgedrukt in mg P/l) ligt op circa 10% van de waarde van P-PAE (uitgedrukt in mg P/kg droge grond), omdat met een schudverhouding van 1:10 (1 g grond/10 ml extract) wordt gewerkt. Voor het weergeven in kaart van de grondanalyseresultaten in de geselecteerde stroken

Tabel 4.1. Klassenindeling van de resultaten van P-PAE. Aangegeven is met welke gehalten van P in het bodemvocht de waarden overeenkomen en op welke manier de klassengrenzen zijn gekoppeld aan waterkwaliteitsnormen voor KRW.

Klasse	P-PAE, mg P/kg grond	P in bodemvocht, mg P/l (benadering)	koppeling met
0	< 0,30	< 0,03	GET ¹⁾ meren
1	0,30-0,60	0,03-0,06	GET laagveenplassen
2	0,61-0,8	0,06-0,08	GET ondiep gebufferde meren
3	0,81-1,50	0,08-0,15	GET-beken&rivieren (0,14) / GEP ²⁾ -vaarten/kanalen (MTR)
4	1,51-2,20	0,15-0,22	GEP-sloten
5	>2,20	>0,22	

¹⁾ GET= goede ecologische toestand; van toepassing voor natuurlijke wateren;

²⁾ GEP= goede ecologische potentieel; van toepassing voor sterk veranderde en kunstmatige wateren.

langs waterlopen (Bijlage 1) is de klassenindeling uit Tabel 4.1 aangehouden.

Uit de kaart in Bijlage 1 blijkt dat een groot deel van de P-PAE waarden in de klasse 5 valt. Voor deze situaties is er in combinatie met ongunstige hydrologische omstandigheden dus een risico dat de hoogste grenswaarde van 0,22 mg P/l uit Tabel 4.1 in grond- en oppervlaktewater wordt overschreden.

Ad 3.

De P-beschikbaarheid op langere termijn in landbouwgronden is gekarakteriseerd door P-AL. Zoals in het vorige hoofdstuk is aangegeven geeft deze P-parameter een indruk van de fosfaatverzadigingsgraad, die een relatie vertoont met het P-gehalte in het bodemvocht. Aangezien P-AL meer een indicatie geeft van de P-voorraad in de bodem dan van het P-gehalte in het bodemvocht, geeft de waarde slechts indirecte indruk van het risico van P-emissie.

De resultaten van P-AL in de stroken langs waterlopen is weergegeven in de kaart in Bijlage 2. Hieruit blijkt dat de meetwaarden variëren van <10 tot > 50 mg P₂O₅/100 g grond, maar dat een relatief groot aandeel van de resultaten in de hoge klassen valt.

Ad 4.

Informatie over de regionale spreiding van grondwatertrappen is aangeleverd als GIS-bestand door de Provincie (Bijlage 3). Op basis van bestaande kennis, (o.a. beschreven in het voorgaande hoofdstuk), is aangenomen dat het risico van P-emissie relatief hoog is in laaggelegen gebieden met een lage grondwatertrap. In hooggelegen gebieden met een hoge Gt is het risico van P-emissie laag.

Ad 5.

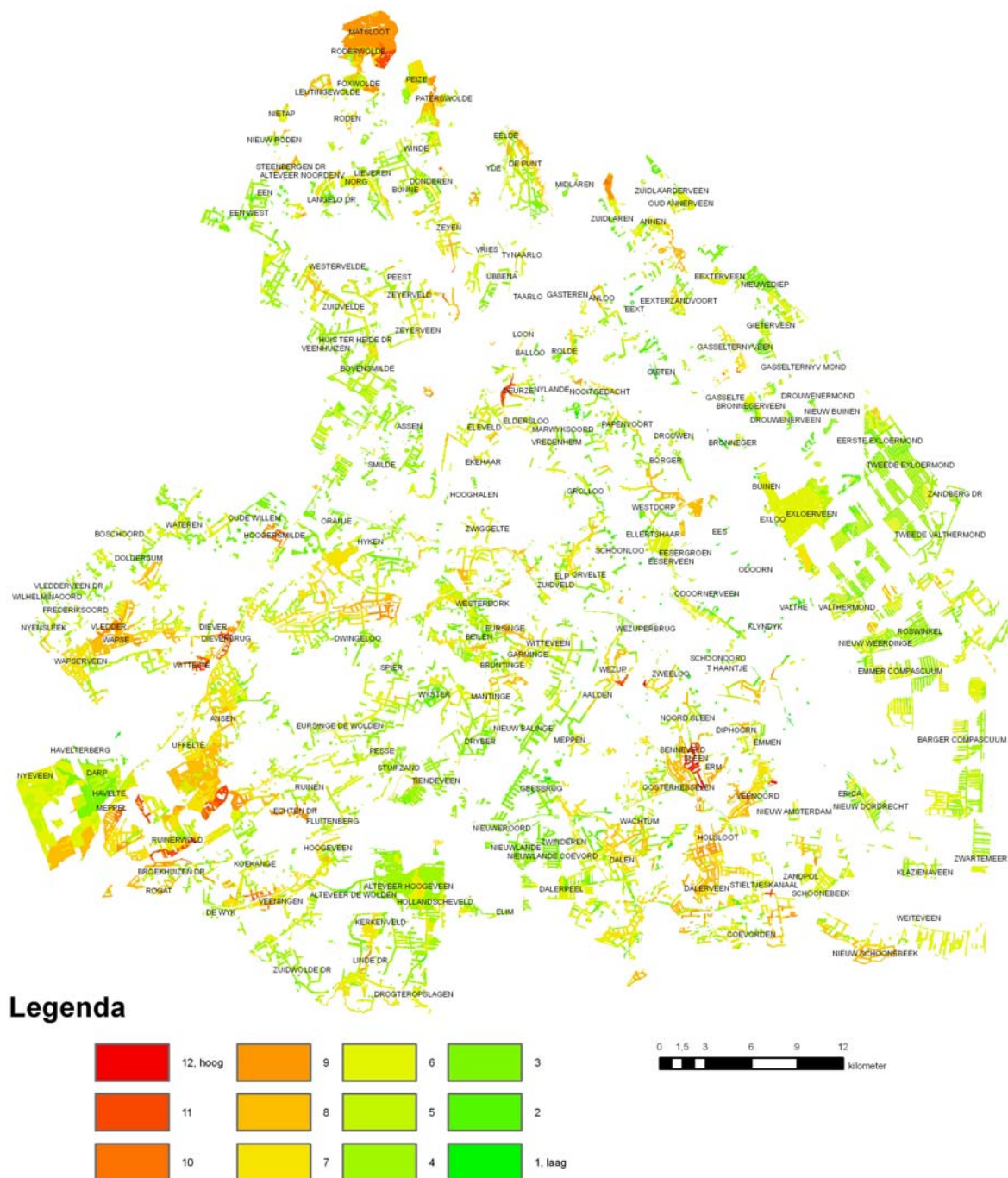
Hellingshoeken in het terrein zijn berekend op basis van de hoogtekarte (Bijlage 4). Bij een grote hellingshoek is het risico van P-emissie door oppervlakkige afspoeling hoog. Deze gebieden zijn binnen de provincie echter schaars, en worden niet aangetroffen in taluds langs waterlopen. Dit betreft dus veelal een forse hellingshoek over een korte afstand. Bij de in dit onderzoek gebruikte hoogtekarten bedroeg de schaal 5 bij 5 respectievelijk 25 bij 25 meter. Door met een resolutie van 5 bij 5 meter te werken kan dit scherper in beeld worden gebracht.

Ad 6.

Het risico van P-emissie is voorlopig ingeschat door binnen de 50m zones langs waterlopen een beoordeling te maken op basis van de directe P-beschikbaarheid (P-PAE) en de grondwatertrap. Daarbij is aangenomen dat het risico van P-emissie toeneemt met een toename van de P-PAE-klasse (Tabel 4.1) en met een afname van de Gt-klasse. Het resultaat van de exercitie is weergegeven in Figuur 4.1.

Gebieden met de hoogste risico's van P-emissie naar oppervlaktewater zijn gelegen in de laaggelegen, natte delen met de lage grondwatertrappen (vooral GT II en III). Het grondgebruik zal hier veelal grasland zijn (Bijlage 5). (Het risico van oppervlakkige afstroming is hier groter omdat er vaker waterverzadiging optreedt in het profiel). Daarbinnen zijn gebieden met hoge waarden van P-PAE te onderscheiden, doordat het geschatte risico daar het hoogst is.

Het lijkt zinvol om het resultaat van de risico-inventarisatie van de emissie van P uit landbouwgronden naar oppervlaktewater te vergelijken met meetwaarden van P-gehalten in oppervlaktewater. Deze zijn er voor meetpunten in het werkgebied van de waterschappen Noorderzijlvest (Noord Drenthe), Hunze en Aa's, Reest en Wieden en Velt en Vecht (Zuidoost Drenthe).



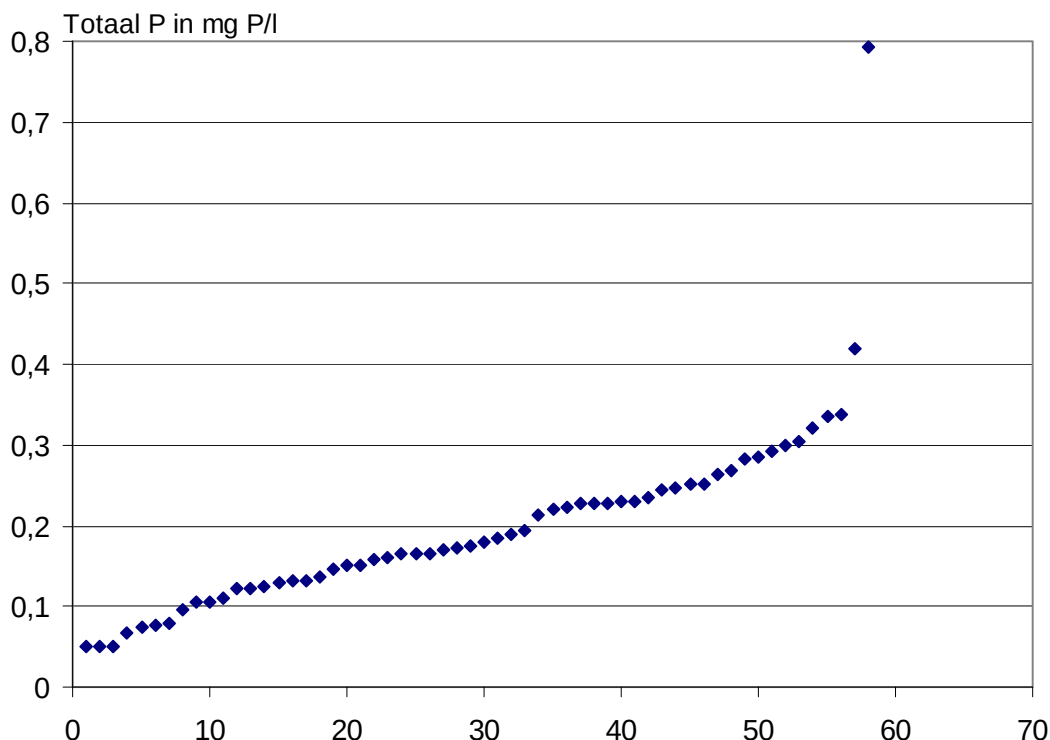
Figuur 4.1. Geografische spreiding van het risico van P-emissie uit landbouwgronden naar oppervlaktewater in de Provincie Drenthe.

4.2 P-gehalten in oppervlaktewater in Noord Drenthe

4.2.1 Trend

In het Drentse deel van het werkgebied van Noorderzijlvest zijn ruim 2500 bemonsteringen uitgevoerd op 60 locaties (variërend van sloot tot meer) over de periode 2000 tot en met maart 2010. Sommige locaties hebben de gehele periode van meegedaan, andere zijn voortijdig stopgezet of zijn tussentijds toegevoegd. Soms zijn twee bepalingen gedaan per jaar, soms is er maandelijks water geanalyseerd. In Figuur 4.1 is het gemiddeld gemeten totaal P-gehalte per locatie weergegeven. Er zijn vrijwel geen monsters die in de klasse waterkwaliteitsklasse 1, 2 of 3 vallen. Wel blijven ongeveer 62% van de locaties beneden de waterkwaliteitsnorm voor sloten (waterkwaliteitsklasse 5). De hoeveelheid ortho-

fosfaat varieert veelal tussen 0,02 en 0,1 mg P per liter. De verhouding P, ortho_P bedraagt ongeveer 3,5 over alle monsters.



Figuur 4.1. Het gemiddelde gehalte aan totaal P in diversen wateren (58 locaties in volgorde van een toenemend P-gehalte) in Noord-Drenthe op basis van de data van waterschap Noorderzijlvest over de periode 1-1-2000 tot 1-4-2010.

Opvallend was dat er op jaarbasis tussen jaren sterke schommelingen waren in het gemeten ortho-P en P-gehalte. Verder was er een dalende trend in het P- en ortho-P-gehalte in oppervlaktewater waarneembaar op basis van de gegevens van de afgelopen 10 jaar. Een aanvullende beschouwing leerde dat dit deels ook met de hoeveelheid neerslag te maken heeft. Hoe meer neerslag des te hoger de P-gehalten. Het P-gehalte kon voor respectievelijk 57 procent verklaard worden uit jaar van monsternamen. Het ortho-P-gehalte kon voor 76 procent verklaard worden uit jaar van monsternamen en neerslag. Het ortho-P gehalte correleerde beter met jaar van monsternamen en neerslag dan het P-gehalte. Dit beeld werd ook aangetroffen voor 4 van de 5 monsterpunten (5101, 5302, 5527, 5533 en 6301) die maandelijks gedurende 10 jaar zijn bemonsterd. Alleen monsterpunt 5527 (Paterswoldse meer) vertoonde geen enkele relatie met jaar en neerslaghoeveelheid.

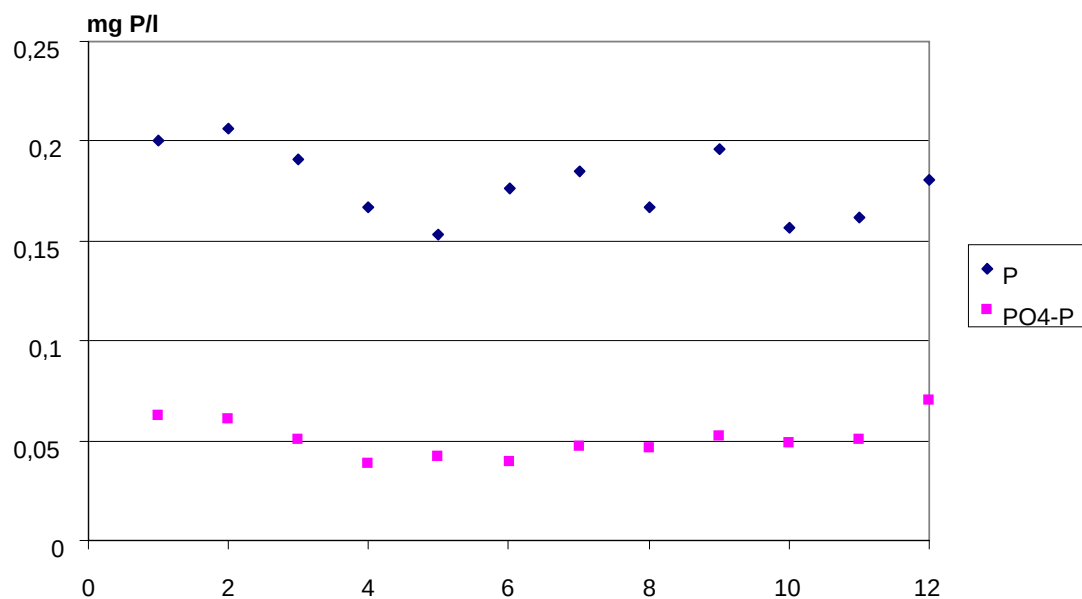
Over een periode van 10 jaar lijkt het P- en ortho-P-gehalte met respectievelijk 0,08 en 0,033 mg P/l te zijn gedaald. Ter vergelijking gemiddeld bedroeg het P- en ortho-P-gehalte over de periode van 10 jaar 0,1810 en 0,05153 mg P/l. Er is dus een aanzienlijke daling opgetreden, waarbij ortho-P sterker is gedaald dan P. Dit is vermoedelijk toe te schrijven aan of een lager dierlijke mest gebruik of een ander gebruik van dierlijke mest en of een kortere uitrijperiode waardoor minder oppervlakkige afspoeling optreedt en dus ook minder ortho-P afspoelt (mest bestaat voor ongeveer 75% uit ortho-P). CBS cijfers duiden erop dat het fosfaatgebruik in Drenthe nauwelijks is gedaald in het afgelopen decennium.

Er is een beperkt effect van het tijdstip in het jaar op de P-gehalten; in de eerste drie maanden van het

jaar zijn deze veelal het hoogst. Dit valt samen met een relatieve natte omstandigheden en een periode waarin de meeste mest wordt toegediend. Voor het relateren van het P-gehalte in de bodem met dat van het oppervlaktewater lijkt het niet van belang te zijn om rekening te houden met het beloop van het P-gehalte in oppervlaktewater gedurende het seizoen.

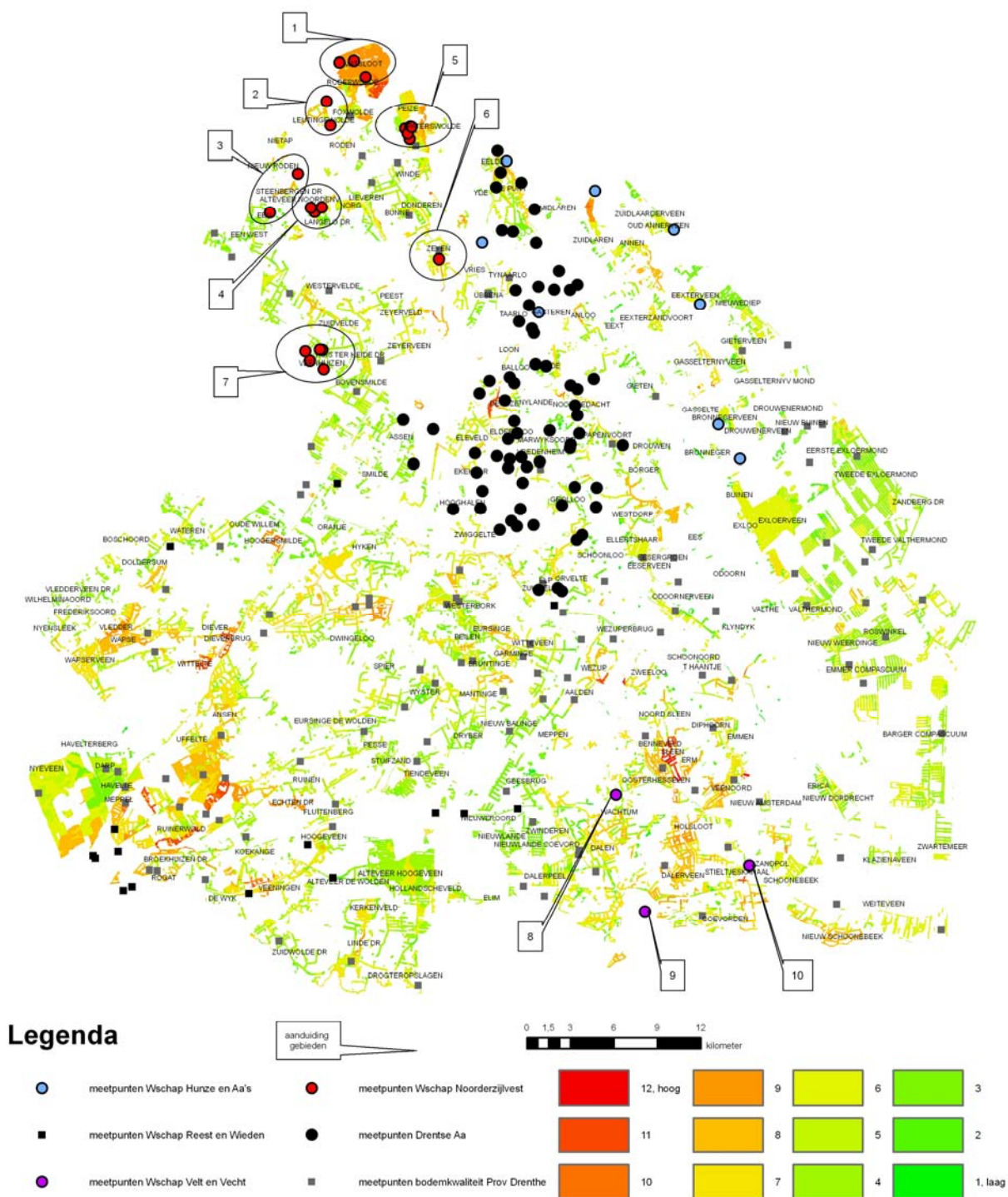
Tabel 4.1. De jaarneerslag te Assen en de gemiddeld gemeten P en ortho_P gehalten in Noord-Drenthe over de periode 2000-2010.

Jaar	mm	P in mg/l	PO4-P in mg/l	aantal
2000	899,3	0,217	0,06365	396
2001	1120,6	0,1956	0,06902	62
2002	1015,2	0,2223	0,06485	69
2003	705,7	0,2004	0,05342	158
2004	1039,2	0,1784	0,06198	411
2005	825,0	0,187	0,05648	216
2006	731,7	0,1579	0,02924	211
2007	1020,0	0,2064	0,05571	364
2008	978,9	0,1483	0,03743	288
2009	792,6	0,1283	0,03175	285
2010	190,1	0,1668	0,05766	77



Figuur 4.2. Het beloop van het totaal P en ortho-P-gehalte over de maanden gedurende de periode 2000 tot en met 2009 op basis van 5 locaties in Noord Drenthe.

4.2.2 Relatie bodem met oppervlaktewaterkwaliteit



Figuur 4.3. Geografische spreiding van het risico van P-emissie uit landbouwgronden naar oppervlaktewater in de Provincie Drenthe.

Van de 58 meetpunten in Noord Drenthe zijn een zevental clusters (Figuur 4.3) nader bekeken op de relatie tussen oppervlaktewaterkwaliteit en bodemkenmerken (zie ook Tabel 4.3). In cluster 1 worden de hoogste waarden gemeten in het oppervlaktewater. Het P-PAE cijfer is het laagste van de 7 clusters,

Tabel 4.2. De gemiddelde P-totaal en ortho-P waarden (inclusief minimum en maximum) van zeven clusters meetpunten in Noord Drenthe en het niveau van enkele bodemkengetallen rondom deze locaties plus risico van P-emissie.

Meetpunten	5101,5529, 5423	5425, 5302	6527,6101	6338, 6530, 6339	5902,5411, 5410, 5429, 5412	5539	6534,6535, 6537,6536, 6502
Cluster	1	2	3	4	5	6	7
Water							
P-totaal (mg P/l)	0,34	0,24	0,12	0,15	0,22	0,13	0,18
Ortho-P (mg P/l)	0,30	0,22	0,10	0,12	0,19	0,13	0,14
Aantal	209	134	118	66	123	15	263
Bodem							
Risico*	± 9	± 8	± 4,5	± 7	9-5	± 7,5	± 7
P-PAE	1,64 (N=8)	2,06 (n=6)	3,90 (n=12)	3,65 (n=21)	2,01 (n=26)	1,99 (n=23)	2,5 (n=31)
P-AL	60,5 (n=8)	39,3 (n=31)	40,0 (=23)	38,2 (n=33)	39,5 (n=43)	34,1 (n=29)	56,7 (n=31)
Gt	II/III	II / V	III / VI	VI/III/ II	II/ III/ V/ III	III	V/ VII
Hellingperc.** 5x5	0,07-11,7	0,9-6,9	0,4-1,6	0,33-11,04	0,3-4,5	1,5-6,6	0,8-11,4
Hellingperc. 25x25	0,28-1,61	0,18-0,64	0,65-1,09	0,7-2,0	0,37-0,73	0,93-1,17	0,43-1,51

* Toelichting Bijlage 6 , **

daarentegen is de Gt het laagst (II/III). Cluster 3 en 4 hebben de hoogste P-PAE waarden, tegelijk komen hier hogere Gt waarden voor (in cluster 3 zelfs VI en VII). Het effect van het hellingpercentage is minder duidelijk alhoewel bij cluster 1 het hoogste hellingspercentage voorkomt op basis van de 5x5 meter hoogtekaart. Dat kan bijvoorbeeld het gevolg zijn van de aanwezigheid van een talud. Op basis van de 25 bij 25 meter hoogtekaart zijn de verschillen in hellingpercentages sterk afgevlakt en is er moeilijk een verband te leggen met waterkwaliteit.

Er zijn dus duidelijke aanwijzingen dat op basis van P-PAE en grondwaterstand een indicatie verkregen kan worden op het risico van afspoeling, maar een 1 op 1 vertaling is niet mogelijk. Dat blijkt bijvoorbeeld uit het eerste cluster. Een P-PAE van 1,6 komt overeen met 0,16 mg ortho-P per liter. Dit is de helft van wat in cluster 1 gemeten is over een periode van 10 jaar. Het kan zijn dat het aantal bodemonsters te beperkt is voor een representatief beeld of dat het water op de bemonsterde plek niet alleen afkomstig is van de bemonsterde regio, maar waarschijnlijker is dat oppervlakkige afstroming een belangrijke bijdrage levert. Als er dan recentelijk mest is toegediend kan de concentratie in het oppervlaktewater sterk oplopen. De integrale beoordeling van het risico van P-emissie lijkt dus redelijk te matchen met de gemeten P-concentratie in het oppervlaktewater (Het hoogste en laagste cijfer komt overeen met de respectievelijk hoogste en laagste P-concentratie).

Uit onderzoek van Rozemeijer & Van der Velde (2008) blijkt dat oppervlakkige afstroming van nutriënten onderschat wordt. Tegelijk is duidelijk dat er nog geen goede criteria zijn om dat risico van afspoeling te kwantificeren. Gezien de gestelde KRW-doelen en gezien het feit dat er door klimaatverandering meer kans is op extreme c.q. grotere neerslaghoeveelheden zijn aanvullende maatregelen nodig om waterkwaliteitsdoelstellingen te halen. Deze zullen dan vooral liggen in maatregelen die afspoeling beperken. Belangrijk daarbij is dat de bodemstructuur goed is zodat water kan infiltreren en anderzijds dat de oppervlakte ruwheid zodanig is dat afspoeling niet gemakkelijk kan plaatsvinden. Zoveel mogelijk groen houden van percelen is een oplossing om afspoeling te verminderen.

4.3 P-gehalten in oppervlaktewater in Zuidoost Drenthe

4.3.1 Algemeen

In het Drentse deel van werkgebied van Velt en Vecht zijn van 3 locaties gegevens (238 meetgegevens) beschikbaar van het oppervlaktewater in Kanaal a, Stieltjeskanaal en Verlengde Hoogeveensevaart over de periode 2004 tot en met 2009. Uit Tabel 4.3 blijkt dat de gehalten hoog zijn, vooral in Kanaal a. De verhouding P, ortho-P bedraagt ongeveer 2 over alle monsters hetgeen duidelijk lager is dan de locaties in Noord-Drenthe (minder venige grond).

In Figuur 4.3 is het beloop weergegeven van totaal P en ortho-P. In de Hoogeveensevaart worden de hoogste waarden gemeten in het najaar. In het Stieltjeskanaal worden zowel in het voorjaar als najaar hoge waarden gemeten. Er zijn op alle locaties duidelijk piekwaarden waarneembaar. Een nadere analyse duidt erop dat deze pieken vooral worden veroorzaakt door veel neerslag. In 2008 was de eerste helft oktober erg nat met soms meer dan 100 mm neerslag in Drenthe. Dit verklaart waarschijnlijk de piek bij de Hoogeveensevaart in oktober 2008. Maart 2008 was ook erg nat met 100-130 mm neerslag in Drenthe. Dit verklaart waarschijnlijk de piek op alle drie locaties in voorjaar 2008. In voorjaar 2007 werd een natte februari gevolgd door een natte maand maart. Dit in combinatie met mest uitrijden in het voorjaar verklaart waarschijnlijk de piek in maart op de locatie Kanaal a en Stieltjeskanaal. In voorjaar 2005 worden hoge waarden gemeten in Kanaal a en Stieltjeskanaal. In dat voorjaar werd een natte januari gevolgd door een natte februari, maart en april. Waarom de Hoogeveensevaart geen piekwaarde laat zien in deze periode is niet duidelijk.

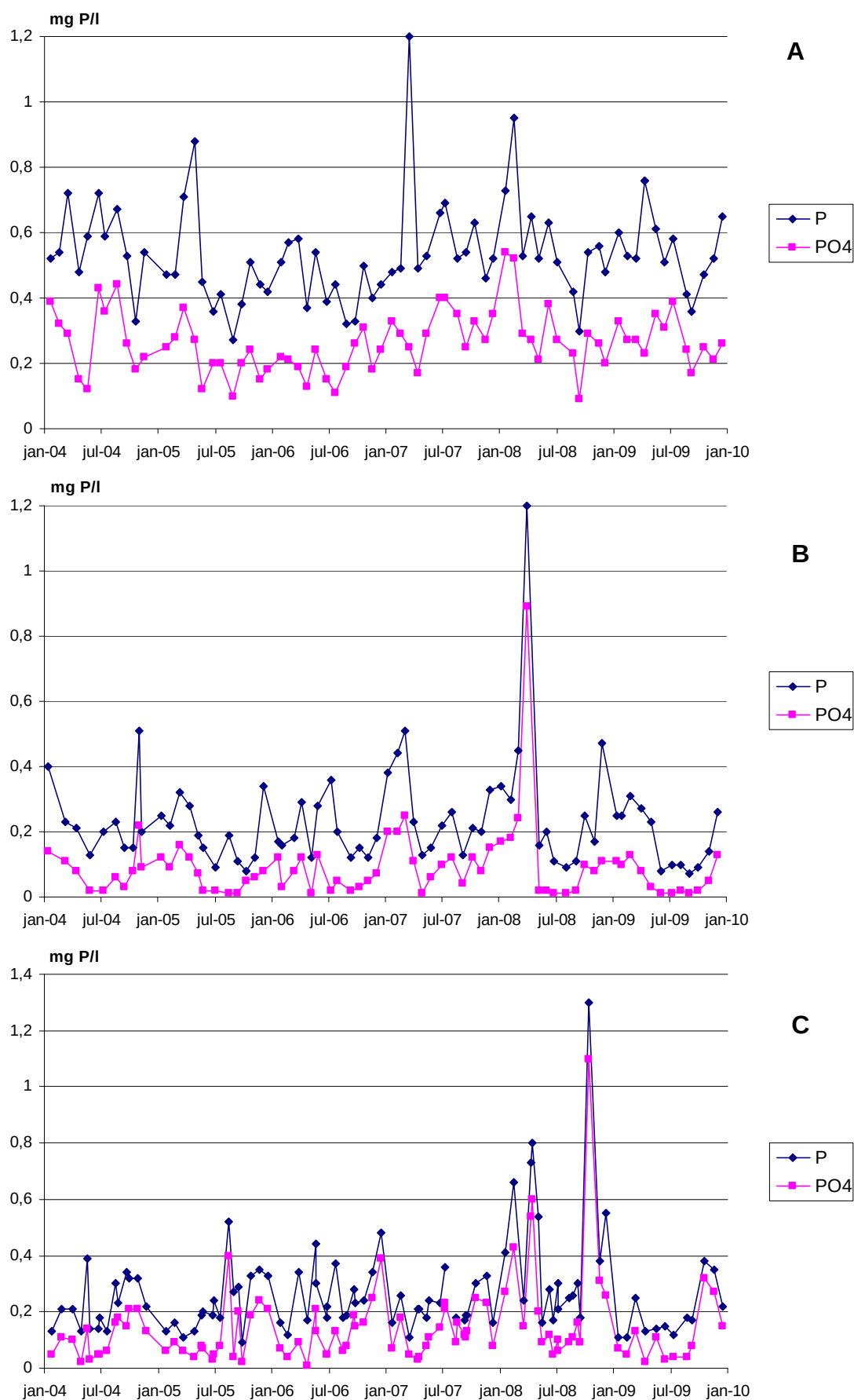
4.3.2 Relatie bodem met oppervlaktewaterkwaliteit

Drie meetpunten in Zuidoost Drenthe (Figuur 4.3) zijn nader bekeken op de relatie tussen oppervlaktewaterkwaliteit en bodemkenmerken (zie ook Tabel 4.3). Kanaal a heeft van de drie locaties de hoogste P-waarden in het oppervlaktewater en heeft de hoogste P-PAE waarde. De grondwatertrap is op de drie locaties is ongeveer vergelijkbaar, waarbij die van Kanaal a het hoogst is. Ondanks dat het hier maar 3 punten betreft lijkt ook hier een duidelijke koppeling te zijn tussen P-PAE in de bodem, grondwatertrap en de oppervlaktewaterkwaliteit, maar er is geen duidelijk relatie met het hellingspercentages.

Tabel 4.3. De gemiddelde P-totaal en ortho-P waarden (inclusief minimum en maximum) van Kanaal a, Stieltjeskanaal en de verlengde Hoogeveensevaart en het niveau van enkele bodemkengetallen rondom deze drie locaties.

Locatie	Hoogeveensevaart (8)	Stieltjeskanaal (9)	Kanaal a (10)
Water			
P-totaal (mg P/l)	0,27 (0,09-1,3)	0,23 (0,07 -1,2)	0,54 (0,27-1,2)
Ortho-P (mg P/l)	0,16 (0,01-1,1)	0,09 (0,01-0,89)	0,26 (0,09-0,54)
Bodem			
Risico*	± 7	± 8	± 11
P-PAE	1,30 (n=36)	1,15 (n=6)	3,81 (n=5)
P-AL	43,0 (n=51)	35,6 (n=11)	29,3 (n=6)
Gt	IIIb	II/III	III*
Hellingsperc, 5x5	0,6-2,0	geschat**: 17,5-21	geschat 0,2-3,6
Hellingsperc, 25x25	0,11	geschat: 6-8	geschat:0,1-0,5

* Toelichting in Bijlage 6; ** komt voor binnen 500-800m afstand



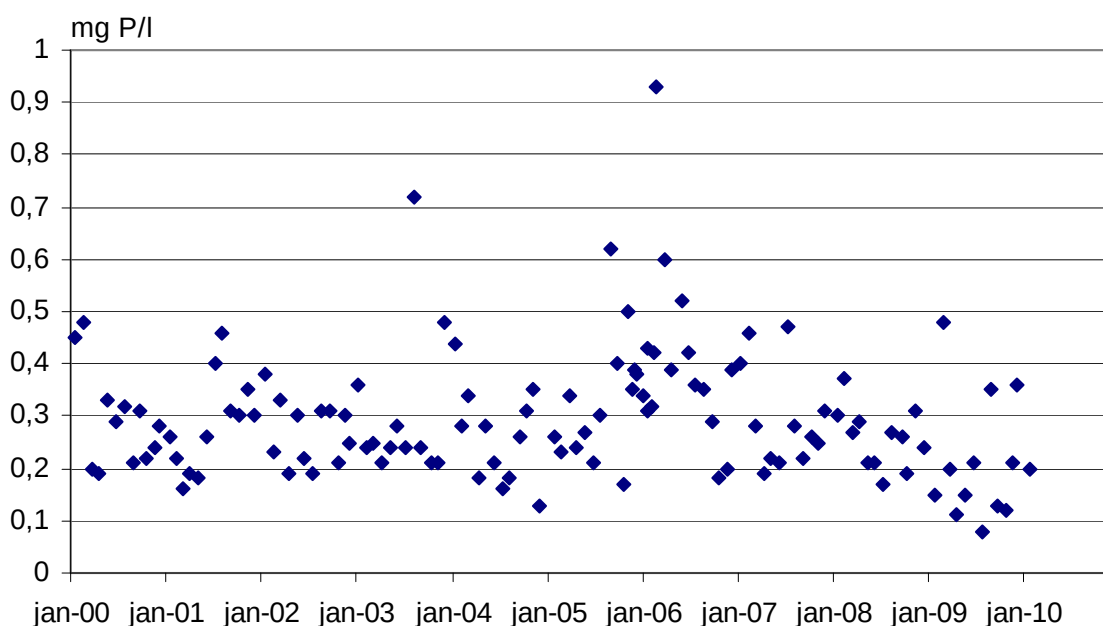
Figuur 4.3. Het beloop van het totaal P en ortho-P gehalte in de waterlopen Kanaal a (A), Stieltjeskanaal (B) en verlengde Hoogeveensevaart (C).

4.4 P-gehalten in oppervlaktewater in Midden Drenthe

In het Drentse deel van het werkgebied van Hunze en Aa's is van 8 locaties het totaal P-gehalte van grotere kanalen en meren weergegeven over de periode 2000 tot en met 2009 (Tabel i). Het gemiddeld totaal P-gehalte voor 7 van de 8 locaties varieert tussen 0,11 en 0,17 mg P/l. Op 1 locatie in het Noord-Willems kanaal bedraagt deze gemiddeld 0,3 mg P/l. Over de periode van 2000 tot 2009 is het P-gehalte in het oppervlaktewater significant gedaald met ongeveer 0,006 mg P per liter per jaar.

Tabel 4.4. Het gemiddelde gemeten totaal P-gehalte (mg/l) van 8 meetpunten over de periode 2000 tot en met 2009 in midden Drenthe.

Code	Opm_meetpunt	aantal	totaal P mg/l			
			gemiddeld	minimum	maximum	mediaan
2101	Drentse Aa	119	0,1236	0,04	0,43	0,11
2202	Noord Willemskanaal	127	0,2947	0,08	0,93	0,28
2241	Gasterensche Diep	117	0,1142	0,04	0,64	0,11
4101	Oostermoerse vaart	122	0,1566	0,06	0,35	0,15
4202	Grevelingskanaal	122	0,1365	0,04	0,55	0,12
4204	Oostermoerse Vaart	122	0,1716	0,04	0,56	0,16
4205	Achterse Diep	70	0,115	0,04	0,35	0,11
4212	Voorste Diep	70	0,1226	0,04	0,44	0,12



Figuur 4.4. Het beloop van het totaal P-gehalte in het Noord-Willems kanaal tussen 2000 en 2010.

Tussen jaren en binnen een jaar komen er soms duidelijke verschillen in P-gehalte voor zoals bijvoorbeeld blijkt uit de metingen in de Noord-Willems vaart (Figuur 4.4). Opvallend is de hoge meetwaarde van eind februari 2006. De oorzaak is niet geheel duidelijk. Dit was een periode met koud weer (tot 8 graden vorst aan de grond) in combinatie met enige neerslag. Denkbaar is dat er oppervlakkige afspoeling is opgetreden.

Tabel 4.5. De gemiddelde P-totaal waarden van 4 meetpunten in midden Drenthe en het niveau van enkele bodemkengetallen rondom deze locaties.

	Drentse Aa	Grevelingskanaal	Oostermoerse Vaart 4204	Achterse Diep
P-totaal (mg P/ l)	0,1236	0,1365	0,1716	0,115
Aantal	119	122	122	70
Risico*	8	Op 150 m risico 6	op 75 m risico 6	op 1000 m risico 6
P-PAE	0,83 (n=1)	5,32(n=80)	2,74 (n=6)	5,41(n=8)
P-AL	31(n=1)	43 (n=83)	51,5 (n=6)	50 (n=8)
Gt	II	IIIb	IIIb	IIIb
Hellingsperc, 5x5	0,9-3,1	1,9-6,0	0,4-3,3	0,5-4,8
Hellingsperc, 25x25	1,9-2,4	0,60	0,30-0,35	0,05-0,13

Op basis van Tabel 4.5 is er een minder duidelijk verband tussen P-totaal en het Risicogetal. Dit wordt waarschijnlijk voor een groot deel veroorzaakt doordat het hier grotere kanalen betreft, die daarmee vooral een transportfunctie voor water vervullen. Het waterkwaliteitsmeetpunt in deze kanalen is daarmee geen directe afspiegeling van het gebiedswater uit aanpalende percelen.

4.5 P-gehalten in oppervlaktewater in Zuid West Drenthe

In het Drentse deel van het werkgebied van Reest en Wieden is van 15 locaties het totaal P- en ortho P-gehalte van grotere kanalen en meren weergegeven over de periode 2000 tot en met 2009 (Tabel 4.6). Het gemiddeld totaal P-gehalte varieert tussen 0,11 en 0,35 mg P/l. Het gemiddeld ortho P-gehalte varieert tussen 0,05 en 0,20 mg P/l. Op 1 locatie in het Noord-Willems kanaal bedraagt deze gemiddeld 0,3 mg P/l. De verhouding P ortho-P bedraagt 3,1. Over de afgelopen 10 jaar is er geen significante daling vastgesteld.

Tabel 4.6. Het gemiddelde gemeten totaal P- en ortho P-gehalte (mg/l) van 15 meetpunten over de periode 2000 tot en met 2009 in Zuidwest Drenthe.

Locatie		Aantal	Totaal P				Ortho P			
			Gemid.	min	max	med	gemid	min	max	med
1DREH8RO	Drentse Hoofdvaart	81	0,215	0,08	0,62	0,18	0,095	0,01	0,42	0,07
1HELW7RO	Hellingwijk	103	0,142	0,04	0,51	0,12	0,055	0,01	0,47	0,05
1ORAK5RO	Oranjekanaal	102	0,118	0,02	0,3	0,1	0,053	0,01	0,19	0,05
1OUDV9RO	Oude Vaart	108	0,124	0,02	0,83	0,105	0,051	0,01	0,15	0,05
1VLEA4RO	Vledder Aa	91	0,303	0,07	1,3	0,26	0,127	0,01	0,57	0,11
2HOVV1RO	Hoogetveensche Vaart	63	0,352	0,13	1,1	0,3	0,192	0,03	0,84	0,15
2HOVV2RO	Hoogetveensche Vaart Omgelegde	109	0,283	0,08	0,88	0,28	0,137	0,01	0,42	0,11
2HOVV9RO	Hoogetveensche Vaart	91	0,224	0,08	0,49	0,23	0,100	0,01	0,29	0,09
2MIDR9RO	Middenraai	107	0,260	0,12	1,1	0,23	0,107	0,02	0,77	0,08
2OUIDD9RO	Oude Diep	106	0,198	0,05	0,64	0,17	0,088	0,01	0,34	0,07
2OUIDL9RO	Oude Leislout	105	0,143	0,05	0,45	0,13	0,051	0,01	0,16	0,05
2REES8RO	De Reest	105	0,183	0,06	0,72	0,17	0,062	0,01	0,38	0,06
2VEEW9RO	Veeningerwijk	112	0,185	0,06	0,5	0,165	0,073	0,01	0,25	0,06
2WOLA9RO	Wold Aa	104	0,163	0,05	0,45	0,15	0,062	0,01	0,24	0,05
2ZUIW7RO	Zuidwolderwaterlossing	107	0,350	0,04	1,3	0,26	0,206	0,01	0,91	0,12

Tabel 4.7. Het gemiddelde gemeten totaal P- en ortho P-gehalte (mg/l) van 15 meetpunten in Zuidwest Drenthe en het niveau van enkele bodemkengetallen rondom deze locaties.

Locatie	P	Portho	Risiko	P-PAE	PAL	Gt	Hellingspercentage	
							5x5	25x25
Drentse Hoofdvaart	0,215	0,095	5-8*	2,25	33,6	II/VI	1,5-4,1	0,45-0,70
Hellingwijk	0,142	0,055	3	4,7	53,2	VI	0,9-3,6	0,66
Oranjekanaal	0,118	0,053	4	4,59	49	V/VI	1,1-3,3	1,0
Oude Vaart	0,124	0,051	3	1,02	26	IIIb	3,6-5,9	1,4-2,5
Vledder Aa	0,303	0,127	3 - 6	3,13	57,2	IIIB	3,6-5,4	0,30-0,34
Hoogeveense Vaart	0,352	0,192	4	3,38	29,6	Vb	0,2-0,9	0,05-0,43
Hoogeveense Vaart	0,283	0,137	3	7,21	51,8	VI	4,1-7,2	0,17
Omgelegde Hoogeveense Vaart	0,224	0,100	9	1,46	33,8	I	1,8-3,4	0,05
Middenraai	0,260	0,107	3	3,86	39,8	VI	0,5-2,5	0,01-0,4
Oude Diep	0,198	0,088	7	1,42	24,8	III	6,7-10,4	0,24-2,7
Oude Leislout	0,143	0,051	7	1,02	26	III*	0,6-3,4	1,2-1,7
De Reest	0,183	0,062	9	1,46	33,8	I	1,2-4,4	0,05
Veeningerwijk	0,185	0,073	6	6,17	36,7	III	0,1-3,4	0,4-6,3
Wold Aa	0,163	0,062	5-9	2,25	33,6	II*/VI	0,7-5,5	0,4-0,7
Zuidwolderwaterlossing	0,350	0,206	4	2,73	36,4	V*	1,2-14,0	2,24

* op enkele honderden meters afstand van watermeetpunt.

Op basis van Tabel 4.5 is er een minder duidelijk verband tussen P-totaal en het Risikogetal. Dit wordt waarschijnlijk voor een groot deel veroorzaakt doordat het hier grotere kanalen betreft, die daarmee vooral een transport functie voor water vervullen. Het waterkwaliteitsmeetpunt in deze kanalen is daarmee geen directe afspiegeling van het gebiedswater uit aanpalende percelen.

4.6 Mogelijkheden verlaging reductie P-emissie

Op basis van het voorafgaande zijn er drie factoren aan te wijzen voor een hoge P-toestand in gebiedseigen oppervlaktewater:

4. Een hoge P-PAE waarde van de bodem;
5. Een lage Gt (= een hoge grondwaterstand); en
6. Veel neerslag in combinatie met een geringe infiltratiecapaciteit. Deze hangt af van de Gt maar ook van de bodemstructuur (bijvoorbeeld het optreden van verdichting). Effecten hiervan kunnen nog versterkt worden indien recentelijk is bemest.

Daarnaast speelt afschot (de helling van het perceel naar het water) in beperkte mate mee. Het risicogetal en het P-gehalte in gebiedseigen oppervlaktewater (sloten) lijkt redelijk met elkaar in verband te staan. Voor de grotere kanalen is er een minder eenduidige relatie. Dit komt omdat het dan vooral "doorgaande transportroutes" van water betreft. Dat betekent dat een relatie leggen tussen een risicogetal en oppervlaktewaterkwaliteit vooral zinvol is voor de kleine wateren zoals sloten. Het risicogetal is een kwalitatief kenmerk waarmee een aardige schatting gemaakt kan worden van regio's met een verhoogd risico van afspoeling. In principe is de zeggingskracht van het risicogetal te verbeteren als er beter inzicht is in de infiltratiecapaciteit van de bodem. Deze is slecht bekend.

Wat zijn de mogelijkheden om aan deze drie oorzaken wat te doen. De P-PAE-waarde is te verlagen

door een lagere P-bemesting. Daarbij is het P-gedrag van de grond van belang, en is het met name de vraag hoe snel een verlaagde P-gift ($P\text{-gift} < P\text{-onttrekking gewas}$, ofwel netto P-onttrekking, ofwel uitmijning) zal leiden tot een daling van de directe P-beschikbaarheid in de bodem. Dit wordt het P-desorptiegedrag genoemd (zie vorige hoofdstuk). Als een netto P-onttrekking leidt tot een snelle daling van de P-concentratie in het bodemvocht, is de nalevering van P gebonden aan bodemdeeltjes (ofwel buffering) beperkt. In dat geval zullen de mogelijkheden voor een snelle reductie van de P-emissie goed zijn. De hoogte van het P-bufferend vermogen van de grond is weergegeven in Bijlage 8.

De grondwaterstand is soms te beïnvloeden door een ander waterbeheer. Waar dat mogelijk is, is het soms toch ongewenst in verband met de aanwezigheid van natuurgebieden. Daar streeft men vaak juist een lage Gt na. In andere regio's heb je veeleer te maken met schijngrondwaterspiegel door de aanwezigheid van keileem ondiep in het profiel. Water kan hierin niet infiltreren, waardoor alleen drainage uitkomst kan bieden voor zover dat mogelijk is gegeven de bodemcondities. Overigens laat in dergelijke regio's de bodemstructuur vaak ook te wensen over waardoor de infiltratiecapaciteit sterk beperkt is (denk bijvoorbeeld aan slomp waardoor water in plassen op het land blijft staan).

De hoeveelheid neerslag is niet te beïnvloeden. Wel kunnen de nadelige effecten in de vorm van oppervlakkige afstroming beperkt worden door te zorgen voor een goede bodemstructuur, waardoor de sponswerking toeneemt. Behalve het vermijden van slomp is het opheffen van verdichting (in sommige regio's belangrijk, Alterra 2010) belangrijk om de infiltratiecapaciteit te verbeteren. Dit zijn vaak lange termijn processen. Van belang daarbij is ook dat landbouwpercelen zoveel mogelijk begroeid zijn, zodat ze minder snel dichtslaan en in het voorjaar draagt de gewasverdamping bij aan een sneller opdrogen van percelen. Tegelijkertijd blijft de porositeit beter behouden en verbetert zo de sponswerking. Aandacht voor het verbeteren van de bodemstructuur en het opheffen van verdichting is daarmee naar verwachting een effectieve manier om de afspoeling van P (en andere nutriënten) tegen te gaan. Vooral de piekbelasting zal naar verwachting afvlakken.

In regio's die het meest kritisch zijn kan men dus sturen op het zoveel mogelijk groen houden van percelen. Op akkerbouwpercelen kan men langs de sloot een groenstrook aanleggen. Dat gebeurt ook al in diverse projecten in het kader van het akkerrandenbeheer, maar er is nog weinig zicht op de positieve effecten met betrekking tot vermindering van uit- en afspoeling. (Onderzoek hiernaar is in uitvoering bij Alterra.) Daarnaast is er de maatregel van de verplichte bemestingsvrije zone langs natuurlijke waterlopen in Hoog Nederland. Dit voorkomt in ieder geval belasting van oppervlaktewater door meemesten. Deze zone telt ook niet meer mee voor de gebruiksnorm. Dit levert veel aversie op bij agrariërs omdat dit de mestproblematiek verscherpt en ze daarvoor niet worden gecompenseerd. Een meer ingrijpende maatregel is dat men de bedrijfsperven anders inricht. Op melkveebedrijven dienen bij een eventuele herinrichting grasland percelen bij voorkeur te grenzen aan sloten en maïsperven bij voorkeur niet. Voor een deel gebeurt dit van nature al en ligt op de hogere percelen maïs. Echter door het meer en meer toepassen van wisselbouw, het telen bloembollen worden ook nattere percelen tijdelijk in maïs gelegd.

Bemesting van gewassen is wat fosfaat betreft vooral aan het voorjaar gebonden. Maatregelen waar men aan kan denken is om nabij waterlopen geen mest toe te dienen. Hoe groot deze zone zou moeten zijn zal afhangen van de lokale infiltratiecapaciteit en bijvoorbeeld het afschot. Van belang is dat de mest in de grond wordt gebracht. Zodebemesting of diepe injectie heeft op grasland dan de voorkeur boven toediening via de sleepvoetenmachine. Belangrijk is ook dat niet teveel mest wordt toegediend met de zodebemester opdat de sleuf niet overloopt. Op bouwland moet de mest direct worden ondergewerkt.

Beter anticiperen op de neerslagverwachting is ook een optie. Het toedienen van mest wordt nu vooral bepaald door het criterium wanneer is het land berijdbaar. Of de dagen erna 10 of 100 mm neerslag valt speelt geen enkele rol bij de beslissing om mest toe te dienen, terwijl op basis van de 10-daagse neerslagverwachting tegenwoordig redelijk goed de neerslaghoeveelheid kan worden voorspeld.

Extra maatregelen op percelen met een verhoogd risico is mogelijk door gericht te gaan uitmijnen. Dit kan bijvoorbeeld tot een afstand x van de waterloop. De bemesting met fosfaat blijft een aantal jaren achterwege totdat de P-niveaus in de bodem gedaald zijn naar een acceptabel resultaat.

Op dit moment wordt door NMI gewerkt aan het ontwikkelen van een bodemdienst (Postma et al., 2010a). Door uitmijnen moet de dierlijke mest dus op andere percelen van het bedrijf worden geplaatst of dient deze van het bedrijf te worden afgevoerd. Dit is relatief duur. Interessant is daarom bijvoorbeeld mestscheiding om vooral fosfaat in meer geconcentreerde vorm van het bedrijf te kunnen afvoeren en de dunne fractie op het bedrijf te houden. Andere concepten om fosfaat uit de mest te halen en deze fosfaat bijvoorbeeld te laten dienen als basis voor de fosfaatverwerkende industrie hebben de aandacht.

Door het beleid omtrent de aanscherping van de fosfaatgebruiksnormen neemt de toevoer van fosfaat naar percelen af. Dit zou als direct gevolg moeten hebben dat het risico voor afspoeling (iets) afneemt. Verder zal door de lagere bemesting in combinatie met grondbewerking de toplaag heel geleidelijk iets minder gemakkelijk beschikbaar P gaan bevatten (vanwege verplaatsing naar diepere lagen) waardoor het risico van afspoeling afneemt. Echter deze potentieel positieve effecten kunnen heel gemakkelijk teniet worden gedaan door een hogere neerslagactiviteit en meer zwaardere buien. Daarom wordt het in toenemende mate belangrijker dat de bodemstructuur op orde is zodat de sponswerking optimaal is.

Natuurlijk zijn nog veel technische maatregelen denkbaar die fosfaat afvangen. Deze vallen echter buiten het bestek van deze studie.

5 Voorstel voor aanvullende monsternamen en analyse

In aanvulling op de inschatting van het risico van P-emissie uit landbouwgrond naar oppervlaktewater, zoals die is beschreven in het voorgaande hoofdstuk, is een aanvullende bemonstering zinvol. Daarbij kunnen de volgende doelstellingen worden onderscheiden:

1. Toetsing van het geschatte risico van P-emissie voor de gebieden waarvan grondonderzoeksresultaten beschikbaar waren;
2. Inschatting van het risico van P-emissie voor de gebieden waarvan geen grondonderzoeksresultaten beschikbaar waren; en
3. Inschatting van maatregelen ter vermindering van het risico van P-emissie.

Ad 1.

Verbeteringen zijn mogelijk, omdat:

- Het aggregatieniveau van beschikbare data suboptimaal is. De data zijn beschikbaar per 6-cijferig postcodegebied, terwijl het voor deze studie gaat om zones/perceelsgedeelten van 50 m breed langs waterlopen. Het lijkt zinvol op een aantal plaatsen daadwerkelijk in de relevante 50 m zones te bemonsteren → bijvoorbeeld in de oranje en rode regio's; en
- Er geen informatie beschikbaar is van het verloop van de P-toestand met de diepte. Door op een aantal plaatsen nauwkeuriger te kijken naar het P-profiel in de bodem en dit te combineren met informatie over het grondwaterstandsverloop, kan de inschatting van het risico van P-emissie worden verbeterd.

Voorgesteld wordt de aandacht met name te richten op gebieden waarbinnen het geschatte risico van P-emissie hoog is.

Ad 2.

Van een aantal gebieden zijn geen of beperkt grondonderzoeksresultaten beschikbaar. Vooral als op basis van de grondwatertrap (zuidwest en zuidoost Drenthe) een hoog risico van P-emissie wordt verwacht, is een aanvullende bemonstering zinvol.

Op basis van het provinciale bodemmeetnet gekoppeld met de risico kaart van de P-emissie zou een selectie kunnen worden gemaakt.

Ad 3.

In gebieden met een hoog risico van P-emissie mede door een hoge P-PAE kan nagedacht worden of deze hoge P-PAE is te verlagen door uitmijnen en hoe lang een dergelijke maatregel dient te worden toegepast voordat een substantiële verlaging van P-PAE is bereikt. Op basis van de P-AL waarde, eigen resultaten en de systematiek van Van Rotterdam-Los kan een kaart voor de effectiviteit van uitmijnen worden ontwikkeld.

Uitmijnen is een optie. Het andere spoor is een nadere analyse en toetsing op praktische toepasbaarheid van maatregelen (mesttoediening en hoeveelheid, begroeid, onbegroeid, hellingspercentage (afschot), ontwatering, bodemstructuur etc. om de oppervlakkige afstroming te verminderen).

Optie: Mogelijk kan een link gelegd worden met een regio uit DBD.

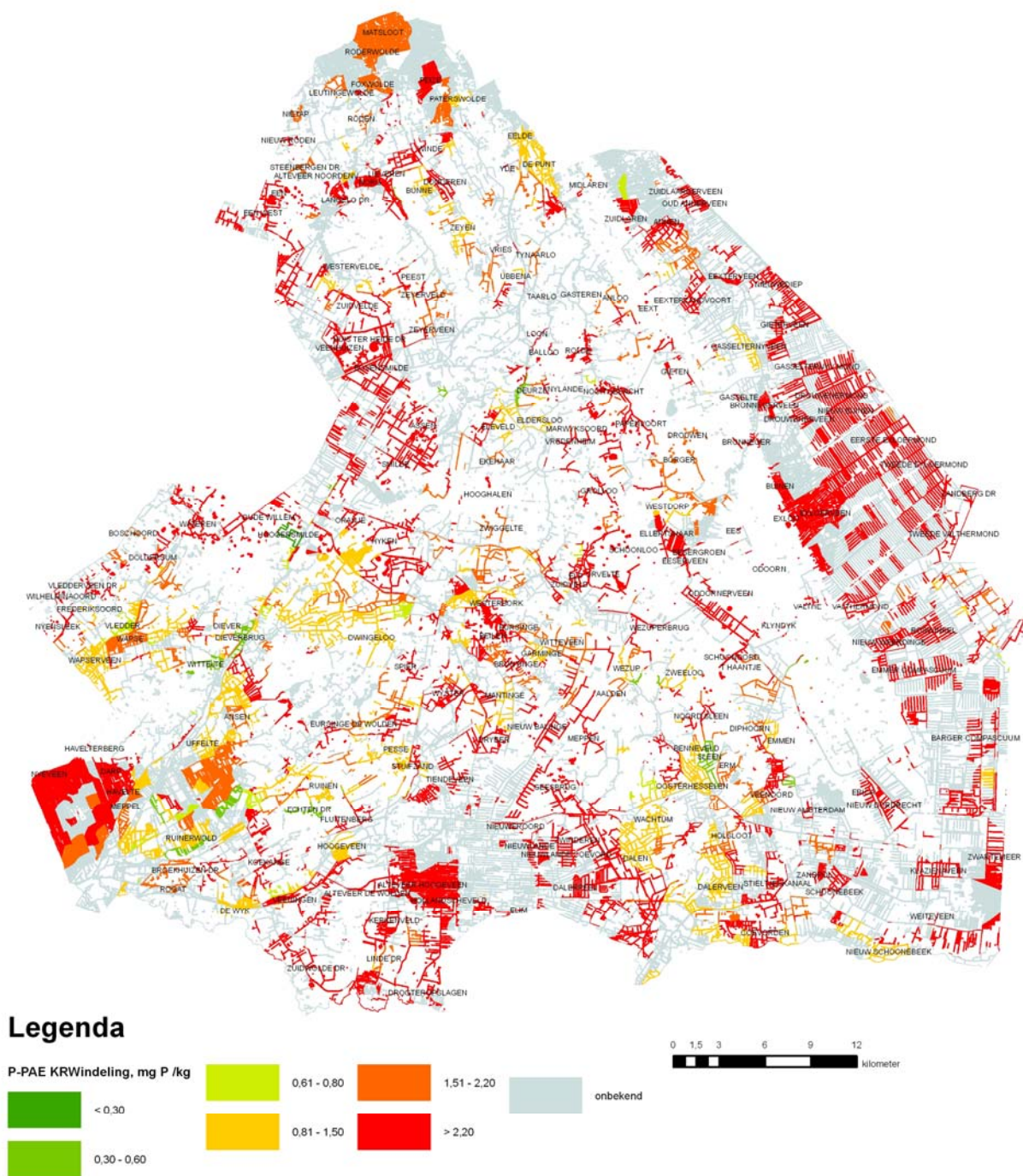
Literatuur

- Bakker G, Hack-ten Broeke MJD, de Vries F & van den Akker JJH (2010). Basismateriaal voor eventuele prioritaire gebieden. Quick Scan voor Drenthe. Alterra rapport 1964. 90 pp.
- Bussink DW, Schöll L, van der Draai H & Bakker RF (2008). Demonstratie nieuwe P-adviessystematiek: minder P-bemesting kan. NMI-rapport 1153. 49 pp.
- Den Boer DJ, Middelkoop J & Chardon WJ (2001). Analyse verandering fosfaattoestand en berekening uitspoeling in afhankelijkheid van gebruik en bodemvruchtbaarheid. NMI-rapport 364.97, 51 pp.
- Kolenbrander E (2010). Aanscherping fosfaatnormen treft maïsteelt. Melkveemagazine. Februari 2010, pag. 11-13
- Krikken A, Van Mill G, Rozemeijer J & Wolters R (2008). Grote dynamiek in oppervlaktewaterkwaliteit in de Hoge Raam. H2O, nr. 23, p36-39.
- Noij G-J (2008) Maatregelen tegen oppervlaktewaterbelasting voor een bodemdienst. Presentatie gehouden tijdens bijeenkomst "Ontwikkeling bodemdienst reductie fosfaatemissie", Ede 28 oktober 2008.
- Postma R, den Boer DJ & van der Draai H (2010) Fosfaatonderzoek en bemestingsadvies ten behoeve van natuurontwikkeling in Roeghoorn. NMI-rapport 1327. 15 pp.
- Postma R, Haas MJM, den Boer DJ & van der Draai H (2010a). Naar een bodemdienst reductie fosfaatemissie. NMI-rapport 1301-II. 69 pp.
- Postma R, Essen E van, Haas MJG de & Bussink DW (2010b). Ecologisch bodemonderzoek Noordijkerveld. NMI-rapport 1374.N.09, 51 pp.
- Rozemeijer J & Van der Velde Y (2008) Oppervlakkig afstroming ook van belang in het vlakke Nederland. H2O, nr. 19, p92-94.
- Schoumans OF (2004). Inventarisatie van de fosfaatverzadiging van landbouwgronden in Nederland. Alterra-rapport 730.4. 42 pp.
- Schoumans OF & Groenendijk P (2000). Modeling Soil Phosphorus Levels and Phosphorus Leaching from Agricultural Land in the Netherlands. Journal of Environ Quality, vol 29:p 111-116.
- Schoumans OF, Groenendijk P, Renaud L & Van der Bolt FJE (2008). Nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Vergelijking tussen landbouw- en natuurgebieden. Alterra-rapport 1700, 34 pp.
- Van Bakel J, Groenendijk P, Schoumans O, Van der Bolt F, Van Diepen K & Wolf J (2003). Mogelijkheden voor vermindering van de P-uitspoeling naar oppervlaktewater, met speciale aandacht voor bufferstroken. Briefadvies aan de Werkgroep waterkwaliteit van de Provincie Noord-Brabant, 20 september 2002, Bijlage II, p 81-91. In Klok C, Römkens PFAM, Naeff HSD, Arts GHP. Runhaar J, Van Diepen CA & Noij IGAM (2003) Gebiedsgerichte milieumaatregelen voor waterkwaliteit en natuur in Reconstructiegebieden van Noord-Brabant. Alterra-rapport 635
- Van Beek CL, Clevering OA, Kater LJM & Van Reuler H (2003). Maatregelen om de belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfaat uit de landbouw te verminderen. Alterra-rapport 714, 60 pp.
- Van de Weerd H & Torenbeek R (2007). Uitspoeling van meststoffen uit grasland. Emissieroutes onder de loep. STOWA-rapport 2007-14, 49 pp.
- Van der Zee SEATM, van Riemsdijk WH & de Haan FAM (1988). Transport of reactive contaminants in heterogenous soil systems. Dissertatie, Landbouwuniversiteit Wageningen, 283 pp.
- Van Rotterdam-Los D, Bussink W, Temminghoff E & Van Riemsdijk W (2009). Naar een betrouwbare schatting van de chemische beschikbaarheid in de bodem. Voorspelling van de fosfaatopname door Engels raaigras. Bodem 5, oktober 2009, 27-29.
- Van Rotterdam-Los D (2010). The potential of soils to supply phosphorus and potassium. Phd thesis 141 pp.

Verhagen F, Broers HP, Krikken A, Rozemeijer J, Van Ek R, Van Vliet M, Van der Groft B, Heerdink R & Knoben R (2007). Invloed van grondwater op oppervlaktewater. Regionale differentiatie in Noord-Brabant. Rapport Royal Haskoning / TNO Bouw en Ondergrond 9S5637/R0001/900642/DenB, 58 pp.

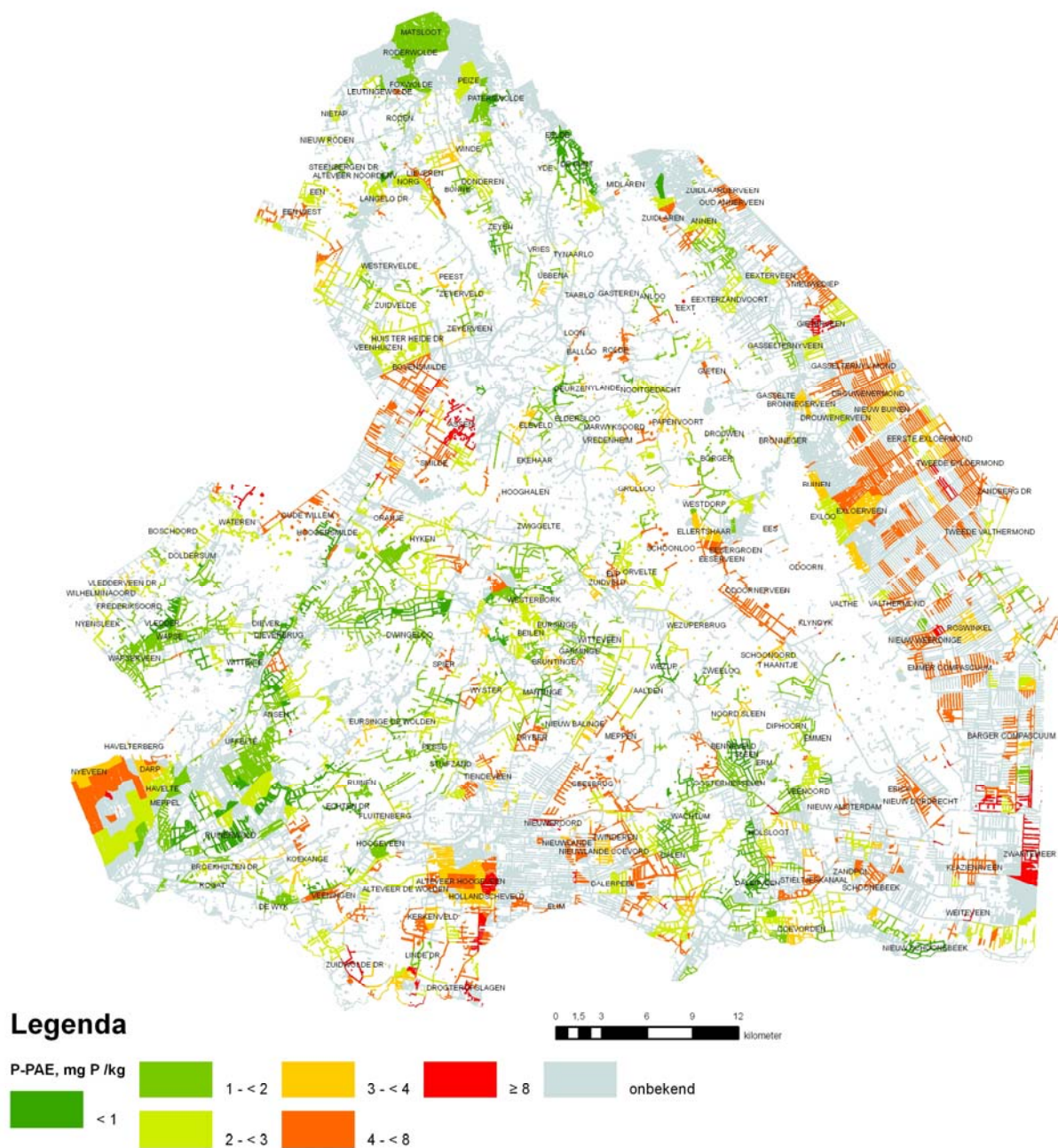
Bijlagen

Bijlage 1a. Direct beschikbaar fosfaat, P-PAE (mg/kg ds), in de grond nabij waterlopen per postcodegebied in de Provincie Drenthe



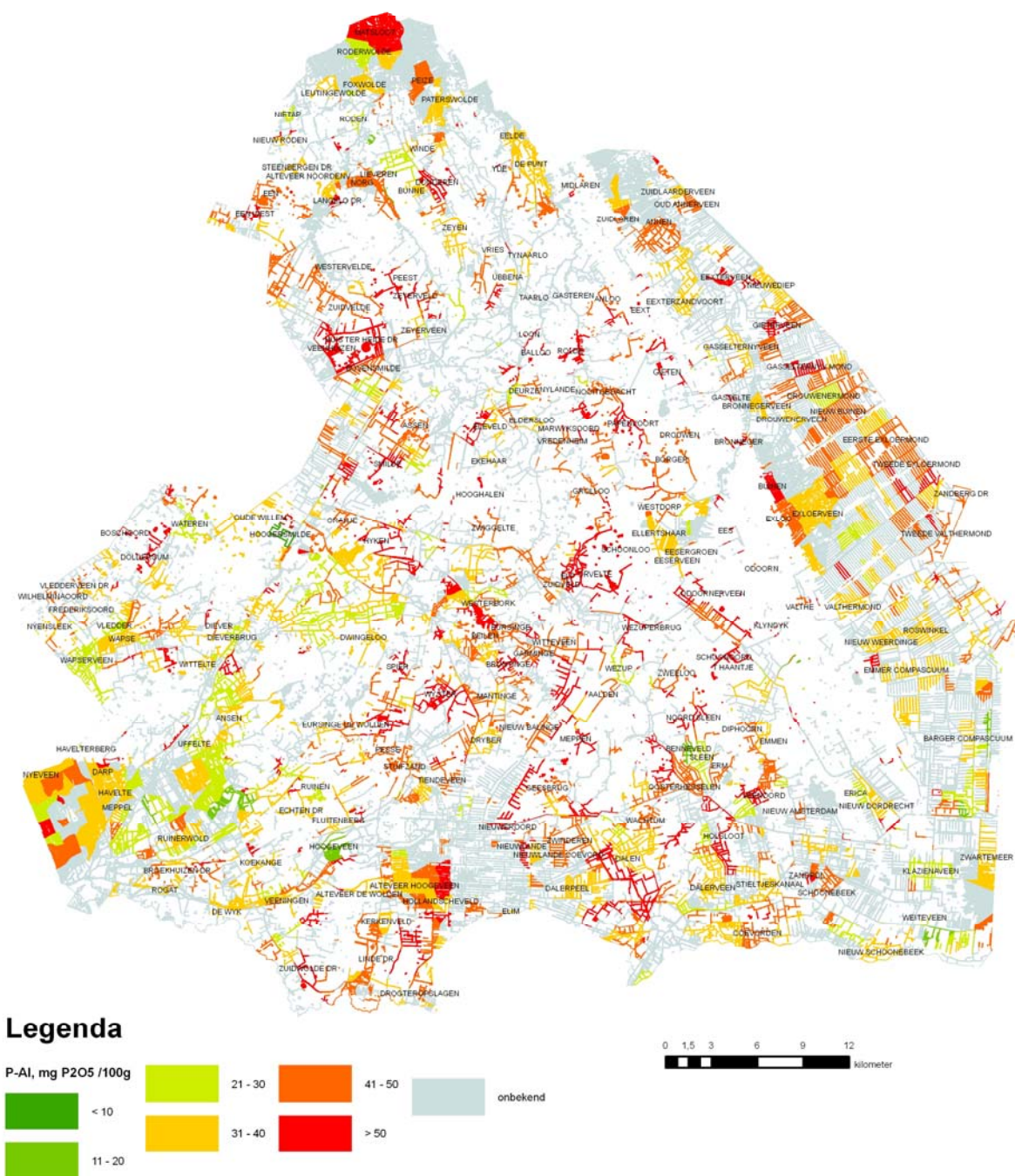
Schaal 1:350.000

Bijlage 1b. Direct beschikbaar fosfaat, P-PAE (mg/kg ds), in de grond nabij waterlopen per postcodegebied in de Provincie Drenthe



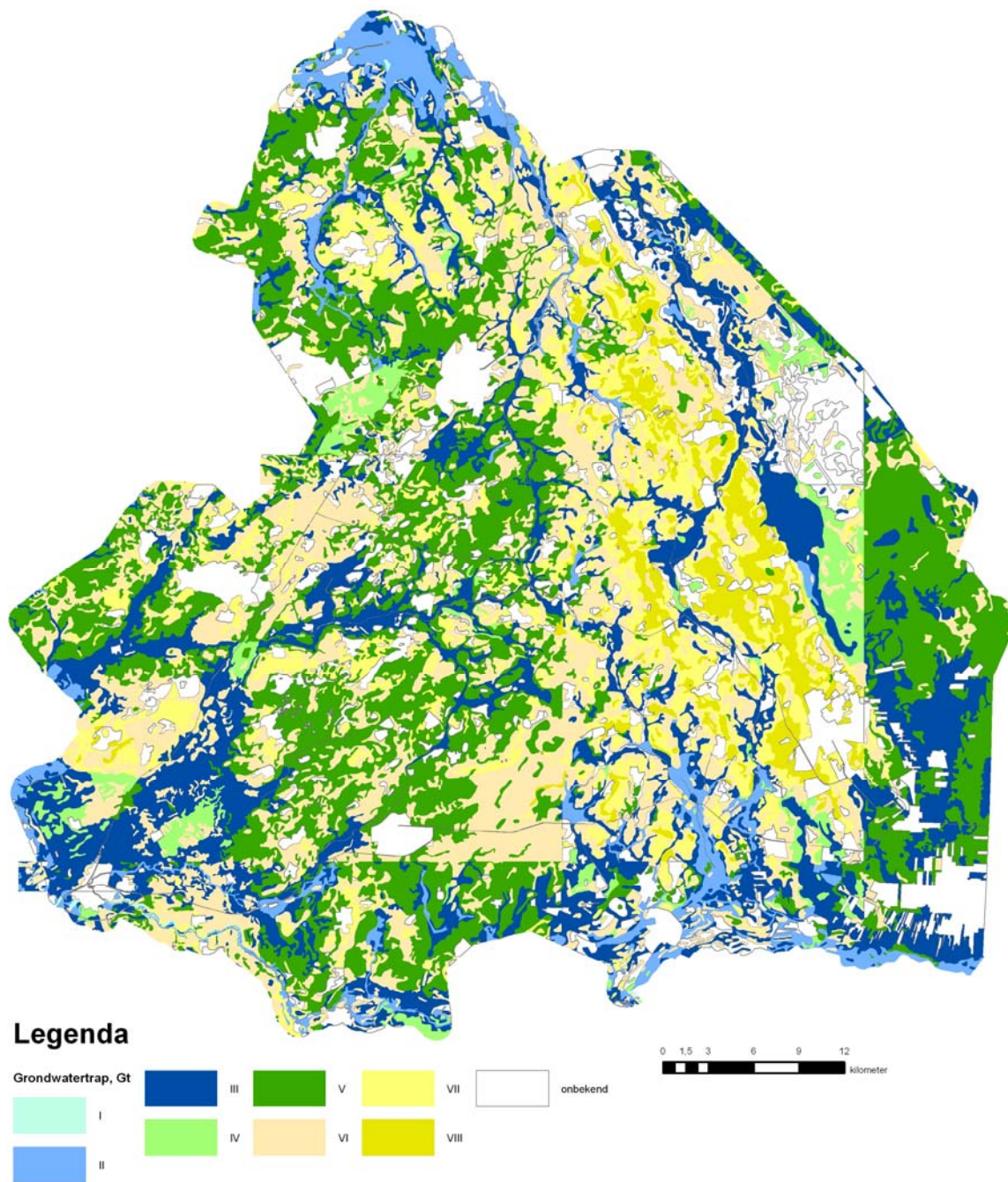
Schaal 1: 350.000

Bijlage 2. P-AL (mg/P₂O₅ 100 g grond) in de grond nabij waterlopen per postcodegebied in de Provincie Drenthe



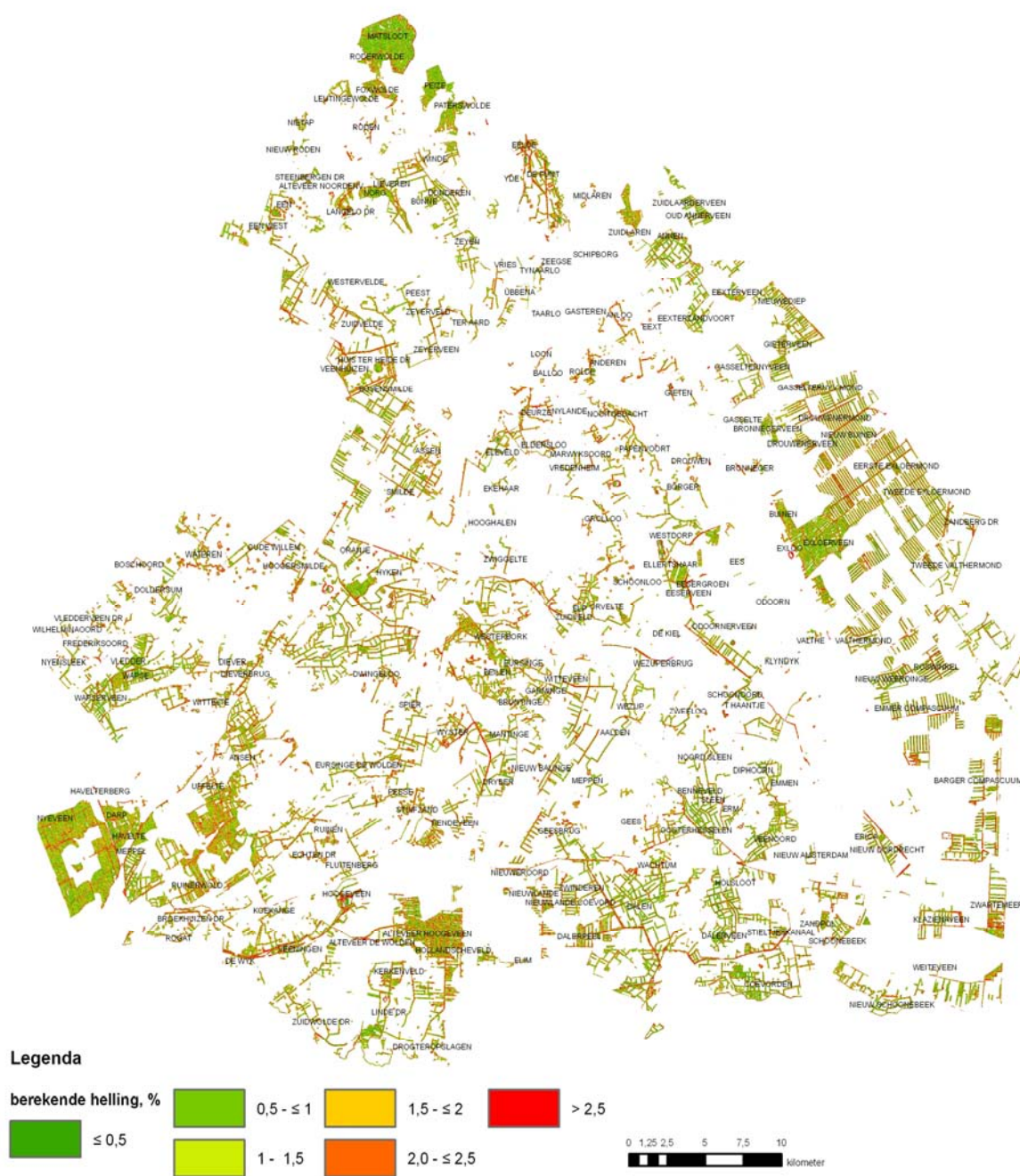
Schaal 1:350.000

Bijlage 3. Grondwatertrappen in de Provincie Drenthe



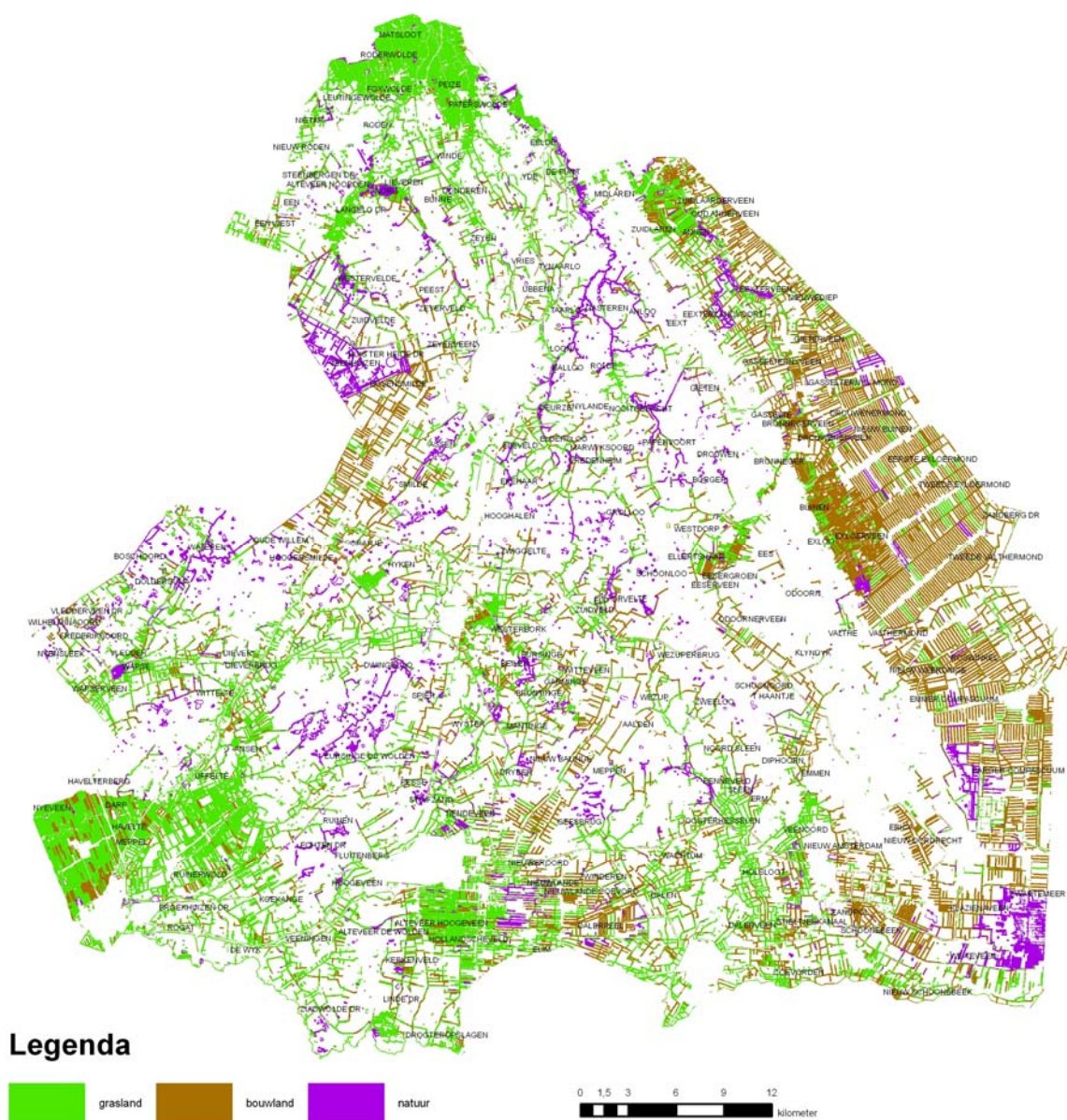
Schaal 1:350.000

Bijlage 4. Hellingspercentage in waterlopen in de Provincie Drenthe



schaal 1:350.000

Bijlage 5. Aanvullende informatie: Landgebruik in de 50 m zones van waterlopen in de Provincie Drenthe



Bijlage 6. Toelichting op het risicogetal voor P- emissie in Tabel 4.1 en 4.3

cluster 1: bestaat vooral uit waarde 9

cluster 2: bestaat vooral uit waarde 8 met daarbij ook waarden 6 en 5 en een beetje 9. Let op: de meetpunten liggen buiten 50 m zone waar we data van hebben, en gaat er vanuit dat een stroming is noordoostwaarts.

cluster 3: vooral 5 en 4 met wat gebieden 8 en gebieden met 2. Ook hiervoor geldt dat één punt niet in de 50 m zone valt, die ligt ten noordoosten van een gebied met waarde 8. het andere meetpunt ligt bij een gebied met waarde 4.

cluster 4: meetpunten liggen vooral in of dichtbij een gebied met waarde 7 en een beetje 8.

cluster 5: de meetpunten liggen vooral in de buurt van waarde 8 en 9 en 5 en 6. Ook hier geldt dat de meetpunten buiten de 50 m zones liggen en het is dus maar de vraag of de meetpunten die ten noordwesten liggen een relatie hebben met de 50m zones.

cluster 6: ligt op een 'sloot' met waarde 7 en 8

cluster 7: een gebied dat voornamelijk bestaat uit waarde 4.

'cluster' 8 (Hoogeveensche vaart): lijkt te liggen op een zone met waarde 7, overgaand in een (waarschijnlijk) bovenstrooms gebied met waarde 4.

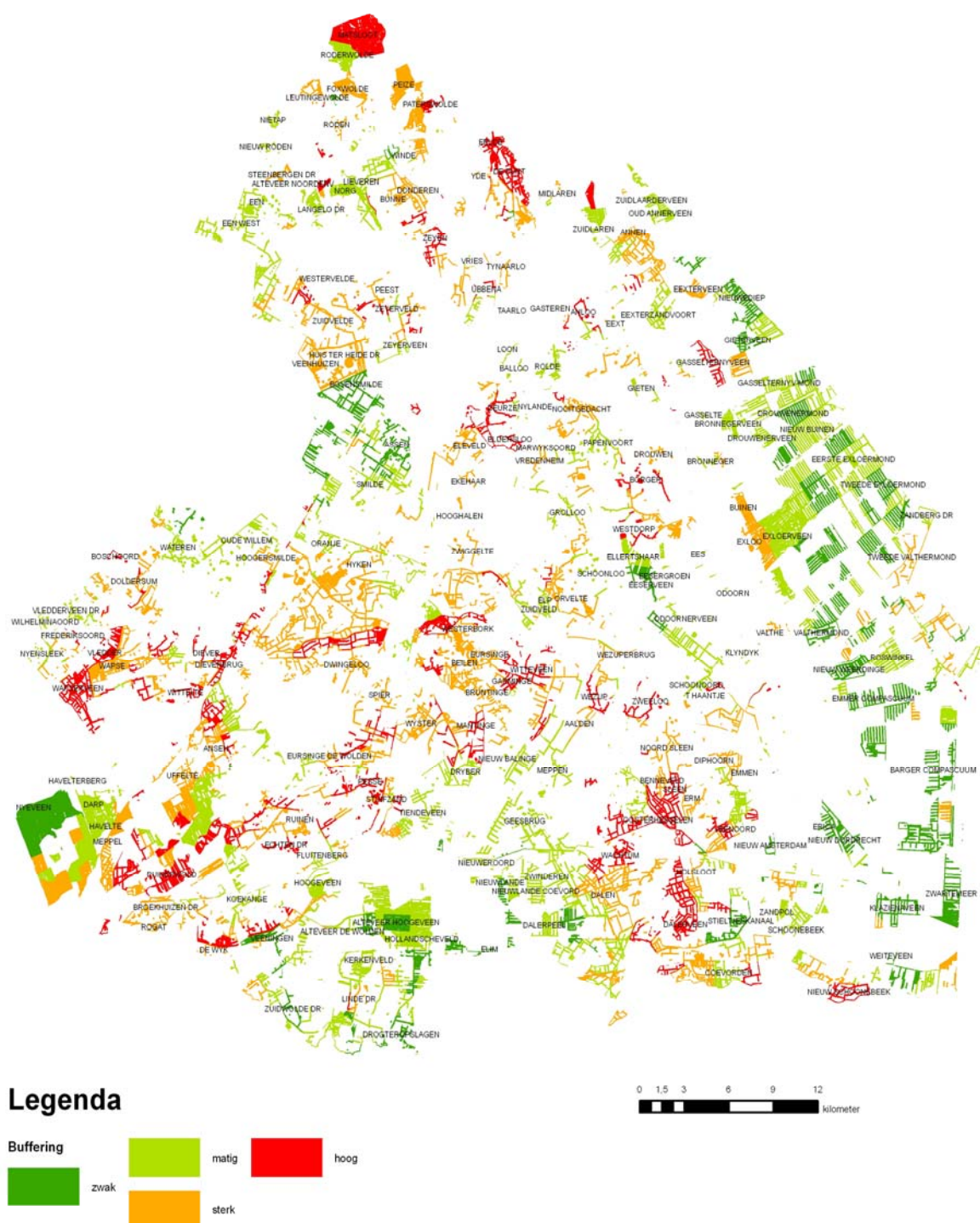
'cluster 9' (Stieltjeskanaal): ligt niet in een 50 m gebied. Gebieden in de buurt hebben voornamelijk de waarde 8 met hier en daar 7, 9 en 4. Ook hier geldt het probleem van de waterstroomrichting.

cluster 10 (Kanaal a): ligt wel in de buurt van een klein gebiedje met waarde 11 (en zuidwesten), maar dichterbij ligt gebied met waarde 6 en 3.

Bijlage 7. Begrippenlijst

Adsorptie	Bij adsorptie hechten moleculen, ionen zich aan het oppervlak van de vaste deeltjes in de bodem. Het proces is reversibel en heet dan desorptie.
Afschot	hellingspercentage van het perceel
Desorptie	Het vrijkomen van moleculen, ionen die zwak gebonden zijn aan het oppervlak van de vaste deeltjes in de bodem. Het proces is reversibel en heet dan adsorptie.
FVG	Fosfaatverzadigingsgraad, (percentage van de bindingscapaciteit van Fe- en Al-hydroxiden voor fosfaat dat benut is)
Gt	Grondwatertrap
P-Al	Extractie van grond met ammonium lactaat (0,1N) en azijnzuur (0,4 N) levert het P-Al-getal (Mg P ₂ O ₅ /100g)
P-PAE	Extractie van grond met 0,01 M CaCl ₂ levert het PPAE getal (Mg mgP/kg) Het P-gehalte in een extract op basis van ammoniumlactaat
Ortho-P	P in de vorm van PO ₄
P	Fosfor

Bijlage 8. Buffering P in de grond nabij waterlopen per postcodegebied in de Provincie Drenthe



Schaal 1:350.000



www.nmi-agro.nl

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