

BRUNNEN  
ST. JANSSTRAAT 100  
3512 BA ZAAN

# Ruimtelijk beeld van de fosfaatverzadiging in mestoverschotgebieden

J.G.A. Reijerink  
A. Breeuwsma

Rapport 222

DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1992

8 OKT. 1992

561062

## REFERAAT

Reijerink, J.G.A. en A. Breeuwsma, 1992. *Ruimtelijk beeld van de fosfaatverzadiging in mestoverschotgebieden*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 222, 61 blz.; 9 fig.; 10 tab.; 19 ref.; 3 aanh.; 6 kaarten.

Nadat in een eerder onderzoek het totale areaal fosfaatverzadigde gronden werd geschat, is nu met een meer gedetailleerde methode de verzadigingstoestand van de bodem in de mestoverschotgebieden in kaart gebracht. De resultaten zijn verwerkt en gepresenteerd voor cellen van 2,5 km x 2,5 km. Fosfaatverzadigde gronden komen over het hele zandgebied voor. Sterk verzadigde gronden met een verzadigingsgraad groter dan 50% worden vooral aangetroffen in de Gelderse Vallei, Oost- en Midden-Brabant en Westelijk Noord-Limburg. Zeer sterk verzadigde gronden met een verzadigingsgraad groter dan 75% zijn vooral in Oost-Brabant en Westelijk Noord-Limburg geconcentreerd. De sterk en zeer sterk verzadigde gronden leveren een relatief grote bijdrage aan de fosfaatbelasting van het grondwater.

Trefwoorden: fosfaatverzadigde gronden, mestoverschotgebieden, fosfaatverzadigingsgraad, fosfaatuitspoeling

ISSN 0927-4499

©1992 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)  
Postbus 125, 6700 AC Wageningen  
Tel.: 08370-74200; telefax: 08370-24812; telex: 75230 VISI-NL

Het DLO-Staring Centrum is een voortzetting van: het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW), het Instituut voor Onderzoek van Bestrijdingsmiddelen, afd. Milieu (IOB), de Afd. Landschapsbouw van het Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw "De Dorschkamp" (LB), en de Stichting voor Bodemkartering (STIBOKA).

Het DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het DLO-Staring Centrum.

## INHOUD

	blz.
WOORD VOORAF	7
SAMENVATTING	9
1 INLEIDING	11
1.1 Aanleiding tot het onderzoek	11
1.2 Doel van het onderzoek	12
1.3 Indeling van het rapport	12
2 KARAKTERISERING VAN DE FOSFAATVERZADIGING EN DE BETEKENIS VOOR DE FOSFAATUITSPOELING	13
3 BEREKENING VAN DE FOSFAATVERZADIGING	17
3.1 Gebruikte gegevens	17
3.1.1 Fosfaatbindend vermogen	17
3.1.2 Fosfaatgehalte	19
3.1.3 Bodemgebruik	21
3.2 Verwerking van de gegevens	22
3.3 Verschillen met vorige berekeningen	24
4 OPPERVLAKTE, LIGGING EN VERZADIGINGSGRAAD VAN DE FOSFAATVERZADIGDE GRONDEN	25
4.1 Oppervlakte fosfaatverzadigde gronden	25
4.2 Ligging van de fosfaatverzadigde gronden	28
5 GEVOLGEN VAN DE FOSFAATVERZADIGING VOOR DE UITSPOELING	35
6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	37
LITERATUUR	39
AANHANGSELS	
1 Advies Technische Commissie Bodembescherming (TCB)	41
2 Berekening van de fosfaatverzadigingsgraad en de fosfaatverzadigde oppervlakte als functie van cel, bodemeenheid en grondwatertrap	47
3 Topografische kaartbladindeling (schaal 1 : 50 000)	49
FIGUREN	
1 Verband tussen de fosfaatverzadigingsgraad en de fosfaatconcentratie ter hoogte van de GHG	14
2 Overzicht van de onderzochte gebieden	16
3 Schema van het rekenmodel	23
4 Het percentage landbouwgrond, resp. gras- of maïsland, dat een bepaalde fosfaatverzadigingsgraad overschrijdt ("fosfaatverzadigingscurve")	26

5	Bepaling van de fosfaatverzadigde oppervlakte en de fosfaat verzadigingsgraad met de fosfaatverzadigingscurve	29
6	Oppervlakte fosfaatverzadigde landbouwgronden per cel van 2,5 km x 2,5 km	30
7	Fosfaatverzadigingsgraad van de landbouwgronden per cel van 2,5 km x 2,5 km	31
8	Fosfaatverzadigingsgraad van maïsland en grasland per cel van 2,5 km x 2,5 km	32
9	Oppervlakte zeer sterk verzadigde gronden en oververzadigde gronden per cel van 2,5 km x 2,5 km	33

#### TABELLEN

1	Kwaliteitsdoelstellingen voor fosfaat	14
2	Klasse-indeling van de fosfaatverzadigingsgraad en de fosfaat-concentratie op GHG-niveau	14
3	Gehanteerde GHG-waarden per grondwatertrap	18
4	Fosfaatgehalten in de bodemlaag tot aan de GHG van de belangrijkste bodemeenheden en grondwatertrappen in 1950	19
5	Fosfaatoverschot voor maïs- en grasland per topografisch kaartblad, schaal 1 : 50 000 (periode 1950-1990)	21
6	Oppervlakte landbouwgronden en de verdeling van grasland, maïsland en overig bouwland in het Oostelijk, Centraal en Zuidelijk Zandgebied	21
7	GIS-bestanden als basismateriaal in het rekenmodel	22
8	Arealen en percentages landbouwgrond waarbij een verzadigingsgraad van 25, 50 of 75% wordt overschreden	26
9	Procentuele verschillen in het fosfaatverzadigd areaal ten opzichte van de referentiemethode voor twee berekeningsvarianten	28
10	Fosfaatvracht naar het grondwater in fosfaatverzadigde gebieden	36

#### KAARTEN

1	Fosfaatbindend vermogen tot aan de GHG per bodemeenheid en grondwatertrap	51
2	Fosfaatoverschot bij maïsland per cel per cel van 2,5 km x 2,5 km (periode 1950-1990)	53
3	Fosfaatoverschot bij grasland per cel van 2,5 km x 2,5 km (periode 1950-1990)	55
4	Percentage maïsland per combinatie van cel, bodemeenheid en grondwatertrap (afgeleid uit het LGN-bestand)	57
5	Percentage grasland per combinatie van cel, bodemeenheid en grondwatertrap (afgeleid uit het LGN-bestand)	59
6	Bodemgebruik afgeleid uit het BARS-bestand	61

## WOORD VOORAF

Het onderzoek naar de ligging van fosfaatverzadigde gronden en het niveau van de verzadiging is uitgevoerd naar aanleiding van het beleidsvoornemen in het kader van de mestwetgeving om fosfaatgevoelige gebieden aan te wijzen. In de inleiding van het rapport wordt dit nader toegelicht. Het onderzoek werd uitgevoerd door het DLO-Staring Centrum in de periode 1990-1992 in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (LNV) en het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM).

Het onderzoek werd begeleid door een ambtelijke werkgroep bestaande uit:

- Ir. H.O. Hooghoudt, VROM; directie Drinkwater, Water, Landbouw;
- Ir. Th. Sprenger, LNV, directie Veehouderij en Zuivel;
- Drs. J.J.C. Karres, LNV, vroegere directie Natuur, Milieu en Faunabeheer.

De auteurs zijn speciale dank verschuldigd aan ing. H. Kleijer en R. Visschers voor hun bijdrage in de vorm van het verzamelen en verwerken van actuele grondwaterstandsgegevens en R. Schuiling en H. de Wijer voor hun aandeel in de gegevensverwerking met ARC/INFO.

## SAMENVATTING

In de periode 1988-1992 heeft het DLO-Staring Centrum in opdracht van de ministeries van LNV en VROM onderzoek uitgevoerd naar de omvang en ligging van de fosfaatverzadigde gronden in de mestoverschotgebieden. De resultaten van het eerste onderzoek naar de omvang van het fosfaatverzadigd areaal zijn gepubliceerd in 1990 (Breeuwsma et al., 1990). In dit rapport komt de ruimtelijke verbreiding van deze gronden aan de orde. Voor het in kaart brengen van de fosfaatverzadigde gronden is de methodiek verder verfijnd met meer gedetailleerde en nauwkeuriger vastgestelde gegevens. De gegevens zijn verwerkt met een geografisch informatiesysteem (ARC/INFO) en de resultaten in kaarten gepresenteerd.

De fosfaatverzadiging van de bodem hangt af van de hoeveelheid fosfaat die in de bodem terecht is gekomen en van de hoeveelheid fosfaat die door de bodem gebonden kan worden (fosfaatbindend vermogen). Het niveau van de fosfaatverzadiging wordt weergegeven door de fosfaatverzadigingsgraad, het percentage van het fosfaatbindend vermogen dat door de aanwezige hoeveelheid fosfaat is "verbruikt". Als de fosfaatverzadigingsgraad groter is dan 25%, wordt gesproken over een fosfaatverzadigde grond.

In het rapport worden de volgende verzadigingsklassen onderscheiden:

- niet verzadigd : fosfaatverzadigingsgraad kleiner dan 25%;
- verzadigd : fosfaatverzadigingsgraad groter dan 25%;
- sterk verzadigd : fosfaatverzadigingsgraad groter dan 50%;
- zeer sterk verzadigd : fosfaatverzadigingsgraad groter dan 75%.

Het fosfaatbindend vermogen van de bodem van de mestoverschotgebieden (overwegend kalkloze zandgronden) is gerelateerd aan het ijzer- en aluminiumgehalte. Met meetgegevens uit het Bodemkundig Informatie Systeem van het DLO-Staring Centrum is het fosfaatbindend vermogen van de bodemeenheden op de bodemkaart, 1 : 50 000 (Steur en Heijink, 1987), bepaald. Behalve de bodemeenheid, bepaalt ook de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) het fosfaatbindend vermogen van de bodem, omdat deze de dikte van de bodemlaag bepaalt waarin fosfaat wordt gebonden. Hiervoor werd de meest recente informatie over de grondwaterstanden gebruikt. Daardoor werd zo goed mogelijk rekening gehouden met veranderingen die na de bodemkartering kunnen zijn opgetreden. Het totale fosfaatbindend vermogen van de bodem in het studiegebied varieert van ca. 10 000 kg/ha  $P_2O_5$  (natte gronden) tot ca. 40 000 kg/ha  $P_2O_5$  (droge gronden). Het vermogen dat beschikbaar is voor de binding van fosfaat uit mestoverschotten, is lager omdat een deel van het vermogen vroeger al is gebruikt door natuurlijke of menselijke oorzaak (plaggenbemesting).

Het fosfaat in de bodem van de mestoverschotgebieden is grotendeels met dierlijke mest aangevoerd door de opkomst van de intensieve veehouderij na 1970. Het fosfaatoverschot in die periode is door het LEI op bedrijfsniveau berekend en aangeleverd voor gebieden (cellen) van 2,5 x 2,5 km. Het fosfaatoverschot in de periode 1950-

1970 is geschat met literatuurgegevens en er is van uitgegaan dat er vóór 1950 geen fosfaatophoping in de bodem heeft plaatsgevonden. Het fosfaatoverschot is bij grasland ca. 2000-4000 kg/ha  $P_2O_5$  en bij maïsland ca. 4000-10 000 kg/ha  $P_2O_5$  is. Gebieden met hoge fosfaatoverschotten komen vooral voor in de Gelderse Vallei, Oost-Brabant en Westelijk Noord-Limburg.

Het niveau van de fosfaatverzuiging van de bodem wordt tevens veroorzaakt door verschillen in bodemgebruik. Verder is er ook een verband tussen bodemgebruik en bodemeenheid. Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van de situatie in 1986 via een overlay van het LGN-bodemgebruiksbestand uit dat jaar en de bodemkaart, 1 : 50 000. Uit het LGN-bodemgebruiksbestand blijkt dat ca. 70% van het areaal landbouwgronden uit grasland bestaat en ca. 20% in gebruik is als maïsland. Het overige areaal (ca. 10%) bestaat voornamelijk uit hakvruchten en granen. Maïsland komt vooral voor in het Zuidelijk Zandgebied. In het Centraal Zandgebied (Gelderse Vallei) komt weinig maïsland maar veel grasland voor. Het Oostelijk Zandgebied zit daar tussenin.

De resultaten van het onderzoek betreffen de fosfaatverzuigde oppervlakte per verzuigingsklasse en cellenkaarten waarop per cel van 2,5 x 2,5 km de fosfaatverzuigde oppervlakte of de fosfaatverzuigingsgraad is aangegeven.

Uit de modelresultaten blijkt dat ca. 400 000 ha (70% van de landbouwgronden) fosfaatverzuigd is. Ca. 122 000 ha is sterk verzuigd en ca. 35 000 ha zeer sterk verzuigd. Maïsland is sterker verzuigd dan grasland: resp. 51% en 26% van het maïslandareaal is sterk en zeer sterk verzuigd. Bij grasland is resp. 12% en 0% sterk en zeer sterk verzuigd.

Uit berekeningsvarianten blijkt dat de onzekerheid in de schatting van het areaal fosfaatverzuigde gronden in de orde van 10% ligt. De onzekerheid in de sterk en zeer sterk verzuigde arealen is aanzienlijk groter en bedraagt ongeveer 50%.

Fosfaatverzuigde gronden komen vrijwel overal in de zandgebieden voor. In Salland en Twente (provincie Overijssel) is de bodem minder verzuigd dan in de overige gebieden. De sterk verzuigde gronden zijn geconcentreerd in de Gelderse Vallei, Oost- en Midden-Brabant en Westelijk Noord-Limburg. Zeer sterk verzuigde gronden worden vooral in Oost-Brabant en (Westelijk) Noord-Limburg (de Peel) aangetroffen.

Met het model dat ten grondslag ligt aan het protocol fosfaatverzuigde gronden (Van der Zee et al., 1990a,b), is op globale wijze een schatting gemaakt van de fosfaatuitspoeling van fosfaatverzuigde gronden naar het grondwater. De zeer sterk verzuigde gronden leveren de grootste bijdrage aan de fosfaatbelasting van het grondwater. Afhankelijk van de ontwateringssituatie is ook de bijdrage aan de fosfaatuitspoeling naar het oppervlaktewater vermoedelijk relatief groot. Er is nog weinig bekend over de termijn waarop de uitspoeling weer zal afnemen. Vermoedelijk is bij ernstig verzuigde gronden een vorm van sanering onontkoombaar. Daarom verdient het aanbeveling het onderzoek in de komende jaren vooral te richten op de kwantificering van de fosfaatuitspoeling in de onderzochte gebieden, en op bemestings- en saneringsmaatregelen die de uitspoeling kunnen verminderen.

## 1 INLEIDING

### 1.1 Aanleiding tot het onderzoek

Het onderzoek naar de verbreiding van fosfaatverzadigde gronden en het niveau van verzadiging vormt het vervolg op twee eerdere onderzoeken die door het DLO-Staring Centrum zijn uitgevoerd (Breeuwsma en Schoumans, 1986; Breeuwsma et al., 1990). Het eerste onderzoek is uitgevoerd voor de *eerste* fase van de mestwetgeving en had tot doel een globale schets te geven van de te verwachten ontwikkeling van de fosfaatophoping en -uitspoeling bij verschillende bemestingsnormen. In dit eerste onderzoek werd alleen maïsland in beschouwing genomen, omdat de overdosering hier veel groter was dan bij grasland en (overig) bouwland, waardoor, bij het toen gehanteerde criterium voor een fosfaatverzadigde grond, bij laatstgenoemde vormen van bodemgebruik nauwelijks fosfaatverzadiging was te verwachten. Volgens dit voorlopige criterium (volledige verzadiging tot 50 cm boven de gemiddeld laagste grondwaterstand) bleek in 1986 ongeveer 4000 ha maïsland fosfaatverzadigd te zijn.

Naar aanleiding van dit onderzoek en onderzoek van Lexmond et al. (1982), werd in de mestwetgeving een Regeling fosfaatverzadigde gronden opgenomen. Hierbij was het de bedoeling om fosfaatverzadigde percelen aan te wijzen waar de eindnorm voor fosfaat versneld van toepassing zou zijn. Om de regeling te kunnen uitvoeren moest eerst overeenstemming worden bereikt over het criterium voor een fosfaatverzadigde grond. De Technische Commissie Bodembescherming bracht een advies uit over de uitgangspunten (aanhangsel 1), welke vervolgens door de Landbouwuniversiteit in een protocol werden uitgewerkt (Van der Zee et al., 1990a,b). In het kader van bovengenoemde regeling had het DLO-Staring Centrum de taak om de kwetsbare gebieden in kaart te brengen, waar een concentratie van verzadigde percelen werd verwacht. Het hiervoor ontwikkelde instrumentarium is in de praktijk alleen gebruikt om het areaal landbouwgrond te schatten dat volgens het protocol fosfaatverzadigd was (Breeuwsma et al., 1990).

Volgens deze berekeningen bleek het areaal (ca. 300 000 ha) veel groter te zijn dan bij de berekeningen met het eerdere criterium voor een verzadigde grond, doordat zowel de toegestane verzadigingsgraad (25% in plaats van 100%) als de referentie-diepte (GHG in plaats van GLG+50) scherper werden geformuleerd. Door het scherpere criterium bleek behalve maïsland ook grasland vaak verzadigd te zijn.

Door de grote omvang van het fosfaatverzadigde areaal werd een perceelsgewijze aanpak zoals opgenomen in de Regeling fosfaatverzadigde gronden, niet langer uitvoerbaar geacht, vanwege de grote bemonsteringsinspanning die hierbij nodig zou zijn en vanwege de grote, niet-verwerkbare mestoverschotten die zouden ontstaan. Daarom werd in de Notitie Mestbeleid *tweede* fase (LNV, 1990) voorgesteld het probleem gebiedsgericht aan te pakken door aanwijzing van 60 000-80 000 ha fosfaatgevoelige gebieden "waar het risico van verhoogde fosfaatuitspoeling groot is en waar uitspoeling direct nadelige gevolgen heeft voor waardevolle eutrofiëringsgevoelige waterecosystemen die deel uitmaken van de in het Natuurbeleidsplan aangegeven



Ecologische Hoofdstructuur, dan wel afwateren op oppervlaktewater dat van deze Ecologische Hoofdstructuur deel uitmaakt" (LNV, 1990).

## 1.2 Doel van het onderzoek

Ter voorbereiding van de aanwijzing van 60 000-80 000 ha fosfaatgevoelige gebieden kreeg het DLO-Staring Centrum in 1990 de opdracht van de ministeries van LNV en VROM de methode voor het vaststellen van fosfaatverzadigde gebieden te verfijnen en daarmee een ruimtelijke inventarisatie uit te voeren van de fosfaatverzadigingstoestand van de mestoverschotgebieden als geheel, en van de ecologisch kwetsbare onderdelen in het bijzonder. Behalve de ligging van de fosfaatverzadigde gronden werd ook het niveau van de verzadiging in kaart gebracht, omdat het verzadigingsniveau van groot belang is voor de uitspoeling van fosfaat naar het oppervlaktewater. Het onderzoek wordt in drie delen gerapporteerd:

- 1 Ruimtelijk beeld van de fosfaatverzadiging in mestoverschotgebieden;
- 2 Rekenmodel voor de fosfaatverzadigingstoestand van gebieden;
- 3 Fosfaatverzadiging in ecologisch kwetsbare gebieden.

Dit rapport heeft betrekking op het eerste onderdeel. De toegepaste methodiek wordt hier slechts summier beschreven en in het tweede rapport uitgebreider behandeld. Het derde rapport geeft de resultaten voor gebieden met, of voedingsgebieden van waardevolle eutrofiëringsgevoelige water-ecosystemen die deel uitmaken van de Ecologische Hoofdstructuur, hier kortweg ecologisch kwetsbare gebieden genoemd.

## 1.3 Indeling van het rapport

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de karakterisering van de fosfaattoestand van de bodem. De berekening van de fosfaatverzadiging en de herkomst van de gebruikte gegevens komt aan de orde in hoofdstuk 3. Met cellenkaarten wordt in hoofdstuk 4 de ruimtelijke verbreiding van de fosfaatverzadigde gronden weergegeven en worden regionale verschillen in het niveau van verzadiging toegelicht. Bovendien wordt de fosfaattoestand van het totale gebied toegelicht met de fosfaatverzadigingscurve. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de betekenis van de fosfaatverzadiging voor de uitspoeling. Tenslotte worden in hoofdstuk 6 de belangrijkste conclusies samengevat.

## 2 KARAKTERISERING VAN DE FOSFAATVERZADIGING EN DE BETEKENIS VOOR DE FOSFAATUITSCOELING

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de karakterisering van de fosfaatverzadigings-toestand van de bodem. Daarbij worden o.a. de begrippen fosfaatverzadigingsgraad en fosfaatverzadigde grond toegelicht. Tevens wordt in algemene termen het verband tussen de fosfaatverzadigingsgraad en de uitspoeling van fosfaat naar het ondiepe grondwater beschreven.

De mate waarin de bodem met fosfaat verzadigd is, hangt enerzijds af van de hoeveelheid fosfaat die in de loop der jaren met mestoverschotten is aangevoerd en anderzijds van de hoeveelheid fosfaat die de bodem kan binden (fosfaatbindend vermogen). Het niveau van de fosfaatverzadiging van de bodem wordt weergegeven met de fosfaatverzadigingsgraad. Deze grootheid is het percentage van het totale fosfaatbindend vermogen van de bodem dat door het op de bodem gebrachte fosfaat is "verbruikt". De fosfaatverzadigingsgraad wordt berekend door het fosfaatgehalte in de bodem te delen door het totale fosfaatbindend vermogen en dit quotiënt te vermenigvuldigen met 100%. In formule:

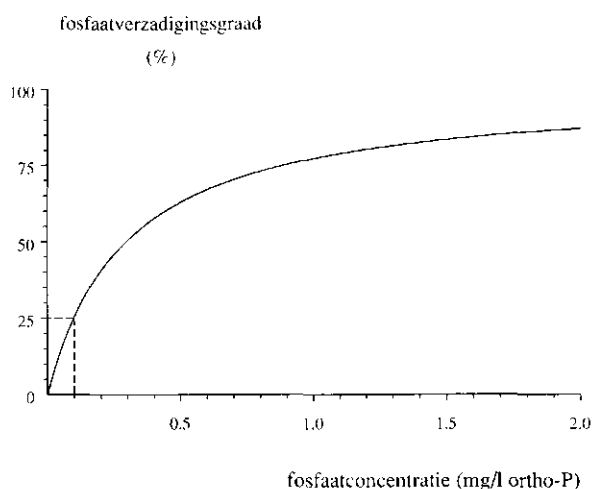
$$\text{fosfaatverzadigingsgraad} = \frac{\text{fosfaatgehalte in de bodem}}{\text{totaal fosfaatbindend vermogen van de bodem}} \times 100\%$$

Een deel van het fosfaat dat in de bodem terecht is gekomen, spoelt uit naar het grondwater. Een belangrijk deel hiervan komt uiteindelijk in het oppervlaktewater terecht. De mate van fosfaatuitspoeling naar het grondwater is afhankelijk van de fosfaatverzadigingsgraad. Met een door Van der Zee (1988) ontwikkeld model is hiervoor een kwantitatieve relatie afgeleid (figuur 1).

De Technische Commissie Bodembescherming (TCB) heeft geadviseerd over de vraag op welke diepte welke fosfaatconcentratie toelaatbaar geacht kan worden (aanhangsel 1). De TCB acht een fosfaatconcentratie van 0,1 mg/l anorganisch fosfaat ter hoogte van de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) voor het milieu aanvaardbaar (tabel 1). Omdat er naast anorganisch fosfaat ook altijd wat organisch fosfaat wordt aangetroffen (tot ca. 30% van de totale hoeveelheid fosfaat (Steenvoorden et al., 1988)) komt dit ruwweg overeen met 0,15 mg/l totaalfosfaat. De kwaliteitsdoelstelling voor fosfaat in het oppervlaktewater is eveneens 0,15 mg/l totaalfosfaat (tabel 1).

Uit figuur 1 blijkt dat de fosfaatconcentratie die door de TCB aanvaardbaar wordt geacht voor het milieu, reeds optreedt bij een fosfaatverzadigingsgraad van 25%. Tevens komt uit figuur 1 naar voren dat bij hogere verzadigingsniveaus de toename van de fosfaatuitspoeling meer dan evenredig toeneemt.

Op grond van bovenstaande uitgangspunten wordt in dit rapport een grond fosfaatverzadigd genoemd als de fosfaatverzadigingsgraad tot aan de GHG groter is dan 25%.



**Figuur 1** Verband tussen de fosfaatverzadigingsgraad en de fosfaatconcentratie ter hoogte van de GHG

**Tabel 1** Kwaliteitsdoelstellingen voor fosfaat

Doelstelling	Fosfaatconcentratie (mg/l P)	
	grondwater	oppervlaktewater
Algemene milieukwaliteit	-	0,15 (totaal-P)
Uitgangspunt fosfaatverzadigde grond	0,10 (ortho-P) <sup>1)</sup>	-

<sup>1)</sup> komt ruwweg overeen met 0,15 mg/l totaal-P

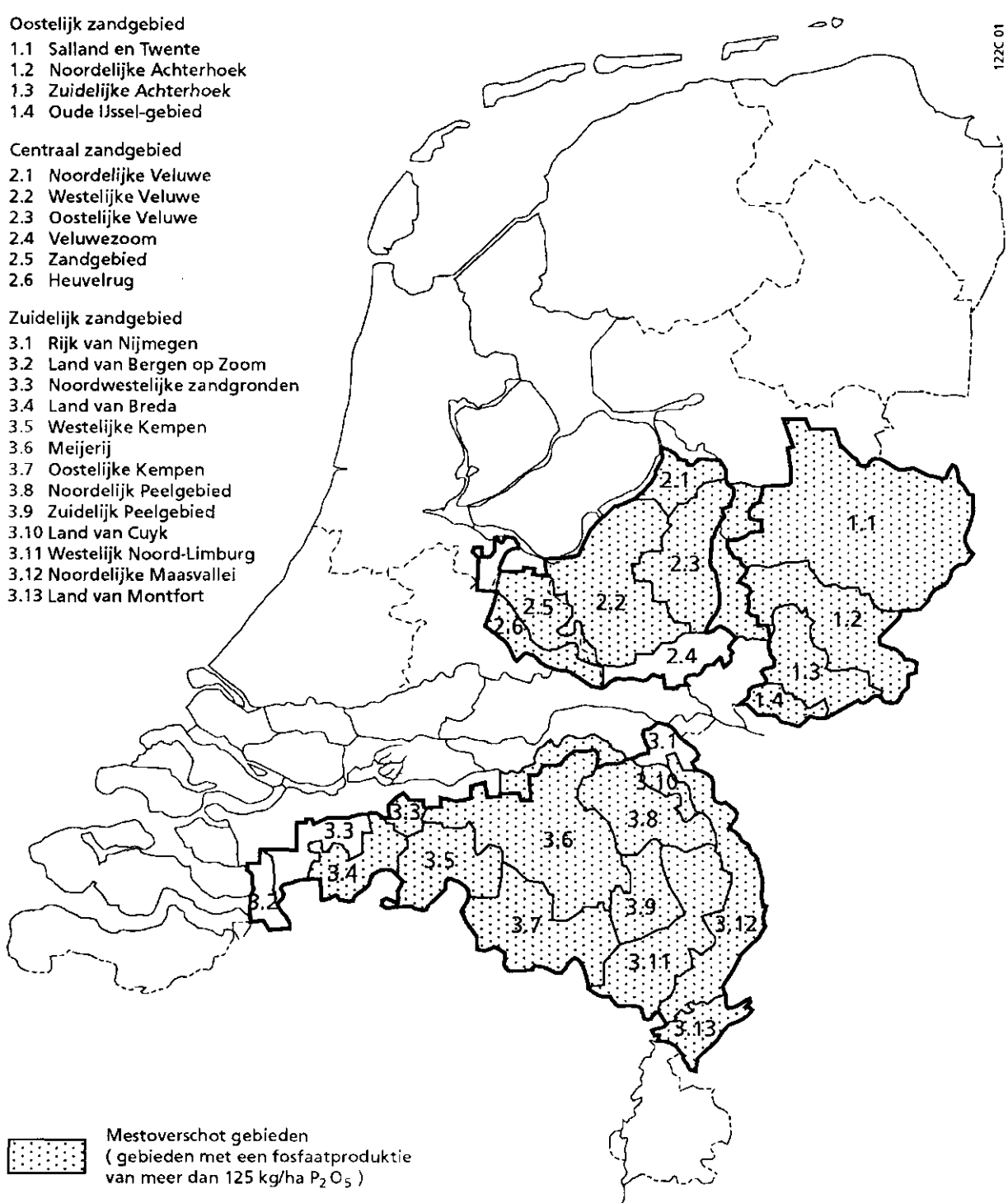
Om het niveau van de fosfaatverzadiging (fosfaatverzadigingsgraad) aan te geven, worden in dit rapport 5 verzadigingsklassen onderscheiden (tabel 2). In tabel 2 is per verzadigingsklasse tevens de fosfaatconcentratie ter hoogte van de GHG gegeven. Hieruit blijkt nogmaals de sterke toename van de fosfaatuitspoeling bij hogere fosfaatverzadigingsgraden: een stijging van de fosfaatverzadigingsgraad van 25% naar 75% (factor 3) leidt tot een stijging van de fosfaatuitspoeling met een factor 9.

**Tabel 2** Klasse-indeling van de fosfaatverzadigingsgraad en de fosfaatconcentratie op GHG-niveau

Mate van verzadiging	Fosfaatverzadigingsgraad (%)	Fosfaatconcentratie op GHG-niveau (mg/l ortho-P)
niet verzadigd	< 25	< 0,1
verzadigd	> 25	> 0,1
sterk verzadigd	> 50	> 0,3
zeer sterk verzadigd	> 75	> 0,9
oververzadigd	> 100	> 10

Bij verzadigingsgraden groter dan 100% is sprake van oververzadiging, waarbij behalve fosfaat dat aan aluminium en ijzer is gebonden, tevens nog niet-opgelost fosfaat (uit dierlijke mest) aanwezig is. Uit meetgegevens van een oververzadigd perceel in de Gelderse Vallei (Steenvoorden et al., 1988) blijkt dat de fosfaatconcentratie dan kan oplopen tot meer dan 10 mg per liter. In vergelijking met een niet-verzadigde situatie is dit een toename met een factor 100.

Het jarenlang op de bodem brengen van fosfaatoverschotten heeft geleid tot een afname van de bindingscapaciteit van de bodem en steeds hogere fosfaatverzadigingsgraden. Zoals weergegeven in tabel 2 leidt dit tot steeds hogere fosfaatconcentraties in het grondwater. In hoofdstuk 5 wordt dit aan de hand van de resultaten van dit onderzoek verder toegelicht.



*Figuur 2* Overzicht van de onderzochte gebieden

### 3 BEREKENING VAN DE FOSFAATVERZADIGING

In dit hoofdstuk wordt een korte toelichting gegeven op de berekening van de fosfaatverzadiging. Voor een uitgebreide behandeling van de toegepaste methodiek wordt verwezen naar Reijerink et al. (i.v.). De gegevens over fosfaatbindend vermogen, fosfaatgehalte en bodemgebruik die voor het berekenen van de fosfaatverzadiging zijn gebruikt, komen aan bod in paragraaf 3.1. De verwerking van de gegevens wordt kort toegelicht in paragraaf 3.2. In paragraaf 3.3 worden de verschillen in methodiek met het vorig onderzoek samengevat.

De modelberekeningen zijn uitgevoerd voor het Oostelijk, Centraal en Zuidelijk Zandgebied. Het grootste deel van het studiegebied is mestoverschotgebied met een totale fosfaatproduktie groter dan 125 kg/ha  $P_2O_5$  (figuur 2). Overigens komt een klein deel van de mestoverschotgebieden ook buiten de zandgebieden voor.

#### 3.1 Gebruikte gegevens

##### 3.1.1 Fosfaatbindend vermogen

In de bodem van de mestoverschotgebieden (overwegend kalkloze zandgronden) wordt het fosfaat voornamelijk vastgelegd door amorfe en micro-kristallijne ijzer- en aluminiumoxiden. Door toepassing van lineaire regressie is een verband afgeleid tussen het fosfaatbindend vermogen en het (oxalaat-extraheerbaar) ijzer- en aluminiumgehalte van de bodem (Lexmond et al., 1982 en Schoumans et al., 1986).

Behalve het ijzer- en aluminiumgehalte is ook de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) van belang omdat deze de dikte van de fosfaatbindende laag bepaalt. De GHG is gerelateerd aan de grondwatertrap. Deze is op de bodemkaart, 1 : 50 000, aangegeven en geeft informatie over het verloop van de grondwaterstand gedurende het jaar. Sinds de opname van de bodemkaart is de GHG in sommige gebieden gewijzigd door peil-verlaging als gevolg van ruilverkavelingen of waterschapswerken waardoor actualisatie van de GHG-gegevens noodzakelijk was. Daarom zijn voor de belangrijkste grondwatertrappen nieuwe gegevens gebruikt die tijdens dit onderzoek zijn verzameld (tabel 3). In eerste instantie werd gebruik gemaakt van grondwaterstandgegevens van het Instituut voor Grondwater en Geo-energie van TNO (IGG-TNO). Daarbij bleek echter dat de GHG en de GLG (= gemiddelde laagste grondwaterstand) voor een groot deel van de buizen niet overeenstemt met de GHG/GLG van het kaartvlak van de bodemkaart waarin de buis is gelegen. Naar aanleiding hiervan werd via een steekproef voor grondwatertrap V/V\* nagegaan of de ligging van de buizen ten opzichte van het maaiveld representatief was voor het betreffende kaartvlak (Reijerink et al., i.v.). Daarbij bleek dat slechts 18 van de 100 onderzochte buizen geschikt zijn voor een betrouwbare bepaling van de GHG. De mediaanwaarde van deze buizen is gebruikt in de modelberekeningen (tabel 3). Voor

de overige grondwatertrappen zijn de IGG-TNO buizen nog niet onderzocht en zijn andere gegevens gebruikt.

*Tabel 3 Gehanteerde GHG-waarden per grondwatertrap*

Grondwatertrap	GHG (cm - mv.)	Bron <sup>1)</sup>	Vershil met vorig onderzoek (cm)
II	21	3	0
II*	39	3	0
III/III*	34	2	-6/-2
IV	34	3	0
V/V*	50	1	-17/-6
VI	62	2	-8
VII	134	3	-34
VII*	170	3	-70

- <sup>1)</sup> 1 = grondwaterstandgegevens van representatieve buizen van IGG-TNO  
 2 = Landelijke Steekproef Kaarteenheden (Visschers, mond. med.)  
 3 = Breeuwsma et al. (1990)

Voor Gt III/III\* en VI zijn de grondwaterstandgegevens gebruikt die beschikbaar kwamen via de Landelijk Steekproef Kaarteenheden (Visschers, mond. med.). Voor de overige grondwatertrappen zijn gegevens uit het eerdere onderzoek (Breeuwsma et al., 1990) gebruikt. Bij grondwatertrap VII en VII\* is echter geen maximum van 100 cm meer gehanteerd, omdat de fosfaatverzadiging bij deze grondwatertrappen geen directe invloed heeft op de kwaliteit van het oppervlaktewater, doordat er geen ondiepe grondwaterafvoer via sloten plaatsvindt.

Volgens de nieuwe gegevens is de grondwaterstand (GHG) wat lager dan in het eerdere onderzoek. De belangrijkste veranderingen worden gevonden bij grondwatertrap III en V met waarden die in de buurt zijn komen te liggen van de waarde van de droge varianten (resp. III\* en V\*). Dit hangt waarschijnlijk samen met het feit dat de gebieden met deze grondwatertrap het eerst in aanmerking zijn gekomen voor ontwateringswerkzaamheden. In de loop van het onderzoek kwam naar voren dat bij grondwatertrap IV een mediaanwaarde van 60 cm in plaats van 34 cm waarschijnlijk realistischer is. Deze waarde is echter niet meer in de berekeningen meegenomen, ondermeer omdat het hier om een kleine oppervlakte gaat.

Het fosfaatbindend vermogen tot aan de GHG is voor elke bodemeenheid en grondwatertrap van de bodemkaart, 1 : 50 000, bepaald met meetgegevens van ijzer- en aluminiumgehalten uit het Bodemkundig Informatie Systeem van het DLO-Staring Centrum. Kaart 1 geeft een beeld van de ruimtelijke spreiding. Uit de kaart blijkt dat gebieden met een laag fosfaatbindend vermogen (< 10 000 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) over relatief korte afstand worden afgewisseld met gebieden met een hoog fosfaatbindend vermogen (> 20 000 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Dit hangt samen met de ligging van natte en droge gronden die gerelateerd is aan het gedetailleerde patroon van beekdalen en dekzandruggen dat het zandgebied kenmerkt. Grote aaneengesloten gebieden met een hoog fosfaatbindend vermogen komen voor op de stuwwallen in het Oostelijk en Centraal Zandgebied. Duidelijk herkenbaar zijn de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe. Verder valt de Gelderse Vallei op doordat daar het fosfaatbindend vermogen

gemiddeld lager is dan in andere gebieden. Dit geldt in mindere mate ook voor het Noordelijke Peelgebied.

### 3.1.2 Fosfaatgehalte

Het fosfaat in de bodem van de zandgebieden is grotendeels afkomstig van mestoverschotten. Bovendien is er ook van nature een hoeveelheid fosfaat in de bodem aanwezig. Bij het berekenen van de fosfaatoverschotten worden drie perioden onderscheiden.

In de *periode vóór 1950* wordt er vanuitgegaan dat er geen fosfaatoverschot is geweest, dat wil zeggen dat de fosfaatgift gelijk is geweest aan de gewasonttrekking. Hierdoor heeft er geen fosfaatophoping in de bodem plaatsgevonden en is bij het startpunt van de berekeningen (1950) uitgegaan van natuurlijke gehalten. Uit tabel 4 blijkt dat het natuurlijk fosfaatgehalte bij de meeste gronden niet hoger is dan 3400 kg/ha  $P_2O_5$ . Gronden met een dik cultuurdek (o.a. enkeerdgronden en laarpodzolgronden) hebben hogere fosfaatgehalten, omdat daar vóór 1950 door eeuwenlange potstalbemesting wel ophoping van fosfaat is opgetreden. Afhankelijk van de GHG, varieert het fosfaatgehalte in deze gronden van 5000 tot 11300 kg/ha  $P_2O_5$ . Het is bekend dat bij het in cultuur brengen van woeste gronden (vaak podzolgronden) extra fosfaatgiften zijn gegeven, wat kan leiden tot een onderschatting van het fosfaatgehalte. Over de omvang van de extra giften en de gebieden waarin dit is gebeurd, zijn op dit moment echter niet voldoende gegevens bekend om dit in het model op te nemen.

**Tabel 4 Fosfaatgehalten (kg/ha  $P_2O_5$ ) in de bodemlaag tot aan de GHG van de belangrijkste bodemeenheden en grondwatertrappen in 1950**

Bodemeenheid	Grondwatertrap				
	III/III*	V/V*	VI	VII	VII*
Veldpodzolgrond	-	1100	1500	2700	3400
Moderpodzolgrond	-	1100	1400	2600	3200
Vlakvaag- en Duinvaaggrond	-	800	1200	2300	2800
Beekeerd- en Gooreerdgrond	1200	1500	1800	-	-
Laarpodzolgrond	-	5000	5500	6800	7500
(Zwarte) Enkeerdgrond	-	6500	8300	10600	11300

Bij het vorige onderzoek (Breeuwsma et al., 1990) werd geconstateerd dat in de modelberekeningen voor de Westelijke Veluwe het fosfaatgehalte in de bodem werd onderschat. Deze conclusie werd naderhand, zij het op indirecte wijze, bevestigd door veldonderzoek in Twente (Hack-ten Broeke et al., 1990). De onderschatting werd toegeschreven aan een te lage schatting van de gehalten bij het startpunt van de berekeningen (1970) op basis van schaarse meetgegevens. Omdat de meetgegevens van landbouwgronden weinig afweken van die van natuurterreinen rees het vermoeden



dat de effecten van de fosfaatbemesting vóór 1970 werden onderschat. Uit een literatuuronderzoek bleek dat ook voor de periode 1950-1970 nog een redelijke schatting van de fosfaatgiften in de zandgebieden kon worden gemaakt.

De hoeveelheid fosfaat die in de *periode 1950-1970* in de bodem terecht is gekomen is geschat aan de hand van literatuurgegevens van LEI-bedrijven (Hupkes en Van Riemsdijk, 1952; Kuperus, 1957 en Bogaerds, 1961). Gegevens over de gewas-onttrekking zijn afkomstig uit handboeken voor de akkerbouw van het PAGV en Koopmans (1960). Uit deze gegevens is berekend dat het fosfaatgehalte in de bodem onder bouwland en grasland tussen 1950 en 1970 met resp. ca. 875 kg/ha  $P_2O_5$  en ca. 1150 kg/ha  $P_2O_5$  is toegenomen.

Omdat de grootste hoeveelheid fosfaat *na 1970* met dierlijke mest in de bodem terecht is gekomen, is het van belang de fosfaatoverschotten in deze periode zo nauwkeurig mogelijk te schatten. Hiervoor is een gedetailleerd rekenmodel van het LEI gebruikt dat de fosfaatbelasting per bodemgebruiksvorm op bedrijfsniveau berekent. Voor gedetailleerde informatie over het model wordt verwezen naar Reijerink et al. (i.v.); hier wordt volstaan met een korte toelichting. Het model gebruikt de meitellinggegevens vanaf 1970 over de samenstelling van de veestapel en de oppervlakte landbouwgewassen. Met een toewijzingschema worden de mestsoorten op het bedrijf verdeeld over de landbouwgewassen. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen vijf bodemgebruiksvormen: maïs, gras, hakvruchten, granen en overige landbouwgewassen. Bij het vaststellen van maximale giften is uitgegaan van landbouwkundige normen. In overschotsituaties wordt een extra hoeveelheid mest afgezet op maïsland. Het eventueel resterende overschot wordt in de regio afgevoerd naar bedrijven met plaatsingsruimte of getransporteerd naar tekortgebieden. Uit privacy-overwegingen worden door het LEI geen cijfers van individuele bedrijven verstrekt. In plaats daarvan is het gemiddelde van meerdere bedrijven berekend op basis van cellen van 2,5 x 2,5 km. Omdat binnen een cel grote verschillen kunnen voorkomen, is naast de gemiddelde waarde tevens de verdeling berekend. Hierop wordt in paragraaf 4.1 teruggekomen.

Hoewel minder dan vóór 1970, is ook daarna fosfaatkunstmest gebruikt. Dit blijkt uit een inventarisatie van gegevens van bedrijven die zijn opgenomen in het boekhoudnet van het LEI (Reijerink et al., i.v.).

Het totale fosfaatoverschot dat in de periode 1950-1990 door dierlijke mest en kunstmest in de bodem terecht is gekomen, is voor maïsland ca. 4 000-10 000 kg/ha  $P_2O_5$  en voor grasland ca. 2 000-4 000 kg/ha  $P_2O_5$  (tabel 5).

Uit kaart 2 en 3 blijkt dat er grote regionale verschillen zijn. Gebieden met een hoog fosfaatoverschot (gras ca. 4 000 kg/ha  $P_2O_5$  en maïs ca. 10 000 kg/ha  $P_2O_5$ ) liggen geconcentreerd in de Gelderse Vallei, Oost-Brabant en Westelijk Noord-Limburg. Relatief lage fosfaatoverschotten (gras ca. 2000-3000 kg/ha  $P_2O_5$  en maïs ca. 4000 kg/ha  $P_2O_5$ ) komen vooral voor in West-Brabant en de Utrechtse Heuvelrug. Het Oostelijk Zandgebied en Midden-Brabant zit daartussen in.

**Tabel 5 Fosfaatoverschot (in kg/ha  $P_2O_5$ ) voor maïs- en grasland per topografisch kaartblad, schaal 1 : 50 000<sup>1)</sup>, (periode 1950-1990)**

Zandgebied	Regio	Kaartblad	Maïsland	Grasland
Oostelijk zandgebied	Twente	28 oost	6400	2700
	Achterhoek	34 west	7700	3100
Centraal zandgebied	Gelderse Vallei	32 oost	9900	3900
Zuidelijk zandgebied	West-Brabant	49 oost	4400	2300
	Midden-Brabant	50 oost	7100	3000
	Oost-Brabant	52 oost	9500	3500

<sup>1)</sup> zie aanhangsel 3

### 3.1.3 Bodemgebruik

De mate van fosfaatverzadiging van de bodem is door verschillen in fosfaatbelasting mede afhankelijk van het bodemgebruik. Verder is er ook een zeker verband tussen bodemgebruik en bodemeenheid. Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van de situatie in 1986 op basis van het LGN-bodemgebruiksbestand uit dat jaar. Aangenomen is dat de bodemgesteldheid onder gras, maïs, e.d. in andere jaren niet systematisch hiervan afwijkt. Kaart 4 en 5 geven voor maïs- en grasland een overzicht van de ruimtelijke verbreiding. Uit kaart 4 blijkt dat maïsland vooral in het Zuidelijk Zandgebied voorkomt en vrij weinig (meestal minder dan 20%) in het Centraal Zandgebied. Verder blijkt dat het maïsland sterk versnipperd ligt, in de meeste gebieden is het aandeel maïs niet hoger dan 40%. Het percentage grasland (kaart 5) is meestal hoger dan 60% en in de Gelderse Vallei vaak meer dan 80%.

Het percentage maïsland in het LGN-bestand (22%) komt nagenoeg overeen met het CBS-cijfer (tabel 6). Bij grasland is het percentage 7% hoger en bij overig bouwland 6% lager dan het CBS-cijfer.

**Tabel 6 Oppervlakte landbouwgronden (ha) en de verdeling (%) van grasland, maïsland en overig bouwland in het Oostelijk, Centraal en Zuidelijk Zandgebied**

Bron	BARS/LGN		CBS	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)
landbouwgronden	731 000	100	575 150	100
waarvan:				
maïsland	160 700	22	135 000	23
grasland	518 000	71	366 150	64
overig bouwl.	52 300	7	74 000	13

Bij het in kaart brengen van de fosfaatverzadiging zijn de landbouwgronden onderscheiden van de overige bodemgebruiksvormen (bebouwing, natuur, e.d.). Hiervoor is het BARS-bestand van de Rijks Planologische Dienst gebruikt, waarin

gebieden zijn onderscheiden die relevant zijn voor ruimtelijke planvorming zoals bebouwing, natuurgebieden en open water (kaart 6). De gebieden met landbouw zijn niet apart onderscheiden in dit bestand, maar als restpost bepaald. Het areaal bedraagt 731 000 ha (tabel 6). Het landbouwareaal dat door de CBS-statistiek wordt gegeven is 20% lager. Dit komt enerzijds doordat de CBS-gegevens niet landsdekkend zijn, maar gebaseerd op de metellingen waarin alleen het areaal landbouwgronden van bedrijven met meer dan 10 sbe (standaardbedrijfseenheden) is meegenomen en anderzijds doordat met het BARS-bestand het areaal landbouwgrond wordt overschat, doordat de oppervlakte sloten, wegen, erfpercelen, e.d. als restpost bij de landbouwgronden wordt gerekend. In aansluiting op het vorige onderzoek (Breeuwsma et al., 1990) wordt in de modelberekeningen uitgegaan van het CBS-areaal.

### 3.2 Verwerking van de gegevens

Voor de verwerking van de geografische informatie over fosfaatbindend vermogen, fosfaatbelasting en bodemgebruik is met het programmapakket ARC/INFO een geografisch informatie systeem (GIS) opgezet. Een geografisch informatiesysteem is een geautomatiseerd systeem voor het invoeren, opslaan, verwerken en presenteren van geografische gegevens. Deze gegevens hebben zowel een ruimtelijke component (ligging op het aardoppervlak) als een beschrijvende component (thematische gegevens) (Burrough, 1986).

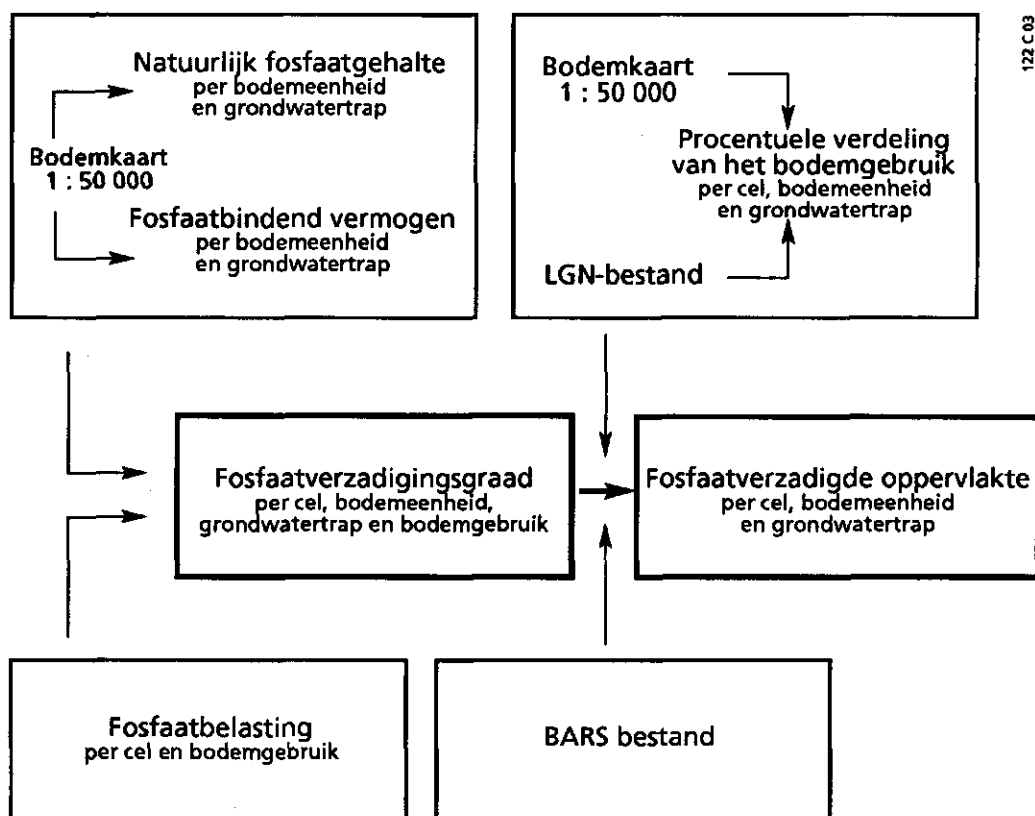
Aan de hand van figuur 3 volgt een samenvatting van de gevolgde werkwijze. De GIS-bestanden die als basismateriaal in het rekenmodel zijn gebruikt, staan vermeld in tabel 7.

*Tabel 7 GIS-bestanden als basismateriaal in het rekenmodel*

Naam	Soort gegevens	Bronhouder
Bodemkaart van Nederland Schaal 1 : 50 000	bodemeenheden en grondwatertrappen	DLO-Staring Centrum
Landelijke Grondgebruiks- databank Nederland (LGN)	landbouwgewassen, bos, woeste grond, open water, bebouwing	DLO-Staring Centrum DHV
Basis Bestand Ruimtelijke Structuren (BARS)	bebouwing, bos, woeste grond, open water	Rijks Planologische Dienst

Het *fosfaatbindend vermogen* en het *natuurlijk fosfaatgehalte* van de bodem zijn in kaart gebracht met de Bodemkaart, 1 : 50 000 (Steur en Heijink, 1987). De begrenzing van de kaartvlakken wordt bepaald door bodemeenheden en grondwatertrap (Gt). Geografische informatie over de *fosfaatbelasting* is voor gridcellen van 2,5 x 2,5 km per bodemgebruiksvorm beschikbaar. Voor het berekenen van de *fosfaatverzadigingsgraad* zijn de bodemkaart en de gridcellenkaart over elkaar heen gelegd. De deelgebieden die daarbij ontstaan, worden begrensd door cel-, bodem-, grondwatertrapgrenzen. De fosfaatverzadigingsgraad is per deelgebied en per

bodemgebruiksvorm berekend (aanhangsel 2). De *fosfaatverzadigde oppervlakte* per deelgebied is berekend door de oppervlakten van de bodemgebruiksvormen met een fosfaatverzadigingsgraad groter dan 25% te sommeren (aanhangsel 2).



**Figuur 3** Schema van het rekenmodel

Daartoe is de procentuele oppervlakteverdeling van het *bodemgebruik* per deelgebied via een overlay van de bodemkaart en de LGN-bodemgebruiksk kaart vastgesteld. Het bodemgebruik betreft een opname via satelliet-beelden in 1986. Voor de andere jaren is dezelfde verdeling aangehouden hoewel bekend is dat de laatste jaren meer maïs op nattere gronden wordt verbouwd. In die gevallen wordt de fosfaatverzadiging van maïsland onderschat, doordat het fosfaatbindend vermogen van de bodem in werkelijkheid lager is. Er was echter onvoldoende informatie om dit in het model op te nemen.

Om de landbouwgebieden te onderscheiden van de overige vormen van bodemgebruik (bebouwing, natuurgebieden, enz.) is het BARS-bestand gebruikt (zie ook par. 3.1.3). Hiervoor had eveneens het LGN-bestand gebruikt kunnen worden. Maar de overlay met de bodemkaart die hiervoor nodig was, bleek door de zeer gedetailleerde informatie in het LGN-bestand (pixels van 25 x 25 m), te resulteren in zeer veel

polygonen: ca. 40 000 polygonen per topografisch kaartblad (50 000 ha). Met het BARS-bestand, dat minder gedetailleerde informatie bevat, kon het aantal polygonen met een factor 10 worden gereduceerd.

### 3.3 Verschillen met vorige berekeningen

Het principe van de werkwijze is sinds het vorige onderzoek niet gewijzigd. De verschillen met vorig onderzoek hebben vooral betrekking op het feit dat meer gedetailleerde bemestingsgegevens en actuele grondwatergegevens zijn gebruikt. Hierdoor kon de fosfaatverzadiging meer gedetailleerd en nauwkeuriger in kaart worden gebracht. Hier worden de verschillen met de berekeningen uit het vorige onderzoek (Breeuwsma et al., 1990) samengevat.

Het ruimtelijk detail waarmee de fosfaatbelasting is bepaald, is verbeterd. De fosfaatbelasting is, in plaats van per landbouwgebied, nu per cel van 2,5x2,5 km berekend. De berekeningen zijn uitgevoerd door het LEI met een mestmodel op bedrijfsniveau. Door de berekeningen op bedrijfsniveau uit te voeren, kon het gebruik van dierlijke mest op de individuele bedrijfssituatie worden afgestemd, met name op het punt van het gebruik van mestsoorten in relatie tot het bodemgebruik. Bij de aggregatie van de bedrijfsgegevens naar celniveau is behalve de gemiddelde fosfaatbelasting ook de verdeling berekend. Hierdoor kon inzicht worden verkregen in de betrouwbaarheid van de resultaten.

De methode voor de berekening van het fosfaatgehalte in de bodem is gewijzigd, omdat uit veldonderzoek is gebleken dat de berekende gehalten en/of verzadigingsgraden te laag uitkwamen. Met literatuurgegevens werd een nauwkeuriger schatting gemaakt van het fosfaatgehalte in de bodem vóór 1970.

Het aantal onderscheiden groepen van bodemeenheden voor de bepaling van het fosfaatbindend vermogen is verder uitgebreid. Het betreft hier bodemeenheden waarvan de oppervlakte in relatie tot het totale areaal gering is, maar die plaatselijke wel een belangrijk aandeel kunnen vormen.

De informatie over de grondwaterstand is zoveel mogelijk geactualiseerd. Daarbij is gebruik gemaakt van grondwaterstandgegevens van IGG-TNO en de uitkomsten van de Landelijke Steekproef Kaarteenheden die momenteel door het DLO-Staring Centrum wordt uitgevoerd (Visschers, mond. med.).

Tenslotte zijn ook voor het bodemgebruik de meest recente en gedetailleerde gegevens gebruikt die op dit moment beschikbaar zijn. In plaats van de topografische kaart is nu een (digitale) bodemgebruikkaart gehanteerd die beschikbaar is gekomen via satellietopnamen (Landsat).

#### 4 OPPERVLAKTE, LIGGING EN VERZADIGINGSGRAAD VAN DE FOSFAATVERZADIGDE GRONDEN

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek toegelicht. Eerst wordt ingegaan op het totale areaal fosfaatverzadigde landbouwgronden en het niveau van de fosfaatverzadiging (par. 4.1). Daarna wordt met cellenkaarten de ligging van de fosfaatverzadigde gronden aangegeven (par. 4.2).

Bij het berekenen en in kaart brengen van de fosfaatverzadigde gronden zijn *fosfaatverzadigingscurven* uit de modeluitkomsten afgeleid. Deze geven de fosfaatverzadigde oppervlakte als functie van de verzadigingsgraad. De berekening van deze curven wordt hier kort toegelicht.

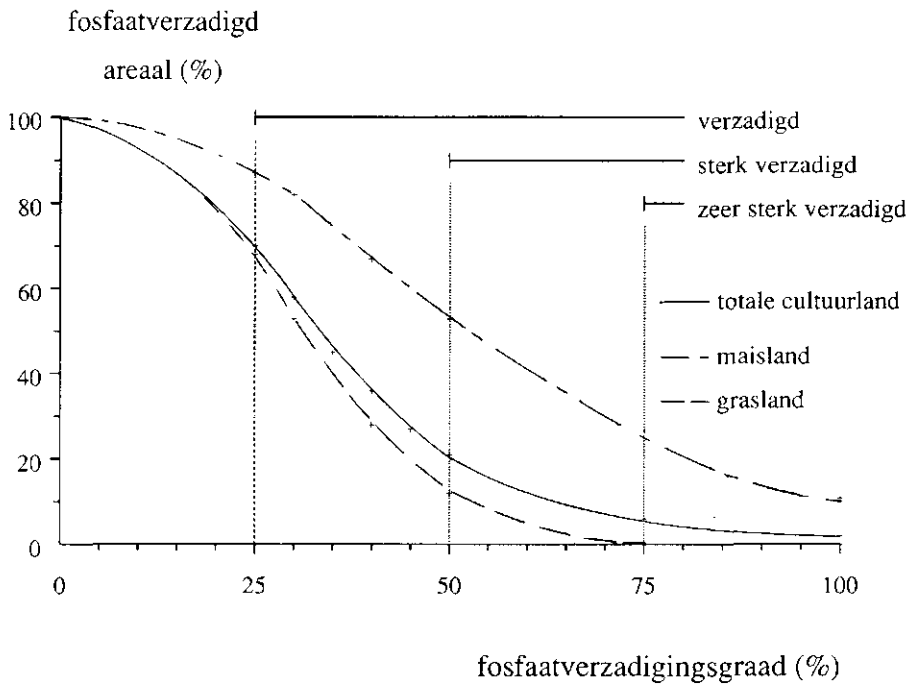
Zoals in hoofdstuk 3 is aangegeven, levert het rekenmodel per deelgebied en per bodemgebruiksvorm de fosfaatverzadigingsgraad en de bijbehorende oppervlakte. De deelgebieden worden begrensd door cel- en/of bodem- en grondwatertrapgrenzen. Met de uitkomsten op deelgebiedniveau is voor het totale zandgebied de fosfaatverzadigingscurve berekend door bij een aantal waarden van de fosfaatverzadigingsgraad de fosfaatverzadigde oppervlakten te sommeren. Dit zijn de oppervlakten van de combinaties van bodem en bodemgebruiksvormen waar de betreffende waarde van de fosfaatverzadigingsgraad wordt overschreden. Behalve voor het totale zandgebied, is de verzadigingscurve ook voor iedere cel apart berekend en gebruikt bij het in kaart brengen van de fosfaatverzadiging. Dit wordt in paragraaf 4.2 verder toegelicht.

##### 4.1 Oppervlakte fosfaatverzadigde gronden

###### *Totale areaal verzadigde landbouwgrond*

Figuur 4 geeft de fosfaatverzadigingscurve van het totale zandgebied in de onderzochte provincies. Hierbij is zowel de curve van het totale landbouwareaal gegeven als de curven voor maïs- en grasland apart. Tabel 8 geeft de verzadigde arealen bij fosfaatverzadigingsgraden van 25, 50 en 75%. Bij de waarde van 25% die in het protocol wordt gehanteerd, blijkt dat 403 000 ha van de 575 150 ha landbouwgronden in 1990 fosfaatverzadigd is. Dit komt overeen met ca. 70%. Een groot deel van het fosfaatverzadigde areaal is veel sterker verzadigd dan 25%: 21% van het landbouwareaal heeft een fosfaatverzadigingsgraad groter dan 50% en 6% is zelfs meer dan 75% verzadigd. Het areaal van ruim 400 000 ha ligt ongeveer 100 000 ha hoger dan bij de vorige schatting werd gevonden (290 000 ha, Breeuwsma et al., 1990). Een belangrijke reden hiervoor is waarschijnlijk te vinden in de schatting van het fosfaatgehalte van de bodem in 1970. Op grond van veld- en literatuuronderzoek (Hack-ten Broeke et al., 1990 en Reijerink et al., i.v.) wordt nu met een hoger gehalte gerekend. Het effect hiervan wordt slechts voor een deel gecompenseerd door de lagere grondwaterstanden die nu zijn gehanteerd. Bovendien kunnen ook de gewijzigde methodiek en het gedetailleerdere niveau (cellen van

2,5 x 2,5 km in plaats van landbouwgebieden) waarop de fosfaatbelasting na 1970 is berekend, invloed hebben gehad.



**Figuur 4** Het percentage landbouwgrond, resp. gras- of maïsland, dat een bepaalde fosfaatverzadigingsgraad overschrijdt ("fosfaatverzadigingscurve")

**Tabel 8** Arealen en percentages landbouwgrond waarbij een verzadigingsgraad van 25, 50 en 75% wordt overschreden

Bodemgebruik	Landbouw areaal (ha)	Fosfaatverzadigingsgraad					
		fvg > 25%		fvg > 50%		fvg > 75%	
		verzadigd (ha)	(%)	sterk verzadigd (ha)	(%)	zeer sterk verzadigd (ha)	(%)
<b>Totaal</b>	575 150	403 000	70	122 000	21	35 000	6
<b>Maïsland</b>	135 000	119 000	88	69 000	51	35 000	26
<b>Grasland</b>	366 150	253 000	69	44 000	12	0	0
<b>Overig bouwland</b>	74 000	31 000	42	9 000	12	0	0

De sterkste verzadiging komt bij maïsland voor: 51% is sterk verzadigd en 26% is zeer sterk verzadigd. Bij grasland is de verzadiging minder: 12% is sterk verzadigd en 0% is zeer sterk verzadigd. Het verschil tussen de verzadigingstoestand van gras-

en maïsland wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de verschillen in belasting. Dit wordt slechts deels gecompenseerd doordat het fosfaatbindend vermogen van de bodem bij maïsland doorgaans hoger is dan bij grasland, omdat maïsland meer voorkomt op gronden met een diepe grondwaterstand. Bouwland is minder verzadigd dan maïs- en grasland: 42% van het areaal is fosfaatverzadigd en resp. 12% en 0% sterk en zeer sterk verzadigd. De schattingsfout kan hierbij aanzienlijk zijn, omdat het bouwland-areaal klein is. Dit komt vooral doordat in het verleden een groot deel is omgezet in maïsland. Bovendien wijkt het areaal uit het LGN-bestand waarmee het fosfaatverzadigd areaal is berekend, sterk af van het CBS-areaal. Hoewel het verzadigd areaal is teruggerekend naar het CBS-areaal (tabel 6), kan de schattingsfout toch groot zijn.

#### *Betrouwbaarheid van de resultaten*

De betrouwbaarheid van de resultaten wordt bepaald door de nauwkeurigheid van de invoergegevens en de geldigheid van de modelaannamen. Om in dit verband een indruk te krijgen van de onzekerheid in het fosfaatverzadigd areaal dat met de standaardmethode is berekend, zijn drie modelvarianten doorgerekend. In de eerste variant zijn hogere (10 cm) en lagere (10-20 cm) GHG-waarden doorgerekend omdat, zoals uit hoofdstuk 3 is gebleken, bij het verzamelen van actuele gegevens de nauwkeurigheid van de GHG-schatting nogal te wensen overlaat. Verder is een variant doorgerekend waarbij rekening is gehouden met de spreiding in het fosfaatbindend vermogen en de fosfaatbelasting. Bij de fosfaatbelasting, waarvan de gemiddelde waarde per cel is berekend, is de spreiding gerelateerd aan verschillen in bemestingsniveau tussen bedrijven. Bij het fosfaatbindend vermogen hangt de spreiding samen met de ruimtelijke variabiliteit van de ijzer- en aluminiumgehalten per bodemeenheid. Bij gebrek aan voldoende gegevens, is de spreiding niet standaard in het rekenmodel meegenomen. Wel is voor beide grootheden een verdeling afgeleid zodat een indruk kan worden gekregen van het effect op de modeluitkomsten (Reijerink et al., i.v.). De derde variant heeft betrekking op de afwisseling van gras en maïs op hetzelfde perceel. Deze wisseling heeft tot gevolg dat op een perceel zowel hoge fosfaatgiften (van maïsland) als lage fosfaatgiften (van grasland) kunnen zijn gegeven. Dit is niet in de standaardmethode meegenomen omdat informatie op perceelsniveau ontbreekt. Door de afwisseling van gras- en maïsland is het verschil in fosfaatoverschot in werkelijkheid kleiner dan met de standaardmethode wordt berekend. Om een indruk te krijgen van de maximale fout die hierdoor kan ontstaan, is in deze variant per cel met gelijke fosfaatgiften gerekend.

De resultaten van de drie varianten zijn vermeld in tabel 9. Hieruit blijkt dat de onzekerheid in de grondwaterstand (variant 1) weinig effect heeft op het areaal fosfaatverzadigde gronden. De afwijking is 6-13% en de variatie in het areaal is 350 000 tot 430 000 ha. De schatting van het areaal (zeer) sterk verzadigde gronden wordt wel sterk beïnvloed. De schattingsfout bedraagt hier vermoedelijk enkele tientallen procenten.

Door rekening te houden met de spreiding in het fosfaatbindend vermogen en de fosfaatbelasting wordt het areaal ca. 13% lager (ca. 350 000 ha). Bij zeer sterke verzadiging wordt het areaal juist hoger geschat en is, evenals bij variant 1, het



verschil met de standaardmethode groter (50%). Bij het areaal sterk verzadigde gronden wordt er geen verschil met de standaardmethode gevonden.

Bij de variant met gelijke fosfaatgiften voor gras- en maïsland ontvangt grasland meer en maïsland minder fosfaat dan in de standaardmethode. Daardoor neemt de fosfaatverzadiging bij grasland toe (de verzadigingscurve verschuift naar rechts) en bij maïsland af (de verzadigingscurve komt meer naar links te liggen). Uit tabel 9 blijkt dat, behalve bij een verzadigingswaarde van 75%, het netto-effect een toename van het fosfaatverzadigd areaal is. De grootste verschillen met de standaardmethode komen voor bij sterke en zeer sterke verzadiging (resp. 14% en 50%). Bij een verzadigingswaarde van 25% is er nauwelijks verschil (3%). De toename van het fosfaatverzadigd areaal wordt veroorzaakt doordat het grotere areaal verzadigd grasland slechts voor een deel wordt gecompenseerd door het kleinere areaal verzadigd maïsland. Bij een verzadigingswaarde groter dan 75% is er wel een afname van het fosfaatverzadigd areaal. Maar dit sluit niet uit dat er ook bij graslandpercelen zeer sterke fosfaatverzadiging kan voorkomen. Dit hangt af van de frequentie waarmee grasland in het verleden is afgewisseld met maïsland.

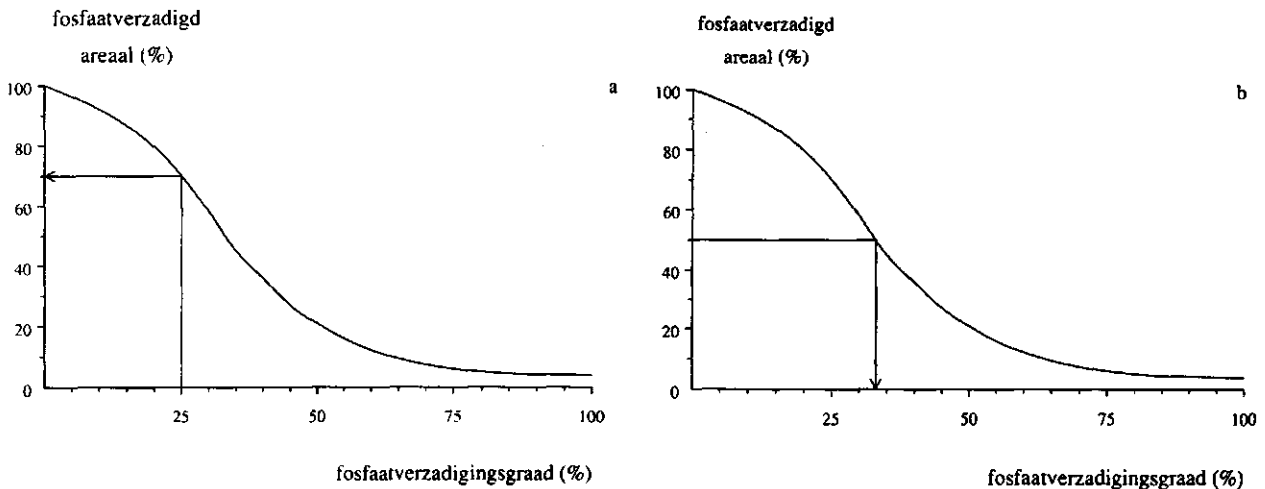
**Tabel 9** *Procentuele verschillen in het fosfaatverzadigd areaal ten opzichte van de standaardmethode voor drie berekeningsvarianten*

Variant	Fosfaatverzadigingsgraad (%)		
	25	50	75
<b>1 Andere GHG-waarden:</b>			
+10 cm	+6	+52	+67
-10 cm	-7	-33	-25
-20 cm	-13	-47	-50
<b>2 Verdeling rond de gemiddelde fosfaatverzadigingsgraad</b>	-13	0	+50
<b>3 Gelijke fosfaatbelasting voor gras- en maïsland</b>	+3	+14	-50

#### 4.2 Ligging van de fosfaatverzadigde gronden

Doordat de fosfaatverzadiging is berekend op basis van de deelgebieden met een kleine oppervlakte die meestal niet groter is dan enkele tientallen hectares, kan de fosfaatverzadigingstoestand zeer gedetailleerd in beeld worden gebracht. Dit heeft echter als nadeel dat daarmee een schijnnaauwkeurigheid wordt geïntroduceerd, omdat in tegenstelling tot het fosfaatbindend vermogen, de fosfaatbelasting voor een bepaalde vorm van bodemgebruik binnen een cel niet is gedifferentieerd. Daarom is besloten om de fosfaatverzadiging door middel van cellenkaarten in beeld te brengen. Hiervoor zijn de uitkomsten (fosfaatverzadigingsgraad en oppervlakte per bodemgebruiksvorm) van de deelgebieden geaggregeerd en is voor elke cel de fosfaatverzadigingscurve berekend.

De fosfaatverzadiging op celniveau is op twee manieren met de fosfaatverzadigingscurve in kaart gebracht. In de eerste plaats is de *fosfaatverzadigde oppervlakte* per cel in beeld gebracht door het oppervlakpercentage bij een fosfaat-verzadigingsgraad van 25% van de fosfaatverzadigingscurve af te leiden (figuur 5a). Ten tweede is met de *fosfaatverzadigingsgraad* het niveau van de verzadiging per cel bepaald. Deze is bij een oppervlaktepercentage van 50% vastgesteld (figuur 5b).

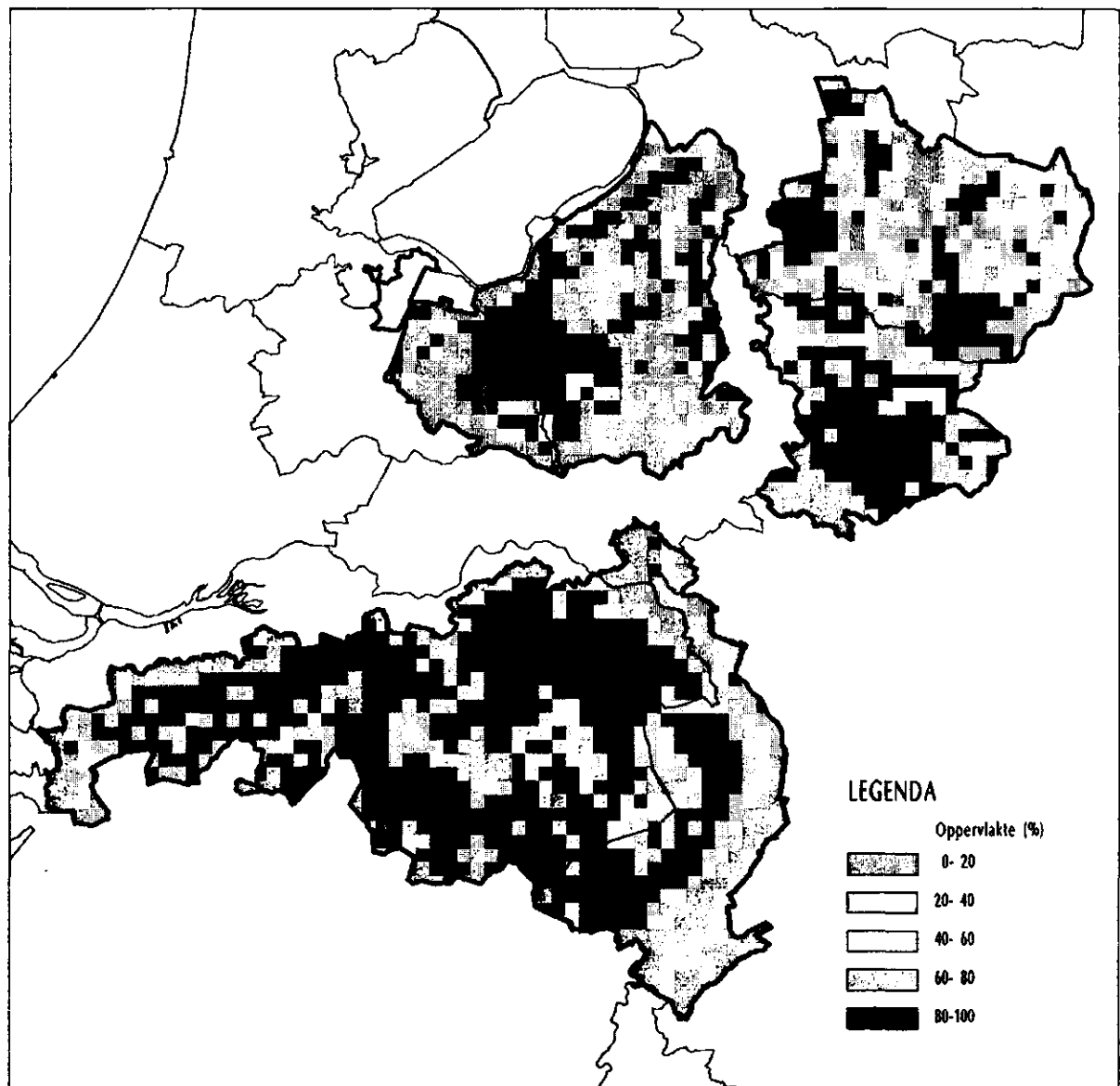


**Figuur 5 Bepaling van de fosfaatverzadigde oppervlakte (a) en de fosfaatverzadigingsgraad (b) met de fosfaatverzadigingscurve**

Figuur 6 geeft per cel van 2,5 km x 2,5 km de *fosfaatverzadigde oppervlakte* in procenten van het landbouwareaal. Het grootste deel van het fosfaatverzadigde areaal (403 000 ha) ligt in de Achterhoek, Gelderse Vallei, Noord-Brabant en Noordelijk West-Limburg. In deze gebieden is meestal meer dan 80% van het landbouwareaal fosfaatverzadigd. In Salland en Twente komen minder fosfaatverzadigde gronden voor zoals blijkt uit het relatief grote aantal cellen met een oppervlaktepercentage van 20-60% verzadigde gronden. Weinig verzadigde cellen (met een oppervlaktepercentage minder dan 20%) komen o.a. voor langs de Maas en Oude IJssel en ten noorden van Vriezenveen (Overijssel). Hier wordt de verzadigde oppervlakte mede bepaald door klei- en veengronden die in dit onderzoek als niet-verzadigd zijn aangemerkt.

Daarnaast komen ook niet-verzadigde cellen voor die volledig uit natuurgebied (o.a. Veluwe en Grote Peel) of stedelijke bebouwing (bijv. Eindhoven en Tilburg) bestaan.

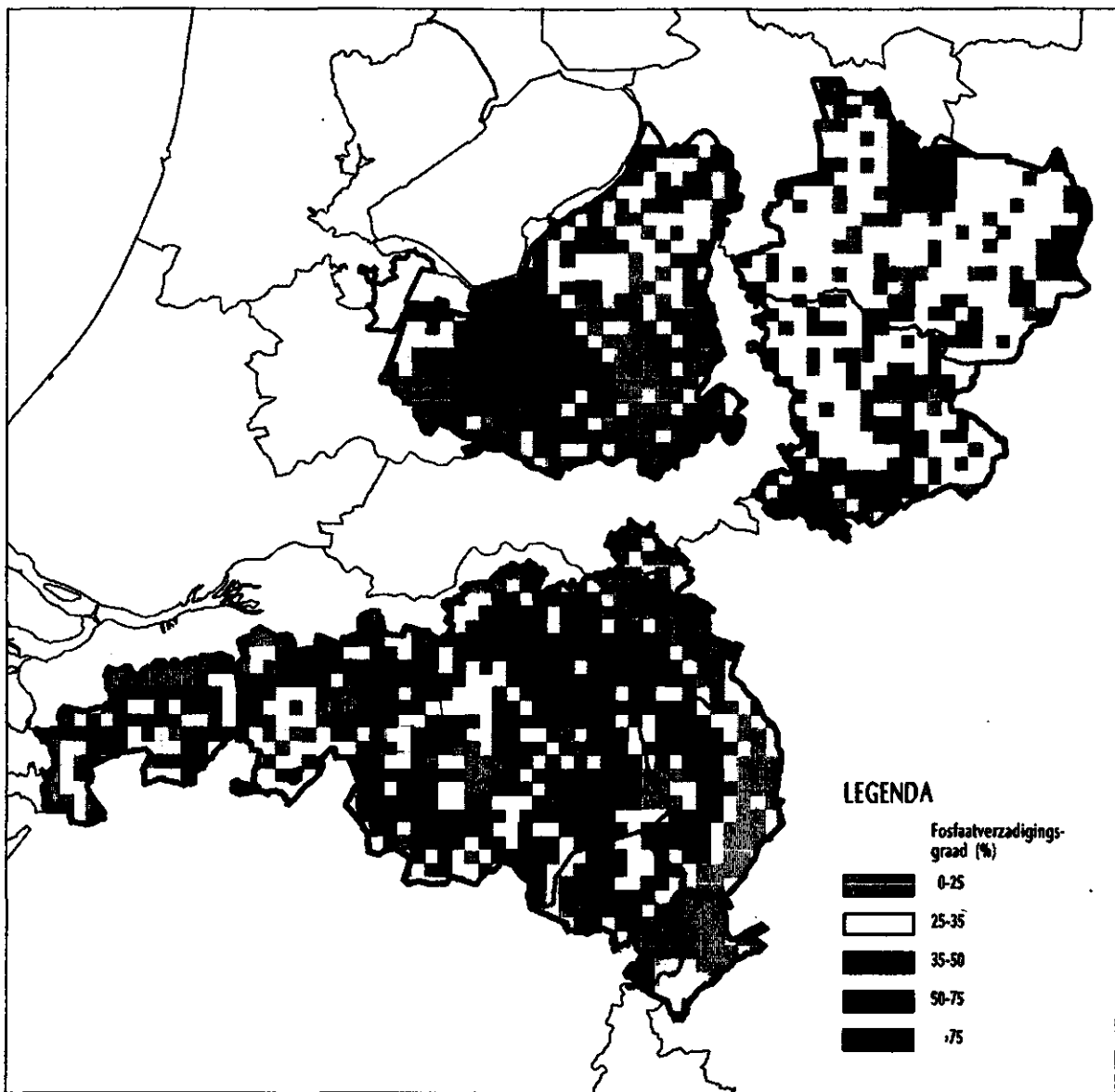
Figuur 7 geeft met de *fosfaatverzadigingsgraad* per cel een ruimtelijk beeld van het niveau van verzadiging. Hierbij is de mediaanwaarde gegeven, dat wil zeggen de fosfaatverzadigingsgraad bij een oppervlaktepercentage van 50%. Dit betekent dat de helft van het landbouwareaal een lagere fosfaatverzadigingsgraad heeft dan de weer-gegeven mediaanwaarde en de andere helft een hogere waarde. Uit de figuur blijkt dat de sterk verzadigde gronden (21% van het landbouwareaal) vooral in de Gelderse Vallei, Midden- en Oost-Brabant en Westelijk Noord-Limburg voorkomen.



**Figuur 6** Oppervlakte fosfaatverzadigde landbouwgronden per cel van 2,5 km x 2,5 km (fosfaatverzadigingsgraad > 25%)

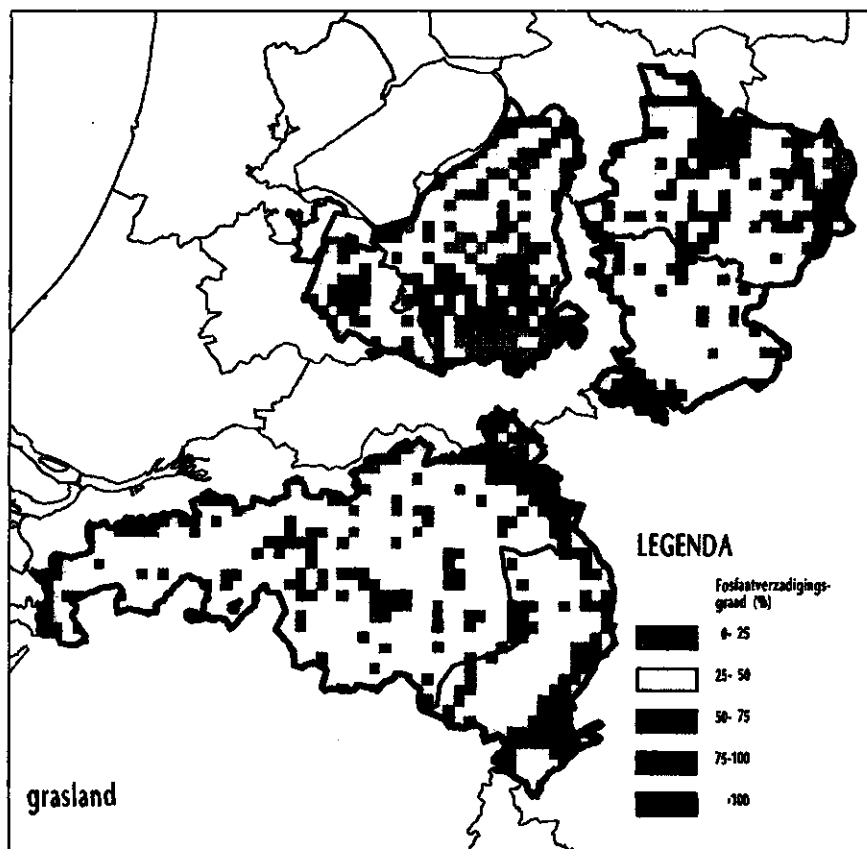
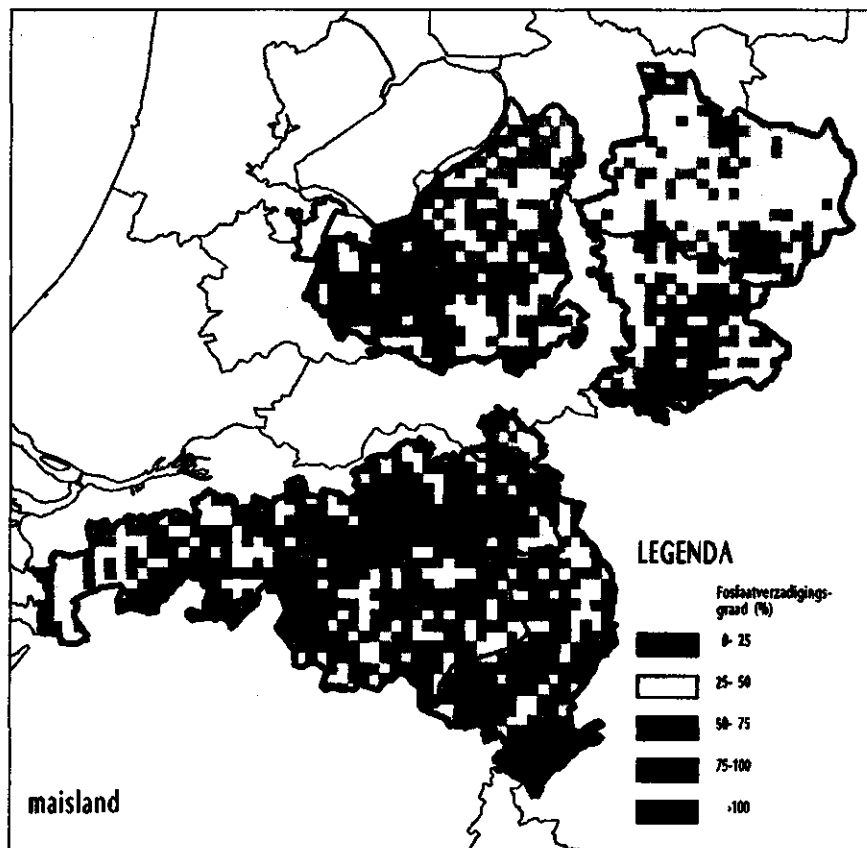
In het overige deel van het zandgebied is de fosfaatverzadigingsgraad meestal 25-50%, behalve in Salland en Twente waar de fosfaatverzadigingsgraad van de meeste gronden lager is dan 35%.

In figuur 8 zijn de verzadigingskaarten van maïs- en grasland apart gegeven. Het verschil in verzadigingsniveau tussen komt hierbij duidelijk naar voren. De bovengenoemde regionale verschillen in fosfaatverzadiging komen zowel bij maïsland als bij grasland voor. Het niveau van de verzadiging neemt af in de volgorde Gelderse Vallei, Midden- en Oost-Brabant en Noordelijk West-Limburg, de Achterhoek, en Salland en Twente. In de Gelderse Vallei, Oost Brabant en Noordelijk West-Limburg komen bij maïsland zelfs enkele cellen voor waarin meer dan de helft van het areaal

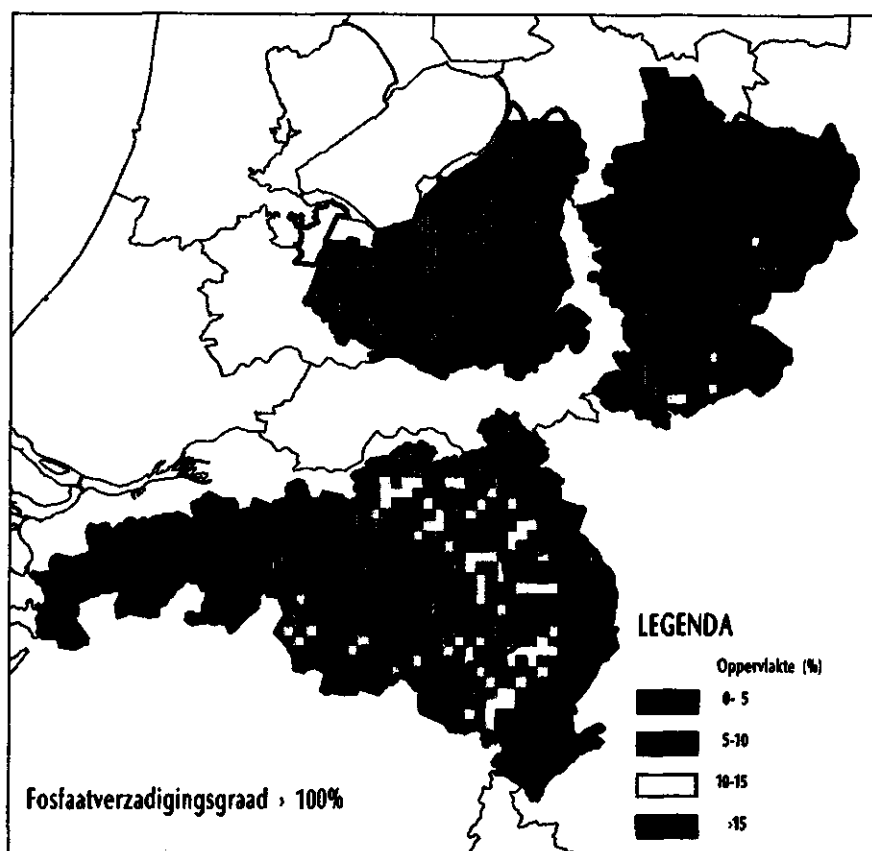
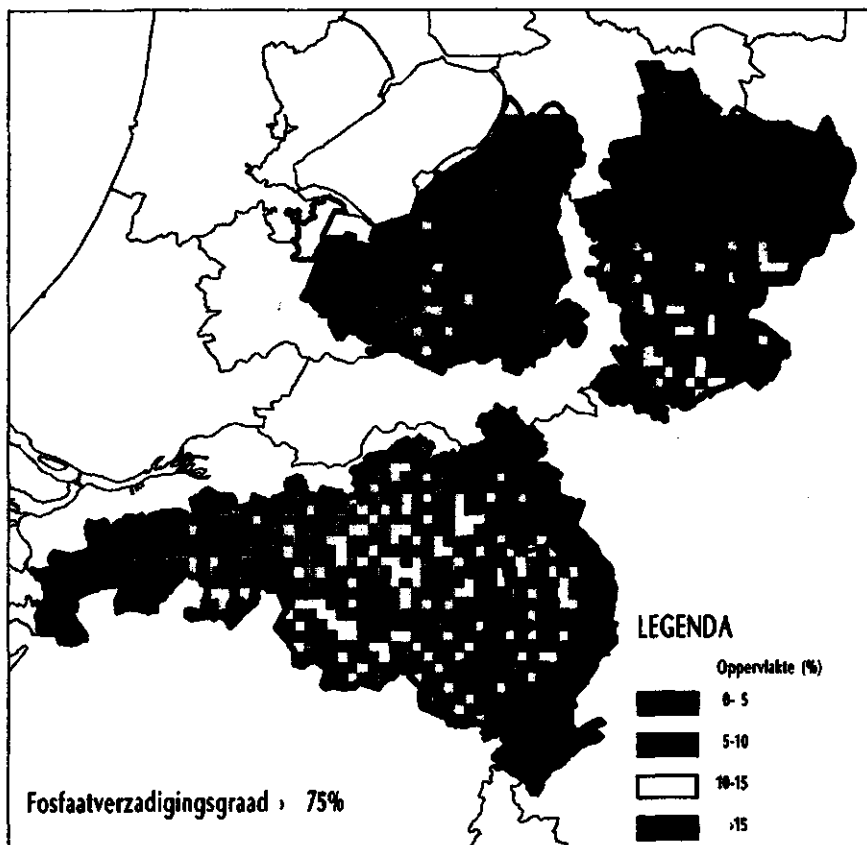


**Figuur 7 Fosfaatverzadigingsgraad (mediaanwaarde) van de landbouwgronden per cel van 2,5 km x 2,5 km**

een fosfaatverzadigingsgraad van meer dan 100% heeft. Dit komt doordat daar een hoog fosfaatoverschot samengaat met een laag fosfaatbindend vermogen van de bodem. Hier is sprake van oververzadiging waarbij behalve fosfaat dat aan aluminium en ijzer is gebonden tevens nog niet opgelost fosfaat (uit dierlijke mest) aanwezig is. Sterk verzadigde maïslandgronden komen in het hele zandgebied voor, maar in mindere mate in Salland en Twente. In de Gelderse Vallei is het beeld wat vertekend omdat daar weinig maïsland voorkomt (zie kaart 4). Sterk verzadigd grasland komt vooral in de Gelderse Vallei en Midden- en Oost-Brabant voor. Dit hangt vooral samen met de hoge fosfaatgiften, terwijl in de Gelderse Vallei ook het lage fosfaatbindend vermogen van de bodem een rol speelt. In Salland en Twente en de Achterhoek is het grasland in het algemeen niet sterk verzadigd.



**Figuur 8** Fosfaatverzadigingsgraad (mediaanwaarde) van maïsland en grasland per cel van 2,5 km x 2,5 km



**Figuur 9** Oppervlakte zeer sterk verzadigde gronden (fosfaatverzadigingsgraad >75%), respectievelijk oververzadigde gronden (fosfaatverzadigingsgraad > 100%) per cel van 2,5 km x 2,5 km

Zoals in paragraaf 4.1 is toegelicht, kunnen de verschillen in verzadigingsniveau in werkelijkheid kleiner zijn omdat geen rekening is gehouden met de afwisseling tussen gras- en maïsland op hetzelfde perceel.

Bij vergelijking van figuur 8 met kaart 2 en 3 blijkt dat de verschillen in het niveau van fosfaatverzadiging op celniveau vooral gerelateerd zijn aan de fosfaatoverschotten. De invloed van het fosfaatbindend vermogen van de bodem is op dit niveau vaak minder duidelijk. Dit komt doordat het fosfaatbindend vermogen niet gerelateerd is aan cellen maar aan bodemeenheid en grondwatertrap. De verschillen in fosfaatbindend vermogen tussen cellen zijn meestal kleiner (zie kaart 1).

Figuur 9 geeft een meer gedetailleerd beeld van de ligging van de zeer sterk verzadigde en oververzadigde landbouwgronden (samen 35 000 ha). Zoals uit figuur 8 blijkt, gaat het hier vooral om maïsland. Hoewel de zeer sterk verzadigde en oververzadigde gronden in het hele zandgebied voorkomen, liggen de grootste concentraties (oppervlakte-percentages >15%) in Oost-Brabant en Westelijk Noord-Limburg (de Peel). Dit komt doordat daar hoge fosfaatoverschotten samengaan met hoge percentages maïsland. In de Gelderse Vallei en het Oostelijk Zandgebied komen weinig zeer sterk verzadigde of oververzadigde gronden voor omdat er minder maïsland voorkomt (Gelderse Vallei) of lage fosfaatoverschotten (Oostelijk Zandgebied).

## 5 GEVOLGEN VAN DE FOSFAATVERZADIGING VOOR DE UITSPOELING

Gezien de grote omvang van het areaal fosfaatverzadigde gronden is preventief beleid waarbij verzadiging wordt voorkomen nauwelijks meer mogelijk. In plaats daarvan is nu de vraag actueel hoe de verhoogde fosfaatuspoeling verloopt of gaat verlopen en hoe hierin kan en moet worden ingegrepen. In een sterk verzadigd gebied als de Gelderse Vallei is de fosfaatuspoeling nu reeds sterk verhoogd (Breeuwsma et al., 1989). Het totaal-fosfaatgehalte in het oppervlaktewater van de Schuitenbeek tussen Putten en Nijkerk bedraagt gemiddeld op jaarbasis ongeveer 1 mg/l P. Ongeveer 80% hiervan is afkomstig uit de landbouw. Soortgelijke situaties zijn op grond van dit onderzoek ook te verwachten in gebieden als Oost- en Midden-Brabant en Noord-Limburg (de Peel). In andere, minder sterk verzadigde gebieden is de huidige uitspoeling waarschijnlijk minder. In beide gevallen is een verdere toename van de uitspoeling niet uit te sluiten, of zelfs te verwachten (Kroes et al., 1990).

Bij vergelijkbare grondwaterstanden is de verzadigingsgraad doorslaggevend voor de uitspoeling naar het *grondwater*. Deze uitspoeling kan op zeer globale wijze worden geschat via het model dat ten grondslag ligt aan het protocol fosfaatverzadigde gronden (Van der Zee et al., 1990). Zoals in hoofdstuk 2 is toegelicht, kan met dit model een verband worden gelegd tussen de fosfaatverzadigingsgraad en de maximale fosfaatconcentratie ter hoogte van de GHG (zie figuur 1). Voor een schatting van de fosfaatvrachten naar het grondwater in de fosfaatverzadigde gebieden is uitgegaan van de fosfaatverzadigingscurve van het totale zandgebied. Hier gaat het om een hypothetische benadering, omdat er vanuit wordt gegaan dat overal de maximale fosfaatconcentratie op GHG-niveau op hetzelfde tijdstip wordt bereikt. In werkelijkheid zal dit niet het geval zijn, omdat dit wordt bepaald door de diepte waarop het fosfaatfront zich bevindt, wat afhankelijk is van de bemestingsgeschiedenis. Met name bij gronden waar gedurende lange tijd een overschot aan fosfaat op de bodem terecht is gekomen, is het fosfaatfront verder in de bodem doorgedrongen en worden eerder verhoogde fosfaatconcentraties in het grondwater aangetroffen.

Uit tabel 10 blijkt dat in de sterkst verzadigde gronden de grootste hoeveelheid fosfaat uitspoelt naar het grondwater (76%), terwijl het aandeel in de totale verzadigde oppervlakte relatief klein is (9%). Samen met de sterk verzadigde gronden veroorzaken ze 90% van de grondwaterbelasting.

De gevolgen van fosfaatverzadiging voor de kwaliteit van het *oppervlaktewater* kunnen niet op deze wijze worden geschat, omdat behalve het niveau van verzadiging, ook de hydrologie van belang is. Deze bepaalt namelijk langs welke weg het grondwater naar het oppervlaktewater wordt afgevoerd. De grondwaterafvoer kan globaal worden onderverdeeld in drie drainagesystemen, waarvan de diepte van het afvoerend pakket toeneemt in de volgorde greppel, sloot en kanaal. De diepte van het afvoerend pakket is van belang bij het transport van fosfaat richting oppervlaktewater. Bij droge gronden (Gt VII en VII\*) komen geen greppels en sloten voor, zodat grondwaterafvoer via het diepe afvoerend pakket plaatsvindt. Door de



lange weg die het grondwater aflegt voordat het oppervlaktewater wordt bereikt, is de kans groot dat alle fosfaat onderweg wordt vastgelegd. Bij natte gronden is de situatie minder gunstig omdat daar door de ondiepe grondwaterafvoer een deel van het gebonden fosfaat na desorptie vrij snel in het oppervlaktewater terecht komt.

*Tabel 10 Fosfaatvracht naar het grondwater in fosfaatverzadigde gebieden<sup>1)</sup>*

Fosfaat- verzadigings- graad	Oppervlakte		Fosfaatconcentratie (%)	Fosfaatvracht (ortho-fosfaat)	
	(ha)	(%)	op GHG-niveau (mg ortho-P)	(ton)	(%)
25-50	281 000	70	0,1 - 0,3	78	10
50-75	87 000	21	0,3 - 0,9	133	14
>75	35 000	9	0,9 - 10	596	76
	403 000	100		780	100

<sup>1)</sup> Aanname: Indien de doorbraak overal op hetzelfde tijdstip plaats zou vinden

Uit het voorgaande kan worden geconcludeerd dat de kans op sterk verhoogde fosfaatuitspoeling naar het oppervlaktewater eveneens groot is. Dit geldt vooral bij natte gronden in perioden met hoge grondwaterstand. Om een nauwkeurig beeld van de fosfaatuitspoeling op regionaal niveau te krijgen en de invloed van beleidsmaatregelen te bepalen, zijn aanvullende modelberekeningen noodzakelijk op het gebied van fosfaathuishouding en hydrologie.

## 6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### *Conclusies*

- 1 De meer gedetailleerde methode die in het onderzoek is toegepast om de fosfaatverzadiging in mestoverschotgebieden in kaart te brengen, bevestigt de conclusie uit eerder onderzoek dat de landbouwgronden in deze gebieden voor een belangrijk deel fosfaatverzadigd zijn. Het fosfaatverzadigd areaal wordt nu geschat op ca. 400 000 ha (70% van de landbouwgronden).
- 2 Bij de verzadigde gronden is een onderscheid gemaakt naar het niveau van verzadiging. 21% (ca. 120 000 ha) van de landbouwgronden blijkt sterk verzadigd te zijn (met een verzadigingsgraad groter dan 50%) en 6% (35 000 ha) zeer sterk verzadigd (verzadigingsgraad groter dan 75%). Laatstgenoemde gronden komen alleen onder maïsland voor.
- 3 Uit berekeningsvarianten blijkt dat de onzekerheid in de schatting van het areaal fosfaatverzadigde gronden in de orde van 10% ligt. De onzekerheid in de arealen sterk en zeer sterk verzadigde gronden is aanzienlijk groter en bedraagt ongeveer 50%. De onzekerheid wordt vooral bepaald doordat de grondwaterstanden niet nauwkeurig bekend zijn. Bovendien is de afwisseling van gras en maïs op perceelsniveau, waardoor ook bij grasland zeer sterk verzadigde gronden kunnen voorkomen, een bron van onzekerheid.
- 4 Fosfaatverzadigde landbouwgronden komen vrijwel overal voor. In Salland en Twente (provincie Overijssel) is de bodem minder verzadigd dan in de overige gebieden. De sterk verzadigde gronden liggen vooral in de Gelderse Vallei, Oost- en Midden-Brabant en Westelijk Noord-Limburg. Zeer sterk verzadigde gronden worden vooral in Oost-Brabant en Westelijk Noord-Limburg (de Peel) aangetroffen.
- 5 De zeer sterk verzadigde gronden leveren de grootste bijdrage aan de fosfaatbelasting van het grondwater. Samen met de sterk verzadigde gronden veroorzaken ze ongeveer 90% van de grondwaterbelasting. De kans op een (sterk) verhoogde fosfaatuitspoeling naar het oppervlaktewater is eveneens groot. Dit geldt vooral bij natte gronden in perioden met hoge grondwaterstand.

### *Aanbeveling*

- 6 Er is nog weinig bekend over de termijn waarop de uitspoeling weer af zal nemen. Vermoedelijk is bij ernstig verzadigde gronden een vorm van sanering onontkoombaar. Daarom verdient het aanbeveling het onderzoek in de komende jaren vooral te richten op de kwantificering van de fosfaatuitspoeling in de onderzochte gebieden (inclusief de effecten van bemesting) en op saneringsmaatregelen die de uitspoeling kunnen verminderen.

## LITERATUUR

- BOGAERDS, N., 1961. *Statistisch overzicht van de uitkomsten van landbouwbedrijven 1960/1961*. Den Haag, LEI, Bedrijfeconomische mededelingen, No. 41.
- BREEUWSMA, A. en O.F. SCHOUMANS, 1986. *Fosfaatophoping en -uitspoeling in de bodem van mestoverschotgebieden*. Den Haag, Ministerie VROM, Staatsuitgeverij, Bodembeschermingsreeks nr. 74.
- BREEUWSMA, A., J.G.A. REIJERINK, O.F. SCHOUMANS, D.J. BRUS en H. VAN HET LOO, 1989. *Fosfaatbelasting van de bodem, grond- en oppervlaktewater in het stroomgebied van de Schuitenbeek*. Wageningen, Staring Centrum, Rapport 10.
- BREEUWSMA, A., J.G.A. REIJERINK en O.F. SCHOUMANS, 1990. *Fosfaatverzadigde gronden in het Oostelijk, Centraal en Zuidelijk Zandgebied*. Wageningen, Staring Centrum, Rapport 68.
- BURROUGH, P.A., 1986. *Principles of Geographical Information Systems for Land Resource Assessment*. Oxford, Oxford University Press. Monographs on soil and resources survey, No. 12.
- HACK-TEN BROEKE, M.J.D., H. KLEIJER, A. BREEUWSMA, J.G.A. REIJERINK en D.J. BRUS, 1990. *Fosfaatverzadiging van de bodem in twee gebieden in Overijssel*. Wageningen, Staring Centrum, Rapport 108.
- HUPKES, C.M. en J.F. VAN RIEMSDIJK, 1952. *Uitkomsten van gemengde bedrijven op zandgrond over 1948/1949 t/m 1950/1951*. Den Haag, LEI, Bedrijfeconomische mededelingen, No. 6.
- KOOPMANS, J., 1960. *Het produktenniveauonderzoek. II. De bemesting van grasland in de praktijk*. Wageningen, Centrum voor landbouwpublicaties en landbouwdocumentatie. Verslagen van landbouwkundige onderzoekingen, No. 66.5.
- KROES, J.G., C.W.J. ROEST, P.E. RIJTEMA en L.J. LOCHT, 1990. *De invloed van enige bemestingsscenario's op de afvoer van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater in Nederland*. Wageningen, Staring Centrum, Rapport 55.
- KUPERUS, J.A., 1957. *Statistisch overzicht van de uitkomsten van landbouwbedrijven 1955/1956*. Den Haag, LEI, Bedrijfeconomische mededelingen, No. 23.
- LEXMOND, TH.M., W.H. VAN RIEMSDIJK en F.A.M. DE HAAN, 1982. *Fosfaat en koper in de bodem in gebieden met intensieve veehouderij*. Den Haag, Staatsuitgeverij, Reeks Bodembescherming nr. 9.
- LNV, 1990. *Notitie Mestbeleid tweede fase*. Den Haag, Ministerie van Landbouw Natuurbeheer en Visserij, Brief aan de Tweede Kamer, nr. VEB 90-105.

SCHOUMANS, O.F., W. DE VRIES en A. BREEUWSMA, 1986. *Een fosfaattransportmodel voor toepassing op regionale schaal*. Wageningen, STIBOKA, Rapport 1951.

STEENVOORDEN, J.H.A.M., A. BREEUWSMA, W.A. DE BOER en J.G.A. REIJERINK, 1988. *Fosfaatuitspoeling uit een perceel met een fosfaatverzadigde bovengrond*. Wageningen, ICW, Rapport 34.

STEUR, G.G.L. en W. HEIJINK, 1987. *Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000; algemene begrippen en indelingen*. Wageningen, STIBOKA.

ZEE, S.E.A.T.M. VAN DER, 1988. *Transport of reactive contaminants in heterogeneous soil systems*. Wageningen, Dissertatie Landbouwuniversiteit.

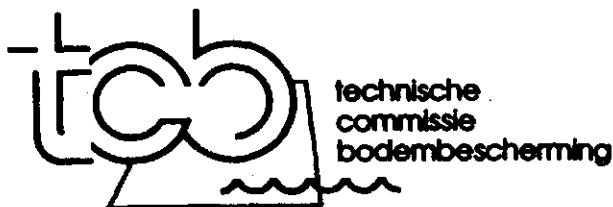
ZEE, S.E.A.T.M. VAN DER, W.H. VAN RIEMSDIJK en F.A.M. DE HAAN, 1990a. *Het protocol fosfaatverzadigde gronden. Deel I. Toelichting rapport Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding*, Wageningen, Landbouwuniversiteit.

ZEE, S.E.A.T.M. VAN DER, W.H. VAN RIEMSDIJK en F.A.M. DE HAAN, 1990b. *Het protocol fosfaatverzadigde gronden. Deel II. Technische uitwerking rapport Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding*, Wageningen, Landbouwuniversiteit.

#### NIET-GEPUBLICEEERDE BRONNEN

REIJERINK, J.G.A. et al., i.v. *Rekenmodel voor de fosfaatverzadigingstoestand van gebieden*. Wageningen, DLO-Staring Centrum, Rapport.

AANHANGSEL 1 ADVIES TECHNISCHE COMMISSIE BODEMBESCHERMING  
(TCB)



Bezoekadres  
Dr. van der Stamstraat 2  
2265 BC Leidschendam  
Postadres  
Postbus 450  
2260 MB Leidschendam  
Telefoon  
070 - 209367

Aan  
de Minister van Volkshuisvesting,  
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer  
Postbus 20951  
2500 EZ 's-Gravenhage

Uw kenmerk.

Ons kenmerk. S/90-09

Datum. 6 maart 1990

Uw brief van.

Mijnheer de Minister,

In uw brief van 24 november 1989, kenmerk 16N9407, verzocht u, mede namens de Minister van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, de Technische commissie bodembescherming om een advies over een tweetal zaken die betrekking hebben op het protocol fosfaatverzadigde gronden. Dit protocol wordt opgesteld in verband met de uitvoering van het Besluit gebruik dierlijke meststoffen en beschrijft de wijze waarop moet worden bepaald welke gronden fosfaatverzadigd zijn. Voor de hantering van het protocol vroeg u de commissie advies te geven over het volgende:

1. De aanvaardbare concentratie van anorganisch fosfaat voor de grondwatervoeding in nauwe samenhang met de kwaliteitsdoelstelling voor het oppervlaktewater, zoals neergelegd in het NMP (0.15 mg totaal P/liter);
2. De te hanteren referentiediepte in het bodemprofiel waarop deze bovengenoemde concentratie mag uitspoelen mede met het oog op een minimalisatie van de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater.

U gaf daarbij aan dat deze adviesaanvraag een onderdeel van het protocol betreft en dat het protocol als geheel in een later stadium aan de TCB zal worden voorgelegd.

Voor de voorbereiding van het advies heeft de commissie overeenkomstig uw voorstel een bijeenkomst van deskundigen op het terrein van de landbouw, de bodemkunde, het grondwater en het oppervlaktewater belegd, waarop het gevraagde werd besproken. Voor de deelnemers aan het overleg verwijs ik u naar bijlage 1. De commissie vroeg de deelnemers zich voor de beantwoording van de vragen te richten op landbouwgronden in zandgebieden.

### 1) Het fosfaatgehalte in het grondwater

U verzocht de commissie om de concentratie van anorganisch fosfaat te relateren aan de kwaliteitsdoelstelling voor het oppervlaktewater. Deze relatie is echter niet eenvoudig te leggen. Immers, onder invloed van omstandigheden als temperatuur, licht, zuurstofgehalte en andere aanwezige stoffen, heerst in het oppervlaktewater een andere evenwichtssituatie voor omzettingsprocessen van fosfaat dan in grondwater.

Een andere reden die een uitspraak over de samenhang tussen oppervlaktewater en grondwater bemoeilijkt is het feit dat het transport van fosfaat via het grondwater naar het oppervlaktewater lastig in één algemeen geldend model is weer te geven, gezien de voorkomende variaties in route en reistijd. Bovendien is het fosfaat-vastleggend vermogen tijdens het transport van plaats tot plaats verschillend en daardoor met weinig zekerheid te voorspellen.

Tenslotte wijst de commissie erop dat oppervlaktewater niet alleen wordt gevoed door fosfaat uit grondwater, maar ook uit oppervlakkig afstromend water en andere bronnen.

Op grond van voornoemde overwegingen concludeert de commissie dat de relatie tussen de bemesting, het transport naar het grondwater en de bijdrage aan de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater niet met een aantal eenvoudige algemeen geldende constanten te kwantificeren is.

De commissie stelt met nadruk dat het in het protocol gaat om een *methode* waarmee gebieden kunnen worden aangewezen, waarin met grote waarschijnlijkheid een aanzienlijke fosfaatbelasting van het grondwater kan optreden, wanneer meer fosfaat wordt toegediend, dan door het gewas kan worden onttrokken. Het toelaatbare fosfaatgehalte dat in het protocol als parameter moet worden ingevoerd kan derhalve naar het oordeel van de commissie direct worden afgeleid uit de uitgangspunten van het Besluit gebruik dierlijke meststoffen, waar de regeling voor fosfaatverzadigde

gronden deel van uitmaakt. Bij deze directe afleiding is het niet noodzakelijk om uit te gaan van een expliciete kwantitatieve relatie met de oppervlaktewater normering. Deze afleiding wordt hieronder beschreven.

In het Besluit gebruik dierlijke meststoffen is de normering van het gebruik van dierlijke meststoffen gebaseerd op het fosfaatgehalte van de mest. Uitgangspunt voor de normering is dat de aanvoer van fosfaat gelijk dient te zijn aan de onttrekking ervan door het gewas. Met het op korte termijn invoeren van de eindnorm volgens het principe "aanvoer = afvoer" werden problemen voorzien, waarvoor op het moment van invoering van de regeling geen oplossingen voorhanden waren. Om die reden wordt in fasen naar de eindnorm toegewerkt. Een uitzondering hierop vormen de fosfaatverzadigde gronden. Mede uit oogpunt van de bescherming van het oppervlaktewater dient op grond van het besluit voor deze gronden de eindnorm direct te worden ingevoerd.

Op deze percelen grond dient derhalve niet meer fosfaat aan de bodem te worden toegevoegd dan er door het gewas aan wordt onttrokken. De commissie meent dat de concentratie van anorganisch fosfaat in het grondwater in deze gronden derhalve gelijk dient te zijn aan die in onbelaste gronden.

Op grond van de beschikbare gegevens, ondermeer in het RIVM rapportnr. 728820001 (W. van Duijvenbouden 1989), kan de waarde van 0,1 mg orthofosfaat-P/l bij zandgronden als een representatieve waarde voor onbelaste situaties worden beschouwd. Gezien het bovenstaande en omdat, wanneer eenmaal fosfaatdoorslag is opgetreden, het honderden jaren kan duren voordat de situatie zich herstelt, adviseert de commissie om de waarde van 0,1 mg orthofosfaat-P/liter als parameter in het protocol te hanteren.

## **2) De referentiediepte**

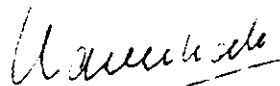
In het concept protocol wordt uitgegaan van de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) als referentiediepte. De commissie kan hiermee instemmen. Zij gaat daarbij uit van de volgende definitie:

*"Onder de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) wordt verstaan het rekenkundig gemiddelde over tenminste acht achtereenvolgende jaren (bij een ongewijzigd waterregime) van de hoogste drie grondwaterstanden per hydrologisch jaar (1 april - 31 maart)."*

Deze definitie wordt gegeven in: "Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50.000; Algemene begrippen en indelingen". (Steur, G.G.L. en W. van Heijink, 1983, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen). Weliswaar ligt het freatisch vlak van het grondwater gedurende een aanzienlijk gedeelte van het jaar dieper dan de GHG, maar ook gedurende die periode bestaat er in veel gevallen via capillaire opstijging van grondwater contact met de fosfaatverzadigde zone en treedt uitspoeling op. Op grond van deze overwegingen adviseert de commissie om de GHG als referentiediepte te hanteren.

Gezien de door u voorgestelde procedure, volgens welke het gehele protocol op een later tijdstip aan de TCB zal worden voorgelegd, meent de commissie te kunnen volstaan met het in deze brief verwoorde advies. Zij ziet de uitwerking van het gehele protocol met belangstelling tegemoet.

Met de meeste hoogachting,  
de voorzitter van de  
Technische commissie bodembescherming,



Ir. H. Haverkate

*Bijlage 1: Deelnemerslijst*





## **Bijlage 1**

**Deelnemers aan het overleg ter voorbereiding van het advies**

**Voorzitter:**

**Prof.dr.ir. F.A.M. de Haan (lid TCB)**

**Overige deelnemers:**

**Dr.ir. A. Breeuwsma (Staringcentrum)**

**Dr. T.H.L. Claassen (Provincie Friesland)**

**Ir. W. van Duijvenbooden (RIVM)**

**Mr.drs. C.F.A.M. Hopstaken (WL)**

**Prof.dr. W.H. van Riemsdijk (LUW)**

**Ir. C.W.J. Roest (Staringcentrum)**

**Ir. E.J.B. Uunk (DBW/RIZA)**

**Dr.ir. S.E.A.T.M. van der Zee (LUW)**

AANHANGSEL 2 BEREKENING VAN DE FOSFAATVERZADIGINGSGRAAD  
EN DE FOSFAATVERZADIGDE OPPERVLAKTE ALS  
FUNCTIE VAN CEL, BODEMEENHEID EN GROND-  
WATERTRAP

De *fosfaatverzadigingsgraad* wordt per deelgebied en per bodemgebruiksvorm berekend met:

$$FVG(c_i, be_j, gt_k, bg_l) = \frac{P_{nat.}(be_j, gt_k) + P_{bel.}(c_i, bg_l)}{FBV_t(be_j, gt_k)} \quad (1)$$

waarin:

- $FVG(c_i, be_j, gt_k, bg_l)$  = fosfaatverzadigingsgraad van bodemgebruik  $bg_l$  op bodemeenheid  $be_j$ , grondwatertrap  $gt_k$  in cel  $c_i$
- $P_{nat.}(be_j, gt_k)$  = natuurlijk fosfaatgehalte van bodemeenheid  $be_j$  op grondwatertrap  $gt_k$
- $P_{bel.}(c_i, bg_l)$  = netto fosfaatbelasting van bodemgebruik  $bg_l$  in cel  $c_i$
- $FBV_t(be_j, gt_k)$  = totaal fosfaatbindend vermogen van bodemeenheid  $be_j$  op grondwatertrap  $gt_k$

De *fosfaatverzadigde oppervlakte* wordt berekend door de oppervlakten van de bodemgebruiksvormen met een fosfaatverzadigingsgraad groter dan 25% te sommeren:

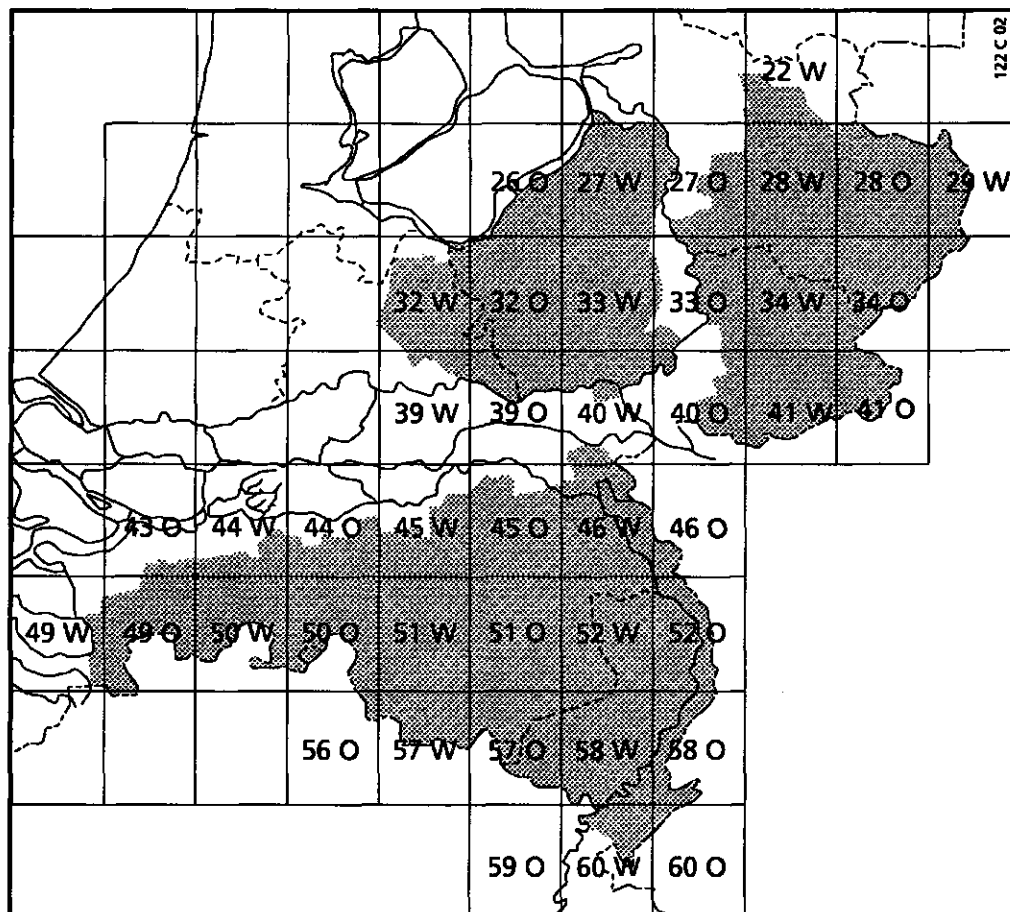
$$FVO(c_i, be_j, gt_k) = POPP(c_i, be_j, gt_k, bg_l) \times OPP(c_i, be_j, gt_k) \quad (2)$$

voor:  $FVG(c_i, be_j, gt_k, bg_l) > 25\%$

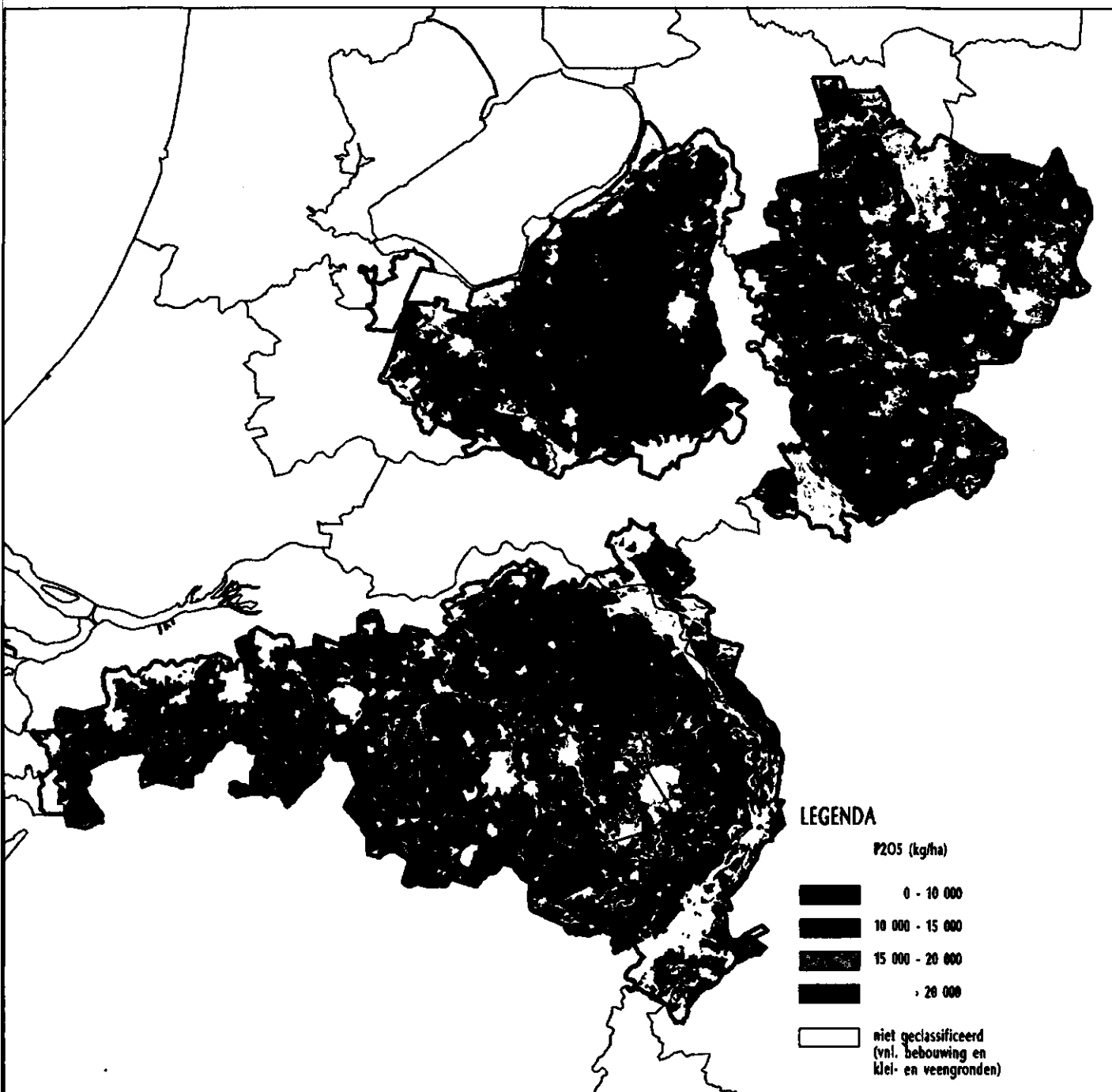
waarin:

- $FVO(c_i, be_j, gt_k)$  = fosfaatverzadigde oppervlakte op bodemeenheid  $be_j$ , grondwatertrap  $gt_k$  in cel  $c_i$
- $POPP(c_i, be_j, gt_k, bg_l)$  = oppervlaktepercentage landbouwgrond met bodemgebruik  $bg_l$  op bodemeenheid  $be_j$ ,  $gt_k$  in cel  $c_i$
- $OPP(c_i, be_j, gt_k)$  = oppervlakte landbouwgrond op bodemeenheid  $be_j$  en grondwatertrap  $gt_k$ .

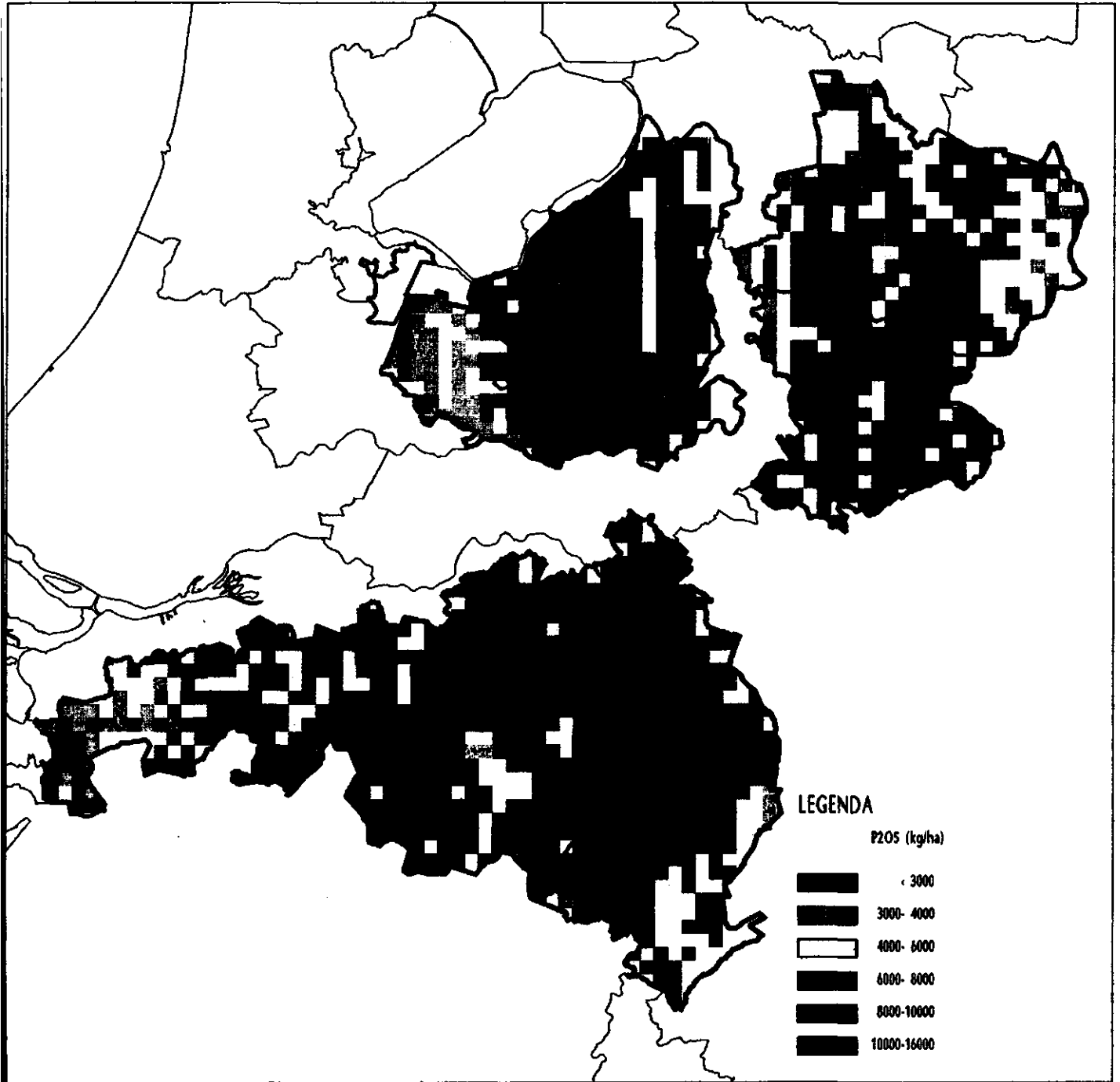
AANHANGSEL 3 TOPOGRAFISCHE KAARTBLADINDELING  
(SCHAAL 1 : 50 000)



**KAART 1 Fosfaatbindend vermogen tot aan de GHG per bodemeenhed en grondwatertrap**



KAART 2 Fosfaatoverschot bij maisland per cel van 2,5 km x 2,5 km (1950-1990)



KAART 3 Fosfaatoverschot bij grasland per cel van 2,5 km x 2,5 km (1950-1990)

