

Fosfaatverzadigde gronden in het Oostelijk, Centraal en Zuidelijk Zandgebied

A. Breeuwsma
J.G.A. Reijerink
O.F. Schoumans

Rapport 68

STARING CENTRUM, Wageningen, 1990



28 SEP. 1990

20 521 917*

REFERAAT

A. Breeuwsma, J.G.A. Reijerink en O.F. Schoumans, 1990. Fosfaatverzadigde gronden in het Oostelijk, Centraal en Zuidelijk Zandgebied. Wageningen, Staring Centrum. Rapport 68. 63 blz.; 6 fig.; 8 tab.; 5 aanhangsels.

Uitgaande van het concept "Protocol fosfaatverzadigde gronden" is via modelberekeningen een schatting gemaakt van het fosfaatverzadigde areaal in het Oostelijk, Centraal en Zuidelijk Zandgebied. Dit areaal wordt in 1990 en 2000 op ongeveer 290 000 resp. 380 000 ha geschat. Dat is ruwweg 50 resp. 66% van de cultuurgrond. De verzadiging stamt voor een deel (100 000 ha oude cultuurgrond) uit vroeger eeuwen. Uit een toetsing aan meetgegevens en uit varianten in de berekening (andere gegevens of verwerking), blijkt dat het areaal enerzijds hoger kan zijn, doordat het fosfaatgehalte vóór 1970 te laag is geschat, en anderzijds lager, doordat de grondwaterstand is gedaald.

Trefwoorden: fosfaatbindend vermogen, fosfaatbelasting, fosfaatverzadigingsgraad, fosfaatverzadigde gronden, zandgronden.

ISSN 0924-3070

©1990

STARING CENTRUM Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied

Postbus 125, 6700 AC Wageningen

Tel.: 08370-19100; telefax: 08370-24812; telex: 75230 VISI-NL

Het 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 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 veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm en op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Staring Centrum.

Project 7077

INHOUD	Blz.
WOORD VOORAF	9
SAMENVATTING	11
1 INLEIDING	13
2 KARAKTERISERING VAN DE FOSFAATVERZADIGING	15
2.1 Fosfaatverzadigingsgraad	15
2.2 Fosfaatverzadigde grond	16
3 BEREKENING VAN DE FOSFAATVERZADIGING	19
3.1 Referentiemethode	19
3.2 Berekeningsvarianten	23
4 TOETSING VAN DE BEREKENINGEN	29
5 FOSFAATVERZADIGING IN DE DRIE ZANDGEBIEDEN	35
5.1 Referentiemethode	35
5.2 Berekeningsvarianten	40
6 CONCLUSIES	43
LITERATUUR	45
TABELLEN	
1 Gehanteerde parameters en getalswaarden voor een fosfaatverzadigde grond in 1986 en 1990.	17
2 De gemiddelde bruto fosfaatbelasting via dierlijke mest ($\text{kg P}_2\text{O}_5$ per ha per jaar) bij maisland en grasland voor een aantal landbouwgebieden (periode 1970-1986).	22

3	Varianten in de gebruikte gegevens of de verwerking ten opzichte van de referentiemethode.	25
4	Vergelijking van berekende waarden van het fosfaatbindend vermogen voor de Westelijke Veluwe en gemeten waarden in het Schuitenbeekgebied, voor enkele combinaties van bodemtype en grondwatertrap (Gt).	30
5	Vergelijking van berekende fosfaatgehalten (ton P_2O_5 per ha) voor de Westelijke Veluwe en gemeten waarden in het Schuitenbeekgebied, voor twee combinaties van bodemgebruik en bodemtype (jaar 1988).	31
6	Fosfaatverzadigde oppervlakte in 1990 per zandgebied en bodemgebruiksvorm.	37
7	Globale schatting van het fosfaatverzadigde areaal met de referentiemethode in 1970, 1990 en 2000.	39
8	Procentuele verschillen in fosfaatverzadigd areaal ten opzichte van de referentiemethode voor verschillende berekeningsvarianten.	41

FIGUREN

1	Overzicht van de onderzochte gebieden.	20
2	Fosfaatproductie door de gehele veestapel in de onderzochte gebieden in de periode 1970-1986 (CBS-gegevens).	21
3	Gemeten en berekende fosfaatverzadigingscurve voor het gebied van de Schuitenbeek (gegevens 1988).	33
4	Fosfaatverzadigingscurve voor gras- en maïsland in het totale zandgebied.	35
5	Fosfaatverzadigingscurve voor het totale zandgebied in 1970, 1990 en 2000.	36
6	Geschat verloop van de fosfaatverzadiging in het totale zandgebied in de periode 1970-2000.	38

AANHANGSELS

1	Advies Technische Commissie Bodembescherming (TCB)	49
2	Bemestingsnormen en volgorde van de afvoer en toewijzing van dierlijke mest aan de gewassen voor de referentiemethode en twee varianten in de berekeningswijze.	55
3a	Procentuele verdeling van kaarteenheden onder bouwland.	57
3b	Procentuele verdeling van kaarteenheden onder grasland.	59
4	Indeling van grondwatertrappen (Gt's) en gehanteerde waarden voor de GHG (gemiddeld hoogste grondwaterstand).	61
5	Fosfaatverzadigde oppervlakte in 1990 per bodemgebruiksvorm en landbouwgebied.	63

WOORD VOORAF

Dit rapport vormt de afsluiting van één van de beide onderdelen "verzadigde gronden", dat gefinancierd is door het Financierings-overleg Mest- en Ammoniakonderzoek (FOMA).

Dit onderdeel betreft de ontwikkeling en toepassing van een methode waarmee het areaal fosfaatverzadigde gronden in de provincies met een mestoverschot kan worden berekend (areaal-berekeningen). Het andere onderdeel betreft de ontwikkeling van een methode waarmee kan worden vastgesteld of een perceel fosfaatverzadigd is (protocol ontwikkeling).

Het onderdeel areaalberekeningen, waarover hier wordt gerapporteerd, is uitgevoerd door de vroegere Stichting voor Bodemkartering en voortgezet door het Staring Centrum. Het concept-protocol waarop deze berekeningen zijn gebaseerd is ontwikkeld bij de Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding van de Landbouwuniversiteit Wageningen.

SAMENVATTING

De mestwetgeving voorziet in de mogelijkheid fosfaatverzadigde gronden aan te wijzen, waarvoor strengere normen gelden voor het gebruik van dierlijke mest. Om na te gaan hoe de aanwijzing plaats zou kunnen vinden is inzicht nodig in het te verwachten areaal. Voor dat doel is een schatting gemaakt van de oppervlakte fosfaatverzadigde gronden in het oostelijk, centraal en zuidelijk zandgebied (LEI-indeling).

De berekeningen zijn gebaseerd op een concept "Protocol fosfaatverzadigde gronden", dat door de Landbouwuniversiteit Wageningen is opgesteld. Een fosfaatverzadigde grond wordt hierin gedefinieerd als een grond waarvan de fosfaatverzadigingsgraad tot aan de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) groter is dan 25%. Deze waarde is afgeleid van een aanvaardbare fosfaatconcentratie in het grondwater, zoals deze in een advies van de Technische Commissie Bodembescherming is vermeld.

In de beginfase van het onderzoek zijn berekeningen uitgevoerd met een methode, die ook vóór de totstandkoming van de mestwetgeving is gebruikt (in 1986). Dit wordt in dit rapport de referentiemethode genoemd, mede omdat in beleidsnotities naar de resultaten van deze methode is gerefereerd. In een later stadium heeft ook toetsing van de modeluitkomsten plaatsgevonden en is er gebruik gemaakt van andere gegevens, of een andere verwerking, om een indruk te krijgen van de betrouwbaarheid van de resultaten.

Het areaal fosfaatverzadigde gronden in het oostelijk, centraal en zuidelijk zandgebied bedraagt volgens de referentiemethode op dit moment (1990) ruim 290.000 ha bouwland, waarvan bijna 270.000 ha gras- en maisland is en 27.000 ha bouwland. Het areaal is veel hoger dan vroeger omdat nu een scherper criterium voor een fosfaatverzadigde grond is gehanteerd en naast maisland ook

grasland en (overig) bouwland in de berekeningen zijn opgenomen. Het totale areaal kan nog toenemen tot ongeveer 380.000 ha in het jaar 2000, voornamelijk in de vorm van grasland. In procenten van de cultuurgrond uitgedrukt gaat het om 50 en 66% in 1990 resp. 2000. Een deel van deze gronden (ca. 100.000 ha) is in vroeger eeuwen reeds verzadigd geraakt door het gebruik van dierlijke mest uit de potstal.

De modeluitkomsten zijn voor één der onderzochte deelgebieden, de Westelijke Veluwe, getoetst aan metingen in het gebied van de Schuitembeek, in de Gelderse Vallei. Uit deze toetsing blijkt dat bij de referentiemethode de fosfaatgehalten in de bodem vóór 1970 zijn onderschat. Uit aanvullend onderzoek, dat daarop is uitgevoerd, bleek dat dit toe te schrijven is aan het feit dat de produktie van dierlijke mest vroeger hoger was dan in andere gebieden. Bovendien is het gebruik van dierlijke mest en kunstmest vermoedelijk in alle gebieden te laag geschat. Een correctie voor deze onderschatting van het fosfaatgehalte in 1970 leidt tot een redelijke overeenstemming tussen gemeten en berekende waarden van het fosfaatverzadigde oppervlakte.

De resultaten van de berekeningsvarianten laten zien dat er ook een aanzienlijke fout in de schattingen voor het totale zandgebied kan zitten. De onderschatting van het vroegere fosfaatgehalte van de bodem leidt ook hier tot een te laag areaal fosfaatverzadigde gronden. Daar staat tegenover dat het areaal ook te hoog kan zijn geschat omdat geen rekening is gehouden met een daling van de grondwaterstand die na de bodemkartering plaatsgevonden kan hebben. Ook het rekenen met gemiddelde waarden van mestgiften en fosfaatbindend vermogen leidt tot een overschatting.

1 INLEIDING

In de mestwetgeving is een Regeling Fosfaatverzadigde gronden opgenomen naar aanleiding van onderzoek door o.a. Lexmond et al. (1982) en Breeuwsma en Schoumans (1986).

In de Nota van Toelichting op het Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen is aangegeven welk onderzoek nodig is om de regeling uit te kunnen voeren. Dit betreft in de eerste plaats de ontwikkeling van een protocol waarin is aangegeven op welke wijze kan worden vastgesteld of een grond fosfaatverzadigd is. In de tweede plaats is ook inzicht nodig in het areaal dat bij toepassing van het protocol voor aanwijzing als fosfaatverzadigde grond in aanmerking zou komen. De omvang van het areaal is met name van belang voor de vraag of de aanwijzing van percelen, zoals voorzien in de regelgeving anno 1986, in de praktijk uitvoerbaar is.

Het doel van dit onderzoek is een globale schatting te maken van het areaal fosfaatverzadigde gronden, op basis van het concept-protocol dat door de Landbouwniversiteit Wageningen is ontwikkeld (Van der Zee et al., 1990a, b). Het onderzoek sluit aan op de studie die voor de eerste fase van de mestwetgeving is verricht door Breeuwsma en Schoumans (1986). De schatting heeft ook nu alleen betrekking op de zandgronden in het Oostelijk, Centraal en Zuidelijk Zandgebied. De belangrijkste verschillen met de voorafgaande studie betreffen:

- het criterium voor een fosfaatverzadigde grond
- het bodemgebruik: naast maisland zijn nu ook de overige bodemgebruiksvormen (grasland en bouwland) in de berekeningen opgenomen.

In de loop van het onderzoek zijn eerst berekeningen uitgevoerd met de methode die ook in 1986 is gebruikt. Dit wordt in dit rapport de referentiemethode genoemd omdat in beleidsnotities aan

de resultaten van deze methode is gerefereerd. In een later stadium is ook gebruik gemaakt van andere gegevens en varianten in de berekeningswijze een indruk te krijgen van de betrouwbaarheid van de modelberekeningen.

In het rapport wordt eerst de karakterisering van de fosfaatverzadigingstoestand van de bodem besproken (hoofdstuk 2). Daarbij wordt het begrip "fosfaatverzadigingsgraad" toegelicht en de definitie van een fosfaatverzadigde grond in termen van een kritische fosfaatverzadigingsgraad en een referentiediepte, zoals die in het concept-protocol zijn omschreven. Hoofdstuk 3 beschrijft de herkomst en verwerking van de gegevens die in het rekenmodel zijn gebruikt bij de referentiemethode en de berekeningsvarianten. In hoofdstuk 4 worden de resultaten samengevat van een toetsing van de modelberekeningen met behulp van meetgegevens uit het gebied van de Schuitenbeek, in de Gelderse Vallei. In hoofdstuk 5 komt het areaal fosfaatverzadigde gronden in het Oostelijk, Centraal en Zuidelijk Zandgebied aan de orde. Daarbij wordt niet alleen het geschatte areaal in 1990 gegeven, maar ook de ontwikkeling in de periode 1970-2000. Aan de hand van de resultaten met de berekeningsvarianten wordt ingegaan op de betrouwbaarheid van de modeluitkomsten. De belangrijkste conclusies worden in hoofdstuk 6 samengevat.

2 KARAKTERISERING VAN DE FOSFAATVERZADIGING

2.1 Fosfaatverzadigingsgraad

De mate waarin een bodemlaag met fosfaat is verzadigd, kan worden weergegeven met behulp van de fosfaatverzadigingsgraad. Deze grootheid is gedefinieerd als het percentage van het totale fosfaatbindend vermogen dat door het in de bodem aanwezige fosfaat is verbruikt.

Het in de bodem aanwezige fosfaat dat vastgelegd is (P_{act}), kan worden bepaald met een oxalaat-extractie (Lexmond et al., 1982). De fosfaatverzadigingsgraad van een laag wordt als volgt berekend (Breeuwsma et al., 1989):

$$FVG = \frac{P_{act}}{FBV_t} \times 100 \quad (1)$$

waarin: P_{act} = oxalaat-extraheerbare fosfaatgehalte in
kg P_2O_5 per ha

FBV_t = totaal fosfaatbindend vermogen in kg P_2O_5
per ha

FVG = fosfaatverzadigingsgraad in procenten

Het fosfaatbindend vermogen wordt in kalkloze zandgronden hoofdzakelijk bepaald door het gehalte aan reactieve Al- en Fe-oxiden. Ook dit gehalte kan via de oxalaat-extractie worden bepaald.

Omdat de bepaling van oxalaat-extraheerbaar Al (Al_{ox}) en Fe (Fe_{ox}) eenvoudiger is dan de rechtstreekse bepaling van het fosfaatbindend vermogen, wordt deze grootheid meestal afgeleid uit $Al_{ox} + Fe_{ox}$.

In het concept-protocol fosfaatverzadigde gronden (Van der Zee et al., 1990b) wordt gebruik gemaakt van de volgende relatie:

$$FBV_t = 0,5 (Al_{ox} + Fe_{ox}) \quad (\text{mmol P per kg}) \quad (2)$$

De faktor 0,5 berust op onderzoek van Lexmond et al. (1982) en Schoumans et al. (1986). Bij omrekening naar kg P_2O_5 per ha geldt:

$$FBV_t = 0,5 (Al_{ox} + Fe_{ox}) \times LD \times D \times 7,1 \quad (\text{kg } P_2O_5 \text{ per ha}) \quad (3)$$

met: $Al_{ox} + Fe_{ox}$ = oxalaat-extraheerbaar aluminium- en ijzergehalte (mmol per kg)
 LD = laagdikte (cm)
 D = dichtheid (kg per dm^3)
 7,1 = omrekeningsfaktor van mmol P per kg naar kg P_2O_5 per ha

2.2 Fosfaatverzadigde grond

De fosfaatverzadigingstoestand van de bodem als geheel kan worden gekarakteriseerd met behulp van de fosfaatverzadigingsgraad tot een bepaalde referentiediepte. Een fosfaatverzadigde grond zou dan kunnen worden omschreven als een grond die tot aan de referentiediepte voor 100% verzadigd is. Ook voordat dit punt is bereikt, neemt echter de uitspoeling van fosfaat naar het grondwater reeds toe. In het concept-protocol wordt er daarom vanuit gegaan dat een grond verzadigd is als de fosfaatconcentratie in het grondwater op de referentiediepte een aanvaardbaar geachte waarde overschrijft.

Fosfaatverzadigingsgraad

In 1986 waren nog niet voldoende gegevens aanwezig voor het afleiden van een aanvaardbare fosfaatverzadigingsgraad uit een aanvaardbare fosfaatconcentratie in het grondwater. Een bufferzone van 50 cm werd toen afdoende geacht om het fosfaat dat door desorptie uit de bovenliggende, volledig verzadigde, laag vrij zou kunnen komen, weer vast te leggen. Via een door Van der Zee

(1988) ontwikkeld model en door hem gemeten constanten, is er nu een kwantitatieve relatie gelegd tussen de verzadigingsgraad van de bodem en de fosfaatconcentratie in het grondwater op het niveau van de referentiediepte (tabel 1). Op grond van recente onderzoeksgegevens (o.a. RIVM, 1989) adviseerde een commissie van deskundigen van de Technische Commissie Bodembescherming (TCB) 0,10 mg ortho-P per liter als aanvaardbare fosfaatconcentratie te nemen (aanhangsel 1). De bijbehorende aanvaardbare fosfaatverzadigingsgraad bedraagt volgens het concept-protocol 25%. De oppervlakte van de cultuurgronden waarbij laatstgenoemde waarde wordt overschreden wordt in dit rapport de fosfaatverzadigde oppervlakte genoemd.

Tabel 1 Gehanteerde parameters en getalswaarden voor een fosfaatverzadigde grond in 1986 en 1990.

Parameter	Eenheid	Jaar ¹⁾	
		1986	1990
Referentiediepte	cm	GLG-50	GHG
Fosfaatverzadigingsgraad	%	100	25
Ortho-P-concentratie in grondwater op referentiediepte	mg P/l	-	0,10 ²⁾

1) 1986: Breeuwsma en Schoumans, 1986,

1990: concept-protocol (Van der Zee et al., 1990a, b).

2) Afgeleid van referentiewaarde onbelaste situaties 0,10 mg ortho-P/l, TCB-advies (aanhangsel 1).

Referentiediepte

De referentiediepte is gekoppeld aan de grondwaterstand. In 1986 is nog gerekend met een diepte van 50 cm boven de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG). Afhankelijk van de grondwatertrap

is dit ongeveer 20 tot 60 cm beneden de GHG. Uit later onderzoek is gebleken dat bij 100% verzadiging tot deze referentiediepte nog een aanzienlijke hoeveelheid fosfaat in het oppervlaktewater terecht kan komen doordat het transport vooral via de bovenste laag van de bodem plaatsvindt bij hoge grondwaterstanden in de winter (Steenvoorden et al., 1988; Breeuwsma et al., 1989). Een koppeling van de referentiediepte aan de GHG ligt daarom meer voor de hand dan een koppeling aan de GLG. In het concept-protocol wordt de GHG gebruikt met de restrictie dat een waarde van 1 meter wordt aangehouden, wanneer de GHG zich meer dan 1 meter beneden het maaiveld bevindt. Dit is ook in dit rapport gebeurd.

3 BEREKENING VAN DE FOSFAATVERZADIGING

3.1 Referentiemethode

Omdat het meten van de fosfaatverzadigingsgraad van de bodem niet op grote schaal en korte termijn was uit te voeren, is een rekenmodel gebruikt. Daartoe is het oorspronkelijke model met bijbehorende gegevensbestanden (Breeuwsma en Schoumans, 1986) aangepast en uitgebreid. Met dit model wordt per jaar de fosfaatverzadigingsgraad berekend als functie van de fosfaatbelasting en het fosfaatbindend vermogen van de bodem. Hieronder volgt een korte samenvatting van de herkomst en verwerking van de gegevens.

Gebieden

De berekeningen vonden plaats op het niveau van de 23 deelgebieden die door het CBS worden onderscheiden binnen het Oostelijk, Centraal en Zuidelijk zandgebied (fig. 1).

Fosfaatbelasting

De fosfaatbelasting is per deelgebied berekend voor gras en mais. Overig bouwland werd tot dusver niet op dit niveau meegenomen. De netto belasting wordt berekend uit de bruto belasting min de gewasonttrekking. De bruto belasting is berekend uit de CBS-gegevens over de mestproductie die vanaf 1970 per deelgebied zijn gepubliceerd. Het fosfaatgehalte van de bodem in 1970 werd geschat met behulp van niet-gepubliceerde totaal-P-gehalten uit STIBOKA-archieven en gegevens van Pape (1972). Deze gehalten werden vermenigvuldigd met een factor 0,9 voor de omrekening naar oxalaat-extraheerbaar fosfaat (Lexmond et al., 1982). De belasting van de cultuurgrond na 1970 werd geschat door de mestproductiegegevens te corrigeren voor eventuele mestafvoer naar tekortgebieden (Breeuwsma en Schoumans, 1986). De resterende fosfaatproductie werd op gebiedsniveau verdeeld over gras, mais en (overig) bouwland (aansluitend 2).

Oostelijk zandgebied

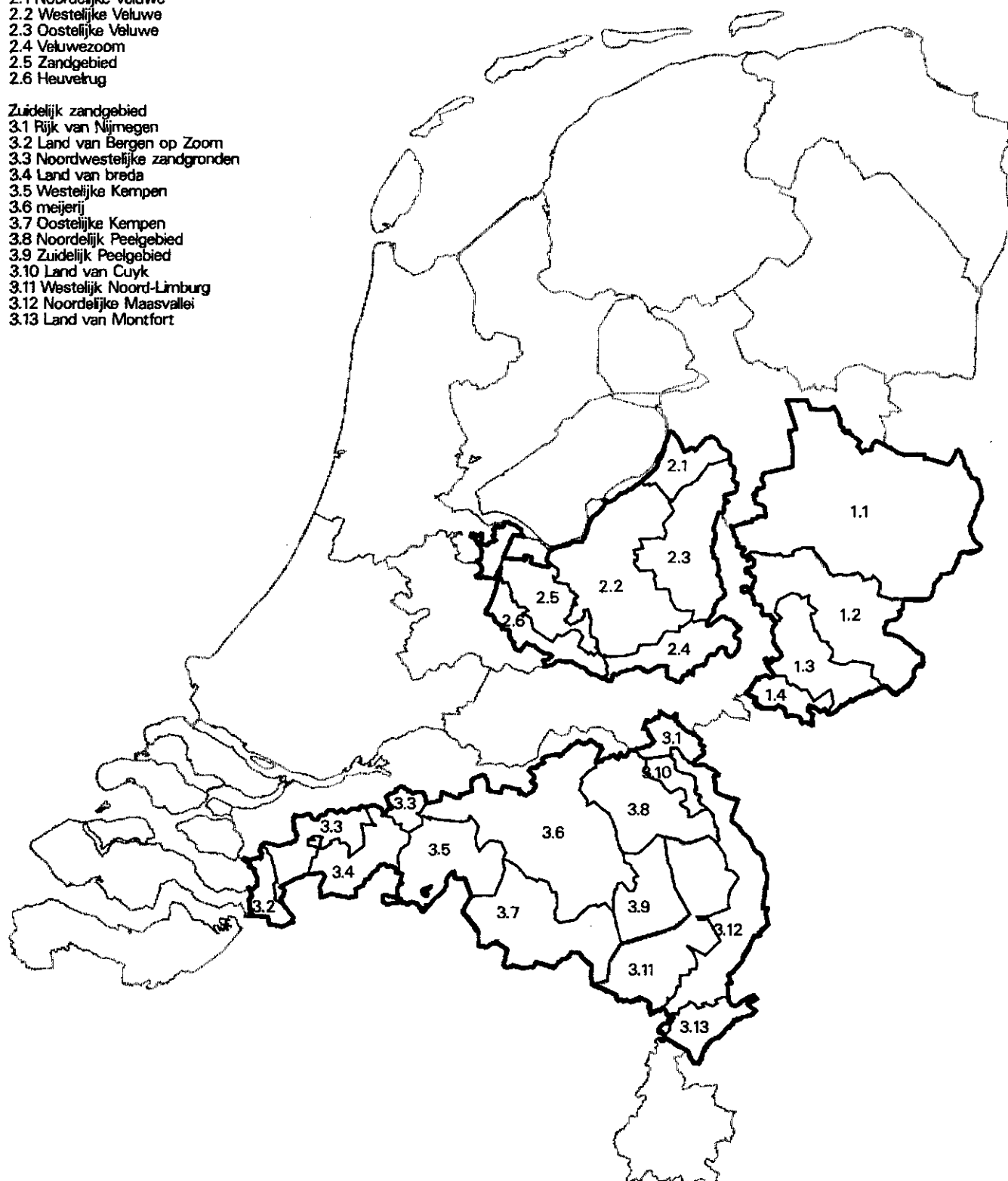
- 1.1 Salland en Twente
- 1.2 Noorderlijke Achterhoek
- 1.3 Zuidelijke Achterhoek
- 1.4 Oude IJssel-gebied

Westelijk zandgebied

- 2.1 Noorderlijke Veluwe
- 2.2 Westelijke Veluwe
- 2.3 Oostelijke Veluwe
- 2.4 Veluwezoom
- 2.5 Zandgebied
- 2.6 Heuvelrug

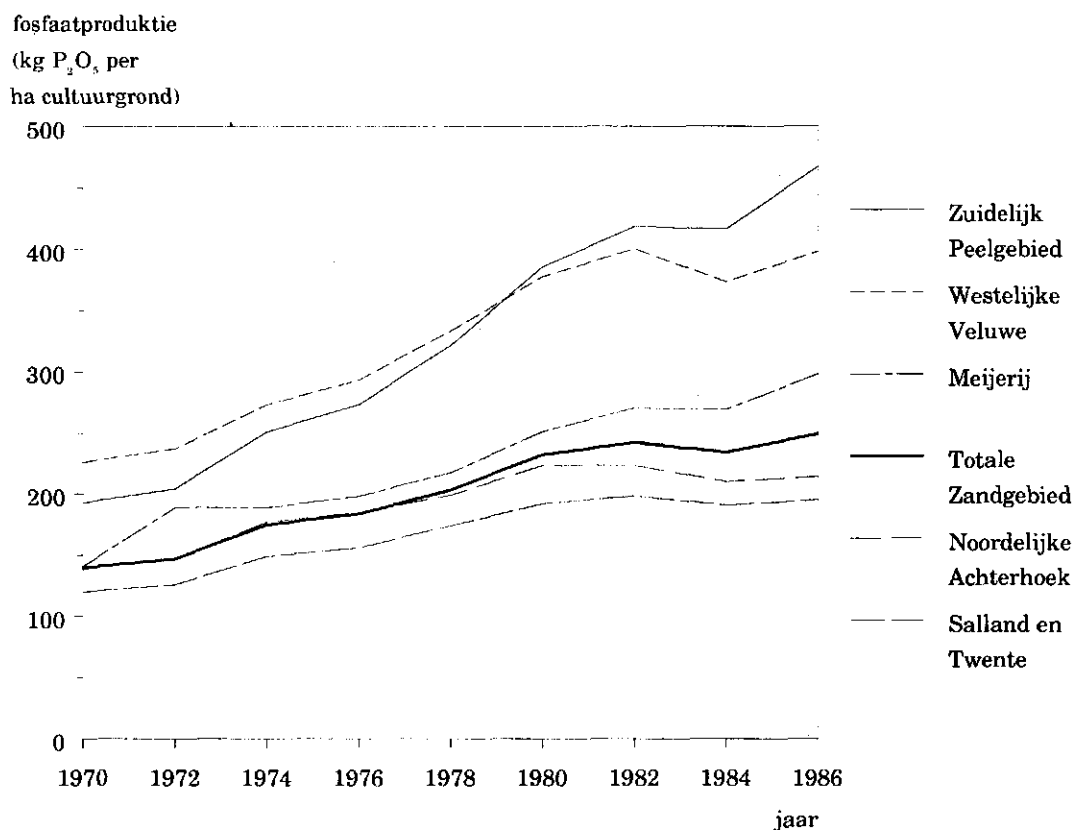
Zuidelijk zandgebied

- 3.1 Rijk van Nijmegen
- 3.2 Land van Bergen op Zoom
- 3.3 Noordwestelijke zandgronden
- 3.4 Land van breda
- 3.5 Westelijke Kempen
- 3.6 meijerij
- 3.7 Oostelijke Kempen
- 3.8 Noorderlijk Peelgebied
- 3.9 Zuidelijk Peelgebied
- 3.10 Land van Cuyk
- 3.11 Westelijk Noord-Limburg
- 3.12 Noorderlijke Maasvallei
- 3.13 Land van Montfort



Figuur 1 Overzicht van de onderzochte gebieden.

Daarbij werden in overleg met de vroegere CAD's in de eerste "toewijzingsronde" de landbouwkundige normen gehanteerd. In de volgende ronden werd bij grasland zo nodig gebruik gemaakt van extra plaatsingsmogelijkheden (IB, 1978) of -praktijken (scheuren van grasland). Het nog overblijvende fosfaatoverschot werd aan maisland toegewezen. Na 1986 is voor de maximum belasting van mais en gras de gefaseerde norm uit de mestwetgeving gehanteerd. Bij de berekening van de belasting van maisland is rekening gehouden met het jaar waarop de maisteelt begon. Daardoor varieert de cumulatieve belasting met het jaar van aanleg.



Figuur 2 Fosfaatproductie door de gehele veestapel in de periode 1970-1986 (CBS-gegevens).

Fig. 2 geeft een beeld van de fosfaatproductie door de gehele veestapel. Deze is in de periode 1970-1986 voor het totale zandgebied toegenomen van 130 naar 200 kg P_2O_5 per ha cultuurgrond. De knik in de curve tussen 1982 en 1984 is een gevolg van het feit dat het mestoverschot per periode van twee jaar is berekend en vanaf 1984 door het CBS lagere fosfaatproductiecijfers per diersoort worden gehanteerd, wegens de daling van het fosfaatgehalte in het voer. Uit fig. 2 blijkt dat de fosfaatproductie in een aantal landbouwgebieden, o.a. de Westelijke Veluwe en het Zuidelijk Peelgebied, aanzienlijk boven het gemiddelde ligt. Dit geldt ook voor de bruto belasting van mais (tabel 2).

Tabel 2 De gemiddelde bruto fosfaatbelasting via dierlijke mest (kg P_2O_5 per ha per jaar) bij maisland en grasland voor een aantal landbouwgebieden (periode 1970-1986).

Gebied	Mais			Gras		
	1970	1980	1986	1970	1980	1986
Salland en Twente	235	235	235	110	167	166
Noordelijke Achterhoek	287	373	286	124	175	173
Westelijke Veluwe	1054	1224	786	142	167	164
Meijerij	256	409	428	123	175	184
Zuidelijk Peelgebied	432	681	659	142	184	195
Totale Zandgebied	291	397	385	121	169	167

Uit tabel 2 blijkt dat er een groot verschil is tussen de bruto belasting van mais- en grasland. Dit hangt samen met het feit dat voor grasland een maximum is gehanteerd en voor maisland niet. De netto belasting is voor het totale gebied in de periode 1970-1988 gemiddeld bij maisland ongeveer 200-300 kg P_2O_5 per ha per jaar en bij grasland ongeveer 50 kg P_2O_5 per ha per jaar.

Fosfaatbindend vermogen

De benodigde bodemgegevens zijn afkomstig uit het Bodemkundig Informatiesysteem (BIS). De bodemkaart is gebruikt om de verdeling van bodemeenheden en grondwatertrappen per landbouwgebied vast te stellen. Door een overlay met de topografische kaart in deze verdeling zowel voor bouwland als grasland bepaald (Breeuwsma en Schoumans, 1986).

Aanhangsel 3 laat zien dat bouwland meer voorkomt op de matig diep (Gt VI) tot diep (Gt VII en VII*) ontwaterde gronden en grasland op de ondiep ontwaterde gronden (Gt II, III en V). Voor de berekeningen is aangenomen dat voor maisland dezelfde verdeling geldt als voor bouwland. (N.B. Vermoedelijk gaat deze veronderstelling in het recente verleden niet meer op omdat de maisteelt zich ook naar minder diep ontwaterde gronden heeft uitgebreid).

Het fosfaatbindend vermogen is voor elke combinatie van bodemeenheid en grondwatertrap geschat met behulp van gegevens van resp. Al_{ox} , Fe_{ox} , dichtheid en GHG, die in het BIS aanwezig zijn. De gehanteerde waarden voor de GHG zijn vermeld in aanhangsel 4.

3.2 Berekeningsvarianten

Na de berekeningen met de referentiemethode, die in 1989 zijn uitgevoerd, zijn ook een aantal berekeningen gedaan met behulp van gegevens die later op een andere wijze zijn afgeleid of in het rekenmodel verwerkt. Het doel van deze berekeningsvarianten is inzicht te krijgen in de betrouwbaarheid van de eerdere berekeningen. De varianten die zijn doorgerekend, zijn samengevat in tabel 3.

Variant 1.

Bij deze variant is gebruik gemaakt van een inventarisatie van gegevens van kaarteenheden uit het Bodemkundig Informatiesysteem (BIS). Daarbij zijn naast de gegevens van "zuivere" bodemeenheden ook die van andere ("onzuivere") eenheden die in het kaartvlak voorkomen, meegeteld. In hoeverre deze gegevens representatief zijn voor de kaartonzuiverheden is niet bekend. De resultaten vormen daardoor alleen een indicatie voor de mogelijke effecten op de fosfaatverzadiging.

Variant 2

Sinds de opname van de bodemkaart is de grondwaterstand in een aantal gebieden gewijzigd door peilverlagingen als gevolg van ruilverkavelingen of waterschapswerken. Op dit moment is het gebruikte bestand van grondwatertrappen (Gt's) daardoor verouderd. Om een globale indruk te krijgen van de mogelijke effecten van de veranderingen in de grondwaterstand, is nagegaan hoe het fosfaatverzadigd areaal wijzigt bij een GHG-daling van 20 cm over het gehele zandgebied.

Variant 3a en 3b

Het fosfaatgehalte in 1970 is bij de referentiemethode gebaseerd op een beperkt aantal literatuurgegevens over totaal-P-gehalten in de bodem (Pape, 1972) en niet-gepubliceerde gegevens van natuurterreinen. Zeer recent zijn meer gegevens beschikbaar gekomen doordat totaal-P en gegevens uit STIBOKA-archieven in het BIS zijn ingevoerd. Daaruit zijn via een omrekening P_{ox} -cijfers geschat (variant 3a). Daarnaast is ook een schatting gedaan op grond van de bovengenoemde gegevens van natuurterreinen en een literatuuronderzoek naar het gebruik van kunstmest en dierlijke mest vóór 1970 (variant 3b; zie ook hoofdstuk 4).

Tabel 3 Varianten in de gebruikte gegevens of de verwerking ten opzichte van de referentiemethode.

Variant nr.	Gegeven	Referentiemethode	Variant
<u>Fosfaatbindend vermogen (FBV)</u>			
1	Al _{ox} en Fe _{ox}	Gemiddelde waarden van classificatie-eenheden (BIS)	Gemiddelde waarden van kaarteenheden (BIS)
2	GHG	Zie bijlage (BIS)	20 cm lager dan bij de standaardberekening
<u>Fosfaatbelasting</u>			
3a	P-gehalte in 1970	Omgerekende totaal-P-gehalten van Pape (1972) en Bannink (niet gepubl.)	Omgerekende totaal-P-gehalten (BIS)
3b.	Idem	Idem	Schatting van natuurlijke gehalten en bemesting vóór 1970
4	P-belasting maisland	Geen maximum voor de P-belasting	Maximum van 500 kg P ₂ O ₅ per ha
5	Mestafvoer	Vast percentage van het maisareaal	Vast percentage van de mestproduktie
<u>Rekenmethode</u>			
6	FBV en P-belasting	Op basis van gemiddelde waarden	Op basis van gemiddelde waarden en een (vaste) verdeling

Variant 4

Bij de referentiemethode blijkt de belasting van mais in een aantal gebieden soms zeer hoge waarden te bereiken (tot 1200 kg P_2O_5 per ha per jaar, tabel 2). In verband hiermee is ook nagegaan wat het effect is van een maximale bemestingsnorm voor mais (500 kg P_2O_5 per ha).

Variant 5

Over de totale mestafvoer uit de deelgebieden (drijfmest, gesubsidieerd plus ongesubsidieerd transport en vaste mest, ongesubsidieerd transport) zijn alleen voor 1982 gegevens beschikbaar. In de standaardberekening wordt de afvoer in andere jaren geschat op basis van deze gegevens en het maisareaal. Dit gebeurt door de fosfaatafvoer per ha maisland in 1982 te vermenigvuldigen met het maisareaal in andere jaren (aanhangsel 3). Daardoor wijkt de verhouding tussen de berekende totale afvoer en de afvoer via de mestbanken soms vrij sterk af van de verhouding in 1982. Bovendien werd geen rekening gehouden met een mogelijke aanvoer van mest. Daarom werd ook een variant doorgerekend waarbij ook de aanvoer is meegenomen in de berekeningen en de af- c.q. aanvoer op een vast percentage van de productie is gesteld.

Variant 6

Bij de standaardberekening wordt met gemiddelde waarden voor het fosfaatbindend vermogen per bodemtype en de fosfaatbelasting per bodemgebruiksvorm gerekend. De werkelijke waarden kunnen in beide gevallen vrij sterk hiervan afwijken. De fout in de fosfaatverzadigingsgraad die daardoor ontstaat is afhankelijk van de verdeling en de positie van de gemiddelde waarde ten opzichte van de kritische waarde (25%). Als het gemiddelde boven de kritische waarde ligt, leidt dit tot een overschatting en als het gemiddelde lager ligt wordt het areaal juist onderschat. Om het effect hiervan na te kunnen gaan is aangenomen dat beide grootheden log-normaal verdeeld zijn en dat deze verdeling gelijk is aan die welke gemeten is in het Schuitembeekgebied (Breeuwsma et al., 1989). Vervolgens zijn via een Monte Carlo-simulatie

trekkingen uit beide kansverdelingen uitgevoerd en berekeningen van de fosfaatverzadigde oppervlakte.

4 TOETSING VAN DE BEREKENINGEN

Een eerste toetsing van de modeluitkomsten heeft plaatsgevonden met behulp van meetgegevens uit het stroomgebied van de Schuitenbeek, tussen Putten en Nijkerk (Breeuwsma et al., 1989). Bij dit onderzoek werden van 229 steekproefpunten in cultuurgronden het fosfaatbindend vermogen, het fosfaatgehalte en de fosfaatverzadigingsgraad bepaald. De meetgegevens uit dit gebied zijn vergeleken met de berekende waarden voor het landbouwgebied waarvan het deel uitmaakt, de Westelijke Veluwe.

Fosfaatbindend vermogen

Bij het fosfaatbindend vermogen, berekend tot aan de GHG, geven de modelberekeningen in het algemeen iets lagere waarden (ca. 20%) dan de meetwaarden in het Schuitenbeekgebied (tabel 4). Bij de laaggelegen gronden (veldpodzol- en beekerdgronden op Gt III) worden juist hogere waarden berekend. Deze gronden komen in het Schuitenbeekgebied echter niet minder voor dan in de rest van de Westelijke Veluwe. De verschillen in fosfaatbindend vermogen tussen de berekende en gemeten waarden zijn voor een deel toe te schrijven aan verschillen in de GHG. Wanneer voor de Westelijke Veluwe dezelfde GHG wordt aangehouden als in het gebied van de Schuitenbeek, is het verschil in fosfaatbindend vermogen gereduceerd tot minder dan 15%.

Zonder correctie voor GHG-verschillen bedraagt het absolute verschil tussen gemeten en berekende waarden 2000 à 6000 kg P_2O_5 per ha. Bij een verzadigingsgraad van 25% is het verschil 500 à 1500 kg P_2O_5 per ha.

Tabel 4 Vergelijking van berekende waarden van het fosfaatbindend vermogen voor de Westelijke Veluwe en gemeten waarden in het Schuitembeekgebied, voor enkele combinaties van bodemtype en grondwatertrap (Gt).

Bodemtype	Gt	Gemeten	Berekend	Verschil t.o.v meting		Gecorr. verschil ¹⁾
		ton P ₂ O ₅ per ha	ton P ₂ O ₅ per ha	%	%	
Veldpodzolgrond III		6,3	8,6	+2,3	+37	+13
Beekeerdgrond III		10,4	12,3	+1,9	+18	+14
Veldpodzolgrond VI		22,0	17,7	-4,3	-19	-16
Laarpodzolgrond VI		25,5	20,0	-5,5	-22	- 9
Enkeerdgrond VI		26,8	21,3	-5,5	-20	- 7
Enkeerdgrond VII		46,5	40,5	-6,0	-13	-15

1) gecorrigeerd voor verschil in gemeten en berekende GHG.

Fosfaatgehalte in de bodem

Het fosfaatgehalte dat door het model wordt berekend is afhankelijk van het gehalte in 1970 en de netto fosfaatbelasting van de bodem na 1970. Het gehalte in 1970 wordt behalve door het natuurlijke gehalte vooral bepaald door de ontginninggeschiedenis. Daardoor zijn er grote verschillen tussen de oude bouwlandgronden met een cultuurdek (o.a. enkeerdgronden) en de jonge ontginninggronden die na de opkomst van de kunstmestindustrie in gebruik zijn genomen (o.a. veldpodzolgronden). Voor de belasting na 1970 is vooral het onderscheid tussen maisland en grasland/bouwland van belang. In verband hiermee is een toetsing van de modelberekeningen uitgevoerd voor twee combinaties van bodemgebruik en bodemtype: grasland op veldpodzolgronden en maisland op enkeerdgronden (tabel 5). Daarbij zijn de gemeten gehalten in de laag 0-50 cm (mediaanwaarden) vergeleken met berekende gehalten voor de laag 0-54 cm (de GHG bij Gt VI). De berekeningen zijn behalve voor de referentiemethode ook voor enkele varianten uitgevoerd.

Tabel 5 Vergelijking van berekende fosfaatgehalten (ton P_2O_5 per ha) voor de Westelijke Veluwe en gemeten waarden in het Schuitenbeekgebied, voor twee combinaties van bodemgebruik en bodemtype (jaar 1988).

Bodemgebruik en -type	Gemeten ¹⁾	Berekend ²⁾			
		ref. methode	var. 4	var. 4+3a	4+3b
Grasland op veldpodzol- grond	5,7 (46)	1,6	1,6	3,4	3,3
		1,0	2,1	2,1	2,1
		—	—	—	—
		2,6	3,7	5,5	5,4
Maisland op enkeerd- grond	16,1 (7)	7,7	7,7	10,3	9,4
		7,1	5,1	5,1	5,1
		—	—	—	—
		14,8	12,8	15,4	14,5

1) mediaanwaarde voor de laag 0-50 cm; tussen haakjes aantal waarnemingen.

2) berekende waarden voor de laag 0-54 cm (Gt VI); eerste cijfer: gehalte in 1970, tweede cijfer: belasting van 1970-1988.

Uit tabel 5 blijkt dat de fosfaatbelasting van grasland bij de referentiemethode in dit gebied sterk wordt onderschat. Het verschil is 3,1 ton P_2O_5 per ha, wat ongeveer 54% van de gemeten waarde is. Vermoedelijk hangt dit voor een deel samen met het feit dat de belasting van grasland na 1970 hoger is geweest. Dit blijkt uit variant 4 waarbij de belasting voor grasland toeneemt omdat voor de mestgift op maisland een maximum is gehanteerd. Deze verschuiving kan echter nog niet het verschil met de meetwaarde verklaren. Het resterende verschil ($5,7 - 3,7 = 2,0$ ton P_2O_5 per ha) moet naar alle waarschijnlijkheid worden gezocht in een onderschatting van het fosfaatgehalte in 1970.

Uit CBS-gegevens (1974) is bekend dat de fosfaatproductie via dierlijke mest in de Westelijke Veluwe in de periode 1950-1970 bijna tweemaal zo hoog was als in andere landbouwgebieden. Verder waren ook de P-Al-cijfers in dit gebied in 1971 aanzienlijk hoger dan in de andere gebieden. De mediaan bedroeg 84 mg P_2O_5 per 100 g grond in de Westelijke Veluwe en 50-60 mg P_2O_5 per 100 g grond in de overige gebieden. Wanneer rekening wordt gehouden met de bovengenoemde CBS-gegevens over de productie van dierlijke mest van 1950-1970, en met het gebruik van kunstmest in dezelfde periode (Hupkes en Van Riemsdijk, 1952; Kuperus, 1957; Bogaerds, 1961), blijkt dat het gehalte in 1970 in dit gebied bijna tweemaal zo hoog ligt (3,3 ton P_2O_5 per ha). Het verschil met het gemeten gehalte loopt daardoor terug tot 0,3 ton P_2O_5 per ha (variant 4+3b in tabel 5). Deze resultaten worden bevestigd door recente BIS-gegevens (variant 4+3a). Uit het literatuuronderzoek blijkt dat ook in andere gebieden het gebruik van dierlijke mest en kunstmest waarschijnlijk is onderschat, zij het in mindere mate.

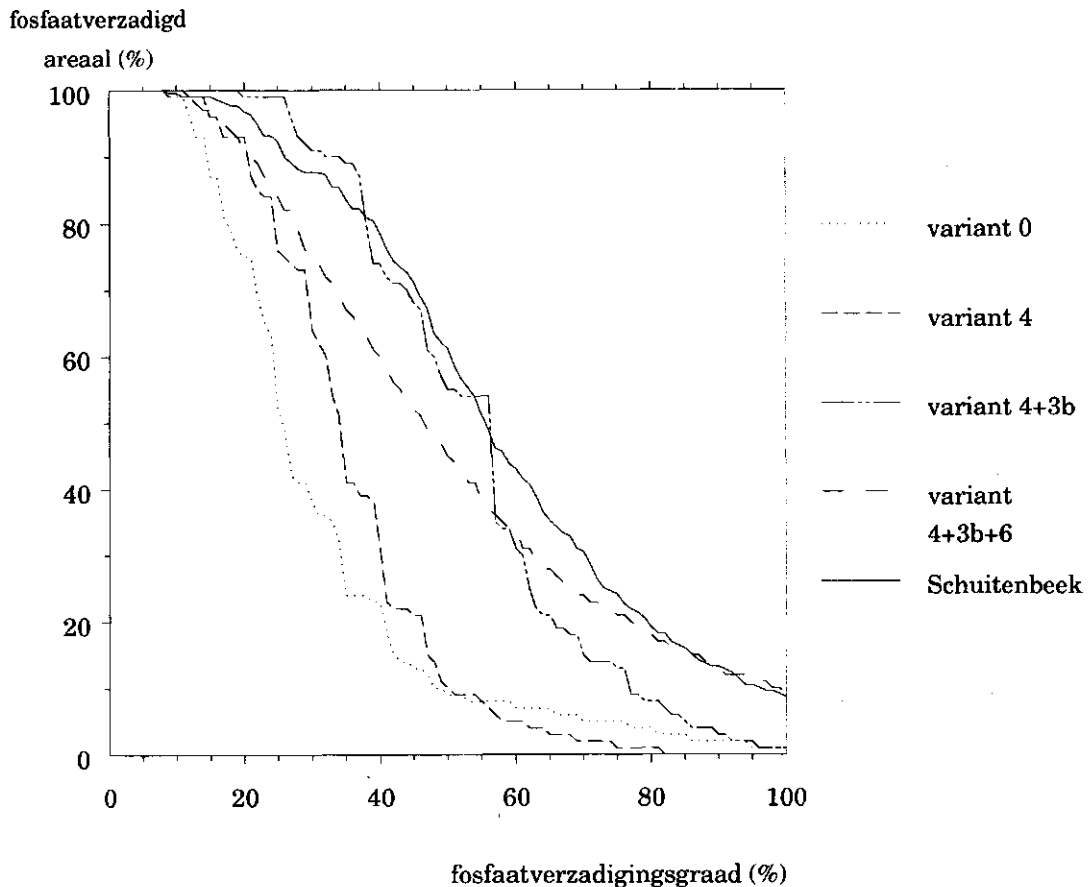
Bij maisland op enkeerdgronden verschilt het gehalte dat met de referentiemethode is berekend (14,8 ton P_2O_5 per ha), ongeveer 8% van de meetwaarde (16,1 ton P_2O_5 per ha). De bovengenoemde varianten hebben daar weinig effect op. Het kleine verschil heeft bovendien weinig effect op de verzadigingsgraad omdat de fosfaatgehalten zeer hoog zijn.

Fosfaatverzadigingsgraad

De fosfaatverzadigingscurve, die het areaal met een bepaalde verzadigingsgraad weergeeft, weerspiegelt het gecombineerde effect van fouten in de schatting van het fosfaatbindend vermogen en de fosfaatbelasting. Daarnaast speelt ook de (procentuele) verdeling van bodemtypen/grondwatertrappen en bodemgebruiksvormen in het gebied een rol.

Om na te kunnen gaan hoe het model de fosfaatverzadigingscurve in het gebied van de Schuitenbeek voorspelt, is de verdeling in dit

gebied gebruikt. Zoals te verwachten was, wordt de fosfaatverzadigingsgraad in het gebied met de referentiemethode sterk onderschat (fig. 3).



Figuur 3 Gemeten en berekende fosfaatverzadigingscurve voor het gebied van de Schuitenbeek (gegevens 1988).

De resultaten worden beter wanneer rekening wordt gehouden met de maximale bemestingsnorm voor mais en de bemesting vóór 1970 (variant 3b+4). De curve vertoont hier en daar vrij stellige gedeelten als gevolg van het gebruik van gemiddelde waarden. Wanneer de verdeling rond het gemiddelde van het fosfaatbindend vermogen en de fosfaatbelasting ook wordt meegenomen (variant 6), krijgt de curve een vlakker verloop dat de gemeten curve beter benaderd. Bij zeer hoge waarden van de verzadigingsgraad valt de theoretische curve samen met de gemeten curve. Bij lagere waarden (kleiner dan 80%) wordt de werkelijke waarde van het areaal

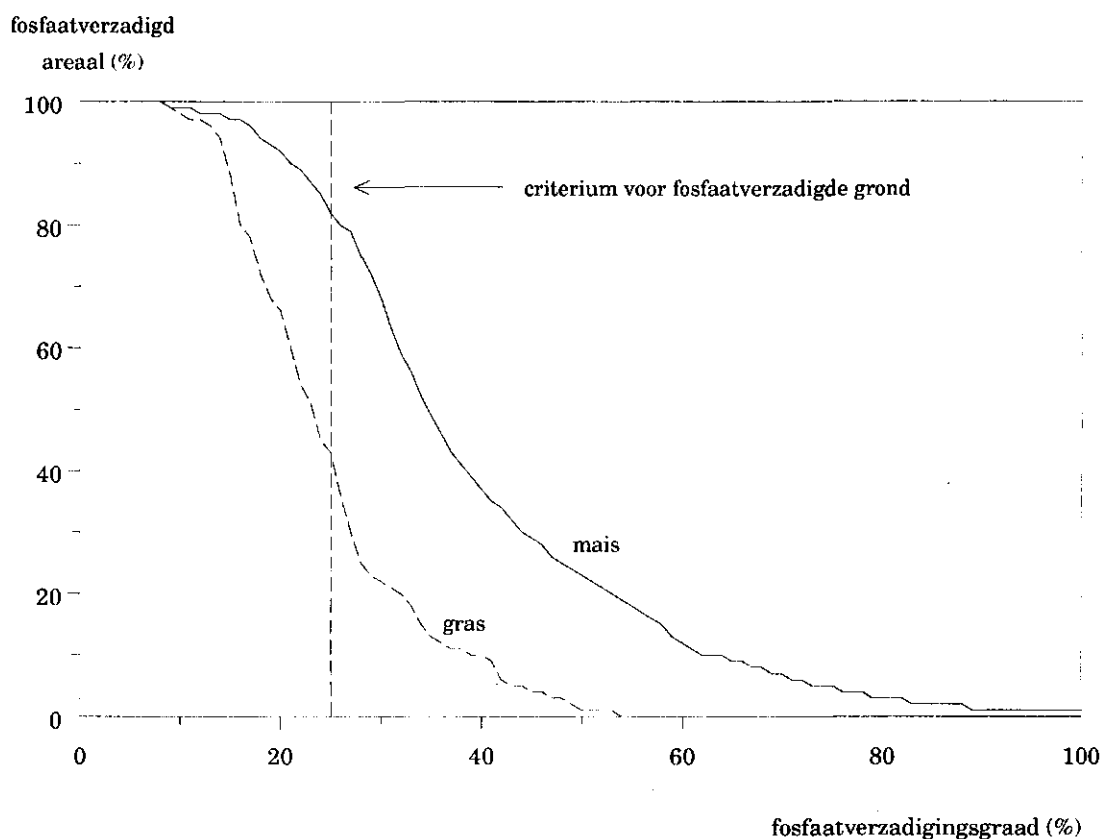
echter nog onderschat. Bij een verzadigingsgraad van 25% is de onderschatting ongeveer 5% (absoluut). De te lage schatting wijst er op dat de fosfaatbelasting vóór 1970 mogelijk nog te laag is geschat, bijvoorbeeld doordat nog geen rekening is gehouden met de bemesting vóór 1950.

De belangrijkste conclusie uit dit deel van het onderzoek is, dat het fosfaatgehalte van de bodem in 1970 voor de Westelijke Veluwe met de referentiemethode wordt onderschat. De onderschatting is een gevolg van het feit dat de productie van dierlijke mest in dit gebied reeds voor 1970 relatief hoog was. Verder zijn er aanwijzingen dat het gebruik van dierlijke mest en kunstmest vóór 1970 ook in andere gebieden, zij het in mindere mate, te laag is geschat.

5 FOSFAATVERZADIGING IN DE ZANDGEBIEDEN

5.1 Referentiemethode

De resultaten van de modelberekeningen met de referentiemethode zijn voor het totale zandgebied weergegeven in de vorm van fosfaatverzadigingscurven voor gras- en maisland (fig. 4). Het percentage verzadigde gronden is sterk afhankelijk van de verzadigingsgraad.

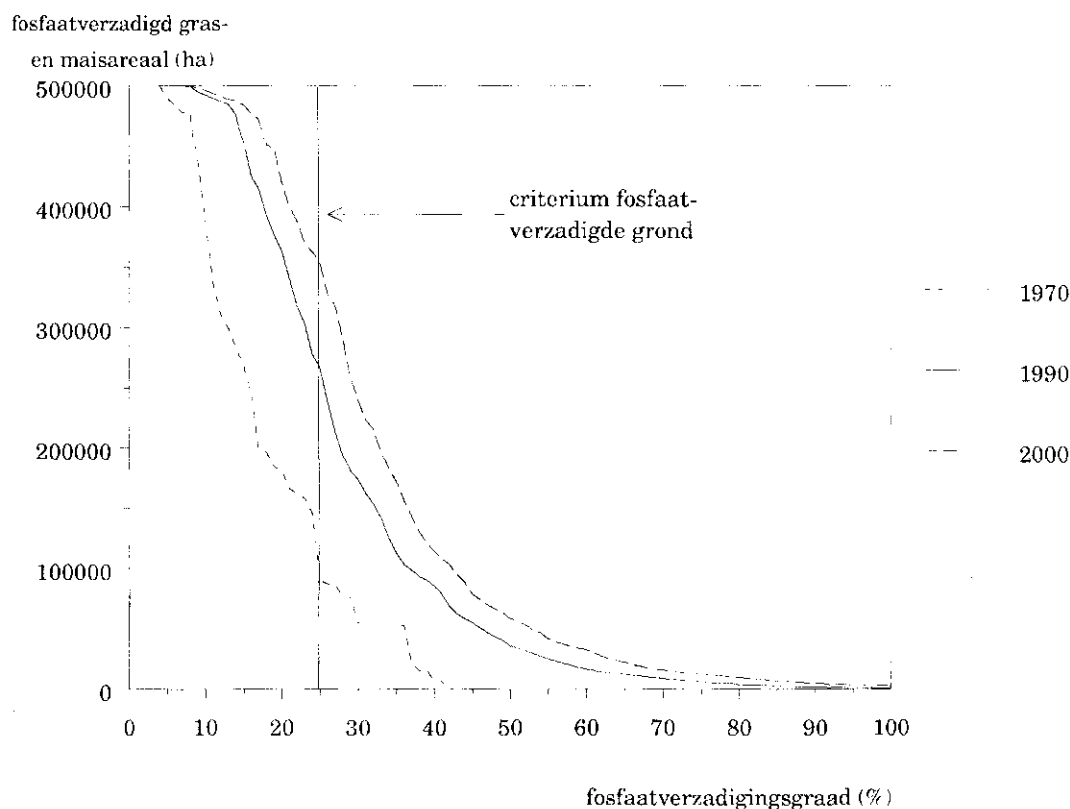


Figuur 4 Fosfaatverzadigingscurve voor gras- en maisland in het totale zandgebied.

Bij de waarde van 25%, die in het concept-protocol wordt gehanteerd, is in 1990 43% van het graslandareaal en 82% van het

maislandareaal fosfaatverzadigd. Het valt op dat ook bij grasland een aanzienlijk percentage fosfaatverzadigde grond voorkomt terwijl de belasting veel lager is geweest dan bij mais (tabel 2). Dit hangt samen met het feit dat grasland in verhouding tot maisland meer op de ondiep ontwaterde gronden voorkomt, die door de hogere grondwaterstand gevoeliger zijn voor fosfaatverzadiging en -uitspoeling (aanhangel 3a en 3b).

Uitgedrukt in procenten van het totale areaal gras plus mais bedraagt het fosfaatverzadigd areaal in 1990 53%. Dit komt overeen met 266 000 ha gras- en maisland. Uit fig. 5 is af te lezen dat het percentage verzadigd gras- en maisland nog op kan lopen tot 70% in het jaar 2000 wanneer de ruimte die de algemene norm biedt, zou worden opgevuld.



Figuur 5 Fosfaatverzadigingscurve voor het totale zandgebied in 1970, 1990 en 2000.

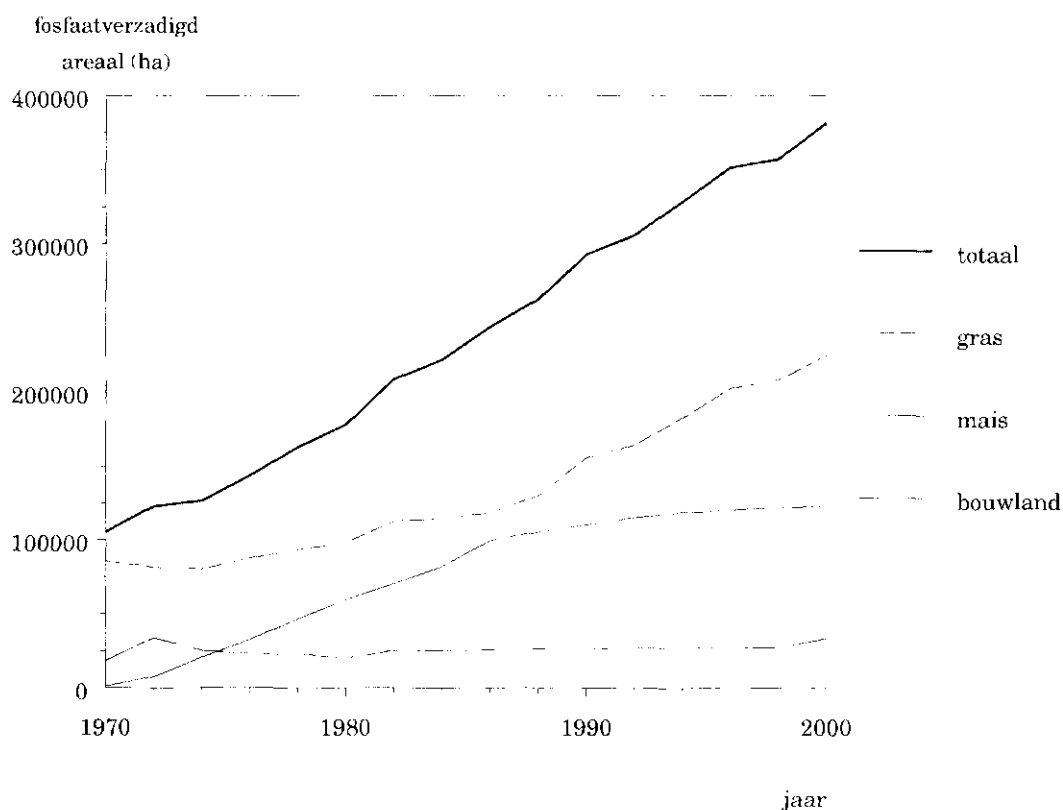
Volgens het criterium voor de aanvaardbare verzadigingsgraad dat in het concept-protocol wordt gehanteerd, was ook in 1970 reeds 18% van het huidige gras- en maisareaal fosfaatverzadigd. Dit betreft de oude cultuurgronden (enkeerdgronden, laarpodzolgronden, e.d.) die in vroegere eeuwen opgehoogd zijn met mest uit de potstal.

De fosfaatverzadigde oppervlakte varieert per landbouwgebied van ongeveer 0% (Veluwezoom, Land van Montfort) tot 80% (Westelijke Veluwe, Noordelijk en Zuidelijk Peelgebied) (aanhangel 5). Het hoge percentage in de laatstgenoemde gebieden is vooral een gevolg van de hoge fosfaatbelasting (fig. 2). Om dezelfde reden is het percentage fosfaatverzadigde gras- en maisgronden in het Oostelijk Zandgebied (44%; tabel 6) lager dan in het Centraal en Zuidelijk Zandgebied (59%).

Tabel 6 Fosfaatverzadigde oppervlakte in 1990 per zandgebied en bodemgebruiksvorm¹⁾.

Zandgebied	Bodemgebruik					
	mais		gras		totaal	
	ha	%	ha	%	ha	%
Oostelijk	7000	76	37000	33	44000	44
Centraal	35000	72	49000	57	84000	59
Zuidelijk	68000	87	70000	45	138000	59
Totaal	110000	82	156000	43	266000	53

1) procenten van het areaal per zandgebied



Figuur 6 Geschat verloop van de fosfaatverzadiging in het totale zandgebied in de periode 1970-2000.

De ontwikkeling van de fosfaatverzadigingstoestand in de periode 1970-2000 is weergegeven in fig. 6. Daarbij is per bodemgebruiksvorm voor elk jaar het percentage fosfaatverzadigd areaal omgerekend naar hectaren, door vermenigvuldiging met het areaal (gras-, mais- of bouwland) dat in dat jaar aanwezig was. Voor bouwland, dat nog niet in het model was opgenomen, is de schatting niet eerst per deelgebied uitgevoerd maar direct voor het hele zandgebied. Doordat er vóór 1986 ook grond uit cultuur is opgenomen treedt in deze periode soms ook een lichte daling op in het verzadigde areaal. Bij gras en maisland treedt echter een duidelijke netto toename van het verzadigde areaal op. Voor de periode 1986-2000 is het areaal van 1986 aangehouden en neemt het areaal overal toe. Bij maisland neemt het areaal van 1970 tot

1986 sterk toe, en daarna nog weinig omdat de meeste gronden al verzadigd zijn. Bij grasland is een voortdurende stijging waar te nemen, ook in de periode 1986-2000. Bij bouwland is het areaal over de gehele periode vrij konstant. Dit verschil hangt samen met het feit dat (overig) bouwland, net als maisland, op relatief minder kwetsbare (dieper ontwaterde) gronden voorkomt. Uit tabel 7 blijkt dat in 1990, naast ongeveer 270 000 ha gras- en maisland, ook nog 27 000 ha bouwland fosfaatverzadigd is. Het totale fosfaatverzadigde areaal kan nog toenemen van ongeveer 290 000 ha in 1990 tot 380 000 ha in 2000. Uitgedrukt in procenten gaat het om 50 resp. 66% van het "huidige" areaal cultuurgrond in de onderzochte gebieden (575 000 ha in 1986). De toename betreft vooral grasland (ca. 70 000 ha). Uit deze tabel blijkt verder dat het fosfaatverzadigde areaal op de oude cultuurgronden in 1970 reeds ongeveer 100 000 ha bedroeg.

Uit hoofdstuk 4 en par. 5.2 blijkt dat de onzekerheid in de schattingen van het fosfaatverzadigd areaal nog aanzienlijk is, maar wel staat vast dat het om een groot oppervlak gaat.

Tabel 7 Globale schatting van het fosfaatverzadigde areaal met de referentiemethode in 1970, 1990 en 2000.

Bodemgebruik	Jaar		
	1970	1990	2000
maisland	1 000	110 000	123 000
grasland	85 000	156 000	225 000
	86 000	266 000	348 000
bouwland	18 000	27 000	33 000
totaal	104 000	293 000	381 000

Daarbij moet echter worden opgemerkt dat een deel van de verzadigde gronden voorkomt in gebieden met een lage grondwaterstand.

In deze gebieden is de werkelijke grondwaterstand vaak (aanzienlijk) lager dan 1 meter beneden maaiveld. Wanneer hier de werkelijke GHG zou worden aangehouden voor de berekeningen, daalt het totale fosfaatverzadigde areaal in 1990 en 2000 met ruim 50 000 ha tot respectievelijk 236 000 en 328 000 ha.

5.2 Berekeningsvarianten

De resultaten van de berekeningsvarianten zijn weergegeven in de vorm van procentuele verschillen in verzadigde arealen ten opzichte van de referentiemethode voor de jaren 1990 en 2000 (tabel 8). Het verzadigde areaal blijkt niet erg gevoelig te zijn voor de wijze waarop de Al_{ox} - en Fe_{ox} -gegevens zijn verwerkt voor de berekening van het fosfaatbindend vermogen. Anders gezegd: de bodemkundige onzuiverheden die binnen een kaarteenheid voorkomen hebben relatief weinig invloed. De GHG blijkt daarentegen een zeer groot effect te hebben. Bij een daling van 20 cm neemt het areaal met 33% af in 1990. Dit laat zien dat het belangrijk is bij de aanwijzing van gebieden goede en actuele grondwaterstandsgegevens te gebruiken. De grootste verschillen ten opzichte van de referentiemethode treden op bij het fosfaatgehalte in 1970. Op grond van de recent beschikbaar gekomen BIS-gegevens zou het areaal in 1990 met 45% toenemen. De schattingen met behulp van literatuurgegevens over de bemesting vóór 1970 geeft zelfs een toename met 59% te zien. Het hanteren van een maximum voor de bemesting van mais leidt voor het hele zandgebied tot een zeer geringe toename van verzadigd areaal. Bij de mestafvoer geeft de berekeningsvariant geen verschil te zien ten opzichte van de referentiemethode. Bij de rekenmethode treedt wel een duidelijk effect op. Wanneer niet met gemiddelde waarden wordt gerekend, maar met de kans dat de verzadigingsgraad van 25% wordt over-

schreden, daalt het areaal in 1990 met 33%. Dit hangt samen met het feit dat de verzadigingsgraad gemiddeld groter is dan 25%. Wanneer in dit geval met de verdeling van de waarden wordt gerekend ligt een deel ervan altijd beneden de waarde van 25%.

Tabel 8 Procentuele verschillen in fosfaatverzadigd areaal ten opzichte van de referentiemethode voor verschillende berekeningsvarianten.

Variant nr.	Wijziging betreft	Jaar	
		1990	2000
1	fosfaatbindend vermogen	+ 6	+ 3
2	GHG ¹⁾	-33	-38
3a	fosfaatgehalte in 1970 (BIS-gegevens)	+45	+25
3b	idem (uit bemestingsgegevens)	+59	n.b.
4	bemestingsnorm mais	+ 4	+ 2
5	mestafvoer	0	0
6	rekenmethode	-13	-20

1) daling van de GHG met 20 cm.

De berekeningsvarianten laten duidelijk zien dat in de schattingen met de referentiemethode nog een aanzienlijke fout kan zitten. Daarbij zijn een aantal tegengesteld werkende effecten aanwezig. Het fosfaatgehalte is bij de referentiemethode onderschat, zoals in hoofdstuk 4 is gebleken, en daardoor ook het fosfaatverzadigd areaal. De rekenmethode en de veronderstelde GHG-daling van 20 cm geven daarentegen een overschatting van het areaal. Hoe groot het areaal in werkelijkheid is, hangt daardoor vrij sterk af van de mate waarin de GHG gedaald is ten opzichte van het moment dat de bodemkaart is opgenomen.

De belangrijkste conclusies uit het onderzoek kunnen als volgt worden samengevat:

1. Het areaal fosfaatverzadigde gronden bedraagt in 1990 volgens de referentiemethode ongeveer 270 000 ha gras- en maisland en 27 000 ha bouwland. Dit areaal is veel hoger dan in 1986 werd berekend omdat:
 - naast maisland ook grasland en bouwland in de berekeningen is meegenomen;
 - in het concept-protocol scherpere criteria voor een fosfaatverzadigde grond worden gehanteerd (25% verzadiging in plaats van 100% en een referentiediepte gelijk aan de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) in plaats van 50 cm boven de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG)).
2. Het totale verzadigde areaal kan volgens de referentiemethode nog toenemen tot ca. 380 000 ha in het jaar 2000. Dit betreft voornamelijk grasland (70 000 ha).
3. Volgens de referentiemethode was in 1970 ook reeds ongeveer 100 000 ha fosfaatverzadigd. Dit betreft de oude cultuurgronden die in vroegere eeuwen opgehoogd zijn met dierlijke mest uit de potstal.
4. Uit de toetsing van de modelberekeningen voor de Westelijke Veluwe met meetgegevens uit het gebied van de Schuitenbeek blijkt dat de fosfaatbelasting van de bodem in 1970 bij de referentiemethode werd onderschat. Dit komt in de eerste plaats door het feit dat de productie van dierlijke mest per oppervlakte-eenheid in de Westelijke Veluwe vóór 1970 hoger was dan in andere gebieden. Daarnaast is vermoedelijk het totale gebruik van kunstmest en dierlijke mest vóór 1970 in

alle gebieden hoger geweest dan aanvankelijk is geschat.

5. De berekeningsvarianten tonen voor mais- en grasland aan dat er een aanzienlijke fout in de schattingen met de referentiemethode kan zitten. De schattingen zijn enerzijds vermoedelijk te laag omdat de fosfaatbelasting voor 1970 werd onderschat. Anderzijds kan het verzadigde areaal in werkelijkheid lager uitvallen wanneer rekening wordt gehouden met de effecten van grondwaterstands dalingen in het recente verleden en de spreiding in het fosfaatbindend vermogen van bodemtypen en de fosfaatbelasting per bodemgebruiksvorm.

LITERATUUR

Bogaerds, N., 1961. Statistisch overzicht van de uitkomsten van landbouwbedrijven 1960/1961. LEI, Bedrijfeconomische mededelingen, No. 41.

Breeuwsma, A. en O.F. Schoumans, 1986. Ophoping en uitspoeling van fosfaat in de bodem van mestoverschotgebieden. Bodem-beschermingsreeks nr. 9. Ministerie Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Staatsuitgeverij.

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.

Bannink, niet gepubl.

Centraal Bureau voor de Statistiek, 1974. Produktie van dierlijke mest 1950-1974. Den Haag, Staatsuitgeverij.

Hupkes, C.M. en Riemsdijk, J.F. van, 1952. Uitkomsten van gemengde bedrijven op zandgrond over 1948/1949 t/m 1950/1951. LEI, Bedrijfeconomische mededelingen, No. 6.

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, 1978. Mest- en gier-verspreiding op landbouwgrond in de EG. Commissie van de Europese Gemeenschappen, Informatie over Landbouw 47.

Kuperus, J.A., 1957. Statistisch overzicht van de uitkomsten van landbouwbedrijven 1955/1956. 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. Reeks Bodembescherming nr. 9, Staatsuitgeverij, Den Haag.

Pape, J.C., 1972. Oude landbouwgronden in Nederland. Boor en Spade 18, Mededelingen Stichting voor Bodemkartering, Uitg. Veenman en Zonen, Wageningen, 85-115.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, 1989. De kwaliteit van het grondwater in Nederland. Bilthoven, RIVM, Rapport nr. 728820001.

Schoumans, O.F., W. de Vries en A. Breeuwsma, 1986. Een fosfaat-transportmodel 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.

Zee, S.E.A.T.M. van der, 1988. Transport of reactive contaminants in heterogeneous soil systems. Dissertatie Landbouwuniversiteit Wageningen.

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, Landbouwuniversiteit Wageningen.

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, Landbouwuniversiteit Wageningen.

Niet gepubliceerde bronnen

Bannink, J.F. Overzicht geanalyseerde fosfaatgehalten van de bodem in natuurgebieden. Oud-onderzoeker afdeling Landschap (STIBOKA).

AANHANGSEL 1



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

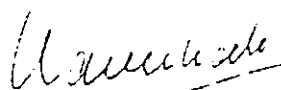
In het concept protocol wordt uitgegaan van de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) als referentiediepte. De commissie kan hiermee instemmen. Zij gaat daarbij uit van de volgende definitie:

"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 Duijvenbouden (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

Bemestingsnormen en volgorde van de afvoer en toewijzing van dierlijke mest aan de gewassen voor de referentiemethode en twee varianten in de berekeningswijze.

Gewas	Bemestingsnormen (kg P ₂ O ₅ per ha per jaar)		
	referentiemethode	variant 4	variant 5
-	-	-	afvoer vast percentage v/d productie
gras	40 gve + 40,6 - 8,1 gve ¹⁾	als 0	als 0
mais	235 ²⁾	als 0	als 0
ov. bouwland	200 ²⁾	als 0	als 0
gras	20 ³⁾	als 0	als 0
-	afvoer per ha maisland in 1982 x maisareaal in jaar X	-	-
gras	20,3 - 4,1 gve ⁴⁾	als 0	als 0
mais	100% van resterend overschot	max. 500	als 0
gras	0%	resterend overschot	als 0

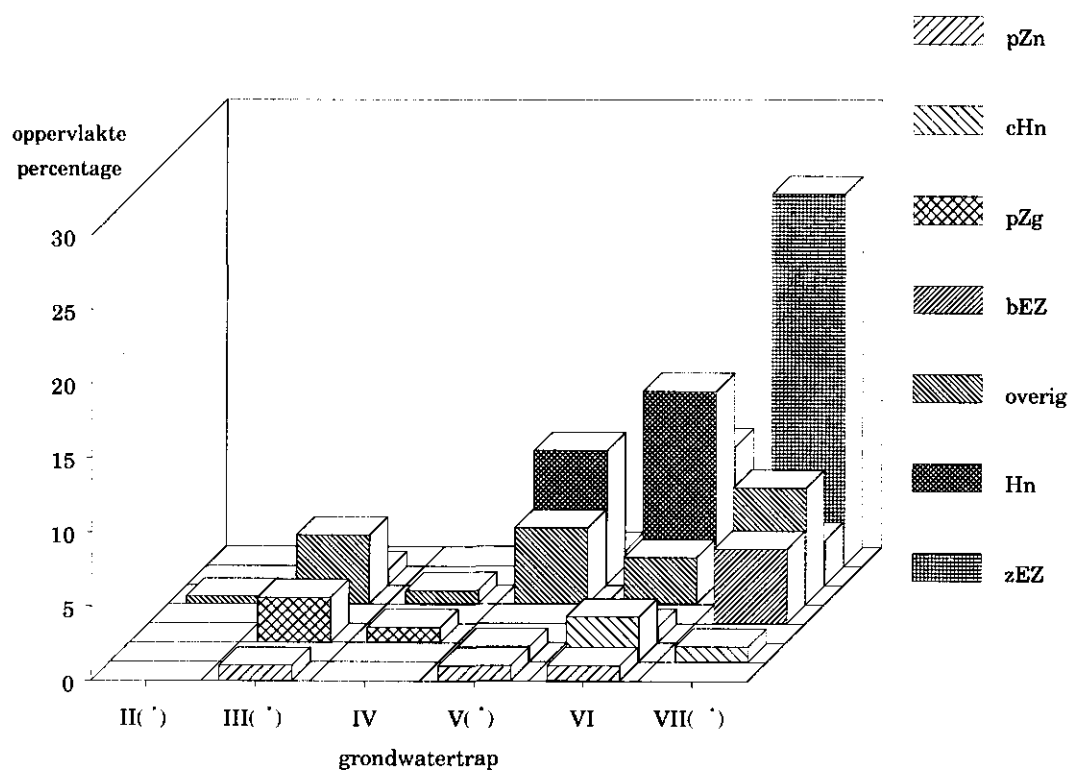
1) K-behoefte grasland (40 gve via rundveedrijfmest,
40,6 - 8,1 gve via varkensdrijfmest).

2) N-behoefte maisland resp. bouwland.

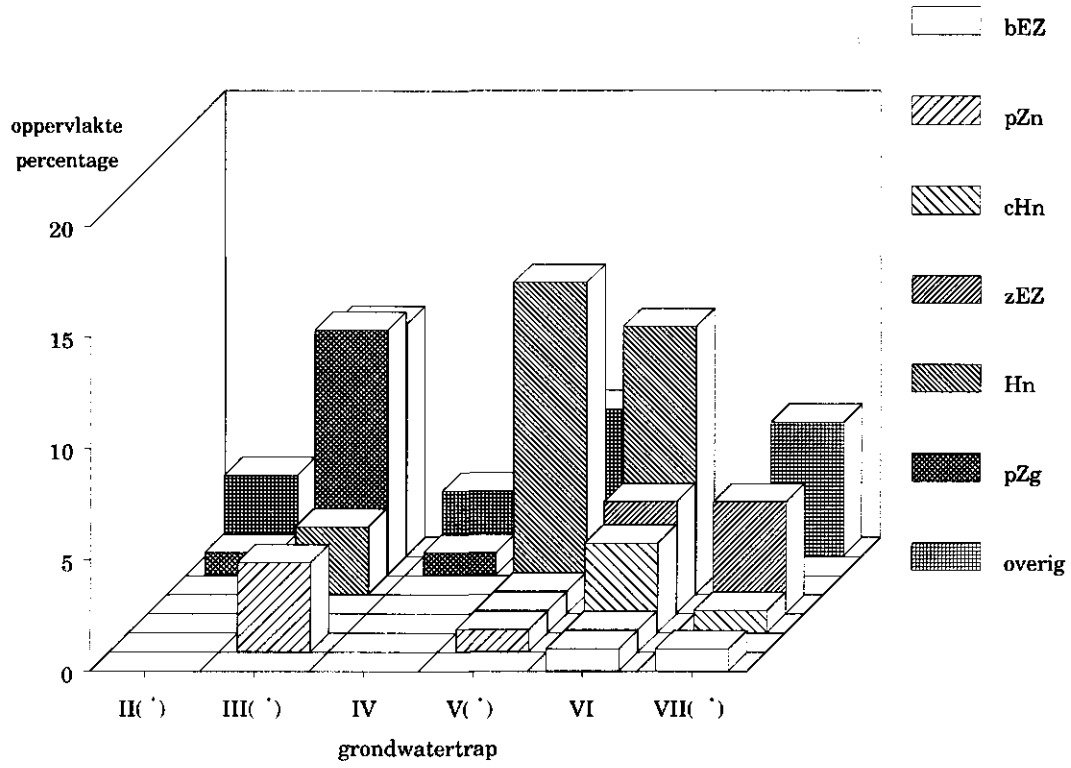
3) extra gift bij scheuren.

4) 50% extra K in de vorm van varkensdrijfmest.

AANHANGSEL 3a Procentuele verdeling van kaartenheden onder bouwland.



AANHANGSEL 3b Procentuele verdeling van kaarteenheden onder grasland.



AANHANGSEL 4

Indeling van grondwatertrappen (Gt's) en gehanteerde waarden voor de GHG (gemiddeld hoogste grondwaterstand)

Gt-code	GHG	GLG	gehanteerde GHG ¹⁾
	(cm - mv)		
IIa	< 40	50- 80	21
IIb	25- 40	50- 80	39
IIIa	< 25	80-120	28
IIIb	25- 40	80-120	32
IV	> 40	80-120	34
Va	< 25	> 120	33
Vb	25- 40	> 120	44
VI	40- 80	> 120	54
VII	80-140	> 120	100 ²⁾
VII*	> 140	> 120	100 ²⁾

1) mediaanwaarden van Gt-kaartenheden uit BIS

2) volgens concept-protocol (Van der Zee et al., 1990b)

AANHANGSEL 5

Fosfaatverzadigde oppervlakte in 1990 per bodemgebruiksvorm en landbouwgebied.

Zandgebied	Fosfaatverzadigd oppervlakte					
	mais		gras		totaal	
	ha	%	ha	%	ha	%
<u>Oostelijk Zandgebied</u>						
Salland en Twente	18990	71	26250	31	45230	41
Noordelijke Achterhoek	9610	85	14180	36	23790	47
Zuidelijke Achterhoek	5560	85	6630	36	12200	49
Oude IJssel-gebied	950	48	2100	34	3050	38
<u>Centraal Zandgebied</u>						
Noordelijke Veluwe	190	50	2750	35	2940	36
Westelijke Veluwe	4360	91	19920	78	24280	80
Oostelijke Veluwe	940	47	3290	29	4230	31
Veluwezoom	0	0	120	3	120	2
Zandgebied	1120	98	8560	86	9670	87
Heuvelrug	600	70	1840	38	2440	43
<u>Zuidelijk Zandgebied</u>						
Rijk van Nijmegen	320	43	490	16	820	21
Land van Bergen op Zoom	350	50	230	26	580	37
Noordwestelijke Zandgronden	3040	81	6440	61	9480	66
Land van Breda	2380	83	4400	42	6780	51
Westelijke Kempen	6070	92	6380	40	12450	55
Meijerij	16880	96	16900	48	33780	64
Oostelijke Kempen	9920	96	7080	41	17000	62
Noordelijk Peelgebied	9870	92	12430	74	22300	81
Zuidelijk Peelgebied	6300	94	7020	67	13320	78
Land van Cuyk	1400	83	1050	30	2460	48
Westelijk Noord-Limburg	9490	96	6630	38	16120	59
Noordelijke Maasvallei	2100	41	920	9	3020	19
Land van Montfort	0	0	0	0	0	0

