Protocol voor het aanwijzen van percelen landbouwgrond die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Visserij en Voedselveiligheid in het kader van programma Mest en Mineralen

Protocol voor het aanwijzen van gronden die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat

Technische uitwerking

P.A.I. Ehlert
O.F. Schoumans
D.J. Brus
W.J.M. de Groot
R. Visschers
M. Pleijter

Alterra-rapport 1201

Alterra, Wageningen, 2005

REFERAAT

Ehlert, P.A.I., Schoumans, O.F., Brus, D.J., Groot, W.J.M., Visschers, R. en Pleijter, 2005. *Protocol voor het aanwijzen van gronden die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm. Technische uitwerking.* Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1201. 126 blz.; 8 fig.; 21 tab.; 52 ref.

Een beleidsvoornemen is om binnen afzienbare tijd het fosfaatkunstmestgebruik in Nederland samen met het fosfaat van dierlijke mest te reguleren. Een stelsel van gebruiksnormen voor fosfaat uit dierlijke mest, overige organische meststoffen en kunstmest zal worden ingevoerd. Dit stelsel gaat ervan uit dat de bodem niet fosfaatarm is. Voor fosfaatarme gronden wordt een voorziening getroffen. Dit rapport behandelt deze voorziening. Een protocol voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat is opgesteld. Dit rapport geeft de technisch-wetenschappelijke achtergronden bij het protocol. Het protocol is getest in de praktijk. Op basis van de technisch-wetenschappelijke achtergronden en de ervaringen met de test in de praktijk worden opties voor beleidskeuzen gegeven.

Trefwoorden: bemonsteringsstrategie, bouwland, gebruiksnorm, gestratificeerde steekproef, grasland, grondonderzoek, fosfaat, fosfaatbindende bodembestanddelen, fosfaattoestand, fosfor, kunstmest

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 25,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 1201. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2005 Alterra
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

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

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

[Alterra-rapport 1201/07/2005]

Inhoud

Woord vooraf 7

Samenvatting 9

1 Inleiding 11

2 Protocol voor het aanwijzen van percelen die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaatbemesting 13
2.1 Leeswijzer 13
2.2 Beschrijving van het protocol 13

3 Toelichting op het protocol 21
3.1 Doel 21
3.2 Principe 21
3.3 Toepassingsgebied 22
3.4 Definities 22
3.5 Verwijzingen 23
3.5.1 Verwijzing naar ander protocollen 23
3.5.2 Verwijzing naar andere normstellende documenten 24
3.6 Benodigdheden 24
3.6.1 Apparatuur 24
3.6.2 Hulpmiddelen 24
3.7 Werkwijze 25
3.7.1 Bemonstering van het perceel landbouwgrond 25
3.7.2 Voorbehandeling van de grondmonsters 26
3.7.3 Fysisch-chemisch grondonderzoek 26
3.7.4 Toetsing 26
3.8 Registratie van de gegevens 27

4 Landbouwkundige achtergronden 29
4.1 Fosfaattoestand 29
4.2 Waardering van de fosfaattoestand 31
4.3 Relatie tussen lage fosfaattoestand en opbrengst en kwaliteit 35

5 Milieukundige achtergronden 43
5.1 Fosfaatoverschotten bij opvolgen van bemestingsadviezen 43
5.2 Relatie tussen fosfaatoverschot en fosforconcentratie in bodemvocht 46

6 Toets van het protocol in de praktijk 53
6.1 Aanpak 53
6.2 Selectie 53
6.3 Grondmonsteronderzoek 54
6.4 Vragenlijst 55
6.5 Statistische verwerking 55
6.6 Algemene bevindingen 55

6.7 Wel of geen perceel met lage fosfaattoestand? Kiezen met een statistische toets. 57
6.7.1 Inleiding 57
6.7.2 Toetsing 58
6.7.3 Vergelijking van Pw-getal, P-AL-getal en PAE 59
6.7.4 Verandering in fosfaattoestand 59
6.7.5 Conclusies 65

7 Algemene beschouwingen en aanbevelingen 67
7.1 Grondslag 67
7.2 Methoden van chemisch grondonderzoek 68
7.3 Toetsingswaarden voor fosfaattoestand en fosfaatbindende bestanddelen 70
7.3.1 Opbrengstdervingen in relatie tot de fosfaattoestand 71
7.3.2 Fosfaatbindende bestanddelen in relatie tot uitspoeling 73
7.4 Grootte van de verhoogde gebruiksnorm 75
7.5 Uitvoering 75

Literatuur 77

Bijlagen

1 Vergelijking van strategieën voor het karakteriseren van de fosfaattoestand van percelen 83
2 Werkvoorschrift voor bepaling van het Pw-getal 93
3 Werkvoorschrift voor de bepaling van het P-AL-getal 97
4 Waardering fosfaattoestand voor boomkwekerijgewassen 101
5 Waardering fosfaattoestand voor teelt van buitenbloemen 103
6 Opbrengstderving door wijziging van de fosfaatadviesgift naar andere fosfaatgiften in procent voor enige akkerbouwgewassen, vollegrondsgroenten en bolgewassen 105
7 Fosfaatoverschot bij opvolgen van het bemestingsadvies voor grasland zonder klaver 109
8 Fosfaatoverschot bij het opvolgen van het bemestingsadvies voor grasland met klaver 111
9 Fosfaatoverschot bij het opvolgen van fosfaatbemestingsadviezen voor mais 113
10 Fosfaatoverschotten bij voedergewassen (voederbieten, graan voor GPS, luzerne) bij opvolgen van bemestingsadviezen 115
11 Fosfaatoverschotten bij verschillende bedrijfsystemen voor akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt en bloembollen (verfijnd) 117
12 Fosfaatoverschotten bij verschillende bedrijfsystemen voor akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt en bloembollen (forfaitair) 119
13 Fysisch chemische parameters van de percelen landbouwgrond 121
14 Analyseresultaten van de bemonsteringen volgens strategie B en C 123

Woord vooraf

Met de invoering van het stelsel van gebruiksnormen zal fosfaat uit kunstmest gaan meetellen. Gebruiksnormen houden geen rekening met de fosfaattoestand van de bodem. Bij fosfaatarme gronden worden volgens huidige bemestingsadviezen echter fosfaatgiften geadviseerd die hoger zijn dan voorgenomen gebruiksnormen. Daardoor kan invoering van het stelsel van gebruiksnormen op fosfaatarme gronden leiden tot lagere opbrengsten en vermindering van de gewaskwaliteit. Voor deze specifieke omstandigheid wordt overwogen een voorziening te treffen.

In opdracht van de Directie Landbouw van het Ministerie voor Landbouw, Natuur en Voedselveiligheid hebben medewerkers van Alterra in beeld gebracht hoe een voorziening hiervoor technisch-wetenschappelijk verantwoord vorm gegeven kan worden. Een aantal opties voor de uitvoering worden gegeven. Bij deze opties wordt ingegaan op landbouwkundige en milieuhygiënische randvoorwaarden. Het landbouwkundig belang is de randvoorwaarde bij de uitwerking geweest.

De informatie uit deze rapportage kan worden gebruikt om een ministeriële regeling gestalte te geven waarmee verantwoord percelen landbouwgrond kunnen worden aangewezen, die in aanmerking kunnen komen voor een verhoogde gebruiksnorm.

Het rapport is in korte tijd tot stand gekomen door collegiale samenwerking. Landbouwkundige adviezen zijn gegeven door ir. W. van Dijk en ir. P.H.M. Dekker van PPO-akkerbouw-'groene-ruimte'-vollegrondsgroente, dr.ir. H. Reuler PPO-bollen-en-bomen en ir. W. Voogt PPO-glastuinbouw. Adviezen over toepassing van GPS zijn gegeven door ir. M.R. Hoogerwerf en ing. Th.G.C. van der Heijden van Alterra. Adviezen over de NEN-voorschriften voor chemisch grondonderzoek op fosfaat werden gegeven door ir. J.A. Reijneveld van het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek en dr. ir. W.J. Chardon en dr. J. Harmsen van Alterra.

Dr.ir. W. J. Chardon en dr. J. Harmsen van Alterra voorzagen het manuscript van waardevolle kritische kanttekeningen. Aan allen zijn wij dank verschuldigd.

Samenvatting

Het gebruik van fosfaatkunstmest is tot op heden buiten de heffing van MINAS gehouden om op percelen met een lage fosfaattoestand en/of met fosfaatfixerende eigenschappen ruimte te geven voor aanvullende bemestingen (zgn. reparatie-bemesting of voorraadbemesting). Dergelijke aanvullende bemestingen zijn noodzakelijk omdat een te lage fosfaattoestand kan leiden tot verlies aan opbrengst en/of kwaliteit en daardoor verlies aan inkomen. Bemestingsadviezen houden rekening met de fosfaattoestand. Bij een lage waardering van de fosfaattoestand van de bodem wordt een (veel) hogere fosfaatgift geadviseerd dan met (oogst)producten wordt afgevoerd.

Een beleidsvoornemen is om een voorziening te treffen voor fosfaatarme gronden. Daartoe dienen gronden die fosfaatarm zijn eenduidig te kunnen worden geïdentificeerd. Om vanuit milieuoogpunt geen negatieve gevolgen te creëren door langdurig een te hoge fosfaataanvoer toe te laten, zal gemonitoord moeten worden hoe de fosfaattoestand zich in de tijd ontwikkelt, ten einde de duur van de toepassing van de verhoogde gebruiksnorm te begrenzen. Dit rapport gaat in op een technisch-wetenschappelijke verantwoorde voorziening om fosfaatarme gronden objectief te kunnen aanwijzen. De voorziening heeft de vorm van een protocol. Dit rapport geeft dit protocol, het wordt toegelicht en voorzien van de technisch-wetenschappelijke achtergronden.

Voor het protocol is een bemonsteringsstrategie ontworpen. Deze is gebaseerd op het opdelen van het perceel landbouwgrond in een aantal even grote blokken en het loten van bemonsteringspunten binnen een blok. Het aantal is afhankelijk van het areaal van het perceel landbouwgrond. Het protocol schrijft vervolgens voor hoe de grondmonsters genomen dienen te worden en welke behandelingen en fysisch-chemische analyses van toepassing zijn. Het protocol stelt de criteria en eisen voor de toetsing van de fosfaattoestand op basis van de uitslag van fysisch-chemisch grondonderzoek. De criteria en eisen zijn gebaseerd op landbouwkundige en milieukundige overwegingen. De achtergronden worden in dit rapport gegeven, de beleidskeuzes niet. Indien aan de criteria en eisen van het protocol voldaan wordt, dan kan het desbetreffende perceel landbouwgrond in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm.

Als uitgangspunt werd opgelegd dat het protocol het landbouwkundig belang dient. Daarom werd aangesloten bij de systematiek van vigerende bemestingsadviezen voor de sectoren grasland, voedergewassen, akkerbouwland, bloembolgewassen, groenteteelt, boomkwekerijgewassen, fruit en buitenbloementeelt. Het begrip fosfaatarme gronden wordt niet gebruikt bij huidige bemestingsadviezen. Er is daarom aangesloten op de waardering *laag* volgens deze bemestingsadviezen. Vervolgens werd in kaart gebracht wat de gevolgen zijn voor de fysieke opbrengst van andere fosfaatgiften dan de adviesgift. Tevens werden de fosfaatoverschotten berekend volgens een verfijnde systematiek en een systematiek gebaseerd op forfaitaire

fosfaatafvoer. Fosfaatoverschotten werden in verband gebracht met het vermogen van de bodem of fosfaat te binden. Relaties tussen fosfaatoverschot bij verschillende gehalten aan fosfaatbindende bestanddelen per bodemtype werden berekend op basis van een mechanistische procesformulering van fosfaatgedrag in de bodem. Toelaatbare overschotten werden afgeleid door de effecten van fosfaatoverschotten bij verschillende gehalten aan fosfaatbindende bestanddelen op wijzigingen in het fosfaatgehalte in bodemvocht te toetsen aan de norm voor zoet stagnant oppervlaktewater. Afhankelijk van het gehalte aan fosfaatbindende bestanddelen kan de hoogte van het fosfaatoverschot worden bepaald.

Voor het protocol werden vier bemonsteringsstrategieën ontworpen. Hiervan werden er twee in de praktijk getest op percelen landbouwgrond die in het seizoen 2003-2004 volgens onderzoek van het BLGG te Oosterbeek een fosfaattoestand met waardering *laag* hadden. Er werden twee bemonsteringsstrategieën getest. Percelen landbouwgrond werden opgedeeld in twintig even grote blokken en per blok werd vervolgens een bemonsteringspunt geloot. Per bemonsteringspunt werd één grondmonster gestoken; de grondmonsters werden vervolgens gemengd tot één mengmonster per perceel. Dit grondmonster werd in tweevoud geanalyseerd op Pw-getal, P-AL-getal, PAE en P-ox en als fosfaatbindende bestanddelen Al-ox en Fe-ox. Een tweede bemonsteringsstrategie is getest door percelen landbouwgrond in tien even grote blokken op te delen en per blok twee bemonsteringspunten te loten. Per landbouwperceel werden daardoor twee mengmonsters verkregen. In deze grondmonsters werden dezelfde parameters van chemisch grondonderzoek bepaald.

De bepaling van het P-AL-getal werd op het laboratorium nauwkeuriger vastgesteld dan het Pw-getal. Wordt echter ook de steekproeffout in beschouwing genomen, dan verschillen beide methoden niet meer. Bij een waardering *laag* gebaseerd op Pw-getal of P-AL-getal heeft PAE een hogere variatiecoëfficiënt.
Gegeven het werkelijke gemiddelde van de fosfaattoestand van het perceel landbouwgrond leiden een hogere toetsingswaarde, een hogere standaardafwijking en een lagere onbetrouwbaarheidsdrempel tot een groter aantal percelen dat in aanmerking komt voor een verhoogde gebruiksnorm.

Een aantal waarden voor fosfaattoestanden werd onderzocht op de consequenties voor de conclusie dat percelen landbouwgrond in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm. Percelen landbouwgrond met een waardering *laag* gebaseerd op het P-AL-getal komen eerder in aanmerking voor een verhoogde gebruiksnorm dan op basis van het Pw-getal.

Op basis van landbouwkundige en milieukundige achtergronden en de ervaringen met de test van het protocol in de praktijk zijn opties voor beleidskeuzes gegeven.

1 Inleiding

Een beleidsvoornemen is om binnen afzienbare tijd het fosfaatkunstmestgebruik in Nederland samen met het fosfaat van dierlijke mest te reguleren. Het gebruik van fosfaatkunstmest is tot op heden buiten de heffing van MINAS gehouden om op percelen met een lage fosfaattoestand en/of met fosfaatfixerende eigenschappen ruimte te geven voor aanvullende bemestingen (zgn. reparatiebemesting of voorraadbemesting). Dergelijke aanvullende bemestingen zijn noodzakelijk omdat een te lage fosfaattoestand kan leiden tot verlies aan opbrengst en/of kwaliteit en daardoor verlies aan inkomen. Bemestingsadviezen houden rekening met de fosfaattoestand. Daartoe wordt met specifieke methoden van grondonderzoek het deel van de totale voorraad bepaald dat beschikbaar is voor het gewas. Bij een lage waardering van de fosfaattoestand van de bodem wordt een (veel) hogere fosfaatgift geadviseerd dan met (oogst)producten wordt afgevoerd. De meststofresiduen blijven achter in de bodem en zullen op termijn de fosfaattoestand doen verhogen. Fosfaatfixerende gronden vormen daarop een uitzondering. Het fosfaatoverschot leidt bij fosfaatfixerende gronden in het algemeen niet tot een verhoging van de fosfaattoestand, dat wil zeggen dat deel van de totale voorraad fosfaat dat beschikbaar is voor het gewas. Fosfaatfixatie is een vorm van het vastleggen van fosfaat in slecht beschikbare vormen. Pas nadat het vermogen om fosfaat te fixeren verloren is gegaan zal overschot leiden tot een betere beschikbaarheid voor het gewas. Er is bij een gelijke fosfaattoestand echter geen onderscheid in meststofbehoefte tussen een fosfaatarme grond en een fosfaatfixerende grond (Schoumans e.a., 2004).
Een tweede beleidsvoornemen is om een voorziening te treffen voor fosfaatarme gronden. Daartoe dienen gronden die fosfaatarm zijn eenduidig te kunnen worden geïdentificeerd. Om vanuit milieuoogpunt geen negatieve gevolgen te creëren door langdurig een te hoge fosfaataanvoer toe te laten, dient tevens gemonitoord te worden hoe de fosfaattoestand in de tijd ontwikkelt. Er dienen dan een aantal zaken te worden geregeld.

Het begrip fosfaatarme gronden wordt niet gehanteerd bij bemestingsadviezen. Op basis van chemisch grondonderzoek wordt bepaald welke waardering de fosfaattoestand heeft en welke bemestingsgift daarbij past. De fosfaatbemestings-adviezen van de landbouwsectoren (grasland, akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt, bollenteelt, boomkwekerijgewassen, fruitteelt) verschillen in de grondslag en de klassering en waardering van de fosfaattoestand. Daardoor verschilt de getalswaarde voor waardering '*laag*' tussen de sectoren. Gedefinieerd moet worden wat in het kader van het beoogde protocol bedoeld wordt met een fosfaatarme grond ofwel een grond met een lage fosfaattoestand. Daarnaast wordt het begrip 'fosfaatfixerend' diffuus gebruikt en gedefinieerd. Ook dit aspect vraagt weging: dienen voor fosfaatfixerende gronden bijzondere bepalingen te worden gesteld? Tot slot zal vastgesteld moeten worden welke verruiming van de fosfaatgift toelaatbaar is. Voorstellen voor het definiëren van de begrippen 'laag', 'fosfaatfixerend' en 'reparatiegift' zijn opgesteld door Schoumans e.a. (2004). De voorstellen vergen in

het kader van het opstellen van een protocol een verdere invulling. De invulling heeft geresulteerd in een protocol voor het aanwijzen van gronden die in aanmerking komen voor verhoging van de gebruiksnorm voor fosfaat op landbouwpercelen. Dit rapport geeft de verantwoording van deze invulling. Het protocol schrijft de methoden voor en geeft de criteria op basis waarvan aangetoond kan worden of percelen landbouwgrond een lage fosfaattoestand hebben.

Dit protocol is alleen bestemd voor percelen landbouwgrond en wordt uitsluitend uitgevoerd op verzoek van de agrariër. De kosten van uitvoering zijn voor rekening van de agrariër. Het protocol bestaat uit:
- Doel
- Principe
- Toepassingsgebied
- Definities
- Verwijzingen
- Benodigdheden qua apparatuur en hulpmiddelen
- Werkwijze: bemonstering, voorbehandeling van grondmonsters, fysisch- chemisch onderzoek
- Toetsing
- Registratie van gegevens.

Dit rapport geeft de technische uitwerking als toelichting en verantwoording van het protocol. Hoofdstuk 2 beschrijft het protocol. Het protocol is nog niet voorzien van criteria voor fosfaattoestand, verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat en de invloed van fosfaatbindende bodemkenmerken, omdat de beleidskeuzes nog in het definitieve protocol verwerkt moeten worden. De toelichting op het protocol wordt in hoofdstuk 3 gegeven waarbij stapsgewijs de opbouw van het protocol wordt gevolgd. Daarop volgen de hoofdstukken met technische en wetenschappelijke achtergronden met betrekking tot de landbouwkundige (hoofdstuk 4) en milieukundige achtergronden (hoofdstuk 5). Hoofdstuk 6 behandelt de ervaringen met de toetsing van het protocol in de praktijk. Hoofdstuk 7 geeft opties voor invulling van de openstaande criteria en geeft de consequenties van de keuzes van een aantal aanbevelingen.

2 Protocol voor het aanwijzen van percelen die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaatbemesting

2.1 Leeswijzer

In dit hoofdstuk wordt het basisconcept van het protocol beschreven, omdat nog een aantal beleidskeuzes gemaakt moeten worden. Het protocol geeft alle opties. Na beleidsoverweging en daaruit volgende keuzes dient het protocol daarop te worden aangepast. Het betreft de nauwkeurigheid voor de GPS (A_{GPS}) , de kritische waarden voor Pw-getal (B_{Pw}), P-AL-getal (C_{PAL}), het feit of rekening gehouden moet worden met de eigenschappen van de bodem om fosfaat te binden ($D_{(Al+Fe)}$). In hoofdstuk 6 worden opties gegeven voor getalswaarden voor A_{GPS}, B_{Pw}, C_{PAL} en $D_{(Al+Fe)}$. Het protocol begint met wijzigingen.

2.2 Beschrijving van het protocol

Wijzigingen
Hier zullen de veranderingen worden aangegeven ten opzichte van een vorige versie van het voorschrift.

Doel
Het protocol is er op gericht om een lage fosfaattoestand van landbouwpercelen aan te tonen. Het protocol beschrijft het nemen van een representatief grondmonster en de methoden van chemisch grondonderzoek. Op basis daarvan dient uiteindelijk vastgesteld te worden of de fosfaattoestand zodanig laag is dat het perceel landbouwgrond in aanmerking komt voor een verhoogde gebruiksnorm. Mogelijke opbrengstdervingen worden daardoor zoveel mogelijk voorkomen, maar er wordt wel rekening gehouden met de milieukundige gevolgen die de rijksoverheid acceptabel en maximaal toelaatbaar acht.

Principe
De bouwvoor of zode van een perceel landbouwgrond wordt volgens een gestratificeerde aselecte steekproef bemonsterd. De strata worden gevormd door even grote, zo compact mogelijke blokken, zodat de bemonsteringspunten zo goed mogelijk worden verdeeld over het perceel. Op elk bemonsteringspunt wordt grond bemonsterd van de voorgeschreven bodemlaag. De hoeveelheid (volume) gestoken grond is gelijk voor alle bemonsteringspunten. De grond van de verschillende bemonsteringspunten wordt verzameld tot één mengmonster. Het mengmonster wordt volgens voorgeschreven methoden van grondonderzoek voorbehandeld en in duplo geanalyseerd op fosfaattoestand volgens aangewezen methoden van grondonderzoek. De resultaten van het chemisch grondonderzoek worden vervolgens getoetst aan een beoordelingskader. Het resultaat van toetsing wordt vastgelegd.

Het resultaat van opvolgen van het protocol is dat, indien aan de criteria en de zorgvuldigheidswaarborgen wordt voldaan, wetenschappelijk verantwoord wordt vastgesteld of een perceel landbouwgrond in aanmerking komt voor een verhoogde gebruiksnorm.

Het protocol geeft uitsluitsel of een verhoogde gebruiksnorm toegestaan kan worden, gelet op de fosfaattoestand (fosfaatarm/laag/voldoende) en het fosfaatbindend vermogen van een perceel landbouwgrond. Het protocol geeft geen uitsluitsel over gevolgen van toepassing van de verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat en over noodzakelijke controles op de fosfaatvorm die mag worden gegeven zijnde mineraal fosfaat niet afkomstig van dierlijke mest of overige organische meststoffen.

Toepassingsgebied

Het protocol is uitsluitend van toepassing voor percelen landbouwgrond die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm voor kunstmestfosfaat vanwege het beantwoorden aan een criterium voor de fosfaattoestand (fosfaatarm/laag/ voldoende) en een criterium voor fosfaatbindend vermogen.

Definities

Fosfaatarm (of Lage fosfaattoestand bij waardering van de fosfaattoestand).
Fosfaattoestand van de bouwvoor of zode beneden een bij ministeriële regeling vastgestelde toetsingswaarde. Fosfaatarme percelen komen in aanmerking voor een verruimde gebruiksnorm.

Fosfaattoestand. De hoeveelheid fosfaat in de bouwvoor of zode bepaald met bij ministeriële regeling aangewezen methoden van grondonderzoek.

Fosfaatbindend vermogen. Het vermogen van de bouwvoor of zode om fosfaat te binden, bepaald met een bij ministeriële regeling aangewezen methode van grondonderzoek op aluminium en ijzer.

Perceel. Topografische eenheid landbouwgrond die door wegen, waterwegen, sloten, houtopstanden, muren, wallen of anderszins begrensd wordt.

Landbouwgrond: Conform MW: grond waarop enige vorm van akkerbouw, veehouderij, - daaronder begrepen intensieve veehouderij – tuinbouw – daaronder begrepen fruitteelt en het kweken van bloemen, planten, bloemen en bloembollen – en bosbouw die aan bij ministeriële regeling gestelde regels voldoet, wordt uitgeoefend.

Gestratificeerde aselecte steekproef: Steekproefopzet waarbij het perceel landbouwgrond in n (n = aantal bemonsteringspunten) even grote, zo compact mogelijke geografische blokken (strata) wordt onderverdeeld en uit elk blok volledig aselect één bemonsteringspunt wordt gekozen.

Toetsingswaarde: een getalsmatig uitgedrukte waarde voor de fosfaattoestand waarboven het perceel niet in aanmerking komt voor verhoging van de gebruiksnorm.

Bemonstering van het perceel landbouwgrond: Bemonsteren van door de gestratificeerde aselecte steekproef aangewezen bemonsteringspunten

Verwijzingen

Verwijzing naar andere protocollen

De onderstaande andere protocollen zijn van toepassing:

- Voor de keuze van de boor voor bemonsteren van de bodemlagen 0-10 of 0-25 cm:
  NEN 5741 Bodem. Boorsystemen en monsternemingstoestellen voor grond, sediment en grondwater, die worden toegepast bij bodemverontreinigings-onderzoek. Alleen de onderdelen die betrekking hebben op de bemonstering van de genoemde bodemlagen zijn relevant.
- Het voorbehandelen van grondmonsters voor fysisch-chemische analyses NEN 5751. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft.
- Bepaling van ijzer, aluminium en fosfor in ammoniumoxalaat-oxaalzuur-extract ten behoeve van het vaststellen van de fosfaatverzadiging, NEN 5776. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft.
- Concept ontwerp. NEN 5799 'Bodem – Bepaling van de intensiteit (Pw-getal) van fosfaat in grond'. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft. Doc. Nr.: 99-24.
- Concept ontwerp. NEN 5793 'De bepaling van fosfaat in grond extraheerbaar met een ammoniumlactaatazijnzuur buffer (P-AL)'. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft. Doc. Nr: 98-17.
- NEN 5799 en NEN 5793 geven de extractiemethode. Deze extracties vormen de kern van de uitvoering van het protocol voor het aanwijzen van gronden die fosfaatarm zijn. Daarnaast geven de protocollen het principe van de meting van fosfor in het extract. Dit principe is gebaseerd op klassieke colorimetrische bepalingsmethode. De essentie van de bepaling van fosfaat van het Pw-getal wordt gevormd door de analysemethode van Murphy & Riley (1962). De fosfaatbepaling in het extract van het PAL-getal berust op een fotometrische bepaling volgens de molybdeenblauwmethode. Hierop kunnen doorstroom-analysesystemen of doorstroominjectiesystemen worden toegepast.

Verwijzing naar andere normstellende documenten

Het toepassen van dit protocol dient uitgevoerd te worden door een organisatie (rechtspersoon) die aantoonbaar beschikt over, en voldoet aan een geaccrediteerde vorm van kwaliteitszorg ISO-9001. De voorbehandeling en fysisch-chemische analyses dienen uitgevoerd te worden door een geaccrediteerd laboratorium (ISO17025).

Benodigdheden

Apparatuur

De benodigde apparatuur bestaat uit:
- GPS
- Veldcomputer voorzien van software om het perceel landbouwgrond te verrasteren en de bemonsteringsplekken te loten.

Hulpmiddelen

Hulpmiddelen zijn:
- Top-10 vectorkaart.
- Piketten.
- Steekguts of edelmanboor met een voorgeschreven minimale grootte voor de verzameling van de voorgeschreven minimale hoeveelheid grond.
- Duimspatel.
- Verpakkingsmateriaal: plastic zakken of papieren zakken met een polyethyleen bekleding.
- Etiketten.

Werkwijze

Bemonstering van het perceel landbouwgrond

- Markeer de vormbepalende hoekpunten. Zoek het perceel op een Top-10 vectorkaart (TOP10NL).
- Registreer het landgebruik: grasland of bouwland.
- Bepaal de bemonsteringsdiepte op basis van het landgebruik. Op grasland is de bemonsteringsdiepte 10 cm, op bouwland 25 cm.
- Leg met GPS de omvang en vorm van het perceel vast. Controleer en verifieer de GPS data met de Top-10 vectorkaart. De afwijking van de GPS dient niet meer dan A_{GPS} te zijn.
- Bepaal de grootte van het perceel. Bepaal volgens tabel 1 het aantal blokken dat gelijk is aan het benodigde aantal bemonsteringspunten. Verdeel vervolgens het perceel landbouwgrond in het hiervoor bepaalde aantal blokken. De blokken dienen even groot en zo compact mogelijk te zijn. Deze onderverdeling van het perceel in blokken (stratificatie) wordt uitgevoerd met een softwareprogramma op de veldcomputer.
- Selecteer per blok volledig aselect één bemonsteringspunt. Lokaliseer deze punten met GPS en gebruik zonodig daarvoor de Top-10 vectorkaart.
- Ga met GPS naar het geselecteerde bemonsteringspunt.
- Indien een gelokaliseerd bemonsteringspunt buiten het perceel valt, bemonster dan een punt dat dichtbij binnen het perceel ligt.
- Selecteer een geschikte boor om de grondmonstername mee uit te voeren. Raadpleeg hiervoor indien nodig NEN 5741.

- Mijdt resten van (dierlijke) meststoffen of reststoffen. Het is toegestaan om 5 m af te wijken van het geselecteerde bemonsteringspunt om contaminatie met mest- en reststoffen te vermijden.
- Zorg ervoor dat de te gebruiken boor grondig is gereinigd alvorens deze wordt gebruikt. Grondresten van een ander perceel dienen afwezig te zijn.
- Bemonster met een geschikte boor grond tot 10 cm diepte op grasland en 25 cm diepte op bouwland. Tot de aangegeven diepte dient de boor volledig met grond gevuld te zijn.
- Trek de boor met grond uit de bodem en breng m.b.v. de bijbehorende duimspatel de grond over in een stevige plastic zak of een papieren zak met polyethyleen bekleding.
- Verzamel op deze wijze grond op alle *n* bemonsteringspunten en breng dit samen in een zak. De booromvang dient zo groot te zijn dat het mengmonster minimaal 1 kg weegt. Per steek dient minimaal circa 50 g grond te worden bemonsterd. Meestal volstaat een gutsboor. De omvang van het grondmonster van *n* bemonsteringspunten dient niet te groot te zijn, subbemonstering in het veld dient te worden uitgesloten. Eventueel wordt op een bemonsteringspunt twee maal een monster gestoken om de minimale hoeveelheid grond te verzamelen, maar dit dient dan op alle bemonsteringspunten te gebeuren. De bemonsteringspunten dienen maximaal 1 m van elkaar verwijderd te liggen binnen hetzelfde blok. Op alle bemonsteringspunten dient evenveel grond te worden verzameld!
- Bewaar het grondmonster in niet-luchtdicht afgesloten plastic zakken bij 0 - 8 °C) in het donker.
- Breng de grondmonsters over naar het laboratorium voor verdere behandeling.
- De maximum bewaartijd is onder deze condities op 3 maanden vastgesteld.

Tabel 1. Het benodigde aantal bemonsteringspunten als functie van het areaal van het perceel landbouwgrond.

Oppervlakte perceel	Aantal bemonsteringspunten
1 - 5 ha	20
5 -10 ha	22
10-20 ha	23
≥ 20 ha	24

Voorbehandeling van de grondmonsters

Behandel het grondmonster voor volgens NEN 5751.

Fysisch-chemisch grondonderzoek

Bepaal de fosfaattoestand volgens de voorgeschreven methode van grondonderzoek. Deze methode of methoden zijn afhankelijk van het landgebruik. Tabel 2 geeft aan welke methode van grondonderzoek gebruikt dient of dienen te worden.

Het grondmonster wordt in twee keer op de fosfaattoestand geanalyseerd. Het betreft twee onafhankelijke extracties en fosfaatmetingen.

Tabel 2 Methode van fysisch-chemisch grondonderzoek voor aangegeven vormen van landgebruik.

Landgebruik	Methode
Grasland	P-AL-getal
Voedergewassen	Pw-getal
Akkerbouw	Pw-getal
Vollegrondsgroenteteelt	Pw-getal
Bloembollen	Pw-getal
Boomteelt	P-AL-getal en Pw-getal
Fruitteelt	P-AL-getal
Buitenbloemen	P-AL-getal en Pw-getal

Bepaal het gehalte aan aluminium en ijzer volgens NEN 5776.

De analyseresultaten van grondonderzoek zijn:
- Uitslag Pw-getal: Pw-getal in mg P_2O_5 l^{-1} en/of
- Uitslag P-AL-getal: P-AL-getal in mg P_2O_5 $(100\ g)^{-1}$
- Uitslag Fe en Uitslag Al: Gehalte aan ijzer en aluminium extraheerbaar met ammoniumoxalaat – oxaalzuur uitgedrukt in mmol kg^{-1}

Toetsing
Bereken grenswaarde:
Grenswaarde Pw-getal = Uitslag Pw-getal + $z_{1-\alpha} * \sqrt{(v_{tot,Pw})}$ (mg P_2O_5 l^{-1})

Grenswaarde P-AL-getal = Uitslag P-AL-getal + $z_{1-\alpha} * \sqrt{(v_{tot,PAL})}$ (mg P_2O_5 $(100\ g)^{-1}$)

Grenswaarde M = Uitslag Fe + Uitslag Al + $z_{1-\alpha} * \sqrt{(v_{tot,Fe+Al})}$ (mmol kg^{-1})

Hierin is $z_{1-\alpha}$ het (1-α)-percentiel van de standaard normaal verdeelde variabele, v_{tot} de variantie van de totale fout (steekproeffout + laboratoriumfout) in het geschatte perceelsgemiddelde.

De rekenregels worden gegeven in bijlage 1. Deze rekenregels worden in het definitieve protocol te worden opgenomen.

NB 1. Er dient nog gekozen te worden voor de onbetrouwbaarheidsdrempel α (de maximale kans dat ten onrechte wordt geconcludeerd dat de fosfaattoestand laag is): 10% of 5%.

NB 2. De toetsingsregels vragen nadere uitwerking en toelichting zodat derden ermee kunnen rekenen.

Vergelijk grenswaarde Pw-getal met toetsingswaarde Pw-getal (B_{Pw} mg P_2O_5 l^{-1})

en/of

Vergelijk grenswaarde P-AL-getal met toetsingswaarde P-AL-getal
(C_{PAL} mg P_2O_5 $(100\ g)^{-1}$)

Indien de grenswaarden van Pw-getal en/of P-AL-getal de toetsingswaarden onderschrijden, vervolg dan met:

Vergelijk grenswaarde M met toetsingswaarde M ($D_{(Al+Fe)}$ mmol kg^{-1}).

Indien de grenswaarde lager is dan de aangegeven toetsingswaarden voor de fosfaattoestand en M hoger is dan de toetsingswaarden voor het aandeel fosfaatbindende bestanddelen bepaald door aluminium en ijzer, dan komt het perceel in aanmerking voor de verhoogde gebruiksnorm.

Registratie van de gegevens

- Registreer de exacte locatie van het perceel op basis van de vormbepalende hoekpunten met behulp van de GPS-data. Gebruik hiertoe zonodig een topografische kaart met behulp van de Top-10 vectorkaart.
- Registreer in het logboek het aantal steken dat werd genomen en maak een schema of tekening van de bemonsteringslocaties die werden gekozen of registreer de bemonsteringspunten die met GPS opgezocht zijn.
- Registreer in het logboek de wijze waarop de monsters gecodeerd zijn.
- Registreer de waarnemingen die mogelijk van grote invloed kunnen zijn op de uitkomsten van het onderzoek.

Literatuur

- Brus, D.J. & L.E.E.M. Spätjens, 1997. Een nieuwe steekproefstrategie voor de inventarisatie van de fosfaattoestand van percelen; voorspelling van nauwkeurigheid en kosten. Wageningen, SC-DLO, 1997. Rapport 516.1, 49 blz.
- Brus, D.J., L.E.E.M. Spätjens & J.J. de Gruijter, 1999a. A sampling scheme for estimating the mean extractable phosphorus concentration of fields for environmental regulation. Geoderma 89, 1/2: 129-148.
- Brus, D.J., W.J.M. te Riele & J.J. de Gruijter, 1999b. Een nieuwe steekproef-strategie voor de inventarisatie van de fosfaattoestand van percelen; validatie van het nauwkeurigheidsmodel. Wageningen, SC-DLO. Rapport 516.2, 29 blz.
- NEN 5741 Bodem. Boorsystemen en monsternemingstoestellen voor grond, sediment en grondwater, die worden toegepast bij bodemverontreinigings-onderzoek. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft.
- NEN 5751 Bodem. Het voorbehandelen van grondmonsters voor fysisch-chemische analyses. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft.
- NEN 5776. Bepaling van ijzer, aluminium en fosfor in ammoniumoxalaat-oxaalzuur-extract ten behoeve van het vaststellen van de fosfaatverzadiging. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft.
- NEN 5799 Concept ontwerp. 'Bodem – Bepaling van de intensiteit (Pw-getal) van fosfaat in grond'. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft. Doc. Nr.: 99-24.
- NEN 5793 Concept ontwerp. 'De bepaling van fosfaat in grond extraheerbaar met een ammoniumlactaat-azijnzuur buffer (P-AL)'. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft. Doc. Nr: 98-17.

- Ehlert, P.A.I., Schoumans, O.F., Brus, D.J., Groot, W.J.M. de, Visschers, R. en Pleijters, M., 2005. Protocol voor het aanwijzen van gronden die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat. Technische uitwerking. Alterra rapport 1201, Wageningen.

3 Toelichting op het protocol

Het protocol voor het aanwijzen van percelen die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm is in hoofdstuk 2 beschreven. In dit hoofdstuk wordt het protocol stap voor stap besproken. Het protocol berust op een wetenschappelijk verantwoorde bemonsteringsstrategie die afwijkt van de huidige bemonsteringspraktijk ten behoeve van bemestingsadvisering. De wetenschappelijke verantwoording van de bemonsteringsstrategie wordt gegeven in bijlage 1. Er is gekozen voor een gestratificeerde steekproef, gelet op het voorliggende onderzoek inzake het aanwijzen van fosfaatarme percelen van Brus en Spätjens (1997) en Brus e.a. (1999a en 1999b). Alternatieve methoden van bemonstering (bijvoorbeeld een gridbemonstering met een per perceel variabel aantal bemonsteringspunten) zijn in dit rapport niet uitgewerkt omdat de introductie van GPS in de praktijk van bemonsteringen verschillen tussen bemonsteringsstrategieën nivelleert.

3.1 Doel

Het protocol is er uitsluitend op gericht om op basis van een wetenschappelijk verantwoorde bemonsteringsstrategie en toetsingskader objectief aan te tonen dat een perceel landbouwgrond in aanmerking komt voor een verhoogde gebruiksnorm namelijk in geval de fosfaattoestand laag is. Dit wordt in het navolgende uitgewerkt.

3.2 Principe

Het principe van het protocol wordt hier gegeven. Aangegeven wordt wat bedoeld wordt met een gestratificeerde steekproef en hoe de procedure verloopt.

Er wordt gesproken van bemonsteringspunten omdat de monsternemer vrijheid gegund wordt in het kiezen van de bemonsteringsboor. Indien het volume van de boor te gering is om bijvoorbeeld met 20 steken tot 1 kg grond te komen, dan wordt toegelaten dat op dezelfde plek twee monsters gestoken worden. Belangrijk is dat per stratum en per bemonsteringsplek eenzelfde hoeveelheid grond wordt bemonsterd. Vandaar dat er niet gesproken wordt van steekpunten. Indien op een bemonsteringspunt meer dan één monster wordt gestoken, dan wordt opgelegd dat elders op dezelfde wijze en met gelijke volumina grond wordt bemonsterd.

Afbakening
In het protocol is de volgende afbakening opgenomen.

Het protocol geeft uitsluitsel over de waardering van de fosfaattoestand (fosfaatarm/laag/voldoende) van een perceel landbouwgrond. Het protocol geeft geen uitsluitsel over gevolgen van toepassing van de verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat en over noodzakelijke controles op de fosfaatvorm die mag

worden gegeven zijnde mineraal fosfaat niet afkomstig van dierlijke mest of overige organische meststoffen.

Deze afbakening geeft aan dat uitsluitend het vaststellen van de fosfaattoestand tot het werkgebied behoort.

3.3 Toepassingsgebied

Het protocol is uitsluitend van toepassing voor percelen landbouwgrond die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm voor kunstmestfosfaat vanwege het beantwoorden aan een criterium voor de fosfaattoestand (fosfaat-arm/laag/voldoende). Er zijn geen andere toepassingen voorzien van dit protocol.

3.4 Definities

Het protocol voert een aantal begrippen die in deze paragraaf van het protocol worden gedefinieerd. Alleen aangewezen methoden van grondonderzoek mogen worden toegepast om uitsluitsel te geven over de fosfaattoestand van het perceel landbouwgrond. Dit wordt in de definitie vastgelegd. Het betreft de volgende begrippen:

Bij *fosfaatarm* wordt het criterium of worden de criteria vastgesteld waaronder het perceel landbouwgrond in aanmerking komt voor de verruimde gebruiksnorm.

Bij *fosfaattoestand* wordt de methode of worden methoden van chemisch grond-onderzoek vastgesteld.

Ook het *fosfaatbindend vermogen* wordt door een voorgeschreven methode van chemisch grondonderzoek bepaald. De invloed van fosfaatbindende bodem-kenmerken wordt toegeschreven aan amorfe aluminium- en ijzerverbindingen.

In het protocol wordt het begrip *perceel* gehanteerd. De definitie van perceel is conform de Meststoffenwet (MW).

De definitie gaat uit van het deel van een topografische eenheid landbouwgrond dat wordt gebruikt. De topografische eenheid wordt begrensd dat door wegen, water-wegen, sloten, houtopstanden, muren, wallen of anderszins.

Gebruiksnormen hebben alleen betrekking op *landbouwgrond*. De definitie volgt de MW.

De bemonstering van het perceel landbouwgrond is gebaseerd op wetenschappelijke overwegingen die in bijlage 1 verwoord zijn. Daardoor is het begrip *gestratificeerde aselecte steekproef* geïntroduceerd. Deze bemonsteringsstrategie vormt de grondslag van het protocol. Het kernbegrip wordt dan ook gedefinieerd.

De toetsingswaarde geeft de getalswaarde voor de fosfaattoestand waarboven het perceel niet in aanmerking komt voor verhoging van de gebruiksnorm.

Dit protocol brengt onderscheid aan tussen huidige methoden van bemonstering van percelen landbouwgrond ten behoeve van bemestingsadvisering op basis van grondonderzoek, en een bemonstering ten behoeve van het vaststellen of een verhoogde gebruiksnorm. Er kan daardoor niet worden volstaan met het begrip 'bemonstering' omdat daardoor misvatting over de procedure kan ontstaan. Daarom wordt het begrip *bemonstering van het perceel landbouwgrond volgens een gestratificeerde aselecte steekproef* geïntroduceerd. De definitie volgt uit de stratificatie van percelen landbouwgrond en de voorgestelde wijze van bemonsteren.

3.5 Verwijzingen

Het protocol staat niet op zichzelf maar maakt gebruik van bestaande protocollen en concepten van protocollen. Er zijn verwijzingen naar andere protocollen en naar normstellende documenten.

3.5.1 Verwijzing naar ander protocollen

De verwijzing naar *NEN 5741 Bodem. Boorsystemen en monsternemingstoestellen voor grond, sediment en grondwater, die worden toegepast bij bodemverontreinigingsonderzoek* komt voort uit de overweging dat monsternemers instructie vragen over de grondboren. NEN 5741 geeft richtlijnen. Alleen die voor de bemonstering van de bodem van de bodemlagen 0-10 cm of 0-25 cm zijn relevant; overige richtlijnen zijn niet ter zake doende en derhalve uitgesloten voor het protocol.

Verder zijn er geen bijzondere voorbehandelingen van gestoken monsters nodig. Vandaar dat voor de monstervoorbehandeling volledig aangesloten kan worden bij NEN 5751.

De bepaling van de fosfaatbindende bodembestanddelen (som van $(Al+Fe)_{ox}$) volgt NEN 5776.

Voor de huidige methoden van chemisch grondonderzoek Pw-getal en P-AL-getal zijn conceptontwerpen NEN 5799 en NEN 5793 opgesteld. Definitieve NEN voorschriften ontbreken. De analysevoorschriften voor Pw-getal en P-AL-getal worden respectievelijk in bijlage 2 en 3 gegeven.

In paragraaf 3.7.1. wordt ingegaan op de bemonsteringsstrategie en de methode van bemonstering. Het gebruik van een GPS vraagt om instructie die door middel van een protocol gegeven kan worden. Ook de stratificatie en het loten van punten binnen de strata vraagt een werkinstructie en om reken- en lotingsprogrammatuur. Ook deze werkinstructie en de programmatuur (software) kunnen door middel van

een protocol gegeven worden. Deze mogelijke aanvullende protocollen blijven hier onbesproken omdat de ontwikkeling ervan niet tot de projectuitvoering behoren.

3.5.2 Verwijzing naar andere normstellende documenten

In deze subparagraaf worden regels gegeven voor betrokken monsternemer en laboratorium. De monsternemer behoeft niet te behoren tot het laboratorium dat de analyses uitvoert. Waarborgen voor een correcte uitvoering van de bemonstering en van de chemische grondanalyses worden gegeven door deze activiteiten uitsluitend over te laten aan gecertificeerde en/of geaccrediteerde instanties.

3.6 Benodigdheden

3.6.1 Apparatuur

Het toepassen van een gestratificeerde steekproef is mogelijk door gebruik van een GPS en een veldcomputer met daarop geëigende software.

In het huidige protocol worden wel deze begrippen gegeven maar er heeft nog geen invulling in detail plaats gevonden. Eisen te stellen aan de GPS en aan met name de software moeten nog opgesteld worden.

3.6.2 Hulpmiddelen

In deze subparagraaf worden de hulpmiddelen gegeven.

De Top-10 vectorkaart van de Topografische dienst (Top10VectorNL) wordt genoemd omdat daarmee een verantwoord hulpmiddel wordt verkregen om topografisch percelen landbouwgrond te lokaliseren. Gebruik van GPS kan een afwijking van deze Top-10 vectorkaart geven; de mate van de afwijking hangt af van de GPS. Ook de Top-10 vectorkaart kent een onnauwkeurigheid (standaardafwijking 2,5 m; pers. mededeling ir. M. Hoogerwerf) Daarnaast kunnen bomenrijen en niveauverschillen het digitaal vastleggen van het perceel landbouwgrond bemoeilijken of volledig uitsluiten. Ook hiervoor dient instructie gegeven te worden. Met de Top-10 vectorkaart kan het perceel landbouwgrond worden vastgelegd. Dit geeft een standaardisatie bij het digitaal vastleggen van het perceel landbouwgrond.

De Top-10 vectorkaart is niet vrij van interpretatie; ook wordt niet het meest actuele beeld gegeven. Afwijkingen komen voor. Er kan een voorziening getroffen worden om gebruik te kunnen maken van de Top-10 vectorkaart. Het gebruik brengt kosten met zich mee. Die kosten zijn afhankelijk van de grootte van het gebied. Indien geen gebruik gemaakt wordt van deze Top-10 vectorkaart zal de GPS nauwkeuriger moeten zijn. Er zijn hierbij dus verschillende denksporen mogelijk. Hierop wordt nader ingegaan in hoofdstuk 7.

De overige hulpmiddelen zijn bestemd om de bemonstering te faciliteren en de grondmonsters verantwoord te transporteren zonder risico op contaminatie met andere grond of stoffen. De gegeven hulpmiddelen zijn standaardhulpmiddelen bij bemonsteringen van percelen landbouwgrond.

3.7 Werkwijze

De werkwijze van de bemonstering van een perceel landbouwgrond is hier volledig uitgeschreven.

De beschrijving is geheel gebaseerd op de keuze voor bemonsteringsstrategie B (bijlage 1). Deze keuze is gemaakt door de Directie Landbouw na kennis genomen te hebben van bijlage 1.

3.7.1 Bemonstering van het perceel landbouwgrond

Bij de bemonstering van percelen landbouwgrond in de test (zie hoofdstuk 6) zijn ervaringen opgedaan die afweging vragen. Dit zijn:

- De bemonstering gaat uit van een toepassing van de Top-10 vectorkaart van de Topografische Dienst. Indien dit uitgangspunt niet wordt geaccepteerd in verband met de daaraan verbonden kosten, dan stelt dit hogere eisen aan de nauwkeurigheid van de GPS-apparatuur.
- Aan de GPS zullen criteria gesteld dienen te worden ten aanzien van de maximaal toegestane afwijking (bijvoorbeeld +/- 5 m).
- Vooruitlopend op de resultaten van de test: niet alleen vlakke percelen maar ook dijklichamen (beweiding van schapen) worden aangemeld voor fosfaatbemestingsadviezen. Dit levert een nieuw aandachtspunt op: in plaats van een 2-dimensionaal vlak wordt een 3-dimensionaal lichaam aangeboden voor bemonstering. Met het huidige protocol kan een dergelijk 3-dimensionaal lichaam niet verantwoord worden bemonsterd.
- Tabel 1 geeft een bereik in aantal bemonsteringspunten aan als functie van het areaal van het landbouwperceel. Het is wetenschappelijk verantwoord om bij kleine oppervlakten met minder bemonsteringspunten te volstaan. Bij grote oppervlakten moeten meer strata worden aangebracht. Indien volstaan dient te worden met één uniek getal voor aantal bemonsteringspunten, dan wordt dat bepaald door het grootste perceel. Dit leidt dan wel tot onnodig veel bemonsteringspunten op kleine percelen. Advies is om een naar areaal gedifferentieerd aantal bemonsteringspunten zoals in tabel 1 aangegeven op te nemen.
- In het protocol wordt opgelegd dat bouwland altijd tot 25 cm en grasland altijd tot 10 cm diepte wordt bemonsterd. Dit zijn gemiddelde waarden voor de gegeven sectoren. Te overwegen valt of grasland dat gescheurd is of gaat worden tot 25 cm te laten bemonsteren. Wat hiervan de precieze consequenties zijn voor de uitslag van het onderzoek, is niet exact aan te geven. Omdat het scheuren van grasland al over langere tijd uitgevoerd wordt, wordt verwacht dat er al een

verrijking met fosfaat van bodemlagen onder de laag 0-10 cm heeft plaatsgevonden. Een blokfront (0-10 cm zeer fosfaatrijk en 10-15 zeer arm aan fosfaat) is daardoor niet waarschijnlijk. Een diepere bemonstering dan 25 cm op bouwland is ongewenst, juist omdat dan gestuurd kan worden op fosfaatarmere bodemlagen onder de bouwvoor.

Er zijn in het protocol geen specifieke bepalingen opgenomen over het tijdstip waarop bemonsterd moet worden. Ongunstig gekozen tijdstippen van bemonstering zoals kort na het uitrijden van fosfaathoudende meststoffen zijn in het nadeel voor het in aanmerking komen voor de verhoogde gebruiksnorm. Dat sluit redelijkerwijs deze verstorende effecten uit. Bekalking kan met name op bouwland het Pw-getal verlagen. Vooralsnog is er geen criterium voor bekalking in het protocol opgenomen.

3.7.2 Voorbehandeling van de grondmonsters

De voorbehandeling van de grondmonsters volgt de standaardprocedure (NEN 5751).

3.7.3 Fysisch-chemisch grondonderzoek

In het concept protocol wordt uitgegaan van de bepaling van Pw-getal en P-AL-getal zoals die in de verschillende sectoren wordt toegepast. In hoofdstuk 7 wordt ingegaan op opties en alternatieven. Bijlage 2 geeft het werkvoorschrift voor Pw-getal, bijlage 3 geeft het werkvoorschrift voor het P-AL-getal.

NB. Deze werkvoorschriften voor Pw-getal en P-AL-getal dienen geactualiseerd te worden.

De methode van het kwantificeren van het gehalten aan Al_{ox} en Fe_{ox} als maat voor de fosfaatbindende bodembestanddelen volgt die voor het vaststellen van de fosfaatverzadigingsgraad NEN 5776.

Tot slot worden de dimensies van de analyseresultaten expliciet gegeven.

3.7.4 Toetsing

Deze paragraaf geeft de grondslag van de toetsing. De berekeningen worden gegeven. Hierbij is het begrip grenswaarde geïntroduceerd. De metingen zijn voorzien van onzekerheden (zie bijlage 1); hiermee wordt rekening gehouden. De toetsingswaarde is de norm voor een methode van grondonderzoek waaronder het perceel landbouwgrond in aanmerking komt voor een verhoogde gebruiksnorm. Om uit te sluiten dat gronden te zwaar belast worden met een fosfaatoverschot wordt een toetsingswaarde voor gronden met een te lage bindingscapaciteit gegeven. Voor opties wordt verwezen naar hoofdstuk 7.

De toetsingwaarden dienen nog te worden vastgesteld. Dit betreft een beleidsafweging.

Om de grenswaarde te kunnen berekenen dient een onbetrouwbaarheidsdrempel te worden gekozen. Het is in het voordeel van de agrariër om die laag te kiezen (0,05 in plaats van 0,10). Door de waarde 0,05 kunnen landbouwpercelen eerder in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm. Een waarde van 0,10 dient een milieukundig belang, percelen komen dan minder vaak in aanmerking voor een verruimde gebruiksnorm.

3.8 Registratie van de gegevens

De registratie van percelen landbouwgrond vraagt specifieke aandacht. In dit concept van het protocol zijn een drietal gegevens benoemd zoals die standaard bij bemonsteringsprocedures worden geregistreerd. Niet opgenomen zijn bepalingen die te maken hebben met handhaving en controle.

4 Landbouwkundige achtergronden

Dit hoofdstuk gaat in op enige algemene landbouwkundige achtergronden bij het aanwijzen van gronden die fosfaatarm zijn. Bemestingsadvisering kan gebaseerd zijn op chemisch grond- en gewasonderzoek. Chemisch grondonderzoek wordt in de landbouw toegepast om de bemestingsgiften te bepalen om zodoende de opbrengst en kwaliteit van het gewas te sturen. In het kader van dit rapport wordt geen aandacht besteed aan chemisch gewasonderzoek (bijv. bladanalyse), dit is ook een methode om bemesting af te stemmen op de nutriëntenbehoefte van het gewas. Het protocol is volledig gericht op grondonderzoek.

Het principe van chemisch grondonderzoek ten behoeve van bemestingsadvisering is eenvoudig. Op basis van een gekozen methode van chemisch grondonderzoek wordt bepaald hoeveel gewasbeschikbaar fosfaat in de bodem aanwezig is. Daarmee wordt de fosfaattoestand vastgelegd. Op basis van de calibratie van de gewasreactie op fosfaattoestand en fosfaatbemesting zijn waarderingsklassen opgesteld en bemestingsgiften afgeleid. Bemestingsgiften kunnen per klasse (een bereik in fosfaattoestanden) worden uitgebracht of per individuele waarde van grondonderzoek. Bij deze afleiding gelden de factoren: meststofvorm, wijze waarop de meststof wordt toegediend en het tijdstip waarop bemest wordt. In het kader van dit protocol hebben de wijze en het tijdstip waarop bemest wordt geen bijzondere invulling nodig. Het is in het eigen belang van de agrariër om zo efficiënt mogelijk de meststoffen toe te passen. Het protocol is bestemd voor een mogelijke verhoging van de gebruiksnorm voor fosfaat van kunstmeststoffen. Bij het vaststellen van fosfaatarme gronden is het relevant om invulling te geven aan de fosfaattoestand: wat wordt daarmee bedoeld en hoe wordt deze bepaald? Welke waardering wordt aan de fosfaattoestand gegeven en kunnen waarderingen die bij bemestingsadviezen worden toegepast gebruikt worden om invulling te geven aan het begrip fosfaatarme grond? Voor deze invulling dient informatie beschikbaar te zijn over de te verwachte opbrengstdervingen bij verschillende combinaties van fosfaattoestand en fosfaatbemestingen. In de volgende paragrafen wordt hierop ingegaan.

4.1 Fosfaattoestand

De bodem bevat veel meer fosfaat dan een gewas opneemt. Een groot deel van het in de bodem opgeslagen fosfaat kan niet direct door het gewas worden benut. Er is veel onderzoek naar de methode van grondonderzoek uitgevoerd teneinde dat deel van het fosfaat in de bodem te bepalen dat beschikbaar is voor het gewas (beschikbaarheidsindices). Dat heeft geleid tot een scala aan methoden voor chemisch grondonderzoek voor bemestingsadvisering. Alleen al in West-Europa worden 12 verschillende methoden toegepast (Neyroud & Lischer, 2003). Hierbij is nog geen rekening gehouden met modificaties per methode.

In Nederland wordt bij grondonderzoek ten behoeve van bemestingsadvisering een 1:60 (w/v) extractie met water (Pw-getal) en een 1:20 (w/v) extractie met gebufferde oplossing van ammoniumlactaat en azijnzuur (P-AL-getal) gehanteerd. Het Pw-getal is ontwikkeld door Sissingh (1971), het P-AL-getal door Egnér e.a. (1960). Dit zijn op dit moment de meest gebruikte methoden van grondonderzoek om de waardering van de fosfaattoestand van de bodem vast te stellen. Er zijn meer methoden in gebruik in Nederland. Te noemen zijn de recent ingevoerde PAE methode (1:10 (w/v) extractie met 0,01 M $CaCl_2$) en verder CAT (1:5 (w/v) extractie met 0,01 M $CaCl_2$+ 0.002 M DTPA) en Spurway (1:5 met 1% (w/v) azijnzuur). PAE is ontwikkeld door Houba e.a. (1990) en is in het seizoen 2004-2005 door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek (BLGG) te Oosterbeek ingevoerd. PAE vervangt ondermeer het Pw-getal. Via omrekening van PAE en P-AL-getal naar een berekend gemiddeld Pw-getal wordt echter nog gebruik gemaakt van de calibraties van de gewasreactie op fosfaattoestand gemeten als Pw-getal en fosfaatbemesting. Het aldus berekende Pw-getal bepaalt de bemestingsgift. Indirect zijn daardoor nog steeds de calibraties voor het Pw-getal van kracht zoals die voor invoering van PAE golden. De CAT methode van Alt en Peters (1993) is oorspronkelijk ontwikkeld voor substraten (potgrond), maar heeft belangstelling bij bijvoorbeeld de boomkwekerij. De Spurway methode (Spurway en Lawton, 1949) komt voort uit ecologisch onderzoek. De methode kent verschillende modificaties. Een verantwoording voor toepassing van CAT of Spurway in de Nederlandse landbouw en in het bijzonder de calibratie van de gewasreactie op fosfaattoestand en fosfaatbemesting zijn niet gerapporteerd in algemeen toegankelijke literatuur. P-AL-getal, PAE, CAT en Spurway zijn methoden van grondonderzoek waarmee in principe alle nutriënten in één extractie bepaald kunnen worden. Bij P-AL-getal wordt in Nederland van deze mogelijkheid geen gebruik gemaakt, in tegenstelling tot andere landen waar verschillende modificaties van het P-AL-getal in gebruik zijn (6 Europese landen/regio's).

In deze technische toelichting wordt uitgegaan van de in Nederland algemeen toegepaste methoden van grondonderzoek, te weten: Pw-getal en P-AL-getal. Er is daardoor een rechtstreeks verband aan te geven met effecten van gewijzigde bemesting op opbrengst (Pw-getal en P-AL-getal) en op overschotten aan fosfaat (Pw-getal). Bij de andere methoden van grondonderzoek ontbreekt informatie over deze effecten van wijziging in bemesting en fosfaattoestand op opbrengst en kwaliteit bij vollegrondsteelten (hieronder grasland inbegrepen). Indien in het protocol over fosfaattoestand wordt gesproken, dan wordt een fosfaattoestand bedoeld die met één van deze methoden is bepaald.

Pw-getal en P-AL-getal kennen een onderscheidenlijk gebruik. Op bouwland (akkerbouw, vollegrondsgroenten en bloembollen) wordt het Pw-getal toegepast, op grasland en bij fruitteelt wordt het P-AL-getal toegepast. Bij boomkwekerijgewassen en bij de teelt van buitenbloemen worden zowel het Pw-getal als het P-AL-getal toegepast (Aendekerk, 2000; Kreij, 1999).

4.2 Waardering van de fosfaattoestand

Het begrip fosfaatarme grond komt niet voor in vigerende bemestingsadviezen (Schoumans e.a., 2004). De fosfaattoestand van de grond wordt gewaardeerd op basis van chemisch grondonderzoek (Pw-getal, P-AL-getal). De waardering van de fosfaattoestand verschilt per sector in de begrippen die gehanteerd worden bij indeling in klassen en het bereik in getalswaarden per klasse. Het verschil in interpretatie van de analyseresultaten wordt veroorzaakt door:

- Het gewas.
- De aard van materiaal dat bemonsterd wordt: grond of gewas.
- Het type advies (bodemgericht, gewasgericht).
- De methode van calibratie van de gewasreactie op fosfaattoestand en fosfaatbemesting.
- De parameter waarmee de calibratie is uitgevoerd (fysieke opbrengst, relatieve opbrengst, economische opbrengst marktbaar product, kwaliteit inclusief fosforgehalte gewas).
- De condities die opgelegd zijn bij afleiding van adviezen (effect van plaatsing van fosfaatmeststof, fosfaatbalansen, grondsoort, bemonsterde laag etc.).
- Het uiteindelijke advies is niet louter gebaseerd op onderzoek maar kent ook ten behoeve van voorlichting en advisering één of meerdere technische vertaalslag(en) van resultaten van analyse en bewerking.

Deze verschillen tussen sectoren hebben geleid tot een onderscheidenlijke waardering van de fosfaattoestand van een grondsoort, tot verschillen in waardering tussen grondsoorten, en in de hoogte van de geadviseerde gift. In het navolgende worden deze verschillen samengevat. In het kader van dit protocol wordt uitgegaan van de huidige bemestingsadviezen.

Een overzicht van de waarderingen voor de fosfaattoestand, zoals die bij de verschillende sectoren worden gehanteerd, wordt gegeven in tabel 3. Fosfaattoestanden lager dan de waardering *voldoende* of *goed* worden gewaardeerd als *laag* (zeer laag, laag of vrij laag). Elke sector kent een waardering voor de fosfaattoestand *laag*; er is echter differentiatie naar grondsoort en fosfaattoestand (tabel 3). De waardering *voldoende* wordt niet in elke sector toegepast (tabel 3).

De getalswaarden die gelden bij *laag* en bij de omslag van *voldoende* of *goed* naar *vrij laag* of *laag* worden in tabel 4 gegeven. Voor de uitgebreide tabellen die bij de bemestingsadviesbases voor de boomkwekerijgewassen en bij de teelt van buitenbloemen worden gehanteerd wordt verwezen naar respectievelijk bijlage 4 en bijlage 5.
Voor de grote sectoren akkerbouw, vollegrondsgroente, bloembollen, de voedergewassen maïs, granen voor GPS, voederbieten, en luzerne wordt op basis van het Pw-getal bij waarden lager of gelijk aan 20 mg P_2O_5 l^{-1} de fosfaattoestand als *laag* gewaardeerd. Deze waardering is onafhankelijk van de grondsoort. Bij grasland is de waardering wel afhankelijk van de grondsoort en vanaf P-AL-getal 16 (bemonsteringsdiepte 10 cm) en lager wordt de waardering *laag* gehanteerd. Bij fruit geldt dat P-AL-getalswaarden tot en met 25 mg P_2O_5 (100 g)$^{-1}$ als *laag* worden gewaardeerd. Voor de sectoren boomkwekerij en buitenbloemen worden hogere waarden gehanteerd (zie bijlage 4 en bijlage 5).

Bodem- en gewasgerichte bemestingsadviezen
Oorspronkelijk was de waardering van de fosfaattoestand gebaseerd op een beoordeling van de gewasreactie op de fosfaattoestand en fosfaatbemesting, zoals tot uitdrukking komt in een gewasgericht bemestingsadvies; een specifiek bodemgericht bemestingsadvies ontbrak. Huidige bemestingsadviezen kunnen echter worden onderverdeeld in adviezen die volledig gericht zijn op het handhaven en zonodig repareren van de fosfaattoestand van de bodem (bodemgerichte adviezen), en adviezen die gericht zijn op het gewas (gewasgerichte bemestingsadviezen) bij een gegeven fosfaattoestand van de grond. Het bodemgerichte bemestingsadvies dateert van 1984. Landbouwkundig onderzoek had aangetoond dat fosfaatbehoeftige akkerbouwgewassen (aardappel, suikerbiet) ondanks ruime fosfaatbemesting bij lagere fosfaattoestanden niet dezelfde opbrengst hadden als bij een voldoende fosfaattoestand (Prummel, 1981; Henkens, 1984a). Vandaar dat toen een generiek bemestingsadvies voor reparatie van een te lage fosfaattoestand werd ingevoerd.
Expliciete adviezen voor reparatiebemesting zijn er voor akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt en bloembollen. Bij de overige sectoren ontbreekt een dergelijk expliciet advies voor reparatiebemesting. Echter, bij toepassing van de gewasgerichte bemestingsadviezen wordt bij lage fosfaattoestanden meer toegediend dan met (oogst)producten wordt afgevoerd. De overschotten die daardoor ontstaan leiden op termijn tot een verhoging van de fosfaattoestand. Gewasgerichte bemestingsadviezen zijn zelfcorrigerende systemen. Bij hoge fosfaattoestanden wordt een lagere fosfaatgift geadviseerd waardoor het netto-overschot negatief is.
Geen van de sectoren kent een bodem- of gewasgericht bemestingsadvies om bij fosfaatfixerende gronden de fosfaattoestand te verhogen. Op fosfaatfixerende gronden (ijzerrijke beekeerden en roodoorngronden) geldt het advies om gewasgericht te bemesten. De fosfaatbehoefte van het gewas voor een fosfaatfixerende grond is gelijk aan een niet-fosfaatfixerende grond (Prummel, 1957, Reijneveld, 2001, Wouters, 2000).

Streefgetallen
Expliciete bemestingsadviezen voor reparatiebemesting zijn er uitsluitend voor akkerbouwland, vollegrondsgroenten en voor bloembollen. Geadviseerd wordt om een te lage fosfaattoestand te repareren tot het zogenoemde streefgetal. Streefgetallen zijn uitsluitend gebaseerd op het Pw-getal.

Tabel 3. Waarderingen van de fosfaattoestand en methode van grondonderzoek voor verschillende sectoren.

Sector	Methode van grondonderzoek	Waarderingen fosfaattoestand
Grasland[1]	P-AL-getal	Laag - Vrij laag – Voldoende - Ruim voldoende - Hoog
Akkerbouw[2] & vollegrondsgroenten[2]; Voedergewassen (snijmaïs, granen voor gehele plant silage, voederbieten, luzerne)[1]	Pw-getal	Zeer laag – Laag – Voldoende - Ruim voldoende - Vrij hoog - Hoog
Bloembollen[3]	Pw-getal	Geen expliciete waardering. Indien lager dan streefgetal dan wordt de fosfaattoestand als te laag aangemerkt. Gronden met een fosfaattoestand boven het streefgetal worden als voldoende aangemerkt
Boomkwekerij[4]	Pw-getal en P-AL-getal	Zeer laag – Laag - Vrij laag – Goed - Vrij hoog - Hoog
Buitenbloemen[5]	Pw-getal en/of P-AL-getal	Zeer laag – Laag - Vrij laag – Goed - Vrij hoog – Hoog - Zeer hoog
Fruitteelt[6]	P-AL-getal	Laag - Vrij laag – Goed - Vrij hoog - Hoog

[1] Hoeks, 2002.
[2] Dijk, 2003.
[3] Dam, 2004.
[4] Aendekerk, 2000.
[5] Kreij, 1999.
[6] Kodde, 1994.

Tabel 4. Fosfaattoestanden waar beneden de waardering laag geldt en fosfaattoestanden waarboven de waardering voldoende of goed geldt volgens huidige bemestingsadviezen.

Sector	**Grondsoort**	**Methode van grondonderzoek[1]**	**Bovengrens waardering *laag***	**Ondergrens waardering *voldoende* of *goed***
Akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt	Alle grondsoorten	Pw-getal	≤ 20	*Voldoende:* > 21
Grasland[2]	Zeeklei, veen, zand, dalgrond	P-AL-getal	0- 5 cm: < 18 0-10 cm: < 16	*Voldoende*: 0- 5 cm: > 30 0-10 cm: > 27
Grasland[2]	Rivierklei	P-AL-getal	0- 5 cm: < 15 0-10 cm: < 14	*Voldoende*: 0- 5 cm: > 25 0-10 cm: > 23
Grasland[2]	Löss	P-AL-getal	0- 5 cm: < 13 0-10 cm: < 13	*Voldoende*: 0- 5 cm: > 20 0-10 cm: > 19
Voedergewassen maïs, granen voor GPS, voederbieten, luzerne	Alle grondsoorten	Pw-getal	≤ 20	*Voldoende:*> 21
Bloembollen	Alle grondsoorten	Pw-getal	< 20 Geen expliciet criterium. Repareren tot en met 20	≥ 21 Geen expliciet criterium
Boomkwekerij-gewassen	Alle grondsoorten	Pw-getal en/of P-AL-getal	Afhankelijk van indeling in klasse	*Goed*: afhankelijk van indeling in klasse, zie bijlage 1
Bloemkwekerijgewassen	Löss, rivierklei, dalgrond, dekzand, duinzand, zeeklei, veen	Pw-getal en P-AL-getal	Per grondsoort afhankelijk van indeling in klasse	*Goed*, afhankelijk van indeling in klasse, zie bijlage 2
Fruitteelt	Alle grondsoorten	P-AL-getal	≤ 25	*Goed*: > 36

[1] Pw-getal in mg P_2O_5 l^{-1}; P-AL-getal in mg P_2O_5 $(100\ g)^{-1}$.
[2] Bij grasland gelden onderscheidenlijke waarderingen voor de bemonsteringsdiepte van de lagen 0-5 of 0-10 cm.

Het streefgetal voor akkerbouwland en vollegrondsgroente op zeeklei en zeezand is 25 mg P_2O_5 l^{-1} (handhaven 25-45) en op overige gronden 30 mg P_2O_5 l^{-1} (handhaven 30-45); bij bloembollen is het streefgetal 20 mg P_2O_5 l^{-1} (handhaven 20-25). Genoemde getalswaarden hebben de waardering *voldoende*. Bij de teelt van bloembollen worden fosfaattoestanden hoger dan 20 niet als laag aangemerkt. De getalswaarden 25 en 30 zijn mede bepaald door de praktijksituatie. Aanvankelijk werd beoogd één unieke waarde van 30 in te voeren maar hiertegen rezen bedenkingen, met name vanuit voorlichters in gebieden met kalkhoudende kleigronden. Voor deze gronden is daarom een onderscheid aangebracht door invoering van een lagere waarde.

Impliciete bemestingsadviezen voor reparatie zijn er voor grasland en de overige vollegrondsteelten. Opvolgen van het bemestingsadvies voor grasland, voedergewassen, fruitteelt, en boomkwekerijgewassen leidt door de residuen van meststoffen bij lage waarden van de fosfaattoestand tot een gewenste verhoging van de fosfaattoestand. Het overschot is afhankelijk van de adviesgift en de feitelijke onttrekking. Bij lage fosfaattoestanden laat elk geadviseerde gift een overschot achter. Naarmate de fosfaattoestand hoger wordt, wordt de adviesgift lager en neemt het overschot af. Bij een bepaalde fosfaattoestand is de adviesgift gelijk aan de afvoer waardoor het overschot gelijk is aan nul. Bij hogere fosfaattoestanden wordt meer fosfaat afgevoerd dan geadviseerd wordt (negatieve fosfaatoverschot). Die omslag van overschot naar negatief overschot is afhankelijk van de sector en vindt plaats bij waarderingen *voldoende, ruim voldoende of goed.*

De ondergrenzen van de waarderingen *voldoende, ruim voldoende* en *goed* worden in tabel 4 gegeven. Op bouwland wordt vanaf de getalswaarde 21 de fosfaattoestand (Pw-getal) als ten minste *voldoende* gewaardeerd. Op grasland (P-AL-getal) is dat opnieuw onderscheidenlijk. Bij een bemonsteringsdiepte van 10 cm gelden de waarden 19 (löss) tot 27 (zand, zeeklei, dalgrond veen). Bij fruit (P-AL-getal) wordt vanaf 36 een waardering *goed* gevoerd. Bij boomteelt en buitenbloementeelt worden (beduidend) hogere waarden voor de waardering *goed* gehanteerd (waardering voldoende wordt niet gehanteerd, tabel 3, zie bijlagen 4 en 5).

4.3 Relatie tussen lage fosfaattoestand en opbrengst en kwaliteit

Een groot aantal (interacterende) factoren en condities bepaalt de gift in een bemestingsadvies. De calibraties van de gewasreactie (opbrengst en/of kwaliteit) op fosfaattoestand en fosfaatbemesting verschillen tussen de sectoren en zelfs binnen gewassen (gewasgroepen) en grondsoorten (§ 2.2) per sector. Het maakt voor de afleiding van de adviesgiften uit of de calibratie uitgevoerd is op economisch rendabele opbrengst, maximaal fysieke opbrengst, kwaliteit marktbaar product of bijvoorbeeld het fosforgehalte in een gewasonderdeel. Om enig inzicht te geven in de consequenties van wijziging van de adviesgiften volgens de bemestingsadviezen naar gebruiksnormen is in het kader van dit onderzoek een standaardisatie uitgevoerd door uitsluitend de fysieke opbrengstderving in beschouwing te nemen. Informatie over deze fysieke opbrengstderving is gedeeltelijk beschikbaar via algemeen

toegankelijke catalogi van bibliotheken (te benaderen via Agralin). Een ander deel van de informatie is echter afkomstig van de verantwoording die gegeven is bij het opstellen van het advies door de verschillende commissies bemesting, die verantwoordelijk waren (en zijn) voor het opstellen van bemestingsadviezen voor de Nederlandse landbouw. Deze informatie is afkomstig van betrokkenen bij het opstellen van bemestingsadviezen. Er is in het kader van dit rapport geen bewerking uitgevoerd van de data van veldproeven die deze bemestingsadviezen hebben onderbouwd. Dit is wel gewenst om een unieke en uniforme basis voor alle sectoren te scheppen, maar is door de inspanning die daarmee gemoeid niet op korte termijn realiseerbaar. Dat betekent dat de ramingen van opbrengstdervingen berusten op reeds bewerkte gegevens waarvan een deel alleen in figuren gepubliceerd zijn. Vandaar dat de gegeven waarden voor derving van opbrengst indicatief zijn.

De keuze voor het bepalen van fysieke opbrengstdervingen leidt ertoe dat alleen voor "grote" gewassen indicatieve waarden voor effecten van gewijzigde bemesting op de opbrengst gegeven kunnen worden; voor "kleine" gewassen ontbreekt deze informatie. Een "groot" gewas is in dit kader een gewas met een aanzienlijk economisch belang en dat op grote schaal in Nederland wordt geteeld. Ook effecten op de kwaliteit zoals homogeniteit van het gewas, groeisnelheid (primeur teelten) of afgeleide effecten (veld sneller bedekt waardoor onkruiddruk wordt verlaagd) worden door de gemaakte keuze niet betrokken bij de bepaling van de wijziging in de fosfaatgift. Alleen bij grasland wordt een effect op het fosforgehalte geduid (kwaliteitsaspect).

Voor een aantal gewassen zijn indicatieve fysieke opbrengstdervingen bepaald door overgang van adviesgiften van huidige bemestingsadviezen naar andere fosfaatgiften. Dit is uitgevoerd voor verhoogde en beoogde gebruiksnormen voor fosfaat. Hierbij is tevens rekening gehouden met het beleidsvoornemen om de gebruiksnormen in fasen te verlagen. Tabel 5 geeft hiervan een overzicht. Om effecten van verhoogde gebruiksnormen te kunnen geven zijn bij het berekenen van wijzigingen in de fosfaatgift de waarden 130, 160, 190 en 220 kg P_2O_5 ha^{-1} aan de gebruiksnormen toegevoegd. Het opnemen van deze waarden heeft louter tot doel de beeldvorming over wijzigingen van adviesgiften naar andere fosfaatgiften te ondersteunen. Deze laatste vier waarden berusten niet op een beleidsindicatie. In deze paragraaf wordt uitsluitend ingegaan op effecten van bemesting op opbrengst en kwaliteit (fosforgehalten in gras) en niet op effecten van (negatieve) overschotten op het beloop van de fosfaattoestand (Pw-getal of P-AL-getal).

Tabel 5. Gebruiksnormen voor fosfaat (kg P_2O_5 ha^{-1} $jaar^{-1}$)

Landgebruik	**Jaar**									
	2006	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**
Grasland	110	105	95	95	95	95	95	95	95	90
Bouwland	95	90	85	80	75	70	70	65	65	60

Bron: Memorie van toelichting bij de Wijziging van de Meststoffenwet (invoering gebruiksnormen).

Grasland

Het gebruik van grasland kent veel verschillende vormen (uitsluitend maaien, overdag weiden, dag-en-nacht weiden, grasland met en zonder klaver etc.). Deze

verschillende gebruiksvormen leiden tot zeer verschillende fosfaatbehoeften van grasland. De totale aanvoer van fosfaat kan daardoor beduidend hoger zijn dan de voorgenomen gebruiksnormen toelaten. Bij grasland reageert met name de eerste snede op fosfaatbemesting (Agterberg & Henkens, 1995; Lammers, 1983; Van der Paauw e.a., 1951). Volgende sneden reageren niet of nauwelijks op fosfaatbemesting; de adviezen zijn erop gericht om dan de fosfaatafvoer te compenseren. De totale aanvoer wordt, naast een gewaseffect dat met name bij de eerste snede tot uitdrukking komt, vooral bepaald door de compensatie van de afvoer .

Op basis van Agterberg en Henkens (1995) die gebruik maakten van data van Van der Paauw is de fysieke opbrengstderving bepaald indien de geadviseerde fosfaatgift gewijzigd wordt in een beoogde fosfaatgebruiksnorm (tabel 6). Hierbij is aangenomen dat alle fosfaat aan de eerste snede wordt gegeven. Indien het fosfaat verdeeld wordt over verschillende sneden en daardoor minder aan de eerste snede wordt gegeven dan geadviseerd wordt, dan neemt de opbrengstderving toe. Dit is echter geen vorm van GLP bij landbouwpercelen met een lage fosfaattoestand. Het betreft een indicatieve berekening bij gegeven fosfaattoestand (P-AL-getal) voor zeeklei, veen, zand en dalgrond bij toepassing van kunstmestfosfaat. Bij de berekening is geen rekening gehouden met de daling van de fosfaattoestand die optreedt als minder fosfaat wordt toegediend dan wordt afgevoerd (onttrekking). De opbrengstderving is relatief beperkt omdat de beoogde gebruiksnormen bij lage fosfaattoestanden niet drastisch lager zijn dan de adviesgift (tabel 6).

Gras is geen fosfaatbehoeftig gewas. Dat neemt niet weg dat het volledig weglaten van fosfaatbemesting bij een P-AL-getal van bv. 10 tot grote opbrengstderving kan leiden (±21%), maar zodra weer met fosfaat bemest wordt, neemt het risico op opbrengstderving af. De eerste snede reageert weliswaar op fosfaattoestand en fosfaatbemesting, maar de mate van deze reactie is, in vergelijking tot andere gewassen, relatief beperkt. De kwaliteit van het gras wordt mede bepaald door het fosfor gehalte. Dit fosforgehalte wordt, meer nog dan de drogestofproductie, bepaald door de bemesting met stikstof, de fosfaattoestand en de fosfaatbemesting. De bemesting met stikstof heeft een grote invloed op het fosforgehalte van het gras, meer dan de fosfaattoestand of fosfaatbemesting (Prummel, 1973). Gegeven eenzelfde stikstofbemesting zal teruggang in fosfaatbemesting en fosfaattoestand leiden tot lagere gehalten (tabel 7). Omdat de verschillen tussen geadviseerde bemestingsgift en beoogde gebruiksnormen beperkt zijn, kunnen geen drastische verlagingen in het fosforgehalte van gras bij lage fosfaattoestanden worden verwacht; deze zijn dan ook niet door berekening vastgesteld. Echter, als de fosfaatgift van de gebruiksnorm niet volledig aan de eerste snede wordt gegeven maar verdeeld over het seizoen, dan zal door de lagere fosfaatgift het fosforgehalte in gras sterker dalen (naar raming 0,03-0,06%). Bij een beperkte stikstofbemesting is dan niet uit te sluiten dat het fosforgehalte niet beantwoordt aan voedingseisen van het dier. Beneden een P-AL-getal van 20 mg P_2O_5 (100 g)$^{-1}$ zijn opbrengstdervingen door berekening vastgesteld en treedt verlies op van kwaliteit.

Tabel 6. Opbrengstderving bij de eerste snede gras bij verschillende gebruiksnormen voor zeeklei, veen, zand- en dalgrond in procent.

P-AL-getal	**Adviesgift**	**Gewijzigde giften**								
mg P_2O_5 (100g)$^{-1}$	**kg P_2O_5 ha^{-1}**	**kg P_2O_5 ha^{-1}**								
		220	**190**	**160**	**130**	**110**	**105**	**100**	**95**	**90**
10	*110*	-4,0	-3,5	-2,6	-1,3	0,0	0,4	0,8	1,3	1,8
15	*110*	-3,0	-2,6	-2,0	-1,0	0,0	0,3	0,6	1,0	1,4
20	*70*	-2,3	-2,2	-2,1	-1,8	-1,5	-1,4	-1,2	-1,1	-0,9
25	*70*	-1,1	-1,1	-1,0	-0,9	-0,8	-0,7	-0,7	-0,6	-0,5
30	*45*	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-0,9
35	*45*	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
40	*25*	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6

[1] Een negatief percentage opbrengstderving betekent dat de fysieke opbrengst toeneemt.

Tabel 7. Verlaging van het fosforgehalte in gras bij 25% ruw eiwit in procent.

P-AL-getal	**Adviesgift**	**Gewijzigde giften**								
mg P_2O_5 (100g)$^{-1}$	**kg P_2O_5 ha^{-1}**	**kg P_2O_5 ha^{-1}**								
		220	**190**	**160**	**130**	**110**	**105**	**100**	**95**	**90**
10	*110*	-0,03	-0,02	-0,02	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
15	*110*	-0,03	-0,02	-0,02	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
20	*70*	-0,04	-0,04	-0,03	-0,02	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
25	*70*	-0,04	-0,03	-0,03	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
30	*45*	-0,04	-0,04	-0,04	-0,03	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
35	*45*	-0,04	-0,04	-0,03	-0,03	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
40	*25*	-0,04	-0,04	-0,04	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,02

[1] Een negatieve verandering betekent dat het fosforgehalte toeneemt.

Bouwland
Op basis van beschikbare informatie over akkerbouwgewassen, vollegrondsgroenten en bloembollen kunnen indicatieve waarden gegeven worden voor het verlies aan opbrengst indien overgegaan wordt van de adviesgift naar een beoogde gebruiksnorm. Voor fruitteelt, boomkwekerijgewassen en de teelt van buitenbloemen ontbreekt verantwoorde informatie. Voor laatstgenoemde teelten kunnen daardoor geen fysieke opbrengstdervingen worden gegeven en geen raming voor het verlies aan kwaliteit. Het voorkómen van kwaliteitsverlies is vooral bepalend voor de hoogte van de fosfaatgift.

De adviezen voor de voedergewassen maïs, voederbieten, granen voor gehele plant silage en luzerne zijn afkomstig van het advies voor bemesting van akkerbouwgewassen. Ramingen voor fysieke opbrengstdervingen voor deze gewassen zijn vergelijkbaar met die voor akkerbouwgewassen van dezelfde gewasgroep bij eenzelfde grondsoortindeling.

De bemestingsadviezen voor akkerbouwgewassen, vollegrondsgroenten en bloembollen zijn in de periode 1990-2004 aan verschillende wijzigingen onderhevig geweest. De onderbouwing van het akkerbouwadvies verschilt niet van die voor vollegrondsgroenten en bloembollen, maar wel zijn er verschillen in de wijze waarop de adviezen zijn afgeleid. Omdat de effecten van bemesting en fosfaattoestand uitsluitend in bewerkte vorm beschikbaar zijn, en wel als relatieve opbrengstdervingen (Anonymus, 1971; Henkens, 1984a), zijn ook de ramingen bij overige gewassen tot eenzelfde grondslag herleid om onderlinge vergelijking mogelijk te maken. Voor overige teelten zijn de effecten van bemesting en fosfaattoestand direct te relateren aan de opbrengst.
Bij het berekenen van de opbrengstdervingen bij akkerbouwgewassen zijn bewerkingen van gewasgerichte bemestingsadviezen en bodemgericht bemestingsadviezen geïntegreerd (Anonymus, 1971, Henkens, 1984a). Daardoor wordt in enkele situaties een opbrengstderving berekend waar een gewasgerichte bemestingsgift gelijk wordt aan een gebruiksnorm. Voor gewasgroep 1 is aardappel als referentiegewas genomen; voor de gewasgroepen 2, 3 en 4 zijn respectievelijk suikerbiet, gerst en tarwe genomen. De bewerkingen voor de vollegrondsgroentegewassen berusten op bewerking van gegevens van peen en ijsbergsla (Ehlert e.a., 2000). Deze gewassen behoren tot gewasgroep 0. In gewasgroep 0 zijn gewassen opgenomen die het sterkst op fosfaattoestand en fosfaatbemesting reageren. Andere gewassen van gewasgroep 0 zijn onder meer kropsla en spinazie. Bij vollegrondsgroentegewassen is rekening gehouden met effecten van fosfaattoestand en fosfaatbemesting op de marktbare opbrengst bij de statistische bewerking van de veldproefgegevens. Daarbij is aangenomen dat de fosfaatmeststof geplaatst wordt conform het bemestingsadvies.
Bij bloembollen leverde een dergelijke integrale statistische bewerking geen resultaat op; een generieke beschrijving van de gewasreactie van tulp, lelie of gladiool op fosfaatbemesting en fosfaattoestand ontbreekt daardoor (Ehlert e.a. 2004). Bij deze gewassen kan alleen een bovengrens voor opbrengstderving geschat worden maar de statistische significatie van de berekende verschillen ontbreekt veelal. Een opbrengstreactie voor zand worden gegeven bij twee fosfaattoestanden (Pw-getal 15 en 25 mg P_2O_5 l^{-1}). Inter- en extrapolatiemogelijkheden naar andere fosfaattoestanden

zijn gering of ontbreken. Op klei (zavel) is bij de twee gegeven fosfaattoestanden geen effect van bemesting vastgesteld.

Tabel 8. Derving van opbrengst in procent indien in plaats van de adviesgift bemest wordt volgens fosfaatgiften van 220, 290, 160, 130 of 85 kg P_2O_5 ha^{-1} bij Pw-getal 20 mg P_2O_5 l^{-1}.

Grondsoort	**Gewas-groep**[1]	**Gewas**	**Fosfaatgift, kg P_2O_5 ha^{-1}**				
			220	190	160	130	85
Dekzand, dalgrond, rivierklei en löss	0	Peen op zand	Risico-vol tot 100%[2]	Risico-vol tot 100%	Risico-vol tot 100%	Risico-vol tot 100%	Risico-vol tot 100%
	1	Aardappel	2,1	2,4	2,8	3,3	4,6
	2	Suikerbiet	0,2	0,5	0,8	1,4	2,7
	3	Vlinderbloemigen (erwt)	-2,1[3]	-1,9	-1,5	-1,0	0,4
	4	Graan	-3,6	-3,3	-3,0	-2,4	-1,1
Zeeklei en zeezand	3	Gerst	-2,7	-2,5	-2,2	-1,7	-0,7
	4	Granen (excl. gerst)	-1,3	-1,2	-1,1	-0,9	-0,3
Zand	3	Gladiool	(<-4)[4]	(<-3)	(<-2)	(<-1,5)	(<-1)
	4	Lelie, tulp	(<-3)	(<-2)	(<-1,5)	(<-1)	0

[1] De indeling van gewassen en grondsoorten verschilt tussen de bemestingsadviezen voor akkerbouw- en vollegrondsgroenten van die voor bloembollen.
[2] Bij een gewas als kropsla kan door een te lage fosfaatbemesting kropvorming niet optreden waardoor er geen marktbaar product geteeld wordt. Dit risico kan in extreme situatie een volledig niet-marktbaar product leiden. Dit is op 100% gesteld.
[3] Een negatieve waarde betekent een toename van de fysieke opbrengst.
[4] Door inter- en extrapolatie bepaalde gegevens. Een verantwoorde statistische beschrijving van de opbrengstreactie bij bolgewassen heeft geen werkbaar resultaat opgeleverd (Ehlert e.a., 2004).

Voor deze gewassen uit verschillende gewasgroepen en grondsoortindeling is de relatieve fysieke opbrengstderving berekend indien geadviseerde bemestingsadviezen vervangen worden door gebruiksnormen. Tabel 6 vat de bewerkingen samen voor de gebruiksnorm van 85 kg P_2O_5 ha^{-1} bij een Pw-getal van 20 mg P_2O_5 l^{-1}. Bijlage 6 geeft een overzicht van de resultaten van berekeningen bij alle beoogde gebruiksnormen voor waarden van het Pw-getal van 10 tot en met 40 mg P_2O_5 l^{-1}.
Bij akkerbouwgewassen is de gewasreactie van gewassen uit gewasgroepen 1 en 2 op zeeklei en zeezand vergelijkbaar is met die op overige grondsoorten (Anonymus, 1971).

De fosfaatbehoeftigste gewassen staan in gewasgroep 0 van het bemestingsadvies voor akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen (Van Dijk, 2003). Er is geen bemestingsadvies bij lage fosfaattoestanden. Pas vanaf een Pw-getal van 25 mg P_2O_5 l^{-1} op zeeklei en zeezand en vanaf Pw-getal 30 mg P_2O_5 l^{-1} wordt een advies gegeven. Bij gewassen van deze gewasgroep is een misoogst bij lage fosfaattoestand mogelijk (bijv. geen kropvorming bij kropsla). Een misoogst kan berusten op een onvoldoende kwaliteit. Er is dan wel een fysieke opbrengst aan drogestof maar het oogstproduct is niet marktbaar.

Naarmate de fosfaattoestand lager is en de gebruiksnorm verlaagd wordt neemt het risico op opbrengstderving toe (tot 14,8% bij aardappel en 11,8% bij suikerbiet bij Pw-getal 10 mg P_2O_5 l^{-1}). Pas bij een Pw-getal van 50 mg P_2O_5 l^{-1} is er geen risico op opbrengstderving omdat dan de gebruiksnorm van 65 kg P_2O_5 ha^{-1} hoger is dan de geadviseerde gift (tabel 8).

Voor de gewassen uit gewasgroepen 3 en 4 zijn de effecten van de gebruiksnormen op de opbrengstderving gering; er wordt voor gewassen met een lage fosfaatbehoefte een stijging van de opbrengst berekenend indien strikt volgens de gebruiksnormen wordt bemest (tabel 8). Verdeling van fosfaat over het bouwplan zal de opbrengstderving verlagen. Indien de gebruiksnorm van 60 kg P_2O_5 ha^{-1} uitsluitend aan aardappel of suikerbiet wordt gegeven in een rotatie van 1:4 (dwz 120 kg P_2O_5 ha^{-1} aan de hakvruchten en niets aan granen en handelsgewassen) dan zal toepassen van de gebruiksnorm geen opbrengstderving geven vanaf Pw-getal 30 mg P_2O_5 l^{-1}.

5 Milieukundige achtergronden

Om de vraag te beantwoorden welke fosfaatoverschotten milieukundig verantwoord zijn, is onderzocht welke fosfaatoverschotten bij het opvolgen van de huidige bemestingsadviezen bij lage fosfaattoestanden voorkomen. Vervolgens is onderzocht wat de gevolgen zijn van deze fosfaatoverschotten op de fosfaatuitspoeling vanuit de bouwvoor naar het grond- en oppervlaktewater, teneinde de rijksoverheid inzicht te geven in deze fosfaatverliezen en zo handvatten te bieden voor het vaststellen van toelaatbare fosfaatverliezen in relatie tot de huidige normen voor de waterkwaliteit.

5.1 Fosfaatoverschotten bij opvolgen van bemestingsadviezen

Fosfaatoverschotten zijn per sector op twee manieren berekend. Op basis van een aangenomen opbrengst en gehalte in het gewas is de fosfaatafvoer berekend die verminderd op het fosfaatbemestingsadvies bij een gegeven fosfaattoestand het fosfaatoverschot geeft (verfijnd). Daarnaast is gerekend met een aangenomen waarde voor de fosfaatafvoer (forfaitair).

Bij verfijnde berekeningen is uitgegaan van de gehalten in Kiezen uit Gehalten III (Beukenboom, 1996). Gegevens over de afvoer van fosfaat door fruitgewassen, boomkwekerijgewassen en bij de buitenbloementeelt zijn slechts bij uitzondering in algemeen toegankelijke databestanden aan te treffen. Om onderlinge vergelijking mogelijk te maken zijn voor elke sector fosfaatoverschotten berekend op basis van forfaitaire waarden. Bij gebruik van forfaitaire afvoer zijn de volgende waarden aangenomen: bij grasland 82 kg P_2O_5 ha^{-1}; bij overige gewassen 65 kg P_2O_5 ha^{-1}. Dit zijn algemene gemiddelden voor fosfaatafvoer (RIVM, 2002). Berekeningsresultaten op basis van forfaitaire waarden geven systematische afwijkingen bij de bepaling van het fosfaatoverschot bij de sectoren fruit en boomkwekerij, omdat de schaarse gegevens wijzen op een beperkte afvoer (10 à 25 kg P_2O_5 ha^{-1}).

Bij verfijnde berekeningen bij grasland zijn twee vormen van graslandgebruik beschouwd:
- grasland zonder klaver
- grasland met klaver

Per vorm zijn drie gebruikssystemen beschouwd:
- alleen maaien
- overdag weiden
- dag en nacht weiden

Aangenomen is dat de eerste snede altijd bemest wordt en dat er maximaal vijf sneden met in totaal 12 ton drogestof per ha geoogst worden. Bij grasland met klaver is 90% van deze totale productie aangenomen.

Om de fosfaatoverschotten bij voedergewassen (maïs, voederbiet, graan voor GPS en luzerne) te berekenen werd de adviesgift gegeven een fosfaattoestand verminder

met de in de adviesbasis opgegeven gewasafvoer met fosfaatafvoer (respectievelijk 80, 80, 80 en 90 kg P_2O_5 ha^{-1}). Er is bij deze gewassen geen rekening gehouden met een bouwplan.

Bij akkerbouw, vollegrondsgroenten en bloembollen zijn dezelfde bedrijfstypen genomen als die door Schröder e.a. (2004) gehanteerd zijn in hun onderzoek voor gebruiksnormen voor stikstof bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten. Voor de beschrijving van deze bedrijfstypen wordt verwezen naar bijlage IV van Schröder e.a. (2004). In deze rapportage worden dezelfde afkortingen voor bedrijfstypen gehanteerd. Opbrengstgegevens zijn afkomstig van KWIN of van het onderzoek naar de fosfaatbehoefte van vollegrondsgroenten en bloembollen (Ehlert e.a., 2000, Ehlert & Van Wijk, 2002, Ehlert e.a. 2002, Ehlert e.a. 2004). De overschotten per bedrijfstype berusten op gemiddelden, gewogen naar aandeel in de vruchtwisseling. Dit overschot wordt uitgedrukt in kg P_2O_5 ha^{-1} jr^{-1}.

Bij geen van de scenario's is rekening gehouden met lagere opbrengsten door een lage fosfaattoestand of lagere fosfaatgift. De berekende fosfaatafvoeren zijn daardoor hoger dan het geval zou zijn geweest indien wel rekening was gehouden met opbrengstderving en kwaliteitsverlies (bv. door verlaging van het fosforgehalte in het gewas). De berekende fosfaatoverschotten zullen daardoor naar verwachting lager zijn dan die van scenarioberekeningen waarbij wel met opbrengstderving en kwaliteitsverlies rekening gehouden wordt.

De resultaten van de berekeningen worden samengevat in tabel 9. Bijlagen 7 tot en met 12 geven per sector de resultaten voor de verfijnde en de op forfaitaire afvoeren gebaseerde fosfaatoverschotten. Tabel 9 geeft de hoogste waarden van de berekende fosfaatoverschotten per sector bij de fosfaattoestand die door de huidige fosfaatbemestingsadviezen als *laag* wordt gewaardeerd.
Tevens is één bedrijfstype met intensieve teelten van bladgewassen (vollegrondsgroenten) opgenomen (vgg4); bij deze teelt worden fosfaatbemestingsadviezen pas vanaf een fosfaattoestand *voldoende* gegeven.

Het hanteren van forfaitaire waarden leidt bij grasland en voedergewassen tot een hoger berekend fosfaatoverschot, bij de overige gewassen tot een lager fosfaatoverschot. De fosfaatoverschotten bij verfijnde berekeningen bij toestand *laag* variëren van 20-105 kg P_2O_5 ha^{-1} jr^{-1}; indien met vruchtwisseling rekening gehouden wordt varieert het overschot van 70-102 kg P_2O_5 ha^{-1} jr^{-1}. Intensieve vollegrondsgroenteteelt kan niet plaatsvinden op gronden met een lage fosfaattoestand. Zelfs bij een voldoende fosfaattoestand is er een overschot van 134 kg P_2O_5 ha^{-1} jr^{-1}. Bij fruit, boomkwekerijgewassen en buitenbloemen worden op basis van de forfaitaire afvoer fosfaatoverschotten berekend van respectievelijk 135, 135 en 210 kg P_2O_5 ha^{-1}.
Bij alle sectoren geldt dat het bemestingsadvies zelfcorrigerend is. Naarmate de fosfaattoestand toeneemt, neemt de adviesgift af en daardoor neemt het overschot af. Bij ruim voldoende tot hoge fosfaattoestanden worden de fosfaatoverschotten negatief: er wordt bij opvolging van de bemestingsadviezen meer fosfaat afgevoerd dan bemest.

Tabel 9. Fosfaatoverschotten voor verschillende sectoren en gebruiksvormen bij een fosfaattoestand laag volgens een verfijnde en een forfaitaire berekening in kg P_2O_5 ha^{-1} jr^{-1}.

Sector	Grondsoort	Gewas	Verfijnd	Forfaitair
Grasland	Zeeklei, veen, zand, dalgrond	Grasland zonder klaver, maaien	90	118
Grasland		Grasland zonder klaver, overdag beweiden	65	93
Grasland		Grasland zonder klaver, dag en nacht beweiden	55	83
Grasland	Zeeklei, veen, zand, dalgrond	Grasland met klaver, maaien	61	86
Grasland		Grasland met klaver, overdag beweiden	36	61
Grasland		Grasland met klaver, dag en nacht beweiden	26	51
Voedergewas	Alle grondsoorten	Maïs	105	120
Voedergewas	Zand, dalgrond, rivierklei, löss	Voederbiet	80	95
Voedergewas	Zand, dalgrond, rivierklei, löss	Luzerne	40	65
Voedergewas	Zand, dalgrond, rivierklei, löss	Granen voor GPS	20	35
Akkerbouw	Dekzand, dalgrond, rivierklei, löss	Akk6[1]	102	90
Vollegrondsgroente	Dekzand, dalgrond, rivierklei, löss	Vgg3	91	90
Vollegrondsgroente	Dekzand, dalgrond, rivierklei, löss	Vgg4 bij fosfaattoestand *voldoende*	134	97
Bloembollen	Zee- en duinzand, dekzand,dalgrond, rivierklei en löss	BL4a	70	35

[1] Akk6: Bedrijfstype met zetmeelaardappel (50% zetmeelaardappel, 30% graan en 20% suikerbiet)
Vgg3: Bedrijfstype met spruitkool op klei (55% spruitkool, 15% wintertarwe, 15% consumptieaardappel, 7,5% peen en 7,5% witlof)
Vgg4: Bedrijfstype met bladgewassen op zand (33% dubbelteelt kropsla, 33% dubbelteelt spinazie, 33% prei)
BL4: Bedrijfstype Lelie oost, 20 ha lelie.

5.2 Relatie tussen fosfaatoverschot en fosforconcentratie in bodemvocht

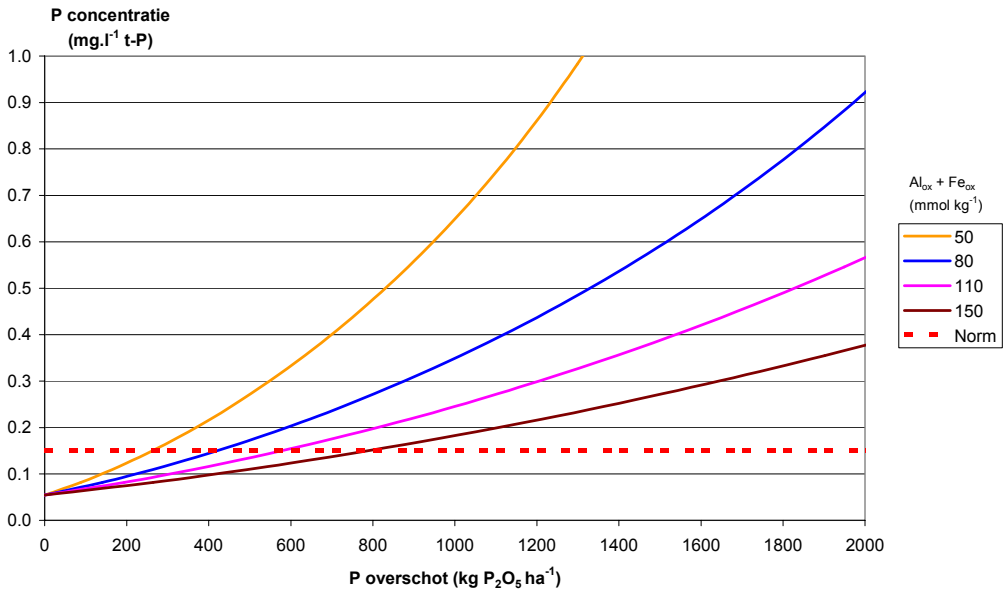
Door toepassen van een verhoogde gebruiksnorm wordt over een bepaalde periode een verhoogd fosfaatoverschot toegediend. Daardoor kunnen verhoogde fosfaatconcentraties in het bodemvocht ontstaan. Om de consequenties van het fosfaatoverschot te kunnen aangeven voor de mate waarin de fosforconcentratie wordt verhoogd, zijn berekeningen uitgevoerd waarbij rekening gehouden is met de bindingscapaciteit voor fosfaat in de bodem. Deze berekeningen zijn gebaseerd op de procesbeschrijving zoals gegeven in Schoumans e.a. (2004). De bindingscapaciteit voor fosfaat van de bodem wordt afgeleid uit de som van oxalaat-extraheerbaar aluminium en ijzer $(Al+Fe)_{ox}$ in mmol kg^{-1}. Voor de bepaling van de bindingscapaciteit van de bouwvoor is gebruik gemaakt van gegevens uit de Landelijke Steekproef Kaarteenheden (LSK; De Vries, 1994, 1999). De cumulatieve frequentieverdeling van het $(Al+Fe)_{ox}$-gehalte voor kalkrijke klei, kalkloze klei, leemgrond, veengrond, moerige kleigrond, moerige zandgrond, kalkloos zand, kalkrijk zand en kalkarm zand is gebruikt om percentielwaarden voor de bindingscapaciteit met bijhorend areaal vast te stellen. Een 25^e-percentielwaarde geeft het getal aan waarbij 75% van de desbetreffende grond een hogere bindingscapaciteit heeft; bij een 95^e-percentielwaarde heeft nog 5% een hogere bindingscapaciteit. Deze percentielwaarden (Schoumans e.a., 2004) alsmede het bijhorend areaal en het volumegewicht van deze bodems (De Vries, 1994, 1999) worden gegeven in tabel 10.

Tabel 10. Waarden voor de bindingscapaciteit bij 25^e-, 50^e-, 75^e- en 95^e-percentielen voor de bouwvoor of zode van grondsoorten uit de LSK en hun volumegewichten. Tussen haken wordt per percentielwaarde het percentage van het totale areaal gegeven. Het totale areaal is 2806503 ha.

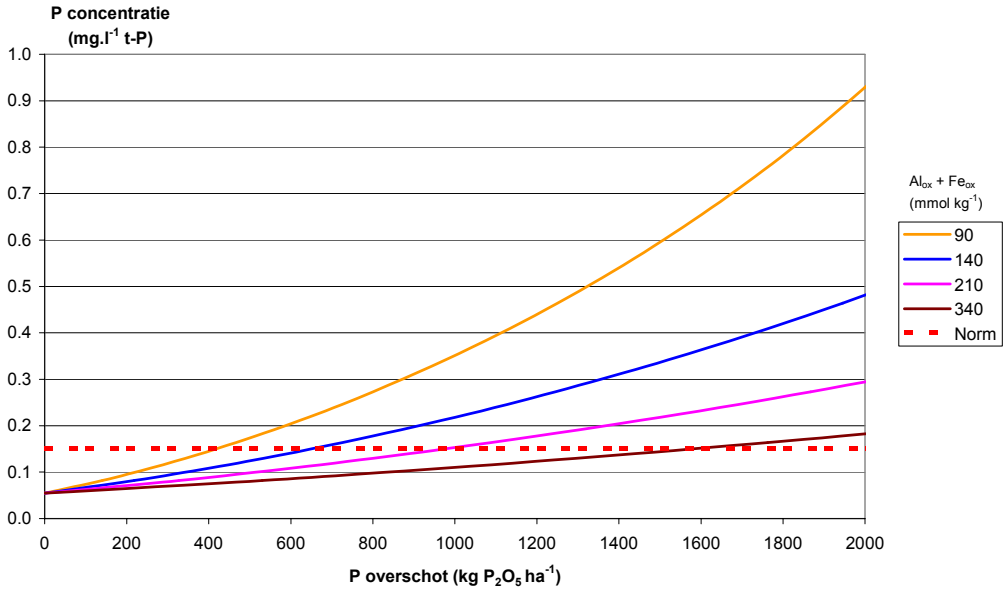
Grond	Areaal		Bindingscapaciteit $(Al+Fe)_{ox}$, mmol kg^{-1}				Volumegewicht
	ha		25^e	50^e	75^e	95^e	kg dm^{-3}
Kalkrijke klei	621166	(22,1)	50 (5,5)	80 (11,1)	110 (16,6)	150 (21,0)	1300
Kalkloze klei	419122	(14,9)	90 (3,7)	140 (7,5)	210 (11,2)	340 (14,2)	1150
Leem	43692	(1,6)	60 (0,4)	80 (0,8)	90 (1,2)	130 (1,5)	1450
Veen	251077	(8,9)	190 (2,2)	300 (4,5)	400 (6,7)	*500*[1] (8,5)	700-1200; 850[2]
Moerige klei	6516	(0,2)	*280*[1] (0,1)	330 (0,1)	350 (0,2)	360 (0,2)	1000
Moerige zand	97757	(3,5)	70 (0,9)	100 (1,7)	150 (2,6)	350 (3,3)	1100
Kalkrijk zand	94159	(0,2)	10 (0,8)	20 (1,7)	40 (2,5)	70 (3,2)	1500
Kalkarm zand	1272913	(45,4)	50 (11,3)	80 (22,7)	140 (34,0)	350 (43,1)	1500

[1] Geëxtrapoleerde waarden; [2] Aangenomen waarde bij berekeningen

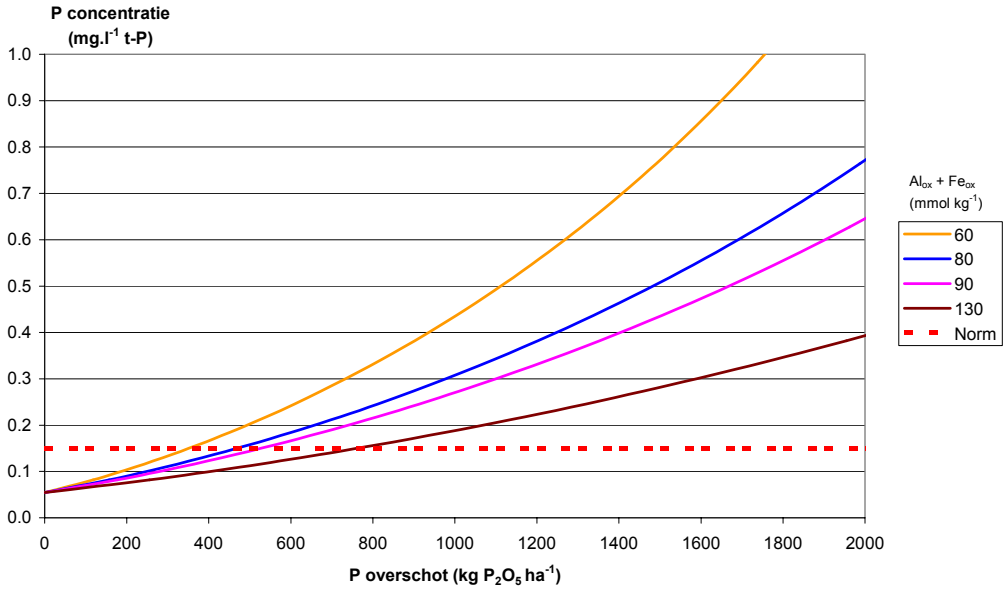
De procesbeschrijving voor kalkrijk zand is niet afdoende uitgewerkt. Voor deze grondsoort kan dus geen relatie tussen de fosforconcentratie in het bodemvocht en het fosfaatoverschot bij verschillende bindingscapaciteiten worden gegeven. In figuren 1-7 worden de resultaten gegeven voor de grondsoorten uit tabel 10, voor een initiële waarde voor de fosfaattoestand (Pw-getal) van 5 mg P_2O_5 l^{-1} en een laagdikte van 25 cm.



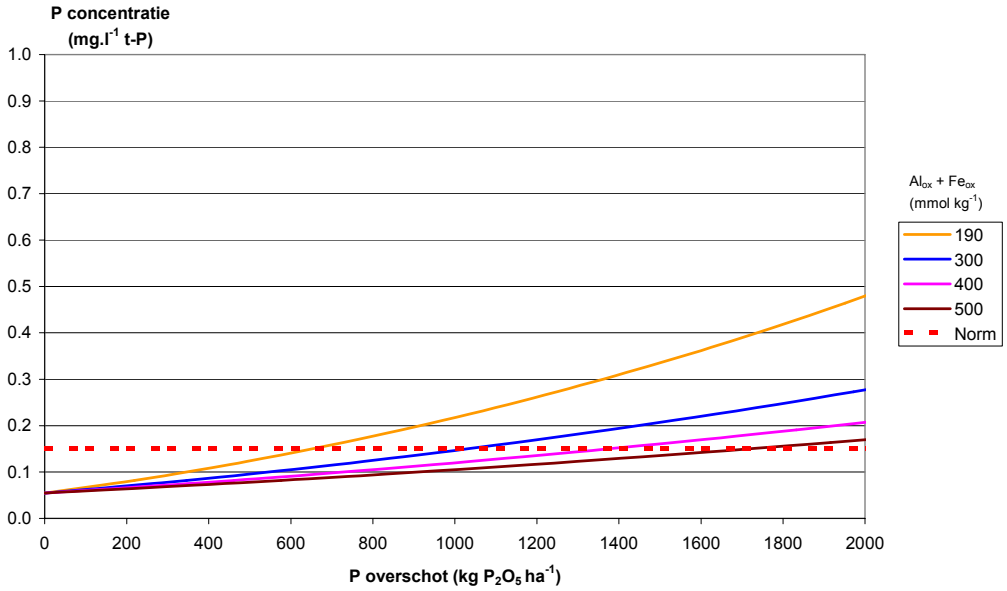
Figuur 1. Indicatie van de invloed van het fosfaatoverschot op de fosforconcentratie in het bodemvocht bij 25e-, 50e-, 75e- en 95e-percentielen van de bindingscapaciteit $(Al+Fe)_{ox}$ voor kalkrijke klei.



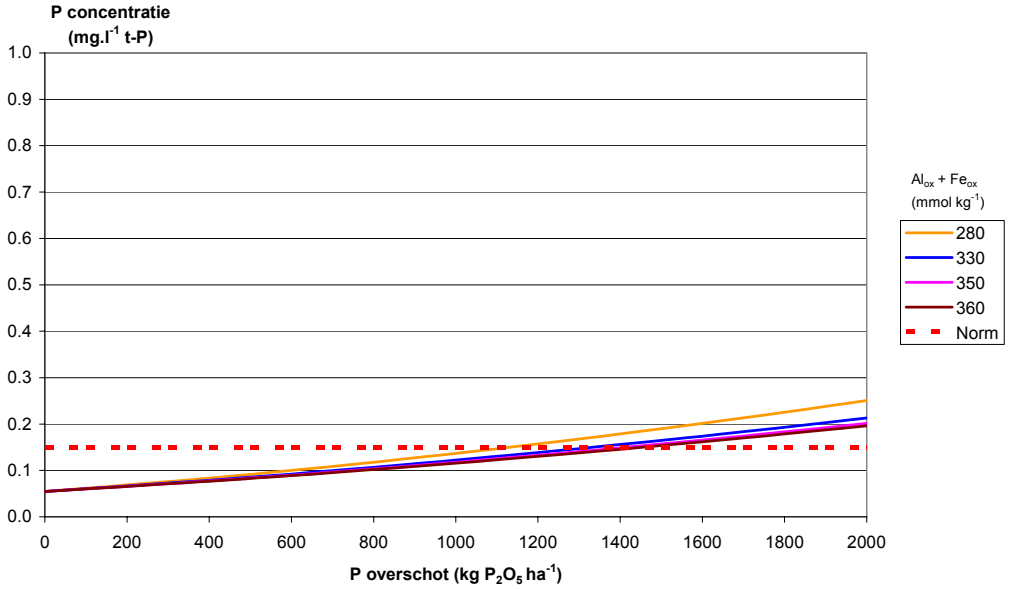
Figuur 2. Indicatie van de invloed van het fosfaatoverschot op de fosforconcentratie in het bodemvocht bij 25e-, 50e-, 75e- en 95e-percentielen van de bindingscapaciteit $(Al+Fe)_{ox}$ voor kalkloze klei.



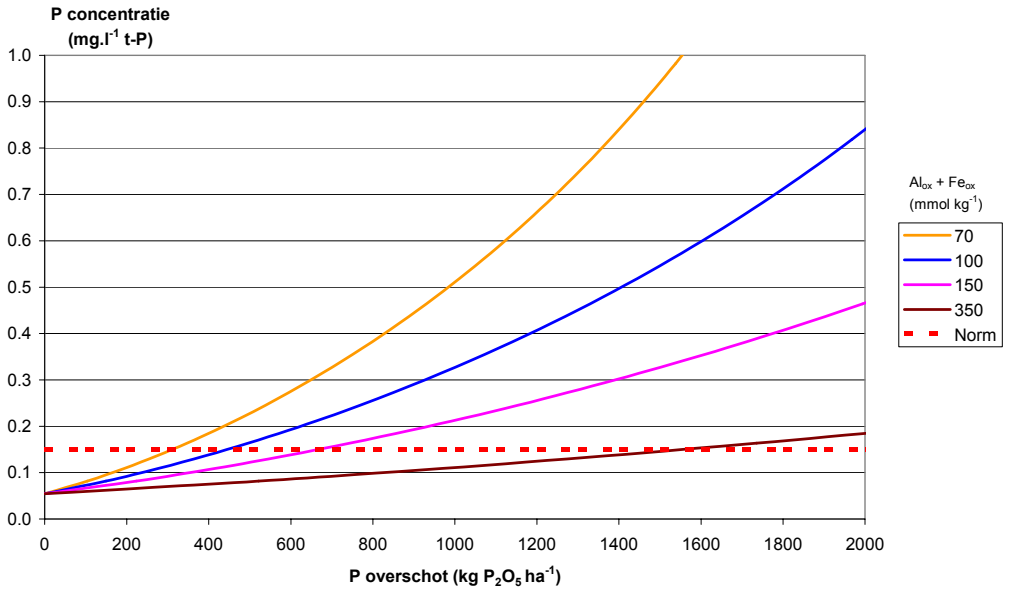
Figuur 3. Indicatie van de invloed van het fosfaatoverschot op de fosforconcentratie in het bodemvocht bij 25e-, 50e-, 75e- en 95e- percentielen van de bindingscapaciteit $(Al+Fe)_{ox}$ voor leemgronden.



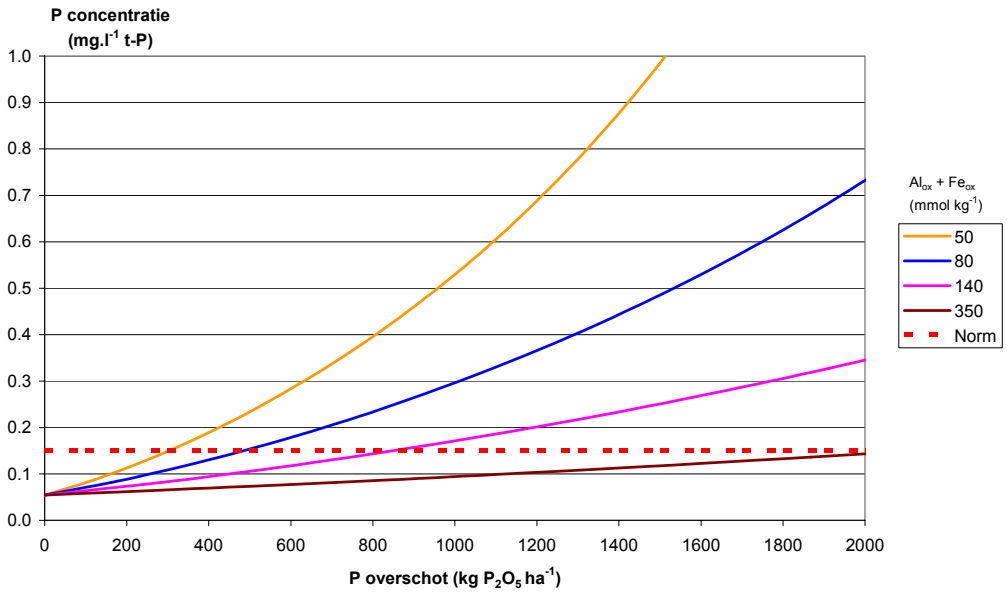
Figuur 4. Indicatie van de invloed van het fosfaatoverschot op de fosforconcentratie in het bodemvocht bij 25e-, 50e-, 75e- en 95e-percentielen van de bindingscapaciteit $(Al+Fe)_{ox}$ voor veengronden.



Figuur 5. Indicatie van de invloed van het fosfaatoverschot op de fosforconcentratie in het bodemvocht bij 25e-, 50e, 75e- en 95e-percentielen van de bindingscapaciteit $(Al+Fe)_{ox}$ voor moerige kleigronden.



Figuur 6. Indicatie van de invloed van het fosfaatoverschot op de fosforconcentratie in het bodemvocht bij 25e-, 50e-, 75e- en 95e-percentielen van de bindingscapaciteit $(Al+Fe)_{ox}$ voor moerige zandgronden.



Figuur 7. Indicatie van de invloed van het fosfaatoverschot op de fosforconcentratie in het bodemvocht bij 25e-, 50e-, 75e- en 95e- van de bindingscapaciteit (Al+Fe)ox voor kalkarme zandgronden.

Naarmate de fosfaatbindingscapaciteit van de bouwvoor toeneemt, dat wil zeggen dat deze een hoger gehalte aan Al_{ox} en Fe_{ox} heeft, kan een hoger fosfaatoverschot geaccepteerd worden. Het fosfaatoverschot dat, uitgaande van een Pw-getal van 5 mg P_2O_5 l^{-1} en een bodemlaag van 25 cm, aan de bodem kan worden toegediend zonder de norm voor zoet stagnant oppervlakte te overschrijden, is berekend voor de 25e-, 50e-, 75e- en 95e-percentielen. Tabel 11 vat deze fosfaatoverschotten samen voor de grondsoorten bij deze vier percentielen. Tijdens de test van het protocol (zie hoofdstuk 6) is een gemiddelde waarde voor Pw-getal van 10 mg P_2O_5 l^{-1} vastgesteld. Vandaar dat eenzelfde berekening ook voor Pw-getal 10 mg P_2O_5 l^{-1} is uitgevoerd (tabel 9). Omdat de bodem bij Pw-getal 10 mg P_2O_5 l^{-1} al meer opgeladen is met fosfaat dan bij Pw-getal 5 mg P_2O_5 l^{-1} kan minder fosfaat worden gegeven. De norm voor zoet stagnant oppervlaktewater wordt dan al bij lagere overschotten overschreden.

Indien uitgegaan wordt van een overschot van 100 kg P_2O_5 ha^{-1} jr^{-1} blijkt dat, met uitzondering van kalkloze klei, veen en moerige klei, in een kwart van het areaal van de overige gronden na 2 à 3 jaar de bindingscapaciteit dusdanig is verbruikt, dat er een risico is op overschrijding van de norm voor zoet stagnant oppervlakte water.
Het is niet zo dat één lage bindingscapaciteit uitsluitend voorkomt in specifieke grondsoorten. Op zowel kalkrijke klei, leem, moerig zand, kalkloos zand als op kalkarm zand komen percelen voor met een beperkte bindingscapaciteit, naast percelen met een meer dan toereikende bindingscapaciteit. Uitzonderen van specifiek aangewezen grondsoorten biedt onvoldoende waarborg om ongewenste uitspoeling te voorkomen. Het voorkómen van ongewenste uitspoeling wordt mogelijk door rekening te houden met de bindingscapaciteit.

Tabel 11. Fosfaatoverschotten in kg P_2O_5 per ha die nodig zijn om een Pw-getal van 15 mg P_2O_5 l^{-1} te bereiken (of een ortho-P concentratie van 0,1 mg P l^{-1}), berekend voor vier percentiel waarden van $(Al+Fe)_{ox}$ en verschillende grondsoorten, bij uitgangstoestanden (Pw-getal) 5 en 10 mg P_2O_5 l^{-1} en bij een bodemlaag van 25 cm.

Grond	**Initieel Pw-getal, mg P_2O_5 l^{-1}**							
	5				**10**			
	Percentielen $(Al+Fe)_{ox}$							
	25e	**50e**	**75e**	**95e**	**25e**	**50e**	**75e**	**95e**
Kalkrijke klei	290	470	640	880	129	207	285	388
Kalkloze klei	470	730	1090	1760	206	520	481	778
Leem	390	520	590	850	173	231	260	375
Veen	730	1150	1530	1920	321	508	677	846
Moerige klei	1260	1490	1580	1620	557	657	697	716
Moerige zand	350	500	740	1740	153	219	328	766
Kalkrijk zand	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
Kalkarm zand	340	540	950	2370	149	239	418	1045

6 Toets van het protocol in de praktijk

6.1 Aanpak

Het protocol is in de praktijk getoetst. De selectie van de percelen en het grondonderzoek werden uitgevoerd door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek (BLGG) te Oosterbeek. Geselecteerd werden percelen landbouwgrond met in 2003/2004 een lage fosfaattoestand; voor löss-percelen werd gebruik gemaakt van gegevens van het seizoen 2002/2003. De selectie betreft percelen landbouwgrond waar grondonderzoek werd uitgevoerd ten behoeve van fosfaatbemestingsadvisering. Uit deze BLGG-voorselectie werd door Alterra een aantal percelen geselecteerd waarop twee bemonsteringsstrategieën in het veld werden getoetst. Hierbij werden grondmonsters gestoken die door het BLGG op kenmerkende parameters van grondonderzoek werden onderzocht. Alterra heeft vervolgens getoetst of deze percelen in aanmerking zouden kunnen komen voor een verruimde gebruiksnorm voor fosfaat. De volgende paragrafen gaan in op de verschillende onderdelen van de test.

6.2 Selectie

Het BLGG heeft uit haar bestanden percelen landbouwgrond geselecteerd waarvan de fosfaattoestand als *laag* werd gewaardeerd in het seizoen 2003/2004. Voor löss ontbraken in dat jaar percelen met een lage fosfaattoestand, bij de selectie is daarom gebruik gemaakt van gegevens van het seizoen 2002/2003.

Uit deze voorselectie werden 75 percelen geselecteerd. Deze selectie is gebaseerd op een zo breed mogelijk verdeling over grondsoorten en sectoren. BLGG heeft daarop de agrariërs aangeschreven om toestemming te krijgen voor het bemonsteren van het perceel. In verband met de tijdsdruk werden de eerste 30 aanmeldingen voor deelname opgenomen in de test zonder verdere selectie. Zodra toestemming verkregen was, werd begonnen met het vastleggen van de percelen met GPS. In een laat stadium werd vastgesteld dat twee percelen ongeschikt bleken te zijn voor de test. Daardoor omvat de definitieve selectie 28 percelen.

Werkwijze bemonstering in het veld
Het perceel werd met GPS in vorm en omvang vastgelegd. Daartoe werden de kenmerkende en daardoor vorm en omvang bepalende hoekpunten opgezocht en met GPS vastgelegd. De gegevens werden ingevoerd en met ARC-GIS bewerkt. Er werden hierbij twee benaderingen gehanteerd:

1. Strategie B: het perceel werd in 20 even grote, zo compact mogelijke vlakken (geografische strata) opgedeeld. Vervolgens zijn in totaal 20 bemonsteringspunten geloot (per stratum één bemonsteringspunt.)

2. Strategie C: het perceel werd in 10 even grote, zo compact mogelijke vlakken verdeeld en vervolgens werden 20 bemonsteringspunten geloot met per stratum twee bemonsteringspunten.

De bemonsteringspunten werden in het veld met GPS opgezocht; op bouwland werd een grondmonster met een gutsboor tot en met 25 cm gestoken; op grasland tot en met 10 cm. Tot aan de analyse werden de monsters bij 4 graden Celsius opgeslagen in geplastificeerde grondmonsterzakken.

De voor deze activiteiten benodigde tijd werd geregistreerd.

6.3 Grondmonsteronderzoek

De monsters werden door het BLGG geanalyseerd op:
- Pw-getal,
- P-AL-getal,
- P_{ox} + Al_{ox} + Fe_{ox},
- pH-(1 M KCl),
- Organische stof,
- Koolzure kalk,
- Lutum,
- PAE

BLGG heeft de analyses uitgevoerd zoals die toegepast werden vóór invoering van de pakketten PAE en TSC. Pw-getal volgens Sissingh (1971), organische stof overeenkomend met NEN 5754, pH-KCl conform NEN-ISO 10390, lutum overeenkomend met NEN 5753, koolzure kalk conform NEN-ISO 10693, P-AL-getal overeenkomend met NEN 5793, P_{ox} + Al_{ox} + Fe_{ox} conform NEN 5776, de extractie met 0,01 $CaCl_2$ bij PAE komt overeen met NEN 5704 terwijl in het extract ortho-P werd bepaald volgens Murphy en Riley (1962).

De grondmonsters van strategie B werden in tweevoud geanalyseerd, de grondmonsters van strategie C in enkelvoud. De bepaling van het Pw-getal in de grondmonsters van strategie C werden echter in duplo geanalyseerd. De analyses van de series grondmonsters van strategie B en C werden onafhankelijk van elkaar uitgevoerd. Te sterk afwijkende echte duplobepalingen werden in heranalyse genomen. De twee dichtst bijeen gelegen analyseresultaten zijn opgenomen in de bewerking. Bij PAE is de detectielimiet 0,2 mg P kg^{-1}. Een aantal monsters had lagere PAE waarden; bij de statistische bewerking zijn echter de feitelijke meetwaarden gebruikt. Het betrof grondmonsters van 9 percelen waarvan één perceel systematisch onder de detectiegrens kwam en 8 percelen die incidenteel onder de detectiegrens kwamen. Bij de overige fosfaatbepalingen werden de detectiegrenzen niet onderschreden.

6.4 Vragenlijst

Aan de deelnemers zijn de volgende vragen voorgelegd.
1. Wat is het huidige landgebruik?
2. Hoeveel jaar wordt deze vorm van landgebruik al uitgevoerd?
3. Welke oorzaak wijst de agrariër zelf aan voor de lage fosfaattoestand? Is dit een gevolg van extensief landgebruik? Zo nee, welke oorzaak wijst de agrariër dan zelf aan voor het feit dat de fosfaattoestand laag is?
4. Welk oordeel heeft de agrariër zelf over de grond van het perceel. Wordt de grond als fosfaatarm beschouwd of als fosfaatfixerend?

6.5 Statistische verwerking

De resultaten van de laboratoriumanalyses werden statistisch verwerkt conform het protocol (hoofdstuk 2). De nulhypothese 'het gemiddelde fosfaatgehalte is kleiner of gelijk aan de toetsingswaarde' werd getoetst voor meerdere toetsingswaarden en twee onbetrouwbaarheidsdrempels (0,05 en 0,10).

De methoden van fosfaatonderzoek (Pw-getal, P-AL-getal, PAE) werden vergeleken op basis van de variatiecoëfficiënten gemiddeld over percelen.

Tot slot werd gekeken of de fosfaattoestand gemiddeld over de percelen was toegenomen sinds de laatste bemonstering. Hiervoor werd voor elk perceel de verandering in fosfaattoestand geschat (verschil tussen twee schattingen) en werd getoetst of de gemiddelde verandering (gemiddeld over alle percelen) significant afwijkt van 0 (tweezijdig getoetst).

6.6 Algemene bevindingen

Tabel 12 geeft de verdeling van de door BLGG geselecteerde percelen met een lage fosfaattoestand over de grondsoorten en landgebruik. In het seizoen 2003/2004 zijn op löss geen percelen aangetroffen waarvan de fosfaattoestand als *laag* wordt gewaardeerd. Er was geen informatie beschikbaar over de teelt van bomen of buitenbloemen.
De selectie uitgevoerd door het BLGG wees uit dat percelen met een waardering *laag* vooral voorkomen op grasland (82%) en bouwland (17%). Het voorkomen van percelen met een lage fosfaattoestand bij bloembollen of vollegrondsgroenten betreft incidentele gevallen.

Percelen zijn niet altijd topografische eenheden. Topografische eenheden bestonden soms uit kleinere delen (bv. paardenwei van 0,75 ha of schapenweiden in een blok van 16 ha). Daarnaast kwamen kleine dijkvakken voor (< 0,1 ha).

Er is een grote verscheidenheid in de grootte van het perceel: 0,1 – 28 ha, ook de vorm varieert. Meestal zijn het rechthoekige percelen; in vier gevallen betrof onregelmatig gevormde percelen (polygonen).

Percelen zijn met GPS digitaal vastgelegd. Hierbij werd vastgesteld dat er in een aantal gevallen aanzienlijk werd afgeweken van de Top-10 vectorkaart (afwijkingen van 25 m zijn vastgesteld). Vandaar dat bij de stratificatie en loting van bemonsteringspunten uitgegaan werd van de Top-10 vectorkaart om de coördinaten van de bemonsteringspunten vast te leggen. Dit was niet voorzien bij de aanvankelijke planning van de uitvoering van de werkzaamheden. Ook bleek soms een geloot bemonsteringspunt net buiten het perceel te liggen; dit is een gevolg van de random variatie die voorkomt bij GPS-bepalingen. Indien GPS aangaf dat een bemonsteringspunt buiten de topografische eenheid viel, dan werd een punt bemonsterd in het perceel dat het dichtst hierbij kwam.

Tabel 12. Aantal percelen in seizoen 2003/2004 met een fosfaattoestand dat als laag werd gewaardeerd. Data voor löss berusten op het seizoen 2002/2003.

Grondsoort	Akkerbouw	Bollenteelt	Grasland	Vollegrond	Totaal per grondsoort
Dalgrond			4		4
Dekzand	4		95		99
Kleiig veen			15		15
Löss	14		3	2	19
Maasklei	2		1		3
Oude zeeklei	18	2	23		43
Rivierklei	12		80		92
Veen			10		10
Zeeklei	12		69		81
Zeezand		2	4		6
Totaal per sector	**62**	**4**	**304**	**2**	**372**

Het stratificeren (rasteren) vraagt een berekening. De software die Alterra daarvoor gebruikt is niet standaard aanwezig op veldcomputers en vraagt vaardigheid en kennis. Voor veldgebruik is nog een ontwikkelingsstap nodig.

Het loten van bemonsteringspunten gaat snel. Ook hier vraagt het inlezen van de coördinaten voor GPS vaardigheid en kennis. Voor veldgebruik is nog een ontwikkelingsstap nodig. Alterra heeft hiervoor GARTRIP in een handheld GPS gebruikt waarbij de coördinaten als waypoint zijn ingelezen.

Voor veldwerkzaamheden bleek een geprinte kaart zeer handzaam. Daarmee konden de bemonsteringspunten worden afgevinkt.

Bij bemonstering in het veld kon de monsternemer niet ontkomen aan een interpretatie. Op geploegd bouwland op klei kunnen ploegriemen gemeden of juist gezocht worden.

Op bouwland levert een gutsboor met 20 steken tot 25 cm diepte circa 500 g bodemmonster.

Aan de agrariërs is gevraagd waarom het perceel een lage fosfaattoestand had. Genoemde oorzaken zijn :
- Grond is fosfaatfixerend. Dit werd in 22 gevallen genoemd als oorzaak.
- Perceel was verpacht en werd extensief gebruikt (5 percelen).
- Extensief gebruik door eigenaar (5 percelen)
- Diepe grondbewerking (3 percelen)
- Hobbyperceel, dijkvakken, daardoor niet representatief voor vigerende landbouw (4 percelen).

Doorgaans betrof het percelen landbouwgrond waarbij jarenlang eenzelfde cultuurgebruik werd uitgeoefend. Bij grasland kwamen vier percelen voor die recent gescheurd waren. In één geval was het grasland gescheurd, op bouwland kwamen drie percelen met diepe grondbewerking voor.

In het seizoen voorafgaand aan de bemonstering is bemest met dierlijke mest en met kunstmest. Er zijn ramingen uitgevoerd van de hoeveelheden gebruikte dierlijke mest en kunstmest op basis van opgave door de agrariër. Bij dierlijke mest zijn de fosfaatgehalten uit de adviesbasis voor bemesting van akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten gebruikt (Van Dijk, 2003) om de fosfaatgift te berekenen. Geraamd is dat gemiddeld 100 kg P_2O_5 ha^{-1} is gegeven (bereik 0-222 kg P_2O_5 ha^{-1}). Percelen die een landbouwkundig gebruik hebben, kregen naar schatting gemiddeld 116 kg P_2O_5 ha^{-1}.

6.7 Wel of geen perceel met lage fosfaattoestand? Kiezen met een statistische toets.

6.7.1 Inleiding

Wanneer we op basis van een steekproef een uitspraak doen over het gemiddelde fosfaatgehalte van een perceel zijn we over dit gemiddelde onzeker. Deze onzekerheid is het gevolg van ruimtelijke variatie van het fosfaatgehalte in het perceel (steekproeffout) en tengevolge van laboratoriumfouten. Hierdoor kunnen we ook niet met zekerheid bepalen of het gemiddelde fosfaatgehalte van een perceel kleiner is dan een gekozen toetsingswaarde waar beneden de agrariër in aanmerking komt voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat. Door de beslissing te baseren op een statistische toets kunnen we rekening houden met deze onzekerheid.

In bijlage 1 zijn vier strategieën voorgesteld voor het schatten van het gemiddelde fosfaatgehalte van een perceel. In dit onderzoek zijn twee strategieën getoetst: strategie B en C. In strategie B wordt het perceel opgedeeld in n compacte, geografische strata (blokken) (n = aantal steken), wordt uit elk stratum volledig aselect 1 steek genomen, en wordt het mengmonster in duplo geanalyseerd in het laboratorium. In strategie C wordt het perceel opgedeeld in $n/2$ compacte,

geografische strata, en worden in elk stratum volledig aselect 2 steken genomen waarmee twee mengmonsters worden gemaakt die in enkelvoud worden geanalyseerd. Het verschil tussen strategie B en C is dat in strategie B alleen de laboratoriumanalyse wordt herhaald, terwijl in strategie C zowel de steekproefname als de laboratoriumanalyse wordt herhaald. Hierdoor krijgen we bij strategie B alleen zicht op de laboratoriumfout, terwijl we bij strategie C zicht krijgen op de totale fout (steekproeffout + analysefout).

In de test zijn 28 percelen onderzocht en is *n* op 20 gesteld. In tabel 12 zijn de resultaten van het grondonderzoek op fosfaat van de percelen weergegeven, de data van de overige parameters van grondonderzoek staan in bijlage 13 en 14. Elk perceel is onderzocht met strategie B en C. Dit betekent dat op elk perceel drie mengmonster zijn gestoken, één volgens steekproefopzet B en twee volgens steekproefopzet C. De in tabel 13 weergegeven gemiddelde fosfaatgehalten (Pw-getal, P-AL-getal en PAE) zijn de ongewogen gemiddeldes van de twee geschatte gemiddelden verkregen met strategie B en met strategie C.

6.7.2 Toetsing

Wanneer een perceel wordt onderzocht met strategie B, dan kunnen we de variantie van de totale fout in het geschatte gemiddelde niet schatten omdat we immers geen herhalingen hebben van de streekproef. Voor strategie B moeten we daarom de steekproeffout voorspellen met een model van de ruimtelijke variatie (variogram). Gerekend is met een sferisch variogram met een nugget (intercept) van 50, een sill (asymptoot) van 100 en een range van 50 m. Bij de modelvoorspelling van de steekproefvariantie is vervolgens de variantie van de laboratoriumfout opgeteld. Hiervoor is genomen de waarde 4,5 die is afgeleid van het door het BLGG gehanteerde maximale verschil tussen twee analyses aan hetzelfde monster van 6 eenheden (bijlage 1).

Wanneer een perceel wordt onderzocht met strategie C (aangeduid met C model) krijgen we wel een schatting van de variantie van de totale fout. Deze geschatte variantie kan worden gebruikt voor het toetsen van de hypothese 'het gemiddelde fosfaatgehalte is kleiner dan of gelijk aan de toetsingswaarde'. Deze hypothese dient het landbouwkundig belang. Voor strategie C is tevens getoetst met een modelvoorspelling van de steekproefvariantie vermeerderd met een laboratoriumvariantie van 4,5 (aangeduid met C experim.).

Voor PAE is geen model voor de ruimtelijke variatie (variogram) voorhanden, zodat we voor PAE alleen kunnen toetsen voor strategie C gebruikmakend van de variantie geschat met de twee herhalingen.

Als onbetrouwbaarheidsdrempel is gekozen voor 0,05 en 0,10, d.w.z. de maximale kans dat ten onrechte wordt geconcludeerd dat het gemiddelde fosfaatgehalte groter is dan de toetsingswaarde, is 5% resp. 10%.

Als toetsingswaarden zijn gekozen 15, 20 en 25 mg P_2O_5 l^{-1} voor Pw-getal, 14, 16, 22 en 26 mg P_2O_5 (100 g)$^{-1}$ grond voor P-AL-getal, en 1,5, 2 en 3 mg P kg^{-1} voor PAE. De waarden voor Pw-getal en P-AL-getal passen bij landbouwkundige waarderingen voor (*vrij*) *laag* en *voldoende*. Bij PAE zijn schattingen gehanteerd die ongeveer overeenkomen met de toetsingswaarden voor het Pw-getal voor kalkloos zand. De schattingen berusten op ongepubliceerde data. Deze schattingen zijn dus onzeker en vragen om nadere onderbouwing.

De resultaten van de statistische toets zijn weergegeven in tabellen 14 tot en met 17. De waarde 1 betekent dat de nulhypothese (gemiddelde fosfaatgehalte kleiner dan of gelijk aan toetsingswaarde) niet is verworpen en dat het perceel dus in aanmerking komt voor verhoogde gebruiksnorm. De waarde 0 betekent dat de nulhypothese wel is verworpen en dus geen verhoogde gebruiksnorm wordt toegekend .

6.7.3 Vergelijking van Pw-getal, P-AL-getal en PAE

De gemiddelde variatiecoëfficiënten (gemiddeld over de 28 percelen) zijn voor Pw-getal 0,17 voor strategie B en 0,20 voor strategie C. Voor het P-AL-getal zijn deze respectievelijk 0,09 (strategie B) en 0,20 (strategie C), en voor PAE respectievelijk 0,22 (strategie B) en 0,32 (strategie C). Bij strategie C is ook de steekproef in het veld herhaald en zijn twee mengmonsters gestoken op verschillende locaties geanalyseerd in het laboratorium, in tegenstelling tot strategie B waarin het zelfde mengmonster twee keer is geanalyseerd. Dit verklaart de hogere variatiecoëfficiënten voor strategie C dan voor strategie B.

Uit de variatiecoëfficiënten blijkt dat bepalingen van het P-AL-getal in het laboratorium nauwkeuriger zijn dan bepalingen van het Pw-getal. Wordt ook de steekproeffout in beschouwing genomen dan verschillen beide methoden niet meer. Blijkbaar varieert het P-AL-getal sterker binnen het perceel dan het Pw-getal.

PAE-bepalingen zijn minder nauwkeurig dan bepalingen van het P-AL-getal of het Pw-getal.

6.7.4 Verandering in fosfaattoestand

Sinds het seizoen 2003/2004 is op de percelen een vorm van landbouw (grasland, akkerbouw) uitgevoerd. Er is bemest waarmee fosfaat is aangevoerd. Onderzocht is of daardoor de fosfaattoestand is veranderd. In het seizoen 2003/2004 hadden de percelen een Pw-getal van gemiddeld 12 mg P_2O_5 l^{-1} (10 percelen). Na een jaar van landbouwkundig gebruik was de fosfaattoestand significant gestegen tot Pw-getal 21 mg P_2O_5 l^{-1}. Het P-AL-getal was in het seizoen 2003-2004 11 mg P_2O_5 (100 g)$^{-1}$ terwijl in 2005 gemiddeld 17 mg P_2O_5 (100 g)$^{-1}$ werd vastgesteld hetgeen eveneens een significante verhoging betrof.

Tabel 13. Analyseresultaten voor fosfaat, aluminium en ijzer voor de 28 percelen.

Volgnr.	PAE	Pw-getal 2003-2004	Pw-getal 2005	P-AL-getal 2003-2004	P-AL-getal 2005	P-ox 2005	Al-ox 2005	Fe-ox 2005
	mg P kg^{-1}	mg P_2O_5 l^{-1}	mg P_2O_5 l^{-1}	mg P_2O_5 (100 g)$^{-1}$	mg P_2O_5 (100 g)$^{-1}$	mmol kg^{-1}	mmol kg^{-1}	mmol kg^{-1}
1	0,54	*	16	6	6	9,0	39,5	91,5
2	0,78	*	16	10	8	15,8	65,3	135,3
3	0,49	10	18	14	14	15,3	52,8	91,3
5	0,80	*	38	14	20	18,3	46,3	173,5
6	0,57	*	23	13	10	15,3	42,5	147,8
7	1,34	*	22	13	11	13,3	35,0	107,0
9	1,06	14	23	7	13	14,8	51,3	141,0
10	0,62	*	21	13	10	17,5	44,5	178,8
11	0,69	*	20	13	11	15,5	36,8	134,5
12	0,18	*	13	13	16	14,0	24,0	136,0
13	0,15	16	20	11	7	15,8	77,3	177,5
14	1,14	*	32	11	21	15,0	68,3	128,8
15	0,51	13	32	10	21	18,3	61,0	161,3
16	0,25	4	17	4	17	2,8	7,8	28,5
17	0,46	4	22	4	20	3,3	7,0	29,0
18	0,30	17	15	14	16	3,0	6,8	39,0
19	1,72	*	35	12	21	7,8	34,8	9,8
20	0,38	*	12	9	15	23,0	94,8	143,3
21	0,24	4	14	12	12	15,5	53,5	156,5
22	0,68	5	28	11	63	14,3	14,5	69,5
23	0,49	*	15	13	20	12,8	23,3	114,0
24	0,34	*	14	11	16	15,3	21,3	174,5
25	0,42	9	25	13	11	16,5	57,3	165,3
26	0,33	*	25	14	27	15,0	28,8	144,0
27	0,41	*	22	11	24	11,8	31,8	122,8
28	0,37	*	27	8	17	12,8	36,0	95,8
29	0,52	*	18	14	12	16,3	24,0	183,0
30	0,32	*	21	10	13	10,8	33,0	82,3

Tabel 14. Resultaat van toetsing van nulhypothese 'gemiddelde fosfaatgehalte bepaald met Pw-methode is kleiner of gelijk aan toetsingswaarde' voor drie toetsingswaarden (15, 20 en 25) en twee onbetrouwbaarheidsdrempels (0,05 en 0,10). Gemiddelde fosfaatgehalte geschat met strategie B en C. Voor strategie C is de variantie voorspeld met model (Cmodel) en geschat op basis van de twee herhalingen (Cexperim.) 1: nulhypothese niet verworpen (fosfaattoestand laag), 0: nulhypothese verworpen (fosfaattoestand niet laag), vet gedrukt: foute beslissing (uitgaande van veronderstelling dat gecombineerde schatting van tabel 12 werkelijke gemiddelde is).

Volg-nummer	Pw-getal,	15						20						25					
		B		Cmodel		C experim.		B		Cmodel		Cexperim.		B		Cmodel		Cexperim..	
	mg P_2O_5 l^{-1}	0,05	0,10	0,05	0,10	0,05	0,10	0,05	0,10	0,05	0,10	0,05	0,10	0,05	0,10	0,05	0.10	0.05	0.10
1	16	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	21	0	0	**1**	**1**	0	0	**1**	0	**1**	**1**	**1**	**1**	1	1	1	1	1	1
11	20	**1**	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	20	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	0	0	0	0
15	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
16	17	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	22	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	0	**1**	0	1	1	1	1	1	1
18	15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	16	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	28	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	0	0	0	0	**1**	**1**	0	0	0	0
23	15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	25	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	1	1	1	1
26	25	0	0	0	0	**1**	**1**	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	1	1	1	1
27	22	0	0	**1**	**1**	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	1	1	1	1	1	1
28	27	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**
29	18	**1**	0	**1**	**1**	**1**	**1**	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	18	**1**	**1**	**1**	0	**1**	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	21	**1**	**1**	0	0	**1**	0	**1**	**1**	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
5	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**
6	23	0	0	0	0	0	0	**1**	**0**	**1**	**1**	**1**	1	1	1	1	1	1	1
7	22	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
9	23	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	1	1	1	1	1	1
Verhoogde gebruiksnorm		13	11	16	15	14	12	19	16	21	20	22	21	23	22	23	23	24	24

Tabel 15. Resultaat van toetsing van nulhypothese 'gemiddelde fosfaatgehalte bepaald met P-AL-methode is kleiner of gelijk aan toetsingswaarde' voor twee toetsingswaarden (14 en 22) en twee onbetrouwbaarheidsdrempels (0,05 en 0,10). Gemiddelde fosfaatgehalte geschat met strategie B en C. Voor strategie C is de variantie voorspeld met model (Cmodel) en geschat op basis van de twee herhalingen (Cexperim.) 1: nulhypothese niet verworpen (fosfaattoestand laag), 0: nulhypothese verworpen (fosfaattoestand niet laag)

Volg-nummer	P-AL-getal	14						22					
	mg P_2O_5 (100 g)$^{-1}$	B		Cmodel		Cexperim.		B		Cmodel		Cexperim.	
		0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1
1	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	16	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	1	1	1	1	1	1
13	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	21	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
15	21	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
16	17	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	1	1	1	1	1	1
17	20	**1**	0	0	0	**1**	0	1	1	1	1	1	1
18	16	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	1	1	1	1	1	1
19	21	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
2	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	15	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	1	1	1	1	1	1
21	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	20	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
24	16	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	1	1	1	1	1	1
25	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	27	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0	0
27	24	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**
28	17	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
29	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	20	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	1	1	1	1	1	1
6	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Verhoogde gebruiksnorm		19	18	20	20	18	17	25	25	27	26	26	26

Tabel 16. Resultaat van toetsing van nulhypothese 'gemiddelde fosfaatgehalte bepaald met P-AL-methode is kleiner of gelijk aan toetsingswaarde' voor twee toetsingswaarden (14 en 22) en twee onbetrouwbaarheidsdrempels (0.05 en 0.10). Gemiddelde fosfaatgehalte geschat met strategie B en C. Voor strategie C is de variantie voorspeld met model (Cmodel) en geschat op basis van de twee herhalingen (Cexperim.) 1: nulhypothese niet verworpen (fosfaattoestand laag), 0: nulhypothese verworpen (fosfaattoestand niet laag)

Volg-nummer	P-AL-getal	16						26					
	mg P_2O_5 (100 g)$^{-1}$	B		Cmodel		Cexperim.		B		Cmodel		Cexperim.	
		0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,01
1	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	21	**1**	0	0	0	**1**	0	1	1	1	1	1	1
15	21	0	0	**1**	0	0	0	1	1	1	1	1	1
16	17	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	1	1	1	1	1	1
17	20	**1**	**1**	0	0	**1**	**1**	1	1	1	1	1	1
18	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	21	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
2	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	20	**1**	0	**1**	**1**	0	0	1	1	1	1	1	1
24	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	27	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**
27	24	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**
28	17	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	1	1	1	1	1	1
29	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	20	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	1	1	1	1	1	1
6	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Verhoogde gebruiksnorm		22	20	22	21	21	20	27	27	27	27	27	27

Tabel 17. Resultaat van toetsing van nulhypothese 'gemiddelde fosfaatgehalte bepaald met PAE-methode is kleiner of gelijk aan toetsingswaarde' voor drie toetsingswaarden (1,5, 2 en 3) en twee onbetrouwbaarheidsdrempels (0.05 en 0.10). Gemiddelde fosfaatgehalte geschat met strategie C. Voor strategie C is de variantie voorspeld geschat op basis van de twee herhalingen (Cexperim.) 1: nulhypothese niet verworpen (fosfaattoestand laag), 0: nulhypothese verworpen (fosfaattoestand niet laag)

Volgnummer	PAE	1,5		2		3	
	mg P kg^{-1}	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0.1
1	0,54	1	1	1	1	1	1
10	0,62	1	1	1	1	1	1
11	0,69	1	1	1	1	1	1
12	0,18	1	1	1	1	1	1
13	0,15	1	1	1	1	1	1
14	1,14	1	1	1	1	1	1
15	0,51	1	1	1	1	1	1
16	0,25	1	1	1	1	1	1
17	0,46	1	1	1	1	1	1
18	0,30	1	1	1	1	1	1
19	1,72	**1**	**1**	1	1	1	1
2	0,78	1	1	1	1	1	1
20	0,38	1	1	1	1	1	1
21	0,24	1	1	1	1	1	1
22	0,68	1	1	1	1	1	1
23	0,49	1	1	1	1	1	1
24	0,34	1	1	1	1	1	1
25	0,42	1	1	1	1	1	1
26	0,33	1	1	1	1	1	1
27	0,41	1	1	1	1	1	1
28	0,37	1	1	1	1	1	1
29	0,52	1	1	1	1	1	1
3	0,49	1	1	1	1	1	1
30	0,32	1	1	1	1	1	1
5	0,80	1	1	1	1	1	1
6	0,57	1	1	1	1	1	1
7	1,34	1	1	1	1	1	1
9	1,06	1	1	1	1	1	1
Verhoogde gebruiksnorm		28	28	28	28	28	28

6.7.5 Conclusies

De kans dat de nulhypothese wordt verworpen en geen verhoogde gebruiksnorm wordt toegekend hangt af van de:
- ligging van het werkelijke gemiddelde fosfaatgehalte ten opzichte van de toetsingswaarde
- standaardafwijking van het geschatte gemiddelde fosfaatgehalte
- de onbetrouwbaarheidsdrempel.

Gegeven het werkelijke gemiddelde, leiden een hogere toetsingswaarde, een hogere standaardafwijking en – gelet op de formulering van de hypothese – een lagere onbetrouwbaarheidsdrempel tot een groter aantal percelen dat in aanmerking komt voor een verhoogde gebruiksnorm.

Voor een gegeven perceel zijn modelvoorspellingen van de standaardafwijking van het geschatte gemiddelde fosfaatgehalte voor strategie C iets groter dan die voor strategie B. Hieruit volgt dat bij toepassing van strategie C waarbij de steekproef-variantie met een model wordt voorspeld, de nulhypothese iets minder vaak wordt verworpen (vaker toekenning van verhoogde gebruiksnorm) dan bij toepassing van strategie B. Wordt bij toepassing van strategie C de standaardafwijking van de totale fout (steekproeffout plus laboratoriumfout) geschat met de twee herhalingen, dan leidt dit tot ongeveer hetzelfde totaal aantal verwerpingen.

De toetsingswaarden voor Pw-getal leiden in vergelijking met die voor P-AL-getal vaker tot een verwerping van de nulhypothese en dus tot een afwijzing van de verhoogde gebruiksnorm.

Bij PAE zijn schattingen voor de toetsingswaarden opgelegd. Bij alle aangenomen waarden kan een verhoogde gebruiksnorm worden toegepast. Dit resultaat zal naar verwachting bepaald zijn door de hoogte van de toetsingswaarden; deze zijn echter onzeker.

7 Algemene beschouwingen en aanbevelingen

Het protocol voor het aanwijzen van percelen landbouwgrond die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm dient nog geconcretiseerd te worden voor een aantal beleidskeuzes alvorens het definitieve protocol opgesteld kan worden. Deze hebben betrekking op:

1. Grondslag van het protocol
2. Methode van chemisch grondonderzoek
3. Toetsingswaarden voor de fosfaattoestand en bodemkenmerken voor fosfaatbinding
4. Grootte van de verhoogde gebruiksnorm
5. Uitvoering

Deze aandachtspunten worden in dit hoofdstuk behandeld en voor de verschillende opties consequenties aangegeven en aanbevelingen gedaan.

7.1 Grondslag

Een beleidsvoornemen is om fosfaatkunstmestgebruik in Nederland samen met fosfaat uit dierlijke mest en overige organische bodemverbeterende middelen te reguleren. In dit beleidskader wordt overwogen om een voorziening voor fosfaatarme gronden te treffen. De beleidsoverweging – i.e. de noodzaak voor het protocol - blijft in dit rapport onbesproken.

De grondslag van het protocol kan gevormd worden door louter landbouwkundige, louter milieukundige, of een combinatie van landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten.

Bij uitsluitend landbouwkundige uitgangspunten worden alleen de effecten van gewijzigd fosfaatgebruik op opbrengst en kwaliteitsaspecten in ogenschouw genomen. Bij louter milieukundige uitgangspunten worden uitsluitend effecten op de milieukwaliteit betrokken van wijziging in fosfaatoverschotten in relatie tot de fosfaattoestand van de bodem. Bij een combinatie van landbouwkundige met milieukundige uitgangspunten worden zowel opbrengst en kwaliteit als milieuhygiënische uitgangspunten betrokken. De keuze van de uitgangspunten heeft direct gevolgen voor de keuze van methode van fysisch-chemisch grondonderzoek, de toetsingswaarde, de grootte van de verhoogde gebruiksnorm en de uitvoering van het protocol. In de volgende paragrafen wordt hierop ingegaan.

7.2 Methoden van chemisch grondonderzoek

Indien louter van een landbouwkundig uitgangspunt wordt uitgegaan, dan kan uitsluiting gezocht worden met vigerende bemestingsadviezen gebaseerd op chemisch grondonderzoek.
Een uitwerking van strikte milieukundige uitgangspunten leidt tot toepassing van toetsingskaders die ontworpen zijn voor het voorkómen of beheren van fosfaatverzadigde gronden.
Een combinatie van landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten leidt tot een combinatie van methoden die in de landbouwpraktijk worden toegepast en methoden die bij milieukundig onderzoek worden gebruikt.

Landbouwkundige methoden van grondonderzoek maken gebruik van:
- Pw-getal
- P-AL-getal
- Combinatie van Pw-getal en P-AL-getal

Een milieukundige methode van grondonderzoek maakt gebruik van:
- Fosfaatverzadigingsgraad: Pox in combinatie met de fosfaatbindende bodem-kenmerken (Al_{ox} en Fe_{ox})

Een combinatie van landbouwkundige en milieukundige methoden van grondonderzoek gebruikt:
- Pw-getal + bindingscapaciteit
- P-AL-getal + bindingscapaciteit.

Bij het strikt landbouwkundige uitgangspunt wordt uitgegaan van Pw-getal en P-AL-getal. De keuze voor beide methoden van grondonderzoek ligt voor de hand omdat op basis van deze methoden de huidige bemestingsadviezen zijn opgesteld. Daarnaast kennen de sectoren de interpretatie van de analyseresultaten van deze bepalingen mits de voor de sector daartoe geëigende methode wordt toegepast. Zo heeft het gebruik van P-AL-getal voor akkerbouwers weinig betekenis en vice versa het gebruik van Pw-getal bij de graasveehouderij. Een aantal sectoren maakt gebruik van een combinatie van Pw-getal en P-AL-getal (boomkwekerij en de teelt van buitenbloemen). Het areaal landbouwgrond dat in potentie gebruik zou kunnen maken van bemestingsadviezen die gebaseerd zijn op beide parameters is echter gering (tabel 18). Het betreft circa 0,7% van het areaal. De noodzaak om een protocol op te stellen waarbij criteria gebaseerd zijn op een combinatie van Pw-getal en P-AL-getal is dan ook niet groot, temeer daar verwacht wordt dat het aantal percelen uit de sectoren boomkwekerij en bloemkwekerij met een fosfaatarme grond slechts incidenten zullen betreffen, gelet op de hoogte van de geadviseerde giften. Het aspect aanvulgrond bij boomteelt wordt hier buiten beschouwing gelaten omdat dit niet behoort tot het toepassingsgebied van het protocol.

Tabel 18. Areaal van de verschillende sectoren in 2003.

Gewas	**Areaal ha**
Grasland	985166
Akkerbouw	813976
Snijmaïs	216897
Groenten	45725
Bloembollen	24538
Fruit	18773
Boomkwekerij	11896
Bloemkwekerij	2607
Vaste planten	1255

Milieukundige methoden voor grondonderzoek worden in de landbouwpraktijk doorgaans niet toegepast. De methoden hebben betekenis bij het karakteriseren van percelen die sterk kunnen bijdragen aan de fosfaatuitspoeling naar het grond- en oppervlaktewater (fosfaatverzadigde gronden). Deze combinatie van methoden van grondonderzoek ten behoeve van bemestingsadvisering in relatie tot milieu-hygiënische aspecten is voorgesteld door Schoumans e.a. (2004). Deze combinatie dient zowel landbouwkundige als milieukundige belangen en wordt door Alterra geadviseerd.

In tabel 19 is een overzicht gegeven van effecten van de keuze van methoden voor chemisch grondonderzoek bij de landbouwkundige of milieukundige uitgangspunten en de combinaties ervan op de aspecten opbrengst en kwaliteit, milieu, uitvoerbaarheid en administratieve lasten.

Tabel 19. Effecten van de keuze van methoden voor chemisch grondonderzoek, de risico's

Aspect	Landbouwkundig	Milieukundig	Landbouwkundig en milieukundig
Opbrengst en kwaliteit	Sluit naadloos aan bij de praktijk dus is er volledige waarborg voor bescherming van opbrengst en kwaliteit (discussie PAE daargelaten)	Nieuw element in de bedrijfsvoering Restrictie op gebruik van fosfaat hetgeen kan leiden tot lagere opbrengsten en kwaliteit.	Sluit aan bij landbouwpraktijk waarbij nieuw element in de bedrijfsvoering wordt opgenomen.
Milieu	Geeft geen waarborg voor bescherming van het milieu met name niet bij gronden met een lage bindingscapaciteit.	Geeft volledige waarborg van milieurisico's	Sluit milieurisico's bij meest uitspoelingsgevoelige gronden uit
Uitvoerbaarheid	Sluit aan op huidige praktijk van bemestingsadvisering (discussie PAE daargelaten). Uitvoering vraagt aanpassingen van gebruikelijke routines hetgeen kan leiden tot misvattingen omdat de toepassing van eenzelfde methode voor bemestingsadvisering een ander traject en grondslag heeft dan die voor een verhoogde gebruiksnorm.	Systematiek is ontworpen. Definities vragen echter aanpassing (referentiediepte). Uitvoering vraagt aanpassingen van gebruikelijke routines. Systematiek staat los van die welke voor bemestingsadvisering wordt toegepast. Discussie over de methode voor grondonderzoek ten behoeve van bemestingsadvisering hoeft niet gevoerd te worden in het kader van het protocol voor fosfaatarme gronden.	Sluit aan op huidige praktijk van bemestingsadvisering (discussie PAE daargelaten). Uitvoering vraagt aanpassingen van gebruikelijke routines hetgeen kan leiden tot misvattingen omdat de toepassing van eenzelfde methode voor bemestingsadvisering een ander traject en grondslag heeft dan die voor een verhoogde gebruiksnorm. Systematiek is ontworpen.
Administratieve lasten[1]	++	+++	+++

[1] Hangen af van het uitvoerende laboratorium. Verschillen tussen commerciële laboratoria zijn aanwezig (factor 2 is mogelijk). Bepaling van de fosfaatverzadiging is 3 à 4 maal zo duur als standaard. Om deze reden is een kwalitatieve score gegeven gebaseerd op het aantal handelingen (zie ook paragraaf 7.5).

7.3 Toetsingswaarden voor fosfaattoestand en fosfaatbindende bestanddelen

De keuze voor toetsingswaarden voor de fosfaattoestand en kenmerken voor de fosfaatbindingscapaciteit is afhankelijk van:
- de calibratie van de gewasreactie op fosfaattoestand en fosfaatbemesting;
- de relatie tussen fosfaattoestand en fosfaatuitspoeling;
- uitvoeringsaspecten.

Deze aspecten grijpen onderling op elkaar in. Hoe hoger de waarde voor een fosfaattoestand, hoe hoger het risico is op fosfaatuitspoeling en hoe hoger het aantal percelen is dat in aanmerking komt voor een verhoogde gebruiksnorm.

7.3.1 Opbrengstdervingen in relatie tot de fosfaattoestand

De verscheidenheid in de waardering van de fosfaattoestand tussen de sectoren is groot (hoofdstuk 4). Er kan daardoor een gedifferentieerd stelsel van toetsingswaarden worden opgesteld dat rekening houdt met elke sector. Dit leidt tot een lastig werkbare en vanuit handhavingsoogmerk complexe situatie. Op grond hiervan is besloten te volstaan met opties voor toetsingswaarden die gebaseerd zijn op vigerende bemestingsadviezen voor de grote sectoren van de landbouw.

Indien uitgegaan wordt van een waardering van de toestand *laag* dan geldt bij bemesting van grasland als bovengrens P-AL-getal 16 mg P_2O_5 (100 g)$^{-1}$ voor zeeklei, veen, zand- en dalgrond, 14 mg P_2O_5 (100 g)$^{-1}$ voor rivierklei en 13 mg P_2O_5 (100 g)$^{-1}$ voor löss. Het omslagpunt waarbij opbrengstderving door verandering van geadviseerde fosfaatgift omslaat naar een opbrengststijging ligt in het traject voor het P-AL-getal van 15-20 mg P_2O_5 (100 g)$^{-1}$ (tabel 4).

Op bouwland (akkerbouw, vollegrondsgroenten, bollen) begint de waardering *laag* vanaf 20 mg P_2O_5 l^{-1}. Alleen voor deze sector zijn er expliciete adviezen voor reparatiebemesting tot in de waarderingsklasse *voldoende* (hoofdstuk 4). Opbrengstdervingen kunnen voorkomen bij overgang van geadviseerde giften naar een lagere fosfaatgift. Dit geldt met name bij gewassen met een hoge behoefte aan fosfaat (gewasgroepen 0 en 1). Die gewassen worden echter in een gewasrotatie geteeld. Om de effecten van overgang voor rotaties inzichtelijk te maken zijn de gemiddelde opbrengstdervingen voor een aantal rotaties op akkerbouwland en intensieve vollegrondsgroentebedrijven bepaald. Het betreft veranderingen in fysieke opbrengsten in procent uitgedrukt. Er is geen rekening gehouden met de veranderingen in de financiële opbrengst. Het betreft indicatieve berekeningen waarbij verschillende aannames zijn gedaan. Bij groentegewassen worden op hetzelfde perceel in hetzelfde seizoen twee keer eenzelfde gewas geteeld (dubbelteelt). Bij dubbelteelten ontvangt volgens het bemestingsadvies het tweede gewas de helft van de fosfaatadviesgift van het eerste gewas. Bij de berekening van de opbrengstderving is aangenomen dat deze even groot is als die bij de eerste teelt en verder is geen rekening gehouden met mogelijke wijzigingen in de fosfaattoestand als gevolg van het fosfaatoverschot van de eerste teelt: in alle scenario's is ervan uitgegaan dat de fosfaattoestand gedurende de rotatie constant is. Verder is aangenomen dat de gewassen inderdaad in een rotatie worden geteeld hetgeen niet altijd het geval is (vergelijk koolteelt in Noord Holland). Tabel 120 geeft voor akkerbouwbedrijven en vollegrondsgroentebedrijven het gemiddelde over de rotatie.

Tabel 20. Gemiddelde opbrengstderving voor negen verschillende akkerbouwrotaties (akk) en zes vollegrondsgroenterotaties (vgg) bij verandering van de adviesgiften naar fosfaatgiften van 85, 130 of 160 kg P_2O_5 ha^{-1}.

Sector	Pw-getal	Waardering	Fosfaatgift	Bedrijfstypen								
	mg P_2O_5 l^{-1}		kg P_2O_5 ha^{-1}	Akk1	Akk2	Akk3	Akk4	Akk5	Akk6	Akk7	Akk8	Akk9
Akkerbouw	20	Laag	85	-0,8	1,6	2,6	1,2	*	2,5	*	*	2,7
	20	Laag	130	-1,1	0,8	2,0	0,7	*	1,6	*	*	1,9
	20	Laag	160	-1,6	0,2	1,1	0,0	*	0,7	*	*	0,9
	25	Voldoende	85	-1,3	0,3	0,9	0,0	*	0,8	*	*	0,9
	25	Voldoende	130	-1,8	-0,5	0,0	-0,7	*	-0,3	*	*	-0,2
	25	Voldoende	160	-2,0	-0,8	-0,4	-1,0	*	-0,7	*	*	-0,6
	30	Voldoende	85	-1,2	-0,4	0,2	-0,4	-0,2	-0,3	0,3	1,4	-0,1
	30	Voldoende	130	-1,6	-1,1	-0,7	-1,1	-1,2	-1,3	-0,6	0,4	-1,1
	30	Voldoende	160	-1,8	-1,3	-1,0	-1,3	-1,6	-1,7	-1,1	0,0	-1,5
				Vgg1	Vgg2	Vgg3	Vgg4	Vgg5	Vgg6			
Vollegrondsgroenten	25	Voldoende	85	-0,7	0,8	1,1	*	*	*			
	25	Voldoende	130	-1,4	-0,1	0,2	*	*	*			
	25	Voldoende	160	-1,7	-0,4	-0,1	*	*	*			
	30	Voldoende	85	-1,2	-0,2	0,1	6,7	-0,1	-2,8			
	30	Voldoende	130	-1,8	-0,9	-0,7	4,7	-1,3	-3,8			
	30	Voldoende	160	-2,1	-1,2	-1,0	3,6	-1,9	-4,3			
	35	Ruim voldoende	85	-1,4	-0,5	-0,2	3,3	-1,7	-3,8			
	35	Ruim voldoende	130	-1,8	-1,0	-0,7	1,7	-2,5	-4,4			
	35	Ruim voldoende	160	-2,0	-1,1	-0,9	0,9	-2,9	-4,7			

Bij akkerbouwmatige teelten zijn de opbrengstderving bij ruime fosfaatgiften gering of worden opbrengststijgingen berekend (tabel 20). Bij rotaties met intensieve vollegrondsgroenteteelt worden opbrengstdervingen berekend bij ruim voldoende fosfaattoestanden. Dit wordt veroorzaakt door het aandeel gewassen met een hoge fosfaatbehoefte (gewasgroep 0: sla, spinazie etc.). Effecten voor de bloembolbedrijven zijn eveneens berekend maar verhoging van de gebruiksnorm bij Pw-getal van 15 en 25 mg P_2O_5 l^{-1} levert ten opzichte van de huidige bemestingsadviezen een verhoging van de opbrengst (data niet gegeven).

De geadviseerde giften aan fosfaat zijn hoger dan de onttrekking of afvoer met producten indien de fosfaattoestand laag is. Pas bij een toestand *voldoende* ontstaat er evenwicht tussen aanvoer en afvoer (bijlagen 7-12). Bij zeer intensieve rotaties met vollegrondsgroenten wordt dat evenwicht pas bij ruim voldoende tot hoge fosfaattoestanden bereikt.

Indien gekozen wordt voor een waarde van de fosfaattoestand met een waardering *voldoende* in plaats van *laag* dan neemt het areaal dat in aanmerking komt voor een verhoogde gebruiksnorm aanzienlijk toe; het betreft dan name een toename van het areaal grasland (tabel 21).

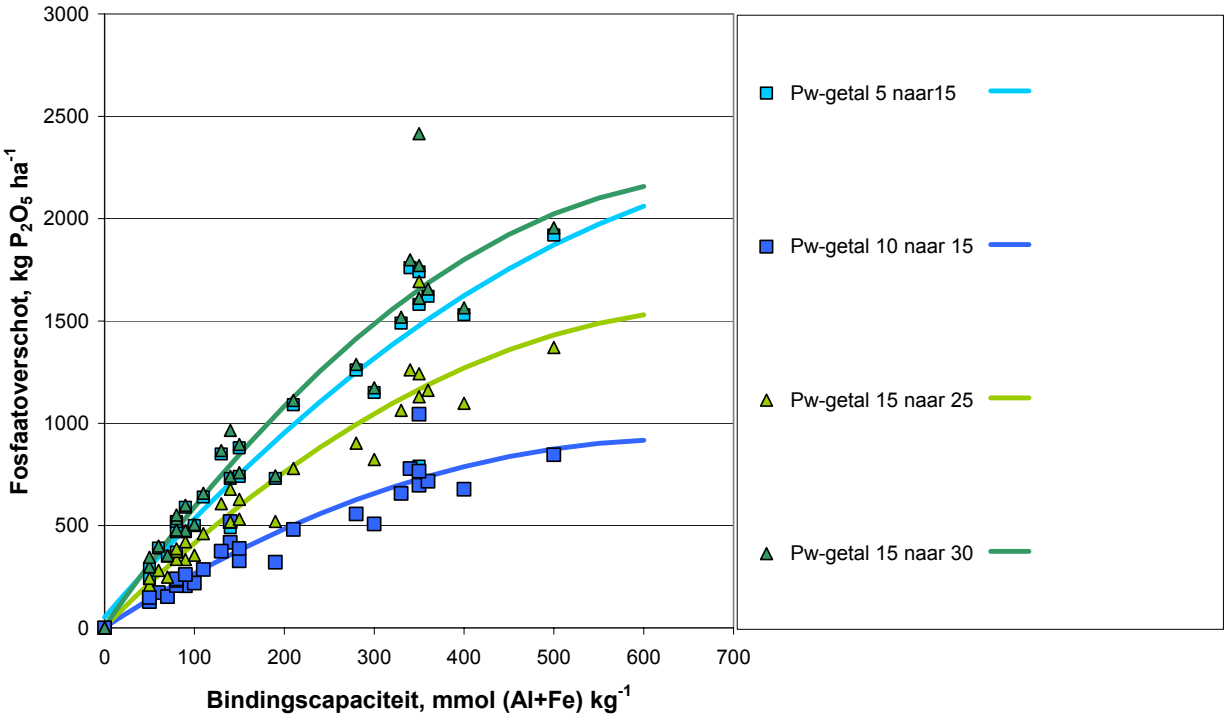
Tabel 21. Verdeling van de fosfaattoestand in waarderingsklassen voor grasland en bouwland in de concentratiegebieden (RIVM, 2002).

Waardering	Grasland			Bouwland		
	Oost	Zuid	Overig	Oost	Zuid	Overig
Laag	3	1	3	6	2	8
Voldoende	32	28	46	10	6	16
Ruim voldoende	32	35	34	34	27	53
Hoog	35	38	17	51	65	24

7.3.2 Fosfaatbindende bestanddelen in relatie tot uitspoeling

De hoeveelheid fosfaat die kan worden opgeslagen in de bodem van gronden met een lage capaciteit om fosfaat te binden, zonder een norm-overschrijdende fosfaatuitspoeling te veroorzaken, is kleiner dan in bodems met een hoge capaciteit (tabel 11).
Gronden met een zeer hoge bindingscapaciteit, zoals ijzerrijke (fosfaatfixerende) grond, kunnen veel fosfaat binden alvorens duidelijk verhoogde fosfaatconcentraties uit de bouwvoor zullen uitspoelen richting diepere lagen en bij hoge grondwaterstanden tot in de bouwvoor direct naar de aanliggende greppels en sloten. Voor zoet stagnant oppervlaktewater wordt een norm van 0,15 mg totaal-P l^{-1} gehanteerd. In het protocol fosfaatverzadigde gronden (Van der Zee, 1990) is ervan uitgegaan dat tweederde deel van het fosfaat dat uitspoelt mineraal fosfaat is (0,10 mg ortho-P l^{-1}). Dergelijke evenwichtsconcentraties treden in de bouwvoor op bij een Pw-getal van 15 mg P_2O_5 l^{-1}. Landbouwkundige streefwaarden voor de fosfaattoestand zijn echter hoger. Bij deze streefwaarden is de fosforconcentratie in het bodemvocht hoger en daardoor treedt er een hogere fosfaatuitspoeling op. Bij Pw-getal 25 mg P_2O_5 l^{-1} en 30 mg P_2O_5 l^{-1} zijn de concentraties respectievelijk 0,27 en

0,33 mg totaal-P l^{-1}. Of de uitspoeling inderdaad leidt tot een verhoging van het fosforgehalte van het oppervlaktewater is afhankelijk van de hydrologie van de bodem. Indien de grondwaterstand ondiep is, is het risico op fosfaatuitspoeling groot; bij diepe grondwaterstanden is het risico beperkt. Fosfaat dat uit de bouwvoor of zode uitspoelt wordt meestal vastgelegd in dieper gelegen bodemlagen. De mate wordt bepaald door de capaciteit van de onder de bouwvoor of graszode gelegen bodemlagen om fosfaat te binden. Het fosfaatoverschot dat gegeven kan worden zonder dat de concentratie van 0,15 mg totaal-P l^{-1} in de bouwvoor wordt overschreden is in tabel 11 weergegeven, uitgaande van initiële fosfaattoestanden van 5 en 10 mg P_2O_5 l^{-1}. De fosfaatoverschotten die dan nog nodig zijn om van een Pw-getal van 15 mg P_2O_5 l^{-1} een fosfaattoestand van 25 of 30 mg P_2O_5 l^{-1} (waarderingsklasse *voldoende*) te bereiken zijn berekend en weergegeven in figuur 8. De som van de overschotten van Pw-getal 5 of 10 tot de norm voor oppervlaktewater plus het overschot van Pw-getal 15 naar respectievelijk 25 of 30 mg P_2O_5 l^{-1} geeft het totale overschot dat nodig is om van lage waarden de landbouwkundige streefwaarden te bereiken. De overschotten die boven Pw-getal 15 mg P_2O_5 l^{-1} gegeven worden, vormen een milieuhygiënisch risico.



Figuur 8. Het fosfaatoverschot, als functie van de fosfaatbindende bodemkenmerken, dat nodig is voor een verhoging van de fosfaattoestand (Pw-getal) van 5 of 10 mg P_2O_5 l^{-1} naar een Pw-getal van 15 mg P_2O_5 l^{-1}, en voor een verhoging van een Pw-getal van 15 mg P_2O_5 l^{-1} naar 25 of 30 mg P_2O_5 l^{-1}.

7.4 Grootte van de verhoogde gebruiksnorm

De grootte van de gebruiksnorm is afhankelijk van het uitgangspunt (landbouw- en/of milieukundig) dat gekozen wordt, in samenhang met de criteria t.a.v. fosfaattoestand en fosfaatbindende bodemkenmerken die gehanteerd zullen gaan worden voor percelen landbouwgrond die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm.

Indien een landbouwkundig uitgangspunt wordt gehanteerd dan kan de verhoogde gebruiksnorm afgeleid worden uit de huidige bemestingsadviezen. Bij een fosfaattoestand *laag* wordt gemiddeld 130 kg P_2O_5 ha^{-1} jr^{-1} geadviseerd over de verschillende sectoren. Voor de belangrijkste sectoren akkerbouw en grasland wordt, gewogen naar het areaal, gemiddeld 160 kg P_2O_5 ha^{-1} jr^{-1} geadviseerd (Schoumans e.a., 2004).

Bij het hanteren van een strikt milieukundig uitgangspunt laat een verhoogde gebruiksnorm overschotten toe zoals aangegeven in tabel 11, gedifferentieerd naar grondsoort, of in figuur 8 zonder differentiatie naar grondsoorten. Er dient dan rekening gehouden te worden met het gehalte fosfaatbindende bestanddelen (Al_{ox}+Fe_{ox}) van de bodem. Dit leidt tot een gedifferentieerd stelsel waarbij de gebruiksnorm afhankelijk is van de capaciteit van de bodem om fosfaat te binden.

Bij het toepassen van een combinatie van landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten houdt een verhoogde gebruiksnorm rekening met de na te streven fosfaattoestand van de bodem en met de vraag of de capaciteit om fosfaat te binden voldoende hoog is. Naarmate de bodem beter en meer fosfaat kan vastleggen mag de fosfaatgift hoger zijn. Bij een fosfaatoverschot van 400 kg P_2O_5 ha^{-1} en een Al_{ox}+Fe_{ox} lager dan 70 mmol kg^{-1} ontstaan uitspoelingsconcentraties in de bouwvoor die hoger liggen dan 0,15 mg totaal-P l^{-1}, indien uitgegaan wordt van een initiële fosfaattoestand van 5 mg P_2O_5 l^{-1}.

7.5 Uitvoering

Bij het uittestten van het protocol is gebruik gemaakt van GPS. Vastgesteld is dat het gebruik van een Top-10 vectorkaart zinvol is. Indien geen gebruik gemaakt wordt van deze kaart dient de GPS nauwkeurig te zijn. De maximale afwijking mag dan 5 m zijn. De test heeft niet tot doel gehad om exacte vereisten van GPS apparatuur en hun toepassingen te bepalen. Dit vormde geen onderdeel van het onderzoek. Nadere eisen dienen dus nog te worden vastgesteld.

In dit rapport zijn Pw-getal en P-AL-getal gehanteerd als methoden van chemisch grondonderzoek ten behoeve van fosfaatbemestingsadvisering, omdat voor deze methoden de calibraties van de gewasreactie op fosfaattoestand en fosfaatbemesting bekend zijn. Voor andere methoden van grondonderzoek die in Nederland gebruikt worden zijn die onbekend.

De toetsingswaarden voor Pw-getal en P-AL-getal geven een verschillend resultaat wanneer het protocol wordt gevolgd. De keuze van de methode van grondonderzoek kan dus leiden tot verschillende conclusies ten aanzien van het mogen toepassen van een verhoogde gebruiksnorm. Daardoor kan een agrariër kiezen. Gegeven de toegepaste toetsingswaarden is bij toepassing van het Pw-getal de kans om in aanmerking te komen voor een verhoogde gebruiksnorm wat kleiner dan bij toepassing van het P-AL-getal. Bij toepassing van PAE blijkt die kans 1 te zijn. Dit vraagt om een strikte duiding voor het toepassingsgebied van methoden voor grondonderzoek voor bouwland en grasland.

Literatuur

Aendekerk, Th.G.L., 2000. Adviesbasis voor de bemesting van boomkwekerij-gewassen. Vollegrondsteelt. Proefstation voor de boomkwekerij. Boskoop.

Agterberg, G.C. & Henkens, P.L.M.C., 1995. Grondslagen van het fosfaat-bemestingsadvies op grasland. Meststoffen: 12-23.

Alt, D. & Peters, I., 1993. Analyses of macro-and trace elements in horticultural substrates by means of the $CaCl_2$/DTPA method. Acta Horticulturea 342:287-292.

Anonymus, 1971. Motivering van het fosfaatadvies voor bouwland op basis van het Pw-getal. Rijkslandbouwconsulentschap Bodem en Bemesting, Instituut voor bodemvruchtbaarheid. C 7906.

Bakker, IJ., 1968. Het fosfaatadvies voor bouwland op zand- en dalgrond op basis van het Pw-getal. Landbouwvoorlichting 25 (9): 360-363.

Bakker, IJ, en Ris, J., 1971. Het fosfaatbemestingsadvies op basis van het Pw-getal voor alle bouwlandgrond. Bedrijfsontwikkeling 2 (2): 29-33.

Beukenboom, J.A., 1996. Kiezen uit gehalten 3. Forfaitaire gehalten voor de mineralenboekhouding. Informatie- en Kenniscentrum-Landbouw (IKC), Ede.

BLGG, 2000. Fosfaattoestand van de bodem (1997-1998; 1999-2000). Notitie in opdracht van Expertisecentrum Ministerie LNV ten behoeve van Derde Monitoring-rapportage Mineralen- en ammoniakbeleid.

Brus, D.J. & Spätjens, L.E.E.M., 1997. Een nieuwe steekproefstrategie voor de inventarisatie van de fosfaattoestand van percelen. Voorspelling van de nauw-keurigheid en kosten. Rapport 516.1. Staring Centrum (SC-DLO), Wageningen.

Brus, D.J., Spätjens, L.E.E.M. & Gruijter, J.J. de, 1999a. A sampling scheme for estimating the mean extractable phosphorus concentration of fields for environmental regulation. Geoderma, 89: 129-148.

Brus, D.J., Riele, W.J.M. te & Gruijter, J.J. de, 1999b. Een nieuwe steekproefstrategie voor de inventarisatie van de fosfaattoestand van percelen. Validatie van het nauwkeurigheidsmodel. Rapport 516.2. Staring Centrum, Wageningen.

Dam, A.M., van, Kater, L.J.M. & Wees, N.S., 2004. Adviesbasis voor de bemesting van bloembolgewassen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Sector Bloembollen. PPO 708.

Dijk, W., van (ed.) 2003. Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. PPO Publicatie nr. 305. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad.

Egnér, H., Riehm, H., & Domingo, W.R., 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler 26: 199-215.

Ehlert, P.A.I., Wijk, C.A.P. van & Berg, W. van den, 2000b. Fosfaatbehoefte van vollegrondsgroentegewassen. 1. Bemesting en rendement. Lelystad, Alterra / Praktijkonderzoek voor de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt (PAV), PAV-projectrapport 25.2.32.

Ehlert, P.A.I. & Wijk, C.A.P. van, 2002. Fosfaatbehoefte van vollegrondsgroente-gewassen, 2. Plaatsing in gewasgroepen, PPO-projectrapportnummer 1125232., PPO-agv, Lelystad.

Ehlert, P.A.I., Wijk, C.A.P. & Willigen, P. de, 2002. Fosfaatbehoefte van vollegronds-groentegewassen, 3. Precisiebemesting, PPO-rapportnummer 1125232., PPO-agv, Lelystad.

Ehlert, P.A.I., Pasterkamp, H.P., en Brouwer, G., 2004. Fosfaatbehoefte van bloembollen. Onderbouwing van de fosfaatbemestingsadviezen. Alterra-rapport 990. Alterra, Wageningen.

Henkens, P.L.C.M., 1984a. Bemestingsadvies voor het verkrijgen of behouden van de gewenste fosfaat- en kalitoestand van de bodem. Bedrijfsontwikkeling 15: 969-972.

Henkens, P.L.C.M., 1984b. De betrouwbaarheid van het Pw-getal en K-HCl. De Buffer 30 (2): 38-43.

Hoek, P., 2002. Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen. Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen. Lelystad.

Houba, V.J.G., Lexmond, Th.M., Novozamsky, I., and, Lee, J.J., van der, 1990. Applicability of 0.01 M $CaCl_2$ as a single extractant for the assessment of the nutrient status of soils and other diagnostic purposes. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 21: 2281-2290.

Kodde, J., 1994. Adviesbasis voor de bemesting van fruitteeltgewassen in de vollegrond. Grondonderzoek. Bladonderzoek. Informatie en Kennis Centrum Akker- en Tuinbouw, Afdeling Fruitteelt, Wilhelminadorp. Publicatie IKC-FT-09.

Kreij, C. de, 1999. Bemestingsadviesbasis buitenbloemen. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente. Naaldwijk.

Lammers, H.W., 1983. De motivering van de wijzigingen in de adviesbasis voor bemesting van landbouwgewassen. De Buffer 29, 123-134.

NEN 5704: 1996. Bodem - Monstervoorbehandeling van grond - Extractie met een calciumchloride-oplossing (0,01 mol/l).

NEN 5741: 2003. Bodem - Boorsystemen en monsternemingstoestellen voor grond, sediment en grondwater, die worden toegepast bij bodemverontreinigingsonderzoek. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft.

NEN 5751: 1989. Bodem - Het voorbehandelen van grondmonsters voor fysisch-chemische analyses. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft.

NEN 5753: 1994. Bodem - Bepaling van lutumgehalte en korrelgrootte van grondmonsters met behulp van zeef en pipet. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft.

NEN 5754: 2004. Bodem - Bepaling van het organische stofgehalte in grond en waterbodem volgens de gloeiverliesmethode. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft.

NEN 5776: 1996. Bodem - Bepaling van ijzer, aluminium en fosfor in ammoniumoxalaat-oxaalzuurextract ten behoeve van het vaststellen van de fosfaatverzadiging. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft.

NEN 5793: 1999, concept. Bodem - Bepaling van fosfaat in grond extraheerbaar met een ammoniumlactaatazijnzuur buffer (P-AL). Nederlands Normalisatie Instituut, Delft.

NEN 5799: 1999, concept. Bodem - Bepaling van de intensiteit (Pw-getal) van fosfaat in grond. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft.

NEN-ISO 10390:2005 Bodem - Bepaling van de pH waarde.

NEN-ISO 10693:2004 Bodem - Bepaling van het gehalte aan carbonaten - Volumetrische methode.

Neyroud, J.A. & Lischer, P., 2003. Do different methods used to estimate soil phosphorus availability across Europe give comparable results? J. Plant Nutr. Soil Sci. 166: 422-431.

Paauw, F. van der, Lande Cremer, L.C.N. & Ris, J., 1951. Toetsing van grondonderzoek naar de fosfaattoestand op Nederlands grasland. Verslagen van landbouwkundige onderzoekingen 57 (15).

Paauw, F. van der, 1955. Voorlopige mededeling over meerjarige fosfaatproeven (serie 1) t/m 1953. Gestencilde Verslagen van Interprovinciale Proeven nr 51. Landbouwproefstation en bodemkundig instituut T.N.O., CILO.

Paauw, F. van der, 1958. Enige motivering bij de opstelling van de nieuwe adviesbasis van P-AL voor bouwland en grasland. Notitie van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid. Haren

Paauw, F. van der, Sissingh, H.A. & Ris, J., 1971. Een verbeterde methode van fosfaatextractie van grond met water: het Pw-getal. With a summary: An improved method of water extraction for the assessment of availability of soil phosphate: Pw value. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 749.

Prummel, J., 1957. Fosfaatbemesting van fosfaatfixerend laagveengrasland. Landbouwvoorl. 14: 607-611

Prummel, J., 1973. Factoren van invloed op het calcium- en fosforgehalte van gras. Instituut voor bodemvruchtbaarheid. Rapport 3.

Prummel, J., 1981. Bemestingsbeleid voor fosfaat en kali op bouwland 1. Fosfaat. Stikstof 8, 98: 447-451.

Reijneveld, J.A., 2001. Effecten van verminderde fosfaatgiften of fosfaatfixerende kleigronden. Rapport in de serie Koeien & Kansen: Pioniers duurzame melkveehouderij. Rapport 27. Plant Research International Wageningen.

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

Schoumans, O.F., Ehlert, P.A.I., Chardon, 2004. Evaluatie van methoden voor het karakteriseren van gronden die in aanmerking komen voor reparatiebemesting. Alterra-rapport 730.3. Alterra, Wageningen.

Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, Bode, J.J.C., Dijk, W. van, Middelkoop, J.C., van, Haan, M.H.A., Schils, R.L.M., Velthof, G.L. & Willems, W.J., 2004. Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten. Rapport 79, Plant Research International B.V., Wageningen.

Sissingh, H.A., 1971. Analytical technique of the Pw method, used for the assessment of the phosphate status of arable soils in the Netherlands. Plant and Soil 34: 483-486.

Somasiri, L.L.W. & Edwards, A.C., 1992. An ion exchange resin method for nutrient extraction of agricultural advisory soil samples. Commun. Soil Sci. Pl. Anal. 23:645-657.

Spurway, C.H., Lawton, K., 1949. Soil testing Michigan Agricultural Experimental Station Bulletin 132.

Vries, F., 1994. Een fysische-chemische karakterisering van de bodemeenheden van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, met onderscheid naar grondgebruik. Rapport 286. DLO-Staring Centrum, Wageningen.

Vries, F., Karakteriseren van Nederlandse gronden naar fysisch-chemische kenmerken. Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied. Rapport 654, Wageningen.

Wouters, A.P., 2000. Grasproductie sterk fosfaatfixerende gronden. Rapport 191. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR), Lelystad

Zee, S.E.A.T.M. van der, Riemsdijk, W.H. van, en Haan, F.A.M. de, 1990. Het protocol fosfaatverzadigde gronden. Deel II: Technische uitwerking. Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding, Landbouwuniversiteit Wageningen.

Bijlage 1 Vergelijking van strategieën voor het karakteriseren van de fosfaattoestand van percelen

Bemonsteringsprotocol percelen met lage fosfaattoestand

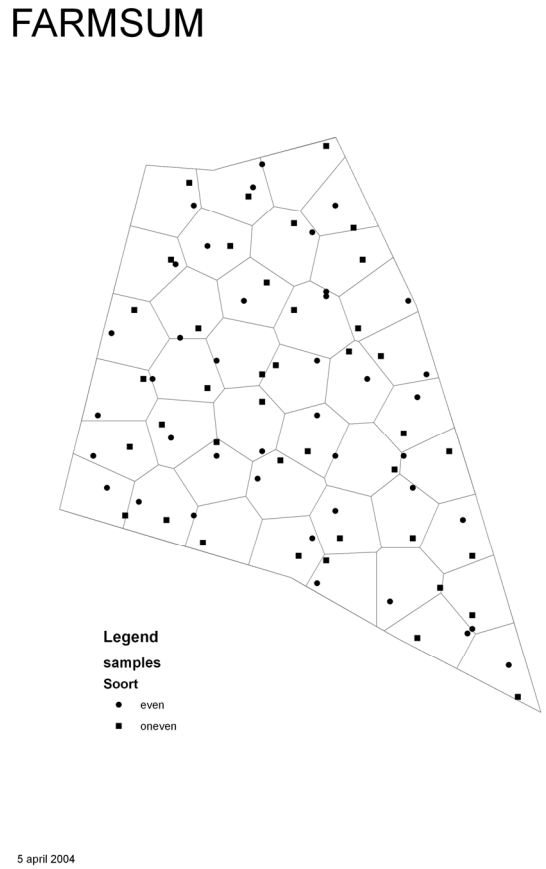
Dick Brus

1. Inleiding

Doel van dit onderzoek is het ontwikkelen van een bemonsteringsprotocol waarmee kan worden vastgesteld of de fosfaattoestand van een perceel laag is, zeg < 10, zodat dit perceel in aanmerking komt voor ontheffing van regelgeving m.b.t. mestgift.

2. Steekproefstrategie

Voorgesteld wordt de fosfaattoestand van een perceel te bepalen door middel van de strategie ontwikkeld door Brus e.a. (1999a). In deze strategie wordt het perceel met het k-means clusteralgoritme onderverdeeld in L compacte, geografische blokken (strata), en wordt uit elk blok volledig aselect 1 steek genomen. Door de stratificatie worden de steken goed verdeeld over het tot mengmonster één, alle tweede (even) punten tot mengmonster twee, zie Figuur B1.1 perceel, wat de nauwkeurigheid van het steekproefresultaat (geschatte fosfaatgehalte) ten goede komt. Alle steken worden samengevoegd tot één mengmonster, dat in het laboratorium wordt gemengd, subbemonsterd en geanalyseerd. Teneinde een herhaling te verkrijgen, kunnen in elk stratum ook twee punten geloot worden. Alle eerste (oneven) punten worden dan samengevoegd.



Figuur B1.1 Voorbeeld van opdeling van een landbouwperceel in evengrote blokken (strata) waarbinnen door loting twee bemonsteringsplekken zijn aangewezen

Steekproeffout

Belangrijke vraag is hoeveel steken moeten worden genomen, gegeven een nader te bepalen nauwkeurigheidseis. Om deze vraag te beantwoorden is gebruik gemaakt van de 16 perceels-variogrammen uit het onderzoek van Brus *et al.* (1999). Voor dit onderzoek zijn interessant de variogrammen van de percelen met een lage fosfaattoestand. Op grond van deze variogrammen is besloten de steekproeffout te berekenen met een sferisch variogram met nugget, met de volgende combinaties van parameterwaarden (tabel B1.1):

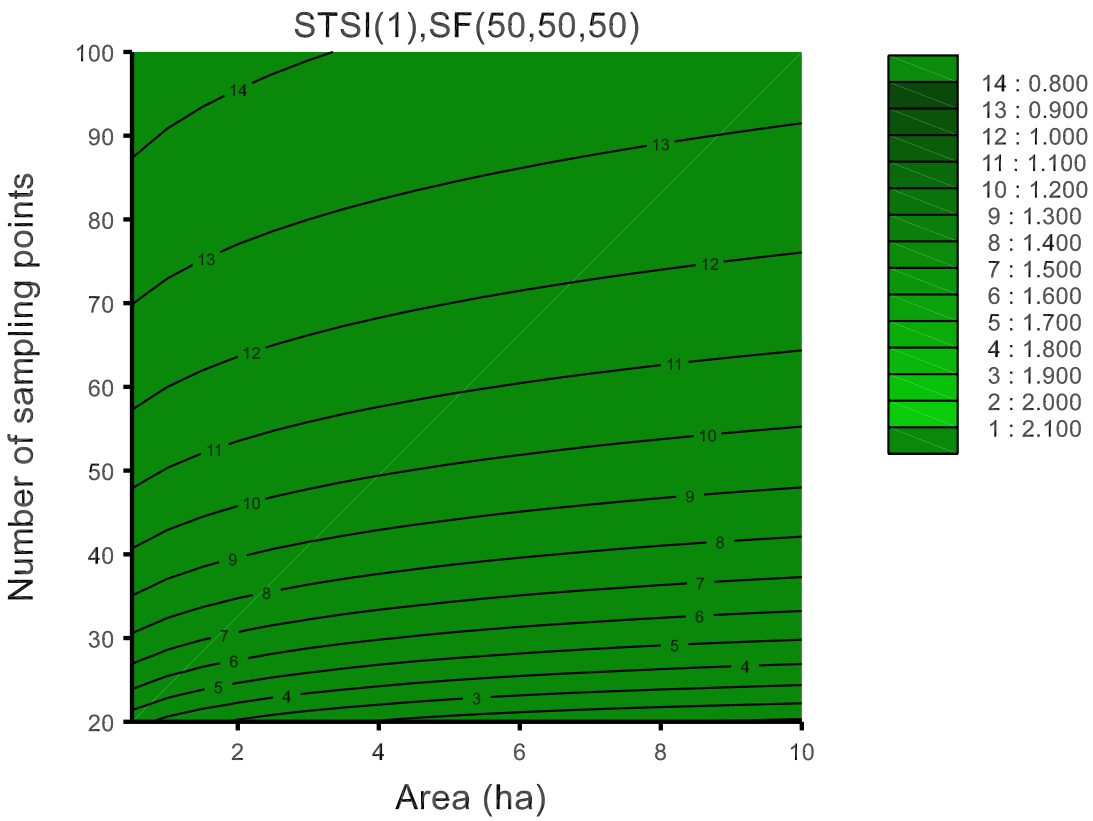
Tabel B1.1. Parameterwaarden van sferische variogrammen waarmee de variantie van de steekproeffout is voorspeld

Nugget	Sill-Nugget	Range (m)
25	50	50
25	75	50
25	50	75
25	75	75
50	50	50
50	50	75

Het variogram met de parameterwaardes (50,50,50) impliceert de minste ruimtelijk structuur, en zal de minst nauwkeurige resultaten opleveren, het variogram met de parameterwaardes (25, 50, 75) de meeste structuur en de nauwkeurigste resultaten. Gegeven het variogram, kan de variantie van de steekproeffout worden voorspeld met

$$v_{veld} = \frac{1}{L^2} \sum_{h=1}^{L} \frac{\bar{\gamma}_h}{n_h}, \qquad (1)$$

waarin L het aantal strata (blokken) is, $\bar{\gamma}_h$ de gemiddelde semivariantie van stratum h is, en n_h het aantal steken in stratum h is. De gemiddelde semivariantie van een stratum is niet alleen afhankelijk van het oppervlak van het stratum, maar ook van de vorm. Des te compacter het stratum, d.w.z. des te meer een stratum op een cirkel lijkt, des te kleiner de gemiddelde semivariantie. Brus *et al.* (1999a) hebben laten zien dat wanneer aangenomen wordt dat de strata vierkant zijn (met een oppervlak gelijk aan het perceelsoppervlak gedeeld door het aantal strata), de fout in de voorspelde standaardafwijking van de steekproeffout erg klein is. Dit biedt de mogelijkheid om de standaardafwijking van de steekproeffout te voorspellen voor percelen met een bekend oppervlak, ongeacht de vorm van het perceel. Figuur B1.2 geeft weer de voorspelde standaardafwijking van de steekproeffout als functie van het perceelsoppervlak en het aantal steekproefpunten (steken), en 1 steek per stratum. De parameterwaarden van het sferische variogram die voor deze figuur zijn gebuikt zijn 50 voor nugget, 100 voor de sill (sill – nugget = 50), en 50 voor de range. Deze parameterinstellingen gaven de grootste voorspelde standaardafwijkingen. Voor twee steken per stratum moeten de standaardafwijkingen gedeeld worden door de vierkantswortel uit twee.



Figuur B1.2. Voorspelde standaardafwijking van de steekproeffout bij een gestratificeerde steekproef met 1 punt (steek) per stratum. Steekproeffout is voorspeld met sferisch variogram met nugget = 50, sill = 100 en range is 50 m.

2.1 Laboratoriumfout

Bij het kwantificeren van de onzekerheid over de fosfaattoestand moet niet alleen rekening worden gehouden met de steekproeffout, maar ook met de laboratoriumfout tengevolge van o.a. subbemonstering van het mengmonster en analysefouten. Het door BLGG gehanteerde maximale toegestane verschil tussen twee bepalingen aan hetzelfde monster is 6 eenheden bij een fosfaatgehalte < 50. Dit impliceert een standaardafwijking van een enkelvoudige bepaling van $6/(2\sqrt{2}) = 2.1$. Brus *e.a.* (1999b) geven een lineair regressiemodel voor de variantie van de laboratoriumfout bij een enkelvoudige bepaling als functie van het duplogemiddelde. De met dit regressiemodel voorspelde variantie is bij fosfaattoestanden (duplogemiddelden) van 10 en 15 gelijk aan 5.0 resp. 5.6 (standaardafwijkingen resp. 2.2 en 2.4). Hierna is gerekend met de door het BLGG opgegeven standaardafwijking van de laboratoriumfout van 2.1.

2.2 Totale fout

Hierna zijn de volgende steekproefstrategieën in beschouwing genomen:

A. 1 mengmonster van L steken, enkelvoudige analyse
B. 1 mengmonster van L steken, duplo-analyse
C. 2 mengmonsters van $L/2$ steken, 2 enkelvoudige analyses
D. 2 mengmonsters van $L/2$ steken, 2 duplo-analyses

De variantie van de totale fout voor strategie A kan worden voorspeld met (zie vergelijking 1)

$$v_{tot} = \frac{1}{L^2}\sum_{h=1}^{L}\bar{\gamma}_h + v_{lab}. \tag{2}$$

De variantie van de totale fout voor strategie B kan worden voorspeld door de variantie van de laboratoriumfout te delen door twee:

$$v_{tot} = \frac{1}{L^2}\sum_{h=1}^{L}\bar{\gamma}_h + \frac{v_{lab}}{2}. \tag{3}$$

De variantie voor strategie C kan worden voorspeld met

$$v_{tot} = \frac{1}{\left(\frac{L}{2}\right)^2}\sum_{h=1}^{L/2}\frac{\bar{\gamma}_h}{2} + \frac{v_{lab}}{2}. \tag{4}$$

Tot slot, de variantie voor strategie D kan worden voorspeld met

$$v_{tot} = \frac{1}{\left(\frac{L}{2}\right)^2}\sum_{h=1}^{L/2}\frac{\bar{\gamma}_h}{2} + \frac{v_{lab}}{4}. \tag{5}$$

De kosten van deze steekproefstrategieën zijn niet gelijk. Het steken van 2 mengmonsters van $L/2$ steken kost mogelijk iets meer tijd dan het steken van 1 mengmonster van L steken. Verder zijn de kosten van een duplo-analyse hoger dan die van een enkelvoudige analyse,

maar niet 2 maal zo hoog. Tenslotte zijn extra kosten verbonden aan het voorbehandelen van mengmonsters.

De variantie van de totale fout is voorspeld voor 1,2,…,100 steken en voor 1,2,…,10 ha. Met dit resultaat kan het aantal steken worden berekend dat nodig is om te zorgen dat de standaardafwijking van de totale fout niet groter is dan een bepaalde grenswaarde. Tabel B1.2 laat deze aantallen zien voor een maximale standaardafwijking van 2.5, voor het variogram met parameterinstellingen (50,50,50).

Tabel B1.2. Benodigd aantal steken bij een maximale standaardafwijking van de totale fout van 2.5. Aantallen zijn berekend met een sferisch variogram met nugget is 50, sill is 100 en range is 50 m.

Oppervlakte perceel	A	B	C	D
1	36	18	10 x 2	8 x 2
2	39	19	11 x 2	9 x 2
3	41	20	11 x 2	9 x 2
4	42	21	11 x 2	9 x 2
5	43	21	12 x 2	9 x 2
6	44	22	12 x 2	9 x 2
7	45	22	12 x 2	10 x 2
8	46	22	12 x 2	10 x 2
9	46	22	12 x 2	10 x 2
10	47	23	12 x 2	10 x 2

Vergelijken we de resultaten van strategie A met die van B dan blijkt dat het aantal steken gehalveerd kan worden wanneer het mengmonster in duplo wordt geanalyseerd. Deze forse reductie van het benodigd aantal steken kan verklaard worden door het grote aandeel van de laboratoriumfout in de totale fout. De vraag is of de meerkosten van een duplo-analyse opwegen tegen de besparing op de veldwerkkosten.

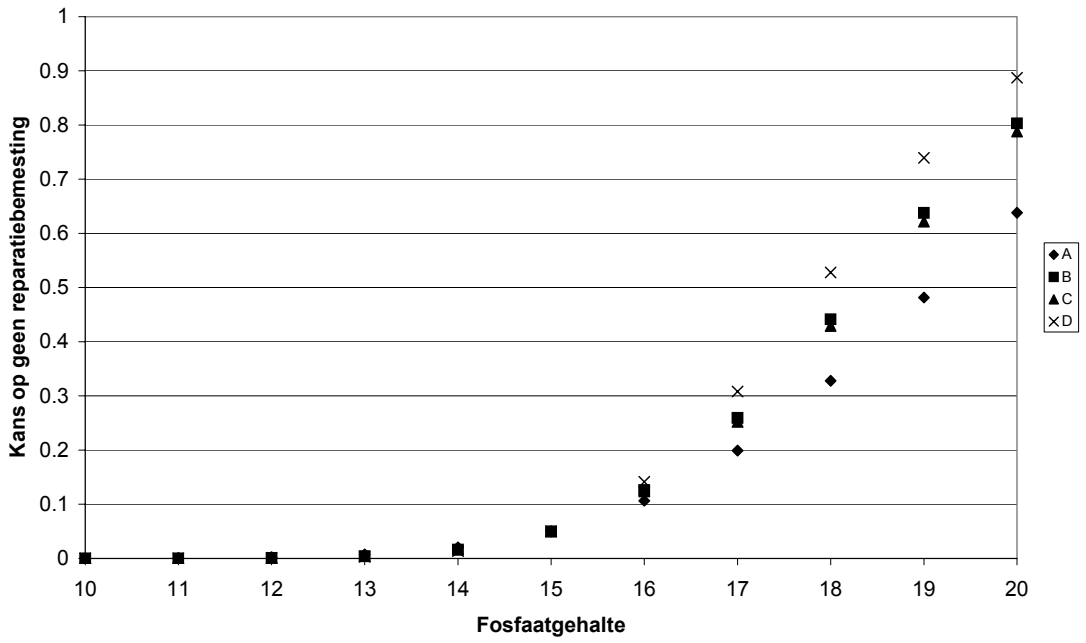
Vergelijking van kolom B met C laat zien dat wanneer twee steken per stratum worden genomen teneinde twee mengmonsters te verkrijgen, dit leidt tot een zeer geringe verhoging van het totaal aantal benodigde steken. Het verschil is slechts één tot drie steken. Ook voor variogrammen met meer structuur (grotere range, kleinere nugget) zijn deze verschillen klein (Tabel B.1.3). Het steken van twee mengmonsters in plaats van één mengmonster heeft als belangrijk voordeel dat hiermee perceelsspecifieke informatie wordt verkregen over de steekproeffout. Analoog aan laboratoriumanalyses in duplo, zou afgesproken kunnen worden dat wanneer het verschil tussen de twee mengmonster-gemiddelden groter is dan een bepaalde grenswaarde (ook na herhaalde analyse in duplo van beide mengmonsters), een derde mengmonster gestoken dient te worden omdat de onzekerheid over de fosfaattoestand van het perceel te groot is tengevolge van ruimtelijke variatie. Deze grenswaarde kan eenvoudig berekend worden met de modelvoorspelling van de variantie van de totale fout. (Na analyse van de twee mengmonsters dient de grenswaarde herberekend te worden omdat de variantie van de laboratoriumfout immers dan kleiner is).

Tabel B1.3. Benodigd aantal steken bij een maximale standaardafwijking van de totale fout van 2.5. Aantallen zijn berekend met een sferisch variogram met nugget is 25, sill is 75 en range is 75 m.

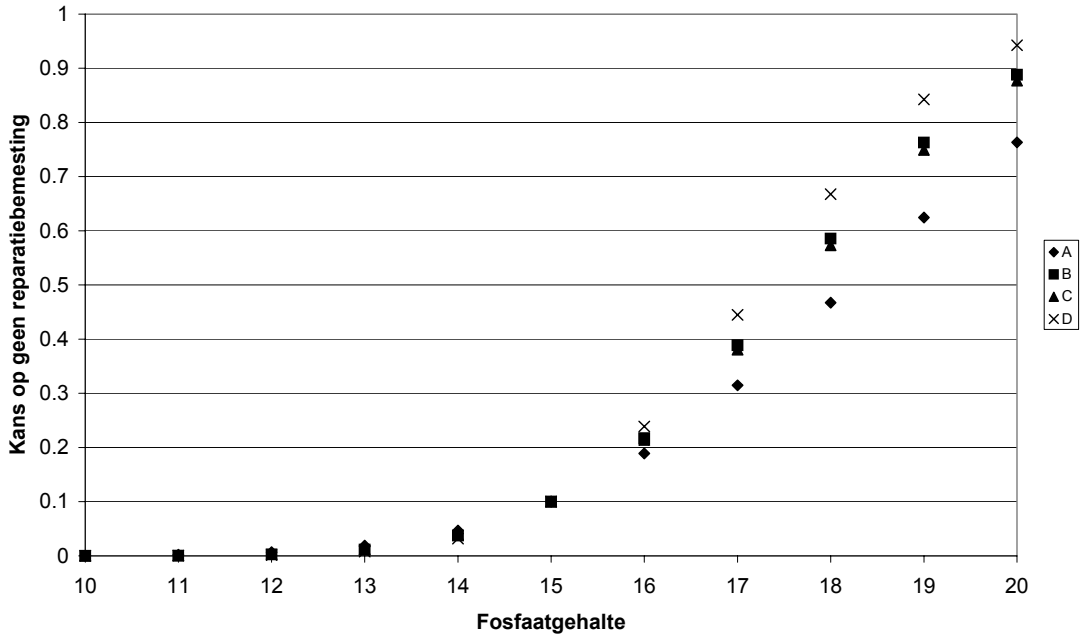
Oppervlakte perceel	A	B	C	D
1	21	11	6 x 2	5 x 2
2	23	12	7 x 2	6 x 2
3	25	13	7 x 2	6 x 2
4	26	13	8 x 2	6 x 2
5	27	14	8 x 2	7 x 2
6	28	14	8 x 2	7 x 2
7	29	15	8 x 2	7 x 2
8	29	15	8 x 2	7 x 2
9	30	15	9 x 2	7 x 2
10	30	15	9 x 2	7 x 2

3. Onzeker over fosfaattoestand, toch beslissen over reparatiebemesting

Uit het bovenstaande volgt dat we onzeker zijn over de werkelijke fosfaattoestand van een bemonsterd perceel. Toch moet met het steekproefresultaat een beslissing worden genomen over wel of geen reparatiebemesting. In deze paragraaf wordt gekeken naar de kans op onjuiste beslissingen. Bijvoorbeeld wanneer wordt afgesproken dat een perceel met een fosfaattoestand van 15 of lager in aanmerking komt voor reparatiebemesting, en de geschatte fosfaattoestand is 16 op grond waarvan wordt besloten dat de belanghebbende niet aanmerking komt voor reparatiebemesting, dan is de kans groter dan 0 dat deze beslissing onjuist is omdat de werkelijke fosfaattoestand < 15 is. Beslissen in onzekerheid kan door het statistisch toetsen van hypothesen. Als nulhypothese is genomen: "de fosfaattoestand is kleiner dan de grenswaarde". Wanneer de nulhypothese niet wordt verworpen, komt de belanghebbende dus in aanmerking voor reparatiebemesting. Pas wanneer het geschatte fosfaatgehalte zo ver boven de grenswaarde ligt en de bijbehorende kans dat het werkelijke fosfaatgehalte kleiner is dan de grenswaarde, kleiner is dan een gekozen onbetrouwbaarheidsdrempel, dan wordt de nulhypothese verworpen en komt de belanghebbende niet in aanmerking voor reparatiebemesting. Deze keuze is in het voordeel van de boer. De kans dat de nulhypothese wordt verworpen en geen reparatiebemesting wordt toegekend hangt in de eerste plaats af van de fosfaattoestand. Bij hoge fosfaattoestanden, ruim boven de grenswaarde, is deze kans natuurlijk groter dan bij fosfaattoestanden net boven de grenswaarde of daar beneden. Verder hangt deze kans af van de standaardafwijking van het geschatte gemiddelde fosfaatgehalte, en van de onbetrouwbaarheidsdrempel. De standaardafwijking is afhankelijk van het aantal steken, de strategie (A,B,C of D, zie hierboven) en van het variogram. De onbetrouwbaarheidsdrempel speelt ook een rol omdat deze de kritieke waarde bepaalt, d.w.z. het geschatte fosfaatgehalte waarboven de nulhypothese wordt verworpen. De kans is berekend dat geen reparatiebemesting wordt toegekend bij een grenswaarde van 15 en fosfaattoestanden van 10,11,…,20 (zie figuur B1.3 en B1.4). Bij deze berekeningen is uitgegaan van een perceel van 3 ha, een steekproef van 40 steken, het meest ongunstige variogram (nugget is 50, sill is 100 en range is 50 m), en een onbetrouwbaarheidsdrempel van 5% (figuur 3) of 10% (figuur 4). De kans dat wel reparatiebemesting wordt toegekend is het complement d.w.z. 1 – kans op geen reparatiebemesting.



Figuur B1.3 Kans op geen reparatiebemesting als functie van de fosfaattoestand voor de vier strategieën, bij een onbetrouwbaarheidsdrempel van 0.05. Als grenswaarde voor de fosfaattoestand is gekozen 15.



Figuur B1.4. Kans op geen reparatiebemesting als functie van de fosfaattoestand voor de vier strategieën, bij een onbetrouwbaarheidsdrempel van 0.10. Als grenswaarde voor de fosfaattoestand is gekozen 15.

Uit figuur 4 en 5 blijkt dat voor de meest nauwkeurige strategie (kleinste standaardafwijking) de lijn het steilst verloopt. Idealiter (bij geen onzekerheid) verloopt de lijn als een stapfunctie, waarbij de kans bij een fosfaattoestand van 15 verspringt van 0 naar 1.

Voor fosfaatgehalten < 15 is de kans op geen reparatiebemesting gelijk aan de kans op een *onjuiste* beslissing (het werkelijke fosfaatgehalte is immers < de grenswaarde), voor

fosfaatgehalten > 15 is de kans op geen reparatiebemesting gelijk aan de kans op een *juiste* beslissing.

Voor andere grenswaarden kunnen de curves naar links (lagere grenswaarden) of rechts (hogere grenswaarden) verschoven worden. Merk op dat wanneer het fosfaatgehalte exact gelijk is aan de grenswaarde de kans op geen reparatiebemesting gelijk is aan de gekozen onbetrouwbaarheidsdrempel. Voor een onbetrouwbaarheidsdrempel van 0.10 is, gegeven het werkelijke fosfaatgehalte, de kans op geen reparatiebemesting groter dan bij een onbetrouwbaarheidsdrempel van 0.05. Bij een onbetrouwbaarheidsdrempel van 0.10 accepteren we immers een iets grotere kans dat de nulhypothese ten onrechte wordt verworpen, en dus ten onrechte geen reparatiebemesting wordt toegekend. De kritieke waarden bij een onbetrouwbaarheidsdrempel van 0.10 zijn dan ook kleiner dan bij een onbetrouwbaarheidsdrempel van 0.05, zie tabel 4.

Tabel B1.4 Kritieke waarden voor geschat fosfaatgehalte voor een onbetrouwbaarheidsdrempel van 0.05 en 0.10, voor vier steekproefstrategieën van 40 steken. Wanneer geschat fosfaatgehalte groter is dan de kritieke waarde wordt geen reparatiebemesting toegekend (voor perceel van 3 ha, en meest ongunstige variogram).

Bemonsteringsstrategie	Onbetrouwbaarheidsdrempel	
	0.05	0.10
A	19.12	18.21
B	18.29	17.57
C	18.37	17.62
D	17.88	17.24

Conclusie

Dit onderzoek laat zien dat voor de bepaling van de fosfaattoestand het aantrekkelijk is laboratoriumanalyses in duplo uit te voeren. Verder is het aantrekkelijk om in plaats van 1 mengmonster bestaande uit L steken dat in duplo wordt geanalyseerd, twee mengmonsters te steken van $L/2$ steken, die in enkelvoud worden geanalyseerd. Het verlies aan nauwkeurigheid tengevolge van een iets minder goede ruimtelijke spreiding van de steken over het perceel is minimaal. Het voordeel is dat op deze wijze perceelsspecifieke informatie wordt verkregen over de steekproeffout tengevolge van ruimtelijke variatie. In het protocol zou een bepaling opgenomen kunnen worden dat wanneer het verschil tussen de twee mengmonstergemiddeldes groter is dan een bepaalde grenswaarde, een derde mengmonster gestoken moet worden.

Literatuur

Brus, D.J. & L.E.E.M. Spätjens, 1997. Een nieuwe steekproefstrategie voor de inventarisatie van de fosfaattoestand van percelen; voorspelling van nauwkeurigheid en kosten. Wageningen, SC-DLO, 1997. Rapport 516.1, 49 blz.

Brus, D.J., L.E.E.M. Spätjens & J.J. de Gruijter, 1999a. A sampling scheme for estimating the mean extractable phosphorus concentration of fields for environmental regulation. Geoderma 89, 1/2: 129-148.

Brus, D.J., W.J.M. te Riele & J.J. de Gruijter, 1999b. Een nieuwe steekproefstrategie voor de inventarisatie van de fosfaattoestand van percelen; validatie van het nauwkeurigheidsmodel. Wageningen, SC-DLO. Rapport 516.2, 29 blz.

Bijlage 2 Werkvoorschrift voor bepaling van het Pw-getal

Principe

Een op volume afgemeten hoeveelheid grond wordt eerst met weinig water bevochtigd. Na een tijd van inwerking wordt meer water toegediend tot een totale water : grond-verhouding 60:1 (vol/vol). Na schudden en filtreren wordt in het filtraat van de grondsuspensie de fosfaatconcentratie bepaald en hieruit het Pw-getal, dat is het aantal µg P_2O_5 per cm^3 grond (= per 60 ml filtraat) berekend. De fosfaatanalyse van het filtraat wordt uitgevoerd volgens de colorimetrische methode van Murphy en Riley.

Apparatuur

1. Cylindrisch vaatje met bolvormige bodem met een inhoud van 1,2 cm^3.
2. Schudflesjes van ca. 125 cm^3 en erlenmeyers of flesjes van ca. 100 cm^3 inhoud.
3. Schudapparaat, ingesteld op 160-170 slagen per minuut (Een slag = één heen en weer gaande beweging).
4. Filters van kwaliteit hard en asvrij (Fa. Schut, V.F. 215 L Ø 12,5 cm, schijffilter). Voor het gebruik twee filterschijven in elkaar vouwen. De filterschijven worden voorzien van een geparaffineerde rand, die het overkruipen van de suspensie voorkomt.
5. Spectrofotometer of colorimeter bij golflengte 882 nm (of bij 720 nm, zie bij "storingen").

Reagentia

Alle reagentia met gedestilleerd water (aquadest) bereiden!

1. Zwavelzuur 5n.
   In een 2 liter maatkolf aan ongeveer 1500 ml water 280 ml geconcentreerd H_2S0_4 p.a. toevoegen, mengen en afkoelen. Dan water toevoegen tot 2000 ml en goed mengen.
2. Molybdaat oplossing 4%.
   In een 1 liter maatkolf 40 g $(NH_4)MO_7O_{24}.H_2O$ oplossen in warm water van ongeveer 50ºC, afkoelen en verdunnen tot 1 liter. In het donker (bruin glas) bewaren.
3. Zwavelzure molybdaat oplossing.
   Meng 1 liter zwavelzuur 5 n met 312,5 ml molybdaat oplossing 4%. De oplossing is, in het donker bewaard, onbeperkt houdbaar.
4. Ascorbinezuur oplossing 1,75%.
   Daar deze oplossing slechts één dag houdbaar is, wordt niet meer bereid dan voor één dag benodigd is. De afgewogen hoeveelheid ascorbinezuur wordt in water opgelost. Zie mengschema voor de bereiding van het mengreagens 6
5. Kaliumantimonyltartraat oplossing 0,275%.
   Deze oplossing is ongeveer een week houdbaar bij kamertemperatuur, in een koelkast bij enkele graden boven 0ºC langer.
   Voor ruim 500 bepalingen per week (inclusief voorspoelen van maatcylinder) wordt de volgende oplossing bereid.
   In een maatkolf van 200 ml 0,550 g $KSbOC_4H_4O_6.½H_20$ in gedestilleerd water oplossen en verdunnen tot 200 ml.
6. Mengreagens.

Op de dag van gebruik bereiden. In de aangegeven volgorde (van links naar rechts) worden zorgvuldig gemengd:

Aantal bepalingen	Zwavelzure molybd. opl.	Asc. zuur opl. Water + asc.z.			K-antim. tartr.opl.	Water	Totaal volume
	ml	ml		g	ml	ml	ml
23	105	50	+	0,88	8	337	500
48	210	100	+	1,75	16	674	1000
73	315	150	+	2,63	24	1011	1500
98	420	200	+	3,50	32	1348	2000
123	525	250	+	4,38	40	1685	2500

Men laat het mengreagens ongeveer 20 minuten staan en filtreert het dan ter verwijdering van een soms gevormd blauw colloïdaal neerslag, dat anders hoge blancowaarden bij de bepaling kan veroorzaken.

7. IJkoplossingen
   Los 1,9167 g KH_2PO_4 (vlgs. Sörensen) tot 1 liter op in aquadest. De concentratie van deze voorraadoplossing is 1 mg P_2O_5 per ml.

Verdun 10 ml voorraadoplossing tot 1 liter. 10 ml van deze gebruiksoplossing bevat 100 µg P_2O_5.

Pipetteer in maatkolven van 200 ml: 10, 20, 40, 60, 80 ml gebruiksoplossing en vul aan tot 200 ml. Deze standaardoplossing bevatten per 20 ml respectievelijk: 10, 20, 40, 60, 80 µg P_2O_5.

Vasttellen van de ijklijn:
Pipetteer in erlenmeyers (of flesjes) van ongeveer 100 ml:
20 ml mengreagens (6) + 20 ml standaardoplossingen en meng goed.
Meet na 20 minuten staan de lichtabsorptie van de oplossing in een cuvet met 10 mm lichtweg in een spectrofotometer of colorimeter bij golflengte 882 nm of bij 720 nm (zie opmerking 2).

Werkwijze

De droge, tot ∅ < 2 mm verkleinde, gezeefde grond wordt geschept met een cilindrisch vaatje met bolvormige bodem, met een inhoud van 1,2 cm^3. Door driemaal zacht aankloppen wordt de grond in dichte pakking gebracht en vervolgens de overmaat afgestreken tot het niveau gelijk is met de rand van het vaatje. Dan wordt het afgemeten volume grond kwantitatief overgebracht in een schudfles van 125 cm^3 inhoud.
De schudflessen met grond worden gedurende één nacht geplaatst in een droogstoof bij ca. 40°C. Na afkoeling wordt dan 2 ml aquadest toegevoegd en even met de hand geschud om water en grond te mengen. Dan de flesjes afsluiten en gedurende 22 uren bij een temperatuur van 20°C laten staan. Vervolgens wordt 70 ml aquadest van 20°C toegevoegd en aansluitend gedurende 1 uur geschud bij 20°C met een schudsnelheid van 160-170 slagen per minuut.
Na het schudden wordt gefiltreerd door een dubbel stel filters (hard en asvrij). Tussen het schudden en het filtreren een vaste wachttijd (bijv. 10 minuten) in acht nemen. De als eerste doorlopende milliliters filtraat – in 4 minuten -, die vaak troebel zijn, worden afgevoerd of opnieuw op het filter gebracht. Daarna loopt het filtraat meestal helder door. Zie opmerking 1.

In erlenmeyers of flesjes van ca. 100 ml wordt dan 20 ml mengreagens (6) gepipetteerd en daarna 20 ml filtraat. Meng goed en laat 20 minuten staan. Meet de lichtabsorptie van de oplossingen in een cuvet met 10 mm lichtweg in een spectrofotometer of colorimeter bij een golflengte van 882 nm.

Berekening

De uitkomst van de bepaling, het Pw-getal 1:60 (vol/vol) wordt uitgedrukt in µg P_20_5 in het filtraat per 1 cm^3 grond (= per 60 ml filtraat).

$(E_a - E_b) . f . 3$ = aantal µg P_2O_5/cm^3 grond.

Hierin is:

E_a = extinctie van de analyse-meetvloeistof
E_b = extinctie van de blanco
F = factor verkregen uit de ijklijn = $\frac{\text{aantal µg } P_2O_5/20 \text{ ml P-standopl.}}{E_{stand.} - E_b}$

$3 = \frac{60 \text{ (ml filtraat/1 cm}^3\text{ grond)}}{20 \text{ (ml filtraat in 40 ml meetvloeistof)}}$.

Opmerkingen:

1. Filtraten, die ondanks de bij het filtreren in acht genomen voorzorgen troebel zijn, worden op de volgende wijze geklaard. Per 50 ml filtraat ongeveer 1,5 gram vast NaCl toevoegen en laten oplossen. Dan opnieuw filtreren. De nu uitgevlokte colloïdale bestanddelen laten zich gemakkelijk affiltreren. De NaCl-concentratie van ongeveer 0,5 N stoort de fosfaatbepaling niet.
2. Storingen, zie: Van Schouwenburg, J.C. en Walinga, 1. Analytica Chimica Acta, 37 (1967) 271-274.
   As^5 stoort en dient tot het niet storende As^3 te worden gereduceerd.
   Sn^4 geeft bij licht met een golflengte van 882 nm een storing, die bij 720 nm niet optreedt.
3. In plaats van gedestilleerd water kan gedemineraliseerd water worden gebruikt met een zeer lage Si-concentratie (zo mogelijk< 1 mg SiO_2/l.)

Literatuur

1. Murphy, J. & Riley, J.P., 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta 27: 31-36.
2. Schouwenburg, J.Ch. van & Walinga, I.,1967. The rapid determination of phosphorus in presence of arsenic, silicon and germanium. Anal. Chim. Acta 37: 271-274.
3. Sissingh, H.A., 1971. Analytical procedure of the Pw method, used for the assessment of the phosphate status of arable soils in the Netherlands. Plant and Soil, 34: 483-486.

Bijlage 3 Werkvoorschrift voor de bepaling van het P-AL-getal

Principe

Ter bepaling van een voor het gewas beschikbaar deel van het bodemfosfaat wordt het grondmonster geëxtraheerd met een bufferoplossing van pH 3,75, die 0,10 N is aan ammoniumlactaat en 0,40 N aan azijnzuur. Met de koolzure kalk van het monster hoeft geen rekening te worden gehouden, als dit aanwezig mocht zijn. In het extract wordt het fosfaatgehalte fotometrisch bepaald volgens de molybdeenblauw methode.

Apparatuur en glaswerk

1. Spectrofotometer.
2. Schudtafel.
3. Erlenmeyers van 200 ml met passende stop.
4. Trechters van 7,5 cm ∅.
5. Filters M; N; 640 D¼ ∅ 15 cm.
6. Maatkolven van 100 ml.
7. Kolf van 4 l (b.v. van Pyrexglas).
8. Flessen van 10 l (2 stuks).
9. Pippetten van 50 en van 25 ml.

Reagentia

1. Azijnzuur 100% p.a.
2. Melkzuur, s.g. 1,2 Ph. N.V. Merk nr. 336.
3. Ammonia 25%.
4. Norit XNK, ontkleuringskool (zie bij opmerkingen).
5. Moederoplossing voor extractievloeistof.
   Geef eerst het melkzuur een voorbehandeling om de lactide, die altijd aanwezig zijn, door hydrolyse om te zetten in melkzuur (zie ook opmerkingen). Handel daarvoor als volgt: Verdun 1 l melkzuur s.g. 1,2 met 2 l water. Dek de kolf af met een horlogeglas en zet deze gedurende 48 uur in de stoof bij 95°C. Laat daarna aan de lucht afkoelen. Bepaal van dit "verdunde melkzuur" de normaliteit. Pipetteer daarvoor 100 ml. in een maatkolf van 100 ml, en vul aan met water en meng. Titreer hiervan 10 ml met 0,1 N NaOH met phpht als indicator.

   Stel de gevonden normaliteit van het "verdunde melkzuur" = a.

   Stel het azijnzuur. Pipetteer daarvoor 10 ml van de ijsazijn in een maatkolf van 500 ml. vul aan met water en meng.

   Titreer hiervan 10 ml met gestelde 0,1 N NaOH.

   Stel de gevonden normaliteit van de ijsazijn = b.

   Stel de ammonia. Pipetteer daarvoor 10 ml van de geconc. ammonia in een maatkolf van 500 ml, waarin zich al 400 ml water bevindt; vul aan met water tot de maatstreep en meng. Titreer hiervan 10 ml met gestelde HCl 0,1n met methyloranje als indicator, stel de gevonden normaliteit van de geconc. ammonia=c. Breng voor het bereiden van de moederoplossing de genoemde vloeistoffen resp. 10000/a ml "verdund melkzuur", 40000/b ml ijsazijn en 10000/c ml geconc. ammonia in een fles van 10 l, waarin zich reeds ca. 3 l water bevindt. Meng, koel af aan de lucht, vul met water aan tot 10 l en meng weer.
6. Extractievloeistof
   Verdun 1 l van de moederoplossing met water tot een volume van 10 l. Controleer de pH; deze moet 3,75 (± 0,05) zijn.

Zie ook bij opmerkingen.

7. Oplossing I.
   Los op in een fles van 10 1, 10 g metol (Photorex Merck), 50 g natriumsulfiet (Na_2SO_3) en 1500 g natriumbisulfiet (Na_2SO_3). Vul aan met water tot 10 l en meng. Gesloten en koel weggezet is deze oplossing lange tijd houdbaar.

Oplossing II.
Los 500 g ammoniummolybdaat op in 4,5 1 heet water. Kook even door. Laat afkoelen. Giet de oplossing onder roeren bij 3,75 - zwavelzuur 10 N (niet omgekeerd.) Vul aan met water tot 10 1 en meng. Filtreer als dit nodig blijkt. Bewaar op koele plaats.

Oplossing III.
Los 3900 g natriumacetaat 3 aq op in water (of 3400 g watervrij), vul aan met water tot 10 1 en meng.

8. Standaardoplossing.
   Los 1,9166 g KH_2PO_4 p.a. Merck dat boven geconc. zwavelzuur is gedroogd op in water, vul aan tot 1 l en meng. Conserveer met wat tetrachloorkoolstof. Van deze oplossing is 1 ml= 1 mg P_2O_5.
9. Verdunde standaardoplossing.
   Verdun de standaardoplossing 20 x. Pipetteer hiervoor 50 ml standaardoplossing in een maatkolf van 1 l. Vul aan met water tot de maatstreep en meng. Conserveer met enkele druppels CCl_4. Van deze oplossing is 1 ml = 0,05 mg P_20_5. Bewaar in de koelkast.

Werkwijze

Bereiding van het extract
Breng 2,5 g droge grond in een erlenmeyer van 200 ml, voeg 50 ml extractievloeistof en 350 mg actieve kool (Norit XNK) toe.

Schud 4 uur bij een kamertemperatuur van 18-22°C.

Filtreer daarna af door een vouwfilter M.N. 640 D¼ van 15 cm ∅. Het filtraat moet helder en kleurloos zijn.
Voeg anders aan het filtraat opnieuw actieve kool toe, schud even flink en filtreer opnieuw. Handel voor de blanco bepalingen op geheel dezelfde wijze als bij het monsteronderzoek. Vergeet daarbij dus ook niet de toevoeging van de actieve kool.

De bepaling van het fosfaatgehalte.
Breng van het filtraat 25 ml of meer in een maatkolf van 100 ml. Vul aan met water tot een volume van ca 40 ml. Voeg van oplossing I 10 ml toe, zwenk om, daarna van oplossing II ook 10 ml.

Zwenk om en na een kwartier wachten 20 ml van oplossing III.
Neem op deze wijze ook een tweetal standaardbepalingen mee, die 0,5 mg P_20_5 bevatten. Vul de kolfjes aan met water tot de maatstreep, meng goed en meet in de spectrofotometer de extinctie in een cuvet van 10 mm ∅, bij een golflengte van 735 n.m. Stel voor de berekening van het fosfaatgehalte als volgt de ijkfactor vast.
Vul de buret met de verdunde standaardoplossing. Laat hieruit in maatkolfjes van 100 ml resp. 0, 2, 4, 6, 8, 10, 20 en 30 ml vloeien. Deze reeks bevat dan resp. 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 1,0 en 1,5 mg P_20_5. Vul het volume aan met water tot ca 40 ml. Voeg vervolgens toe 10 ml van oplossing I, zwenk om, 10 ml van oplossing II, zwenk weer om en na 20 minuten wachten 20 ml van oplossing III. Zwenk om, vul aan met water tot de maatstreep en meng. Meet de extinctie in een cuvet van 10 mm in de spectrofotometer bij een golflengte van 735 n.m. Bereken de ijkfactor door de som van de P_20_5 dosering van de reeks (in ons geval is die

som 4,0 mg P_20_5) te delen door de som van de netto-extincties (dit zijn de extincties die verminderd zijn met de extinctie van de 0-proef van de reeks). De waarde van de ijkfactor (f) bedraagt ongeveer 1,90.

Berekening

Als E_{pr} de extinctie is, gemeten voor het monster, E_{bl} die van de blanco-bepaling dan wordt de berekening als volgt:

$(E_{pr}-E_{bl})$ x (50/ml filtraat) x 1,90 x 100/2,5 = mg P_2O_5 per 100 g luchtdroge grond.

Voor 25 ml filtraat wordt de berekeningsformule dan:

$(E_{pr}-E_{bl})$ x 145,6= mg P_2O_5 per 100 g luchtdroge grond.

Opmerkingen

1. Voor de bereiding van het extractiemiddel kan men niet uitgaan van technisch ammoniumlactaat, omdat dit meestal donkerbruin of zwart gekleurd is. Men kan, indien verkrijgbaar, van de technische kwaliteit uitgaan, wanneer deze tenminste nagenoeg kleurloos is.
2. De kool dient voor de ontkleuring van het grondextract, dat door humeuze verbindingen meer of minder bruin gekleurd kan zijn. Het preparaat mag dus geen kationen of anionen aan het extract afgeven of eruit adsorberen. Er komen ontkleuringskolen voor die uit een electrolytarme, waterige oplossing fosfaat adsorberen. In een electrolytrijk milieu, zoals dat van de hier gebruikte extractvloeistof, hoeven ze deze eigenschappen niet te vertonen. De kwaliteit XNK geeft een geringe hoeveelheid fosfaat af. Dit hoeft niet in correctie te worden gebracht, het wordt kwantitatief door de grond vastgelegd.
3. Het verdunnen en verhitten van het melkzuur dient om de lactiden, die altijd aanwezig zijn door hydrolyse om te zetten in melkzuur. In sommige preparaten kan de concentratie aan lactiden 20% bedragen. De verdunde oplossing wordt hierdoor instabiel, tenzij men de lactiden van te voren hydrolyseert. De reactie die zich onder de voorgeschreven omstandigheden voltrekt is onomkeerbaar. Het verdunde voorbehandelde melkzuur bleek tenminste gedurende een jaar goed houdbaar te zijn. Geconcentreerd melkzuur bevat:
   - 70-75% $CH_3.CHOH.COOH$ (melkzuur)
   - 15-20% $(CH_3CH.COO)_2$(lactide, anhydride)
   - water

   Titreert men een dergelijk mengsel, na verdunning met water met natronloog van bekende sterkte onder toevoeging van phpht als indicator, dan bepaalt men slechts het melkzuur. Geeft men vervolgens een bekende overmaat natronloog en laat men de oplossing nu gedurende een half uur staan, dan worden eventueel aanwezige lactiden in melkzuur omgezet, waardoor natronloog wordt verbruikt. De resterende hoeveelheid loog wordt met zoutzuur van bekende sterkte teruggetitreerd. Blijkt dat van de overmaat aan loog niets is verbruikt, dan bevatte de onderzochte oplossing enkel melkzuur.
4. Na een jaar was de pH van de extractievloeistof nog 3,75, terwijl geen schimmelvorming was opgetreden. De vloeistof blijkt dus zeer goed houdbaar te zijn. Met water wordt in dit voorschrift steeds gedemineraliseerd water of gedestilleerd water bedoeld.

Literatuur

Egnér, H., Riehm, H., & Domingo, W.R., 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nähstoff-zustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. Kung. Lantbr. Hdgsk. Ann. 26: 199-215.

Murphy, J. & Riley, J.P., 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta 27: 31-36.

Paauw, F. van der, Luit, B. van & Ris, J., 1958. De overgang van P-citroen- naar P-AL. Rapport VI -1958

Schouwenburg, J.Ch. van & Wallinga, I., 1967. The rapid determination of phosphorus in presence of arsenic, silicon and germanicum. Anal. Chim. Acta 37, 271-274.

Vogler, P., 1965. Beiträge zur Phosphatanalytik in der Limnologie. II. Die Bestimmung des gelösten Orthophosphates. Fortschritte der Wasserchemie und ihrer Grenzgebiete 2: 109-119.

Bijlage 4 Waardering fosfaattoestand voor boomkwekerij-gewassen

Pw-getal[1] mg P_2O_5 l^{-1}	P-AL-getal[1] mg P_2O_5 $(100\ g)^{-1}$					
	≤15	16-25	26-35	36-45	46-60	≥61
≤15	zeer laag	zeer laag	laag	laag	vrij laag	*
16-25	zeer laag	laag	laag	vrij laag	goed	goed
26-35	zeer laag	laag	vrij laag	goed	goed	goed
36-45	laag	vrij laag	goed	goed	goed	vrij hoog
46-60	vrij laag	goed	goed	goed	vrij hoog	vrij hoog
≥61	*	goed	goed	vrij hoog	vrij hoog	hoog

[1] De tabel geldt voor alle grondsoorten (Aendekerk, 2000).

Bijlage 5 Waardering fosfaattoestand voor teelt van buitenbloemen

		Grondsoort	P-AL-getal[1]						
			ZL[2]	L	VL	G	VH	H	ZH
		Löss	≤17	18-25	26-35	36-45	46-55	56-65	≥65
		Rivierklei	≤20	21-30	31-45	46-60	61-75	79-90	≥90
		Dalgrond	≤22	23-28	29-36	37-44	45-52	53-60	≥60
		Dekzand	≤30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	≥80
		Duinzand/zee klei	≤30	31-40	41-55	56-70	71-85	86-100	≥100
		Veen	≤30	31-45	46-65	66-85	86-105	106-125	≥125
	Pw-getal[1]								
ZL	≤15		ZL	ZL	L	L			
L	16-30		ZL	L	L	VL	VL		
VL	31-50		L	L	VL	VL	G	G	VH
G	51-70		L	VL	VL	G	G	VH	VH
VH	71-90			VL	G	G	VH	VH	H
H	91-110				G	VH	VH	H	H
ZH	>110					VH	H	H	ZH

[1] Pw-getal: mg P_2O_5 l^{-1}, P-AL-getal mg P_2O_5 $(100\ g)^{-1}$

[2] ZL = zeer laag, L= laag, VL = vrij laag, VH = vrij hoog, H = hoog, ZH = zeer hoog. Bij buitenbloemen kan gekozen worden voor of Pw-getal of P-AL-getal of een combinatie van Pw-getal en P-AL-getal (Kreij, 1999).

Bijlage 6 Opbrengstderving door wijziging van de fosfaatadviesgift naar andere fosfaatgiften in procent voor enige akkerbouwgewassen, vollegrondsgroenten en bolgewassen

Sector	Grondsoort	Gewas-groep	Gewas	Pw-getal	Adviesgift	Gift, kg P_2O_5 ha^{-1}												
				mg P_2O_5 l^{-1}	kg P_2O_5 ha^{-1}	220	190	160	130	100	95	90	85	80	75	70	65	60
Akkerbouw en Vollegronds-groenten	Dekzand, dalgrond, rivierklei en löss	0	peen op zand	10	geen	geen advies												
				15	geen	geen advies												
				20	geen	geen advies												
				25	geen	geen advies												
				30	460	2,2	2,6	3,0	3,5	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8
				35	310	0,7	0,9	1,2	1,5	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4
				40	190	-0,2	0,0	0,2	0,4	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0
	Dekzand, dalgrond, rivierklei en löss	1	aardappel	10	185	7,3	7,9	8,7	9,8	11,4	11,8	12,1	12,5	12,9	13,3	13,8	14,3	14,8
				15	170	4,2	4,7	5,3	6,1	7,2	7,5	7,7	8,0	8,2	8,5	8,8	9,1	9,5
				20	150	2,1	2,4	2,8	3,3	4,1	4,3	4,5	4,6	4,8	5,0	5,3	5,5	5,7
				25	135	0,2	0,4	0,7	1,1	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1
				30	120	-1,1	-0,9	-0,6	-0,2	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7
				35	105	-0,8	-0,7	-0,6	-0,3	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	0,9
				40	85	-1,0	-0,9	-0,8	-0,6	-0,2	-0,2	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
	Dekzand, dalgrond, rivierklei en löss	2	suikerbiet	10	160	4,3	4,9	5,7	6,8	8,5	8,8	9,1	9,5	9,9	10,3	10,8	11,3	11,8
				15	145	1,2	1,6	2,2	3,1	4,2	4,4	4,7	4,9	5,2	5,5	5,8	6,1	6,4
				20	125	0,2	0,5	0,8	1,4	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,6	3,8
				25	110	-0,8	-0,6	-0,3	0,1	0,7	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1
				30	90	-1,1	-0,9	-0,6	-0,2	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7
				35	75	-0,8	-0,7	-0,6	-0,3	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	0,9
				40	55	-1,0	-0,9	-0,8	-0,6	-0,2	-0,2	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5

Bijlage 6. vervolg

Sector	Grondsoort	Gewas-groep	Gewas	Pw-getal	Adviesgift	Gift kg P_2O_5 ha^{-1}												
				mg P_2O_5 l^{-1}	kg P_2O_5 ha^{-1}	220	190	160	130	100	95	90	85	80	75	70	65	60
	Dekzand, dalgrond, rivierklei en löss	3	Vlinder-bloemigen	10	130	-2,5	-1,9	-1,1	0,0	1,6	2,0	2,3	2,7	3,1	3,5	4,0	4,5	5,0
				15	110	-2,6	-2,1	-1,5	-0,7	0,4	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,7
				20	95	-2,1	-1,9	-1,5	-1,0	-0,2	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5
				25	75	-2,3	-2,1	-1,8	-1,4	-0,8	-0,6	-0,5	-0,3	-0,2	0,0	0,2	0,4	0,6
				30	55	-3,0	-2,8	-2,5	-2,0	-1,4	-1,3	-1,2	-1,0	-0,9	-0,7	-0,6	-0,4	-0,2
				35	40	-2,6	-2,5	-2,3	-2,1	-1,7	-1,6	-1,5	-1,4	-1,3	-1,2	-1,0	-0,9	-0,7
				40	20	-3,0	-2,9	-2,8	-2,6	-2,2	-2,2	-2,1	-2,0	-1,9	-1,8	-1,7	-1,6	-1,5
	Dekzand, dalgrond, rivierklei en löss	4	graan (haver)	10	100	-4,1	-3,6	-2,8	-1,6	0,0	0,3	0,7	1,1	1,5	1,9	2,3	2,8	3,3
				15	80	-4,0	-3,6	-3,0	-2,1	-1,0	-0,8	-0,5	-0,3	0,0	0,3	0,6	0,9	1,2
				20	60	-3,6	-3,3	-3,0	-2,4	-1,6	-1,5	-1,3	-1,1	-0,9	-0,7	-0,5	-0,2	0,0
				25	40	-3,9	-3,7	-3,4	-3,0	-2,3	-2,2	-2,1	-1,9	-1,7	-1,6	-1,4	-1,2	-1,0
				30	20	-4,8	-4,5	-4,3	-3,8	-3,2	-3,1	-3,0	-2,8	-2,7	-2,5	-2,4	-2,2	-2,0
				35	0	-4,9	-4,8	-4,7	-4,4	-4,0	-4,0	-3,9	-3,8	-3,7	-3,5	-3,4	-3,3	-3,1
				40	0	-4,1	-4,1	-3,9	-3,7	-3,4	-3,3	-3,3	-3,2	-3,1	-3,0	-2,9	-2,8	-2,6

Bijlage 6. vervolg

Sector	Grondsoort	Gewas-groep	Gewas	Pw-getal	Adviesgift	Gift, kg P_2O_5 ha^{-1}												
					kg P_2O_5 ha^{-1}													
				mg P_2O_5 l^{-1}		220	190	160	130	100	95	90	85	80	75	70	65	60
Akkerbouw en vollegronds-groenten	Zeeklei en zeezand	3	gerst	10	110	-2,8	-2,4	-1,7	-0,8	0,5	0,8	1,0	1,3	1,7	2,0	2,4	2,7	3,2
				15	90	-2,8	-2,4	-2,0	-1,3	-0,4	-0,2	0,0	0,2	0,4	0,6	0,9	1,1	1,4
				20	65	-2,7	-2,5	-2,2	-1,7	-1,1	-1,0	-0,8	-0,7	-0,5	-0,4	-0,2	0,0	0,2
				25	45	-2,9	-2,7	-2,5	-2,2	-1,6	-1,5	-1,4	-1,3	-1,2	-1,0	-0,9	-0,7	-0,6
				30	20	-3,8	-3,6	-3,4	-3,1	-2,6	-2,5	-2,4	-2,3	-2,1	-2,0	-1,9	-1,7	-1,6
				35	0	-4,0	-3,9	-3,8	-3,6	-3,2	-3,2	-3,1	-3,0	-2,9	-2,8	-2,7	-2,6	-2,5
				40	0	-3,3	-3,2	-3,1	-3,0	-2,7	-2,7	-2,6	-2,5	-2,5	-2,4	-2,3	-2,2	-2,1
	Zeeklei en zeezand	4	granen	10	60	-2,9	-2,7	-2,4	-2,0	-1,3	-1,2	-1,0	-0,9	-0,7	-0,6	-0,4	-0,2	0,0
				15	40	-2,7	-2,5	-2,3	-1,9	-1,5	-1,4	-1,3	-1,2	-1,1	-1,0	-0,9	-0,7	-0,6
				20	20	-2,5	-2,4	-2,2	-2,0	-1,7	-1,6	-1,6	-1,5	-1,4	-1,3	-1,2	-1,1	-1,0
				25	0	-2,7	-2,6	-2,5	-2,3	-2,1	-2,0	-2,0	-1,9	-1,9	-1,8	-1,7	-1,6	-1,6
				30	0	-2,4	-2,4	-2,2	-2,1	-1,8	-1,8	-1,7	-1,7	-1,6	-1,6	-1,5	-1,4	-1,3
				35	0	-2,0	-1,9	-1,9	-1,8	-1,6	-1,6	-1,5	-1,5	-1,4	-1,4	-1,3	-1,3	-1,2
				40	0	-1,6	-1,6	-1,6	-1,5	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,2	-1,2	-1,1	-1,1	-1,0
Bloembol	Zand	3	gladiool	10	130	risico	risico	risico	risico	risico	risico	risico	risico	risico	risico	risico	risico	risico
				15	110	<-7	< -5	< -3	<-2	<1	<1	<1-2	<1-2	<1-2	<2-4	<2-4	<4	<4
				25	75	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	0	0	0	0	0
	Zand	4	tulp, lelie	10	100	risico	risico	risico	risico	risico	risico	risico	risico	risico	risico	risico	risico	risico
				15	80	<-6	<-4	<-3	<-2	<-1	<-1	<-1	0	0	<1	<1	<1	<1
				25	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Bijlage 7 Fosfaatoverschot bij opvolgen van het bemestingsadvies voor grasland zonder klaver

Grondsoort	Waardering	P-AL-getal	Grasland zonder klaver, maaien			Grasland zonder klaver, overdag beweiden			Grasland zonder klaver, dag-en-nacht beweiden		
		mg P_2O_5 (100 g)$^{-1}$	Gift	Verfijnd	Forfaitair	Gift	Detail	Forfaitair	Gift	Detail	Forfaitair
Löss	Laag	10	200	90	118	175	65	93	165	55	83
	Vrij laag	15	160	50	78	135	25	53	125	15	43
	Voldoende	20	135	25	53	110	0	28	100	-10	18
	Voldoende	25	135	25	53	110	0	28	100	-10	18
	Ruim voldoende	30	115	5	33	90	-20	8	80	-30	-2
	Ruim voldoende	35	115	5	33	90	-20	8	80	-30	-2
	Ruim voldoende	40	115	5	33	90	-20	8	80	-30	-2
Rivierklei	Laag	10	200	90	118	175	65	93	165	55	83
	Vrij laag	15	160	50	78	135	25	53	125	15	43
	Vrij laag	20	160	50	78	135	25	53	125	15	43
	Voldoende	25	135	25	53	110	0	28	100	-10	18
	Voldoende	30	135	25	53	110	0	28	100	-10	18
	Ruim voldoende	35	115	5	33	90	-20	8	80	-30	-2
	Ruim voldoende	40	115	5	33	90	-20	8	80	-30	-2
Zeeklei, veen, zand, dalgrond	Laag	10	200	90	118	175	65	93	165	55	83
	Laag	15	200	90	118	175	65	93	165	55	83
	Vrij laag	20	160	50	78	135	25	53	125	15	43
	Vrij laag	25	160	50	78	135	25	53	125	15	43
	Voldoende	30	135	25	53	110	0	28	100	-10	18
	Voldoende	35	135	25	53	110	0	28	100	-10	18
	Ruim voldoende	40	115	5	33	90	-20	8	80	-30	-2

Bijlage 8 Fosfaatoverschot bij het opvolgen van het bemestingsadvies voor grasland met klaver

Grondsoort	Waardering	P-AL-getal	Grasland met klaver, maaien			Grasland met klaver, overdag beweiden			Grasland met klaver, dag-en-nacht beweiden		
		mg P_2O_5 $(100\ g)^{-1}$	Gift	detail	forfaitair	Gift	detail	forfaitair	Gift	detail	forfaitair
Löss	Laag	10	160	61	78	135	36	53	125	26	43
	Vrij laag	15	135	36	53	110	11	28	100	1	18
	Voldoende	20	115	16	33	90	-9	8	80	-19	-2
	Voldoende	25	115	16	33	90	-9	8	80	-19	-2
	Ruim voldoende	30	105	6	23	80	-19	-2	70	-29	-12
	Ruim voldoende	35	105	6	23	80	-19	-2	70	-29	-12
	Ruim voldoende	40	105	6	23	80	-19	-2	70	-29	-12
Rivierklei	Laag	10	160	61	78	135	36	53	125	26	43
	Vrij laag	15	135	36	53	110	11	28	100	1	18
	Vrij laag	20	135	36	53	110	11	28	100	1	18
	Voldoende	25	115	16	33	110	-9	8	80	-19	-2
	Voldoende	30	115	16	33	90	-9	8	80	-19	-2
	Ruim voldoende	35	105	6	23	80	-19	-2	70	-29	-12
	Ruim voldoende	40	105	6	23	80	-19	-2	70	-29	-12
Zeeklei, veen, zand, dalgrond	Laag	10	160	61	78	135	36	53	125	26	43
	Laag	15	160	61	78	135	36	53	125	26	43
	Vrij laag	20	135	36	53	110	11	28	100	1	18
	Vrij laag	25	135	36	53	110	11	28	100	1	18
	Voldoende	30	115	16	33	90	-9	8	80	-19	-2
	Voldoende	35	115	16	33	90	-9	8	80	-19	-2
	Ruim voldoende	40	105	6	23	80	-19	-2	70	-29	-12

Bijlage 9 Fosfaatoverschot bij het opvolgen van fosfaatbemestingsadviezen voor mais

Voedergewas	Waardering	Pw-getal	Alle grondsoorten		
		mg P_2O_5 l^{-1}	Gift	Verfijnd	Forfaitair
Mais	Zeer laag	10	185	105	120
	Laag	15	170	90	105
	Laag	20	150	70	85
	Voldoende	25	135	55	70
	Voldoende	30	120	40	55
	Ruim voldoende	35	105	25	40
	Ruim voldoende	40	85	5	20

Bijlage 10 Fosfaatoverschotten bij voedergewassen (voederbieten, graan voor GPS, luzerne) bij opvolgen van bemestingsadviezen

Voedergewas	Waardering	Pw-getal	Zand, dalgrond, rivierklei, löss			Zeeklei, zeezand		
		mg P_2O_5 l^{-1}	Gift	Verfijnd	Forfaitair	Gift	Verfijnd	Forfaitair
Granen voor GPS	Zeer laag	10	100	20	35	60	20	35
	Laag	15	80	0	15	40	0	15
	Laag	20	60	-20	-5	20	-20	-5
	Voldoende	25	40	-40	-25	20	-40	-25
	Voldoende	30	20	-60	-45	0	-60	-45
	Ruim voldoende	35	0	-80	-65	0	-80	-65
	Ruim voldoende	40	0	-80	-65	0	-80	-65
Luzerne	Zeer laag	10	130	40	65	110	40	65
	Laag	15	110	20	45	90	20	45
	Laag	20	95	5	30	65	5	30
	Voldoende	25	75	-15	10	45	-15	10
	Voldoende	30	55	-35	-10	20	-35	-10
	Ruim voldoende	35	40	-50	-25	0	-50	-25
	Ruim voldoende	40	20	-70	-45	0	-70	-45
Voederbieten	Zeer laag	10	160	80	95	150	70	85
	Laag	15	145	65	80	130	50	65
	Laag	20	125	45	60	115	35	50
	Voldoende	25	110	30	45	95	15	30
	Voldoende	30	90	10	25	75	-5	10
	Ruim voldoende	35	75	-5	10	55	-25	-10
	Ruim voldoende	40	55	-25	-10	40	-40	-25

Bijlage 11 Fosfaatoverschotten bij verschillende bedrijfsystemen voor akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt en bloembollen (verfijnd)

Sector	Waardering	Pw-getal	Zeeklei, zeezand				Dekzand, dalgrond, rivierklei				Löss
		mg P_2O_5 l^{-1}	Akk1	Akk2	Akk3	Akk4	Akk5	Akk6	Akk7	Akk8	Akk9
Akkerbouw	Zeer laag	10	9	66	87	60	*	102	*	*	104
	Laag	15	-9	55	69	42	*	86	*	*	87
	Laag	20	-27	34	50	24	*	67	*	*	68
	Voldoende	25	-45	16	33	6	33	49	45	38	51
	Voldoende	30	-48	2	20	-2	25	32	45	102	34
	Ruim voldoende	35	-51	-12	8	-11	16	20	42	75	32
	Ruim voldoende	40	-53	-21	-6	-20	-2	4	15	36	6
			Zeeklei, zeezand				Dekzand, dalgrond, rivierklei, löss				
			Vgg1	Vgg2	Vgg3		Vgg4	Vgg5	Vgg6		
Vollegrondsgroente	Zeer laag	10	66	*	91		*	*	77		
	Laag	15	47	*	72		*	*	57		
	Voldoende	20	26	*	51		*	*	37		
	Voldoende	25	7	45	35		*	*	17		
	Voldoende	30	-3	81	20		134	38	-3		
	Ruim voldoende	35	-10	11	18		75	3	-23		
	Ruim voldoende	40	-17	-8	-5		35	-12	-23		
			Zeeklei				Zee- en duinzand, dekzand, dalgrond, rivierklei en löss				
			BL1	BL2	BL3	BL4a	BL1	BL2	BL3	BL4a	
Bloembol	Laag	10	42	35	28	30	55	55	60	70	
	Laag	15	22	15	8	10	55	50	48	50	
	Voldoende	20	0	-6	-12	-10	37	31	28	30	
	Voldoende	25	-20	-26	-32	-30	17	11	8	10	
	Voldoende	30	-28	-33	-32	-30	-8	-13	-12	-10	
	Voldoende	35	-35	-38	-32	-30	-28	-33	-32	-30	
	Voldoende	40	-35	-38	-32	-30	-35	-38	-32	-30	

Bijlage 12 Fosfaatoverschotten bij verschillende bedrijfsystemen voor akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt en bloembollen (forfaitair)

Sector	Waardering	Pw-getal	Zeeklei, zeezand				Dekzand, dalgrond, rivierklei				Löss
			Akk1	Akk2	Akk3	Akk4	Akk5	Akk6	Akk7	Akk8	Akk9
Akkerbouw	Zeer laag	10	8	60	80	51	*	90	*	*	93
	Laag	15	-10	48	63	33	*	73	*	*	76
	Laag	20	-28	21	44	15	*	58	*	*	63
	Voldoende	25	-46	9	26	-3	27	37	31	31	40
	Voldoende	30	-49	-6	14	-11	21	19	49	92	23
	Ruim voldoende	35	-51	-19	1	-20	1	3	13	47	6
	Ruim voldoende	40	-54	-28	-13	-29	-14	-12	-8	12	-9
			Zeeklei, zeezand				Dekzand, dalgrond, rivierklei, löss				
			Vgg1	Vgg2	Vgg3		Vgg4	Vgg5	Vgg6		
Vollegronds-groente	Zeer laag	10	39	*	90		*	*	12		
	Laag	15	8	*	74		*	*	-2		
	Voldoende	20	-13	-1	53		*	*	-5		
	Voldoende	25	-20	30	36		*	*	-25		
	Voldoende	30	-30	13	22		97	9	-45		
	Ruim voldoende	35	-39	-6	9		38	-26	-65		
	Ruim voldoende	40	-44	-23	-6		-2	-41	-65		
			Zeeklei				Zee- en duinzand, dekzand, dalgrond, rivierklei en löss				
			BL1	BL2	BL3	BL4a	BL1	BL2	BL3	BL4a	
Bloembol	Laag	10	12	8	-5	-5	45	43	35	35	
	Laag	15	-8	-13	-25	-25	25	23	15	15	
	Voldoende	20	-30	-34	-45	-45	7	4	-5	-5	
	Voldoende	25	-50	-54	-65	-65	-13	-16	-25	-25	
	Voldoende	30	-58	-60	-65	-65	-38	-40	-45	-45	
	Voldoende	35	-65	-65	-65	-65	-58	-60	-65	-65	
	Voldoende	40	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	

Bijlage 13 Fysisch chemische parameters van de percelen landbouwgrond

Volgnr	Grondsoort	Teelt	pH	$CaCO_3$	Organische stof	Lutum	K	Mg	Na	S-totaal
				%	%	%	mg K kg^{-1}	mg Mg kg^{-1}	mg Na kg^{-1}	mg S kg^{-1}
1	Rivierklei	Grasland	5,2	0,4	5,1	23	54	226	37	395
2	Rivierklei	Grasland	5,2	0,2	6,7	39	58	317	58	510
3	Rivierklei	Akkerbouw	4,7	0,1	4,5	25	71	201	18	395
5	Rivierklei	Grasland	5,5	0,3	7,4	40	53	309	60	583
6	Rivierklei	Grasland	5,6	0,2	6,3	24	120	330	38	447
7	Rivierklei	Grasland	4,9	0,1	5,4	15	79	279	28	384
9	Rivierklei	Akkerbouw	4,8	0,1	8,1	24	76	307	36	559
10	Rivierklei	Grasland	4,9	0,2	7,7	21	53	280	21	538
11	Rivierklei	Grasland	5,1	0,2	6,6	16	65	239	21	475
12	Dekzand	Grasland	5,1	0,1	4,5	11	74	151	23	293
13	Rivierklei	Akkerbouw	5	0,1	4,9	51	50	317	53	409
14	Rivierklei	Grasland	5,5	0,3	9	50	55	342	61	738
15	Rivierklei	Akkerbouw	5,8	0,3	5,5	45	37	259	48	449
16	Oude zeeklei	Akkerbouw	7,3	0,4	0,8	2	26	28	7	291
17	Oude zeeklei	Akkerbouw	7,6	0,9	1,2	3	53	40	11	523
18	Oude zeeklei	Akkerbouw	7,6	0,7	1,4	3	37	43	7	553
19	Dekzand	Grasland	5	0,2	6,2	2	129	214	25	422
20	Kleiig veen	Grasland	4,8	0,2	25,9	37	121	514	95	2893
21	Rivierklei	Akkerbouw	4,1	0,2	5,7	32	99	238	21	448
22	Zeeklei	Akkerbouw	7,3	8,5	2	25	111	75	21	394
23	Dekzand	Grasland	6,1	0,2	6,1	7	128	201	19	423
24	Dekzand	Grasland	5,8	0,2	8,4	9	62	268	22	566
25	Rivierklei	Akkerbouw	4,6	0,2	6,1	32	54	198	44	509
26	Zeeklei	Grasland	7,2	6,9	5,9	29	111	110	27	1943
27	Zeeklei	Grasland	7,4	4,4	4,5	28	60	108	32	1280
28	Zeeklei	Grasland	7,4	3,2	3,5	29	52	149	25	345
29	Dekzand	Grasland	6,3	0,2	7,1	10	122	293	24	445
30	Rivierklei	Grasland	5,4	<0,1	3,8	17	90	146	17	343

Bijlage 14 Analyseresultaten van de bemonsteringen volgens strategieën B en C

Legenda

De analyseresultaten worden gegeven voor de parameters vocht, PAE, Pw-getal (Pw), P-AL-getal (PAL), aluminium, ijzer en fosfaat extraheerbaar met ammoniumoxalaat-oxaalzuur (P-ox, Al-ox en Fe-ox). De parameter wordt gevolgd door de aanduiding B1, B2, C1 en C2. De lettercodes B en C verwijzen naar de bemonsteringsstrategie B of C. B1 en B2 zijn respectievelijk de analyseresultaten van de 1e en 2e analyse in het laboratorium; C1 en C2 zijn respectievelijk de analyseresultaten van 1e en 2e mengmonster. De eenheden van de parameters zijn:

Vocht	vochtgehalte	mg H_2O (100 g)$^{-1}$
PAE	fosfor geëxtraheerd met 0,01 M $CaCl_2$	mg P kg^{-1}
Pw	Pw-getal	mg P_2O_5 l^{-1}
P-AL	P-AL-getal	mg P_2O_5 (100 g)$^{-1}$
Al-ox	Ammoniumoxalaat-oxaalzuur extraheerbaar Al	mmol Al kg^{-1}
Fe-ox	Ammoniumoxalaat-oxaalzuur extraheerbaar Fe	mmol Fe kg^{-1}
P-ox	Ammoniumoxalaat-oxaalzuur extraheerbaar P	mmol P kg^{-1}

Bijlage 14, vervolg

Nummer	Vocht	Vocht	Vocht	PAE	PAE	PAE	PAE	Pw	Pw	Pw	P-AL	P-AL
	B1/B2	C1	C2	B1	B2	C1	C2	B1	B2	C1	B1	B2
1	1,2	1,3	1,2	0,5	0,55	0,77	0,34	19	14	19	4	7
10	1,5	1,3	1,5	0,45	0,61	0,75	0,66	27	20	18	10	11
11	1,1	1,2	1,2	0,76	0,77	0,75	0,46	19	19	22	12	14
12	1	1	1	0,25	0,18	0,17	0,1	16	13	9	16	17
13	2,2	2,4	2,4	0,2	0,09	0,12	0,19	26	21	14	8	9
14	2,5	2,7	2,7	1,18	1,4	0,97	1	24	29	35	19	20
15	2	2,2	2,1	0,39	0,6	0,56	0,47	24	33	35	24	18
16	0,5	0,5	0,5	0,18	0,27	0,33	0,23	20	13	17	19	12
17	0,5	0,5	0,5	0,59	0,4	0,53	0,3	18	20	27	17	18
18	0,5	0,5	0,5	0,43	0,14	0,49	0,12	18	12	21	22	16
19	0,6	0,6	0,5	1,76	1,48	1,24	2,39	37	35	32	17	24
2	1,9	2	1,8	1,08	0,7	0,6	0,72	11	19	18	9	11
20	3,2	3,2	3,3	0,49	0,37	0,34	0,31	18	11	10	16	16
21	1,8	1,8	1,7	0,2	0,23	0,21	0,32	9	12	14	13	13
22	1,1	1,2	1,1	0,55	0,49	0,66	1,03	12	29	35	65	59
23	0,8	0,7	0,8	0,51	0,32	0,52	0,61	14	15	14	20	20
24	1,1	0,9	0,9	0,33	0,15	0,67	0,22	17	11	13	16	16
25	1,7	1,6	1,6	0,45	0,47	0,59	0,16	35	32	21	13	13
26	1,7	1,7	1,7	0,4	0,3	0,31	0,32	33	27	12	28	27
27	1,5	1,5	1,5	0,13	0,15	0,67	0,7	23	26	19	28	25
28	1,5	1,5	1,5	0,32	0,24	0,51	0,4	34	41	13	18	16
29	1,1	1,1	1,1	0,2	0,36	1,21	0,3	17	20	25	13	14
3	1,3	1,1	1,3	0,53	0,36	0,75	0,33	18	15	22	16	17
30	0,9	1	1	0,25	0,3	0,34	0,37	16	17	19	16	17
5	2,2	2,3	2,3	0,73	0,8	1,09	0,57	44	38	43	22	22
6	1,5	1,4	1,5	0,68	0,87	0,25	0,47	22	25	19	11	12
7	1,1	1,1	1,1	1,28	1,58	1,39	1,09	16	23	26	13	14
9	1,6	1,8	1,7	1,05	1,05	1,05	1,09	25	23	24	14	14

Bijlage 14, vervolg

Nummer	P-AL	P-AL	Al-ox	Fe-ox	P-ox	Al-ox	Fe-ox	P-ox	Al-ox	Fe-ox	P-ox	Al-ox	Fe-ox	P-ox
	C1	C2	B1	B1	B1	B2	B2	B2	C1	C1	C1	C2	C2	C2
1	9	4	39	96	9	40	96	10	40	90	10	39	84	7
10	9	9	44	164	18	42	175	15	46	178	19	47	192	19
11	9	7	33	141	15	34	127	16	40	146	17	39	131	14
12	16	16	24	141	13	24	134	14	24	135	15	24	137	14
13	6	6	77	181	15	76	170	16	77	175	15	80	190	17
14	25	18	68	132	15	67	126	16	68	133	15	70	127	14
15	21	20	62	164	18	59	161	17	63	164	20	61	158	19
16	17	18	7	24	3	7	23	2	8	32	3	9	35	4
17	29	16	7	27	3	7	30	3	7	26	4	7	32	3
18	17	8	6	34	2	7	41	3	5	29	3	8	49	3
19	22	20	38	11	9	33	9	7	39	11	8	32	9	8
2	7	6	63	145	15	64	137	17	69	137	15	64	126	15
20	13	14	94	237	23	98	228	24	91	254	21	94	259	23
21	9	11	56	163	15	55	158	17	54	164	15	50	143	14
22	61	65	15	68	13	15	72	15	14	66	13	14	70	15
23	18	21	23	115	12	23	117	13	21	101	11	26	122	14
24	13	18	20	169	14	22	181	17	21	176	14	21	166	15
25	9	6	60	168	16	58	164	18	55	162	16	57	169	15
26	24	29	30	143	14	29	145	15	29	144	15	28	143	15
27	22	22	34	125	11	35	126	12	28	117	11	29	122	12
28	16	16	36	102	12	38	98	13	34	86	12	35	99	13
29	12	8	23	170	15	26	199	18	24	176	17	22	172	14
3	15	9	50	93	15	50	90	16	51	87	15	60	97	15
30	7	13	33	82	11	34	82	12	33	84	9	32	80	11
5	22	12	45	177	18	44	172	19	48	172	20	49	176	16
6	7	8	43	149	15	43	151	16	43	150	14	41	140	15
7	10	7	32	115	13	33	102	14	39	116	14	36	101	12
9	14	6	48	160	14	48	133	15	56	139	15	53	145	14