



ALTErrA

WAGENINGEN UR



Effect van mestbeleid op bodemvruchtbaarheid en gewasopbrengst

Evaluatie Meststoffenwet 2012: deelrapport ex post

Alterra-rapport 2266
ISSN 1566-7197

René Schils, Wim van Dijk, Jantine van Middelkoop, Jouke Oenema, Koos Verloop, Jan Huijsmans, Phillip Ehlert, Caroline van der Salm, Henk van Reuler, Peter Vreeburg, Arjan Dekking, Willem van Geel en Jan Rinze van der Schoot

Effect van mestbeleid op
bodemvruchtbaarheid en gewasopbrengst

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van Monitoring en Evaluatie Mest & Mineralen
Projectcode BO-12.07-005

Effect van mestbeleid op bodemvruchtbaarheid en gewasopbrengst

Evaluatie Meststoffenwet 2012: deelrapport ex post

René Schils¹, Wim van Dijk², Jantine van Middelkoop³, Jouke Oenema⁴, Koos Verloop⁴, Jan Huijsmans⁴, Phillip Ehlert¹, Caroline van der Salm¹, Henk van Reuler⁵, Peter Vreeburg², Arjan Dekking², Willem van Geel² en Jan Rinze van der Schoot²

- 1 Alterra
- 2 PPO-AGV
- 3 Livestock Research
- 4 PRI
- 5 PPO-BBF

Alterra-rapport 2266

Alterra, onderdeel van Wageningen UR
Wageningen, 2012

Referaat

René Schils, Wim van Dijk, Jantine van Middelkoop, Jouke Oenema, Koos Verloop, Jan Huijsmans, Philip Ehlert, Caroline van der Salm, Henk van Reuler, Peter Vreeburg, Arjan Dekking, Willem van Geel, Jan Rinze van der Schoot, 2012. *Effect Meststoffenwet 2012 - Ex Post: Bodemvruchtbaarheid en Gewasopbrengst*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2266. 122 blz.; 64 fig.; 40 tab.; 38 ref.

Het mestbeleid beperkt de aanvoer van stikstof en fosfaat via meststoffen. In het kader van de Evaluatie Meststoffenwet 2012 is een studie uitgevoerd naar het effect van het mestbeleid op bodemvruchtbaarheid, in termen van bodem fosfaat en organische stof, en op de gewasopbrengsten. Uit de studie blijkt dat er geen aanwijzingen zijn dat de invoering van het gebruiksnormenstelsel in 2006 tot een slechtere bodemvruchtbaarheid heeft geleid. De fosfaattoestand van de bodem blijft stabiel of stijgt. De organische stofgehalten zijn bij de meeste combinaties van grondsoort en gewas stabiel gebleven of vertonen een stijgende lijn. Op maïslaan en ander bouwland op zandgrond komen wel situaties met dalende organische stofgehalten voor, maar er is geen aantoonbaar verband met het mestbeleid. De gewasopbrengsten van de grote bouwlandteelten nemen na 2006 toe. Voor grasland is het niet mogelijk om een uitspraak te doen over de opbrengsten na 2006. De langjarige trend vanaf 1998 laten echter licht dalende opbrengsten zien.

Trefwoorden: bodemvruchtbaarheid, fosfaat, gebruiksnormen, meststoffenwet, organische stof.

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.alterra.wur.nl (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

© 2012 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek)
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; info.alterra@wur.nl

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

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 2266

Wageningen, januari 2012

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	11
2 Achtergrond	13
2.1 Fosfaat in de bodem	13
2.1.1 Fosfaatbalans	13
2.1.2 Fosfaattoestand	14
2.1.3 Bemestingsadvies	16
2.1.4 Fosfaat en gewasopbrengst	17
2.2 Organische stof in de bodem	20
3 Ontwikkelingen in aanvoer fosfaat en organische stof	25
3.1 Mineralenbeleid 1987-2015	25
3.1.1 Akker- en tuinbouw	25
3.1.2 Melkveehouderij	26
3.2 Fosfaatoverschotten in de praktijk	29
3.3 Aanvoer organische stof naar landbouwgrond	31
4 Effect van mestbeleid op bodemvruchtbaarheid en gewasopbrengst	37
4.1 Inleiding	37
4.2 Fosfaat	38
4.2.1 Conclusies	38
4.2.2 Onderbouwing met praktijkdata	39
4.2.3 Onderbouwing met onderzoeksdata	40
4.3 Organische stof	46
4.3.1 Conclusies	46
4.3.2 Onderbouwing met praktijkdata	47
4.3.3 Onderbouwing met onderzoeksdata	47
4.4 Gewasopbrengsten	52
4.5 Voorjaarstoediening drijfmest en bodemstructuur	53
4.6 Effect van mestscheiding	54
4.7 Kanttekeningen bij de methode	54
5 Analyse individuele datasets	57
5.1 Fosfaat - Praktijk	57
5.1.1 AgroXpertus	57
5.1.2 Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit	59
5.2 Fosfaat - Bedrijfssystemen	60
5.2.1 Bouwland: BSO Nagele	60
5.2.2 Bouwland: BSO Vredepeel	62
5.2.3 Bouwland: BSO Meterik en Westmaas	65
5.2.4 Melkveehouderij: De Marke	66
5.2.5 Melkveehouderij: Koeien en Kansen	68

5.3	Fosfaat-onderzoek	72
5.3.1	Bouwland: veeljarige veldproeven	72
5.3.2	Grasland: Veeljarige beweidingsproefvelden	76
5.3.3	Grasland: Veeljarige maaiproeven	83
5.4	Organische stof - Praktijk	85
5.4.1	Blgg AgroXpertus	85
5.4.2	Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit	90
5.5	Organische stof - Bedrijfssystemen	90
5.5.1	Bouwland: BSO Nagele	90
5.5.2	Bouwland: BSO Vredepeel	92
5.5.3	Bloembollen BSO op de proefbedrijven De Noord en De Zuid.	93
5.5.4	Boomteelt: BSO in Horst	98
5.5.5	Melkveehouderij: De Marke	100
5.5.6	Melkveehouderij: Koeien en Kansen	102
5.6	Organische stof - Onderzoek	104
5.6.1	Bouwland: Mest-vanggewassenproef Heino	104
5.6.2	Bouwland: Nitraatonderzoek löss Wijnandsrade	106
5.6.3	Bloembollen: Compost op hyacint te Lisse	109
5.6.4	Bloembollen: Organische stof management	110
5.6.5	Grasland: Mestproef op Heino	112
5.6.6	Grasland: Veeljarige beweidingsproefvelden	112
5.7	Gewasopbrengsten - Praktijk	113
5.7.1	CBS	113
5.7.2	BIN	114
5.8	Bodemstructuur - Onderzoek	116
5.8.1	Graanteelt	117
5.8.2	Aardappelteelt	118
	Referenties	119

Samenvatting

Het mestbeleid beperkt de aanvoer van stikstof en fosfaat via meststoffen. In het kader van de EMW 2012 heeft het ministerie van EL&I, in overleg met het ministerie van I&M, de vraag gesteld of de lagere aanvoer een effect heeft op de bodemvruchtbaarheid, in termen van bodemfosfaat en organische stof, en daardoor op de gewasopbrengsten. Naast de gebruiksnormen schrijft het mestbeleid voor dat toediening van dierlijke mest in het najaar op kleigrond niet langer is toegestaan na 1 september. Het is de vraag of verschuiving van toediening in het najaar naar toediening in het voorjaar op deze grondsoort de bodemstructuur aantast.

Vraag A11: Hoe hebben verschillende indicatoren voor bodemvruchtbaarheid, zoals gewasopbrengst, organische stofvoorziening (% OS en koolstof), fosfaatbeschikbaarheid in de bodem en kalium, zich sinds de invoering van het gebruiksnormenstelsel in 2006 ontwikkeld?

Vraag A12: Is er een verschil in de ontwikkeling van deze indicatoren sinds 2006 ten opzichte van de periode daarvoor? Zo ja: in hoeverre zou dit kunnen samenhangen met het stelsel van gebruiksnormen?

Er zijn geen aanwijzingen dat de invoering van het gebruiksnormenstelsel in 2006 tot een slechtere bodemvruchtbaarheid heeft geleid.

De fosfaattoestand van de bodem blijft stabiel of stijgt. In enkele gevallen op zandgrond daalt de fosfaattoestand, maar deze is nog steeds voldoende of hoger.

De organische stofgehalten zijn bij de meeste combinaties van grondsoort en gewas stabiel gebleven of vertonen een stijgende lijn. Op maisland en ander bouwland op zandgrond komen wel situaties met dalende organische stofgehalten voor, maar er is geen aantoonbaar verband met het mestbeleid.

De gewasopbrengsten van de grote bouwlandteelten blijven ook na 2006 toenemen. Voor grasland is het niet mogelijk om een uitspraak te doen over de opbrengsten na 2006. De langjarige trend vanaf 1998 laten echter licht dalende opbrengsten zien.

Vraag A15: In hoeverre zorgt het afschaffen van de najaarstoediening voor verandering van de structuur van de bodem?

Bij emissiearme mesttoediening in het voorjaar treedt in wintertarwe geen opbrengstderving op door rijsporen mits de bodemdruk lager is dan 1 bar. Snijschade door de elementen van de bemester treedt niet op indien de mest aan het begin van de uitstoelingsfase wordt toegediend. Bij hogere bodemdrukken of bij latere toediening treedt wel opbrengstverlies op. Voor emissiearme voorjaarstoediening in aardappelen is nog geen uitsluitel te geven over mogelijk structuurschade.

Fosfaat terugblik

Gegevens uit de praktijk en onderzoek geven geen aanwijzingen dat het mestbeleid de gewas-beschikbare hoeveelheid fosfaat heeft beperkt voor landbouwkundige productiedoelinden.

Voor de meeste combinaties van grondsoort en gewas is in de praktijk de fosfaattoestand van de bodem stabiel of stijgend. Een daling van de gemiddelde fosfaattoestand is alleen vastgesteld bij continue snijmaïsteelt op zandgrond, maar deze is nog steeds op een hoog niveau. Ook in bedrijfssysteemonderzoek en langjarige proefvelden met fosfaatoverschotten, die overeenkomen met de in de praktijk gerealiseerde overschotten in de periode tot 2009, laten voornamelijk stabiele of stijgende fosfaattoestanden zien. Alleen in langjarige veldproeven met beweiding op zandgrasland nam de fosfaattoestand, bij een fosfaatoverschot van 20 kg P₂O₅/ha/jaar, af tot een P-AL-getal van rond de 30 (neutraal)¹.

Fosfaat vooruitblik

Bij verdere verlaging van gebruiksnormen in de richting van evenwichtsbemesting zal de fosfaattoestand convergeren naar gemiddeld lagere niveau's. De mate en de snelheid waarmee dat gebeurt hangt af van de huidige fosfaattoestand, maar ook van het bufferend vermogen van de grond. Het huidige systeem, waarin de gebruiksnorm omgekeerd evenredig is met de fosfaattoestand, voorkomt dat bij lage fosfaattoestanden evenwichtsbemesting toegepast hoeft te worden. De gewasopbrengsten laten bij evenwichtsbemesting een wisselend beeld zien. Opbrengstdervingen zijn naar verhouding vaker te verwachten op zandgronden. Op akkerbouwbedrijven is de mate van opbrengstderving afhankelijk van het aandeel fosfaatbehoefte gewassen in het bouwplan. Op grasland neemt bij evenwichtsbemesting het P-gehalte van het gras doorgaans af.

In het vierde actieprogramma nitraatrichtlijn wordt aangekondigd dat in de loop van het vijfde actieprogramma evenwichtsbemesting bereikt zou moeten worden. Echter, in de recente mestvisie is aangekondigd dat de gebruiksnormen na 2013 mogelijk niet verder generiek verlaagd worden. De resultaten van onderzoek waarin evenwichtsbemesting, gedefinieerd als 'aanvoer met bemesting is gelijk aan afvoer met oogstproducten', is ingesteld laten dalende of stabiele fosfaattoestanden zien. Op grasland op zand daalden de het P-AL-getal van 40 tot 50 (neutraal/hog) naar waarden van 25 tot 30 (laag/neutraal), terwijl ze op veen en klei stabiel bleven. Op bouwland zijn de resultaten niet eenduidig. In systeemonderzoek daalde op de meeste locaties de fosfaattoestand bij evenwichtsbemesting. In langjarige veldproeven bleef de fosfaattoestand daarentegen stabiel bij evenwichtsbemesting. Waarschijnlijk wordt deze verschillende respons verklaard door de doorgaans hogere fosfaattoestand in de uitgangssituatie van de systeemonderzoeken (Pw-getal 25-65) in vergelijking met de veldproeven (Pw-getal 10-20). In de veldproeven treedt bij evenwichtsbemesting stabilisatie op bij een Pw-getal van 15 tot 20 (laag). Een vergelijkbaar beeld is vastgesteld op melkveeprroefbedrijf De Marke; na 17 jaar evenwichtsbemesting daalde de fosfaattoestand op percelen met een hoge uitgangstoestand, en bleef de fosfaattoestand stabiel op percelen met een lage fosfaattoestand. Bij voortgezette evenwichtsbemesting, is de verwachting voor De Marke dat het Pw-getal op bouwland stabiliseert rond de 20 (laag), en het P-AL-getal op grasland rond de 30 à 40 (neutraal).

In veldonderzoek leidt evenwichtsbemesting in veel gevallen tot lagere gewasopbrengsten, vooral op zandgrond. In twee langjarige veldproeven op bouwland is evenwichtsbemesting toegepast. In de zandproef gaf evenwichtsbemesting gemiddeld over de gewassen een 6% lagere opbrengst in vergelijking met een overschot van 45 kg P₂O₅ per ha. Hierbij dient benadrukt te worden dat het Pw-getal laag was (15-20) op het object met evenwichtsbemesting. Op klei werd geen derving waargenomen in vergelijking met hogere bemestingen en overschotten. Op grasland daalde de opbrengst bij evenwichtsbemesting, in vergelijking met een overschot van 40 kg P₂O₅/ha, met 0 tot 5%. In graslandproeven is bij evenwichtsbemesting ook een lager

¹ In de wetgeving zijn de volgende klassen gedefinieerd voor Pw-getal: laag (<36), neutraal (36-55), hoog (>55), en voor P-AL-getal: laag (<27), neutraal (27-50), hoog (>50).

P-gehalte in het geoogste gras waargenomen. Opbrengstreacties vastgesteld in systeemonderzoek zijn zeer schaars. Bovendien zijn in systeemonderzoek vaak ook andere teeltfactoren dan fosfaatbemesting aangepast. Op melkveepr oefbedrijf De Marke is na 17 jaar evenwichtsbemesting geen effect op de opbrengst van gras en snijmaïs merkbaar.

Ook bij aanscherping van de gebruiksnormen, zoals voorzien in 2013, wordt meer fosfaat aangevoerd dan afgevoerd. Alleen bij toestand hoog bedraagt de gebruiksnorm op bouwland 55 kg P₂O₅ per ha en op grasland 85 kg P₂O₅ per ha. Hierbij zal wel op een deel van de bedrijven sprake zijn van evenwichtsbemesting of zelfs van negatieve overschotten. Maar vanwege de hoge fosfaattoestand heeft dit geen consequenties voor de gewasopbrengsten, want de bemestingsadviezen zijn dan in veel gevallen relatief laag of er hoeft zelfs geen fosfaat gegeven te worden. De fosfaattoestand zal gaandeweg dalen naar de toestand neutraal. In dat geval bedraagt de gebruiksnorm 65 kg P₂O₅ per ha op bouwland en 95 kg P₂O₅ per ha op grasland. Situaties met negatieve overschotten komen door de hogere gebruiksnorm minder voor, met uitzondering van bedrijven met hoge opbrengsten, waardoor verwacht mag worden dat de fosfaattoestand niet of slechts gering zal dalen. Vooral op bedrijven met veel fosfaatbehoefte groenten is er een risico van opbrengstderving, vooral bij Pw-cijfers aan de onderkant van de klasse neutraal (35-40). Bij de toestand laag is de gebruiksnorm 85 kg P₂O₅ per ha op bouwland en 100 kg P₂O₅/ha op grasland, en is in de meeste gevallen hoger dan de gewasafvoer, waardoor verdere daling van de fosfaattoestand niet te verwachten is, tenzij de lage fosfaattoestand wordt veroorzaakt door bodems die veel ijzer en aluminium bevatten. Dit areaal wordt geschat op 55.000 ha. Hiervoor geldt een ruimere gebruiksnorm van 120 kg P₂O₅ per ha.

Organische stof grasland

Het huidige en toekomstige mestbeleid heeft geen negatief effect op het organische-stofgehalte van grasland.

Op praktijkbedrijven zijn de gehalten aan organische stof in de meeste gevallen gemiddeld gelijk gebleven of gestegen. Alleen in de noordelijke klei-gebieden is het organische stofgehalte gedaald. Mogelijk is dit te wijten aan de uitwisseling van grasland met bouwland voor de teelt van snijmaïs en bloembollen. Het organische stofgehalte van grasland wordt, meer dan via de aanvoer van mest, bepaald door landgebruik (rotatie met bouwland), ontwatering en de aanvoer via afbraak van wortels, stoppels en bladeren.

Organische stof bouwland

Op bouwland is het onwaarschijnlijk dat het huidige en toekomstige mestbeleid grootschalige negatieve effecten heeft op het organische stofgehalte.

Tot 2004 zijn op praktijkbedrijven de gehalten aan organische stof in de meeste gevallen gemiddeld gelijk gebleven of gestegen. Over de periode na 2004 zijn nog nauwelijks praktijkgegevens gepubliceerd, maar deze lacune kan met gegevens uit onderzoek worden aangevuld. In lange termijn onderzoek in akkerbouwrotaties lag het gebruik van dierlijke mest ongeveer op een niveau van de gebruiksnorm 2013. Op zand en klei zijn lichte dalingen vastgesteld, terwijl op löss een lichte stijging is waargenomen. Echter, nagenoeg dezelfde veranderingen in organische stof werden waargenomen op behandelingen met uitsluitend kunstmest. Het is daarom twijfelachtig of de aanvoer van dierlijke mest bepalend is geweest voor de veranderingen in het organische stofgehalte.

Bij snijmaïsteelt op zandgrond zijn, zowel bij continue teelt als teelt in vruchtwisseling, dalende organische stofgehalten waargenomen. Bij continue teelt was de daling groter naarmate minder dierlijke mest werd aangevoerd.

Een specifiek aandachtspunt is de bloembollenteelt op duinzandgrond. Lopend onderzoek geeft nog geen volledig uitsluitsel of de teelt lijdt onder de huidige en toekomstige gebruiksnormen. Het is waarschijnlijk mogelijk om het organische stofgehalte en de bolopbrengsten op peil te houden met gedeeltelijke vervanging van stalmest door compost, maar het is nog niet duidelijk wat het effect is op bolkwaliteit en bodemgezondheid.

De gevolgen van een verlaagde aanvoer van organische mest voor de gewasopbrengsten zijn niet helemaal duidelijk. Akkerbouwsystemen waarin meerjarig de fosfaatgebruiksnorm 2013 is toegepast geven geen

indicatie dat de opbrengst achteruitgaat. In het uiterste geval waarin helemaal geen organische mest meer wordt gebruikt was dat in één van de drie onderzoeklocaties wel het geval. Rechtstreekse vergelijkingen tussen de organische mestaanvoer bij gebruiksnormen 2009 en 2013 waren niet beschikbaar in de akkerbouwsystemen. Bij continue maïs bleek dat het langjarig toepassen van rundermestgiften van 30-35 (P-norm 2013) en 50 m³ per ha (P-norm 2009) het opbrengstverschil toenam in de tijd, hetgeen duidt op toenemende verschillen in cumulatieve effecten van verschillende stikstofaanvoer en opbouw van organisch gebonden stikstof in de bodem. Afhankelijk van de gebruiksnorm kan dit gevolgen hebben voor de gewasopbrengst.

Gewasopbrengsten

De gewasopbrengsten van de grote bouwlandteelten blijven na 2006 toenemen. Voor grasland is het niet mogelijk om een uitspraak te doen over de opbrengsten na 2006. De langjarige trend vanaf 1998 laten echter licht dalende opbrengsten zien.

Uit de gegevens van het CBS blijkt dat de opbrengsten van de meeste akkerbouwgewassen tussen 1994 en 2010 gemiddeld zijn gestegen. Naast de langjarige trend is de gemiddelde opbrengst vergeleken van het tijdvak 2006-2010 en het tijdvak 2001-2005. Hierbij is het beeld wat meer gevarieerd. De grote teelten (sniijmaïs, aardappelen, wintertarwe en suikerbieten) als geheel laten gemiddeld hogere opbrengsten zien na 2006. Echter, binnen het gewas aardappelen zijn enkele regio's met lagere opbrengsten na 2006: zetmeelaardappelen (-0.9%) en consumptieaardappelen op klei (-0.4%).

De waargenomen veranderingen in de gewasopbrengst zijn echter niet te koppelen aan veranderingen in de aanvoer van fosfaat en organische stof, of verandering in de fosfaattoestand of het organische-stofgehalte van de bodem. Daarvoor zijn, naast fosfaat en organische stof, teveel andere factoren van invloed zoals stikstofgebruik, weersomstandigheden en ontwikkelingen in teelttechnieken en gewasveredeling.

Op BIN bedrijven en voorloper melkveebedrijven (Koeien en Kansen) vertonen de graslandopbrengsten een licht dalende trend en de snijmaïsoopbrengsten een stijgende trend. Tussen 2000 en 2009 zijn zowel de stikstofbemesting als de fosfaatbemesting afgenomen. De lage grasopbrengsten en hoge snijmaïsoopbrengsten in de laatste jaren zijn mogelijk te wijten aan de gemiddeld relatief slechtere groeiomstandigheden voor grasland en relatief betere groeiomstandigheden voor snijmaïs: frequente warme en droge perioden, soms afgewisseld met extreme natte perioden. De Koeien en Kansen dataset bevat naar verhouding veel bedrijven op zandgrond, waar vochtvoorziening een grote rol speelt. Bij snijmaïs speelt mogelijk ook het gebruik van betere rassen een rol.

Voorjaarstoediening drijfmest en bodemstructuur

Emissiearme mesttoediening in wintertarwe is in het voorjaar mogelijk met geen of beperkte schade. Voor emissiearme voorjaarstoediening in aardappelen is nog geen uitsluitel te geven over mogelijk structuurschade.

De onderzoeksresultaten geven aan dat in wintertarwe bij emissiearme mesttoediening in het voorjaar geen opbrengstderving optreedt door rijsporen mits de bodemdruk lager is dan 1 bar. Bij hogere bodemdrukken is de opbrengstderving 1,5%.

Snijschade door de elementen van de bemester treedt niet op als de mest aan het begin van de uitstoelingsfase wordt toegediend. Bij toepassing vanaf de strekkingsfase treedt wel opbrengstverlies op: tot 3% als de eerste knoop zichtbaar is, en tot 5% als er twee knopen zichtbaar zijn. De conclusies zijn gebaseerd op vier jaar onderzoek in Friesland, Groningen, Flevoland, Wieringermeer, West-Brabant en Zeeland.

Voor emissiearme voorjaarstoediening in aardappelen is nog geen uitsluitel te geven over mogelijk structuurschade. Momenteel ontbreken hiervoor goede breed geaccepteerde toedieningsmethoden voor de mest in het voorjaar op kleibouwwand. Daardoor worden de afzetmogelijkheden van mest in de akkerbouw nog niet goed benut. Bovendien wordt bij voorjaarstoepassing mogelijk niet voldaan aan de inwerk-eisen om de ammoniakemissie te beperken.

1 Inleiding

In het kader van de Evaluatie Meststoffen Wet 2012 (EMW, 2012) heeft het ministerie van EL&I in overleg met het ministerie van I&M een aantal kennisvragen opgesteld die beantwoord moeten worden. De EWM 2012 is opgebouwd uit een ex-post (terugkijkend) en een ex-ante deel (vooruitkijkend). De ex-post evaluatie omvat onder andere de beoordeling van de ontwikkeling van de bodemvruchtbaarheid: 'Zijn er effecten van het mestbeleid op de bodemvruchtbaarheid (organische stof en fosfaat) en/of op de gewasopbrengsten?'

De concrete vragen zijn:

- Vraag A11: Hoe hebben verschillende indicatoren voor bodemvruchtbaarheid, zoals gewasopbrengst, organische stofvoorziening (% OS en koolstof), fosfaatbeschikbaarheid in de bodem en kalium, zich sinds de invoering van het gebruiksnormenstelsel in 2006 ontwikkeld?
- Vraag A12: Is er een verschil in de ontwikkeling van deze indicatoren sinds 2006 ten opzichte van de periode daarvoor? Zo ja: in hoeverre kan dit samenhangen met het stelsel van gebruiksnormen?
- Vraag A15: In hoeverre zorgt het afschaffen van de najaarstoediening voor verandering van de structuur van de bodem?

De focus is gericht op de ontwikkelingen van organische stofgehalte, de fosfaattoestand en de gewasopbrengsten. Dit rapport beschrijft en analyseert:

- De ontwikkeling van gewasopbrengsten en organische stof en beschikbaar fosfaat in de bodem tussen 1985 en 2010
- De invloed van de waargenomen ontwikkeling van organische stof en fosfaat op de gewasopbrengst
- De invloed van het mestbeleid, en in het bijzonder de gebruiksnormen in 2006, op organische stof, fosfaat, of gewasopbrengsten
- De invloed van aanscherping van de normen op organische stof, fosfaat, of gewasopbrengsten

Naast gewasopbrengst wordt waar mogelijk ook de gewaskwaliteit in de analyse betrokken. De ontwikkeling van de kaliumtoestand van de bodem is, na prioritering van de vragen, buiten beschouwing gebleven.

Daarnaast levert dit rapport een korte beschouwing over:

- De invloed van het afschaffen van najaarstoediening op de bodemstructuur
- De invloed van mestscheiding op bodemvruchtbaarheid en gewasopbrengsten

Dit rapport begint met enige achtergrondinformatie over bodemvruchtbaarheid (hoofdstuk 2). Vervolgens worden de relevante ontwikkelingen in het mestbeleid beschreven (hoofdstuk 3). De bovenstaande vragen worden zo volledig mogelijk beantwoord door analyse van recente gegevens uit de landelijke praktijk, voorloperbedrijven en bedrijfssystemen op proefbedrijven, en veldproeven. De integrale analyse leest u in hoofdstuk 4. De hoofdstukken 2, 3 en 4 vormen de kern van het rapport. Samen geven ze het volledige beeld weer. Voor de lezer die echter specifiek is geïnteresseerd in de afzonderlijke resultaten per dataset bevat hoofdstuk 5 alle informatie in detail.

2 Achtergrond

Wat is bodemvruchtbaarheid? Iedereen heeft wel een beeld dat op een vruchtbare bodem gewassen beter groeien dan op een onvruchtbare bodem. Er bestaan tientallen verschillende definities van bodemvruchtbaarheid, afhankelijk van de context waarin ze worden gebruikt.

De opbrengst van een gewas wordt bepaald door veel verschillende factoren zoals straling, temperatuur, vochtvoorziening en nutriëntenvoorziening. De bodemvruchtbaarheid speelt hierin een belangrijke rol, maar mag niet worden verward met productiviteit. De productiviteit is het vermogen van een locatie om bepaalde gewasopbrengsten te realiseren. Bodemvruchtbaarheid is de bijdrage van de bodem aan de productiviteit (Oertli en Chesworth, 2008). Het is een ruime definitie die alle chemische, fysische en biologische factoren omvat. In deze studie ligt de nadruk op de fosfaattoestand en het organische stofgehalte van de bodem.

2.1 Fosfaat in de bodem

2.1.1 Fosfaatbalans

De hoeveelheid bodemfosfaat is de resultante van aanvoer en afvoer. Dierlijke mest is verreweg de grootste aanvoerpost (Tabel 1), met een aanvoer rond de 65 miljoen kg P gedurende de laatste vijf jaar. De aanvoer van kunstmest is fors gedaald, tot 4 miljoen kg P in 2010. De belangrijkste afvoerpost is gewasonttrekking, dalend van 65 miljoen kg P in 1986 naar 53 miljoen kg P in 2010. De afvoer is vooral veroorzaakt door een daling van de oppervlakte cultuurgrond, daling van fosforgehalten in gras, en onderlinge verschuivingen van gewassen met een relatief hoge fosforopname naar gewassen met een relatief lage fosforopname. Jaarlijks is de aanvoer van fosfaat groter dan de afvoer waardoor de bodemvoorraad continu toeneemt. Een klein deel van het overschot spoelt uit naar dieper grondwater en oppervlaktewater. De jaarlijkse ophoping is tussen 1986 en 2010 gedaald van 88 naar 13 miljoen kg P.

Tabel 1

Fosforbalans van bodem en grondwater (CBS, PBL, Wageningen UR, 2011), december 2011.

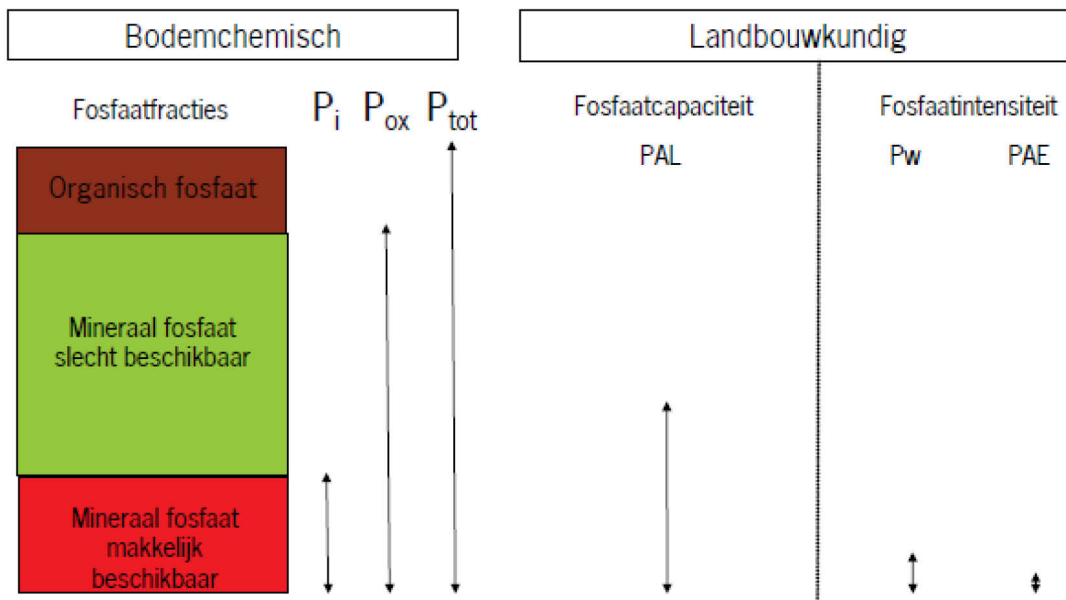
	1986	1990	2000	2010
Aanvoer landbouwgronden	157	140	108	69
Dierlijke mest	113	99	76	62
Kunstmest	36	33	27	4
Overige organische meststoffen	5	6	4	2
Atmosferische depositie	2	1	0	0
Overige aanvoer	1	1	1	1
Afvoer landbouwgronden	157	140	108	69
Afvoer gewassen (incl. gras)	65	65	60	53
Emissie naar water	1	1	0	0
Uit- en afspoeling	3	2	4	3
Ophoping	88	72	44	13

2.1.2 Fosfaattoestand

De opgehoopte fosfaat vinden we in verschillende vormen terug in de bodem (Figuur 1). Het overgrote deel van de totale hoeveelheid fosfaat (P_{tot}) is aanwezig in minerale vorm en is extraheerbaar met oxalaat (P_{ox}). De totale voorraad fosfaat in de bodem is echter geen goede maat voor de bodemvruchtbaarheid omdat slechts een beperkt deel van het fosfaat beschikbaar is voor opname door de plant. Op bemeste cultuurgrond worden daarom methoden van grondonderzoek toegepast die de voor de plant beschikbare fractie fosfaat in de bodem bepalen.

In de bemestingsadviezen van de akkerbouw, vollegrondsgroente en bloembollen wordt de fosfaattoestand van de bouwvoor (25-30 cm) uitgedrukt in het Pw-getal (mg P_2O_5 per liter grond). De Pw-extractie meet een deel van het snel beschikbare fosfaat. Het is een maat voor de direct beschikbare hoeveelheid fosfaat voor het gewas gedurende het seizoen (fosfaatintensiteit). In grasland (10 cm) en fruitteelt (25-30 cm) wordt het P-AL-getal gehanteerd (mg P_2O_5 per 100 gram droge grond). Het P-AL-getal omvat het snel beschikbare fosfaat en een fractie van het moeilijk beschikbaar fosfaat. Het is een maat voor de capaciteit van de bodem om fosfaat na te leveren (fosfaatcapaciteit). Met het P-AL-getal worden enkele tientallen procenten (10-70%) en het Pw-getal enkele procenten (1-5%) van de totale fosfaatbodemvoorraad bepaald. Omdat het Pw-getal de in water oplosbare fosfaat bepaalt, is het ook een maat voor de kans op fosfaatuitspoeling.

Een groot deel van de landbouwgrondmonsters worden door AgroXpertus te Oosterbeek geanalyseerd. Daar is om technische redenen een nieuwe methode ontwikkeld, de zogenaamde P-PAE methode. Deze methode meet tienden van procenten (0.1 tot 1%) van de totale voorraad. Op dit moment is er alleen voor maïs een formeel bemestingsadvies, opgesteld door de Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, gebaseerd op het P-PAE-getal en het PAL-getal. Bij de andere gewassen wordt vooralsnog uitgegaan van de reguliere op de Pw gebaseerde bemestingsadviezen, waarbij het Pw-getal wordt geschat op basis van dit P-PAE-getal en het PAL-getal.



Figuur 1

De verschillende bodemchemisch te onderscheiden fosfaatpools in de bodem en de in de landbouw praktijk gebruikelijke methoden voor de bepaling van de fosfaattoestand (Schoumans et al. 2008).

De bemestingsadviezen houden bij de bepaling van de fosfaatgift rekening met de fosfaattoestand van de bodem. Voor bouwland (Tabel 2) en grasland (Tabel 3) is de landbouwkundige waardering verdeeld in klassen van (zeer) laag tot hoog. Bij gebruiksnormen wordt sinds 2010 een onderscheid aangebracht voor verschillende fosfaattoestanden:

- Laag (Pw < 36, P-AI < 27)
- Neutraal (Pw 36-55, P-AI 27-50)
- en Hoog (Pw > 55, P-AI > 50)

Daarnaast bestaat de mogelijkheid om voor fosfaatarme en -fixerende gronden gebruik te maken van een hogere fosfaatgebruiksnorm (120 kg P₂O₅/ha in 2010). Een perceel grasland is fosfaatarm of -fixerend als het P-AI-getal lager is dan 16. Bij bouwland geldt een Pw-getal lager dan 25.

Tabel 2

Waardering van de fosfaattoestand van de bouwvoor (0-25 cm) op basis van het Pw-getal (mg P₂O₅ per liter grond) (Van Dijk en Van Geel, 2010).

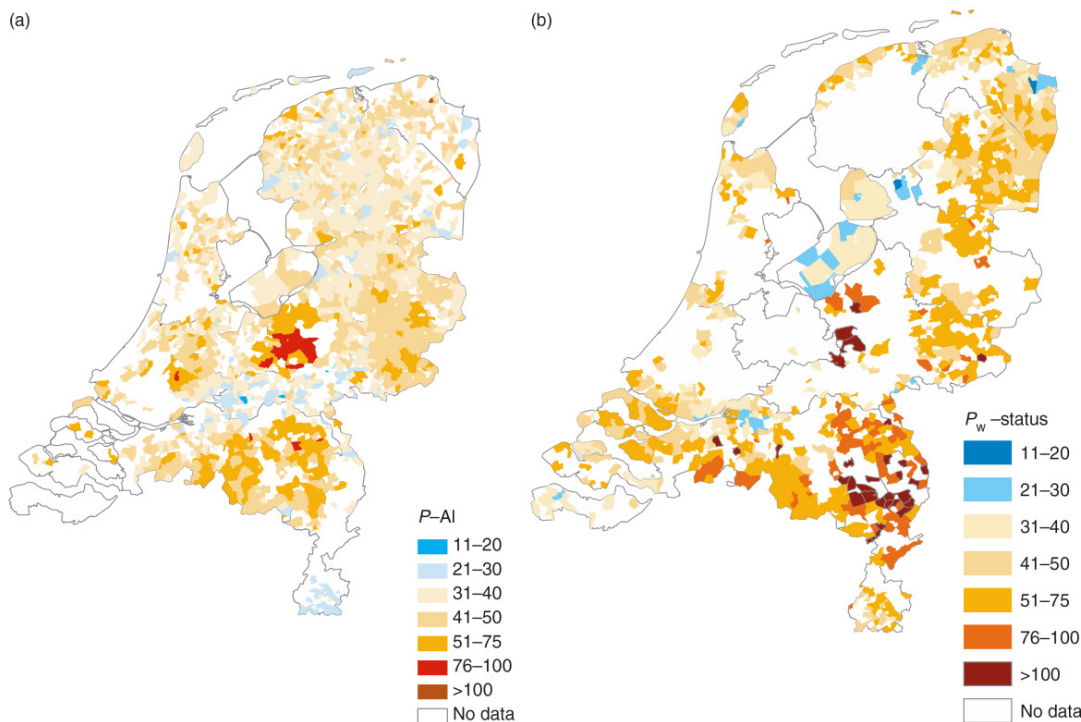
Waardering	Alle grondsoorten
Zeer laag	< 11
Laag	11-20
Voldoende	21- 30
Ruim voldoende	31-45
Vrij hoog	46-60
Hoog	> 60

Tabel 3

Waardering van de fosfaattoestand van de bouwvoor (0-10 cm) voor graslandpercelen op basis van het PAL-getal (in mg P₂O₅ per 100 gram grond). (www.bemestingsadvies.nl)

Waardering	Zeeklei, veen, zand en dalgrond	Rivierklei	Löss
Laag	< 16	< 14	< 13
Vrij laag	16-26	14-22	13-18
Voldoende	27-35	23-30	19-26
Ruim voldoende	36-50	31-46	27-40
Hoog	> 50	> 46	> 40

In de 20^e eeuw is de fosfaattoestand van de Nederlandse landbouwgronden toegenomen door de hoge bemesting met kunstmest en dierlijke mest. Een groot deel van de Nederlandse landbouwgronden heeft daardoor een voldoende toestand of hoger (Figuur 2).



Figuur 2

Regionale verdeling van de mediane waarden voor P-AI-getal op grasland tussen 1996 en 2000 (a) en P_w-getal op bouwland, gemeten tussen 2000 en 2004 (b) (Reijneveld et al., 2010c).

2.1.3 Bemestingsadvies

In het bemestingsadvies is de fosfaatbehoefte van het gewas gedefinieerd als de fosfaatgift die nodig is om economische opbrengstderiving door te lage fosfaatvoorziening te voorkomen. Voor gewassen in bouwland en vollegronds groenten wordt onderscheid gemaakt in vijf klassen van fosfaatbehoefte. Klasse 0 omvat de meest fosfaatbehoefte gewassen, zoals andijvie, sla en spinazie. Klasse 4 omvat de minst fosfaatbehoefte gewassen zoals granen (behalve gerst), graszaad en bloemkool. Veel van de grote teelten zoals aardappelen, snijmais en uien behoren tot klasse 1.

De bemestingsadviezen voor bouwland maken onderscheid tussen een gewasgericht en een bodemgericht bemestingsadvies. In het bodemgerichte advies wordt gestreefd naar een voldoende fosfaattoestand. Voor fosfaatbehoefte gewassen in de akkerbouw- en vollegronds groenteteelt (klasse 0 en 1), en bloembollen liggende streefwaarden voor het P_w-getal tussen de 20 en 30, met daaromheen een marge naar boven van 5 tot 20 eenheden om het risico van mogelijke opbrengstderiving te vermijden.

De gewasgerichte adviezen geven aan hoeveel fosfaat voor elk gewas gegeven moet worden bij een bepaalde fosfaattoestand van de bouwvoor. Het gewasgerichte advies is bedoeld om het gewas optimaal te voorzien van fosfaat. Naarmate de fosfaatbehoefte van het gewas groter is, zijn de geadviseerde fosfaatgiften ook groter.

Het advies voor grasland houdt rekening met zowel de gewasbehoefte - het is vooral de eerste snede die op fosfaatbemesting reageert - als de fosfaatafvoer.

Hoewel adviezen deels gebaseerd zijn op de afvoer via het geogste product, wordt het begrip fosfaatevenwichtsbemesting niet strikt gehanteerd in de bemestingsadviezen. Het komt vooral voort uit een milieukundige benadering. In strikte zin betekent evenwichtsbemesting dat de aanvoer via mest gelijk is aan de afvoer via het gewas. Toch zal de fosfaattoestand op termijn dalen vanwege de zogenaamde onvermijdelijke verliezen. Die verliezen bestaan uit de omzetting van gemakkelijk naar moeilijk beschikbaar fosfaat en uit uit-

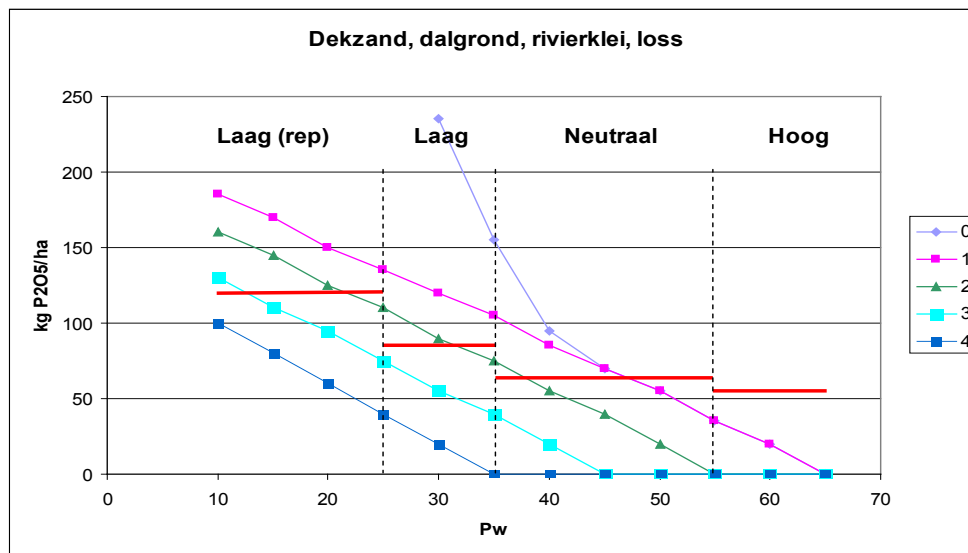
en afspoelingsverliezen naar diepere lagen of naar grondwater of oppervlaktewater. De omvang van de onvermijdelijke verliezen is niet exact bekend.

2.1.4 Fosfaat en gewasopbrengst

Het effect van fosfaatgebruiksnormen op de opbrengst hangt af van de fosfaatbehoefte van het gewas, de hoogte van de gebruiksnorm zelf, de vorm en wijze waarin fosfaat wordt toegediend, en de fosfaattoestand die de gebruiksnorm op de langere termijn tot gevolg heeft.

Bouwland

In Figuur 3 is het fosfaatbestedingsadvies voor akkerbouw, vollegronds groenten en bloembollen op zandgrond weergegeven in afhankelijkheid van fosfaattoestand en fosfaatbehoefte van het gewas. Bij de beoogde gebruiksnorm van 2013 is het bij een Pw-getal lager dan 45 niet meer mogelijk om de gewassen uit gewasgroep 0 en 1 volgens advies te bemesten. Bij gewassen uit gewasgroep 2 is dat bij een Pw-getal lager dan 35 het geval.



Figuur 3

Fosfaatbestedingsadvies op zandgrond in relatie tot gewas en fosfaattoestand bodem. De nummers geven de verschillende gewasgroepen weer in het bemestingsadvies. De rode getrokken lijn geeft de fosfaatgebruiksnorm weer voor 2013 (Van Dijk et al., 2007). De klassen laag, neutraal, hoog zijn de klassen die in de wetgeving worden gebruikt. De klasse Laag (rep) geeft de fosfaattoestand weer waarbij reperatiebemesting is toegestaan.

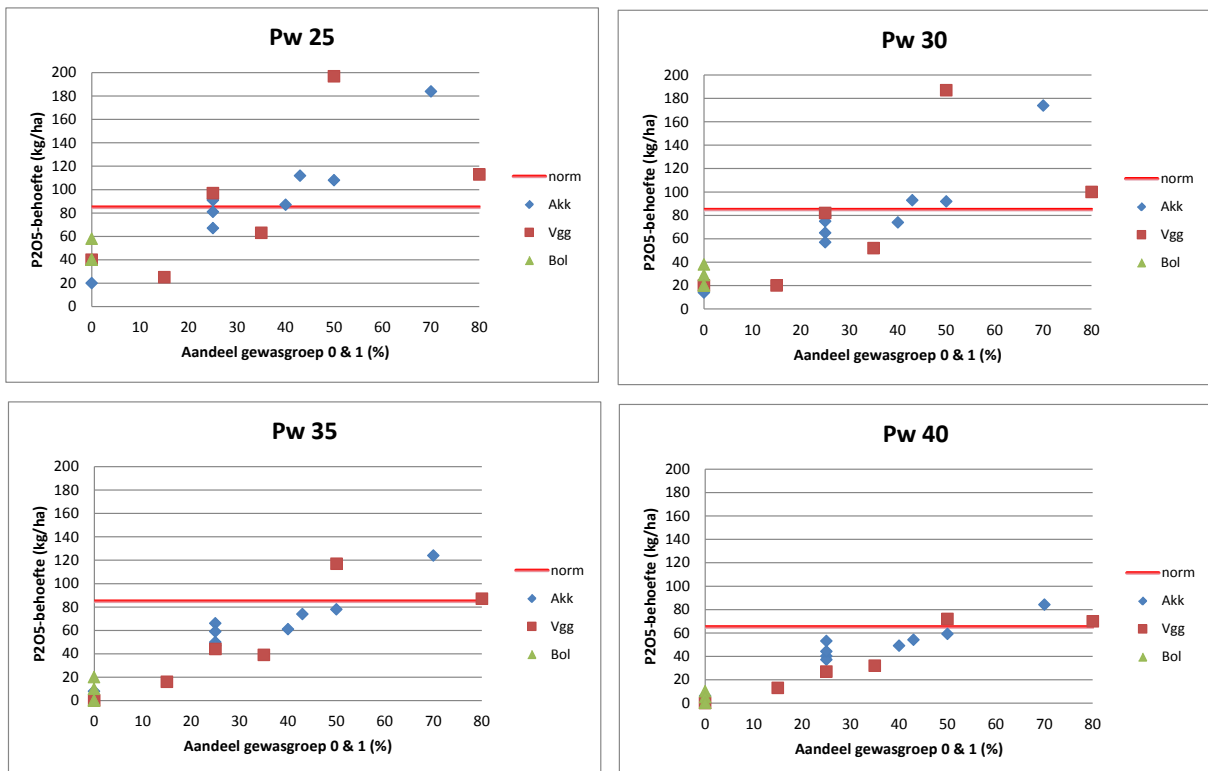
Ehlert et al. (2005) heeft de opbrengstderving berekend in situaties waarin niet volgens advies maar volgens de gebruiksnorm wordt bemest. In Tabel 4 zijn de resultaten voor gebruiksnorm 2013 samengevat voor de gewasgroepen 0, 1 en 2. Voor gewassen uit gewasgroep 3 en 4 is de opbrengstderving verwaarloosbaar bij de in de tabel weergegeven fosfaattoestanden. Voor de meest fosfaatbehoefte gewassen (klasse 0) worden onder een Pw-getal van 30 geen adviesgiften weergegeven in het bemestingsadvies. In het Pw-getal-traject 30-40 loopt de derving uiteen van 0.9 tot 4.3%. Bij de gewasgroepen 1 en 2 loopt in het Pw-getal-traject 20-40 de opbrengstderving uiteen van respectievelijk 0.4 tot 3.6% en 0,4 tot 1.7%.

Tabel 4

Opbrengstderving als in plaats van de adviesgift of de gebruiksnorm 2009 bemest wordt volgens de gebruiksnorm 2013 bij een Pw-getal van 20, 25, 30, 35 en 40 mg P₂O₅ per liter.

Pw-getal	Gebruiksnorm	Derving (%) t.o.v. adviesgift bij gewasgroep:			Derving (%) t.o.v. gebruiksnorm 2009 bij gewasgroep:		
		0	1	2	GG 0	GG1	GG2
	2013	0	1	2	GG 0	GG1	GG2
20	120	-	3.6	1.7	-	0.8	0.9
25	85	-	2.2	1.1	-	0.0	0.0
30	85	4.3	0.8	0.8	0.2	0.0	0.0
35	85	2.1	0.4	0.4	0.1	0.0	0.0
40	65	0.9	0.4	0.4	0.1	0.4	0.4

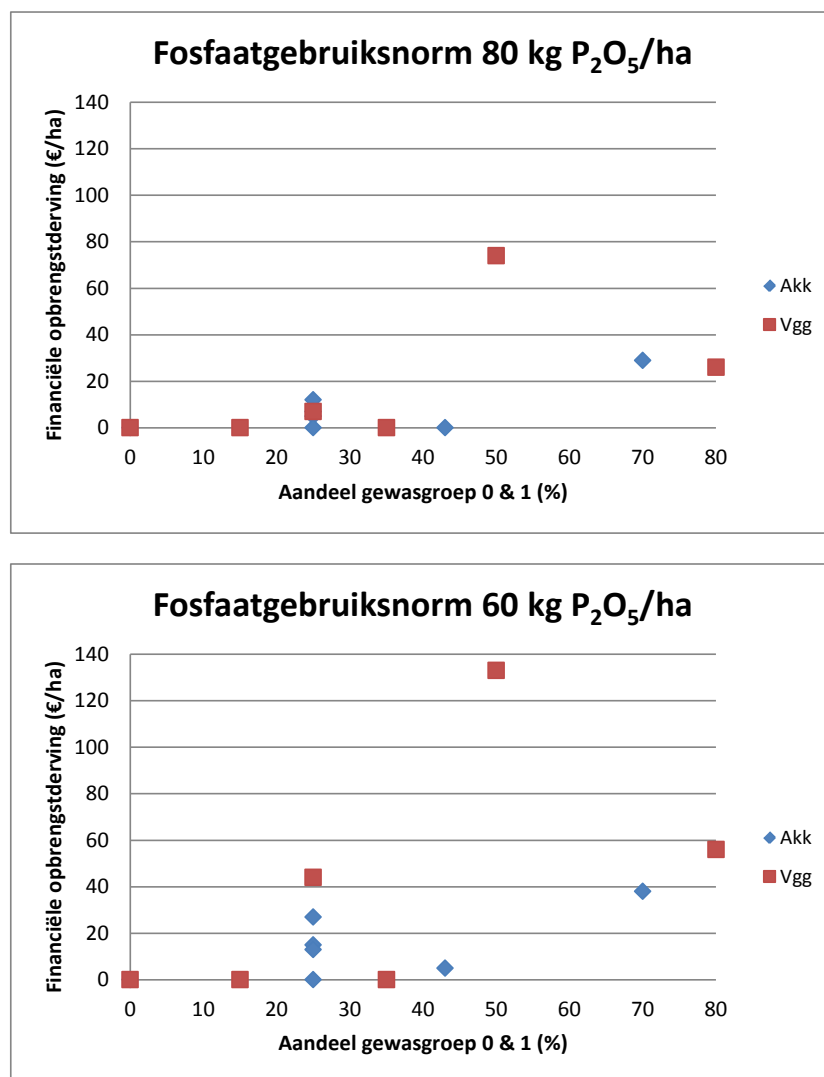
In veel bouwplannen worden echter niet uitsluitend fosfaatbehoefte gewassen geteeld. In Figuur 4 is voor een aantal representatieve bouwplannen voor de akkerbouw-, vollegrondsgroenten en bloembollen de fosfaatbehoefte op bouwplanniveau weergegeven als functie van het aandeel fosfaatbehoefte gewasgroepen in het bouwplan. Hieruit blijkt dat alleen bij bouwplannen met een hoog aandeel fosfaatbehoefte groenten en aardappelen (>50%) vooral bij Pw-getallen van 35 en lager ook op bouwplanniveau niet kan worden bemest volgens de gewasbehoefte.



Figuur 4

Fosfaatbehoefte op bouwplanniveau in relatie tot het aandeel gewassen in gewasgroep 0 en 1 (meest fosfaatbehoefte gewasgroepen in fosfaatbemestingsadvies) bij een fosfaattoestand van Pw-getal 25, 30, 35 en 40. De rode getrokken lijn geeft de fosfaatgebruiksnorm weer voor 2013 (Van Dijk et al., 2007).

Van Dijk et al. (2007) heeft de economische effecten van aanscherping van fosfaatgebruiksnormen gekwantificeerd voor een aantal modelbedrijven voor de akkerbouw en vollegrondsgroenten. Hierbij zijn de financiële effecten van de verlaging van de fosfaatgebruiksnorm naar 60 en 80 kg P₂O₅ per ha bepaald ten opzichte van de fosfaatgebruiksnorm van 2006 (95 kg P₂O₅ per ha) bij een Pw-getal van 30 en 45. Bij de financiële effecten is onderscheid gemaakt tussen meststofkosten en financiële opbrengstderving als gevolg van een suboptimale fosfaatvoorziening. De opbrengstdervingen zijn gebaseerd op de relaties zoals gegeven in Tabel 4. Bij een Pw-getal van 45 bleek er vrijwel geen sprake van financiële opbrengstderving. Bij een Pw-getal van 30 was dat wel het geval (Figuur 5). De dervingen op groentebedrijven zijn vaak hoger dan op akkerbouwbedrijven door de hogere financiële opbrengst van de geteelde gewassen.



Figuur 5

Financiële opbrengstderving (€/ha, bedrijfsniveau) bij verlaging van de fosfaatgebruiksnorm van 95 kg P₂O₅ per ha (referentie 2006) naar 80 en 60 kg P₂O₅ per ha in relatie tot aandeel gewassen in fosfaatbehoeftegroep 0 en 1 van het bemestingsadvies bij een fosfaattoestand Pw-getal 30 mg P₂O₅/L.

Grasland

Ehlert et al. (2005) hebben de opbrengstderving van grasland bepaald als de geadviseerde fosfaatgift gewijzigd wordt in een beoogde fosfaatgebruiksnorm (Tabel 5). Hierbij is aangenomen dat alle fosfaat aan de eerste snede wordt gegeven. Als het fosfaat verdeeld wordt over verschillende sneden en daardoor minder aan de eerste snede wordt gegeven dan geadviseerd wordt, dan neemt de opbrengstderving toe. Bij percelen met een lage fosfaattoestand is dit echter geen goede landbouwpraktijk. De opbrengstderving is relatief beperkt omdat de beoogde gebruiksnormen bij lage fosfaattoestanden niet drastisch lager zijn dan de adviesgift.

Tabel 5

Opbrengstderving (%) van de eerste snede gras bij verschillende gebruiksnormen voor zeelei, veen, zand- en dalgrond (Ehlert et al., 2005). Een negatief percentage opbrengstderving betekent dat de fysieke opbrengst toeneemt.

P-AL-getal	Adviesgift	Gebruiksnorm (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)								
(mg P ₂ O ₅ (100g) ⁻¹)	(kg P ₂ O 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

De kwaliteit van het gras wordt mede bepaald door het fosforgehalte. Het fosforgehalte wordt bepaald door de bemesting met stikstof en fosfaat, en de fosfaattoestand. Bij een gelijke stikstofbemesting leidt een lagere fosfaatbemesting en fosfaattoestand tot lagere gehalten.

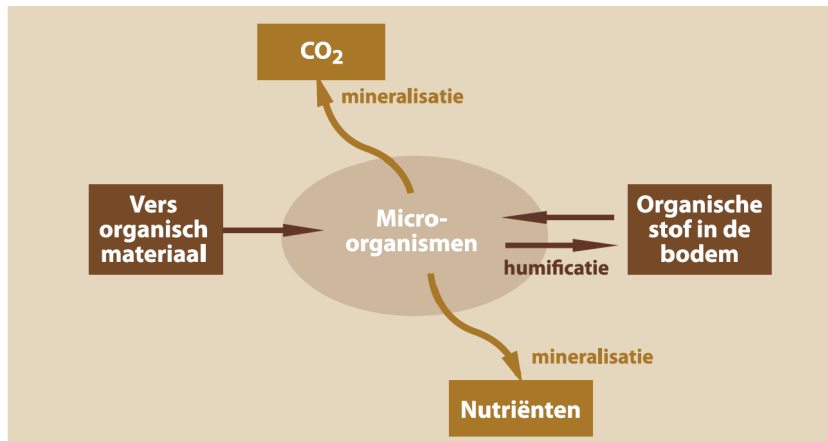
Het effect van lagere gebruiksnormen op het fosforgehalte is zeer beperkt omdat de verschillen tussen geadviseerde bemestingsgift en beoogde gebruiksnormen klein zijn. Alleen bij de combinatie van de twee laagste gebruiksnormen (90 en 95 kg P₂O₅/ha) en twee laagste fosfaattoestanden (P-AL getal 10 en 15) daalt het fosforgehalte 0.01%-punt. Echter, als de fosfaatgift van de gebruiksnorm niet volledig aan de eerste snede wordt gegeven maar verdeeld over het seizoen, dan daalt door de lagere fosfaatgift het fosforgehalte in gras sterker, naar raming 0.03 tot 0.06%-punt. Bij een beperkte stikstofbemesting is dan niet uit te sluiten dat het fosforgehalte niet beantwoordt aan voedingseisen van het dier.

Recentelijk is een voorstel voor een aangepast fosfaatadvies opgesteld (Bussink et al., 2011). Op basis van praktijkdata is voor de eerste snede een nieuw fosfaatbemestingsadvies afgeleid dat stuurt op het P-gehalte van gras. Het advies voor latere sneden hoeft niet te veranderen.

2.2 Organische stof in de bodem

Organische stof in de bodem is een complex mengsel van koolstofhoudende verbindingen en bestaat gemiddeld voor ongeveer 58% uit organische koolstof. Het uitgangsmateriaal van organische stof in de bodem is vers organisch materiaal zoals gewasresten, mest en compost. In de bodem wordt het verse organische materiaal afgebroken door verschillende soorten micro-organismen waardoor een onherkenbare resistente rest overblijft (Figuur 6). De afbraak wordt mineralisatie genoemd; de vorming van de resistente rest heet

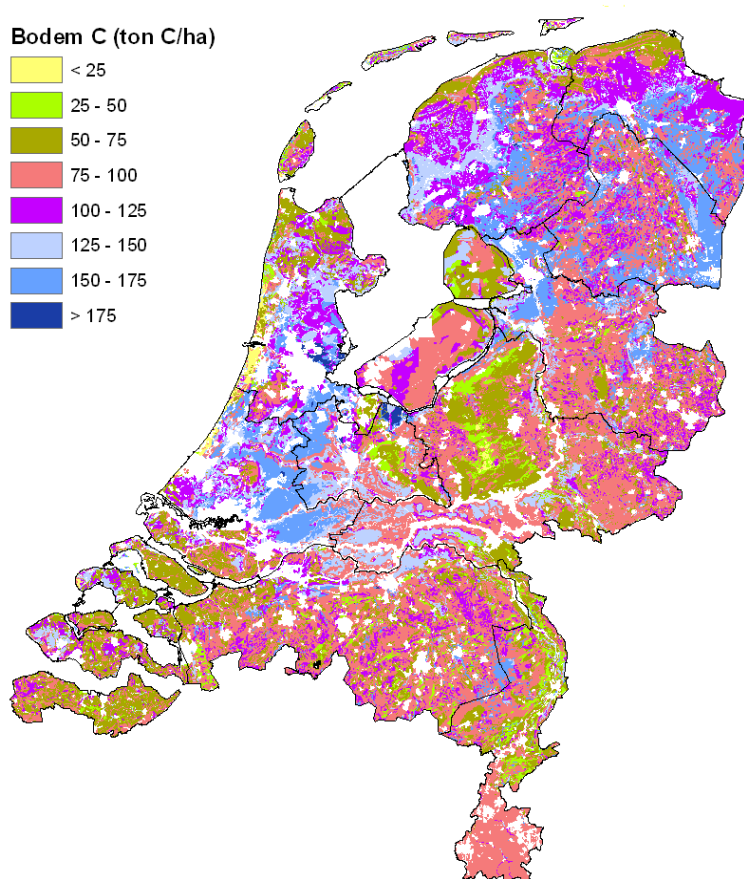
humificatie. De aanvoer van organische stof naar de bodem wordt vaak uitgedrukt in effectieve organische stof (EOS). Dat is de organische stof die één jaar na toediening nog aanwezig is in de bodem, in de vorm van resistentere resten. Van bladeren en stengels is na één jaar nog maar 20% over, van runderdrijfmest 50% en van gft-compost 75%.



Figuur 6

Eenvoudige weergave van de koolstofcyclus in de bodem (Anonymous, 2009).

Nederlandse bodems bevatten grofweg tussen de 25 en 200 ton koolstof per ha, overeenkomend met 40 tot 340 ton organische stof per ha. Jaarlijks wordt zo'n 2% van de organische stof afgebroken, oftewel tussen de 800 en 4800 kg per jaar. Om het organische stofgehalte op peil te houden moet deze hoeveelheid weer aangevoerd worden. In de akkerbouw geldt als vuistregel dat jaarlijks een eos-aanvoer nodig is van 1500 tot 3000 kg per ha, afhankelijk van het organische stofgehalte van de bodem. Met gewasresten loopt de aanvoer uiteen van 300 kg/ha bij zaai-uien tot 2600 kg/ha bij het onderwerken van stro en stoppel van winterarwe. De gehalten aan eos in dierlijke mest lopen uiteen van 20 kg/ton voor vleesvarkensmest en 32 kg/ton voor dunne rundermest tot 183 kg/ton voor vaste vleeskuikensmest.



Figuur 7

Koolstofvoorraad in Nederlandse bodem (0-30 cm) (Kuikman, 2002).

Bij mineralisatie van organisch materiaal wordt koolstof omgezet in koolstofdioxide. Daarnaast komen allerlei voedingsstoffen vrij zoals ammoniumstikstof, fosfaat en sulfaat. Mineralisatie is in hoofdzaak een biologische proces, en afhankelijk van diverse factoren zoals temperatuur, vochtgehalte, zuurstofvoorziening, bodemtextuur, bemestingsgeschiedenis en de hoeveelheid labiele en stabiele organische stof. Naast leverancier van voedingsstoffen heeft organische stof nog tal van andere functies (Tabel 6), en draagt bij aan de vochtvoorziening, buffering, bodemstructuur, herstellend vermogen en ziektevermindering.

Tabel 6*Samenvattend overzicht van eigenschappen van organische stof in de bodem (Anonymous, 2009).*

Eigenschap	Omschrijving	Effect op de bodem
Donkere kleur	De aanwezigheid van organische stof verklaart de donkere kleur, typisch voor vele bodems	Snellere opwarming
Stabiel bindmiddel	Organische stof vormt het cement waarmee bodemdeeltjes aan elkaar klitten tot aggregaten	Stabiliseert de bodemstructuur, minimaliseert korstvorming en erosie en vergroot de doorlaatbaarheid voor water en gassen
Voedsel voor bodemorganismen	Organische stof vormt een bron van voedsel en energie voor een groot aantal bodemorganismen	Stimuleert het bodemleven en zo talrijke bodemprocessen die belangrijk zijn voor de bodemvruchtbaarheid
Verhoogt het waterbergend vermogen	Organische stof kan tot 20 keer zijn eigen gewicht aan water bevatten	Verhoogt vnl. in zandige bodems het waterbergend vermogen
Doorlatende bodem voor water en lucht	Hogere porositeit van de bodem en stabielere bodemstructuur	Laat water en lucht gemakkelijker door de bodem dringen, wat op zijn beurt goed is voor een optimaal bodemklimaat voor de biologische activiteit
Leverancier van nutriënten	Afbraak van organische stof levert ammonium, nitraat, fosfaat en sulfaat	Bron van nutriënten voor planten
Leverancier van sporenelementen	Organische stof levert sporenelementen via mineralisatie en vormt met deze sporenelementen en andere kationen stabiele complexen (chelatie)	Vergroot de beschikbaarheid van sporenelementen voor de plant door mineralisatie en complexvorming
Verhoogt kationenuitwisseling van de bodem	Organische stof verhoogt de kationenuitwisseling van de bodem	De kationen (Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺) dienen o.a. om de negatieve ladingen van de bodem te neutraliseren, maar vooral om de planten te voeden via de plantenwortels.
Buffer	Organische stof oefent een bufferende werking uit in licht zuur, neutraal tot alkalisch milieu	Bodemzuurtegraad blijft binnen optimale grenzen
Houdt CO ₂ duurzaam vast	Organische stof in de bodem bevat dubbel zoveel C als de atmosfeer	Kan bijdragen in de strijd tegen de opwarming van de aarde

Eenduidige wetenschappelijk onderbouwde streefwaarden voor organische stof in bodems zijn niet voorhanden. Te lage organische stofgehalten kunnen negatief uitwerken voor nutriëntenvoorziening, structuur, vochtvoorziening, erosie en ziektevermogen. Anderzijds kunnen te hoge organische stofgehalten risicovol zijn in verband met draagkracht van de bodem, de uitspoeling van stikstof of de bewerkbaarheid van de bodem. Schattingen van experts geven ondergrenzen aan van rond de 1% koolstof (1,7% organische stof) voor zandgronden.

3 Ontwikkelingen in aanvoer fosfaat en organische stof

3.1 Mineralenbeleid 1987-2015

De mogelijkheden voor aanvoer van fosfaat en organische stof via meststoffen wordt in sterke mate bepaald door het mineralenbeleid via de fosfaatsnormering (gebruiks- en verliesnormen) en de gebruiksnormen voor maximale hoeveelheid N uit dierlijke mest en totaal werkzame N. Het mineralenbeleid geeft dus het plafond aan. In deze paragraaf schetsen we het verloop van de maximaal toegestane aanvoer voor de periode 1987-2015. Hierbij kunnen drie perioden worden onderscheiden:

- In de periode 1987-1998 (melkveehouderij, maïs- en grasland) en 1987-2001 (akker- en tuinbouw) golden maximale aanvoernormen voor fosfaat uit dierlijke mest. Voor stikstof uit dierlijke mest en kunstmest (zowel stikstof als fosfaat) waren er geen beperkingen.
- Daarna was tot 2006 het beleid gebaseerd op verliesnormen (MINAS, voor zowel stikstof als fosfaat). Voor zowel de akker- en tuinbouw als de melkveehouderij hoefde kunstmestfosfaat niet te worden meegeteld. Een verliesnorm houdt in dat er niet een maximaal gebruik maar een maximaal overschot was toegestaan. Omdat er voor de AT mocht worden uitgegaan van een vaste afvoer (65 kg P₂O₅ per ha) ongeacht het geteelde gewas was er feitelijk sprake van een aanvoernorm. Voor gras en maïs werd uitgegaan van de bedrijfsspecifieke afvoer en was de verliesnorm dus niet voor alle bedrijven gelijk. Om de verliesnormen toch te kunnen uitdrukken in een maximaal toegestane hoeveelheid, is uitgegaan van een afvoer van 90 kg P₂O₅ per ha voor gras (de verwachte afvoer bij fosfaatevenwichtsbemesting in 2015) en 65 kg P₂O₅ per ha voor snijmaïs (de forfaitaire afvoer onder Minas voor akkerbouwgewassen).
- Vanaf 2006 is MINAS vervangen door een gebruiksnormenstelsel met maximale aanvoernormen voor stikstof uit dierlijke mest en totaal stikstof en voor totaal fosfaat (organische mest en kunstmest). De fosfaatgebruiksnormen voor 2014-2015 zijn slechts indicatief. Vanaf 2010 is de fosfaatgebruiksnorm afhankelijk van de fosfaattoestand van de bodem (Pw voor bouwland en PAI voor grasland). Er wordt onderscheid gemaakt tussen de klassen Laag (Pw < 36, PAI < 27), Neutraal (Pw 36-55, PAI 27-50) en Hoog (Pw > 55, PAI > 50).

3.1.1 Akker- en tuinbouw

Fosfaat

In Figuur 8 is de maximaal toegestane hoeveelheid fosfaat weergegeven voor bouwland (excl. maïsland) tussen 1987 en 2015. Tot en met 2005 golden de normen alleen voor dierlijke mest. Vanaf 2006, toen het gebruiksnormenstelsel is ingevoerd, viel ook kunstmestfosfaat onder de wetgeving. Figuur 8 laat zien dat de fosfaatgebruiksruimte uit dierlijke mest tussen 1987 en 2005 is gedaald van 125 naar 85 kg P₂O₅ per ha.

Voor de akker- en tuinbouw waren er in die periode geen restricties voor kunstmestfosfaat.

Vanaf de invoering van het gebruiksnormenstelsel in 2006 tot en met 2009 is de maximale hoeveelheid fosfaat uit dierlijke mest (85 kg P₂O₅ per ha) niet veranderd. Wel is de totale fosfaatruimte in 2006 en 2007 hoger, namelijk respectievelijk 95 en 90 kg P₂O₅ per ha. Deze extra ruimte mocht alleen worden gebruikt voor kunstmestfosfaat. Gedurende het vierde nitraatactieprogramma (2010-2013) is een verdere aanscherping

voorzien voor gronden met een fosfaattoestand neutraal (verlaging naar 65 kg P₂O₅ per ha) en laag (verlaging naar 55 kg P₂O₅ per ha). Voor 2015² wordt een indicatieve norm genoemd van 75, 60 en 50 kg P₂O₅ per ha voor respectievelijk de fosfaatklassen Laag, Neutraal en Hoog. Binnen het gebruiksnormenstelsel gaan veranderingen van fosfaatgebruik vooral de komende jaren plaatsvinden.

Organische stof

Een belangrijke organische-stofbron is dierlijke mest. Tot aan de invoering van het gebruiksnormenstelsel werd de maximale aanvoer bepaald via de fosfaatormering. Hoewel er binnen het Minas-stelsel ook stikstof werd gereguleerd werd het dierlijke mestgebruik echter vooral bepaald door de fosfaatverliesnorm. Sinds 2006 geldt een maximale N-aanvoernorm voor dierlijke mest van 170 kg N per ha. Voor de meest gebruikte dierlijke mestsoorten in de AT-sectoren (varkens- en kippenmest) is echter de fosfaatgebruiksnorm beperkend. Tussen 2006 en 2009 is deze niet veranderd en bedroeg 85 kg P₂O₅ per ha. Door de aanscherping van deze norm tussen 2010 en 2013 zal de ruimte voor aanvoer van organische stof via dierlijke mest dalen. Hierbij dient aangetekend te worden dat door voermaatregelen de verhouding tussen stikstof en fosfaat enerzijds en organische stof anderzijds zodanig kan veranderen dat de aanvoer met organische stof minder afneemt dan de aanvoer van fosfaat.

Hoewel er tussen 2006 en 2010 wat betreft de fosfaatgebruiksnorm de ruimte voor dierlijke mest niets is veranderd, zijn voor kleigrond wel de mogelijkheden voor najaarstoediening van drijfmest, gebruikelijk op deze gronden, beperkt door verkorting van de uitrijperiodes en verhoging van de wettelijke N-werkingscoëfficiënt van de dierlijke mest.

Hoewel er naast dierlijke mest ook andere organische meststoffen worden gebruikt is de omvang van het gebruik op landelijk niveau gezien gering. Verreweg het grootste deel van de organische mestaanvoer vindt plaats via dierlijke mest.

3.1.2 Melkveehouderij

Fosfaat

In de melkveehouderij zijn gras en maïs de voornaamste gewassen. Tot aan de introductie van Minas is de maximaal toegestane hoeveelheid fosfaat uit dierlijke mest sterk afgenomen, van 250 naar 150 kg P₂O₅ per ha voor gras en van 350 naar 110 kg P₂O₅ per ha voor maïs (Figuur 8).

De fosfaatgebruiksruijme voor dierlijke mest daalde in de periode van Minas (1998 - 2005) van 130 naar 110 kg P₂O₅ per ha op grasland en van 105 naar 85 kg P₂O₅ per ha op maïsland.

Voor grasland is in het gebruiksnormenstelsel vanaf 2006 tot en met 2009 de gebruiksnorm verlaagd van 110 naar 100 kg P₂O₅ per ha, voor maïsland is deze voor dierlijke mest gelijk gebleven, namelijk 85 kg P₂O₅ per ha. In 2006 en 2007 was op maïsland de totale plaatsingsruimte (inclusief kunstmest) respectievelijk 95 en 90 kg P₂O₅ per ha. Er mocht dus minimaal 10 en 5 kg P₂O₅ per ha bijgegeven worden met kunstmest. Vanaf 2008 was de gebruiksnorm voor totaal fosfaat gelijk aan die voor dierlijke mest.

Gedurende het vierde nitraatactieprogramma (2010-2013) is een verdere aanscherping voorzien. Voor snijmaïs is die gelijk aan AT-gewassen dus aanscherping voor gronden met een fosfaattoestand neutraal (verlaging naar 65 kg P₂O₅ per ha) en laag (verlaging naar 55 kg P₂O₅ per ha). Voor 2015 wordt een

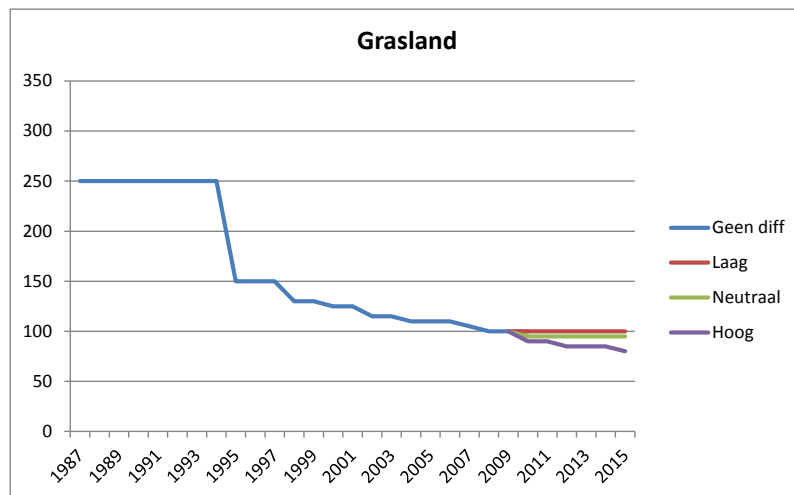
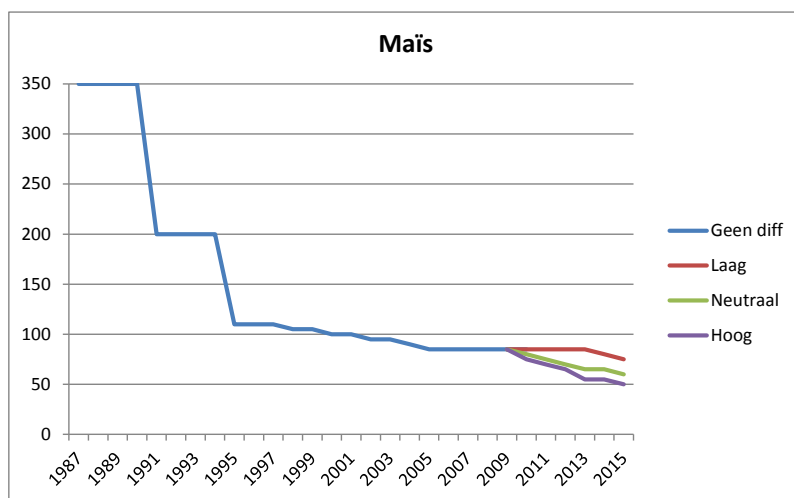
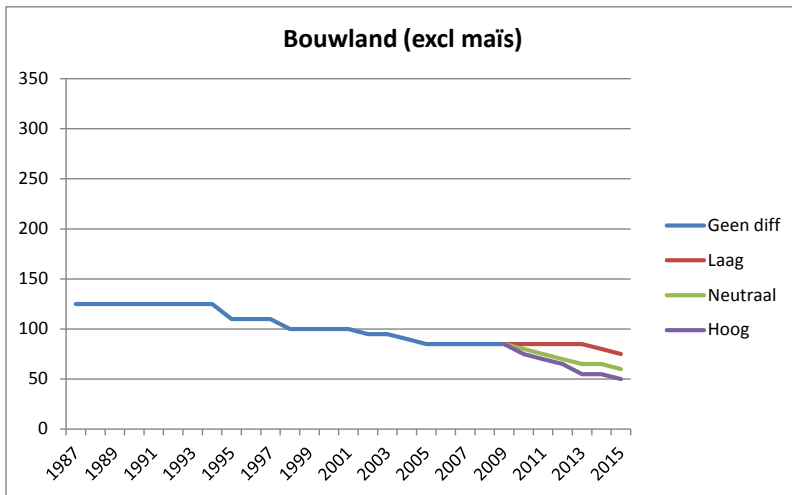
2 Op dit moment is de ontwikkeling van de gebruiksnormen na 2013 niet duidelijk. In een recente brief van staatssecretaris Bleker aan de Tweede kamer is hierover het volgende vermeld: 'Daarmee kan de inzet zijn gericht op het generiek niet verder verlagen van de gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat na 2013.' In het vierde actieprogramma nitraatrichtlijn wordt echter een daling van de gebruiksnorm voor de periode na 2013 aangekondigd.

indicatieve norm genoemd van 75, 60 en 50 kg P₂O₅ per ha voor respectievelijk de fosfaatklassen Laag, Neutraal en Hoog. Voor grasland wordt in de periode 2010-2013 de fosfaatgebruiksnorm voor Laag, Neutraal en Hoog aangescherpt tot respectievelijk 100, 95 en 85 kg P₂O₅ per ha. Dit zijn tevens de indicatieve normen voor 2015 behalve voor de fosfaatklasse Hoog, daarvan wordt de norm verder aangescherpt tot 80 kg P₂O₅ per ha (indicatieve norm).

Organische stof

Voor maïsland is dierlijke mest een belangrijke bron van organische stof. Net als bij de AT-gewassen werd tot aan de invoering van het gebruiksnormenstelsel de maximale aanvoer op bedrijfsniveau bepaald via de fosfaatornormering. Binnen het gebruiksnormenstelsel geldt tevens een maximale aanvoernorm van N uit dierlijke mest van 170 of, in het geval van derogatie, 250 kg N per ha. Bij gebruik van runderdrijfmest betekent dit een fosfaataanvoer van circa 75 en 95 kg P₂O₅ per ha. Dit betekent dat bij een gebruiksniveau van 170 kg N per ha uit dierlijke mest vanaf 2010 (fosfaattoestand Hoog), 2011 (Neutraal) en 2015 (Laag) de fosfaatgebruiksnorm de dierlijke mest aanvoer gaat beperken. In geval van derogatie (250 kg N per ha uit dierlijke mest) bepaalt de fosfaatgebruiksnorm al vanaf 2006 de maximale mestaanvoer op maïsland. In het Minas-stelsel voerden melkveebedrijven voor grasland dierlijke mest aan vanuit de intensieve veehouderij, voornamelijk varkensmest. Binnen het gebruiksnormenstelsel is deze ruimte sterk afgenomen waardoor de aanvoer van dierlijke mest op grasland lager is en zal blijven dan onder het Minas-stelsel en daarmee de aanvoer van organische stof op grasland.

Het is overigens aan de melkveehouder hoe de mest wordt verdeeld over grasland en maïsland, want de normen gelden op bedrijfsniveau. Mogelijk zullen melkveehouders meer mest gaan toedienen op maïsland ten koste van grasland.

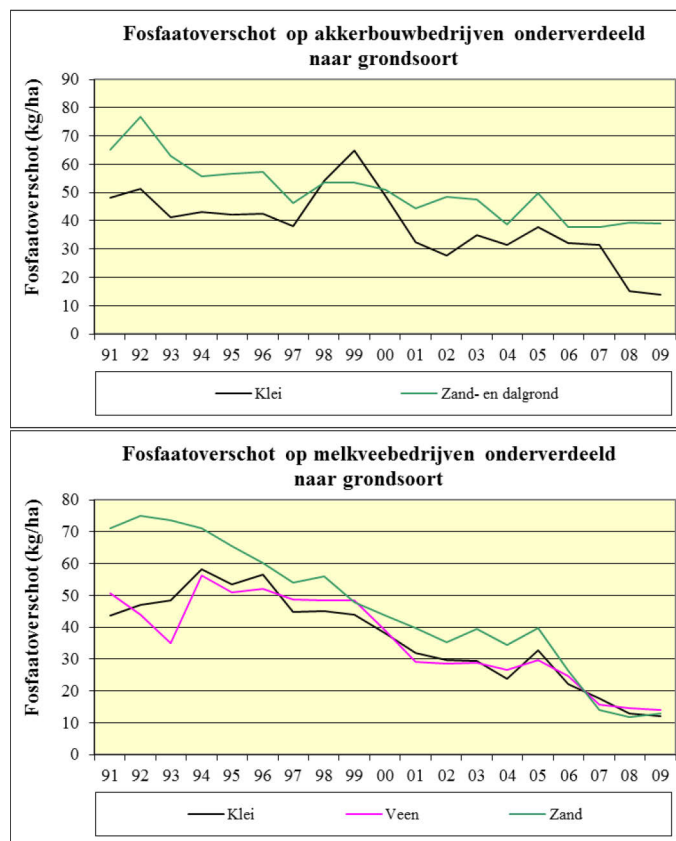


Figuur 8
Toegestane fosfaatgebruik (kg P₂O₅ per ha per jaar) op akker- en tuinbouwland tussen 1987 en 2015.

3.2 Fosfaatoverschotten in de praktijk

In de vorige paragraaf is aangegeven wat uit wettelijk oogpunt maximaal mag worden toegediend. Voor eventuele effecten op de fosfaattoestand van de bodem is het daadwerkelijke gebruik van fosfaatmeststoffen en vooral het bodemoverschot van belang. In Figuur 9 is het fosfaatbodemoverschot in de tijd weergegeven van akkerbouw- en melkveebedrijven in het Bedrijveninformatienet BIN (Van den Ham en Daatselaar, 2011).

Voor alle sector-grondsoort-combinaties is het fosfaatbodemoverschot in de periode 1991-2009 duidelijk afgenomen. In 2009 bedraagt het overschot voor de melkveebedrijven 10-15 kg P₂O₅ per ha. De verschillen tussen grondsoorten zijn gering. Voor de akkerbouwbedrijven is er in dat jaar een relatief groot verschil in overschot tussen de bedrijven op zand (bijna 40 kg P₂O₅ per ha) en klei (circa 15 kg P₂O₅ per ha). In alle situaties is er nog steeds sprake van fosfaataccumulatie.



Figuur 9

Verloop fosfaatbodemoverschot (kg P₂O₅ per ha) in de tijd op akkerbouw- en melkveehouderijbedrijven in het Bedrijveninformatienet (Van den Ham en Daatselaar 2011).

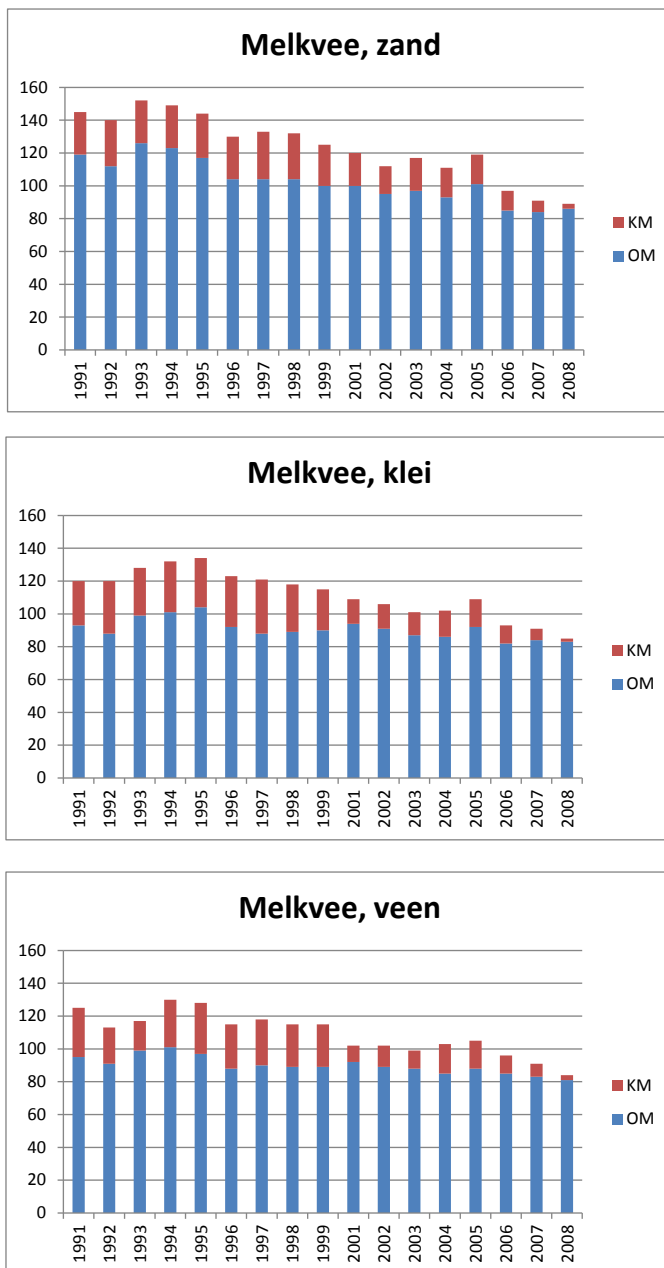
Verder valt op dat sinds de introductie van de gebruiksnormen in 2006 op zowel de melkveebedrijven (alle grondsoorten) als de akkerbouwbedrijven op klei het fosfaatoverschot verder is afgenomen. Voor de akkerbouwbedrijven op zand is dat niet het geval. Uit Figuur 10 blijkt dat dit voor de melkveebedrijven een gevolg is geweest van een vermindering van zowel het dierlijke mest- als kunstmestgebruik. Het lagere dierlijke mestgebruik is waarschijnlijk een gevolg van een maximaal toegestaan gebruik van 250 kg N per ha. Hierdoor kon minder mest worden gebruikt dan binnen Minas mogelijk was. Verder is het gebruik van varkensmest

beperkt tot 170 kg N per ha, waardoor de mogelijkheden van extra aanvoer van varkensmest niet meer mogelijk was.

Voor de akkerbouwbedrijven (Figuur 11) op klei is de daling van het fosfaatoverschot vooral een gevolg geweest van een lager kunstmestgebruik. Het lagere kunstmestgebruik hangt waarschijnlijk samen met het meetellen van fosfaatkunstmest vanaf 2006. Het dierlijke mestgebruik op akkerbouwbedrijven is zowel op zand als klei sinds de introductie van de gebruiksnormen redelijk stabiel. Blijkbaar hebben de beperkingen voor de najaarstoediening op kleigrond niet geleid tot een verlaging van het gebruik. Tussen zand en klei is er wel

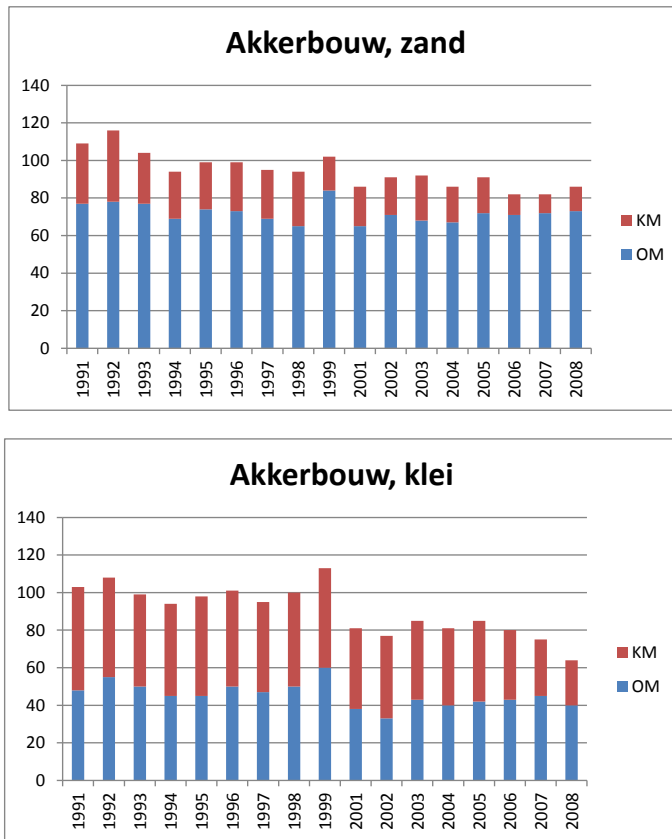
een duidelijk verschil in gebruiksniveau van dierlijke mest. Op zand wordt circa 30 kg P₂O₅ per ha meer uit dierlijke mest gebruikt dan op klei.

In het algemeen is het zo dat het dierlijke mestgebruik in de akkerbouw sinds begin jaren negentig op wat schommelingen na redelijk stabiel is geweest. In de melkveehouderij is deze, vooral op zandgrond, afgenomen.



Figuur 10

Verloop gebruik van fosfaat uit dierlijke mest en kunstmest op melkveebedrijven binnen LMM op zand-, klei- en veengrond (www.lmm.wur.nl).



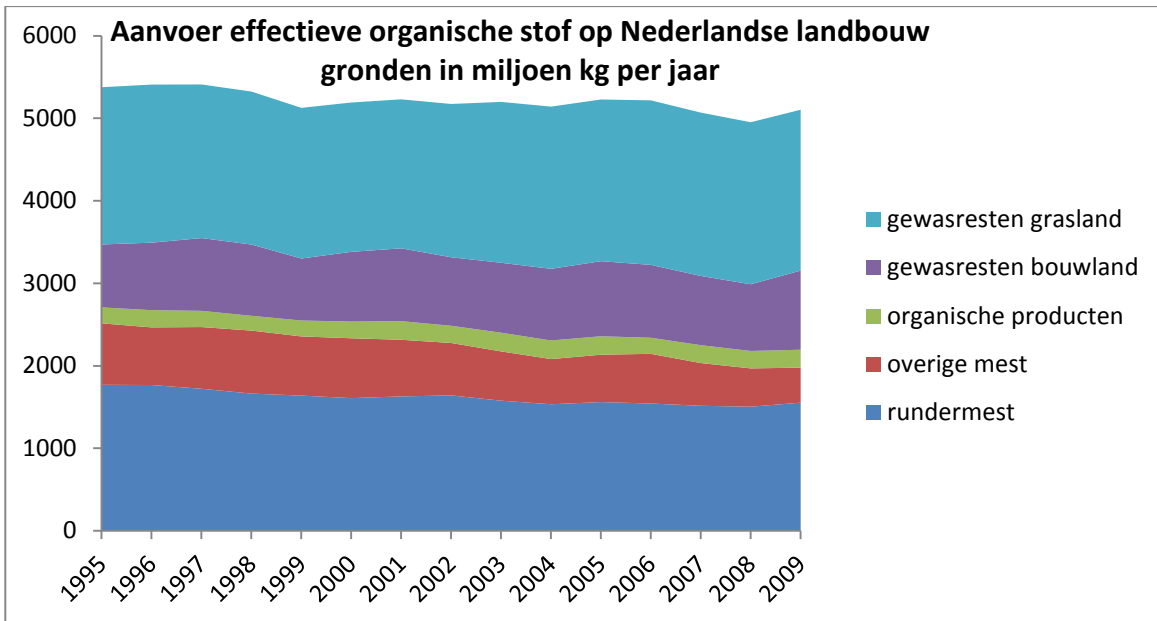
Figuur 11

Verloop gebruik van fosfaat uit dierlijke mest en kunstmest op akkerbouwbedrijven binnen LMM op zand- en kleigrond (www.lmm.wur.nl).

3.3 Aanvoer organische stof naar landbouwgrond

De aanvoer van organische stof is berekend met behulp van CBS statistieken, conform de methode toegepast door (Velthof, 2004). Hierbij is uitsluitend de hoeveelheid effectieve organische stof beoordeeld. Andere kwaliteiten van de aangevoerde organische stof of veranderingen in de samenstelling van mest zijn buiten beschouwing gebleven.

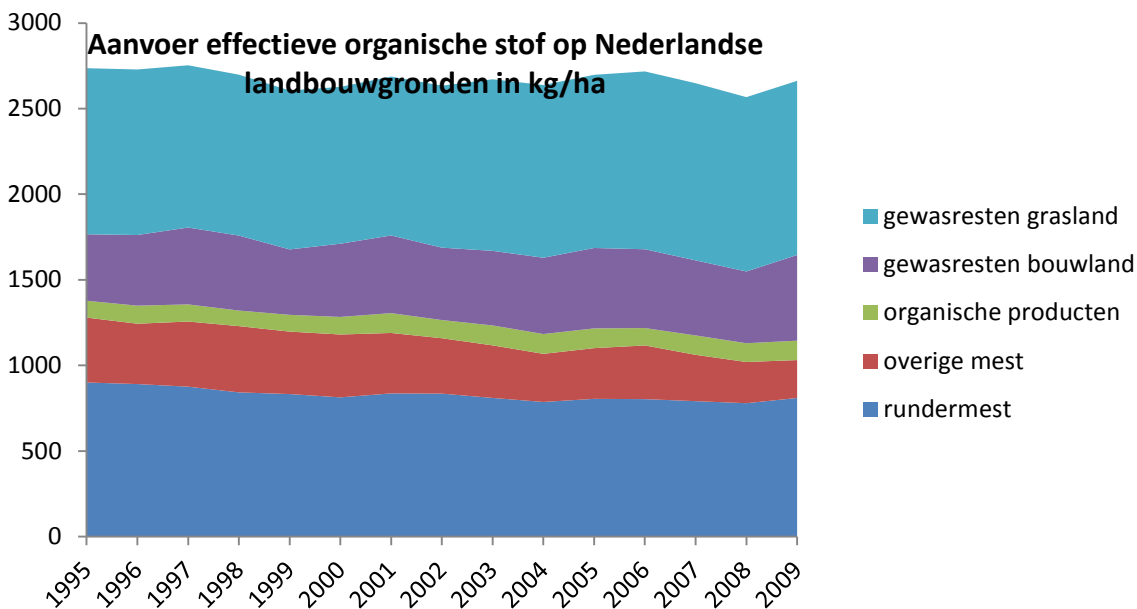
De aanvoer van organische stof naar landbouwgronden bedroeg in 2009 5104 miljoen kg per jaar. De aanvoer is sinds 1995 met 0,44% per jaar gedaald en was in 2009 5% lager dan in 1995 (Figuur 12). Gewasresten op grasland zijn de belangrijkste bron van organische stof (38%) gevolgd door dierlijke mest (30%).



Figuur 12

Aanvoer van effectieve organische stof in Nederland.

De oppervlakte cultuurgrond is tussen 1995 en 2009 afgenomen met 2.5%. Daardoor is de verandering per ha kleiner dan de totale verandering (Figuur 13). Per hectare daalde de totale aanvoer van 2736 naar 2662 kg eos. Dat is een afname van 2.7%, of 0.19% per jaar.

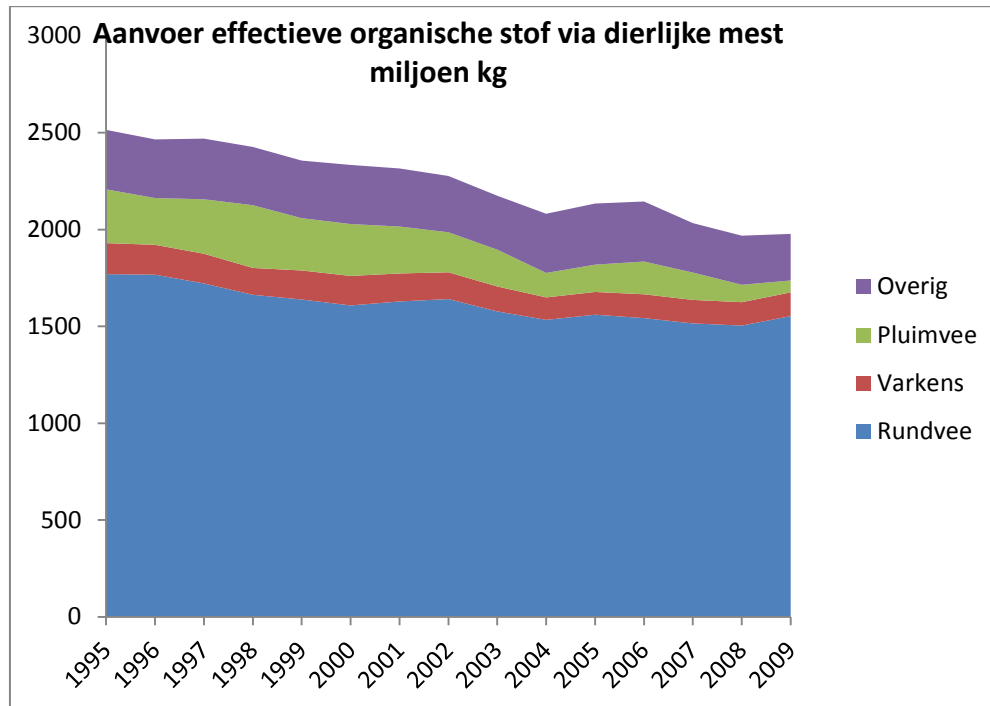


Figuur 13

Aanvoer van effectieve organische stof per ha in Nederland.

Aanvoer in organische stof via dierlijke mest

In de periode 1995 - 2009 is de aanvoer van effectieve organische stof uit dierlijke mest gedaald met 21 procent (Figuur 14). In 2009 is rundermest nog steeds de belangrijkste bron van effectieve organische stof uit dierlijk mest (78% in 2009), gevolgd door overige mest (13%), varkensmest (6%), pluimveemest (3%). Het grote aandeel van rundermest wordt veroorzaakt door de grote hoeveelheid geproduceerde rundermest en door de lagere afbreekbaarheid van organische stof in rundermest in vergelijking met andere mestsoorten.



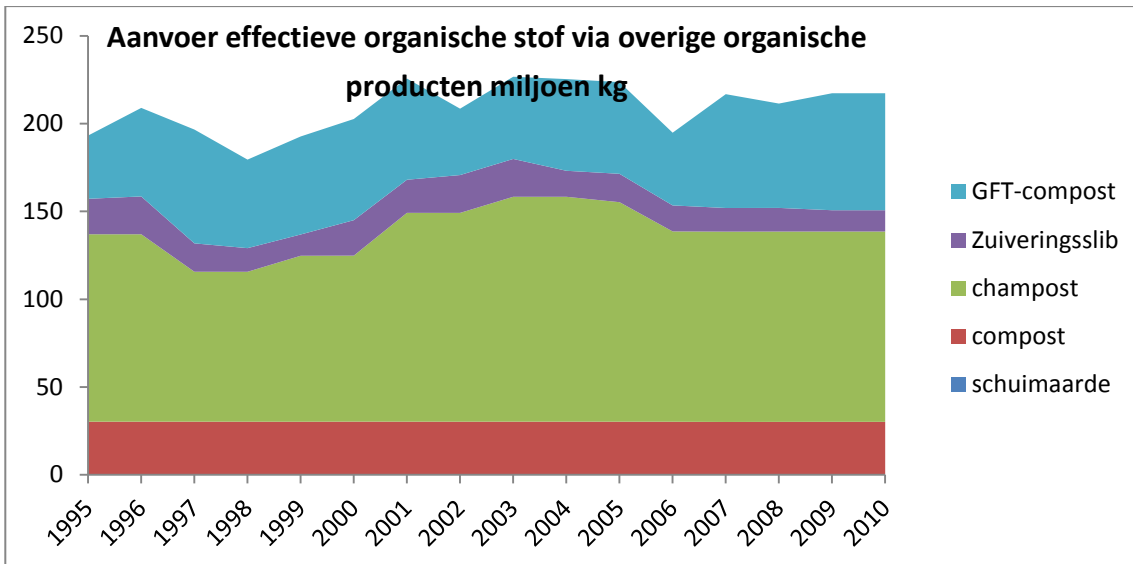
Figuur 14

Aanvoer van effectieve organische stof via dierlijke mest.

Aanvoer van organische stof via overige organische producten

De aanvoer van organische stof via overige organische producten is met 12% toegenomen in de periode 1995-2009 (Figuur 15). Deze toename wordt vooral veroorzaakt door GFT-compost. Ook in 2009 zijn champost³ en GFT-compost de belangrijkste bronnen van effectieve organische stof. Deze producten bevatten per eenheid product meer effectieve organische stof dan dierlijke mest, maar de hoeveelheid overige organische producten die in de landbouw worden gebruikt zijn veel lager dan de hoeveelheid dierlijke mest. De stijging van de aanvoer via overige organische producten compenseert dan ook niet de daling van de aanvoer van dierlijke producten.

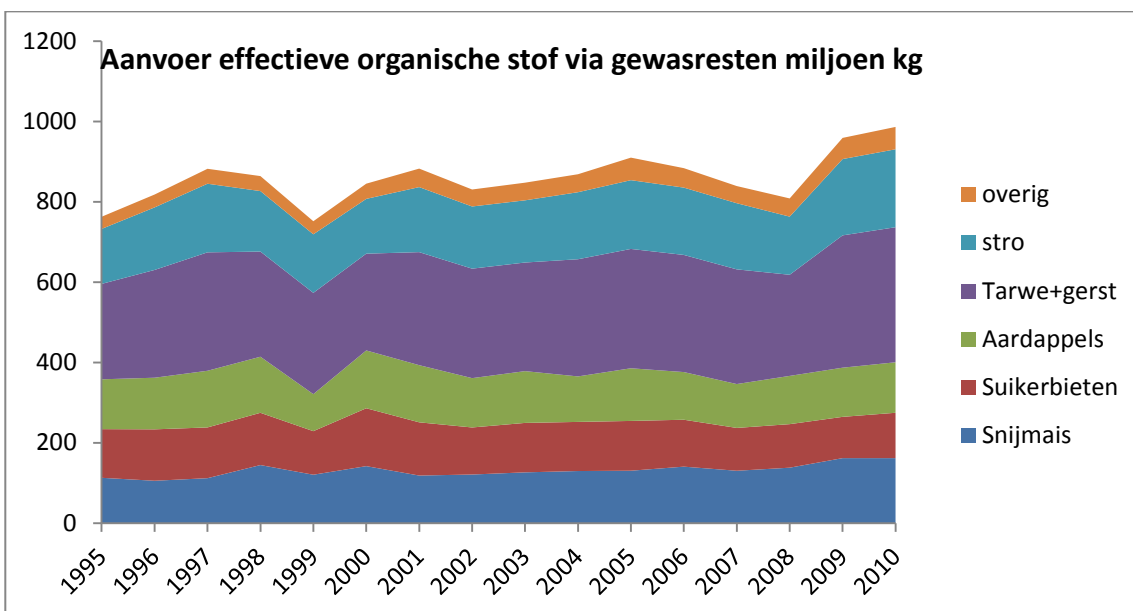
³ Sinds 2006 is het gebruik van champost niet meer apart geregistreerd door het CBS, maar wordt het meegenomen onder het gebruik van dierlijke mest. In deze analyse is aangenomen dat de hoeveelheid champost constant is gebleven sinds 2006. Er is dus sprake van een kleine dubbeltelling sinds 2006.



Figuur 15
Aanvoer van effectieve organische stof via overige producten.

Aanvoer van organische stof input via gewasresten op bouwland

De aanvoer van organische stof via gewasresten op bouwland is tussen 1995 en 2009 toegenomen van 762 miljoen kg naar 959 miljoen kg in 2009. Dit is een toename van 26% (Figuur 16). Deze toename wordt vooral veroorzaakt door een toename van de gewasresten van granen en snijmais samenhangend met een hogere productie van deze gewassen per ha.



Figuur 16
Aanvoer van effectieve organische stof via gewasresten op bouwland.

Aanvoer van organische stof input via gewasresten op grasland

Jaarlijks accumuleert gemiddeld ongeveer 2000 kg effectieve organische stof via gewasresten in grasland, maar de verschillen tussen graslanden zijn groot. Factoren als bodemtype, leeftijd van grasland en management spelen hierbij een rol. De aanvoer is naar verhouding lager bij jong grasland, en hoger bij oud grasland. Jaarlijks komt in totaal ongeveer 1900 miljoen kg effectieve organische stof via wortels en gewasresten van grasland in Nederlandse landbouwgronden terecht. In het areaal grasland is tussen 1995 en 2009 weinig veranderd en de vastlegging blijft hierdoor rond de 1900 miljoen kg effectieve organische stof liggen. Hiermee is in 2009 grasland de belangrijke bron van effectieve organische stof in Nederland.

Verwachtingen in aanvoer tot 2015

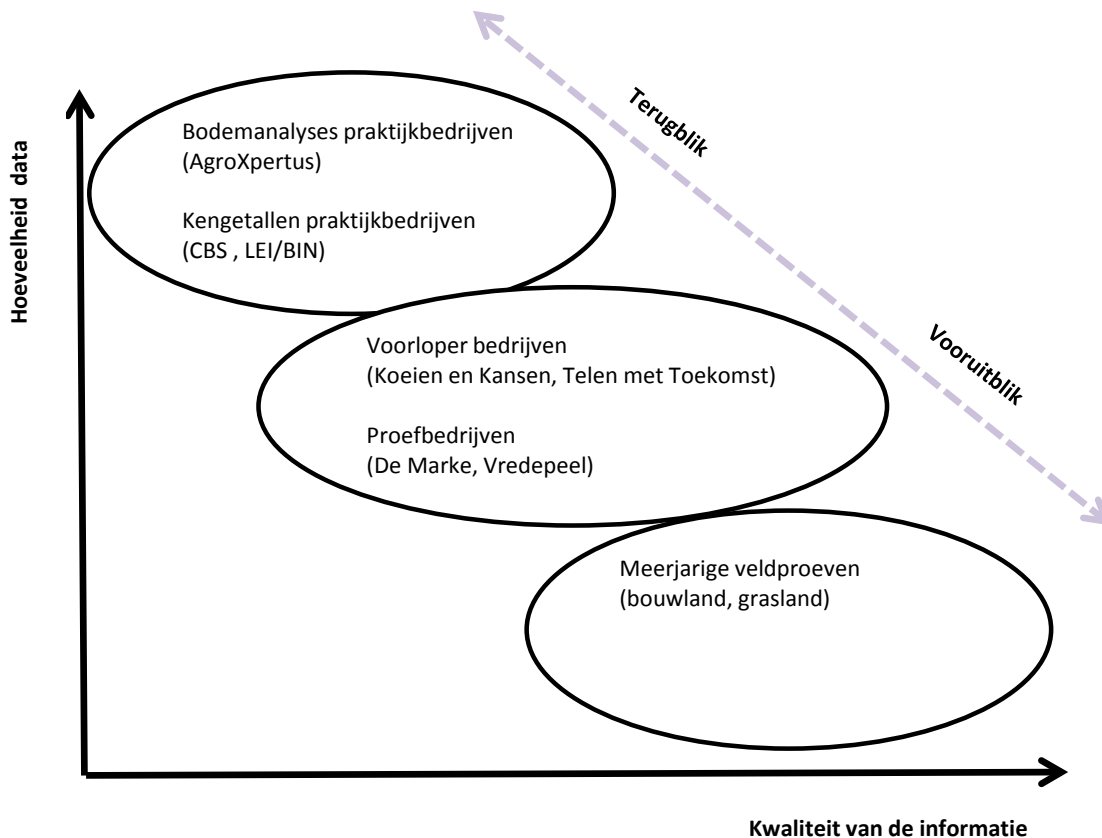
In de periode 1995-2009 daalde het gebruik van dierlijke mest met 21%. Toch nam de aanvoer van effectieve organische stof met slechts 5% af. De verminderde aanvoer van dierlijke mest werd vooral gecompenseerd door een groter gebruik van GFT-compost en hogere gewasresten op bouwland. Gezien de ontwikkeling in de afgelopen vijftien jaar mag verwacht worden dat een eventuele daling van het gebruik van dierlijke mest in de komende vijf jaar, ten gevolge van het aanscherpen van de stikstof- en fosfaatgebruiksnormen, slechts een beperkt effect hoeft te hebben op de aanvoer van organische stof en dus op de organische stof huishouding.

4 Effect van mestbeleid op bodemvruchtbaarheid en gewasopbrengst

4.1 Inleiding

Het mestbeleid beperkt de aanvoer van fosfaat en stikstof via meststoffen. In het kader van de EMW 2012 is de vraag gesteld of de lagere aanvoer een effect heeft op de bodemvruchtbaarheid in termen van fosfaat en organische stof, en daardoor op de gewasopbrengsten. Deze vraag is zo volledig mogelijk beantwoord door analyse van recente gegevens uit (i) de landelijke praktijk, (ii) voorloperbedrijven en bedrijfssystemen op proefbedrijven, en (iii) veldproeven (Figuur 17). De gegevens uit de praktijk en de voorloperbedrijven geven vooral informatie over de invloed van het mestbeleid vanaf de jaren negentig van de vorige eeuw tot heden. De bedrijfssystemen en veldproeven geven daarnaast een beeld van de effecten van diverse scenario's die beter aansluiten bij eventueel toekomstig beleid. De gegevens zijn onderling zeer verschillend. Over het algemeen geldt dat de gegevens uit de praktijk vooral geschikt zijn voor een beschrijving van de waargenomen trends in de meeste sectoren en grondsoorten. De gegevens van proefbedrijven en proefvelden lenen zich beter voor analyse van waargenomen trends, maar hebben slechts betrekking op een beperkt aantal combinaties van sector, bedrijfstype en grondsoort. Veldproeven bieden daarnaast de mogelijkheid om te verklaren welke fosfaatfracties in de bodem wijzigen. Daarmee is het beter mogelijk om verantwoorde uitspraken te doen over de effecten van het mestbeleid.

Naast de gebruiksnormen schrijft het mestbeleid voor dat toediening van dierlijke mest in het najaar op kleigrond niet langer is toegestaan na 1 september. Het is de vraag of verschuiving van toediening in het najaar naar toediening in het voorjaar op deze grondsoort de bodemstructuur aantast. Deze vraag is beantwoord door analyse van recente resultaten van veldonderzoek.



Figuur 17

Typering van gebruikte informatie.

In de volgende paragrafen worden achtereenvolgens de analyses over fosfaat, organische stof, gewasopbrengsten en bodemstructuur beschreven. We beginnen elk onderdeel met enkele algemene samenvattende conclusies. Daarna beschrijven we de onderbouwing van de conclusies met behulp van de verschillende datasets uit de praktijk en onderzoek. De conclusies gelden meestal voor een specifieke grondsoort of een combinatie van gebruik en grondsoort. Echter, de ruimtelijke indeling (grondsoorten of gebieden) in dit onderdeel komt niet altijd overeen met de ruimtelijke indeling van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) zoals die in andere onderdelen van de evaluatie is gebruikt. De basisgegevens van de gebruikte datasets worden in detail gepresenteerd in hoofdstuk 5.

4.2 Fosfaat

4.2.1 Conclusies

Terugblik

Het gevoerde mestbeleid tot 2009 heeft er niet toe geleid dat de fosfaatvoorziening van landbouwgewassen beperkend was voor de productie. Gegevens uit de praktijk, tot 2009 voor grasland en tot 2004 voor bouwland, laten voor de meeste combinaties van grondsoort en gewas een stabiele of stijgende fosfaattoestand zien. Een daling van de gemiddelde fosfaattoestand is alleen vastgesteld bij continue snijmaïsteelt op zandgrond. Echter, ondanks de daling, bleef de fosfaattoestand op een hoog niveau.

Over de periode na 2004 zijn nog voor bouwland geen praktijkgegevens gepubliceerd. Bedrijfssystemen en specifieke behandelingen in veldproeven met overschotten die ongeveer overeenkomen met overschotten op praktijkbedrijven tot 2009 laten echter voornamelijk stabiele of stijgende fosfaattoestanden zien. Ook voor grasland zijn er langjarige veldproeven met overschotten die overeenkomen met die uit de praktijk. De resultaten ondersteunen in grote lijn de bevindingen van de praktijkdata. Alleen in langjarige veldproeven met beweiding op zandgrasland nam de fosfaattoestand, bij een fosfaatoverschot van 20 kg P₂O₅/ha/jaar, af van een P-Al-getal⁴ van 40 tot 50 tot rond de 30 (voldoende).

Vooruitblik

In de komende jaren worden de fosfaatgebruiksnormen verder worden aangescherpt, mogelijk zover dat ze uiteindelijk het niveau van evenwichtsbemesting (aanvoer is afvoer) benaderen⁵. De resultaten van bedrijfssystemen en veldproeven waarin evenwichtsbemesting is ingesteld laten dalende of stabiele fosfaattoestanden zien. Op grasland op zand daalden de fosfaattoestanden tot een P-Al-getal van 25 tot 30, terwijl ze op veen en klei stabiel bleven. Op bouwland zijn de resultaten niet eenduidig. In systeemonderzoek daalde de fosfaattoestand bij evenwichtsbemesting. In veldproeven bleef de fosfaattoestand daarentegen stabiel bij evenwichtsbemesting. Mogelijk wordt deze verschillende respons verklaard door de doorgaans hogere fosfaattoestand in de uitgangssituatie van de systeemonderzoeken in vergelijking met de veldproeven. In de veldproeven treedt bij evenwichtsbemesting stabilisatie op bij een Pw-getal van 15 tot 20. Een vergelijkbaar beeld is vastgesteld op melkveeprroefbedrijf De Marke; na 17 jaar evenwichtsbemesting daalde de fosfaattoestand op percelen met een hoge uitgangstoestand, en bleef de fosfaattoestand stabiel op percelen met een lage fosfaattoestand. Bij voortgezette evenwichtsbemesting, is de verwachting voor De Marke dat het Pw-getal op bouwland stabiliseert rond de 20, en het P-Al-getal op grasland rond de 30 à 40. In veldonderzoek leidt evenwichtsbemesting in veel gevallen tot lagere gewasopbrengsten, vooral op zandgrond. In twee langjarige veldproeven op bouwland is evenwichtsbemesting toegepast. In de zandproef gaf evenwichtsbemesting gemiddeld over de gewassen een 6% lagere opbrengst in vergelijking met een overschot van 45 kg P₂O₅ per ha. Op klei werd geen derving waargenomen in vergelijking met hogere bemestingen en overschotten. Op grasland daalde de opbrengst bij evenwichtsbemesting, in vergelijking met een overschot van 40 kg P₂O₅/ha, met 0 tot 5%. In graslandproeven is bij evenwichtsbemesting ook een lager P-gehalte in het geoogste gras waargenomen. Opbrengstreacties vastgesteld in systeemonderzoek zijn zeer schaars. Op melkveeprroefbedrijf De Marke is na 17 jaar evenwichtsbemesting geen effect op de opbrengst merkbaar. Zeer waarschijnlijk is in die situatie stikstof de beperkende factor voor de opbrengst.

4.2.2 Onderbouwing met praktijkdata

Uit gegevens van het Bedrijveninformatienet blijkt dat in de periode tot 2009 het fosfaatoverschot in de akkerbouw en melkveehouderij is gedaald. Toch was in 2009 nog steeds sprake van een overschot. In de melkveehouderij en de akkerbouw op kleigrond was het fosfaatoverschot circa 15 kg P₂O₅ per ha. Alleen in de akkerbouw op zandgrond heeft na 2006 geen verdere daling plaatsgevonden, en bleef het fosfaatoverschot op een niveau van 40 kg P₂O₅ per ha.

Uit gegevens van Blgg AgroXpertus blijkt dat in de periode tot 2004 de fosfaattoestand op bouwland in de akker- en tuinbouw vanuit een voldoende tot hoge uitgangstoestand zonder uitzondering stabiel is gebleven of

4 Voor de leesbaarheid worden de eenheden van P-Al-getal (mg P₂O₅ per 100 gram droge grond) en Pw-getal (mg P₂O₅ per liter grond) verder niet vermeld in de tekst.

5 Op dit moment is de ontwikkeling van de gebruiksnormen na 2013 niet duidelijk. In een recente brief van staatssecretaris Bleker aan de Tweede Kamer is hierover het volgende vermeld: 'Daarmee kan de inzet zijn gericht op het generiek niet verder verlagen van de gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat na 2013.' In het vierde actieprogramma nitraatrichtlijn wordt echter een daling van de gebruiksnorm voor de periode na 2013 aangekondigd.

zelfs is gestegen. In de melkveehouderij is het beeld wat meer gevarieerd. Voor grasland zijn praktijkdata tot 2009 beschikbaar. Tot 2000 is grasland bemonsterd tot een diepte van 5 cm. Daarna is de bemonsteringsdiepte uitgebreid tot 10 cm. De langjarige reeks vertoont daardoor een breuk bij 2000/2001. Tussen 2001 en 2009 is het P-AL-getal op zand en zeeklei stabiel gebleven op niveau's van respectievelijk rond de 35 en 40.

De oudere graslanddata tot 2000 laten zien dat op zand de fosfaattoestand significant steeg, terwijl grasland op zeeklei een niet-significante daling liet zien. De grootste jaarlijkse daling van de fosfaattoestand is vastgesteld bij continue snijmaïsteelt op zandgrond. Echter, het aandeel monsters met een lage fosfaattoestand (Pw-getal < 20) was 2003 nog steeds zeer laag (5%).

Naast de data van Blgg AgroXpertus was nog een kleinere steekproef beschikbaar van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB). In de tijd ging het hier echter slechts om twee meetpunten met een tussenliggende periode van zes jaar. Bij beide tijdstippen werd echter wel op dezelfde locatie gemeten waardoor verschillen niet worden beïnvloed door locatieverschillen. Voor bouwland en melkveehouderij op zandgrond laten de LMB-data een vergelijkbaar beeld zien als de gegevens van Blgg AgroXpertus. Daarnaast bevat de LMB steekproef ook gegevens van melkveehouderij op rivierklei en veen. In beide gevallen was de fosfaattoestand in de tweede meetronde (1999/2003) enkele eenheden lager dan in de eerste meetronde (1993/1997).

4.2.3 Onderbouwing met onderzoeksdata

Fosfaat

Over de periode na 2004 zijn slechts beperkte praktijkgegevens gepubliceerd, voor bouwland helemaal geen gegevens. Daarom wordt het effect van de verlaging van het overschot in de praktijk beoordeeld aan de hand van bedrijfssystemen en specifieke behandelingen in veldproeven met vergelijkbare overschotten. Uit de schaarse data blijkt dat bij bouwland op klei fosfaatoverschotten van 20 tot 25 kg P₂O₅/ha/jaar (Nagele, Lelystad en Marknesse) en bij bouwland op zand fosfaatoverschotten van 20 tot 43 kg P₂O₅/ha/jaar (Vredepeel, Wijster) niet tot een daling van de fosfaattoestand leiden. In de melkveehouderij is op voorloperbedrijven (Koeien en Kansen) het fosfaatoverschot gedaald tot 22 kg P₂O₅/ha/jaar, terwijl de fosfaattoestand verder is gestegen. Op beweidingsproefvelden op grasland laat een jaarlijks overschot van 20 kg P₂O₅/ha op zandgrond een dalende fosfaattoestand zien, terwijl ze op klei en veen stijgt. In maaiproefvelden met een overschot van 20 kg P₂O₅/ha nam de fosfaattoestand altijd toe.

In het onderzoek op proefbedrijven zijn ook behandelingen of hele bedrijfssystemen aangelegd met evenwichtsbemesting. Het algemene beeld op bouwland is dat evenwichtsbemesting vooral bij hogere fosfaattoestanden van de bodem tot een daling van de fosfaattoestand leidt, terwijl bij een lagere fosfaattoestand stabilisatie optreedt. Uit de resultaten van het meerjarige bedrijfssystemenonderzoek bleek dat bij toepassing van fosfaatevenwichtsbemesting gedurende drie tot zes jaar op drie bouwlandlocaties (Vredepeel, Nagele en Westmaas) een daling optrad van de fosfaattoestand. De aanvangswaarde van het Pw-getal varieerde hierbij van circa 30 tot 65. Omdat na constatering van de daling van de fosfaattoestand de fosfaatbemesting weer is verhoogd, kan voor deze locaties geen uitspraak gedaan worden over het niveau waarop de fosfaattoestand zou uitkomen bij langdurige toepassing van evenwichtsbemesting. Ook op de bouwlandpercelen van het melkveeproefbedrijf De Marke daalde de gemiddelde fosfaattoestand na 17 jaar evenwichtsbemesting. De fosfaattoestand daalde vooral op percelen met een hoge uitgangstoestand, terwijl de fosfaattoestand stabiel bleef op percelen met een lage uitgangstoestand. Bij voortgezette evenwichtsbemesting, is de verwachting dat het Pw getal op bouwland stabiliseert rond de 20, en het P-AL getal op grasland rond de 30 à 40.

Op bouwlandproefvelden in Marknesse (klei) en Wijster (zand) bleef de fosfaattoestand stabiel na respectievelijk 8 en 23 jaar evenwichtsbemesting. Het niveau van de fosfaattoestand was laag (Pw-getal 15-20). Het is opvallend dat in drie veldproeven (Lelystad, Marknesse en Wijster), maar ook in een bedrijfssysteem in Meterik (zand) het achterwege laten van fosfaatbemesting, en dus een negatief overschot, vrijwel niet tot een daling van de fosfaattoestand leidde.

Evenwichtsbemesting op grasland is eveneens getoetst op vier beweidingsproefvelden en vier maaiproefvelden op zand, klei en veen. Op grasland op zand daalden de fosfaattoestanden tot een P-AI getal van 25 tot 30, terwijl ze op de proefvelden op veen en klei stabiel bleven of stegen.

Gewasopbrengst

De effecten van evenwichtsbemesting op de opbrengst en kwaliteit van gewassen zijn alleen zuiver vast te stellen in de lange termijn proeven omdat, anders dan in het bedrijfssystemenonderzoek, alleen de fosfaatbemesting verschilt tussen de objecten. Op de bouwlandlocatie Marknesse bleek dat giften hoger dan evenwichtsbemesting niet tot een hogere opbrengst leidden. Op de bouwlandlocatie Wijster was dit wel het geval. Bij giften van 90 en 180 kg P₂O₅ per ha per jaar (overschot van 45 en 130 kg P₂O₅/ha) was gemiddeld over de periode 1972-1997 de opbrengst 6% en 10% hoger dan bij evenwichtsbemesting. Een nog hogere bemesting gaf geen verdere verhoging van de opbrengst. Op de locatie Lelystad was geen object met evenwichtsbemesting opgenomen. Vanaf een jaarlijkse bemesting met 70 kg P₂O₅ per ha (overschot van 25 kg P₂O₅/ha) werd, gemiddeld over de gewassen, geen verdere opbrengststijging waargenomen.

Benadrukt moet worden dat in lange termijn veldproeven de fosfaattoestand bij de evenwichtsbemestingsvarianten lager was dan het landbouwkundig streefgetal (Pw-getal 25 voor klei en Pw-getal 30 voor zand). Boven deze waarde is de respons van de gewasopbrengst op fosfaatbemesting in het algemeen zwak, ook van fosfaatbehoefte gewassen (gewasgroepen 0 en 1). Overigens geldt het streefgetal alleen voor bouwplannen met minimaal 25% aardappelen of andere fosfaatbehoefte gewassen. Op basis van bestaande responscurves kon worden afgeleid dat, in het traject van Pw-getallen van 30-40, bemesting volgens de gebruiksnorm 2013 bij aardappelen en suikerbieten leidt tot opbrengstdervingen van 0,5-1% in vergelijking met bemesting volgens het bemestingsadvies. Alleen bij zeer fosfaatbehoefte groentegewassen kan de derving oplopen naar ruim 1-4% in genoemd traject van fosfaattoestanden. Deze opbrengstdervingen gelden op gewasniveau. In veel bouwplannen worden ook gewassen geteeld met een lage fosfaatbehoefte, zoals granen, waardoor op bouwplanniveau veel minder snel een situatie ontstaat dat er niet volgens advies kan worden bemest. Ongunstige situaties komen voor in bouwplannen met een hoog aandeel fosfaatbehoefte gewassen (>50%) in combinatie met een Pw getal lager dan 35. Indicatieve berekeningen laten zien dat dan de financiële opbrengstderving, afhankelijk van de geteelde gewassen in het bouwplan, varieert van € 5-130 per ha op bouwplanniveau (gebruiksnorm bij evenwichtsbemesting van 60 kg P₂O₅ per ha ten opzichte van huidige gebruiksnorm 95 kg P₂O₅/ha). Dat is een inkomensdaling van ongeveer 1% tot 5%, afhankelijk van de bedrijfsomvang en het bedrijfsinkomen. Hierbij is bij een belangrijk deel van de gewassen uitgegaan van een volveldsbemesting. Mogelijk dat door verbetering van de toedieningstechniek, zoals rijenbemesting, de risico's van opbrengstderving kunnen worden verminderd.

In veldonderzoek op grasland leidt evenwichtsbemesting in maaiproeven met uitsluitend gebruik van kunstmest tot opbrengstdervingen van 2 tot 3% ten opzichte van een overschot van 40 kg P₂O₅/ha. In beweidingsproefvelden is op zand- en veengrond een lagere gewasopbrengst (-5%) waargenomen, terwijl op klei geen effect op de opbrengst is waar te nemen. Opbrengstreacties vastgesteld in systeemonderzoek zijn zeer schaars. Op melkveeproefbedrijf De Marke is na 17 jaar evenwichtsbemesting geen effect op de opbrengst merkbaar. Zeer waarschijnlijk is in die situatie stikstof de beperkende factor voor de opbrengst. Op grasland leidt evenwichtsbemesting, in vergelijking met een overschot van 40 kg P₂O₅/ha, in alle situaties tot lagere P-gehalten in het geoogste gras, uiteenlopend van -0.1 tot -0.5 g P per kg droge stof.

Tabel 7

Samenvattend overzicht van datasets over fosfaat.

<i>Bron</i>	<i>Sector/Regio</i>	<i>Tijdvak</i>	<i>Overschot (kg P₂O₅/ha/jaar)</i>	<i>Aanvang P-toestand</i>	<i>Trend P-toestand</i>	<i>Opbrengst</i>	<i>Opmerkingen</i>
Praktijk							
AgroXpertus	Gras Zand/zeeklei	1970-2000		P-AL: ~40	Stabiel		0-5 cm
	Gras Zand/zeeklei	2001-2009		P-AL: 35-40	Stabiel		0-10 cm
	Bouwland	1970-2004		Zand: Pw 45 Zeeklei: Pw 30	+ 0.5/jaar + 0.5/jaar		Significant Significant
	Gras	1984-2000		Zand: P-Al 41 * Zeeklei: P-Al 41 *	+ 0.17/jaar - 0.22/jaar		Significant NS
	Groenten Zand	1984-2004		P-Al: 80*	+ 0.18/jaar		NS
	Bollen Duinzand	1984-2004		P-Al: 40*	- 0.04/jaar		NS
	Bouwland	1984-2004		Zand: Pw 54 * Zeeklei: Pw 34 *	+ 0.44/jaar + 0.45/jaar		Significant Significant
	Groenten Zand	1984-2004		Pw: 84 *	+ 0.47/jaar		Significant
	Bollen Duinzand	1984-2004		Pw: 44 *	- 0.01/jaar		NS
	Continu snijmaïs Zand	1984-2004		Pw: 68*	- 0.99/jaar		Significant
LMB	Melkvee	1993/1997 - 1999/2003	50 → 35	Zand: P-Al 52 Rivierklei: P-AL 29 Veen: P-AL 41	+ 0.8/jaar - 0.2/jaar - 0.5/jaar		
	Akkerbouw		50 → 40	Zand: P-Al 45 Zeeklei: P-Al 49	+ 1.3/jaar 0		

<i>Bron</i>	<i>Sector/Regio</i>	<i>Tijdvak</i>	<i>Overschot (kg P₂O₅/ha/jaar)</i>	<i>Aanvang P-toestand</i>	<i>Trend P-toestand</i>	<i>Opbrengst</i>	<i>Opmerkingen</i>
Voorlopers/ Systeemonderzoek							
Koeien en Kansen	Melkvee-Gras Zand/Klei/Veen	1999-2009	35 → 22	P-AI: 40	Stijgend naar 45		
De Marke	Melkvee Zand	1989-2006	0	Gras: P-AI 75 Bouwland: Pw 57	Dalend naar 57 Dalend naar 42		
Vredepeel	Bouwland Zand	1989-1995	0	Pw: 65	Dalend naar 48		
		1996-2000	+20	Pw 48	Stijgend naar 52		
		2001-2008	+6 -23	Pw 52	Dalend naar 45 Dalend naar 31		
Nagele	Bouwland Klei	1991-1997	0	Pw 31	Dalend naar 22		
		1997-2000	+20	Pw 22	Stijgend naar 26		
Meterik	Bouwland Zand	1990-2000	-27	Pw:122	Stabiel		
Westmaas	Bouwland Zeeklei	1990-1993	0	Pw: 27	Dalend naar 24		
		1994-1999	+42	Pw: 24	Stijgend naar 26		
Veldonderzoek							
Lelystad	Bouwland Zeeklei	1990- 2010	-37 +25 +91 +215	Pw: 23 Pw: 37 Pw: 51 Pw: 80	Stabiel Stabiel Stijgend: 67 Stijgend: 113	Bij overschot van +25 geen verschil in opbrengst met hogere overschotten m.u.v. sla (-8% tov overschot +91). Bij overschot -37 opbrengst -5% tot -9% tov overschot +25.	Verschillen in P-toestand gecreëerd in voorgaande 3 jaar
Marknesse	Bouwland Zeeklei	2002-2010	-49 -6 (evenwicht) 25	Pw: 20 Pw: 22 Pw: 26	Stabiel Stabiel Stabiel	Bij evenwichtsbemesting opbrengst vergelijkbaar met die bij hogere fosfaatgiften	

<i>Bron</i>	<i>Sector/Regio</i>	<i>Tijdvak</i>	<i>Overschot (kg P₂O₅/ha/jaar)</i>	<i>Aanvang P-toestand</i>	<i>Trend P-toestand</i>	<i>Opbrengst</i>	<i>Opmerkingen</i>
			103	Pw: 39	Dalend: 24		
			181	Pw: 59	Dalend: 31		
Wijster	Bouwland	1972-1995	-39	Pw: 16	Stabiel	Bij evenwichtsbemesting -6% tov	
	Zand		3 (evenwicht)	Pw: 16	Stabiel	overschot 45 en 10% t.o.v. overschot	
			43	Pw 19	Stijgend nr 30	130, bij hogere giften geen verder	
			130	Pw 18	Stijgend nr 43	opbrengststijging	
			184	Pw 21	Stijgend nr 63		
Lelystad	Gras	1997-2009	0	P-Al: ~60	Stabiel	Geen effect	Bij evenwicht lager P- gehalte
	Zeeklei		20		Stijgend nr 68		0.1 g P/kg ds
			40		Stijgend nr 72		
Heino	Gras	1997-2009	0	P-Al: ~50	Dalend nr 28	Bij evenwicht -5% tov overschot 40	Bij evenwicht lager P- gehalte
	Zand		20		Dalend nr 35		0.1 g P/kg ds
			40		Stabiel		
Maarheeze	Gras	1997-2009	0	P-Al: ~40	Dalend naar 26	Bij evenwicht -5% tov overschot 40	Bij evenwicht lager P- gehalte
	Zand		20		Dalend naar 30		0.4 g P/kg ds
			40		Stabiel		
Zegveld	Gras	1997-2009	0	P-Al: ~40	Stabiel	Bij evenwicht -5% tov overschot 40	Bij evenwicht lager P- gehalte
	Veen		20		Stijgend nr 50		0.4 g P/kg ds
			40		Stijgend nr 60		
Lelystad	Gras	1994-1998	-40	P-Al: 11	Stijgend nr 23	Bij evenwicht, in het vijfde jaar:	Bij evenwicht, in het vijfde jaar, lager P-gehalte
	Zeeklei		-20		Stijgend nr 28	-2% tov overschot 40	0.3 g P/kg ds
			0		Stijgend nr 36		
			20		Stijgend nr 45		
			40		Stijgend nr 53		
Ureterp	Gras	1995-2000	-40	P-Al: 26	Dalend naar 24	Bij evenwicht, in het vijfde jaar:	Bij evenwicht, in het vijfde jaar, lager P-gehalte
	Zand (hoog os)		-20		Dalend naar 22	-2% tov overschot 40	0.5 g P/kg ds
			0		Dalend naar 25		
			20		Stijgend nr 32		
			40		Stijgend nr 39		

<i>Bron</i>	<i>Sector/Regio</i>	<i>Tijdvak</i>	<i>Overschot (kg P₂O₅/ha/jaar)</i>	<i>Aanvang P-toestand</i>	<i>Trend P-toestand</i>	<i>Opbrengst</i>	<i>Opmerkingen</i>
Bommelerwaard	Gras Rivierklei	1996-2000	-40	P-AL: 23	Dalend naar 22	Bij evenwicht, in het vijfde jaar: -3% tov overschot 40	Bij evenwicht, in het vijfde jaar, lager P-gehalte 0.5 g P/kg ds
			-20		Stijgend nr 26		
			0		Stijgend nr 30		
			20		Stijgend nr 34		
			40		Stijgend nr 38		
Zegveld	Gras Veen	1988-2003	-40	P-AL: 36	Dalend nr 32	Bij evenwicht, in het vijfde jaar: -3% tov overschot 40	Bij evenwicht, in het vijfde jaar, lager P-gehalte 0.5 g P/kg ds
			-20		Dalend nr 35		
			0		Stijgend nr 38		
			20		Stijgend nr 40		
			40		Stijgend nr 43		

Afkortingen: P-AL = P-AL getal (mg P₂O₅/100 g droge grond), Pw = Pw getal (mg P₂O₅/liter grond), * Gemiddelde van de dataset i.p.v. aanvangsniveau, NS = niet significant

4.3 Organische stof

4.3.1 Conclusies

Het huidige en toekomstige mestbeleid heeft geen negatief effect op het organische stofgehalte van grasland. Tot 2009 zijn op praktijkbedrijven de gehalten aan organische stof in de meeste gevallen gemiddeld gelijk gebleven of gestegen. De laatste jaren ligt het gemiddelde organische stofgehalte van grasland tussen de 7% en 8%.

Uit een analyse van gegevens tot 2000 blijkt dat alleen in de noordelijke klei gebieden het organische stofgehalte is gedaald. Mogelijk is dit te wijten aan de uitwisseling van grasland met bouwland voor de teelt van snijmais en bloembollen.

De resultaten van voorloperbedrijven (Koeien en Kansen, De Marke) laten ook voor de periode tot 2009 stabiele gehalten zien op zand, en stijgende gehalten op klei. Zelfs op proefvelden zonder enige aanvoer van dierlijke mest zijn er op grasland geen aanwijzingen voor dalende organische stofgehalten.

Op bouwland is het onwaarschijnlijk dat het huidige en toekomstige mestbeleid grootschalige negatieve effecten heeft op het organische stofgehalte. Echter, op voorloperbedrijven en in onderzoek zijn wisselende trends waargenomen. Tot 2004 zijn op praktijkbedrijven de gehalten aan organische stof in de meeste gevallen gemiddeld gelijk gebleven of gestegen. Voor maïsland zijn ook praktijkgegevens tot 2009 beschikbaar, die niet op een trendverandering duiden.

Voor overig bouwland zijn over de periode na 2004 nog geen praktijkgegevens gepubliceerd.

Over de periode na 2004 zijn nog geen praktijkgegevens gepubliceerd. In het lange termijn (bedrijfsysteem)onderzoek in akkerbouwrotaties lag het gebruik van dierlijke mest ongeveer op een niveau van de gebruiksnorm 2013. Op zand en klei zijn lichte dalingen vastgesteld, terwijl op löss een lichte stijging is waargenomen. Echter, nagenoeg dezelfde veranderingen in organische stof werden waargenomen op behandelingen met uitsluitend kunstmest. Het is daarom twijfelachtig of de aanvoer van dierlijke mest bepalend is geweest voor de veranderingen in het organische stofgehalte.

Bij snijmaïsteelt op zandgrond zijn, zowel bij continue teelt als teelt in vruchtwisseling, dalende organische stofgehalten waargenomen. Bij continue teelt was de daling groter naarmate minder dierlijke mest werd aangevoerd.

Een specifiek aandachtspunt is de bloembollenteelt op duinzandgrond. Lopend onderzoek geeft nog geen volledig uitsluitsel of de teelt lijdt onder de toekomstige gebruiksnormen. Het is waarschijnlijk mogelijk om het organische stofgehalte en de bolopbrengsten op peil te houden met gedeeltelijke vervanging van stalmest door compost, maar het is nog niet duidelijk wat het effect is op bolkwaliteit en bodemgezondheid.

De gevolgen van een verlaagde aanvoer van organische mest voor de gewasopbrengsten zijn niet duidelijk. Akkerbouwsystemen waarin meerjarig de fosfaatgebruiksnorm 2013 is toegepast geven geen indicatie dat de opbrengst achteruitgaat. In het uiterste geval waarin helemaal geen organische mest meer wordt gebruikt was dat in één van de drie onderzoekslocaties wel het geval. Rechtstreekse vergelijkingen tussen de organische mestaanvoer bij gebruiksnormen 2009 en 2013 waren niet beschikbaar. Bij continue maïs bleek dat het langjarig toepassen van rundermestgiften van 30-35 (P-norm 2013) en 50 m³ per ha (P-norm 2009) het opbrengstverschil toenam in de tijd, hetgeen duidt op toenemende verschillen in N-leverend vermogen van de bodem. Afhankelijk van de gebruiksnorm kan dit gevolgen hebben voor de gewasopbrengst.

4.3.2 Onderbouwing met praktijkdata

Op basis van arealen van geteelde gewassen en het organische mestgebruik is met vuistgetallen de aanvoer van effectieve organische stof (organische mest en gewasresten) naar landbouwgronden geschat. Hieruit blijkt dat sinds 1995 de aanvoer per ha met 0.19% per jaar is gedaald. Dierlijke mest vertegenwoordigt ongeveer een derde deel van de totale aanvoer van organische stof. In de periode 1995 - 2009 is de aanvoer van effectieve organische stof uit dierlijke mest gedaald met 21% (landelijk). Uit de registraties van het meststofgebruik op LMM-bedrijven blijkt dat tussen 1991 en 2008 het organische mestgebruik op akkerbouwbedrijven, op wat schommelingen na, redelijk stabiel is geweest, ondanks de verlaging van de fosfaatgebruiksnorm (van 125 naar 85 kg P₂O₅ per ha) in deze periode. De invoering van het gebruiksnormenstelsel in 2006 heeft dus niet geleid tot verandering in dierlijke mestgebruik. Dat is in lijn met het feit dat de norm voor maximaal gebruik van fosfaat tussen 2005, een jaar voor introductie van het gebruiksnormenstelsel, en 2008 niet is veranderd. Op de melkveebedrijven in het LMM-net daalde in dezelfde periode het dierlijke mestgebruik wel, vooral op de bedrijven op zandgrond, van circa 120 naar 90 kg P₂O₅ per ha. Ook bij de overgang van Minas naar het gebruiksnormenstelsel daalde het gebruik. Dit hangt waarschijnlijk vooral samen met de N-gebruiksnorm voor dierlijke mest van maximaal 250 kg per ha die vanaf dat moment gold. Hierdoor kon er minder dierlijke mest worden gebruikt als onder het Minasstelsel.

Uit de gegevens van Blgg AgroXpertus blijkt dat in de periode vanaf 1984 tot 2000 op gras, en vanaf 1984 tot 2004 op bouwland en maïsland het organische stofgehalte licht toe genomen is. De toename bedroeg gemiddeld 0.10, 0.23 en 0.08 gram per kg C per jaar voor respectievelijk grasland, maïsland en akkerbouwland. Als de ontwikkeling wordt beoordeeld voor de afzonderlijke combinaties van regio en landgebruik, blijkt dat vooral op veengrasland sprake is van een daling. Daarnaast is in de noordelijke klei gebieden het organische stofgehalte gedaald, vooral op grasland. Mogelijk houdt dit verband met een toename van het scheuren van grasland voor de teelt van snijmaïs en bloembollen.

Voor grasland en snijmaïsland zijn eveneens de gegevens tot 2009 beschikbaar. Daaruit blijkt dat op praktijkbedrijven de gehalten aan organische stof in de meeste gevallen gemiddeld gelijk gebleven of gestegen zijn. De laatste jaren ligt het gemiddelde organische stofgehalte van grasland tussen de 7% en 8%, en op snijmaïsland tussen de 4% en 5%.

In een latere studie is het verloop van organische stofgehalte geanalyseerd bij een deelset van Blgg AgroXpertus met maïs- en graspercelen die in de periode 1984-2004 4-5 keer zijn bemonsterd. Uit deze analyse bleek dat op grasland het organische stofgehalte op circa de helft van de percelen toenam en in een kwart van de percelen afnam. Op de maïspercelen werd bij 70-80% van de percelen geen verandering vastgesteld, in 10-25% van de percelen werd een daling waargenomen. Algehele trends konden niet worden vastgesteld.

Naast de data van Blgg AgroXpertus was nog een kleinere steekproef beschikbaar van het LMB. Het ging hier echter slechts om twee meetpunten met een tussenliggende periode van zes jaar. Voor bouwland (excl. maïs) en melkveehouderij op zandgrond laten de LMB-data een vergelijkbaar beeld zien als de gegevens van Blgg AgroXpertus. Daarnaast bevat de LMB steekproef ook gegevens van melkveehouderij op rivierklei en veen. In de melkveehouderij, bestaande uit een gemengde steekproef van grasland en maïsland, was het organische stofgehalte nauwelijks veranderd tussen de twee tijdstippen. Op bouwland op zandgrond, hoofdzakelijk dalgronden, was het organische stofgehalte echter gedaald met 2.4%-punten.

4.3.3 Onderbouwing met onderzoeksdata

Organische stof

Tussen 2010 en 2013 wordt de fosfaatgebruiksnorm verder aangescherpt voor gronden die vallen in de fosfaattoestandklasse neutraal en hoog. Dat betekent dat de ruimte voor het gebruik van dierlijke mest op gronden in de fosfaatklassen neutraal en hoog afneemt, voor bouwland met ongeveer 30 tot 40%.

Op de locaties Vredepeel (zand), Nagele (klei) en Wijnandsrade (löss) is (bedrijfssysteem)onderzoek uitgevoerd met een akkerbouwrotatie waarbij het gebruiksniveau van dierlijke mest ongeveer vergelijkbaar was met de gebruiksnorm 2013. In Vredepeel is varkensdrijfmest gebruikt. Het organische stofgehalte daalde tussen 1988 en 2005 met 1%-punt. Daarna was tot 2010 echter sprake van een stijging, ondanks een lagere aanvoer van organische stof. In Nagele is onderscheid gemaakt tussen gebruik van vaste mest (biologisch systeem) en kippendrijfmest (gangbaar). Hoewel in het vaste meststelsel bijna twee keer zo veel effectieve organische stof werd aangevoerd, gaf dit vrijwel geen verschillen in organische stofgehalte. In beide systemen was sprake van een lichte daling van het organische stofgehalte met 0.1%-punt in de periode 1990-2000. Te Wijnandsrade, waar gebruik is gemaakt van runderdrijfmest, steeg het organische stofgehalte van 1.8% naar 2.2% tussen 1995 en 2001.

Op drie locaties waren ook varianten opgenomen zonder gebruik van dierlijke mest. In Vredepeel en Nagele werden geen verschillen waargenomen in het verloop van het organische stofgehalte tussen de drijfmest- en kunstmestvariant. In Wijnandsrade was het organische stofgehalte bij gebruik van runderdrijfmest 0.2%-punt hoger dan bij enkel kunstmest.

Mogelijk hangen de verschillen tussen de locaties samen met de soort drijfmest. Bij runderdrijfmest wordt bij eenzelfde fosfaataanvoer ruim vijf keer zo veel effectieve organische stof aangevoerd dan met varkens- en kippendrijfmest waardoor effecten op het organische stofgehalte mogelijk eerder zichtbaar zijn. In de situaties met rundermest bedroeg het aandeel rundermest in de totale organische stofaanvoer circa 60-70% terwijl dat in de situaties met varkens- en kippenmest slechts 20-30% bedroeg.

De bloembollenteelt op duinzandgrond vraagt bijzondere aandacht vanwege het hoge gebruik van stalmest. Uit onderzoek blijkt dat de jaarlijkse afbraak hoger is dan die op dekzandgronden. Om het organische stofgehalte te handhaven wordt in de praktijk jaarlijks ruim 6000 kg eos per ha aangevoerd. Op een tweetal duinzandlocaties (Lisse en Sint Maartensbrug, op beide locaties twee systemen) is geëxperimenteerd met een lagere aanvoer (1000-2000 kg eos/ha/jaar). In veel van de varianten leidde dit tot een daling van het organische stofgehalte (0.1 tot 1.0%-punt). De gebruikelijke hoge eos-aanvoer in de praktijk is bij een gebruiksnorm van rond de 60 kg P_2O_5 per ha alleen mogelijk door de veel gebruikte stalmest te vervangen door compost. Vanuit de praktijk is er de zorg dat dit vooral bij de teelt van hyacinten leidt tot achteruitgang van opbrengst en kwaliteit. Uit de resultaten van meerjarig onderzoek dat op dit moment nog loopt, kunnen de volgende voorlopige conclusies worden afgeleid. Met gedeeltelijke vervanging van stalmest door compost lijken vergelijkbare bolopbrengsten te worden behaald dan bij toediening van alleen stalmest. Het is nog onduidelijk of deze (gedeeltelijke) vervanging van stalmest door compost effecten heeft op de bolkwaliteit. Dit wordt pas duidelijk als de hyacintebollen zijn afgebroeid. Ook is nog niet duidelijk wat het effect van de (gedeeltelijke) vervanging is op de bodemgezondheid.

De resultaten van voorloperbedrijven in de melkveehouderij (Koeien en Kansen, De Marke) laten voor grasland ook in de periode tot 2009 stabiele gehalten zien op zand, en stijgende gehalten op klei. Ook op proefvelden zonder enige aanvoer van dierlijke mest zijn er geen aanwijzingen voor dalende organische stofgehalten.

Bij snijmaïsteelt op zandgrond zijn, zowel bij continue teelt (Heino) als teelt in vruchtwisseling met snijmaïs (De Marke), dalende organische stofgehalten waargenomen. Bij continue teelt was de daling groter naarmate minder dierlijke mest werd aangevoerd.

Gewasopbrengst

Voor informatie over effecten van verminderde organische mestaanvoer op de gewasopbrengst is vooral langjarig onderzoek waarin verschillende niveaus van organische mestaanvoer zijn vergeleken bij eenzelfde gewasopvolging relevant. Voor de akkerbouw waren alleen vergelijkingen beschikbaar tussen wel en geen dierlijke mest. Op twee van de drie locaties (klei en löss) waren de opbrengsten vergelijkbaar. Op de zandlocatie Vredepeel was op twee van de zes percelen bij het systeem zonder dierlijke mest 9% lager dan dat van het systeem met dierlijke mest. Rechtstreekse vergelijkingen tussen de organische mestaanvoer bij gebruiksnorm 2009 en 2013 waren niet beschikbaar. In de systemen waarin meerjarig de fosfaatgebruiksnorm 2013 is toegepast gaven geen indicatie dat de opbrengst achteruitgaat.

Op een continu maïspanceel te Heino zijn langjarig runderdrijfmestgiften van 30-35 en 50 m³ per ha met elkaar vergeleken. Deze giften komen globaal overeen met de fosfaatgebruiksnorm in 2009 en 2013. Omdat de giften niet zijn aangevuld met kunstmest tot een vergelijkbaar niveau van werkzame stikstof, kan niet rechtstreeks een uitspraak worden gedaan over de effecten van minder mest op de opbrengst. Wel bleek in de loop der tijd het verschil in opbrengst tussen de mestgiften toe te nemen. Dit duidt op toenemende verschillen in cumulatieve effecten van verschillende stikstofaanvoer en opbouw van organisch gebonden stikstof in de bodem. Afhankelijk van de hoogte van de N-gebruiksnorm kan dit gevolgen hebben voor de opbrengst.

Tabel 8

Samenvattend overzicht van datasets over organische stof.

<i>Bron</i>	<i>Sector/Regio</i>	<i>Tijdvak</i>	<i>Behandeling/Categorie</i>	<i>Aanvang</i>	<i>Algemene trend</i>	<i>Opmerkingen</i>
Praktijk						
AgroXpertus	Zand/zeeklei	1984-2000	Gras	4.4 %C	+ 0.010 %C/jaar,	Noordelijke klei: Gras: -0.055 %C/jaar Bouwland: -0.002 %C/jaar
		1984-2004	Snijmaïs	2.1 %C	+ 0.023 %C/jaar	
		1984-2004	Bouwland	2.0 %C	+ 0.008 %C/jaar	
AgroXpertus	Melkvee	2001-2009	Gras	7.5%	Stabiel	0-10 cm
		1984-2009	Snijmaïs	4.5%	Stabiel	
AgroXpertus	Melkvee	1984-2004	Gras	5.0-9.2%	Geen trends	
	Zand		Snijmaïs	3.5-4.3%		
			Gras/snijmaïs		
LMB	Melkvee	1993/1997 -	Zand	~ 7%	~0	
		1999/2003	Rivierklei	8.9%	- 0.5%	
	Akkerbouw	Zand	12%	- 2.4%		
		Zeeklei	2.3%	- 0.1%		
Voorloper/ systeemonderzoek						
Koeien en Kansen	Melkvee	1999-2009	Gras, zand	6 %	Stabiel	
	Zand/Klei		Gras, klei	7.5 %	Stijgend naar 10%	
De Marke	Melkvee	1989-2006	Gras	4.9%	Stabiel	Op rotaties toename in ondergrond
	Zand		3 jaar gras/3 jaar snijmaïs	4.9%	Dalend naar 4.1%	
			3 jaar gras/5 jaar snijmaïs	4.6%	Dalend naar 4.1%	
Vredepeel	Akkerbouw Zand	1988-2005	Geïntegreerd systeem (2000 EOS)	4.0%	Dalend naar 3.0%	
		2005-2010	Geen organische mest (915 EOS)	3.0%	Stijgend naar 3.8%	
			Drijfmest (1500 EOS)	3.0%	Stijgend naar 3.8%	
Nagele	Akkerbouw Klei	1991-2000	Geen organische mest (1280 EOS)	2.7%	Licht dalend naar 2.6%	
			Kippendrijfmest (1575 EOS)	2.4%	Licht dalend naar 2.3%	
			Vaste mest, biologisch (2200 EOS)	2.8%	Licht dalend naar 2.7%	
St. Maartensbrug	Bloembollen	1991-1997	8.5 – 9.0 – 6.2 – 8.2 t compost/ha	1.6 – 2.0 – 1.4 –	Dalend naar:	
	Duinzand			1.7%	1.4 – 1.5 – 0.7 – 1.1%	
			6.7 – 6.3 – 3.5 – 5.2 t compost/ha	1.4 – 1.8 – 1.5 –	Dalend naar:	
				1.6%	1.2 – 1.2 – 1.1 – 1.1%	

<i>Bron</i>	<i>Sector/Regio</i>	<i>Tijdvak</i>	<i>Behandeling/Categorie</i>	<i>Aanvang</i>	<i>Algemene trend</i>	<i>Opmerkingen</i>
Lisse	Bloembollen Duinzand	1991-1997	7.4 – 5.1 – 7.7 – 11.9 t	2.3 – 1.7 – 1.2 –	Stabiel tot dalend naar: 1.3 – 1.4 – 1.4 – 1.1	
			compost/ha	1.3%		
Horst	Boomkwekerij Dekzand	1999-2003	7.4 – 5.1 – 10.2 – 9.4 t	1.9 – 1.8 – 1.6 –	Stabiel tot dalend naar: 1.5 – 1.8 – 1.2 – 1.2	
			compost/ha	1.3%		
			Geïntegreerd (2100 EOS)	2.7%		
			Biologisch (2500 EOS)	3.0%	Stabiel	
Veldonderzoek						
Heino	Snijmaïs Zand	1988-2002	Geen drijfmest	3.1%	Dalend naar 2.2%	
			15 m ³ runderdrijfmest per ha	3.1%	Dalend naar 2.3%	
			30 m ³ runderdrijfmest per ha	3.1%	Dalend naar 2.3%	
			50 m ³ runderdrijfmest per ha	3.1%	Dalend naar 2.4%	
			15 t rdm (tot 1999)	3.1%	Dalend naar 2.6%	
			+ 15 t stalmest per ha (vanaf 1999)	3.1%	Dalend naar 2.7%	
30 t rdm (tot 1999)						
			+ 30 t stalmest per ha (vanaf 1999)			
Wijnandsrade	Akkerbouw Löss	1995-2001	Drijfmest+kunstmest	1.8%	Stijgend naar 2.2%	
			Alleen kunstmest	1.8%	Stijgend naar 2.0%	
Lisse	Bloembollen Duinzand	2007-2011	Geen organische mest	0.9%	Stijgend naar 1.6%	
			20, 40 en 80 ton stalmest/ha	0.9%	Stijgend naar 1.4, 1.4 en 2.0%	
			20, 40 en 80 ton compost/ha	0.9%	Stijgend naar 1.9, 1.9 en 2.6%	
Heino	Gras/klaver Zand	1993-1999	PK Kunstmest	3.0%	Stijgend naar 5%	
			Dunne rundermest	3.0%	Stijgend naar 5%	
			Vaste stalmest	3.0%	Stijgend naar 6%	

Afkortingen:

OS = Organische stof

C = Koolstof (ongeveer 58% van organische stof)

EOS = Aanvoer effectieve organische stof in kg per ha per jaar

PK = fosfaat en kali

4.4 Gewasopbrengsten

Uit de gegevens van het CBS blijkt dat de opbrengsten van de meeste akkerbouwgewassen tussen 1994 en 2010 gemiddeld zijn gestegen (Tabel 9). Binnen de grote teelten zijn alleen de opbrengsten van klei-aardappelen gedaald, gemiddeld met 0,08% per jaar. Bij een aantal kleinere teelten (Kapucijners, Haver, Voederbieten, Corn Cob Mix, Vezelvlas, Rogge, Blauwmaanzaad) werden eveneens dalende opbrengsten vastgesteld uiteenlopend van 0.2% tot 2.9% per jaar.

Naast de langjarige trend is de gemiddelde opbrengst vergeleken van het tijdvak 2006-2010 en het tijdvak 2001-2005. Hierbij is het beeld wat meer gevarieerd. De grote teelten (snijsnijmaïs, aardappelen, wintertarwe en suikerbieten) als geheel laten gemiddeld hoger opbrengsten zien na 2006. Echter, binnen het gewas aardappelen zijn enkele regio's met lagere opbrengsten na 2006: zetmeelaardappelen (-0.9%) en consumptieaardappelen op klei (-0.4%).

Voor tuinbouwgewassen en grasland zijn geen langjarige CBS-statistieken beschikbaar.

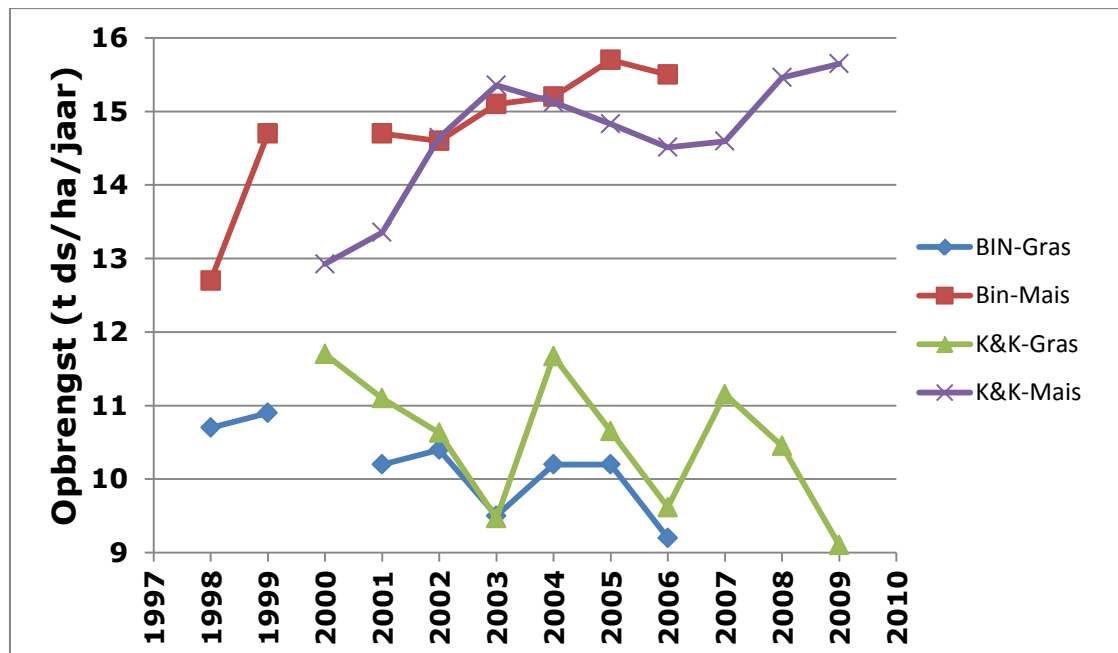
De waargenomen veranderingen in de gewasopbrengst zijn niet te koppelen aan veranderingen in de aanvoer van fosfaat en organische stof, of verandering in de fosfaattoestand of het organische-stofgehalte van de bodem. Daarvoor zijn, naast fosfaat en organische stof, teveel andere factoren van invloed zoals stikstofgebruik, weersomstandigheden en ontwikkelingen in teelttechnieken en gewasveredeling.

Tabel 9

Ontwikkeling van gewasopbrengsten in de akkerbouw (CBS).

Gewas	Geoogste oppervlakte (ha)	Jaarlijkse verandering	Verandering
		1994 en 2010 (%)	2006-2010 tov 2001-2005 (%)
Snijmaïs	228889	1.9	9
Aardappelen	156969	0.3	0
Wintertarwe	134717	0.4	0
Suikerbieten	70560	2.6	18
Zomergerst	28578	0.4	2
Zaai-uien	21760	1.5	1
Zomertarwe	19006	0.1	-4
Korrelmaïs	16733	0.4	-13
Wintergerst	4674	2.0	13
Triticale	2676	0.1	2

Op BIN bedrijven en voorloper melkveebedrijven (Koeien en Kansen) vertonen de graslandopbrengsten een licht dalende trend en de snijmaïsoopbrengsten een stijgende trend (Figuur 18). Tussen 2000 en 2009 is zowel de stikstofbemesting als de fosfaatbemesting afgenomen. De lage grasopbrengsten en hoge snijmaïsoopbrengsten in de laatste jaren zijn mogelijk te wijten aan de gemiddeld relatief slechtere groeiomstandigheden voor grasland en relatief betere groeiomstandigheden voor snijmaïs; frequente warme en droge perioden, soms afgewisseld met extreme natte perioden. De Koeien en Kansen dataset bevat naar verhouding veel bedrijven op zandgrond, waar vochtvoorziening een grote rol speelt. Bij snijmaïs speelt mogelijk ook het gebruik van betere rassen een rol.



Figuur 18

Gemiddelde netto opbrengsten van gras en snijmais op BIN en Koeien en Kansen melkveebedrijven.

4.5 Voorjaarstoediening drijfmest en bodemstructuur

Op bouwland op kleigrond was het gebruikelijk drijfmest in de nazomer en herfst toe te dienen in plaats van in het voorjaar vanwege de risico's van structuurschade bij voorjaarstoediening. In het mestbeleid is toediening van drijfmest na 1 september echter niet meer toegestaan. Toediening tot 1 september is wel toegestaan, maar er moet dan wel gerekend met een hoge werkingscoëfficiënt. Hierdoor wordt voorjaarstoediening gestimuleerd. In het onderzoek is hieraan ruimschoots aandacht besteed, waarbij de aandacht in eerste instantie vooral uitging naar de mogelijkheden van voorjaarstoediening in wintertarwe.

De onderzoeksresultaten geven aan dat in wintertarwe bij emissiearme mesttoediening in het voorjaar geen opbrengstderving optreedt door rijsporen mits de bodemdruk lager is dan 1 bar. Bij hogere bodemdrukken is de opbrengstderving 1,5%.

Snij schade door de elementen van de bemester treedt niet op indien de mest aan het begin van de uitstoeingsfase wordt toegediend. Bij toepassing vanaf de strekkingsfase treedt wel opbrengstverlies op: tot 3% als de eerste knoop zichtbaar is, en tot 5% als er twee knopen zichtbaar zijn. De conclusies zijn gebaseerd op vier jaar onderzoek in Friesland, Groningen, Flevoland, Wieringermeer, West-Brabant en Zeeland. Voor emissiearme voorjaarstoediening in aardappelen is nog geen uitsluitel te geven over mogelijk structuurschade. Momenteel ontbreken hiervoor goede breed geaccepteerde toedieningsmethoden voor de mest in het voorjaar op kleibouwland. Daardoor worden de afzetmogelijkheden van mest in de akkerbouw nog niet goed benut. Bovendien wordt bij voorjaarstoepassing mogelijk niet voldaan aan de inwerk-eisen om de ammoniakemissie te beperken. Recent is onderzoek gestart naar systemen die tegemoet komen aan bovenstaande knelpunten. Voortzetting van dit onderzoek is noodzakelijk om ook voor aardappelen geschikte emissiearme toedieningsmethoden te ontwikkelen en te onderbouwen en daarmee een verbeterde acceptatie van mest in het voorjaar te creëren.

4.6 Effect van mestscheiding

Momenteel wordt veel energie gestopt in de ontwikkeling en toepassing van verwerking van dierlijke mest. Mestscheiding, eventueel in combinatie met verdere bewerking van de dunne fractie tot zogenaamde mineralenconcentraten vormt daarin een belangrijk onderdeel. Na mestscheiding ontstaat enerzijds een dikke fractie met een hogere fosfaat-stikstof verhouding en meer organische stof, en anderzijds een dunne fractie met een meer anorganische stikstof en minder fosfaat. Dunne fracties kunnen bijvoorbeeld via omgekeerde osmose verder worden bewerkt tot mineralenconcentraten. De dunne fractie en mineralenconcentraten bevatten veel water, en zullen dus hoofdzakelijk in de omgeving van veehouderij op gras en snijmaïs of akkerbouwland worden afgezet. De dikke fractie leent zich beter voor transport en dus voor afzet in de verder van de mestoverschotgebieden gelegen kleiakkerbouwgebieden, of voor export.

Waarschijnlijk is het effect van mestscheiding op de fosfaattoestand van de bodem zeer gering. De gebruiksnormen zijn sturend, waarbij het voor de bodemtoestand in principe niet veel uitmaakt of de ruimte wordt gevuld met kunstmest, onbewerkte dierlijke mest, de dikke fractie, de dunne fractie of een mineralenconcentraat. Alleen wanneer in de mestoverschotgebieden onbewerkte dierlijke mest voor een belangrijk deel wordt vervangen door dunne fractie en vooral mineralenconcentraten (in plaats van aanvullend op onbewerkte dierlijke mest) zal door het hierdoor ontstane negatieve fosfaatoverschot de fosfaattoestand in die gebieden gaan dalen mits de fosfaatruimte niet wordt opgevuld met een ander fosfaatbron als kunstmest.

Mestscheiding leidt mogelijk wel tot een andere verdeling van organische stof uit dierlijke mest over veehouderij en akkerbouw. Ook hier geldt weer dat dit vooral het geval zal zijn wanneer in de mestoverschotgebieden onbewerkte mest voor een belangrijk deel wordt vervangen door dunne fractie/mineralenconcentraat. Door de afvoer van de organische stofrijke dikke fractie uit de veehouderij kunnen de organische stofgehalten op het bouwland op veehouderijbedrijven (vooral maïsland) mogelijk nadelig worden beïnvloed. Het uiteindelijke effect hangt mede af van de aanvoer uit andere bronnen zoals gewasresten of groenbemesters.

Het effect van de aanvoer van de dikke fractie op organische stofgehalten van bouwland is onzeker. Ten eerste is nog niet duidelijk of de dikke fractie beter wordt geaccepteerd dan onbewerkte drijfmest tot nu toe. Bij een betere maar ook bij gelijke acceptatie dan drijfmest wordt met dikke fractie wel duidelijk meer organische stof aangevoerd door de veel hogere organische stof/fosfaat verhouding. Of de hogere aanvoer ook leidt tot hogere organische stofgehalten is echter de vraag. Uit de eerdere analyse van de ontwikkeling van organische stofgehalten bleek niet overtuigend dat de veranderingen in de aanvoer van dierlijke mest van bepalende invloed zijn geweest op de ontwikkeling van het organische stofgehalte in de bodem.

4.7 Kanttekeningen bij de methode

De analyse van fosfaattoestand, organische stofgehalte en gewasopbrengsten heeft gebruik gemaakt van data van zeer diverse bronnen; uiteenlopend van nationale statistische data tot lokale proefvelddata. De berekening van de fosfaatoverschotten is ook zeer verschillend. In de LMM datasets worden de overschotten berekend uit boekhoudkundige materiele of financiële posten, vaak in combinatie met forfaitaire gehalten. Op voorloperbedrijven en systemen op proefbedrijven wordt meer gewerkt met werkelijk gemeten nutriëntenstromen, maar bijvoorbeeld gewasopbrengsten onder weide-omstandigheden zijn meestal berekend. Op proefvelden ten slotte, wordt de aanvoer van kunstmest en dierlijke mest en de afvoer met het gewas werkelijk gemeten, inclusief analyse van gehalten in de betreffende stromen. Kortom, de kwaliteit van de beschikbare data is zeer divers.

Daarnaast zijn de gebruikte analysemethoden voor fosfaat en organische stof, maar ook de bemonsteringsdiepte, voor de verschillende datasets niet identiek. Maar ook binnen een dataset kan in de loop van de tijd de methode veranderen. De standaard bemonsteringsdiepte voor grasland is in 2001 veranderd

van 0-5 cm naar 0-10 cm. Bgg AgroXpertus vernieuwt regelmatig haar standaard analysemethoden voor de praktijk, zoals bijvoorbeeld de introductie van P-PAE in 2003.

Het grote onderscheid in de kwaliteit en de hoeveelheid data per dataset maakt een integrale analyse zeer lastig. Met name onderlinge vergelijking van absolute niveau's van overschotten en bodemtoestanden is riskant. Echter het vergelijken van veranderingen en richtingen van veranderingen is acceptabel.

De analyse was afzonderlijk gericht op fosfaat of organische stof. Het is denkbaar dat er percelen zijn met een laag gehalte aan organische stof en een hoge fosfaattoestand. Hiervoor geldt dat de mogelijkheden om het organische stofgehalte op peil te houden met dierlijke mest mogelijk eerder gaan knellen dan op percelen met gemiddelde of lage fosfaattoestand. Echter, de verhouding tussen organische stof en fosfaat in dierlijke mest is eveneens onderhevig aan verandering. Inspanningen om via het voerspoor de fosfaatuitscheiding van landbouwhuisdieren te verlagen, kunnen mogelijk de verhouding tussen organische stof en fosfaat gunstig beïnvloeden.

De studie was gericht op de kwantiteit aan organische stof. Het is niet ondenkbaar dat door veranderingen in diervoeding, mestbewerking en landgebruik de kwaliteit van de organische stof aan verandering onderhevig is. Dat kan op lange termijn gevolgen hebben voor de functies van organische stof zoals stikstoflevering.

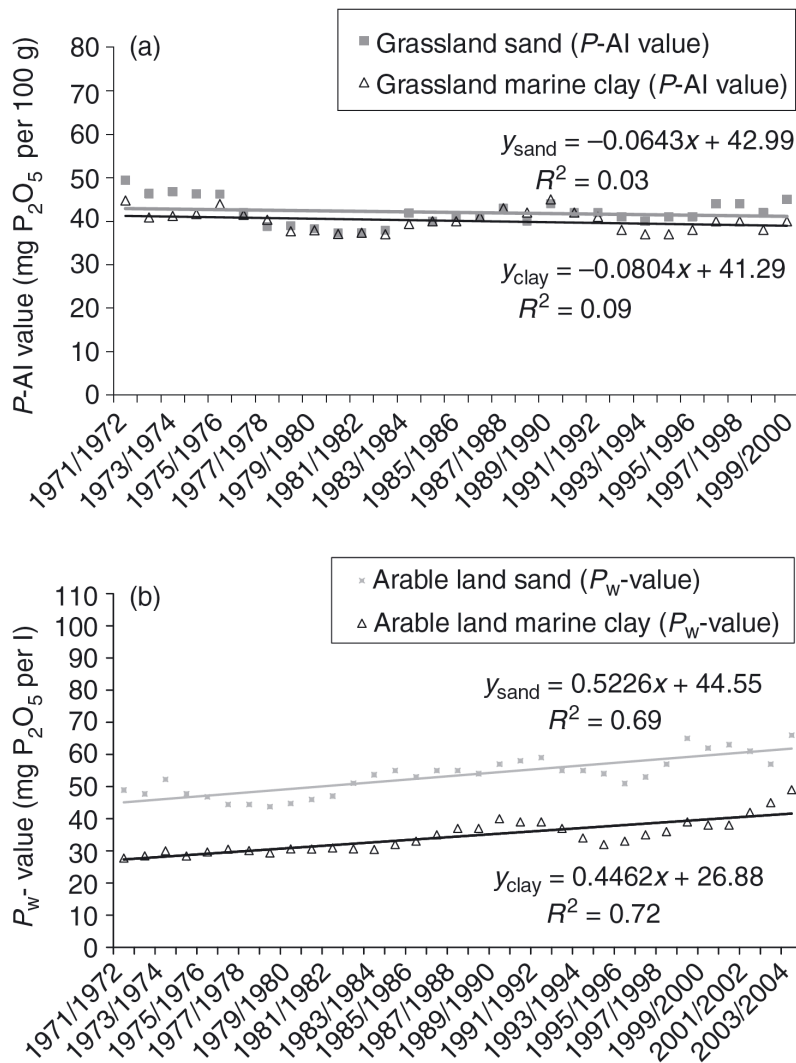
5 Analyse individuele datasets

5.1 Fosfaat - Praktijk

5.1.1 AgroXpertus

Blgg AgroXpertus analyseert jaarlijks grote hoeveelheden grond- en gewasmonsters van percelen, in opdracht van agrarische ondernemers. Deze data zijn gebruikt om de ontwikkeling van de fosfaattoestand op praktijkbedrijven te analyseren tussen 1970 en 2004 (Reijneveld et al., 2010c).

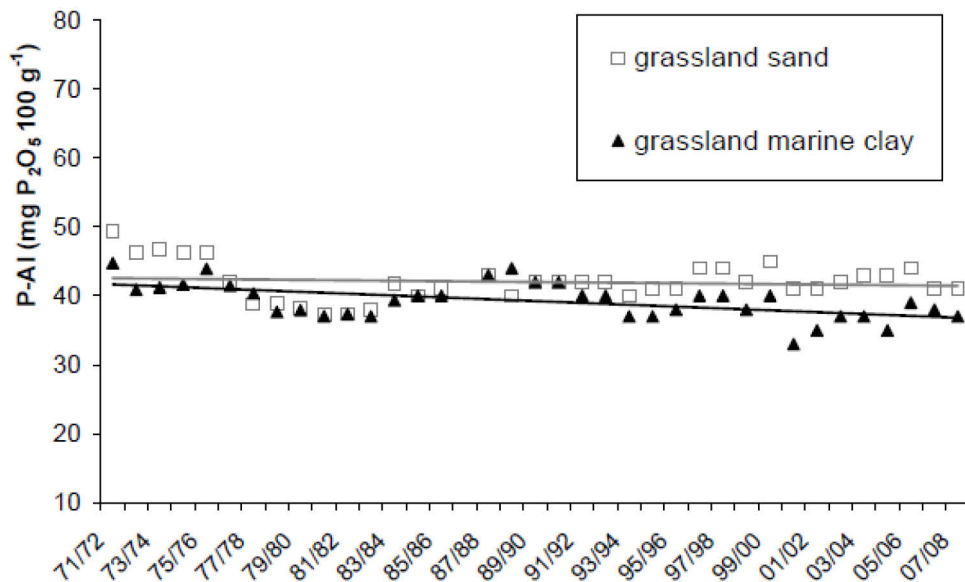
Op grasland is de fosfaattoestand vrijwel onveranderd. Op zandgrond en zeeklei fluctueerde het mediane P-AL getal rond de 42 (Figuur 19). Op bouwland steeg de fosfaattoestand op beide grondsoorten. Op zeeklei nam het Pw-cijfer jaarlijks toe met 0.44 eenheden, en op zand met 0.52 eenheden.



Figuur 19

Ontwikkeling van mediane P-waarden voor grasland (0-5 cm) en bouwland (0-20 cm) op zand en zeeklei (Reijneveld et al., 2010c).

Voor grasland is de dataset inmiddels tot en met 2009 gepubliceerd (Figuur 20) (Reijneveld et al., 2010a). Toevoeging van de periode 2001-2009 verandert weinig aan de helling van de trendlijn. Van groot belang is echter dat de bemonsteringsdiepte tussen 2000 en 2001 is veranderd van 0-5 naar 0-10 cm. Omdat de fosfaattoestand van grasland in de laag van 5-10 cm gemiddeld lager is dan in de laag van 0-5 cm, leidt de verandering van de bemonsteringsdiepte tot een iets lagere fosfaattoestand.



Figuur 20

Ontwikkeling van gemiddelde P-AL-cijfer voor grasland (0-5 cm tot en met 2000, 0-10 cm vanaf 2001) op zand en zeeklei (Reijneveld et al., 2010a).

Reijneveld et al. (2010) hebben eveneens een aparte analyse uitgevoerd over de periode 1984-2000 voor grasland, tuinbouw en bloembollen, en over de periode 1984-2004 voor bouwland, tuinbouw, bloembollen en continue snijmaïsteelt (Tabel 10). In deze periode kon alleen bij continu snijmaïsteelt op zandgrond een significante daling worden vastgesteld van 0.99 eenheden per jaar. In de overige gevallen kon geen significante verandering worden vastgesteld, of was er sprake van een significante stijging. Ondanks de daling van de fosfaattoestand op continu snijmaïs hebben nog slechts 5% van de analyses een landbouwkundig lage fosfaattoestand (Figuur 21).

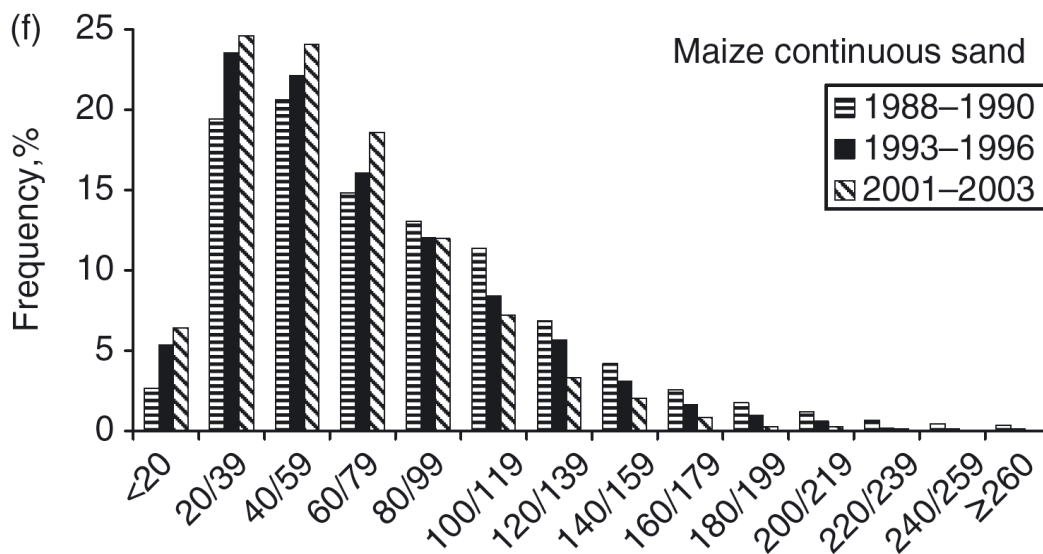
Tabel 10

Verandering in fosfaattoestand tussen 1984 en 2000/2004 voor verschillende combinaties van grondsoort en landgebruik (Reijneveld et al., 2010c).

Sector	Grondsoort	P-AI getal (mg P ₂ O ₅ /100 g grond)						
		Mediaan	Gemiddeld	sd	Aantal	Jaren	Helling	r ²
Grasland	Zand	41	41	24	110000	1984-2000	0.17*	0.25
Grasland	Zeeklei	41	41	23	31000	1984-2000	-0.22	0.22
Tuinbouw	Zand	80	80	39	7900	1984-2004	0.18	0.26
Bloembollen	Duinzand	40	40	21	2400	1984-2004	-0.14	0.00

Pw-getal (mg P ₂ O ₅ /l grond)								
Bouwland	Zand	54	54	42	71000	1984-2004	0.44*	0.38
Bouwland	Zeeklei	34	34	17	50000	1984-2004	0.45*	0.38
Tuinbouw	Zand	84	84	50	7900	1984-2004	0.47*	0.31
Bloembollen	Duinzand	45	44	21	2400	1984-2004	-0.01	0.00
Continu mais	Zand	69 ^a	68 ^a	49 ^a	3400 ^a	1984-2004	-0.99*	0.80

* Significant (P<0.05). ^aBeschrijvende statistieken van 1988 tot 1989, helling van 1988 tot 2004



Figuur 21

Frequentieverdeling van fosfaattoestand voor continue snijmaisteelt in drie tijdvakken tussen 1988 en 2003 (Reijneveld et al., 2010c).

5.1.2 Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit

Het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB) bestaat uit een langjarig meetprogramma met circa tweehonderd locaties die voornamelijk op landbouwgrond liggen. Deze locaties zijn verdeeld in tien categorieën van grondgebruik/grondsoortcombinaties met elk twintig bedrijven. De locaties worden elke zes jaar bemonsterd. Momenteel zijn gegevens beschikbaar van de 1^e (1993-1997) en de 2^e (1999-2003) meetronde ((Bronswijk et

al., 2003; De Jong en van der Hoek, 2009)). In beide meetronden is de bodemlaag van 0-10 cm bemonsterd. De bodemmonsters zijn onder andere geanalyseerd op het organisch stof gehalte en P-AL-getal. Voor de vergelijking van de gehalten in de beide meetronden is uitsluitend gebruik gemaakt van bedrijven die in beide meetronden voorkwamen. Voor elke onderscheiden bedrijfstak betreft het hier een groep van 15-17 bedrijven. In Tabel 11 staat de gemeten gemiddelde en mediane P-AL-getal vermeld en de waargenomen verandering in P-AL-getal voor de zeven verschillende bedrijfstypen weergegeven. Op zandgrond werd bij alle bedrijfstypen een stijging van het P-AL getal gevonden tussen de beide meetreeksen. Op klei- en veengronden waren de veranderingen beperkt.

Tabel 11

Gemeten gemiddelde en mediane P-AL getal op LMB kernbedrijven in de 1e ronde en verandering in gemiddelde en mediane waarde in de 2e ronde (Bronswijk et al., 2003; De Jong en Van der Hoek 2009).

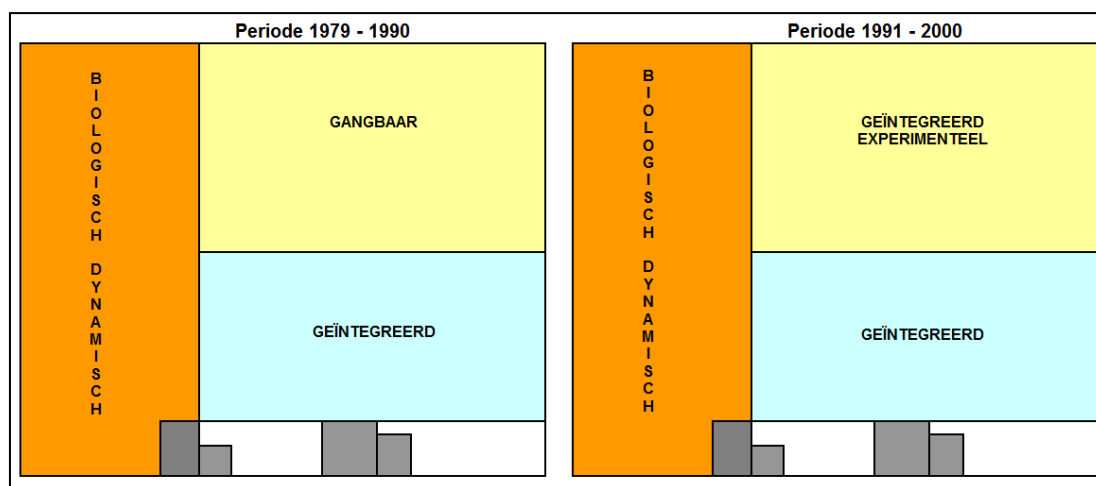
Bedrijfstak	Grondsoort	P-AL in 1 ^e ronde		Verandering P-AL (2 ^e tov 1 ^e ronde)	
		gem	mediaan	gem	mediaan
akkerbouw	zand	45	44	8	8
akkerbouw	zeeklei	49	48	0	2
melkveehouderij	rivierklei	29	26	-1	5
melkveehouderij	veen	41	37	-3	-2
melkveehouderij	zand	lage veedichtheid	40	7	7
melkveehouderij	zand	hoge veedichtheid	50	4	4
melkveehouderij	zand	met intensieve veehouderijtak	65	5	8

5.2 Fosfaat - Bedrijfssystemen

5.2.1 Bouwland: BSO Nagele

Het 72 ha grote OBS-proefbedrijf in Nagele (Noordoostpolder is sinds de ontginning (jaren '50) altijd proefbedrijf geweest. Aanvankelijk werd het onderzoek uitgevoerd door het toenmalige Instituut voor Bodenvruchtbaarheid (IB) te Haren. De locatie was opgedeeld in drie proefbedrijven met een verschillend organische stofbeheer. Vanaf 1979 werd op deze locatie het proefbedrijf Ontwikkeling Bedrijfs-Systemen (OBS). Aanvankelijk werd onderzoek gedaan naar drie verschillende bedrijfssystemen: Gangbaar, Geïntegreerd en Biologisch Dynamisch (Figuur 22, Tabel 12). In 1991 werd de opzet gewijzigd; de akkerbouwtak en veehouderijtak van het biologische bedrijf werden ontmengd en het gangbare bedrijfssysteem werd omgevormd naar een geïntegreerd experimenteel systeem (Wijnands en Dekking, 2002b; Wijnands en Dekking, 2002a).

Op de bedrijfssystemen werden de voor de centrale zeeklei meest geteelde gewassen verbouwd. Op het biologische bedrijf lag een 6-jarige vruchtwisseling met 50% maaigewassen en 50% rooigewassen. Op de geïntegreerde systemen lag in beide gevallen een 4-jarige vruchtwisseling met slechts 25% graan. In alle systemen werden, waar het oogsttijdstip van het hoofdgewas dit toeliet, groenbemesters ingezet.



Figuur 22
Ligging van de systemen.

Tabel 12
Vruchtwisseling 1991-2000.

Jaar	Biologisch	Geïntegreerd	Geïntegreerd-experimenteel
1	Pootaardappelen	Consumptieaardappel	Consumptieaardappel
2	Gras-klaver	Suikerbiet	Suikerbiet
3	Knolselderij/Zaaiui	Winterpeen	Witlof
4	Zomertarwe	Wintertarwe	Zomergerst
5	Winterpeen	Pootaardappel	Pootaardappel
6	Conservenerwt	Suikerbiet	Suikerbiet
7		Zaaiui	Zaaiui
8		Wintertarwe	Wintertarwe

De bemestingsstrategie op het biologische bedrijf was vooral afgestemd op de N-behoefte van de gewassen. Hier werd gebruik gemaakt van de vaste geitenmest afkomstig van een naburig koppelbedrijf. De bemestingsstrategie op het geïntegreerde bedrijf was gebaseerd op de inzet van kippendrijfmest in het voorjaar. De dierlijke mestgift was afgestemd op fosfaatbehoefte van het bouwplan (aanvoer-afvoer). Deze werd vlak voor de zaai- of pootbedbereiding van de aardappelen en de suikerbieten gegeven met een sleepslangenmachine. In die tijd was de praktijk nog zeer terughoudend met voorjaarstoepassing. Deze techniek is op de zware zavelgrond met een afslibbaarheid van 32% echter steeds goed uitvoerbaar gebleken. De overige gewassen ontvingen alleen kunstmest. Op het experimentele bedrijf werd van 1991 tot 2000 onderzoek gedaan naar de langjarige effecten van twee bemesting strategieën. Een strategie met alleen kunstmest werd vergeleken met een strategie waar dierlijke mest (kippendrijfmest) in het voorjaar aan de basis stond.

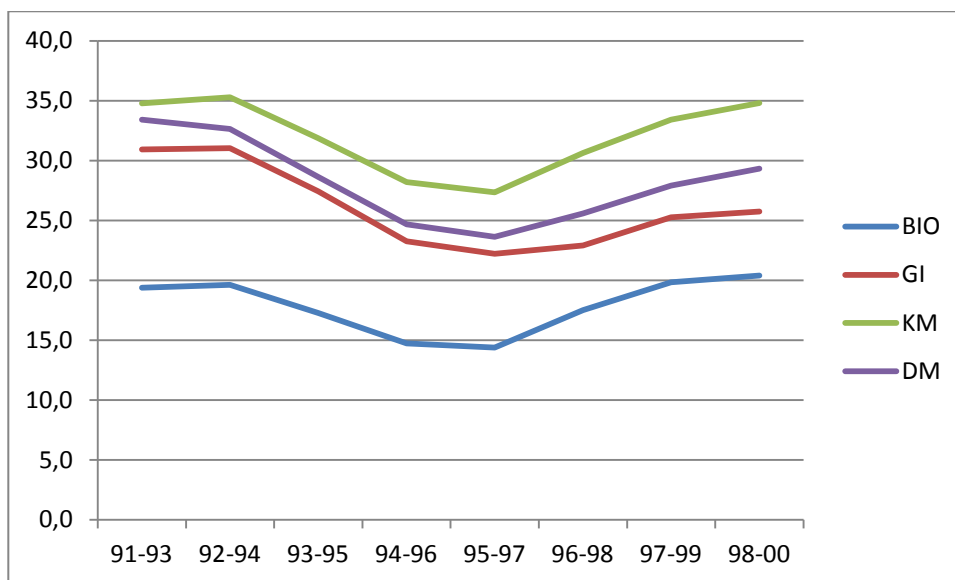
In de geïntegreerde systemen werd gedurende de eerste rotatie een evenwichtsbemesting toegepast. In deze periode liep de Pw enigszins terug en dreigde onder de streefwaarde van 20-30 te komen. Daarom is de fosfaatgift met 20 kg/ha verhoogd; dit werd het onvermijdbaar verlies genoemd. Vervolgens begon de Pw weer te stijgen.

In tabel 13 is de fosfaatbalans weergegeven. De fosfaataanvoer is gebaseerd op daadwerkelijk gegeven hoeveelheden mest en de daarin gemeten mineralengehalten. Bij de afvoer is gerekend met de daadwerkelijke opbrengst en forfaitaire mineralengehalten in het geoogste product.

Tabel 13

Fosfaatbalans (kg P₂O₅/ha).

	Biologisch	Geïntegreerd	Experimenteel	Experimenteel
			Kunstmest	Drijfmest
Aanvoer kunstmest	0	15	72	13
Aanvoer dierlijke mest	61	61	0	63
Aanvoer depositie	3	3	3	3
Totaal	64	79	75	79
Afvoer	50	68	60	61
Berekend overschot	15	11	15	18



Figuur 23

Ontwikkeling Pw-getal.

5.2.2 Bouwland: BSO Vredepeel

Sinds 1989 vindt op proefboerderij Vredepeel bedrijfssystemenonderzoek (BSO) plaats op semi-praktijkschaal. Proefboerderij Vredepeel (nabij Venray) ligt op een Peel-ontginningsgrond in het zuidoostelijk zandgebied. De percelen op het bedrijf zijn goed ontwaterd. Aanvankelijk was het onderzoek gericht op de ontwikkeling van geïntegreerde bedrijfssystemen voor de akkerbouw (inclusief akkerbouwmatige groenteteelt), maar vanaf 1993 is ook een biologisch bedrijfssysteem opgenomen.

Tot 2000 lagen de perceelstroken met verschillende geïntegreerde systemen en het biologische systeem door elkaar heen. Vanaf 2000 is het biologische systeem op een aparte plaats neergelegd, gescheiden van de geïntegreerde systemen en is de geïntegreerde proefkavel opnieuw ingedeeld. De indeling van de

bedrijfssystemen over de perceelstroken vóór 2000 valt niet samen met de indeling vanaf 2000. In dit document wordt alleen ingegaan op de percelen van de geïntegreerde proefkavel.

In de jaren '90 lag het accent van het BSO op geïntegreerde gewasbescherming. Van 1993 tot 1999 werden twee geïntegreerde systemen vergeleken met een gangbaar systeem, met de doelstellingen van MJPG-2000. Voor de aanvoer van fosfaat werd een overschot van 20 kg gehanteerd. Er waren weinig verschillen in bemesting tussen de systemen. Wel was er een verschil in rotatie: twee systemen betroffen een vierjarige rotatie en één (extensiever) systeem een zesjarige rotatie.

Vanaf 2001 verschoof het accent naar de nutriëntenproblematiek. Het gekozen bouwplan was als volgt: aardappel laat – suikerbiet – triticale – waspeen – aardappel – suikerbiet – snijmaïs – dubbelteelt doperwt en stamslaboon. In het project Telen met toekomst (Tmt: 2001 t/m 2003) zijn de volgende geïntegreerde bedrijfssystemen vergeleken:

- Synthese (S): een systeem dat het dichtste bij de toenmalige, gangbare praktijk stond, echter met fosfaatevenwichtsbemesting (fosfaataanvoer gelijk aan fosfaatafvoer). Er zijn geen groenbemesters in het bouwplan opgenomen.
- Analyse 1 (A1): een experimenteel systeem met beproeving van nieuwe bemestingstechnieken en inzet van groenbemesters als N-vanggewas na oogst, indien de aaltjessituatie dit toeliet. De fosfaatbemesting was erop gericht om maximaal de helft aan te voeren van de afvoer via de geoogste producten, om de fosfaattoestand versneld te laten dalen. Er is geen dierlijke mest gebruikt, behalve de dunne fractie van varkensdrijfmest.
- Analyse 2 (A2): idem A1, maar met nog verdergaande maatregelen. De stikstofbemesting was wat lager dan in A1 en er zijn meer groenbemesters als N-vanggewas geteeld. Van de dubbelteelt doperwt-stamslaboon in S en A1 werd in A2 stamslaboon vervangen door een groenbemester (bladrammenas). Er is gestreefd naar een minimale fosfaataanvoer (alleen startgiften aan enkele gewassen). Na aardappel is stro ingewerkt om stikstof (tijdelijk) vast te leggen gedurende de winterperiode. Er is uitsluitend kunstmest gebruikt.

Van 2005 t/m 2008 kreeg het nutriëntenonderzoek een vervolg in het project Nutriënten Waterproof (NWP). Hierin is een intensief bouwplan samengesteld met een hoog aandeel uitspoelingsgevoelige gewassen: aardappel – triticale – lelie – dubbelteelt doperwt en winterprei – snijmaïs – suikerbiet. Er zijn geen groenbemesters als N-vanggewas geteeld (alleen de verplichte groenbemester na maïs). Er zijn twee geïntegreerde bedrijfssystemen vergeleken:

- Geïntegreerd Intensief Hoog (GI-Hoog): streven naar voldoende aanvoer van organische stof naar de bodem, op peil houden van de bodemmineralisatie en fosfaatevenwichtsbemesting.
- Geïntegreerd Intensief Laag (GI-Laag): verlagen bodemmineralisatie door minimale aanvoer van organische stof en versnelde afname van de fosfaatvoorraad in de bodem door minder fosfaat aan te voeren dan er wordt afgevoerd. Deze variant komt eigenlijk neer op uitmijnen van de bodem.

Bij beide varianten is ernaar gestreefd om totaal evenveel werkzame stikstof ter beschikking te stellen aan het gewas (inclusief stikstof uit mineralisatie en depositie). Voor de N-bemesting is een N-balansmethode gebruikt of een N-bijmeststelsel (indien beschikbaar voor het betreffende gewas).

De perceelstroken waarop deze systemen zijn toegepast lagen om en om naast elkaar. Totaal betrof het zes stroken per systeem (één voor elk gewas van de zesjarige rotatie). Systeem GI-Hoog is uitgevoerd op dezelfde stroken als Tmt-systeem S en systeem GI-Laag op dezelfde stroken als Tmt-systeem A1. De stroken van Tmt-systeem A2 werden in NWP gebruikt voor deelonderzoek binnen GI-Laag. Op deze stroken is organische stof en fosfaat in de bodem niet meer gemeten. In het vervolg van dit document wordt ingegaan op het verloop van de fosfaattoestand (Pw) en het organische stofgehalte in de bodem gemiddeld over de perceelstroken van de systemen S/GI-Hoog en A1/GI-Laag.

Fosfaattoestand

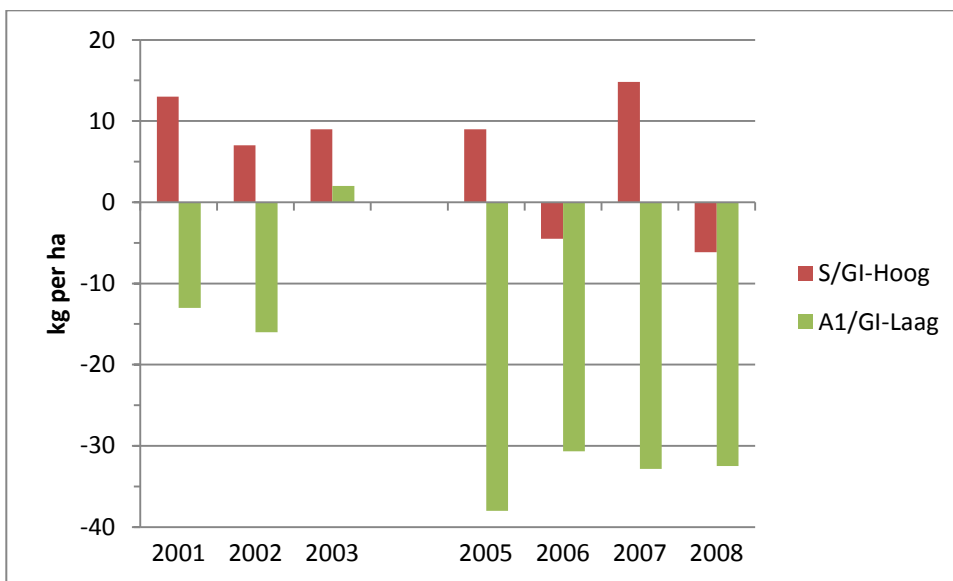
In het BSO te Vredepeel is gestreefd naar een daling van de bij de aanvang van het onderzoek (1989) nog hoge fosfaattoestand van de percelen (Pw-getal van rond de 65) tot landbouwkundig streefniveau voor dekzandgrond (Pw 30-45). De eerste jaren is daarvoor een fosfaatevenwichtsbemesting gehanteerd (fosfaataanvoer niet hoger dan de -afvoer). Omdat de Pw vrij snel daalde, is vanaf 1996 gestreefd naar een overschot van 20 kg P₂O₅ per ha, de zogenaamde MINAS verliesnorm. Daadwerkelijk werd in de periode 1996 t/m 1999 een berekend overschot gerealiseerd van gemiddeld 27 tot 29 kg P₂O₅ per ha, afhankelijk van het bedrijfssysteem. Deze afwijking ontstond doordat de gerealiseerde opbrengst niet altijd overeenkomt met de geplande opbrengst.

In Tmt en NWP is op de percelen van S/GI-Hoog weer een fosfaatevenwichtsbemesting gehanteerd. Daadwerkelijk is een licht overschot gerealiseerd van gemiddeld 10 kg P₂O₅ per ha in de Tmt-periode en gemiddeld 3 kg P₂O₅ per ha in de NWP-periode (Figuur 24).

Op de percelen van A1/GI-Laag is een overschot gerealiseerd van gemiddeld -9 kg P₂O₅ per ha in de Tmt-periode (voor A2 was dit -40 kg P₂O₅ per ha) en gemiddeld -34 kg P₂O₅ per ha in de NWP-periode.

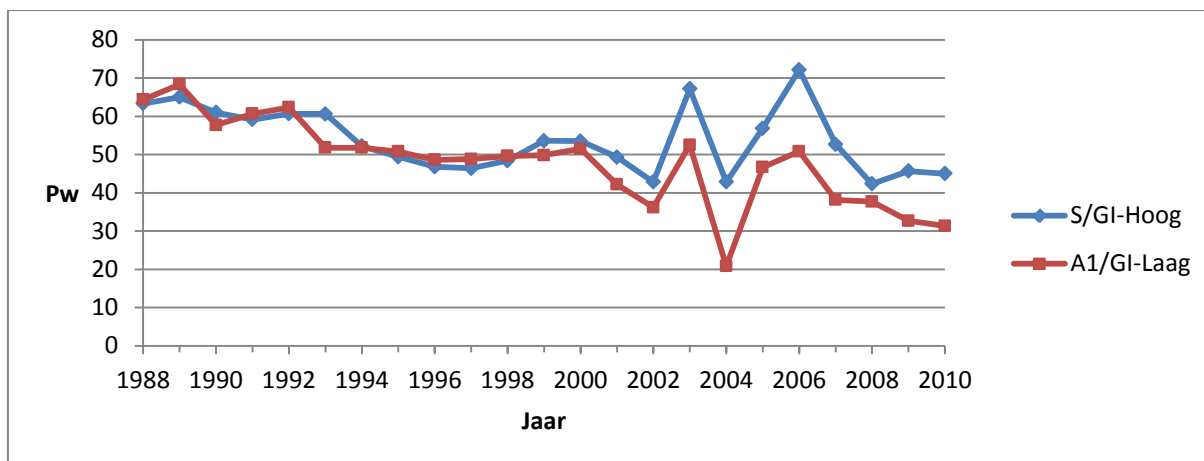
Van 2004 (een tussenjaar) zijn er geen gegevens.

In Figuur 25 is het Pw-verloop weergegeven van 1988 t/m 2010. In de periode 2003 t/m 2006 vertoonde de Pw-cijfers sterke jaarlijkse fluctuaties c.q. uitschieters. Hier is geen goede verklaring voor. Mogelijk hangt het samen met de overgang bij Blgg AgroXpertus van de klassieke Pw-bepaling naar de berekende Pw uit P-PAE en P-AI, maar sinds 2006 is in NWP de Pw weer volgens de klassieke methode gemeten. In elk geval blijkt wel uit de grafiek dat het negatieve fosfaatoverschot bij A1/GI-Laag (ingezet sinds 2001) direct tot een lager Pw-getal leidde. In de laatste drie jaar (2008 t/m 2010) lijkt de Pw bij S/GI-Hoog zich te stabiliseren op een niveau van rond de 45, terwijl de Pw bij A1/GI-Laag gestaag verder daalt.



Figuur 24

Jaarlijks fosfaatoverschot (kg P₂O₅ per ha) in de periode 2001 t/m 2008 op de BSO-percelen van de bedrijfssystemen S/GI-Hoog en A1/GI-Laag te Vredepeel (gemiddelde van zes stroken per systeem).



Figuur 25

Verloop van het Pw-getal op de BSO-percelen van de bedrijfssystemen S/GI-Hoog en A1/GI Laag te Vredepeel (gemiddelde van zes stroken per systeem).

Gewasopbrengst en -kwaliteit

Zowel in de periode 1993 t/m 1999 als in de Tmt-periode was er gemiddeld genomen geen wezenlijk verschil in gewasopbrengst en -kwaliteit tussen de verschillende, vergeleken bedrijfssystemen. In NWP, alsook daarna in 2009 en 2010, waren op twee van de zes percelen de gewasproductie en N-opname bij GI-Laag structureel lager dan bij GI-Hoog. Dit verschil bedroeg gemiddeld 9% over de periode 2005 t/m 2010 op basis van drogestofopbrengst van het geogoste product. Het verschil in N-opname (in het geogoste product) bedroeg gemiddeld 10%.

Op de overige percelen waren de verschillen tussen GI-Laag en GI-hoog wisselend en kleiner. De suikeropbrengst van bieten bleef bij GI-Laag veelal wel iets achter bij die van GI-Hoog. Qua kwaliteit van de geogoste producten was er geen wezenlijk verschil tussen de twee systemen.

Het is niet duidelijk waarom er op twee percelen een vrij sterk verschil optrad tussen GI-Hoog en GI-Laag en op de andere percelen niet. Als de lagere productie en N-opname een gevolg zijn van een lagere mineralisatie en/of lagere fosfaatvoorziening bij GI-Laag, dan zou dit ook in mindere of meerdere mate op andere percelen tot uiting moeten komen en dat was niet het geval. De organische stofgehalten van de individuele percelen, de textuur en indicatoren van de chemische bodemvruchtbaarheid, geven evenmin een verklaring voor het verschil. Fysische en biologische indicatoren zijn in NWP niet gemeten. Enige, mogelijk aanknopingspunt is dat de betreffende percelen wat droogtegevoeliger en stuifgevoeliger zijn.

Vermoedelijk ligt op de betreffende twee percelen het opbrengstplafond bij GI-Laag door andere, bodemgerelateerde factoren, lager. Een vraag voor vervolgonderzoek is welke factoren dit zijn en of er een verband (interactie) is met de terughoudende organische-stoftoevoer naar de bodem.

5.2.3 Bouwland: BSO Meterik en Westmaas

Op de locaties Meterik (dekzand) en Westmaas (zeeklei) heeft bedrijfsystemenonderzoek plaatsgevonden in vollegrondsgroenten. De resultaten van fosfaatoverschotten en verloop fosfaattoestand zijn beschreven in Van Dijk et al. (2007).

In Tabel 14 is de ontwikkeling van de Pw weergegeven op de drie genoemde locaties. In Meterik heeft er door de hoge fosfaattoestand vrijwel geen fosfaatbemesting plaatsgevonden. Dit leidde tot een negatief overschot van ruim -25 kg P₂O₅ per ha per jaar. De Pw veranderde hierdoor echter niet.

Te Westmaas is aanvankelijk (1990-1994) een fosfaatevenwichtsbemesting (aanvoer = afvoer) gehanteerd. Toen dit leidde tot een daling van de Pw tot onder de landbouwkundige streefwaarde, is in 1994 (jaar 4) een reparatiebemesting uitgevoerd van 280 kg P₂O₅ per ha. Daarna is een overschot gehanteerd van 20 kg P₂O₅ per ha per jaar. De Pw is daarna weinig veranderd.

Tabel 14

Ontwikkeling van het Pw-getal (gemiddelde waarde van steeds drie opeenvolgende jaren) van de locaties Meterik en Westmaas voor PPO-bedrijfssysteemonderzoek (Bron: Van Dijk et al., 2007).

	Meterik (dekzand)	Westmaas (zeeklei)
Fosfaatoverschot (kg P ₂ O ₅ /ha/jaar)	-27*	+30
Startjaar	1990	1990
Pw		
Jaar 1 t/m 3	122	27
Jaar 4 t/m 6	117	24
Jaar 7 t/m 9	126	26
Jaar 10 t/m 12	133	

* Overschot exclusief P in perspotten

5.2.4 Melkveehouderij: De Marke

Op het melkveehouderij proefbedrijf De Marke wordt sinds 1989 fosfaatevenwichtsbemesting toegepast (Verloop et al., 2010). De fosforvoorziening van alle gewassen werd volledig uitgevoerd met dierlijke mest. Kunstmestfosfaat werd niet gebruikt. Permanent grasland kreeg een jaarlijkse fosfaatgift van 35 kg P/ha, en grasland in vruchtwisseling ontving tussen de 36 en 46 kg P/ha. Bouwland, voornamelijk snijmaïs, kreeg in het eerste jaar van de vruchtwisseling 5 tot 12 kg P/ha, en in de latere jaren tussen de 12 en 22 kg P/ha. Na zeventien jaar evenwichtsbemesting daalde de fosfaattoestand op grasland (P-AL) en bouwland (Pw) met 25% (Tabel 15). De gehalten aan totaal-P daalden over dezelfde periode met 16%. Op percelen met een relatief hoge initiële fosfaattoestand daalde de fosfaattoestand sneller dan op percelen met een relatief lage initiële fosfaattoestand (Figuur 26). Op percelen met een lage initiële fosfaattoestand daalde de fosfaattoestand niet verder.

Bij voortgezette evenwichtsbemesting, is de verwachting dat het Pw cijfer op bouwland stabiliseert rond de 20, en het P-AL-getal op grasland rond de 30 à 40. De daling van de hoeveelheden totaal-P en beschikbaar P hadden geen invloed op de gewasopbrengst, noch op de P-concentratie in het grondwater.

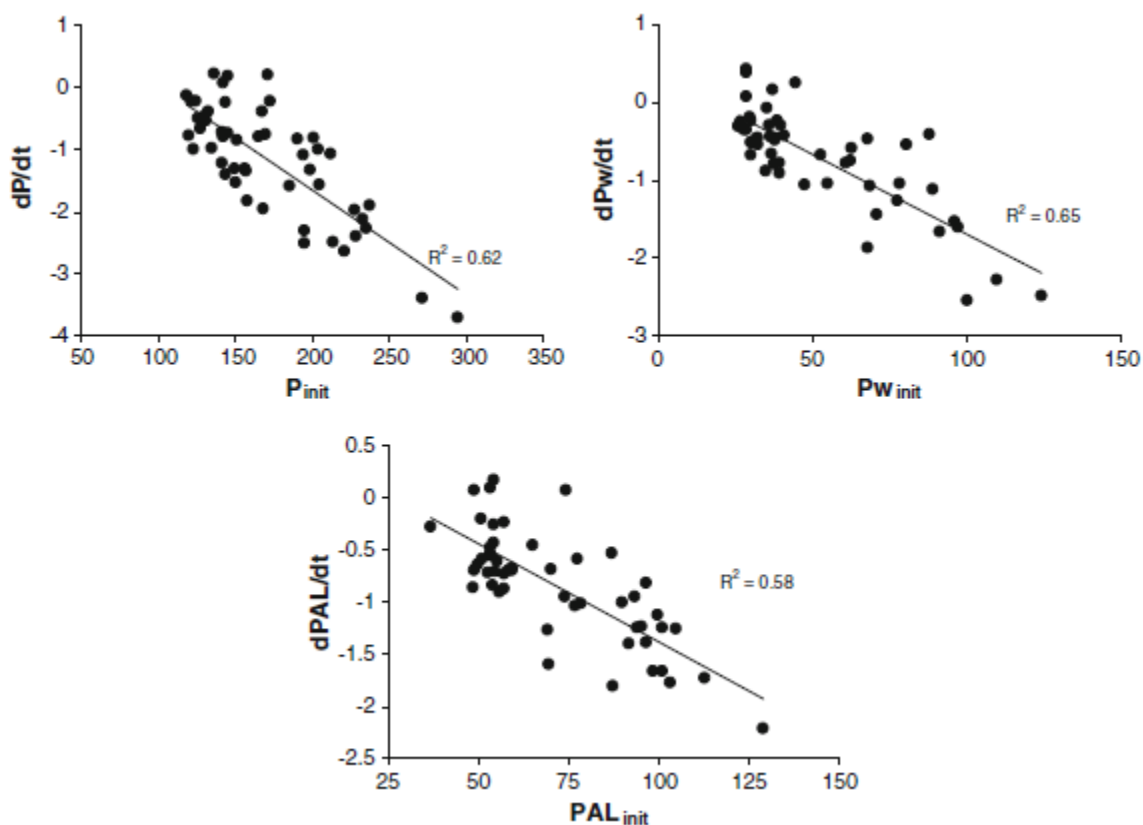
De jaarlijkse opbrengsten vertoonden een grote variatie, maar een verband met de fosfaattoestand kon niet worden aangetoond, ook niet na correctie voor drie weertypen die een verschillend productiepotentieel weerspiegelen.

De analyse van de stikstof- en fosforgehalten in het gewas wezen op een lage N/P verhouding (< 11), hetgeen aangeeft dat stikstof eerder beperkend was voor de gewasgroei dan fosfor.

Tabel 15

Ontwikkeling van fosforoverschot (kg P/ha/jaar), fosfaattoestand, gewasopbrengst en fosfor in grondwater (mg P/l) (Verloop et al., 2010).

Jaar	Overschot	P-toestand			Opbrengst		P grondwater
		P	Pw	P-AL	P	DS	
1989	-	169	57	75	-	-	0.04
1993	0	-	-	-	33	11.1	0.01
1994	6	165	49	69	34	9.6	0.01
1995	0	166	42	64	28	9.1	0.02
1996	1	162	44	65	26	9.4	0.02
1997	1	164	44	65	29	10.6	0.10
1998	1	160	48	61	29	9.2	0.02
1999	4	161	45	65	32	10.6	0.03
2000	-4	162	38	57	36	11.9	0.02
2001	-7	158	46	63	36	11.9	0.04
2002	-2	151	47	63	34	11.7	0.02
2003	-4	160	46	60	28	9.8	0.04
2004	-4	159	41	62	33	10.9	0.02
2005	1	154	38	61	33	11.1	0.03
2006	-2	142	42	56	28	9.4	0.02



Figuur 26

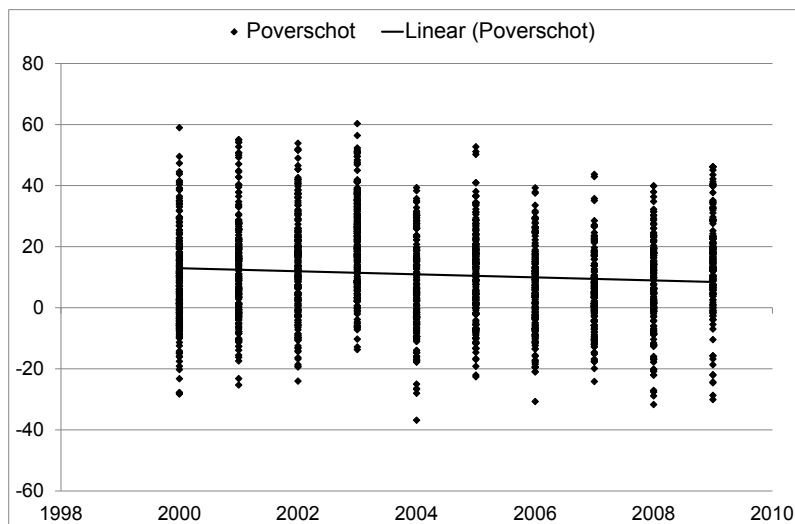
Gemiddelde jaarlijkse verandering van fosfaattoestand als functie van de initiële fosfaattoestand, De Marke (Verloop et al., 2010).

5.2.5 Melkveehouderij: Koeien en Kansen

De dataset van Koeien en Kansen bevat 2256 analyses tussen 2000 en 2009, uitgevoerd op tien bedrijven op zand, één op löss, drie op klei, één klei-op-veen en twee op veen. Het aantal percelen dat is bemonsterd verschilt van jaar tot jaar. Voor deze rapportage zijn percelen geselecteerd die minimaal vijf keer zijn geanalyseerd. Bovendien zijn de analyses met P-AL-getallen boven 140 niet meegenomen. Deze komen vooral van een bedrijf dat in het begin afvalslib heeft gebruikt. Er blijven dan nog 1475 records over. In 2001 is de bemonsteringsdiepte van grasland veranderd van 0-5 tot 0-10 cm. In dat overgangsjaar zijn beide diepten bemonsterd. Gemiddeld was het P-AL-getal in 0-5 cm 41,3 en in 0-10 cm 42,8. Omdat ze nagenoeg gelijk zijn, is hier verder geen rekening mee gehouden.

Overschotten

Het gemiddelde fosforoverschot van de percelen daalde tussen 2000 en 2009 van 15 naar 10 kg/ha (~van 35 naar 12 kg fosfaat/ha) (Figuur 27). De aanvoer van drijfmest bleef vrijwel gelijk (~40 kg P/ha), terwijl de aanvoer van kunstmest (~van 5 naar 1 kg P/ha) en weidemest (~van 15 naar 10 kg P/ha) daalde. De afvoer via gewas daalde van gemiddeld 45 naar 42 kg P/ha.

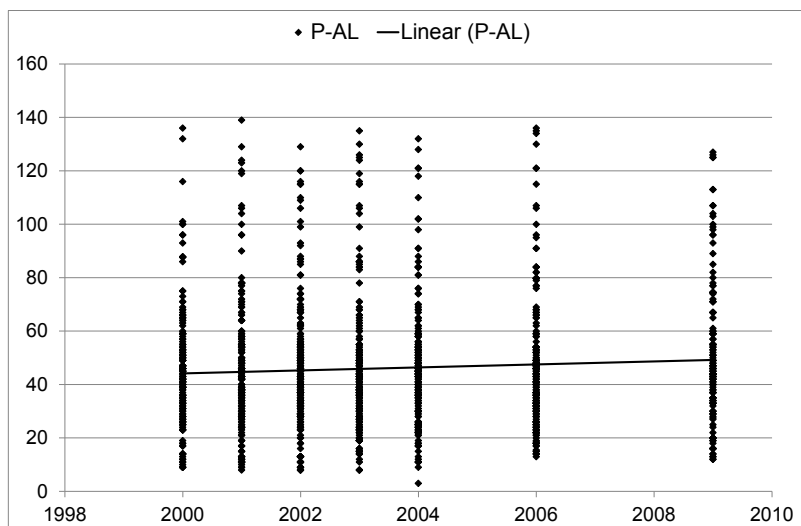


Figuur 27

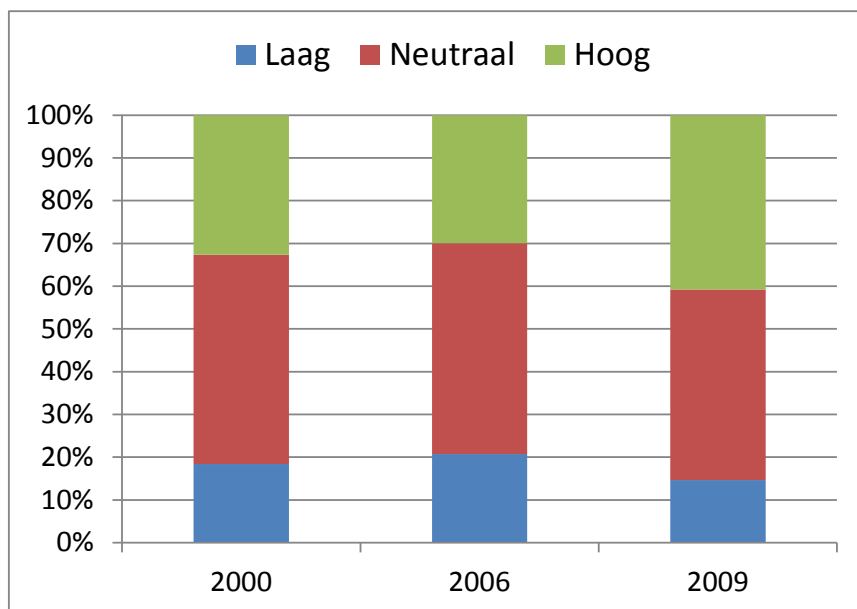
Ontwikkeling fosforoverschot (kg/ha) van grasland op K&K bedrijven.

Fosfaattoestand

Het gemiddelde P-AL getal nam toe van iets boven de 40 tot rond de 45 (Figuur 28). De P-AL-getallen liepen uiteen van ongeveer 10 tot 140. In 2000 en 2006 was de verdeling over drie klassen (laag, neutraal, hoog) vrijwel gelijk, maar in 2009 nam het aantal percelen in de klasse hoog toe, en in de klasse laag af (Figuur 29).

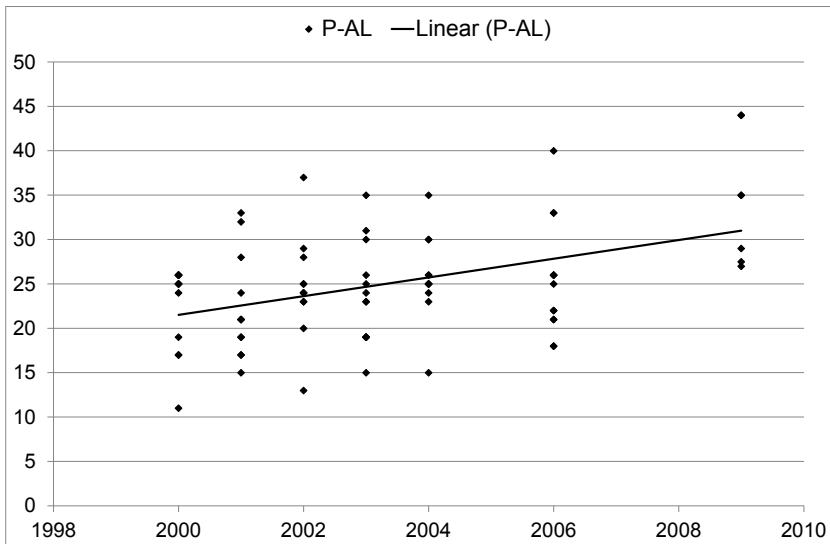


Figuur 28
 Ontwikkeling P-AL-getal grasland op K&K bedrijven.



Figuur 29
 Frequentieverdeling van het P-AL-getal op grasland van K&K bedrijven (laag < 27; neutraal 27 - 50; hoog > 50).

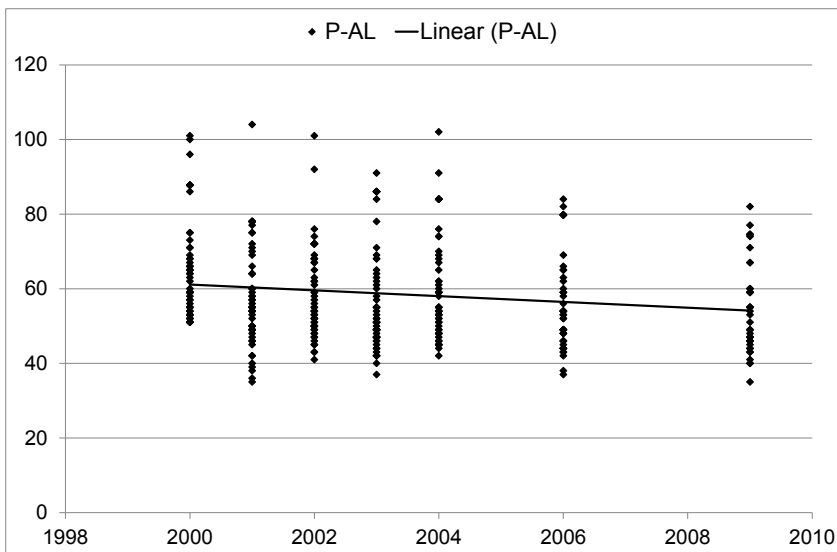
De variatie van de gepresenteerde parameters is enorm groot. Percelen met een laag P-AL-getal in het eerste jaar, vertonen over het algemeen een stijgend P-AL-getal in de jaren daarna. Opmerkelijk is dat deze percelen een nog sterker dalend fosforoverschot hebben, in vergelijking met het gemiddelde van alle percelen.



Figuur 30

Ontwikkeling fosfaattoestand (P-AL-getal) van percelen met een laag P-AL-getal (<27) in 2000. Het bedrijf met fosfaatfixerende rivierklei is niet meegenomen.

Andersom laten percelen met een hoog P-AL-getal in het uitgangsjaar, een daling zien (Figuur 31). Het fosfaatoverschot op deze percelen is gelijk gebleven, op een niveau van ongeveer 9 kg P/ha.

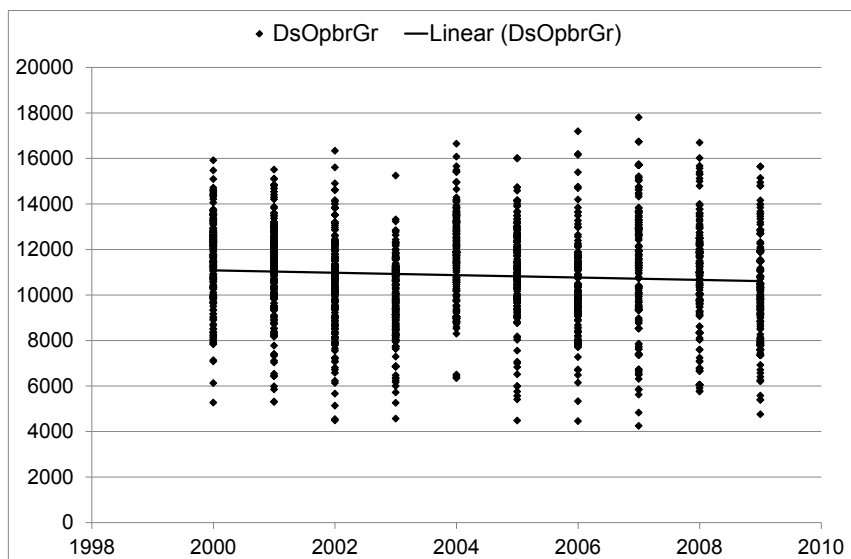


Figuur 31

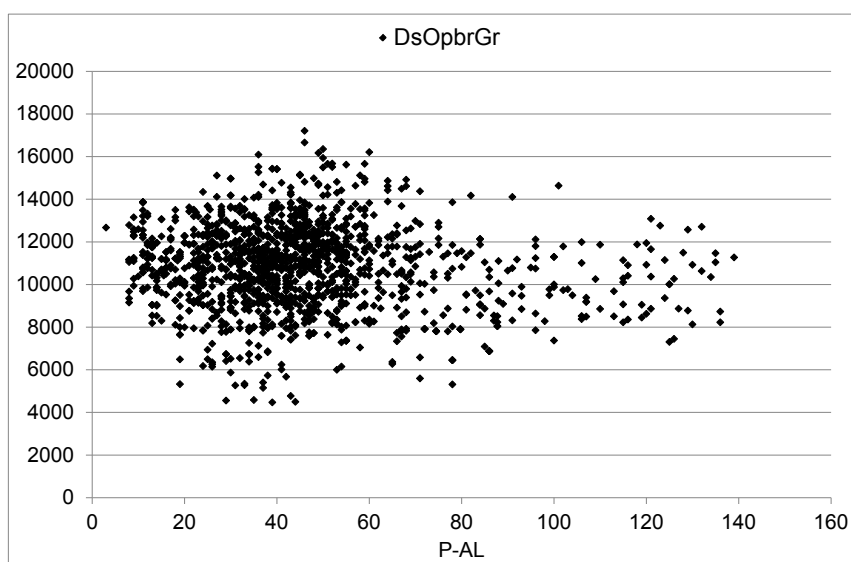
Ontwikkeling fosfaattoestand (P-AL-getal) van percelen met een hoog P-AL-getal (>50) in 2000. Het bedrijf met fosfaatfixerende rivierklei is niet meegenomen.

Gewasopbrengst

De droge-stofopbrengst van de percelen daalde van ongeveer 11 naar 10,5 ton per ha (Figuur 32). Enig verband tussen opbrengst en P-AL getal lijkt echter niet aannemelijk (ffiguur 33). Waarschijnlijk is de daling van de stikstofaanvoer en het weer van groter belang.



Figuur 32
Ontwikkeling droge-stofopbrengst (kg/ha) van grasland op K&K bedrijven.



Figuur 33
Verband tussen droge-stofopbrengst (kg/ha) en P-AL-getal.

5.3 Fosfaat-onderzoek

5.3.1 Bouwland: veeljarige veldproeven

Langetermijn effecten van fosfaatgiften worden onderzocht op veeljarige veldproeven te Lelystad, Marknesse en Wijster (Ehlert et al., 2007).

In Lelystad is het proefveld in 1987 aangelegd. Er zijn vier fosfaattoestanden (P1 t/m P4) gecreëerd door verschillen in fosfaatbemesting (70, 140, 280 en 560 kg P₂O₅ per ha in 1987 en 1988; 0, 100, 200 en 300 kg P₂O₅ per ha in 1989). Daarna is jaarlijks een fosfaatbemesting toegepast van 0, 70, 140 en 280 kg P₂O₅ per ha. Jaarlijks is de gewasopbrengst, fosfaatafvoer met geoogst product en de fosfaattoestand van de bodem gevolgd. Gemiddeld over de periode 1990-2010 bedroeg het fosfaatoverschot -37, 25, 91 en 215 kg P₂O₅ per ha.

In Marknesse wordt vanaf 1972 een veeljarige fosfaathoeveelheden veldproef uitgevoerd waarbij vanaf 1990 de effecten van fosfaatevenwichtsbemesting worden bestudeerd op opbrengst en wijziging in fosfaatfracties worden onderzocht. Jaarlijkse fosfaatgiften zijn 0, 80, 160 en 240 kg P₂O₅/ha en evenwichtsbemesting (M, maintenance).

In Wijster wordt vanaf 1972 een veeljarige fosfaathoeveelheden veldproef uitgevoerd waarbij over een langere periode 1972-1996 de fosfaatgift van 45 kg P₂O₅/ha overeen kwam met het veeljarige gemiddelde van de fosfaatafvoer. Door opbrengststijging neemt ook de fosfaatafvoer toe. De effecten van die toename worden bestudeerd bij fosfaatgiften van 0, 45, 90, 180 en 240 kg fosfaat. Het effect van fosfaatvorm en tijdstip van toediening van fosfaat op opbrengst en fosfaatopname werd ook onderzocht.

Verloop fosfaattoestand

In Figuur 34 t/m Figuur 36 is het verloop van de fosfaattoestand (Pw-getal) weergegeven op de drie locaties. De verschillen in fosfaatbemesting- en overschot hebben tot duidelijke verschillen in fosfaattoestand geleid. Het verloop is grillig doordat gewassen jaarlijks verschilden waardoor de fosfaatafvoer en daardoor het netto fosfaatoverschot jaarlijks verschilde. Ook werd op onderscheidenlijke tijdstippen bemonsterd.

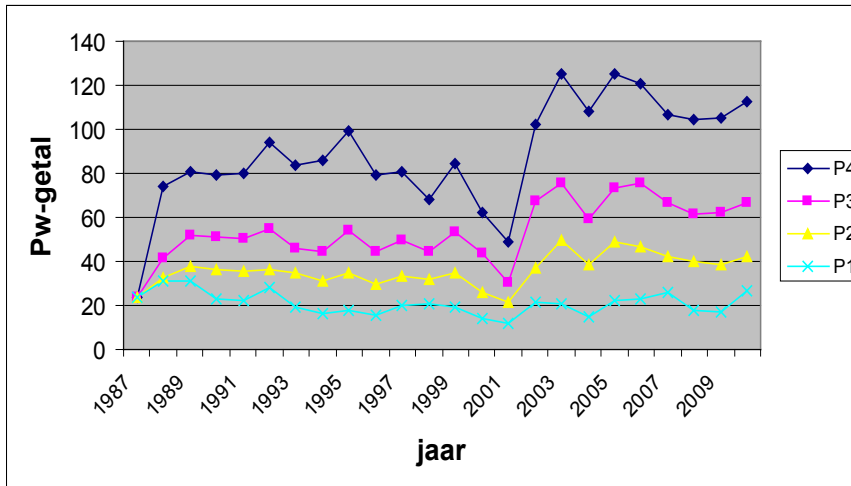
In Lelystad was er in de opbouwfase (1987-1989) bij de hoogste fosfaatniveaus sprake van een snelle stijging van het Pw-getal, waarna deze zich stabiliseerde. Eind jaren negentig werd vooral bij de hoogste fosfaatniveaus een daling waargenomen. Daarna steeg het Pw-getal weer tot waarden van circa 40, 65 en 115 voor respectievelijk P2, P3 en P4 in 2010. Voor deze fluctuaties is niet direct een verklaring te geven. Bij het onbemeste object (P1) daalde de Pw-getal aanvankelijk licht waarna deze na 2001 weer licht steeg tot een waarde zoals bij de start van het project. Mogelijk wijst dit op nalevering door de bodem, maar er zijn ook andere factoren die een invloed hebben kunnen uitoefenen. Deze factoren zijn nog in onderzoek.

Uit het Pw-verloop in Marknesse blijkt dat de verschillen in fosfaatbemesting vooral in de eerste twee rotaties (acht jaar) hebben geleid tot verschillen in Pw. Daarna bleef de Pw per behandeling redelijk stabiel. De laatste vijf jaar is er bij de hoogste fosfaatbemestingen sprake van een daling van de Pw. Dit valt samen met wijzigingen in het bouwplan en de teelt. Bij fosfaatevenwichtsbemesting (M) werd het Pw-uitgangsniveau gehandhaafd.

Ook op de locatie Wijster leidden verschillen in bemesting tot verschillen in Pw-verloop. Bij de hoogste fosfaatbemestingen (180 en 240 kg P₂O₅/ha) steeg de Pw tot waarden van circa 45 en 65 in midden jaren negentig. De laatste vijf jaar was er sprake van een dalende trend. Evenals in Marknesse bleef de Pw redelijk stabiel in geval van evenwichtsbemesting.

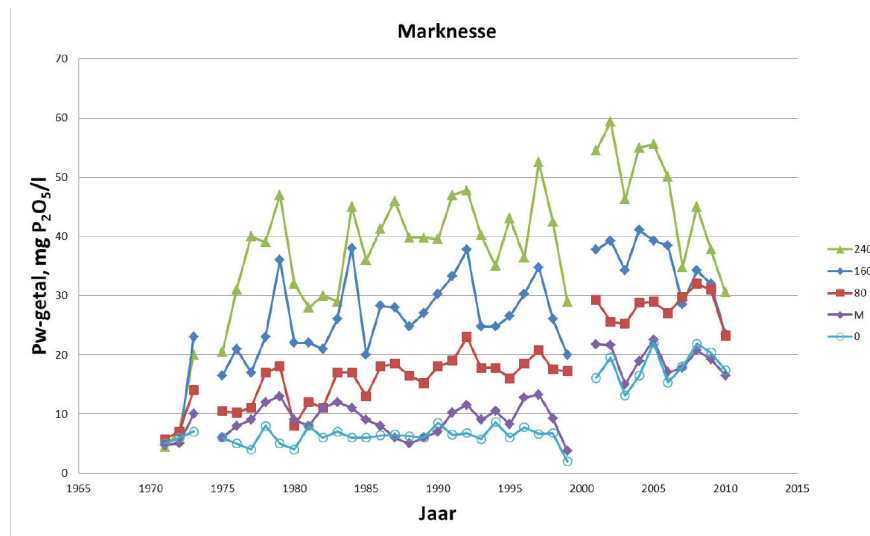
Op alle drie locaties bleek dat het jarenlang onthouden van fosfaat (nulbemesting) niet heeft geleid tot een daling van de fosfaattoestand gegeven de al lage fosfaattoestand van het uitgangsniveau.

In de figuren is het verloop van het Pw-getal weergegeven. In het onderzoek is ook het PAI-getal bepaald. Hierbij werden dezelfde trends waargenomen als bij het Pw-getal.



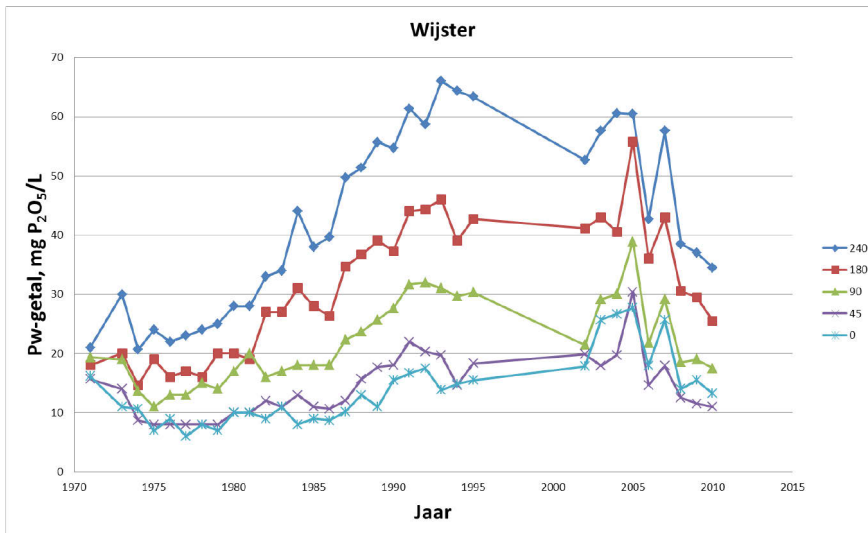
Figuur 34

Verloop Pw-getal te Lelystad in relatie tot langjarige fosfaatbemesting (P1, P2, P3, P4 = respectievelijk 0, 70, 140 en 280 kg P₂O₅ per ha per jaar) voor de periode 1987-2010 (boven) en verloop Pw-getal na stoppen fosfaatbemesting vanaf 2005 bij de objecten P2 en P4 (onder).



Figuur 35

Verloop van de fosfaattoestand op de kalkhoudend lichte zeeklei te Marknesse bij vijf fosfaatgiften. M is de gift die de fosfaatafvoer vanaf 1990 compenseert, daarvoor werd gemiddeld 140 kg P₂O₅/ha gegeven.



Figuur 36

Verloop van de fosfaattoestand op dekzand te Wijster bij giften. Tot 1996 was de gemiddelde fosfaatafvoer 45 kg P_2O_5 /ha/jaar, daarna nam de fosfaatafvoer toe. In de periode 1996-2001 werden geen waarneming gedaan.

Het onderzoek geeft ook aan dat vergelijkbare fosfaatoverschotten leiden tot onderscheidenlijk fosfaatgedrag in bodems die vergelijkbaar zijn qua grondsoort, gehalten aan koolzure kalk, organische stof en lutum. Dit is geïllustreerd in Tabel 16 voor de locaties Lelystad en Marknesse. Zo leidden een hoge fosfaatbemesting in Lelystad tot een sterkere stijging van het Pw-getal dan in Marknesse. In Lelystad leidde dit, in tegenstelling tot Marknesse, ook tot een hoger fosfaatgehalte in het bodemvocht (op 25 cm) en een hoger Pw-getal in de ondergrond.

Tabel 16

Fosfaatgehalte in het bodemvocht (35 cm, winter 2006-2007), Pw-getal in de laag 0-25 en 30-40 cm (herfst 2006), fosfaatverzadigingsgraad (FVG) en fosfaatbalans (start onderzoek tot 2006).

Omschrijving	Parameter	Eenheid	Fosfaatgift, kg P_2O_5 /ha					
			Lelystad			Marknesse		
			P1/0	P2/70	P4/280	0	M ¹	240
Bodemvocht 30-40 cm ²	P-totaal	mg P/L	0,03	0,11	2,55	0,02	0,00	0,00
Bodem 0-25 ² /30-40cm ³	Pw-getal	mg P_2O_5 /L	23/13	47/20	121/53	15/9	17/4	50/19
Bodem 0-25/30-40cm	FVG ⁴	%	21/13	27/15	43/27	18/11	20/11	29/15
Fosfaatbalans per jaar	Gemiddeld	kg P_2O_5 /ha/jaar	-26	39	251	-46	4	178
Fosfaatbalans totaal	Som	kg P_2O_5 /ha	-520	785	5015	-1626	67	6223

Gewasopbrengsten

In Tabel 17 zijn de effecten op marktbaar opbrengst voor de veldproef te Lelystad samengevat. Gemiddeld over alle gewassen was de opbrengst bij P1 (onbemest) 8% lager dan bij P2 (jaarlijks 70 kg P_2O_5 /ha). De beproefde gewassen zijn voor deze veldproef ook gegroepeerd naar gewasgroep in het fosfaatbemestingsadvies. Opvallend is dat voor de gewassen uit gewasgroep 4 van het bemestingsadvies

(minst fosfaatbehoefstig) het opbrengstverschil vergelijkbaar is met dat die uit de meest fosfaatbehoefstige gewasgroepen 0 en 1. Dus ook de niet-fosfaatbehoefstige gewassen laten een opbrengstderving zien. Het onthouden van fosfaatbemesting geeft daardoor een afwijkend beeld vergeleken met de bemestingsadviezen voor akkerbouwgewassen. De indeling van de gewasgroepen is gebaseerd op de steeds geringer worden opbrengstderving ten opzichte van het referentiegewas aardappel (Ehlert et al, 2005).

De opbrengstverschillen tussen P2 enerzijds en P3 en P4 anderzijds waren klein voor de gewasgroepen 1 t/m 4. Voor gewasgroep 0 (hier vertegenwoordigd door kropsla) steeg de opbrengst wel verder bij toenemende fosfaatbemesting (en fosfaattoestand).

Hoewel bij de oogst de verschillen tussen de fosfaatiniveaus vaak relatief gering waren, waren er soms bij de jeugdgroei sterke effecten zichtbaar. Dit was bijvoorbeeld het geval bij zaaiui in 2008 en peen in 2009 (Dekker en Ehlert, 2010). Blijkbaar was het gewas in staat om de opgelopen groeiachterstand aan het begin gedurende het groeiseizoen weer grotendeels in te halen.

De fosfaatbemesting bij P2 (70 kg P₂O₅ per ha) ligt dicht bij de gebruiksnorm 2013 (65 kg P₂O₅ per ha). Het Pw-getal varieerde hierbij tussen 30 en 45. Voor die situatie was op deze locatie de gebruiksnorm 2013 voor de meeste gewassen voldoende voor een optimale opbrengst.

Tabel 17

Relatieve marktbaar opbrengst Lelystad (1.0 = opbrengst bij 70 kg P₂O₅/ha) voor alle gewassen tezamen en gemiddeld voor de gewassen uit de gewasgroepen in het fosfaatadvies voor de periode 1990-2010.

Gewasgroep	Beproefde gewassen ¹	Fosfaatbemesting (kg P ₂ O ₅ /ha/jaar)			
		0	70	140	280
Alle gewassen		0.92	1.00	1.00	1.03
Gewasgroep 0	Sla (4)	0.91	1.00	1.08	1.16
Gewasgroep 1	Aardappel (5), ui (2), stamslaboon (1), erwt (2)	0.91	1.00	0.99	1.01
Gewasgroep 2	Suikerbiet (3)	0.96	1.00	0.98	0.98
Gewasgroep 3	Zomergerst (3), peen (3), witlof(1)	0.95	1.00	1.01	1.02
Gewasgroep 4	Wintertarwe (1), prei (2), bloemkool (2)	0.91	1.00	0.98	1.01

Tussen haakjes aantal jaren dat een gewas is beproefd

In Tabel 18 zijn de relatieve opbrengsten (relatief t.o.v. evenwichtsbemesting, M) weergegeven voor Marknesse voor de periode 2002-2007. Gemiddeld over alle gewassen leidde het achterwege laten van fosfaatbemesting tot een 4% lagere opbrengst vergeleken met een evenwichtsbemesting. Verdere verhoging van de fosfaatbemesting (80, 160, 240 kg P₂O₅/ha) leidde gemiddeld over de gewassen niet tot een duidelijke verdere stijging van de opbrengst.

Tabel 18

Relatieve marktbaar opbrengst Marknesse (1.0 = opbrengst bij evenwichtsbemesting) voor alle gewassen tezamen en gemiddeld voor de gewassen uit de gewasgroepen in het fosfaatadvies voor de periode 2002-2007

Gewasgroep bemestingsadvies	Beproefde gewassen ¹	Fosfaatbemesting (kg P ₂ O ₅ /ha/jaar)				
		0	M	80	160	240
Alle gewassen		0.96	1.00	1.03	0.97	1.00
Gewasgroep 1	Aardappel (2), erwt (1)	0.97	1.00	1.05	0.94	1.03
Gewasgroep 2	Suikerbiet (1)	0.90	1.00	1.00	0.99	0.91
Gewasgroep 3	Zomergerst (1)	0.98	1.00	1.05	1.02	1.05
Gewasgroep 4	Zomertarwe (1)	0.99	1.00	0.99	1.00	0.98

1 tussen haakjes aantal jaren dat een gewas is beproefd

Bij Wijster (Tabel 19) leidde evenwichtsbemesting (ongeveer gelijk aan gift van 45 kg P₂O₅/ha/jaar) veelal tot een hogere opbrengst dan zonder bemesting (gemiddeld over alle gewassen 4%), maar tot lagere opbrengsten dan hogere fosfaatgiften. Een fosfaatbemesting van 80 en 180 kg P₂O₅ per ha gaf een 6% en 10% hogere opbrengst ten opzichte van evenwichtsbemesting.

Tabel 19

Relatieve marktbaar opbrengst Wijster (1.0 = opbrengst bij 45 kg P₂O₅/ha) voor alle gewassen tezamen en gemiddeld voor de gewassen uit de gewasgroepen in het fosfaatadvies voor de periode 1971-1997

Gewasgroep bemestingsadvies	Beproefde gewassen ¹	Fosfaatbemesting (kg P ₂ O ₅ /ha/jaar)				
		0	M	80	160	240
Alle gewassen		0.96	1.00	1.06	1.10	1.10
Gewasgroep 1	Aardappel (13)	0.96	1.00	1.05	1.10	1.11
Gewasgroep 2	Suikerbiet (5)	0.98	1.00	1.11	1.14	1.13
Gewasgroep 3	Zomergerst (5)	0.95	1.00	1.04	1.05	1.10
Gewasgroep 4	Zomertarwe (1)	1.01	1.00	1.00	1.06	1.08

5.3.2 Grasland: Veeljarige beweidingsproefvelden

In het voorjaar van 1997 is een proef op vier locaties aangelegd. Op Aver Heino (Heino, Ov) en Cranendonck (Soerendonck, N-Br) op zandgrond, Waiboerhoeve (Lelystad, Fl) op jonge zeeklei en Zegveld (Zegveld, Utr) op veengrond. Er zijn zes behandelingen aangelegd: drie bodemoverschotten voor fosfaat: 0 (= fosfaatevenwichtsbemesting), 20 en 40 kg P₂O₅/ha per jaar (P00, P20 en P40), in combinatie met twee bodemoverschotten voor stikstof: 180 en 300 kg N/ha (N180 en N300). Het graslandgebruik is afwisselend weiden (met pinken of droge koeien) en maaien zoals op melkveebedrijven die beweiding toepassen. Voor de berekening van het bodemoverschot wordt er vanuit gegaan dat de opname door dieren weer in het grasland

wordt uitgescheiden minus de vastlegging in lichaamsgewicht. Verschillen in fosfaatoverschot zijn aangelegd met fosfaatkunstmest.

Van iedere snede zijn onder andere droge stofopbrengst en P-gehalte van het gras bepaald. In het najaar of vroege voorjaar zijn bodemonsters genomen van 0-5, 5-10, 10-20 en 20-30 cm. Daarin zijn P-AL-getal, Pw-getal, P-totaal, P-oxalaat (van drie objecten) en vanaf december 2004 P-PAE bepaald. Gedetailleerde informatie over de opzet en uitvoering over de periode 1996-2004 is beschreven in rapporten (Van Middelkoop et al., 2004; Van Middelkoop et al., 2007). Na 2004 is de proef op dezelfde manier voortgezet.

De gewasresultaten zijn geanalyseerd met Residual maximum likelihood methode (reml) met het pakket Genstat. Reml is een methode waarbij (lineaire) modellen worden ontwikkeld die zo goed mogelijk bij de data passen. Zo'n model bestaat uit een systematisch deel en een random deel. In het systematische deel komen de factoren die ingesteld zijn en waarvan we de invloed willen kennen en kwantificeren. In het random deel komen factoren waarvan bekend is dat ze invloed hebben maar die niet gekwantificeerd hoeven te worden zoals jaareffecten.

Met deze methodiek is in eerste instantie geanalyseerd welke factoren significante invloed hadden. In tweede instantie is met de significante factoren een model gemaakt waarmee de verschillen gekwantificeerd worden. In de statistische analyse zijn de resultaten van Aver Heino meegenomen tot en met 2001, omdat de bemesting in 2002 veranderde van gangbaar naar biologisch en klaver is doorgezaaid.

Overschotten

De bemesting en gerealiseerde overschotten zijn weergegeven in Tabel 20. De bemesting is exclusief de mineralen in mest die uitgescheiden zijn tijdens beweiding. Het uiteindelijk bereikte N-overschot was lager dan gepland. Enerzijds is dat omdat de opbrengsten hoger waren dan bij de aanleg van de proef verwacht was, anderzijds omdat vanaf 2002 Aver Heino alleen met N uit dierlijke mest is bemest. De locatie is vanaf dat jaar bemest volgens de regels voor het EKO-keurmerk (SKAL-normen). Op de N300-objecten is op die locatie klaver doorgezaaid, op de N180 objecten niet. De verschillen in fosfaatoverschot zijn vanaf 2002 aangelegd met Gafsa zacht natuurfosfaat (27% P₂O₅ oplosbaarheid in 2% mierenzuur).

In de proef is, in vergelijking met de bedrijven tijdens MINAS, minder dierlijke mest toegediend dan in de praktijk gebruikelijk was. Bij het werkzame N-niveau dat in de proef gegeven is, zou het overschot op een praktijkbedrijf echter wel ongeveer 180 en 300 kg N per ha zijn (Van Middelkoop e.a., 2004 en 2007). De N-bemestingen op de N180 objecten (Aver Heino tot 2002) zijn ongeveer vergelijkbaar met de gebruiksnormen voor zandgrond. De bereikte P-overschotten (0, 19 en 38 kg P₂O₅/ha) waren gemiddeld over de locaties en jaren dicht bij de geplande overschotten.

Fosfaattoestand

De resultaten van de metingen van P-AL-getal en van de fit met de REML-analyse op de vier locaties zijn weergegeven in Figuur 37. Hierbij is het gemiddeld behaalde P₂O₅-overschot in het model ingevuld in alle jaren. Op alle locaties is het P-AL-getal van de laag 0-5 cm en 5-10 cm afhankelijk van het fosfaatoverschot. Het P-AL-getal is in 2009 op het P40-object op alle vier locaties significant hoger dan op het P00-object. Er is een significante effect van tijd: de verschillen tussen P-AL-getallen in de lagen 0-5 en 5-10 cm nemen in de loop van de tijd toe. In de diepere lagen zijn de verschillen en veranderingen klein. Op effecten in deze lagen wordt niet verder ingegaan.

Op de zandgronden daalt het P-AL-getal in 0-5 cm en 5-10 cm op de objecten P00 en P20 bij de gemiddeld behaalde overschotten en blijft op P40 het P-AL-getal vrijwel gelijk.

Op de klei- en veenlocaties stijgt het P-AL-getal bij een positief fosfaatoverschot en blijft vrijwel gelijk bij evenwichtsbemesting in de laag 0-5 cm. In de laag 5-10 cm stijgt op de klei-locatie het P-AL-getal op alle objecten. Op de veen-locatie stijgt het P-AL-getal bij de positieve overschotten (P20 en P40) en blijft vrijwel gelijk bij evenwichtsbemesting.

Met het REML-model zijn de verschillen gekwantificeerd. Op Aver Heino (zandgrond) daalt het P-AL-getal in 0-5 cm bij de gemiddelde bemesting op het object met evenwichtsbemesting (P00) over dertien jaar 15 mg P₂O₅/100 g en blijft op P40 vrijwel gelijk. In 5-10 cm daalt het P-AL-getal op P00 8 mg P₂O₅/100 g en blijft

gelijk op P40 over dertien jaar. Het verschil in het P-AL-getal tussen P00 en P40 is in 0-5 cm 14 mg $P_2O_5/100$ g na dertien jaar.

Op Cranendonck (zandgrond) daalt het P-AL-getal in 0-5 cm op P00 over dertien jaar 13 mg $P_2O_5/100$ g en op P40 3 mg $P_2O_5/100$ g. In 5-10 cm daalt het P-AL-getal op P00 4 mg $P_2O_5/100$ g en blijft vrijwel gelijk op P40 over dertien jaar. Het verschil in het P-AL-getal tussen P00 en P40 is in 0-5 cm 10 mg $P_2O_5/100$ g na dertien jaar.

De reactie van de fosfaattoestand gemeten als P-AL-getal op de fosfaatoverschotten verschilt significant tussen Aver Heino en Cranendonck hoewel beide locaties humusrijke zandgronden zijn. Het verschil is echter klein. Het verschil tussen het effect van evenwichtsbemesting en een overschot van 40 kg P_2O_5 per ha per jaar is op Cranendonck 2 mg $P_2O_5/100$ g kleiner dan op Aver Heino, bij de bereikte overschotten.

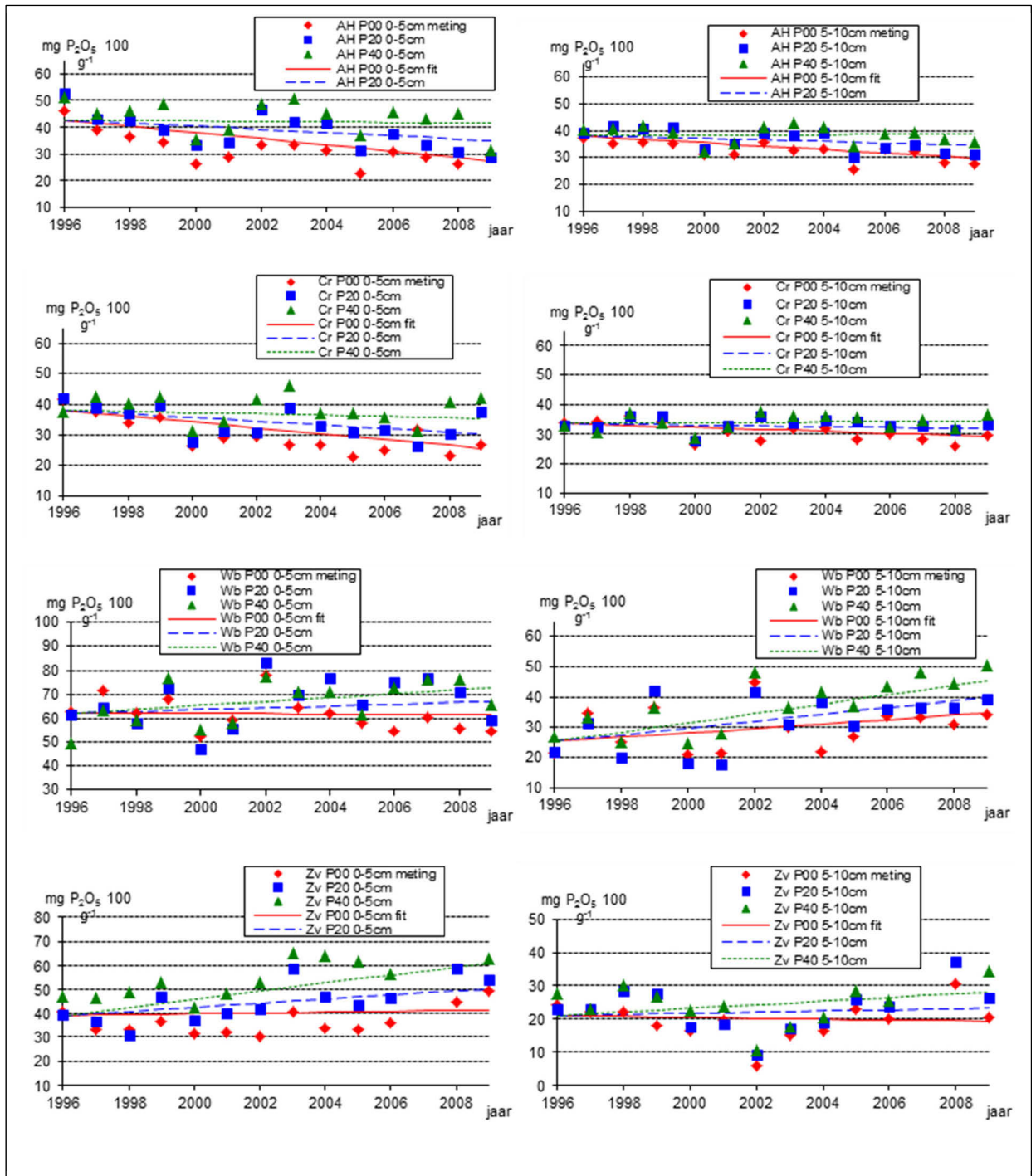
Op de Waiboerhoeve (zeeklei) verandert het P-AL-getal van de laag 0-5 cm bij P00 in dertien jaar vrijwel niet en steeg op P40 11 mg $P_2O_5/100$ g. In 5-10 cm stijgt het PAL-getal 9 mg $P_2O_5/100$ g op P00 en 20 mg $P_2O_5/100$ g op P40. Het verschil tussen het P-AL-getal van P00 en van P40 is 11 mg $P_2O_5/100$ g in de laag 0-5 cm na dertien jaar.

Op Zegveld (veen) is het PAL-getal na dertien jaar in 0-5 cm en 5-10 cm op P00 vrijwel stabiel. Op P40 is het P-AL-getal in 0-5 cm 22 mg $P_2O_5/100$ g hoger en in 5-10 cm 7 mg $P_2O_5/100$ g hoger. Het verschil in het P-AL-getal tussen P00 en P40 in 0-5 cm is 20 mg $P_2O_5/100$ g na dertien jaar.

Samenvattend geldt dat op de zand-locaties het P-AL-getal in de laag 0-5 cm na dertien jaar evenwichtsbemesting 13 - 15 eenheden is gedaald en in 5-10 cm 4 - 8 mg eenheden. Bij het overschot van 40 kg P_2O_5 per ha per jaar is het P-AL-getal in 0-5 en 5-10 cm vrijwel gelijk gebleven.

Op de klei- en veen-locatie is het P-AL-getal in de laag 0-5 cm na dertien jaar evenwichtsbemesting vrijwel gelijk als bij aanvang van de proef. Bij een overschot van 40 kg P_2O_5 per ha per jaar is het P-AL-getal op klei 11 en op veen 22 eenheden hoger dan bij aanvang van de proef.

In de laag van 5-10 cm is bij evenwichtsbemesting het P-AL-getal op klei 10 eenheden hoger dan bij aanvang van de proef en op veen vrijwel gelijk. Bij een overschot van 40 kg P_2O_5 per ha per jaar is het P-AL-getal op klei 20 en op veen 7 eenheden hoger dan bij aanvang van de proef.



Figuur 37

PAL-gehalte in $mg\ P_2O_5/100\ g$ voor de lagen 0-5 en 5-10 cm op de vier locaties voor de periode 1996 tot en met 2009, gemiddeld over twee N-overschotten. AH = Aver Heino, Cr = Cranendonck, Wb = Waiboerhoeve, Zv = Zegveld. Meting: gemeten resultaten, fit: uitkomst van de REML-analyse, bij gemiddeld P_2O_5 overschot.

Gewasopbrengst

Gemiddeld over alle proefjaren levert evenwichtsbemesting op de beide zandgronden en de veengrond 530 tot 630 kg ds per ha minder op dan bij een overschot van 40 kg P_2O_5 per ha, dit is 4,5 tot 5,5 %. Op de kleigrond is het opmerkelijk dat de gemiddelde opbrengst op de P40 300 kg ds per ha lager was dan op de P00. Dit is vanaf het begin zo geweest, tot de laatste jaren: in 2008 was het verschil nihil en in 2009 is de opbrengst op P00 450 kg ds per ha lager dan P40. Het is echter niet te verwachten dat een hoger P-overschot een lagere opbrengst veroorzaakt. De plot levert om nu nog onbekende oorzaken een lagere droge stofopbrengst op dan de andere plots.

Uit statistische analyse blijkt dat de verschillen tussen de P-objecten significant zijn ($P < 0,05$). De verschillen tussen de objecten veranderen (nog) niet aantoonbaar in de loop van de tijd (Figuur 38). Mogelijk zijn de verschillen te grillig en te klein om in deze periode een trend aan te tonen.

Er is echter wel een algemeen beeld over de jaren die afhankelijk is van het N-niveau. Bij N180 is de trend vrijwel 0, terwijl bij de gemiddelde N-bemesting behorende bij N300 de globale trend + 81 kg per jaar is. In de dertien proefjaren is de opbrengst van de N300 dus circa één ton droge stof per ha toegenomen.

Samenvattend geldt dat op zand en veen de droge stofopbrengst in dertien jaar evenwichtsbemesting gemiddeld ongeveer 5% lager is dan bij een fosfaatoverschot van 40 kg P_2O_5 per ha per jaar. Op de kleigrond is geen effect van evenwichtsbemesting op de droge stofopbrengst aangetoond.

Fosforgehalte in het gras

Gemiddeld over de dertien proefjaren en vier locaties was het P-gehalte in het gras 0,3 g P per kg ds lager bij evenwichtsbemesting dan bij een overschot van 40 kg P_2O_5 per ha per jaar. Het verschil is statistisch significant (Tabel 20).

Er is variatie tussen de P-gehalten per locatie. Op zand2 (gangbaar bemest) is het P-gehalte 0,5 g P per kg ds lager en op veen 0,4 g P per kg ds lager bij evenwichtsbemesting dan bij P40. Dit is respectievelijk 12% en 10 % ten opzichte van P40. Op de zandlocatie met dierlijke mest en Gafsa en op klei is dat verschil 0,1 g per kg ds, respectievelijk 2% en 3 % ten opzichte van P40.

De verschillen worden (significant) groter in de loop van de tijd, er is een significante trend in de tijd (Figuur 38). De schatting met statistische analyse is dat 0,018 g P per kg ds per jaar (bij de uitgevoerde bemesting). Het verschil tussen P0 en P40 was in het eerste jaar gemiddeld 0,2 g P per kg ds en na 13 jaar 0,4 g P per kg ds. Er is nog geen afbuiging in deze trend aangetoond.

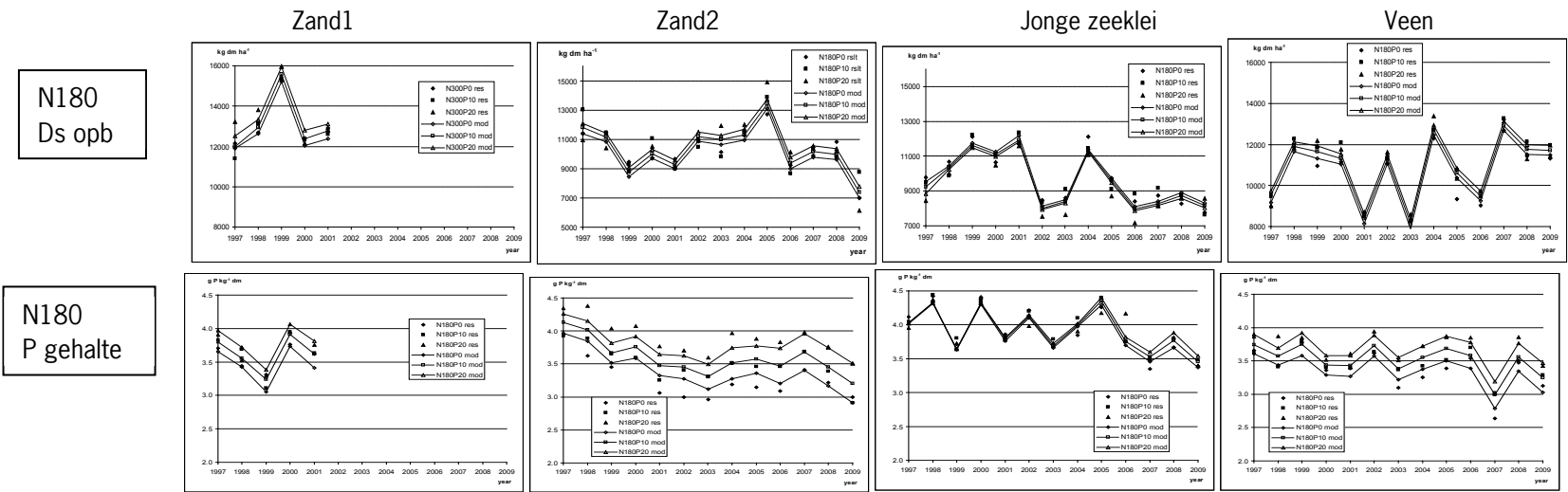
Door de dalende P-gehalten in het gras is het P-gehalte bij evenwichtsbemesting gemiddeld over alle locaties in 2009 3,1 g P per kg ds. Dit benadert de ondergrens van de norm die aangehouden wordt voor melkvee (3,0 tot 3,5 g per kg ds).

Samenvattend geldt dat het P-gehalte in het gras op de gangbaar bemeste zandgrond en veengrond gemiddeld 0,4 g P per kg ds lager bij evenwichtsbemesting dan bij een een fosfaatoverschot van 40 kg P_2O_5 per ha per jaar. Op de kleigrond en de biologisch bemeste zandgrond was dit verschil 0,1 g P per kg ds. Er is een significante trend in de tijd voor dit verschil, het wordt groter in de loop van de tijd (0,018 g P per kg ds per jaar).

Tabel 20

Resultaten N- en P-bemestingsproef grasland per locatie, gemiddeld 1997 tot en met 2009 (dertien jaar).

Gemiddeld 1997 - 2009											
Locatie	Gepland N over-schot	Gepland P over-schot	N-bemes-ting werk-zaam	P ₂ O ₅ bemestin g totaal	N over-schot	P ₂ O ₅ over-schot	Droge stof opbr, gemidd	N ge-halte, gemidd	P ge-halte, gemidd	N-op-brengst, gemidd	P ₂ O ₅ op-brengst, gemidd
	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	ton ha ⁻¹	g kg ⁻¹ dm	g kg ⁻¹ dm	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Zand1	180	0	163	51	66	-2	10.6	26.8	3.5	288	85
Zand1	180	20	165	72	61	17	10.6	27.4	3.6	294	87
Zand1	180	40	163	91	51	33	11.5	26.6	3.6	309	95
Zand1	300	0	221	54	93	-4	11.9	29.0	3.3	348	90
Zand1	300	20	219	75	100	19	12.0	28.8	3.4	348	94
Zand1	300	40	221	97	96	39	12.1	29.3	3.5	360	97
Gm z1			192	74	78	17	11.4	28.0	3.5	324	91
Zand2	180	0	239	53	138	7	10.3	30.0	3.3	309	78
Zand2	180	20	239	76	140	26	10.6	28.6	3.5	304	85
Zand2	180	40	239	98	141	44	10.5	29.3	3.9	306	94
Zand2	300	0	363	57	253	9	10.8	31.5	3.3	341	83
Zand2	300	20	362	79	242	25	10.9	32.2	3.6	351	90
Zand2	300	40	363	101	225	44	11.9	33.2	3.6	393	99
Gem z2			301	77	190	26	10.8	30.8	3.5	334	88
Klei	180	0	209	54	102	-7	9.8	25.7	3.9	253	88
Klei	180	20	208	76	104	16	9.8	25.6	4.0	252	89
Klei	180	40	207	96	110	41	9.2	26.0	3.9	240	83
Klei	300	0	344	61	195	-8	12.4	28.7	3.7	357	105
Klei	300	20	344	83	194	12	12.6	28.2	3.7	354	109
Klei	300	40	344	104	190	31	12.4	28.9	3.8	358	109
Gem kl			276	79	149	14	11.0	27.2	3.8	302	97
Veen	180	0	228	57	113	3	10.6	29.3	3.4	308	83
Veen	180	20	229	79	110	20	11.1	28.3	3.5	312	90
Veen	180	40	228	100	110	38	10.9	28.6	3.7	311	94
Veen	300	0	349	60	221	3	11.8	29.8	3.2	349	86
Veen	300	20	351	82	215	18	12.1	30.1	3.6	362	99
Veen	300	40	350	103	218	37	12.5	29.4	3.6	366	103
Gm Vn			265	80	165	20	11.5	29.2	3.5	335	93
Gem N	180	Gem	210	75	104	20	10.5	27.7	3.6	291	88
Gem N	300	Gem	319	80	187	19	11.9	29.9	3.5	357	97
Gem P	Gem	0	265	56	148	0	11.0	28.8	3.4	319	87
Gem P	Gem	20	265	78	146	19	11.2	28.7	3.6	322	93
Gem P	Gem	40	264	99	142	38	11.4	28.9	3.7	330	97
Gem all	Gem	Gem	265	78	145	19	11.2	28.8	3.6	324	92



Figuur 38
Droge stofopbrengst en P-gehalte van gras, resultaten en REML-modeluitkomsten inclusief random deel van vier locaties in de periode 1997-2009 (zand 1 tot en met 2001), uitsluitend voor N180.

5.3.3 Grasland: Veeljarige maaiproeven

De proeven lagen op jonge zeeklei (Waiboerhoeve, 1994 - 1998), zandgrond (Bosma Zathe, 1995 - 2000), rivierklei (Bommelerwaard 1996 - 2000) en veengrond (Zegveld, 1998 - 2003). De behandelingen in deze proeven waren combinaties van N- en P-bemestingsniveaus. De N-bemestingsniveaus liepen uiteen van 0 tot 450 kg N per ha of 0 tot 340 kg N per ha en de P-bemestingsniveaus van 0 tot 300 kg P₂O₅ per ha (zeeklei) of 0 tot 200 kg P₂O₅ per ha (overige proeven). De behandelingen bleven de gehele proefduur op dezelfde plots liggen. Voor een studie naar de gevolgen van differentiatie van P-gebruiksnormen (Aarts et al., 2008) zijn van deze proeven de objecten met een N-bemesting van 300 kg per ha geanalyseerd, omdat dat bemestingsniveau het beste past bij de voorziene gebruiksnormen voor N. Als dat niveau niet aanwezig was is gekozen voor 200 of 250 kg N per ha per jaar. Elk van de vier proeven heeft de eigen uitgangstoestand wat betreft PAL-getal. Aannemelijk is dat het P-AL-getal invloed heeft op de effecten van bemesting. In twee proefvelden, rivierklei en zand, zijn op een deel ervan verschillende P-AL-niveaus in de bovengrond gecreëerd door verschillende niveaus kunstmest toe te dienen. Hierdoor kon het effect van het P-AL-getal in de bovengrond op de gewasproductie worden geschat.

Uit deze proeven zijn verbanden gezocht tussen enerzijds P-AL-getal en bemesting en anderzijds droge stofopbrengst en het P-gehalte van de droge stof en ontwikkelingen daarvan in de tijd gedurende vijf jaar. Extrapolatie naar een langere periode dan de proefperiode wordt niet verantwoord geacht omdat de proeven vijf tot zes jaar duurden. In deze periode veranderden de P-AL-getallen in de proeven. Er is uitgegaan van een lineaire ontwikkeling van opbrengsten, P-gehalten van gras en P-AL-getallen. Er was geen aanwijzing dat in deze periode lineaire curven een afbuiging vertoonden.

De gevonden relaties zijn gebruikt om de data in Tabel 21 en Tabel 22 te genereren. Volstaan wordt met begin- en einddata van een periode van vijf jaar. In de tabel zijn de verwachtingen ten aanzien van de droge stofopbrengst en het P-gehalte van gras bij een bodemoverschot van -40, -20, 0, 20 en 40 kg P₂O₅ per ha per jaar. Deze range was in de proeven aanwezig. Ook is een indicatie gegeven van de ontwikkeling van het P-AL-getal in de bovengrond (0-5 en 0-10 cm).

Fosfaattoestand

De ontwikkeling van het PAL-getal verschilt per proef. Op de jonge zeeklei stijgt het PAL-getal zelfs zonder bemesting met P₂O₅, bij een jaarlijkse gewasonttrekking van circa 80 kg P₂O₅ per ha. Op zand daalt het PAL-getal van de laag 0-5 cm nog net bij een overschot van 0 kg P₂O₅ per ha, maar stijgt net wanneer het P-AL-getal voor een iets dikkere laag (0-10 cm) wordt berekend. Op de rivierklei en veengrond dalen de PAL-getallen in de lagen 0-5 en 0-10 bij negatieve overschotten en stijgen bij het 0-overschot en de positieve overschotten. Per proef blijkt het omslagpunt voor stijging of daling van het PAL-getal rond de evenwichtsbemesting te liggen behalve op de jonge zeeklei. Evenwichtsbemesting leidt in de periode van vijf tot zes jaar niet tot een afname van het P-AL-getal op deze maaiproeven.

Gewas

In het eerste jaar wordt een toename van 200 kg droge stof voorspeld als het bodemoverschot toeneemt van -40 tot 40 kg P₂O₅ ha. Dit verschil loopt op tot 500 kg in het vijfde jaar. Gemiddeld over de jaren en de proeven is dat een toename van 3%. Het effect van een overschotdaling van 20 kg (recent niveau) naar 0 (evenwicht) is 1% negatief.

De effecten van bemestingen op het P-gehalte van het gras zijn groter. In het eerste jaar neemt in het traject -40 en 40 kg P₂O₅-overschot het P-gehalte tussen 0.07 gr/kg ds. (2%, jonge zeeklei) en 0.36 gr/kg ds. (11%, zand) toe. In het vijfde jaar liggen de verschillen tussen de 0.53 g (16%, jonge zeeklei) en 1.18 (39%, veen) g P per kg ds. Het effect op de fosfaatgehalten is dus veel groter dan het effect op de droge stofopbrengst. Het effect van een daling van het overschot van 20 kg P₂O₅ per ha (recent niveau) naar 0 (evenwicht) is het effect op het gehalte 3% negatief.

Een invloed van het P-AL-getal van de laag 0-10 cm op de droge stofopbrengst blijkt niet aantoonbaar te zijn op basis van de proeven waarin verschillende PAL-getallen waren gecreëerd (twee jaar en twee proeven). Het P-gehalte blijkt hierop wel te reageren. Op rivierklei en zand is bij het achterwege laten van fosfaatbemesting bij een PAL van 13 het P-gehalte 0,5 - 0,6 g P per kg ds lager dan bij een PAL van 35 tot 37. Bij een bemesting van 200 kg P₂O₅ per ha is dit verschil kleiner, nl. 0,3-0,4 g P per kg ds.

Tabel 21

Voorspelde droge stofopbrengst en P-gehalte in de droge stof in het eerste jaar en het vijfde jaar bij een jaarlijks overschot van -40, -20, 0 20 en 40 kg P₂O₅ per ha bij uitsluitend maaien en het gebruik van kunstmest.

Proef	Jaren	Overschot, kg P ₂ O ₅ per ha					Verschil -40 en 40
		-40	-20	0	20	40	
Droge stofopbrengst (ton/ha)							
Jonge zeeklei	1	9.8	9.8	9.9	9.9	10.0	0.2
(Waiboerhoeve)	5	12.8	12.9	13.0	13.1	13.2	0.5
Zand	1	13.8	13.8	13.9	13.9	14.0	0.2
(Bosma Zathe)	5	12.9	13.0	13.1	13.3	13.4	0.5
Rivierklei	1	10.8	10.8	10.9	10.9	11.0	0.2
(Bommelerwaard)	5	8.2	8.3	8.4	8.5	8.7	0.5
Veen	1	9.6	9.6	9.6	9.7	9.7	0.2
(Zegveld)	5	8.9	9.1	9.2	9.3	9.5	0.5
P-gehalte (g P per kg ds)							
Jonge zeeklei	1	3.47	3.39	3.40	3.42	3.44	0.07
(Waiboerhoeve)	5	3.41	3.55	3.68	3.81	3.94	0.53
Zand	1	3.32	3.41	3.50	3.59	3.68	0.36
(Bosma Zathe)	5	3.72	3.95	4.18	4.41	4.63	0.89
Rivierklei	1	3.60	3.65	3.70	3.75	3.80	0.20
(Bommelerwaard)	5	4.19	4.42	4.65	4.88	5.11	0.92
Veen	1	3.43	3.48	3.52	3.56	3.60	0.17
(Zegveld)	5	3.02	3.32	3.61	3.91	4.20	1.18

Tabel 22

Voorspelling van veranderingen PAL-getal in 0-5 cm en 0-10 cm in het vijfde jaar bij een jaarlijks overschot van -40, -20, 0 20 en 40 kg P₂O₅ per ha bij uitsluitend maaien en het gebruik van kunstmest.

Proef	jaren	Overschot, kg P ₂ O ₅ per ha				
		-40	-20	0	20	40
PAL getal 0-5 cm						
Jonge zeeklei	5	23.4	27.8	35.9	44.70	53.53
startPAL 10.6	Tov start	+12.8	+17.2	+25.3	+34.10	+42.93
Zand	5	24.1	22.4	25.1	31.93	38.82
startPAL 26.4	Tov start	-2.3	-3.9	-1.3	+5.58	+12.46
rivierklei	5	21.9	26.0	30.2	34.05	37.77
startPAL 22.9	Tov start	-0.9	+3.2	+7.3	+11.20	+14.92
Veen	5	31.9	35.3	37.5	39.86	43.10
startPAL 36.2	Tov start	-4.3	-0.9	+1.4	+3.67	+6.91
PAL getal 0-10 cm						
jonge zeeklei	5	17.4	20.4	25.1	30.18	35.29
startPAL 10.7	Tov start	+6.7	+9.7	+14.4	+19.51	+24.61
Zand	5	18.6	20.4	23.2	27.10	30.99
startPAL 21.3	Tov start	-2.7	-1.0	+1.9	+5.76	+9.65
rivierklei	5	17.7	20.1	22.6	24.69	26.59
startPAL 20.5	Tov start	-2.8	-0.3	+2.1	+4.23	+6.13
Veen	5	25.1	27.7	29.5	31.39	32.88
startPAL 25.1	Tov start	-3.2	-0.7	+1.2	+3.03	+4.52

5.4 Organische stof - Praktijk

5.4.1 Blgg AgroXpertus

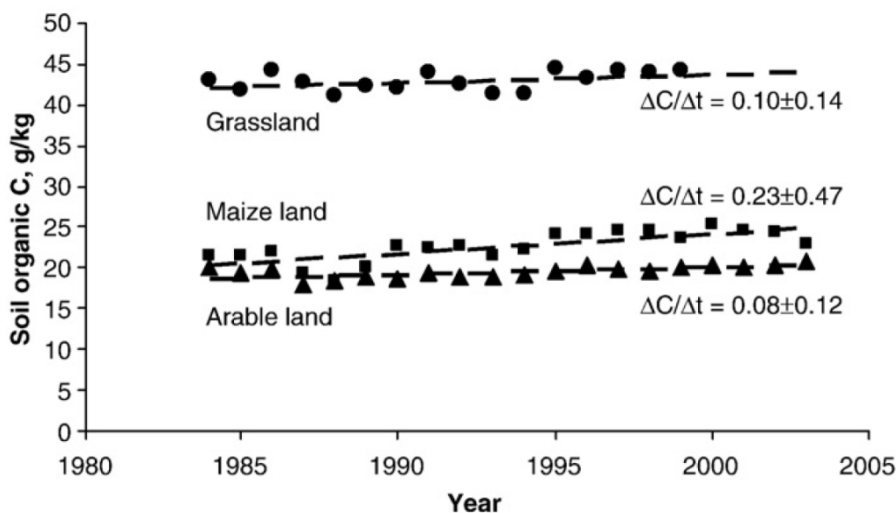
Reijneveld et al. (2009) heeft de ontwikkeling van het organische koolstofgehalte van praktijkbedrijven geanalyseerd, aan de hand van bijna twee miljoen gegevens, verzameld tussen 1984 en 2004. De analyse is uitgevoerd voor dertien combinaties van drie typen landgebruik (grasland, maïslaan en bouwland) en negen regio's (Figuur 39). De gemiddelde organische koolstofgehalten varieerden van minder dan 2% in de akkerbouw gedomineerde gebieden in zuidelijke löss, en zuidwestelijke en centraal-westelijke zeeklei, tot meer dan 10% in de grasland gedomineerde gebieden in de noordelijke klei-op-veen.

Regions	Zip codes	Dominant land use	Area (ha)	Clay (%)	pH	SOC (g/kg)
1. Marine clay, north	88, 90, 91, 99	Grassland	40,544	29 ± 9	6.3 ± 0.8	48 ± 21
2. Marine clay, south-west	32, 43–46	Arable land	70,914	20 ± 7	7.4 ± 0.3	13 ± 6
3. Marine clay, west-central	11, 13, 38, 82, 83	Arable land	125,936	22 ± 10	7.4 ± 0.2	17 ± 9
4. Riverine clay, central	39, 40, 53, 66	Grassland	46,723	35 ± 12	5.6 ± 0.7	56 ± 26
5. Peaty clay, north	83–87	Grassland	152,620	27 ± 10	4.9 ± 0.4	133 ± 52
6. Peaty clay, west	22–28	Grassland	37,466	19 ± 7	5.6 ± 0.8	85 ± 20
7. Reclaimed peat, north-east	78, 94–96	Arable land	62,593	<8	4.9 ± 0.3	59 ± 29
8. Sand, south	50–60	Grassland	82,391	<8	5.4 ± 0,5	22 ± 8
9. Loess, south	61–64	Arable land	13,909	14 ± 2	6.6 ± 0.6	14 ± 4

Figuur 39

Landgebruik en bodemeigenschappen in de negen regio's (Reijneveld et al., 2009).

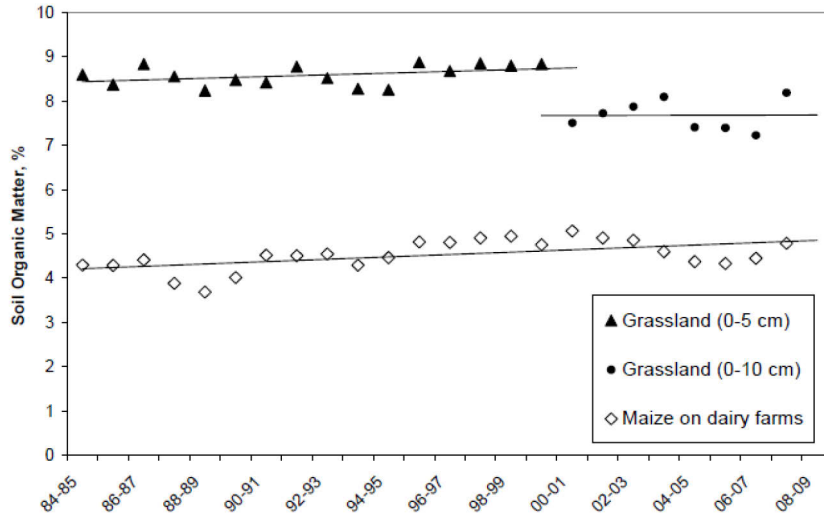
Gemiddeld over alle regio's nam het organische koolstofgehalte toe, ongeacht het landgebruik (Figuur 40). De toename van het organische koolstofgehalte op maïsland is mogelijk verstrengeld met een gelijktijdige uitbreiding van de snijmaïsteelt van de zuidelijke zandgebieden naar de noordelijke kleigebieden. Deze monsters zijn daarom uitgesloten van de verdere analyse.



Figuur 40

Ontwikkeling van gemiddeld organische koolstofgehalte van grasland, bouwland en maïsland (exclusief veengrond) (Reijneveld et al. 2009).

Voor grasland zijn de aanvullende data tot en met 2009 eveneens gepubliceerd (Reijneveld et al., 2010b). De recente gegevens geven geen aanwijzingen voor een verandering van de trend (Figuur 41). Voor grasland heeft de overgang naar een bemonsteringsdiepte van 0-10 cm echter een grote invloed op het organische stofgehalte.



Figuur 41

Ontwikkeling van gemiddeld organische stofgehalte van grasland en maisland (Reijneveld et al., 2010b).

Als de ontwikkeling per combinatie van regio en landgebruik wordt geanalyseerd, blijkt dat in vijf gevallen het organische stofgehalte daalt (Figuur 42). In drie van de gevallen zijn dit graslanden op veen en klei-op-veen waar oxidatie van het veen optreedt. In noordelijke klei nam het organische koolstofgehalte eveneens af, met name op grasland. Het is niet duidelijk in hoeverre de uitwisseling van land tussen melkveehouders en akkerbouwers (aardappelen en bloembollen) hierbij een rol speelt.

Over het algemeen blijkt dat het organische koolstofgehalte toenam bij lage uitgangssituaties, en afnam bij hoge uitgangssituaties.

Regions	Land use	Summary statistics			
		Mean	Slope b (\pm se)	R ²	# of samples
1. Marine clay, north	Grassland	57	-0.55 (0.16)	0.46	16,849
	Arable land	13	-0.02 (0.04)	0.01	23,830
2. Marine clay, south-west	Arable land	12	0.03 (0.02)	0.13	56,418
3. Marine clay, central-west	Arable land	21	0.18 (0.12)	0.11	4615
4. Riverine clay, central	Grassland	53	0.37 (0.17)	0.25	12,660
5. Peaty clay, north	Grassland	155	-0.98 (0.81)	0.09	9806
6. Peaty clay, west	Grassland	88	-0.27 (0.28)	0.06	5889
7. Reclaimed peat, north-east	Grassland	70	-0.07 (0.36)	0.00	4583
	Arable land	63	0.08 (0.10)	0.04	40,497
8. Sand, south	Grassland	24	0.18 (0.05)	0.47	57,594
	Arable land	17	0.01 (0.02)	0.02	49,344
9. Loess, south	Grassland	33	0.34 (0.11)	0.39	7720
	Arable land	13	0.02 (0.01)	0.10	13,977
Netherlands,	Grassland	43	0.10 (0.06)	0.16	589,899
	Arable land	20	0.08 (0.02)	0.39	673,770
	Maize land	23	0.23 (0.05)	0.58	112,168

Figuur 42

Gemiddeld gehalte en jaarlijkse verandering in organische koolstof, voor alle combinaties van landgebruik en regio.

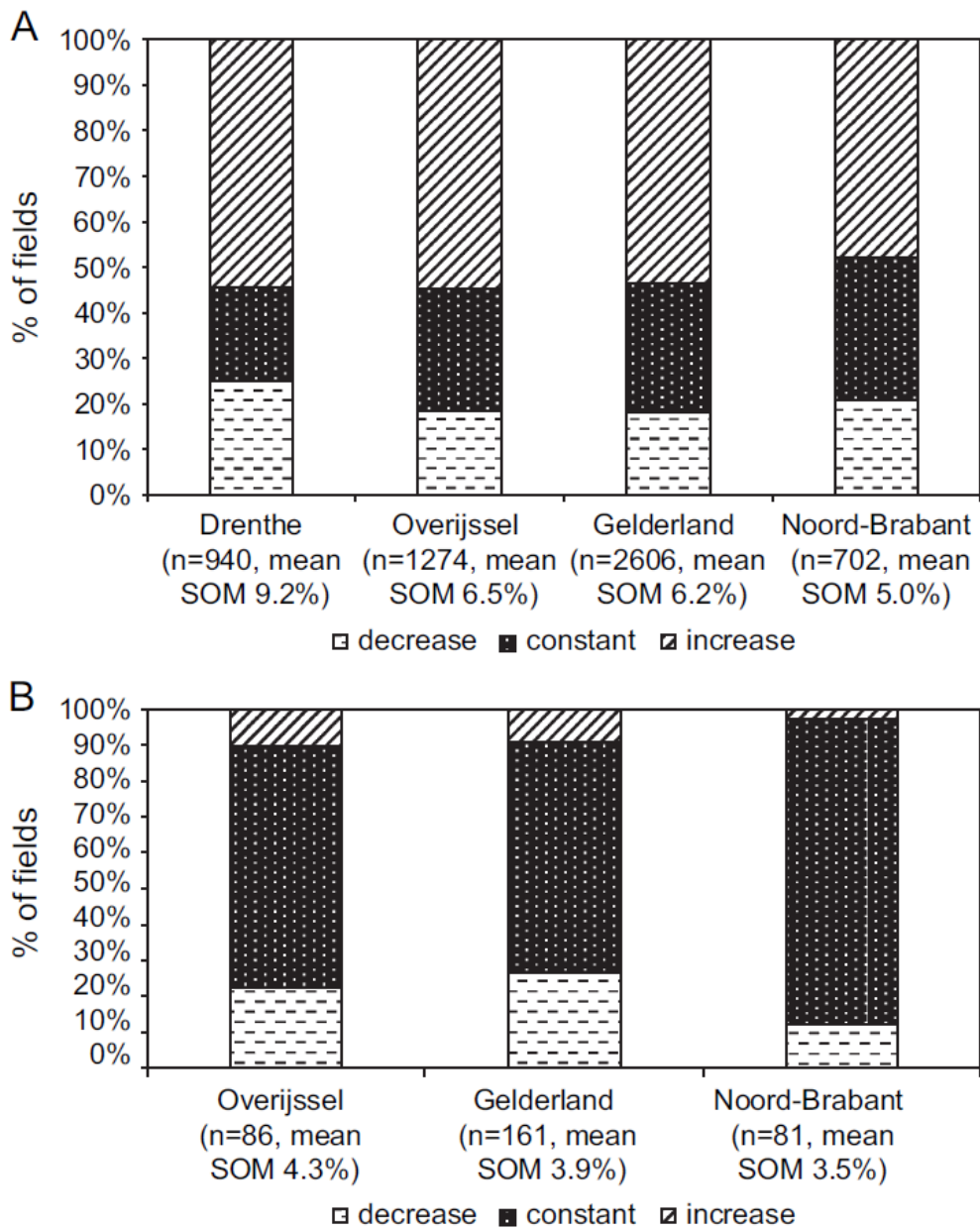
Reijneveld et al. (2009) concluderen dat het organische koolstofgehalte op minerale gronden tussen 1984 en 2004 is toegenomen, zowel op grasland als bouwland, maar met regionale verschillen. De auteurs maken zelf de volgende kanttekeningen:

- De gemiddelde jaarlijkse verandering in het organische koolstofgehalte (-0.98 tot +0.37 g/kg) is kleiner dan de bemonsterings- en meetfout (~ 5 g/kg).
- De monsters zijn afkomstig van verschillende plekken in verschillende percelen in verschillende jaren.
- Het landgebruik was alleen bekend op het moment van de monsternamen, maar de geschiedenis is onbekend. Gezien de dynamiek van het landgebruik, vertroebelt dit de analyse naar landgebruik.
- Het aantal monsters nam af in de loop der tijd.

Hanegraaf et al. (2009) analyseerden een apart deel van de bovenstaande data. De selectie bestond uit percelen op zandgronden in Drenthe, Overijssel, Gelderland en Noord-Brabant, die in de periode 1984-2004 vier of vijf keer zijn bemonsterd. Het gebruik was gras, snijmaïs of gras-snijmaïs vruchtwisseling.

Op grasland nam het organische stofgehalte in ongeveer de helft van de gevallen toe, en in kwart van de gevallen nam het gehalte af (Figuur 43). Bij continue teelt van snijmaïs kon in de meeste gevallen geen verandering worden vastgesteld, terwijl in 10% tot 25% van de percelen een daling werd waargenomen.

Hanegraaf et al. (2009) vonden voor geen enkele van de drie landgebruikstypen een uniforme trend. In de vier regio's waren de trends onderling verschillend en ze konden niet worden verklaard uit het initiële organische stofgehalte.



Figuur 43

Absolute verandering (increase: >1%, constant: -1% ><+1%, decrease <1%) van organische stofgehalte in zandgronden over een periode van 20 jaar. A=grasland; B=continu snijmais (Hanegraaf et al. 2009).

5.4.2 Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit

In Tabel 23 staat de gemeten gemiddelde en mediane organische stofgehalten vermeld en de waargenomen verandering in organische stofgehalten voor de zeven onderscheidde bedrijfstypen weergegeven. De verandering in het gemiddelde organische stofgehalte is over het algemeen klein (< 0.5%). Een uitzondering vormt akkerbouw op zandgrond waar het organisch stofgehalte met 2.4% gedaald is. Dit zijn overwegend veenkoloniale bedrijven met een hoog gehalte aan organische stof. Bij akkerbouw op zand werd ook een daling waargenomen in de mediaan van het organisch stofgehalte. Bij melkveehouderij op veen werd, door veenoxidatie, ook een substantiële daling in de mediaan van het organische stofgehalte gemeten. Bij melkveehouderij met een lage veedichtheid op zand werd een stijging van 1.7% in de mediaan waargenomen terwijl het gemiddelde wel daalde.

Tabel 23

Gemeten gemiddelde en mediane organisch stofgehalten op LMB kernbedrijven in de eerste ronde en verandering in gemiddelde en mediane waarde in de tweede ronde.

Bedrijfstak	Grondsoort	% org stof in 1e ronde		Verandering in % org. stof		
		gem	mediaan	gem	mediaan	
akkerbouw	zand	12.0	12.5	-2.4	-3.7	
akkerbouw	zeeklei	2.3	2.3	-0.1	-0.2	
melkveehouderij	rivierklei	8.9	8.4	-0.5	-0.5	
melkveehouderij	veen	24.7	26.3	-0.4	-1.6	
melkveehouderij	zand	lage veedichtheid	9.1	7.1	-0.2	1.7
melkveehouderij	zand	hoge veedichtheid	5.2	5.7	0.3	-0.3
melkveehouderij	zand	met intensieve veehouderijtak	5.6	5.6	0.1	0.1

5.5 Organische stof - Bedrijfssystemen

5.5.1 Bouwland: BSO Nagele

In paragraaf 4.2.1. is een beschrijving gegeven van het systeemonderzoek te Nagele. In deze paragraaf wordt ingegaan op het verloop van het organische stofgehalte.

In alle systemen was handhaving van het organische stofgehalte het streven. Aanvoer van organische stof vindt plaats door meststoffen, groenbemesters en gewasresten. Als vuistregel voor de afbraak (respiratie) van organische stof in de bodem wordt voor de meeste gronden 2% aangehouden.

Op het biologische bedrijf was de organische stof balans positief, vooral vanwege de hoge aanvoer van organische stof in de vaste mest. In de geïntegreerde systemen waarin ook dierlijke mest toegepast werd was de organische stofbalans neutraal. In het experimentele kunstmeststelsel was de organische stofbalans negatief door het achterwege laten van de dierlijke mest.

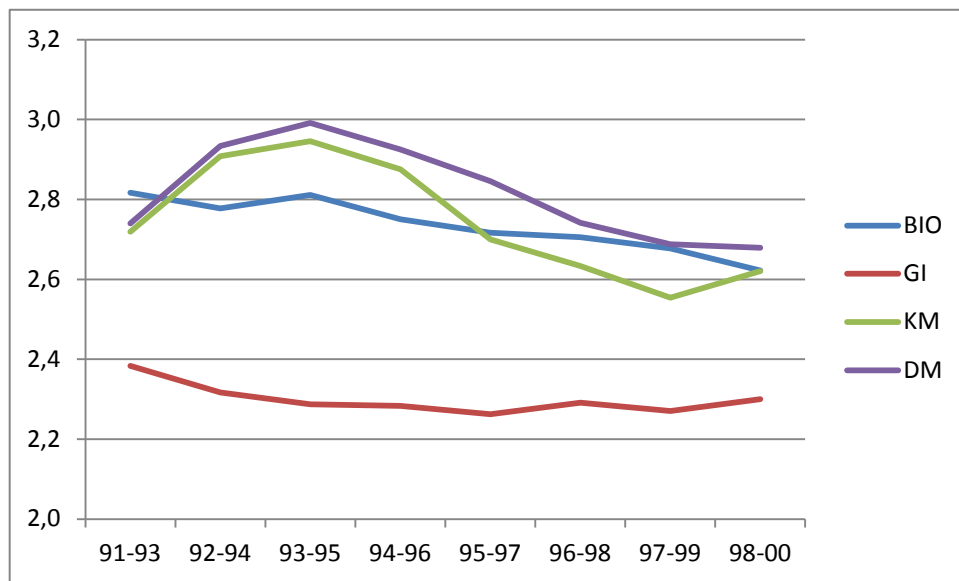
De organische stof-aanvoer was dus in drie van de vier systemen zodanig dat met de bekende rekenregels het organische stofgehalte in de bodem zou worden gehandhaafd. De gemeten waarden in de bodem lieten echter een ander beeld zien; het organische stofgehalte in de bodem nam in alle systemen af; gemiddeld met 0,1%

(Figuur 44). Uitgedrukt in afbraaksnelheid is dit 2,25 \%. Dit lijkt niet veel maar betekent in de praktijk dat er ongeveer 500 kg EOS per ha extra aangevoerd moet worden.

Tabel 24

Organische stof balans (kg/ha).

	Biologisch	Geïntegreerd	Experimenteel Kunstmest	Experimenteel Drijfmest
Aanvoer uit mest (kg/ha)	747	240	0	249
Aanvoer uit gewasresten en groenbemesters (kg/ha)	1450	1336	1282	1282
Totaal (kg/ha)	2197	1576	1282	1534
Organische stof (%)	2.6	2.3	2.6	2.7
2 % respiratie (kg/ha)	1716	1518	1716	1782
Organische stofbalans	1.3	1.0	0.7	0.9



Figuur 44

Ontwikkeling organische stofgehalte (%).

Opbrengst

Vanwege de verschillen in het bouwplan en rassenkeuze is het alleen mogelijk om de kwaliteitsproductie van het experimenteel kunstmest en het experimenteel drijfmestsysteem met elkaar te vergelijken.

Tussen fysieke opbrengsten van de gewassen zijn er enige verschillen. De poot aardappelen en de witlof gaven in de met kunstmest bemeste variant een hogere opbrengst. Kennelijk komt de stikstof uit dierlijke mest voor een vroeg gewas als poot aardappelen te laat beschikbaar. Ook bij witlof scoort de kunstmestvariant in

nagenoeg alle jaren hoger dan de drijfmestvariant. Wel was in alle jaren het aantal afgeleverde pennen voldoende. Consumptie-aardappelen, suikerbieten en zaaiuien geven een hogere opbrengst in de drijfmestvariant. Bij de granen zijn de verschillen minimaal. Gemiddeld over de jaren waren er bij geen van de gewassen verschillen in kwaliteit en/of sortering.

Tabel 25

Opbrengsten (kg/ha) experimenteel bedrijfssysteem (1991-2000)

	Drijfmest	Kunstmest
Consumptieaardappelen	60.100	58.400
Pootaardappelen	33.000	36.500
Suikerbieten-vroeg*	9.900	9.400
Suikerbieten-laet*	12.000	11.700
Wintertarwe	8.900	8.800
Zomergerst	6.700	6.700
Zaaiuien	47.700	46.700
Witlof	36.900	38.800

*Opbrengst in kg suiker per ha

5.5.2 Bouwland: BSO Vredepeel

In paragraaf 5.2.2. is een beschrijving gegeven van het systeemonderzoek te Vredepeel. In deze paragraaf wordt ingegaan op het verloop van het organische stofgehalte.

In de periode 1993 t/m 1999 bedroeg de berekende aanvoer van effectieve organische stof (EOS) op de BSO-percelen te Vredepeel gemiddeld 1750 tot 1880 kg per ha, afhankelijk van het systeem. Van voor 1993 konden geen gegevens meer worden achterhaald.

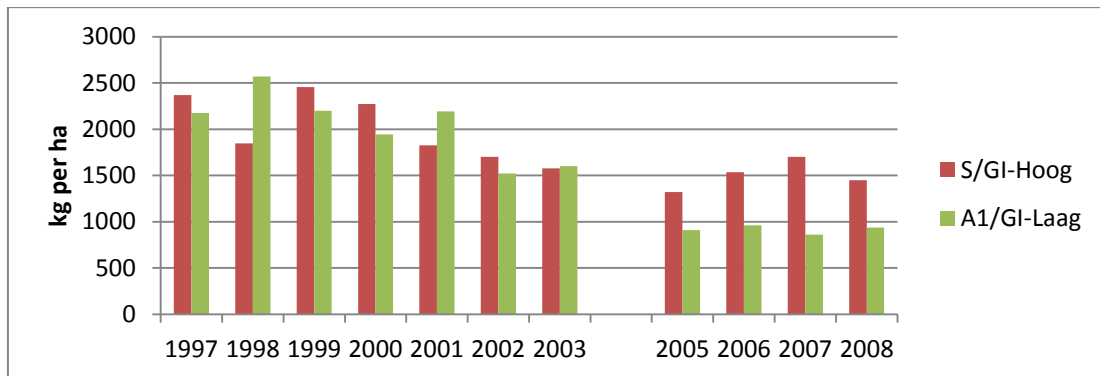
In Figuur 45 is de jaarlijkse EOS-aanvoer weergegeven van 1997 t/m 2008. In de periode 1997 t/m 2000 was de EOS-aanvoer op de percelen van de latere systemen S/GI-Hoog en A1/GI-Laag gemiddeld genomen zo goed als gelijk: 2230 kg EOS per ha per jaar.

In de Tmt-periode was de EOS-aanvoer bij A1 in 2001 hoger dan bij S, in 2002 iets lager dan bij S en in 2003 vrijwel gelijk. Gemiddeld over deze drie jaar verschilde de EOS-aanvoer weinig tussen de systemen: gemiddeld 1700 kg EOS per ha per jaar bij systeem S en 1775 kg EOS per ha per jaar bij systeem A1. Hoewel in A1 geen dierlijke mest werd aangevoerd (behalve de gescheiden, dunne fractie van varkensdrijfmest), kon de EOS-aanvoer toch op peil worden gehouden met de groenbemesters in het bouwplan.

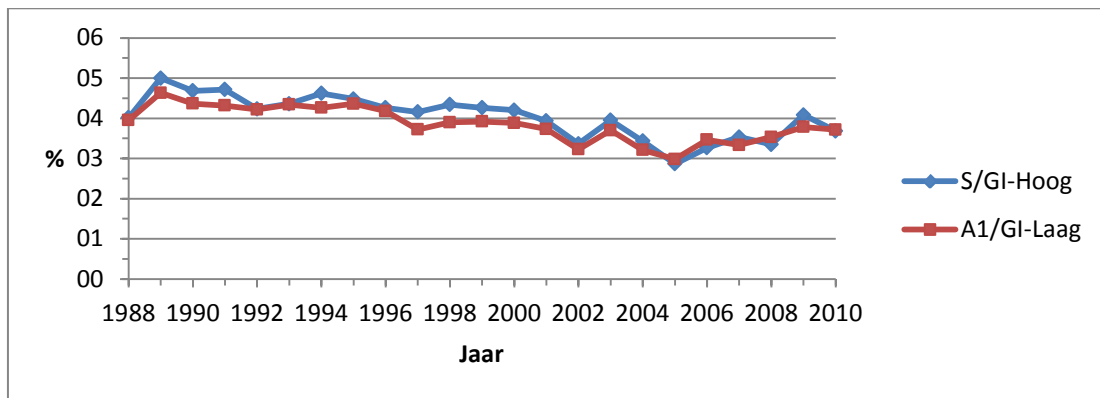
Van 2004 zijn geen geregistreerde gegevens bekend. Dit was een tussenjaar waarin geen onderzoek plaatsvond. Aangezien de strategie van Tmt in dat jaar nog wel is toegepast, mag worden aangenomen dat er ook toen geen groot verschil was in EOS-aanvoer.

Pas in de Nutrient Water Proof-periode is er bewust een verschil gecreëerd in EOS-aanvoer. Gemiddeld in de periode 2005-2008 bedroeg de EOS-aanvoer 1500 kg/ha bij GI-Hoog en 915 kg/ha bij GI-Laag. In de organische stofgehalte van de percelen kwam het verschil in EOS-aanvoer nog niet tot uiting (Figuur 46). De EOS-aanvoer bij GI-Hoog was overigens lager dan in de voorgaande perioden, door een hoger aandeel gewassen in het bouwplan die weinig EOS nalaten en de afwezigheid van (goed ontwikkelde) groenbemesters. Over de gehele periode van het BSO vertoont het organische stofgehalte een dalende tendens.

De bemestingsstrategieën van de systemen GI-Hoog en GI-Laag zijn in 2009 en 2010 in stand gehouden (op dezelfde percelen). In het huidige BSO-project Bodemkwaliteit op zandgrond, dat in 2011 is gestart, wordt het verschil in EOS-aanvoer voortgezet.



Figuur 45 Berekende jaarlijkse aanvoer van effectieve organische stof (kg per ha) op de BSO-percelen van de bedrijfssystemen S/GI-Hoog en A1/GI Laag te Vredepeel (gemiddelde van zes stroken per systeem)



Figuur 46 Verloop van het organische stofgehalte (%) op de BSO-percelen van de bedrijfssystemen S/GI-Hoog en A1/GI Laag te Vredepeel (gemiddelde van zes stroken per systeem)

5.5.3 Bloembollen BSO op de proefbedrijven De Noord en De Zuid.

Op de proefbedrijven De Noord en De Zuid is gedurende zes teeltseizoenen onderzoek gedaan naar de haalbaarheid van geïntegreerde teelt van bloembollen. Doel van het onderzoek was het ontwikkelen en toetsen van bedrijfssystemen om op veilige, duurzame en concurrerende wijze bloembollen te telen. Het veiligheidsaspect werd hierbij opgevat als een manier om met een lagere inzet van mineralen en gewasbeschermingsmiddelen te telen. Als strategie werd ervoor gekozen om het gewas alleen te geven wat het nodig heeft.

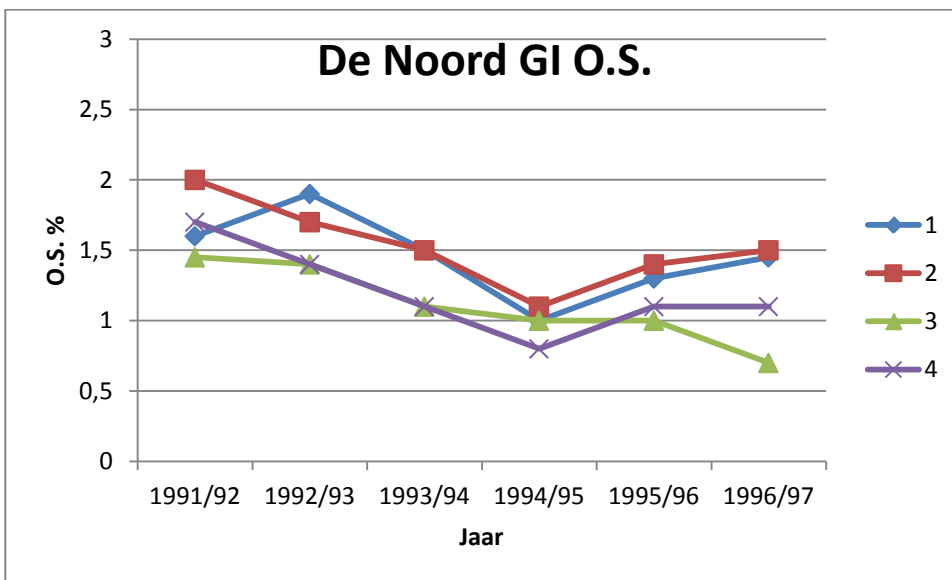
In het onderzoek zijn verschillende teeltsystemen onderzocht: een geïntegreerd (GI) en een experimenteel geïntegreerd systeem (GEX). In het geïntegreerde systeem was de doelstelling te voldoen aan de eisen zoals gesteld in de Meerjaren gewasbescherming. Deze eisen werden toen beschouwd als doelstelling voor de korte termijn. In het experimenteel geïntegreerde systeem werd naar de lange termijn gekeken met een verkenning naar de grenzen van de geïntegreerde teelt.

Tabel 26

Toediening van GFT (t/ha) en op het eigen bedrijf geproduceerde compost in het Geïntegreerde bedrijfssysteem op de locatie De Noord.

	Herhaling			
	1	2	3	4
1991/92				18+eigen compost
1992/93	5	Eigen compost		
1993/94		9		
1994/95	11+eigen compost	18+eigen compost		9
1995/96	9		18+eigen compost	14+eigen compost
1996/97	18+eigen compost	15+eigen compost	15	
Totaal	43+eigen compost	42+eigen compost	33+eigen compost	41+eigen compost

De hoeveelheid GFT-compost die per herhaling is toegediend verschilt. In geen van de herhalingen is voldoende compost toegediend om het organische stofgehalte te handhaven. Herhaling 3 heeft de laagste hoeveelheid compost gekregen en het organische stofgehalte is ook het sterkst gedaald. Het verschil tussen de herhalingen 1 / 2 en 4 kunnen niet verklaard worden.



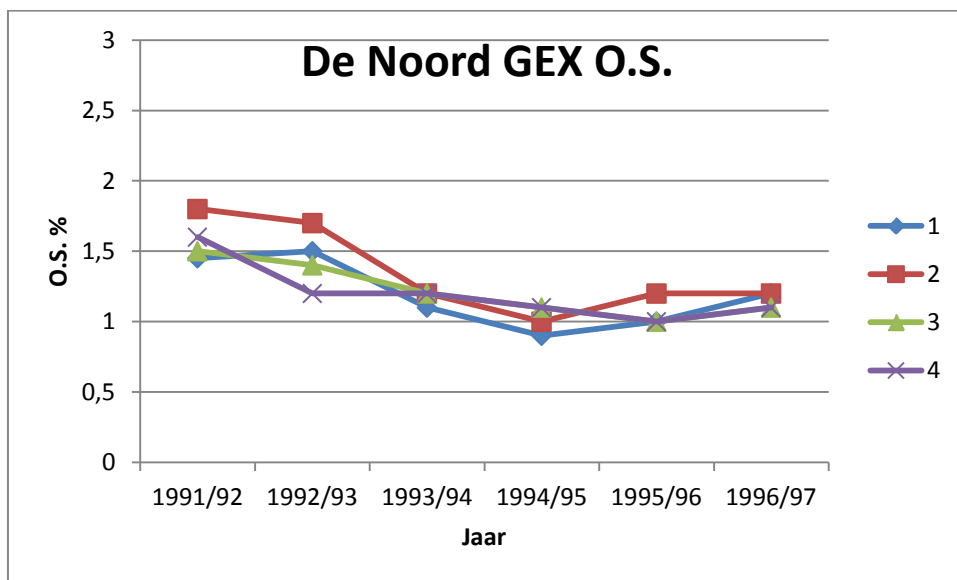
Figuur 47

Ontwikkeling van organische stofgehalte (%) op het geïntegreerde bedrijfssysteem op de locatie De Noord.

Tabel 27

Toediening van GFT (t/ha) en op het eigen bedrijf geproduceerde compost in het Experimenteel Geïntegreerde bedrijfssysteem op de locatie De Noord.

	Herhaling			
	1	2	3	4
1991/92				Eigen compost
1992/93	14	Eigen compost		
1993/94		9		
1994/95	eigen compost	9+eigen compost		9
1995/96	9		9+eigen compost	14+eigen compost
1996/97	9+eigen compost	8+eigen compost	8	
Totaal	32+eigen compost	26+eigen compost	17+eigen compost	23+eigen compost



Figuur 48

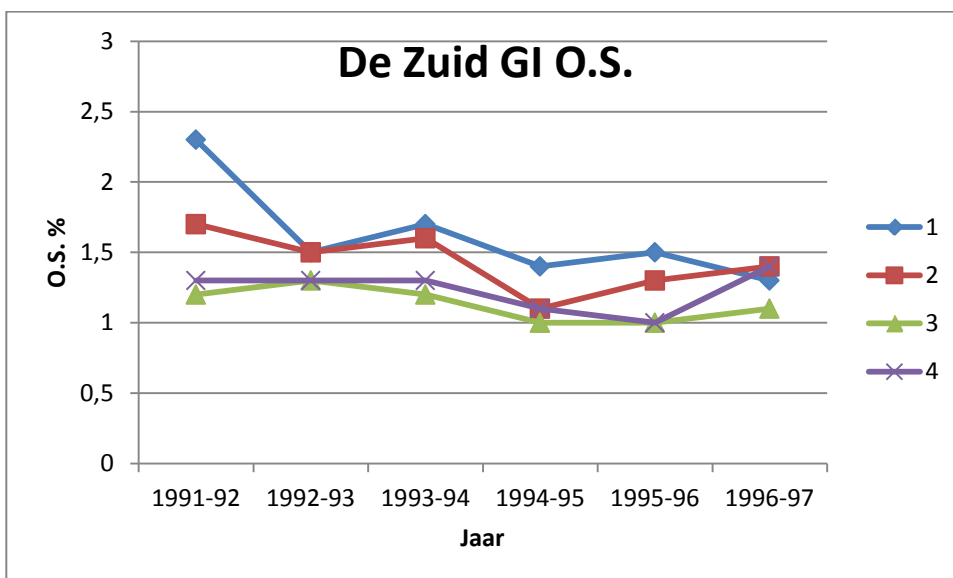
Ontwikkeling van organische stofgehalte (%) op het Experimenteel Geïntegreerde bedrijfssysteem op de locatie De Noord.

Tabel 28

Toediening van GFT (t/ha) en op het eigen bedrijf geproduceerde compost in het Geïntegreerde bedrijfssysteem op de locatie De Zuid.

	Herhaling			
	1	2	3	4
1991/92				
1992/93	17			15+eigen compost
1993/94	eigen compost		17*	
1994/95		14	14+eigen compost	14
1995/96	12.5	12.5+eigen compost		12.5
1996/97	11		11	22+eigen compost
Totaal	40.5+eigen compost	26.5+eigen compost	42+eigen compost	63.5+eigen compost

* Heidecompost



Figuur 49

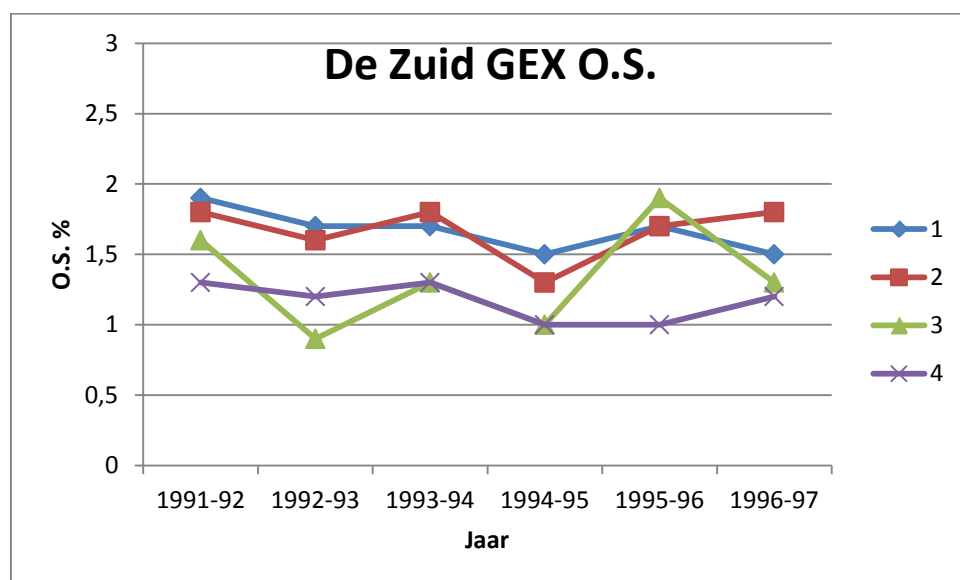
Ontwikkeling van organische stofgehalte (%) op het Geïntegreerde bedrijfssysteem op de locatie De Zuid.

Tabel 29

Toediening van GFT (t/ha) en op het eigen bedrijf geproduceerde compost in het Experimenteel Geïntegreerde bedrijfssysteem op de locatie De Zuid.

	Herhaling			
	1	2	3	4
1991/92				
1992/93	17		15	Eigen compost
1993/94	eigen compost		17*	
1994/95		14	14+eigen compost	14
1995/96	12.5	12.5+eigen compost		12.5
1996/97	11		11	22+eigen compost
Totaal	40.5+eigen compost	26.5+eigen compost	57+eigen compost	48.5+eigen compost

*Heidecompost

**Figuur 50**

Ontwikkeling van organische stofgehalte (%) op het Experimenteel Geïntegreerde bedrijfssysteem op de locatie De Zuid.

De hoeveelheden 'eigen compost' zijn niet bekend. We nemen hier aan dat per keer ongeveer 4 t/ha is toegediend. We nemen aan dat de hoeveelheid Effectieve Organische stof (EOS) die met de GFT en met de 'eigen compost' is toegediend 150 kg EOS/t bedraagt. De hoeveelheid EOS in heidecompost is geschat op 125 kg/t.

Als we uitgaan van een organische stofgehalte van 2% betekent dit, bij een dichtheid van 1300 kg/m³, dat in 20 cm bouwvoor 52000 kg organische stof aanwezig is. Als hier ieder jaar 5% van wordt afgebroken, dan moet er jaarlijks 2600 kg EOS/ha worden toegediend om het organische stofgehalte te handhaven. Dit betekent dat in de periode 1991 - 1997 minimaal 15.5 t EOS/ha moet zijn toegediend. De berekende hoeveelheden EOS (t/ha) die in de verschillende systemen is toegediend staat in Tabel 30. Het is duidelijk dat de hoeveelheden toegediend ver onder de benodigde hoeveelheden liggen.

Als we uitgaan van een afbraak van 2% per jaar dan zou er jaarlijks ruim 1 t EOS/ha moeten worden toegediend en dus ruim 6 t/ha voor de periode 1991 - 1997. In een aantal herhalingen is er dan ook nog te weinig toegediend om het organische stofpercentage te handhaven.

Tabel 30

Berekende hoeveelheid EOS (t/ha) die in de verschillende systemen met de compostsoorten is toegediend.

	Herhaling			
	1	2	3	4
De Noord GI	7.7	8.1	5.6	7.4
De Noord GEX	6	5.7	3.2	4.7
De Zuid GI	6.7	4.6	7.1	10.7
De Zuid GEX	6.7	6.1	8.7	8.5

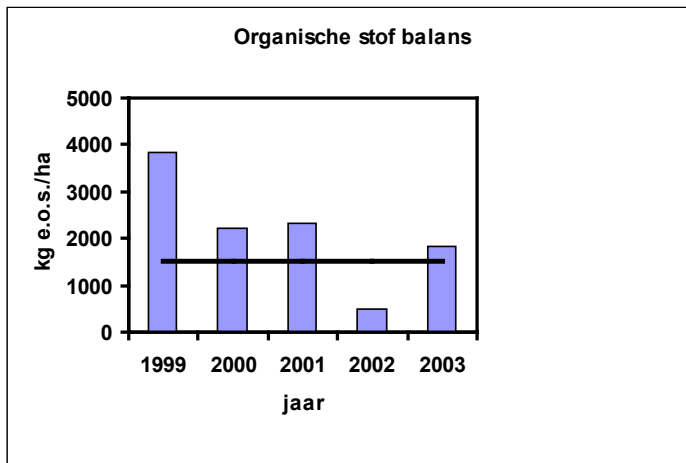
5.5.4 Boomteelt: BSO in Horst

Op de PPO-boomteeltproeflocatie in Horst is in 1991 een geïntegreerd bedrijfssysteem voor de teelt van houtige siergewassen op zandgrond aangelegd. Van 1991 tot en met 2003 is hier een boomteelt bedrijfssysteem ontwikkeld, getest en verbeterd waarbij zo min mogelijk emissie van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen naar het milieu optrad. Gedurende de onderzoeksperiode is een strategie voor geïntegreerde gewasbescherming ontwikkeld die gebaseerd is op monitoren en het gebruik van actiedrempels: een bemestingsstrategie met een lage input van nutriënten en een vruchtwisselingplan ter beheersing van grondgebonden ziekten en plagen.

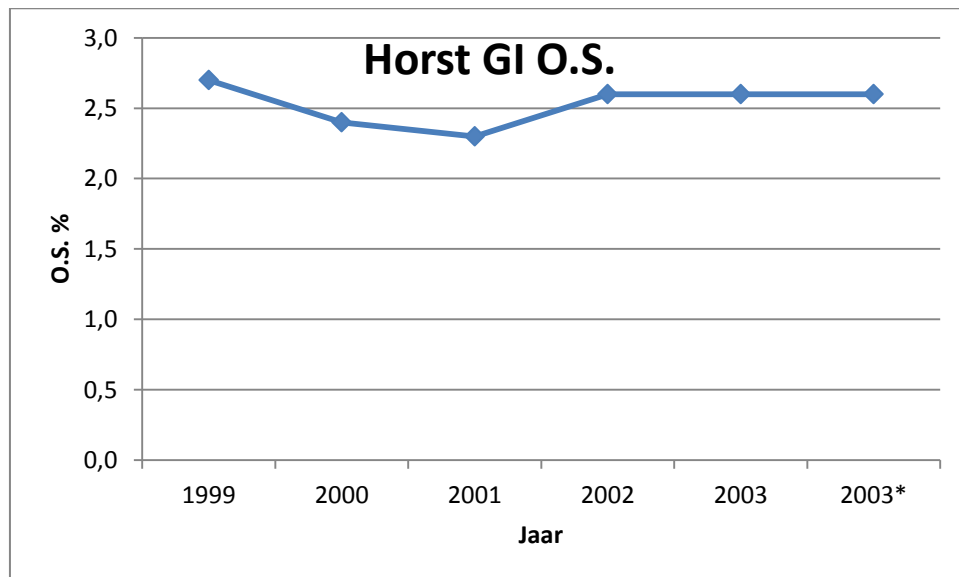
Het organische stofgehalte speelt in de boomkwekerij een belangrijke rol. In het onderzoek is dan ook veel aandacht aan dit onderwerp besteed.

Voor het berekenen van de organische stofbalans is gerekend met een jaarlijkse afbraak van 2% van de organische stof in de bouwvoor en met de aanvoer van effectieve organische stof van de producten zoals opgegeven door de fabrikanten.

De organische stof balans is positief in de jaren 1999, 2000, 2001 en 2003 (Figuur 51). In 2002 is de organische bemesting uitgesteld tot het tweedejaarsgewas en daardoor is er op de balans een tekort. Deze organische stofbalans is een voorzichtige schatting. Over de bijdrage van gewasresten is weinig bekend, deze zijn deels niet in de balans meegenomen. Vooral de wortelresten die na het oogsten achterblijven op het veld is nog een grote onbekende factor in de organische stofbalans. De verwachting is dat er meer aanvoerposten zijn dan die tot nu toe op de balans zijn meegenomen. De bodemvruchtbaarheid neemt bij deze strategie niet af. Uit de gegevens over de algemene bodemvruchtbaarheid blijkt dat het organische stofpercentage over de onderzoeksperiode op ongeveer hetzelfde niveau blijft (Figuur 52).



Figuur 51
Organische stofbalans bij boomteelt te Horst.



Figuur 52
Ontwikkeling organische stofgehalte bij boomteelt te Horst.

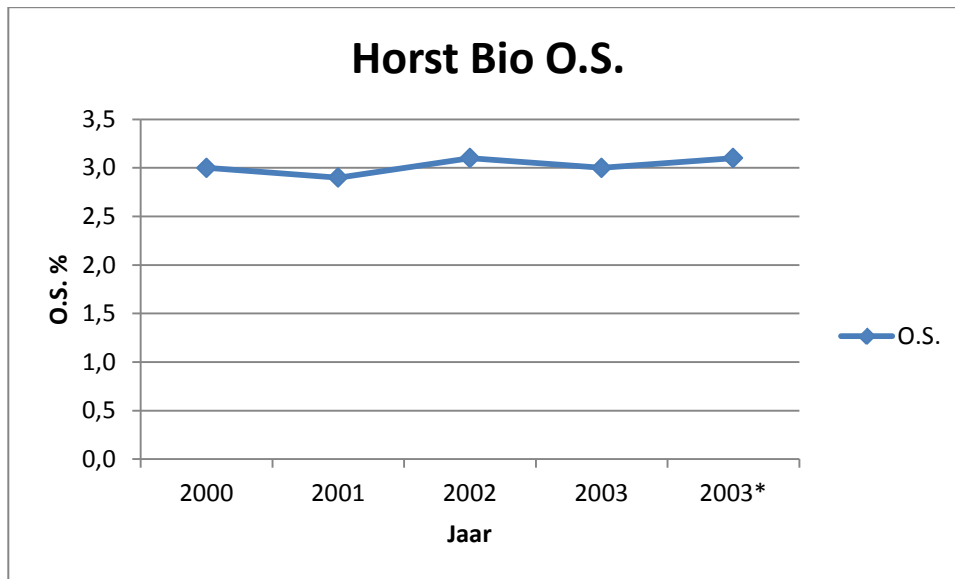
Biologische bedrijfssysteem

Op de proeflocatie in Horst ontwikkelde PPO-Bomen op (semi)praktijkschaal een prototype bedrijf voor de biologische teelt van houtige siergewassen op zandgrond. In dit bedrijfssysteemonderzoek werden oplossingen gezocht voor meerdere, en vaak tegenstrijdige knelpunten of beleidsdoelstellingen.

In het biologisch bedrijfssysteem werd geproduceerd volgens de richtlijnen voor biologische productie. Bij aanvang van deze onderzoeksperiode was het biologische bedrijfssysteem volledig omgeschakeld en Skal-gecertificeerd en de producten konden onder Eko-keurmerk verhandeld worden

Jaarlijks is van de verschillende percelen de afbraak aan organische stof berekend. Er is gerekend met een jaarlijkse afbraak van de organische stof in de bouwvoor van 2% en met de aanvoer van effectieve organische stof van de producten zoals die door de fabrikant werd opgegeven. Er is een mineraalarme natuurcompost

toegediend. In 2001 is de compost toegediend aan eerstejaars gewassen, vanaf 2002 aan tweede- en derdejaars gewassen. Door deze wijziging is in 2002 geen compost aangevoerd. In deze drie jaar is in totaal 40 t/ha natuurcompost aangevoerd. We nemen aan dat deze compost 200 kg EOS/t bevat. Dat betekent 8000 kg EOS/ha/3 jaar, ruim 2500 EOS/ha/jaar. De hoeveelheid organische stof in een ha bouwvoor (0 - 20 cm) met 3% organische stof is 78000 kg bij een volume massa van 1300 kg/m³. De jaarlijkse afbraak in dit soort zandgronden is gemiddeld 2%. Dit betekent dat jaarlijks 1560 kg EOS aangevoerd moet worden om het organische stofgehalte te handhaven. De in het biologische bedrijfssysteem toegediende hoeveelheden waren ruim voldoende om het organische stofgehalte op niveau te houden (Figuur 53).



Figuur 53

Ontwikkeling organische stofgehalte bij biologische boomteelt te Horst. Alle monsters zijn genomen in het voorjaar. In 2003 is ook een monster in november gestoken (2003).*

5.5.5 Melkveehouderij: De Marke

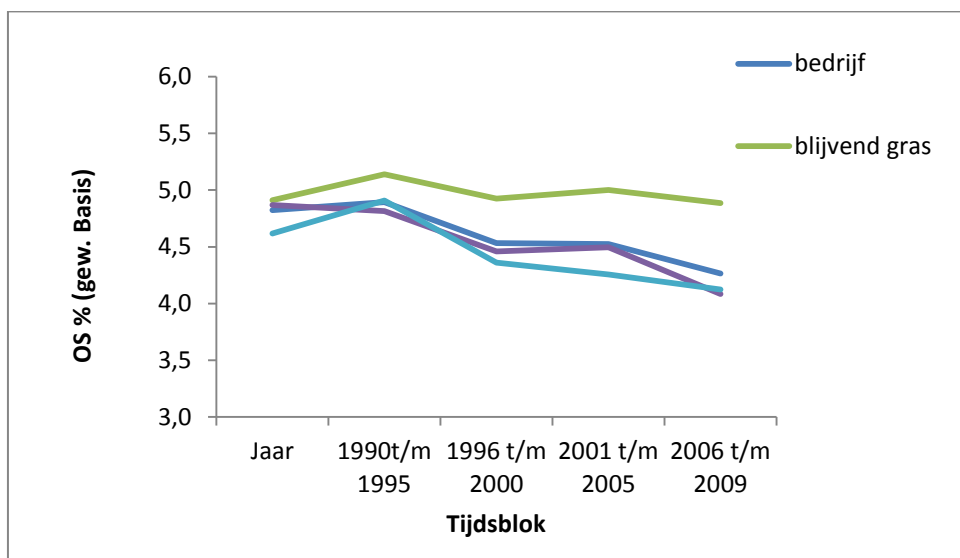
De Marke heeft een aangepast mineralenmanagement waarin de N-aanvoer uit dierlijke mest in de orde van 220 kg per ha ligt. Het aandeel bouwland is wat hoger dan op een gemiddeld grasbedrijf op zandgrond (40%). Het bouwplan bestaat uit blijvend grasland (11 ha), vruchtwisseling I (drie jaar gras, drie jaar bouwland), en vruchtwisseling II (drie jaar gras, vijf jaar bouwland). Sinds 2004 wordt de mest vergist, en sinds 2008 wordt 30% tot 40% van de mest gescheiden. De dikke fractie gaat naar percelen met een relatief hoge fosfaatbehoefte (vooral bouwland). De dunne fractie gaat vooral naar percelen met een relatief lage fosfaatbehoefte (vooral blijvend grasland).

Op bedrijfsniveau is het organische stofgehalte nauwelijks veranderd sinds het begin (Tabel 31). Er is wel veel variatie tussen de jaren. Het is uitgesloten dat deze fluctuatie in werkelijkheid in deze mate optreedt. Afname van meer dan enkele tienden % organische stof in een jaar is onwaarschijnlijk. Toename van enkele tienden % organische stof in een jaar is onmogelijk bij de productieniveaus op De Marke. Ook in de aparte onderdelen van het bedrijfssysteem zien we veel schommelingen, vooral in de laatste jaren. Het is onduidelijk of dit werkelijke veranderingen zijn of ook onnauwkeurigheden in monsternamen en analyse. Dit maakt het lastig trends precies aan te geven.

Tabel 31*Ontwikkeling organische stofgehalte (%) in de laag van 0-20 cm.*

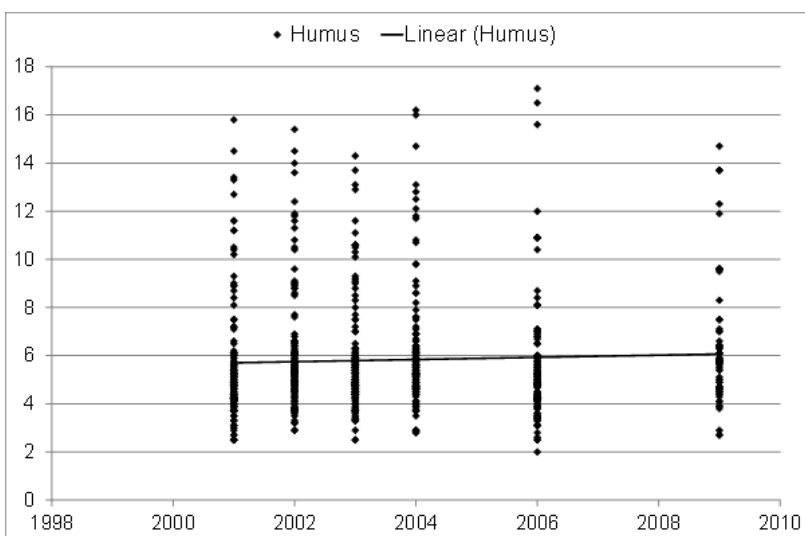
Jaar	Bedrijf	blijvend gras	3 jr gras 3 jr bouwland	3 jr gras 5 jr bouwland
1989	4.8	4.9	4.9	4.6
1994	5.0	5.3	4.9	5.0
1995	4.8	5.0	4.8	4.8
1996	4.6	4.8	4.5	4.5
1997	4.7	5.1	4.6	4.5
1998	4.4	4.8	4.3	4.3
1999	4.5	5.2	4.4	4.2
2000	4.5	4.8	4.5	4.3
2001	4.5	4.9	4.4	4.2
2002	4.6	5.1	4.6	4.4
2003	4.6	5.1	4.5	4.4
2004	4.5	4.9	4.5	4.3
2005	4.4	5.0	4.5	3.9
2006	3.9	4.4	3.8	3.8
2007	3.7	4.3	3.6	3.6
2008	4.5	5.2	4.2	4.3
2009	4.9	5.6	4.7	4.8

Door de gehalten te middelen over perioden van drie jaar worden de ergste variaties weggenomen (Figuur 54). Het lijkt aannemelijk om in het blijvend grasland te spreken van een stabiel niveau. In de vruchtwisselingssystemen is het gehalte wat gezakt.

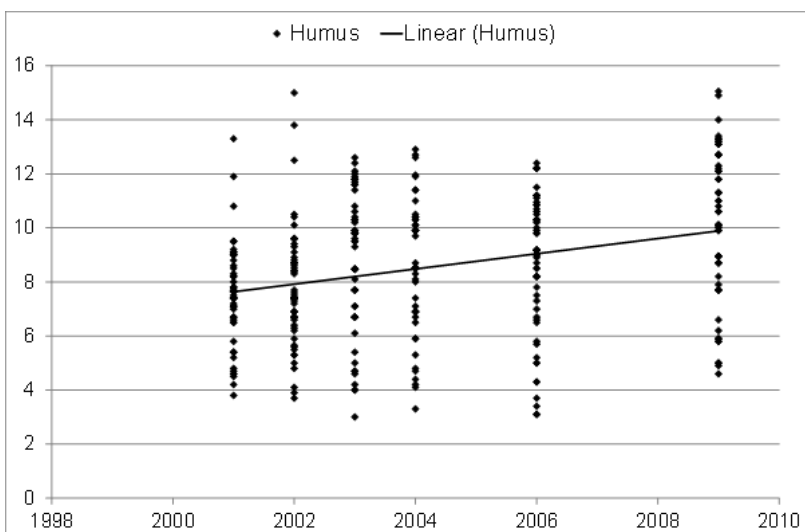
**Figuur 54***Ontwikkeling van drie-jarig gemiddelde organische stofgehalten (%) op De Marke.*

5.5.6 Melkveehouderij: Koeien en Kansen

De dataset van Koeien en Kansen bevat 2256 analyses tussen 2000 en 2009, uitgevoerd op 10 bedrijven op zand, 1 op löss, 3 op klei, 1 klei-op-veen, en 2 op veen. Het aantal percelen dat is bemonsterd, verschilt van jaar tot jaar. Voor deze rapportage zijn percelen geselecteerd die minimaal vijf keer zijn geanalyseerd. In 2001 is de bemonsteringsdiepte van grasland veranderd van 0-5 tot 0-10 cm. In dat overgangsjaar zijn beide diepten bemonsterd. Gemiddeld was het organische stofgehalte in 0-5 cm 6,3 en in 0-10 cm 5,6%. Vanwege het duidelijke effect van bemonsteringsdiepte, zijn alleen de analyses vanaf 2001 meegenomen. De selectie op bemonsteringsfrequentie en bemonsteringsdiepte leidt tot een dataset van 752 gegevens voor zand- en löss, en 334 gegevens voor klei. Op zand en löss variëren de organische stofgehalten van 2 tot 17%, zonder een duidelijke trend (Figuur 55). Op kleigrond vertoont het organische-stofgehalte een iets geringere variatie dan op zandgrond, maar gemiddeld ligt het gehalte op een hoger peil (Figuur 56). Bovendien neemt het gemiddelde gehalte toe van ongeveer 7,5 tot 10%.



Figuur 55
Ontwikkeling organische stofgehalte (%) van grasland op K&K bedrijven (zand en löss).

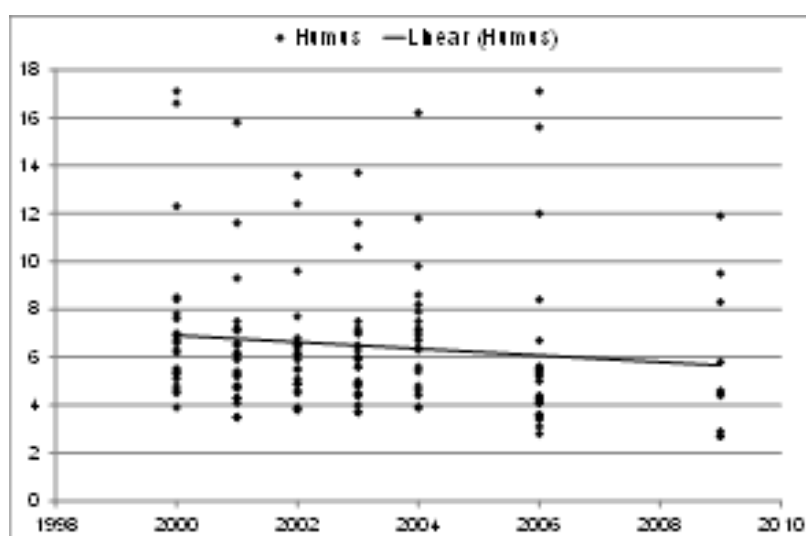


Figuur 56
Ontwikkeling organische stofgehalte (%) van grasland op K&K bedrijven (klei).

Uit de dataset van K&K zijn die percelen geselecteerd die in de periode 2001 - 2009 meer dan 0,5% in organische stof zijn gedaald. Een bedrijf is niet meegenomen omdat daar regelmatig zandafgravingen hebben plaatsgevonden waardoor de kans op verstering van de bodem groot is. In totaal bleven 25 percelen, verdeeld over acht bedrijven, op zandgrond over, waar het gehalte daalde van gemiddeld 7% in 2001 tot onder de 6% in 2009 (Figuur 57).

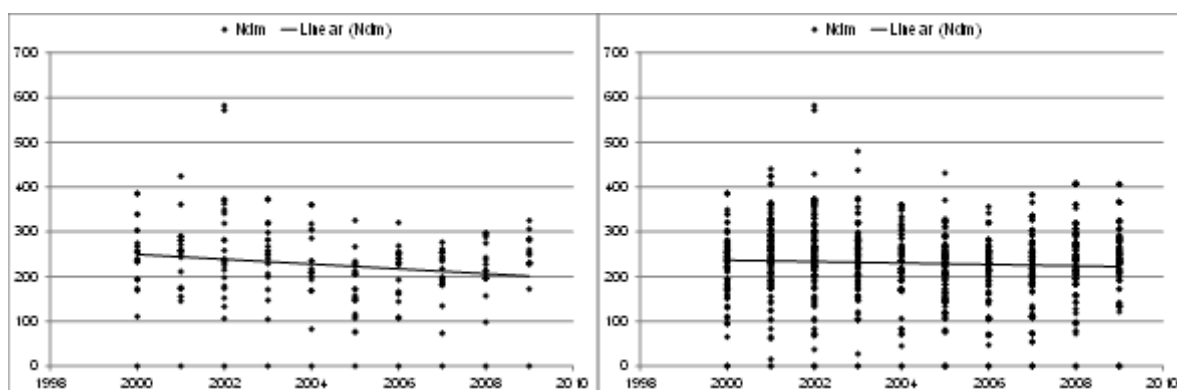
Op de percelen met een dalend organische stofgehalte is het stikstofoverschot gedaald van 200 kg N/ha tot circa 150 kg N/ha. Dit is lager dan het gemiddelde N-overschot op alle percelen, dat ongeveer gelijk bleef, rond de 200 kg N/ha. De stikstofaanvoer van drijfmest, en dus ook organische stof, is op de percelen met dalende organische stof gedaald, terwijl de aanvoer van drijfmest op alle percelen op zandgrond ongeveer gelijk is gebleven (Figuur 58). De aanvoer van kunstmest is op de percelen met dalende organische stof ook meer dan evenredig gedaald: van 100 tot 50 kg N/ha in vergelijking met van 80 tot 60 kg N/ha op alle percelen.

De opbrengst op percelen met een dalend organische stofgehalte laat een dalende trend zien, maar dezelfde daling is ook waargenomen op alle percelen op zandgrond (Figuur 59).



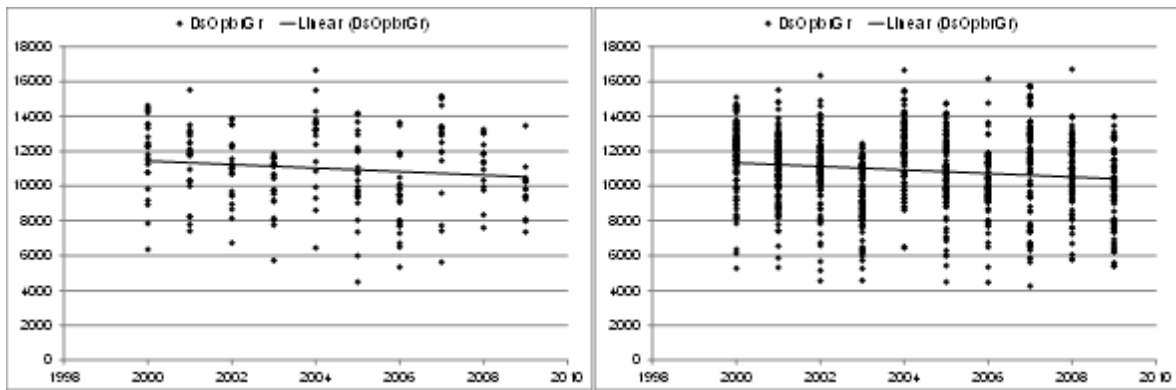
Figuur 57

Ontwikkeling van het organische stofgehalte (%) op percelen met een dalend gehalte (>0,5%) op K&K bedrijven (zand).



Figuur 58

Ontwikkeling van stikstofaanvoer uit drijfmest (kg/ha) op percelen met een dalend organische stofgehalte (links) en op alle percelen (rechts).



Figuur 59

Ontwikkeling van droge-stofopbrengst (kg/ha) van percelen met een dalend organische stofgehalte (links) en alle percelen (rechts).

5.6 Organische stof - Onderzoek

5.6.1 Bouwland: Mest-vanggewassenproef Heino

Tussen 1988 en 2002 heeft op een zandgrond nabij Heino een meerjarig proefveld gelegen waarin bij het gewas snijmaïs verschillende dierlijke mestgiften zijn vergeleken al dan niet in combinatie met een vanggewas. Tussen 1988 en 1994 lag de focus op het vaststellen van de effecten van het telen van een vanggewas op de N-verliezen bij de teelt van snijmaïs. Binnen de vanggewasobjecten (geen, rogge en grasonderzaai) waren N-bemestingsniveaus aangelegd uiteenlopend van geen dierlijke mest (wel een startgift van 20 kg N per ha in de rij) en een dierlijke mestgift van circa 35 m³ per ha aangevuld met 20, 60 en 100 kg N per ha uit kunstmest (Tabel 32). Alle objecten lager jaarlijks op dezelfde plaats op het proefveld waardoor eventuele lange termijn effecten zichtbaar worden. De fosfaat- en kalibemesting was bij alle objecten gelijk.

Vanaf 1996 is het proefveld gebruikt om de lange termijn effecten van een verlaagde dierlijke mestgiften na te gaan. Hiertoe zijn op de voormalige objecten N2 t/m N4 jaarlijks dierlijke mestgiften toegediend van respectievelijk 15, 30 en 50 m³ runderdrijfmest per ha (alle met een N-rijenbemesting van 20 kg N per ha). Deze niveaus zijn weer aangelegd zonder en met een vanggewas (rogge en tot 1999 ook grasonderzaai). Vanaf 1999 is op de objecten met grasonderzaai de runderdrijfmest vervangen door stalmest (15 en 30 ton per ha). Verder is de grasonderzaai vervangen door winterrogge.

Tabel 32

Giften dierlijke mest (RDM = runderdrijfmest, STM = stalmest) en kunstmest-N (KM) op het proefveld te Heino tussen 1988-2002.

N-niveau	1988		1996-2002		1999-2002	
	RDM (ton/ha)	KM (kg N/ha)	RDM (ton/ha)	KM (kg N/ha)	STM (ton/ha)	KM (kg N/ha)
N1	0	20	0	20	0	0
N2	35	20	15	20	15	0
N3	35	60	30	20		
N4	35	100	50	20	30	0

Organische stofgehalte

Op een aantal momenten gedurende de onderzoeksperiode is het organische stofgehalte van de bodem gemeten. Met name bij de meting in 2002 was het organische stofgehalte lager dan bij de voorgaande metingen. Een controlemeting bij een aantal objecten in 2003 liet echter zien dat het gehalte 0.3-0.5 % hoger was dan in 2002. Mogelijk dat de meting in 2002 een uitschieter betrof.

Wanneer gekeken wordt naar verschillen tussen objecten dan blijkt dat in de periode 1988-1994 het object met runderdrijfmest in 1991 een hoger en in 1994 een lager organische stofgehalte liet zien ten opzichte van geen mest. Bij de meting in 2002 werden geen verschillen tussen de runderdrijfmestgiften gevonden. De stalmestobjecten lieten ten opzichte van drijfmestobjecten bij eenzelfde dosering wel een wat hoger organische stofgehalte zien.

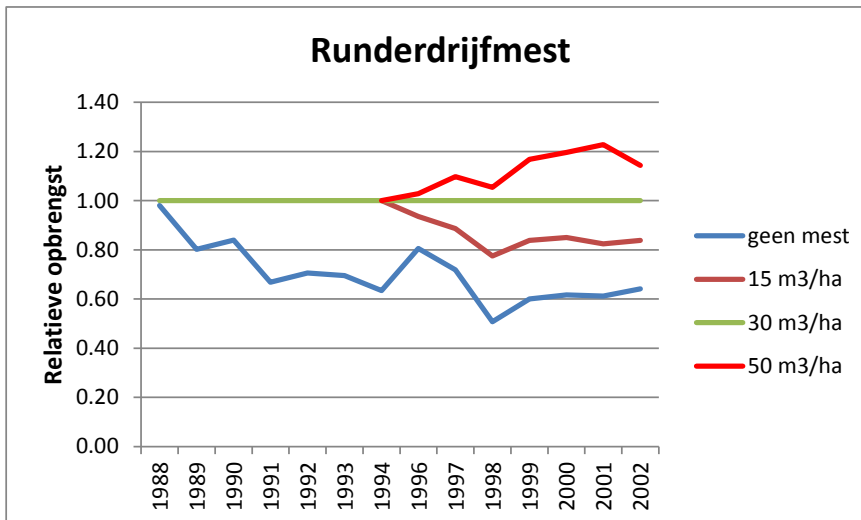
Tabel 33

Organische stofgehalte (0-20 cm) bij de diverse mestvarianten.

N-niveau	1988	1991	1994	2002	
				RDM	RDM+STM
N1	3.1	3.0	2.9	-	2.2
N2				2.3	2.6
N3	3.1	3.3	2.7	2.3	
N4				2.4	2.7

Gewasopbrengst

In Figuur 60 is de relatieve opbrengst weergegeven van de objecten met runderdrijfmest over de gehele onderzoeksperiode. De gift van 30 m³/ton per ha is daarbij op 100 gesteld. Er zijn duidelijke verschillen in opbrengst tussen de mestgiften. Deze zijn vooral een gevolg van verschillen in N-beschikbaarheid. Wat betreft lange termijn effecten is het vooral van belang te kijken of de verschillen tussen de objecten in de tijd toenemen. Bij het verschil tussen het onbemeste object en de gift van 30 m³ per ha is dat het geval (vergelijk blauwe en groene lijn). Ook vanaf 1996 toen jaarlijks drie doseringen zijn toegediend neemt het verschil in de tijd toe. Dit duidt op meerjarige effecten. Verlaging van de mestgift van bijvoorbeeld 50 naar 30-35 m³ per ha kost in latere jaren meer opbrengst dan in de eerste jaren. Uit de cijfers kan niet worden afgeleid of dat toenemende opbrengstverschil is te compenseren met een hogere N-kunstmestaanvulling of dat het toenemende opbrengstverschil door andere factoren wordt bepaald.



Figuur 60

Verloop drogestofopbrengst van snijmaïs in de tijd (relatief ten opzichte van 30-35 m³ runderdrijfmest per ha).

5.6.2 Bouwland: Nitraatonderzoek löss Wijnandsrade

In de periode 1995 t/m 2001 is op de proefboerderij Wijnandsrade onderzoek uitgevoerd met drie verschillende gewasrotaties op lössgrond. Een belangrijke vraag in het project was: “Wat zijn bedrijfseconomisch gezien de meest aantrekkelijke maatregelen voor de akkerbouw om te voldoen aan wettelijke normen bij maximaal gebruik van dierlijke mest”.

Onderzoeksopzet

In het onderzoek zijn drie rotaties van gewassen beproefd. De toetsgewassen waren consumptie-aardappel, suikerbiet, wintertarwe en snijmaïs. De hier weergegeven Rotatie 1 (R1) betrof de opvolging aardappel-wintertarwe/gele mosterd-suikerbiet. Rotatie 3 (R3) betrof continueelt van snijmaïs. Rotatie 2 wordt in het kader van onderhavige studie buiten beschouwing gelaten. Het betreft een variant op R1 die alleen verschilt in de gewasvolgorde binnen de rotatie.

Binnen de gewassen van de rotaties zijn verschillen aangebracht in hoogte van stikstofgift (0, 50, 75 en 100% van de adviesgift) en in gebruik van meststof (combinatie van dierlijke mest en kunstmest, hierna DOM genoemd, versus alleen kunstmest, hierna KM genoemd). De objecten lagen jaarlijks op dezelfde plaats op het proefveld. Hierdoor werd informatie verkregen over lange termijn effecten van bemestingen. In het kader van de EMW kijken we vooral naar het verschil dierlijke mest (DOM) en kunstmest (KM) bij een vergelijkbaar N-bemestingsniveau.

In Tabel 34 staan de werkelijk gegeven hoeveelheden stikstof van de kunstmestobjecten en in Tabel 35 de drijfmestgiften en de aanvullende kunstmestgiften van de drijfmestobjecten. De hoogte van de drijfmestgiften werd gestuurd door de hoeveelheid fosfaat (maximaal 70 kg P₂O₅/ha op rotatieniveau). Dit was voldoende voor een goede fosfaatvoorziening. Er is gebruik gemaakt van runderdrijfmest. Deze is jaarlijks in het voorjaar aan aardappel, suikerbiet en snijmaïs toegediend. In de eerste 4 jaar van het onderzoek heeft de wintertarwe ook in voorjaar drijfmest gekregen. Vanaf 1999 is drijfmest na de oogst van de wintertarwe toegediend voorafgaand aan de zaai van de groenbemester.

De objecten met dierlijke mest hebben met de toediende mest ook organische stof gekregen. De kunstmestobjecten zijn hiervoor niet gecompenseerd.

Voor de aanvullende kunstmestbemesting van de objecten met dierlijke mest is de stikstofwerking van de dierlijke mest ingeschat. Omdat er jaarlijks dierlijke mest werd toegediend is na een aantal jaren van een hogere werking uitgegaan door het langjarig effect van de organische N in de mest mee te rekenen.

Tabel 34

Bemesting kunstmestobjecten 1995-2001 (kg N per ha).

Object:	KM100	KM75	KM50	KM0
Bemestingsniveau: (% van advies)	100	75	50	0
Aardappel R1	263	197	132	0
Suikerbiet R1	163	123	71	0
Wintertarwe R1	164	123	88	0
Snijmaïs R3	148	106	69	0

Tabel 35

Bemesting drijfmestobjecten 1995-2001 (kg N per ha).

Object:	DOM ton/ha voorjaar		N met de mest		N met kunstmest	
	DOM100	DOM75	DOM100	DOM75	DOM100	DOM75
Bemestingsniveau: (% van advies)	100	75	100	75	100	75
Aardappel R1	46	41	223	207	123	63
Suikerbiet R1	46	43	220	200	29	7
Wintertarwe R1 ¹	25	20	117	92	80	66
Snijmaïs R3	46	37	218	178	38	27

1 Wintertarwe gemiddelde van 1995-1998

Organische stofgehalte van de bodem

Voorafgaand aan de start van de proef is het organische stofgehalte bepaald. Voor de laag 0-30 cm bedroeg deze gemiddeld over de proef 1.8%. Bij afsluiting van het onderzoek is het organische stofgehalte van de laag 0-30 cm van de objecten DOM100, KM100 en OKM van de rotaties 1 en 3 gemeten. Na 7 jaar veldproeven bleek er een betrouwbaar verschil in organische stofgehalte te zijn opgebouwd. Het organische stofgehalte van de bodem van object DOM100, KM100 en KMO was resp. 2,21%, 2,00% en 1,86 %. Het organische stofgehalte van de bouwvoor was bij beëindiging van het proefveld bij het object met toepassing van dierlijke mest dus hoger dan dat van het vergelijkbare kunstmestobject en beduidend hoger dan dat van het onbemeste object. Dit illustreert het belang van het gebruik van dierlijke mest voor het op peil houden van het organische stofgehalte van de bodem. Benadrukt moet worden dat in het onderzoek runderdrijfmest is gebruikt. In de akkerbouw wordt ook veel varkensdrijfmest gebruikt. Bij eenzelfde fosfaataanvoer wordt dan veel minder organische stof aangevoerd waardoor het effect op het organische stofgehalte dan waarschijnlijk geringer zou zijn geweest.

Opbrengsten

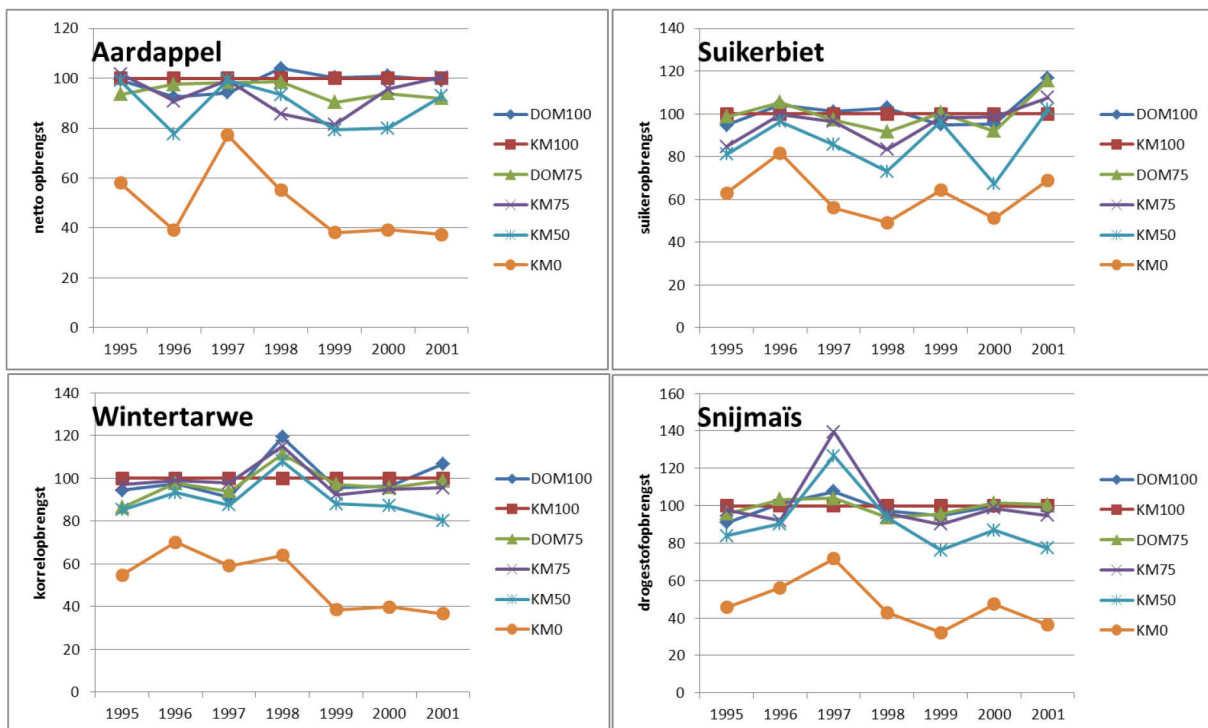
In Tabel 36 staan de gemiddelde waargenomen opbrengsten van de objecten met en zonder dierlijke mest, zowel bij bemesting volgens advies en bij 75% van het advies. In de tabel is voor aardappel de netto opbrengst weergegeven, voor suikerbiet de suikeropbrengst, voor wintertarwe de korrelopbrengst en voor snijmaïs de drogestofopbrengst. Zoals uit de tabel is af te lezen was het opbrengstverschil tussen een bemesting zonder en met dierlijke mest minimaal. Verder blijkt dat bij wintertarwe en snijmaïs de opbrengstdaling bij 75% van de adviesbemesting gering is. Bij aardappel en suikerbiet bedroeg de opbrengstdaling bij 75% van de adviesbemesting circa 5%.

In Figuur 61 is het verloop van de opbrengst van de verschillende bemestingsobjecten in de tijd weergegeven. Bij langjarig achterwege laten van bemesting (KM0) nam het verschil in opbrengst met de bemeste objecten toe in de tijd en bedroeg in 2011 circa 50% (ten opzichte van adviesbemesting). De verschillen in opbrengst tussen objecten zonder en met dierlijke mest (DOM75 versus KM 75 respectievelijk DOM100 en KM 100) waren gering en er was ook geen sprake van trend dat het verschil in de tijd toenam.

Tabel 36

Opbrengst van de gewassen in rotatie 1 en rotatie 3 (gemiddelde van de jaren 1995 t/m 2001).

	DOM100	KM100	DOM75	KM75
Aardappel (ton/ha)	49,6	50,3	47,8	46,7
Suikerbiet (ton suiker/ha)	11,3	11,1	11,1	10,7
Wintertarwe (ton/ha)	9,7	9,7	9,4	9,5
Snijmaïs (ton drogestof/ha)	15,2	15,5	15,3	15,3



Figuur 61

Verloop van de opbrengst in de tijd per gewas; relatief ten opzichte van adviesbemesting met kunstmest (KM100).

5.6.3 Bloembollen: Compost op hyacint te Lisse

Telers van hyacinten gebruiken stalmest om een goede kwaliteitsproductie te behalen. Het gebruik van stalmest wordt beperkt door de meststoffenwet zoals die vanaf 2006 van kracht is. Hierdoor vrezen hyacintentelers een onacceptabele achteruitgang van de opbrengst en kwaliteit van hun product en van de kwaliteit van de grond. Een mogelijk alternatief voor stalmest vormt het gebruik van compost. Hiermee kan binnen de wetgeving per kg fosfaat meer organische stof worden aangevoerd. In een lopend project wordt het effect van stalmest in vergelijking met compost op de opbrengst en kwaliteit van hyacint onderzocht.

Het eerste doel van dit project is te bepalen of er een effect is van stalmest op de opbrengst en kwaliteit van hyacint in vergelijking met GFT-compost of geen organische bemesting. Het tweede doel van dit project is het effect van verschillen in de organische bemesting op de opbrengst en kwaliteit van hyacint te verklaren. Een opbrengst verhogend effect van stalmest wordt mogelijk veroorzaakt door een verhoging van de beschikbaarheid van nutriënten of een betere timing van de beschikbaarheid van nutriënten, ten opzichte van een andere organische bemesting.

In dit project wordt het effect van N-beschikbaarheid in het najaar getest en daarnaast verhoging van de beschikbaarheid van P en overige nutriënten. Deze 'overige nutriënten' worden in één behandeling toegepast. Daarmee kan niet onderscheiden worden welk van deze nutriënten een waargenomen effect verklaart. De toetsing is uitgevoerd bij geen toediening van organische mest en bij toediening van 40 t compost. Bij beide behandelingen zijn toevoegingen van N (najaar), P, overige nutriënten, N + P + overige nutriënten of groenbemesters gedaan. Naast deze voedingseffecten zou verschil in activiteit van bodemorganismen de opbrengst of de gezondheid van het gewas kunnen beïnvloeden. Deze hypothese wordt in het onderzoek opgenomen door een behandeling waarin de activiteit van bodemorganismen verhoogd wordt door inwerken van een groenbemester bij geen toediening van organische mest en bij toediening van 40 t compost. Daarnaast wordt aan het eind van de proef de ziektevering van de grond tegen *Pythium* bij hyacint getest. De proef is uitgevoerd op het proefterrein van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving- Bloembollen in Lisse.

In Tabel 36 staan de organische stof gehalten van de verschillende behandelingen. De hoeveelheden organische mest zijn jaarlijks toegediend. Er lijkt een tendens dat een grotere hoeveelheid organische mest resulteert in een hoger o.s. gehalte. Daarnaast is het o.s. gehalte van de GFT compost behandeling hoger dan van vergelijkbare stalmest behandeling. Deze verschillen kunnen verklaard door de hogere Effectieve Organische Stof (EOS) van GFT in vergelijking met stalmest.

Tabel 37

Het verloop van het organische stof gehalte van de controle en bij toediening van verschillende hoeveelheden stalmest en GFT compost.

Behandeling	Organische mest T ha ⁻¹	Organische stof g kg ⁻¹				
		2007 ZVI*	2008 Altic	2009 ZVI	2010 Blgg AgroXpertus	2011 Blgg AgroXpertus
Controle		9	56**	15	11	16
Stalmest	20		18	16	13	14
	40		18	22	13	14
	80		18	20	17	20
GFT	20		21	18	18	19
	40		21	22	20	19
	80		25	22	21	26

* Grond-, Gewas & MilieuLaboratorium Zeeuws Vlaanderen

**onbetrouwbaar

Na één jaar waren er weinig verschillen in groei en kwaliteit. In het tweede jaar gaven toenemende hoeveelheden compost en stalmest hogere opbrengsten. Deze opbrengstniveaus werden ook behaald door het toedienen van extra N, P en overige nutriënten. Wat betreft de gehalten aan nutriënten in de bollen zijn er geen grote verschillen waargenomen. De afbroeikwaliteit was beter na een in het najaar gegeven N-gift met gecontroleerd vrijkomende meststof. Oplopende hoeveelheden stalmest en GFT compost leidden ook tot een betere kwaliteit (meer nagels per hoofdbloem en totaal aantal nagels en ook meer dikke koppen). Het derde jaar waren geen hyacinten in de proef opgenomen. In het vierde jaar werden hogere opbrengsten behaald door toediening van stalmest en/of compost. De opbrengst behaald met toediening van 40 ton stalmest werd ook behaald met toediening van extra N (najaar), P en overige nutriënten. De afbroeikwaliteit wordt bepaald in december 2011. Een biotoets moet dit najaar duidelijk maken of er ook invloed geweest is op de bodemweerbaarheid tegen *Pythium*, een veel voorkomende grondgebonden ziekte die de wortels aantast en daarmee voor veel opbrengstderving zorgt.

De indringingsweerstand en vochtvasthoudend vermogen van de bodem zijn na vier jaar teelt bepaald door PRI. Naarmate meer organische mest (zowel uit stalmest als uit compost) is toegediend in de voorafgaande vier jaar, nam het vochtvasthoudend vermogen toe en de dichtheid van de bodem af. Het effect was bij de compost- sterker dan bij de stalmestbehandelingen. De indringingsweerstand in de teeltlaag van onze bollenzand werd niet aantoonbaar beïnvloed door de toediening van de organische mest.

5.6.4 Bloembollen: Organische stof management

De doelstelling van het project is om een beslissingsondersteunend rekenmodel te ontwikkelen voor het beheer van de organische stof op zandgrond met speciale aandacht voor de teelt van vaste planten, zomerbloemen en bollen op duinzandgrond. Het project is gestart in 2007 en loopt eind 2011 af.

Het deelproject voor de bloembollenteelt beperkt zich tot de teelt van bollen op duinzandgrond. In de deelprojecten voor de sectoren vaste planten en buitenbloemen, wordt naast duinzandgrond ook naar dekzandgrond gekeken. Hierbij wordt een antwoord op de volgende vragen gezocht:

1. Hoe groot is de afbraak van bodemorganische stof op duinzandgrond?
2. Wat is de effectieve bijdrage van stalmest en compost of een combinatie van deze twee producten, aan de bodemorganische stofbalans op duinzandgrond in vergelijking met dekzandgrond?
3. In de activiteit in de bodem groter bij een toediening van compost + stalmest dan bij compost of geen toediening? Deze deelvraag wordt indicatief beantwoord.

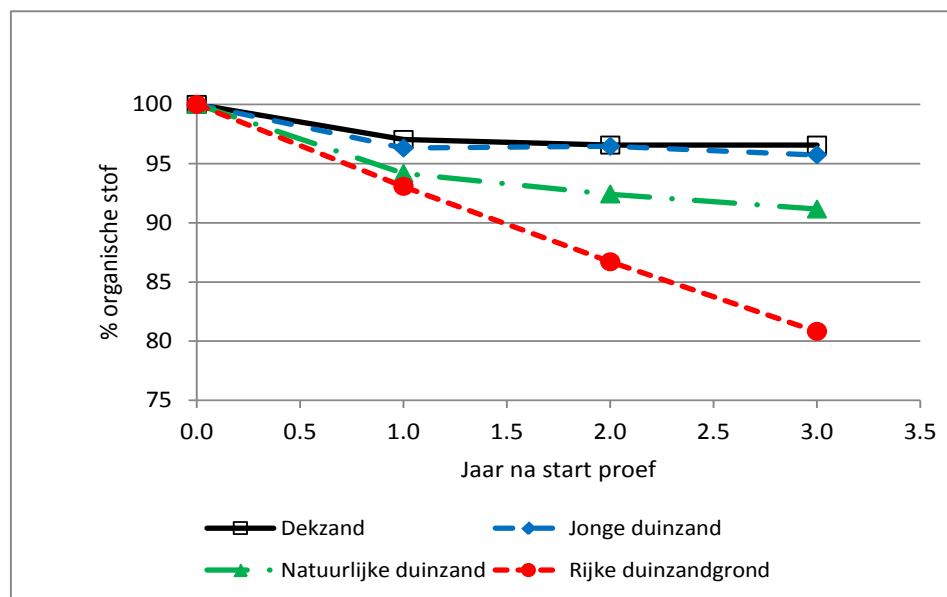
In 2007 is onderzoek gestart naar de afbraaksnelheid van organische stof in (duin)zand. In de praktijk wordt gesproken over meer dan 10% per jaar maar de onderbouwing hiervan is onduidelijk.

In Figuur 62 wordt de afbraaksnelheid van organische stof van vier verschillende bodems getoond. Aan deze bodems is in de onderzoeksperiode geen organische mest toegediend. Het organische stof (o.s.) gehalte van de vier bodems is verschillend. Het gaat om de volgende bodems:

- Rijke duinzandgrond is afkomstig van een regelmatig bemest praktijkperceel, o.s. 2.1%
- Jonge duinzandgrond dezelfde grond als de rijke grond maar dan het omgezette profiel dat niet bemest is, o.s. 1%
- Dekzand is afkomstig van een regelmatig bemest praktijkperceel, o.s. 1.8%
- Natuurlijk duinzand afkomstig van het proefterrein van PPO-Lisse. Op dit specifieke perceel staat de natuurlijke vegetatie, o.s. 1%

De afbraaksnelheid van de organische stof in de rijke duinzandgrond is veel hoger dan in de andere bodems. Het relatief hoge o.s. gehalte bestaat waarschijnlijk voor een belangrijk deel uit relatief veel jong o.s. en slecht voor een klein deel uit oude o.s. Het is bekend dat jonge o.s. veel sneller afbreekt dan oude o.s. Op dezelfde wijze kan het verschil in afbreesnelheid tussen het dekzand en de beide andere duinzandgronden worden verklaard.

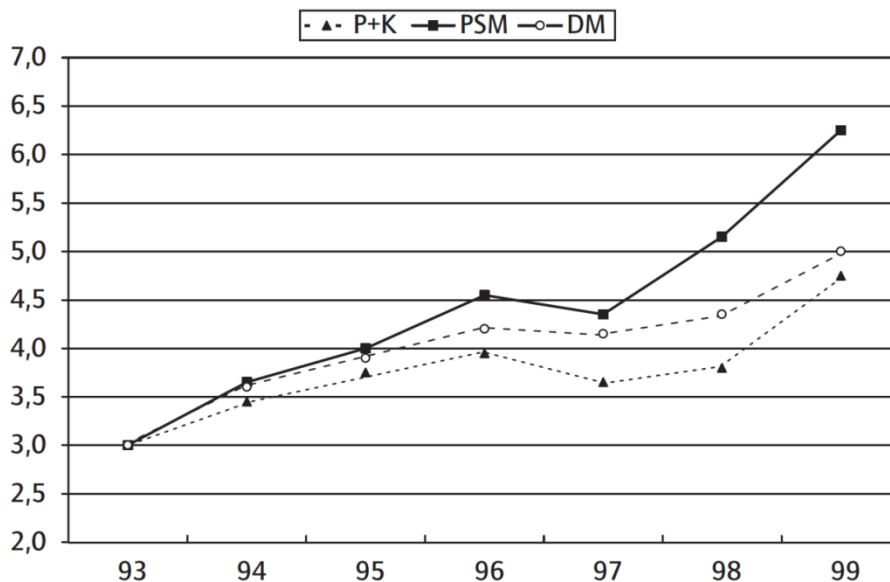
Deze verschillen in afbraaksnelheid geven ook aan dat voor het handhaven van een relatief hoog o.s. gehalte in zandgronden een regelmatig aanvoer van organische mest nodig is. Een andere mogelijkheid is toediening van een organische mest met relatief veel stabiele organische stof zoals compost of goed veraard veen.



Figuur 62
Afbraaksnelheid van organische stof op vier verschillende zandgronden.

5.6.5 Grasland: Mestproef op Heino

Op het biologische melkveehouderij proefbedrijf Aver Heino (zandgrond) is gedurende zes jaar het effect van drie mestsoorten op gewasopbrengst en bodemkwaliteit gemeten (Baars, 2002). Het proefveld was nieuw ingezaaid met mengsels van gras en drie verschillende rassen witte klaver. Een deel van het proefveld is afwisselend gemaaid en beweid, terwijl een ander deel uitsluitend is gemaaid. De mestsoorten waren kunstmest met fosfaat en kali (PK), potstalmest (PSM) en dunne mest (DM). Er is geen aanvullende stikstofbemesting uit kunstmest toegediend. De gemiddelde stikstofbemesting voor PK, PSM en DM was respectievelijk 0, 126 en 140 kg N-totaal/ha. De gemiddelde droge-stofopbrengsten waren bij afwisselend weiden en maaien voor PK, PSM en DM respectievelijk 9.3, 10.3 en 10.7 t/ha/jaar, en bij uitsluitend maaien respectievelijk 9.3, 10.6 en 10.6 t/ha/jaar. De aanvoer van organische stof is niet berekend in Baars (proefschrift), maar uitgaande van gemiddelde verhouding tussen gehalten aan organische stof en totaal stikstof, was de organische stof aanvoer uit mest bij benadering 0, 3300 en 1800 kg/ha/jaar voor respectievelijk PK, PSM en DM. De toenemende gewasopbrengsten in de volgorde PK, DM en PSM dragen verder bij aan het verschil in organische stof aanvoer. Na zes jaar was het organische stofgehalte in de laag van 0-5 cm bij alle behandelingen toegenomen, maar bij gebruik van vaste mest meer dan bij gebruik van dunne mest of kunstmest (Figuur 63).



Figuur 63

Ontwikkeling van het organische stofgehalte (0-5 cm) van een gras/klaver perceel bemest met kunstmest (PK), potstalmest (PSM) of dunne mest (DM).

5.6.6 Grasland: Veeljarige beweidingsproefvelden

Op de fosfaatproefvelden die eerder zijn besproken is ook het organische stofgehalte gemeten (Tabel 37). De ontwikkelingen zijn geanalyseerd met multiple lineaire regressie. Uit de analyse bleek dat er geen significante effect is van bemesting. Dit was ook niet te verwachten omdat de giften met dierlijke mest in de eerste vijf jaar weinig verschilden en de laatste negen jaar gelijk waren. Op zand en klei nam het organische stofgehalte in de loop van de tijd toe. Op zand was er een significante stijging in de lagen 0-5 en 5-10 cm, en een lichte maar

significante daling in de diepere lagen. Op klei was er een significante stijging in alle bodemlagen. Op veen waren er geen significante veranderingen, behalve in de diepste laag waar het gehalte steeg.

Tabel 38

Ontwikkeling in organisch stofgehaltes van najaar 1996 tot en met najaar 2010.

Locatie	Grondsoort	% org. stof	verandering in % org stof (%/jr)			
			0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
Heino	zand	2.9-6.1	0.11	0.05	-0.04	-0.03
Cranendonck	zand	3.0-5.8	0.13	0.03	-0.02	-0.02
Waiboerhoeve	klei	4.5-8.9	0.17	0.28	0.09	0.09
Zegveld	veen	46-54	<i>0.13</i>	<i>0.18</i>	<i>0.09</i>	<i>0.34</i>

* cursieve veranderingen zijn niet significant bij $P < 0.05$

5.7 Gewasopbrengsten - Praktijk

5.7.1 CBS

De landelijk gemiddelde opbrengsten van akkerbouwgewassen zijn geraadpleegd in de Statline databank van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). Voor de langjarige trend zijn de data tussen 1994 en 2010 gebruikt voor lineaire regressie. De richtingscoëfficiënt is de jaarlijkse verandering van de opbrengst. Daarnaast is een vergelijking gemaakt tussen de gemiddelde opbrengsten in het tijdvak 2006-2010 en 2001-2005.

De opbrengsten van akkerbouwgewassen (Tabel 38) laten voor de meeste gewassen een stijgende ($> 0.5\%$ per jaar) of gelijkblijvende (tussen de -0.5% en $+0.5\%$) tendens zien. Korrelmais is het grootste gewas (16733 ha) dat een dalende tendens laat zien.

De verandering van de opbrengst in de laatste vijf jaar ten opzichte van de voorgaande vijf jaar laat een vergelijkbaar beeld zien. Maar er zijn enkele gewassen die langjarig een positieve trend laten zien, maar de laatste vijf jaar een lagere opbrengst hebben, zoals zaai-uien na uitval, zomertarwe en zetmeelaardappelen. Enkele gewassen zoals korrelmais en rogge laten een forse daling zien in de laatste vijf jaar. Het is niet duidelijk wat de oorzaak is.

Tabel 39*Geoogste oppervlakte in 2010 en ontwikkeling van gewasopbrengst van akkerbouwgewassen tussen 1994 en 2010.*

Gewas	Geoogste oppervlakte (ha)	Jaarlijkse verandering 1994 en 2010 (%)	Verandering 2006-2010 tov 2001-2005 (=1)
Suikerbieten	70560	2.6	1.18
Koolzaad	2632	2.3	1.08
Bruine bonen	1094	2.1	
Karwijzaad	36	2.0	
Wintergerst	4674	2.0	1.13
Snijmaïs	228889	1.9	1.09
Zaai-uien na uitval	21760	1.8	0.97
Veldbonen**	275	1.7	
Zaai-uien	21760	1.5	1.01
Zand- en veenaardappelen**	23654	1.2	
Pootaardappelen op zand of veen	3366	1.2	1.02
Consumptieaardappelen op zand of veen	21762	0.9	1.03
Groene erwten**	394	0.7	
Consumptieaardappelen, totaal	71852	0.4	1.00
Wintertarwe	134717	0.4	1.00
Zomergerst	28578	0.4	1.02
Totaal tarwe	153723	0.4	1.01
Pootaardappelen, totaal	38450	0.4	1.02
Consumptieaardappelen op klei	50091	0.3	1.00
Aardappelen, totaal	156969	0.3	1.00
Pootaardappelen op klei	35084	0.2	1.02
Triticale	2676	0.1	1.02
Zomertarwe	19006	0.1	0.96
Zetmeelaardappelen	46667	0.1	0.99
Klei-aardappelen**	85256	-0.1	
Kapucijners**	523	-0.2	
Haver	1683	-0.4	0.92
Korrelmaïs	16733	-0.7	0.87
Voederbieten	331	-0.9	
Vezelvas	1896	-1.3	0.96
Rogge	2252	-1.7	0.85
Corn Cob Mix**	7259	-2.0	
Blauwmaanzaad**	842	-2.9	

* Voor enkele gewassen is geen oppervlakte voor 2010 bekend, en is de meest recente oppervlakte gebruikt

** Geen gegevens in een of meerdere jaren in tijdvak 2006-2010

5.7.2 BIN

Aarts et al. (2008) geven een overzicht van de ontwikkeling van graslandopbrengsten, berekend voor 250 melkveebedrijven in het Bedrijven-Informatie-Net (BIN) (Tabel 39). De opbrengsten zijn berekend voor de periode 1998 tot en met 2006.

Tabel 40*Kenmerken van het gemiddelde melkveebedrijf (Aarts et al. 2008).*

	1998	1999	2001	2002	2003	2004	2005	2006	gem
grasland (ha)	37.5	36.4	36.7	38.8	39.1	39.8	41.0	45.3	39
snijmais (ha)	7.3	8.0	7.4	8.2	7.9	8.8	8.9	7.8	8.0
koeien (stuks)	76	75	77	80	81	82	82	85	80
melkgift (kg melk/koe)	7580	7732	7400	7503	7556	7532	7577	7893	7597
jongvee (stuks)	63	60	58	59	56	58	57	58	59
Quotum (ton afgeleverde melk)	574	587	573	605	623	629	622	677	611
intensiteit (ton melk/ha)	12.8	13.2	13.0	12.9	13.2	13.0	12.5	12.7	12.9
beweiding mei/juni (uren/dag)	14	12	11	10	10	10	7	6	10
beweiding juli/aug. (uren/dag)	14	14	11	10	10	9	11	10	11
beweiding sept./okt. (uren/dag)	12	12	11	10	10	9	10	9	10

De stikstofinput van grasland als meststoffen, depositie en mineralisatie (afbraak van veen), neemt in de periode 1998-2006 af van 671 kg/ha tot 449 kg/ha. Dit is voornamelijk het gevolg van een halvering van de hoeveelheid kunstmest (van ongeveer 300 naar 150 kg/ha) en weidemest (van ongeveer 120 naar 60 kg/ha). De hoeveelheid N als drijfmest blijft vrijwel gelijk (bijna 200 kg N/ha). Het beeld voor P is ongeveer hetzelfde. De P-input neemt af van 61,1 kg/ha tot 41,2 kg/ha. De afname van de hoeveelheid weidemest is vooral het gevolg van minder beweiden. Ook een eiwitarmere rantsoen zal aan de afname daarvan hebben bijgedragen, ondermeer door de daling van het eiwitgehalte van vers gras.

Bij snijmais is de afname van de bemesting minder groot dan bij grasland maar nog steeds aanzienlijk: van 393 kg N/ha en 57,1 kg P/ha tot 308 kg N/ha en 47,4 kg P/ha. De afname wordt hier niet alleen veroorzaakt door minder kunstmest (van 55 naar ongeveer 35 kg N/ha) maar ook door minder drijfmest (van ongeveer 280 naar 225 kg N/ha).

Het mestbeleid, dat in de onderzochte periode geïntensiveerd is, heeft onmiskenbaar het graslandmanagement beïnvloed in de zin dat er efficiënter met meststoffen wordt omgegaan. De omzetting van N in meststoffen naar N in netto gewas steeg van 60 naar 76% (gemiddeld 66%) en is op zandgrond iets hoger dan op klei of veen. Het gebruik van kunstmeststikstof is afgenomen van 277 kg N in 1998 tot 140 kg N in 2002 (gemiddeld 210 kg N).

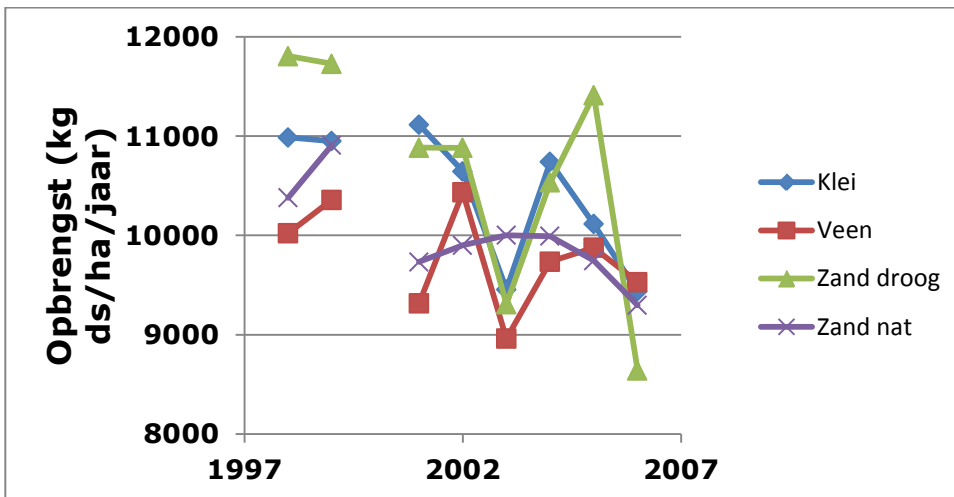
De netto drogestofopbrengst van grasland is gemiddeld 10,2 ton/ha (Tabel 40). De opbrengsten lijken iets af te nemen maar de verschillen tussen de jaren zijn soms groot, vermoedelijk vooral door verschillen in weersomstandigheden. Voor de eerste 4 jaar is het gemiddelde 10,6 ton/ha, voor de laatste vier jaar 9,8 ton/ha. De droge jaren 2003 en 2006 worden gekenmerkt door lage opbrengsten (9,5 en 9,2 ton/ha) en drukken de gemiddelde opbrengst van de laatste vier jaar. Opvallend zijn de hoge graslandopbrengsten van de droge zandgronden, met negatieve uitschieters in de droge jaren 2003 en 2006 (Figuur 64). Grasland op veengrond heeft de laagste opbrengsten. Naarmate bedrijven meer melk per ha produceren zijn de opbrengsten van het grasland hoger. De drogestofopbrengsten van het grasland van bedrijven die permanent opstallen zijn ongeveer 15% hoger dan die van bedrijven die hun melkvee weiden.

De opbrengsten van snijmais lijken toe te nemen, vermoedelijk vooral door hogere temperaturen en een gunstige neerslagverdeling. Gemiddeld werd 14.8 ton/ha drogestof geoogst. De spreiding bij snijmais is minder groot dan bij grasland. Bij slechts 2% van de bedrijven wijkt de gemiddelde opbrengst aan drogestof meer dan 10% af van het gemiddelde van alle bedrijven.

Tabel 41

De opbrengsten van gras- en snijmaïsland, gemiddeld voor alle bedrijven.

	1998	1999	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Gem
Grasland ds (ton/ha)	10.7	10.9	10.2	10.4	9.5	10.2	10.2	9.2	10.2
snijmaïsland ds (ton/ha)	12.7	14.7	14.7	14.6	15.1	15.2	15.7	15.5	14.8



Figuur 64

Gemiddelde droge-stofopbrengst grasland per grondsoort.

5.8 Bodemstructuur - Onderzoek

De afgelopen jaren is een uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar effecten van voorjaarsbemesting op kleibouwwand. In eerste instantie is het onderzoek uitgevoerd in wintergraan, omdat voor dit gewas een goede acceptatie mogelijk leek zonder te veel problemen. Meer recent is het onderzoek verlegd naar de mogelijkheden voor mesttoediening in de aardappelteelt. In het volgende worden de resultaten van het onderzoek in graan beschreven en de eerste verkennende knelpunten bij toepassing in de aardappelteelt.

5.8.1 Graanteelt

De afgelopen jaren is uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden voor mesttoediening in de graanteelt in het voorjaar op kleibouwland. De resultaten hiervan zijn gerapporteerd en samengevat door Huijsmans et al. (2011). De veldexperimenten hadden allen tot doel om mogelijke schade van de mesttoedieningsapparatuur aan bodem en het gewas wintertarwe aan te tonen doordat dierlijke mest op kleigrond niet meer in het najaar (voor het ploegen), maar in het voorjaar toegediend moet worden. Bij de experimenten ging het steeds om mogelijke effecten door:

1. het doorsnijden van gewas en grond door bemesterelementen (snij schade),
2. het rijden over de grond en het gewas onder verschillende bodemomstandigheden met verschillende apparatuur (schade in sporen),
3. ammoniakemissie bij wel of niet de mest in de grond brengen.

In deze synthese zijn de resultaten van de afzonderlijke proeven van vier jaar onderzoek in Friesland, Groningen, Flevoland, Wieringermeer, West-Brabant en Zeeland samengenomen.

Effect van snijden van de zodenbemesterelementen

Het effect van snijden werd geanalyseerd door vergelijking van alle waarnemingen waarbij de zodenbemesterelementen zowel in als boven de grond werkten, in onbereden grond. Omdat alleen bij de proef in Flevopolder in een laat gewasstadium een statistisch significante invloed van het snijden met zodenbemesterelementen werd geconstateerd, werd nader geanalyseerd in hoeverre het snijverlies samenhangt met het gewasstadium. Hiertoe werd voor elke verlieswaarneming het gewasstadium (systeem Feekes) vastgesteld en werd geanalyseerd of er een verband was met het waargenomen verlies. Op basis van alle waarnemingen kan de conclusie getrokken worden dat er snijverlies begint op te treden als de strekkingsfase begint (Feekes schaal 4) en oploopt tot 3% als de eerste knoop zichtbaar is (Feekes schaal 6) en 5% als er twee knopen zichtbaar zijn (Feekes schaal 7).

Effect van rijsporen

Door analyse van alle waarnemingen van opbrengsteffecten in de rijsporen is nagegaan of effecten van de gebruikte apparatuur, de bodemdruk van de apparatuur, het aantal passages door hetzelfde spoor, de natheid van de grond (0-10 cm) en het gewasstadium op het opbrengstverlies in de sporen aantoonbaar was. Hiertoe werden alle waarnemingen gebruikt waarbij spoor en onbereden grond direct naast elkaar lagen, ongeacht of de bemesterelementen door het gewas sneden of niet. Voor geen van de genoemde factoren, ook niet voor bodemdruk, kon een statistisch significant opbrengsteffect in het rijspoor aangetoond worden. Dit geldt ook voor het effect van de sporen op de opbrengst op het hele perceel.

Bij de afzonderlijke proeven werd in drie gevallen schade door verminderde gewasopbrengst in de sporen van de mestapparatuur geconstateerd, allemaal bij een bodemdruk boven de 1 bar. Als we alle proeven nemen waarbij de bodemdrukindicatie hoger dan 1 bar was, dan blijkt het gemiddelde opbrengstverlies van 4,9% in de sporen bij deze proeven significant ($P < 0.05$) te verschillen van het gemiddelde verlies van 0,15% in de sporen waarin de bodemdruk lager dan 1 bar was. Berekend met 30% bedekking van het veld met sporen bij de proeven met bodemdruk hoger dan 1 bar was de opbrengstschade op perceelsniveau 1,5%. Bij bodemdrukken lager dan 1 bar was de opbrengstschade op perceelsniveau 0%. Op basis van alle waarnemingen kan geconcludeerd worden dat de opbrengstschade door rijsporen van de bemestingsapparatuur 1,5% bedraagt als de bodemdruk hoger dan 1 bar is, maar dat geen verlies optreedt als de bodemdruk lager dan 1 bar is.

Ammoniakemissie

De optredende ammoniakemissie is bepaald bij dosering van de mest in sleuven in de grond en bij dosering in stroken op de grond. In alle metingen, ook bij verschillende gewasstadia, was de ammoniakemissie bij plaatsing in sleuven significant lager dan bij plaatsing in stroken op de grond tussen het gewas. Door plaatsing

in sleuven in de grond werd de ammoniakemissie met meer dan 40% gereduceerd ten opzichte van plaatsing in stroken op de grond (Huijsmans en al., 2011a).

5.8.2 Aardappelteelt

Bij mesttoediening in het voorjaar is de mestbenutting beter dan bij najaarstoediening, echter bodemstructuurproblemen zijn te verwachten. Op kleigronden stuit toediening in het voorjaar in de aardappelteelt om een aantal redenen op weerstand onder de akkerbouwers en loonwerkers. Als problemen worden ervaren dat: 1) de bestaande apparatuur voor mesttoediening in het voorjaar bodemstructuurschade en opbrengstderving geeft; 2) dat de extra activiteit moet plaatsvinden in een toch al drukke voorjaarsperiode, waardoor vertraging opgelopen wordt en 3) dat het met de huidige apparatuur op geploegde kleigrond niet mogelijk zou zijn om de mest emissiearm toe te dienen. Samengevat ontbreken goede, breed geaccepteerde toedieningsmethoden voor de mest in het voorjaar op kleibouwland, waardoor de afzetmogelijkheden van (drijf)mest in de akkerbouw (acceptatie) nog niet goed benut worden en waardoor bij voorjaarstoepassing mogelijk niet voldaan wordt aan de inwerk-eisen om de ammoniakemissie te beperken.

Recent is onderzoek gestart naar systemen die mogelijk tegemoet komen aan bovenstaande bezwaren of knelpunten. Deze zodenbemestersystemen met mestaanvoer via een slang richten zich op een lagere bodembelasting én op efficiënte inwerking/plaatsing van de mest om tegemoet te komen aan de eisen voor emissie (NH³) reductie. Voor de emissiereductie wordt daarbij in het onderzoek meegenomen het effect op de bodemstructuur en opbrengst van voorbereiden van de geploegde kleigrond voorafgaand aan de mesttoediening. Het voorbereiden dient daarbij om losse grond te creëren en daarmee een goede inwerking/plaatsing van de mest te borgen. De systemen lijken tegemoet te komen aan de bezwaren/problemen, maar zijn nog onvoldoende onderbouwd voor een algemeen beeld en brede acceptatie.

Daarnaast is in 2011 onderzoek gestart naar de ammoniakemissie bij zodenbemesting op geploegd land en bij mesttoediening en inwerken op gepoot aardappelland (Huijsmans en Hol, 2011c). Deze laatste toepassing is een ontwikkeling om in het voorjaar tijdruimte te creëren voor de mesttoediening in minder drukke tijden (Paauw en Dekker, 2007).

Het onderzoek naar de bodemstructuur en mogelijkheden mesttoediening in de aardappelteelt is nog onvoldoende ver gevorderd om tot een onderbouwing te komen over effecten op bodemstructuur.

Referenties

Aarts, H.F.M., D.J. den Boer, J.C. van Middelkoop en J. Oenema (2008). *Landbouwkundige gevolgen van het aanscherpen en differentiëren van fosfaatgebruiksnormen voor de melkveehouderij*. Wageningen: Plant Research International [etc.].

Anonymous (2009). Organische stof in de bodem. (Ed D. L. e. Bodembescherming), Brussel: Vlaamse Overheid.

Baars, T. (2002). *Reconciling scientific approaches for organic farming research*. Keerdruk Bevat: pt. I: Reflections on research methods in organic grassland and animal production at the Louis Bolk Institute, the Netherlands ; pt. II: Effects of manure and white clover (*Trifolium repens*) cultivars on the productivity of grass-clover mixtures grown on a humid sandy soil Met lit. opg. - Met samenvatting in het Engels en het Nederlands, Proefschrift Wageningen, Louis Bolk Institute [etc.].

Bronswijk, J.J.B., M.S.M. Groot, P.J.M. Fest, en T.C. van Leeuwen, (2003). Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, resultaten eerste meetronde, 1993-1997. . RIVM-rapport

Bussink, D.W., R.F. Bakker, H. van den Draai, en E.J.M. Temminghoff, (2011). Naar een advies voor fosfaatbemesting op nieuwe leest; deel 2 grasland. NMI.

Centraal Veevoederbureau in, N. Tabellenboek veevoeding... : voedernormen landbouwhuisdieren en voederwaarde veevoerders. Lelystad: Centraal Veevoederbureau.

Jong, C.J. de, en K.W. van der Hoek, (2009). *Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit : resultaten tweede meetronde, 1999-2003*. Bilthoven: RIVM.

Klijne, A. de, A.J.E. Hooijboer, D. W. Bakker, O.F. Schoumans en A. van den Ham, (2007). *Milieukwaliteit en nutriëntenbelasting : achtergrondrapport milieukwaliteit van de Evaluatie Meststoffenwet 2007*. Bilthoven: RIVM.

Dekker, P.H.M. (2003). *Scenariostudie 'maatregelen voor de akkerbouw op lössgrond om met inzet van dierlijke mest aan Minas- en nitraatnormen te voldoen'*. Lelystad: PPO, Business-unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroente.

Dekker, P.H.M. en P.A.I. Ehlert, (2010). Opbrengsten niet onder druk. *Boerderij Akkerbouw Supplement* Maart.

Dekker, P.H.M., W. van den Berg en J.J. Slabbekoorn, (2005). *Alternatieven voor ontijdige toediening van dierlijke mest in de akkerbouw : effect mestsoort, mestscheidingsproducten, tijdstip van aanwenden van mest en gebruik van een groenbemester op de N-benutting bij aardappelen op klei*. Wageningen: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Dekking, A.J.G. (2003). Organische stof verdient meer aandacht. *Ekoland* 12, 18-19.

- Dijk, W. van P.H.M. Dekker, H.F.M. ten Berge, A.L. Smit en J.R. van der Schoot, (2007). *Aanscherping van fosfaatgebruiksnormen op bouwland bij akker- en tuinbouwgewassen : verkennig van noodzaak en mogelijkheden tot differentiatie*. Lelystad: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. AGV.
- Dijk, W. van en W. van Geel, (2010). *Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen*. Lelystad: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.
- Ehlert, P.A.I., S.L.G.E Burgers, E.J.M. Temminghoff en W.H. van Riemsdijk, (2007). *Deskstudie naar de mogelijkheden van het aanwijzen van fosfaatarme gronden op basis van P-PAE : stand van zaken 2006*. Wageningen: Alterra.
- Ehlert, P.A.I., O.F. Schoumans, D.J. Brus, W.J.M.de Groot, R. Visschers, en M.Pleijter, (2005). *Protocol voor het aanwijzen van gronden die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat : technische uitwerking*. Wageningen: Alterra.
- Ehlert, P.A.I., J.C. van Middelkoop, C. van der Salm en P.H.M. Dekker, (2008). *Effecten van fosfaatoverschotten op gras- en bouwland op langere termijn : stand van zaken 2007*. Wageningen: Alterra.
- Ham, A. van den en C.H.G. Daatselaar, (2011). *Bodemoverschotten op landbouwbedrijven. Studie in het kader van de Evaluatie Meststoffenbeleid 2012*.
- Hanegraaf, M.C., E. Hoffland, P.J. Kuikman en L. Brussaard, (2009). *Trends in soil organic matter contents in Dutch grasslands and maize fields on sandy soils*. European Journal of Soil Science 60(2), 213-222.
- Huijsmans, J.F.M., P.H.M. Dekker en G.D. Vermeulen, (2011). *Mesttoediening in het voorjaar in wintertarwe op kleibouwland; effecten op bodem en gewas*. Plant Research International
- Huijsmans, J.F.M. en J.M.G. Hol, (2011a). *Ammoniakemissie bij mesttoediening in de graanteelt in het voorjaar op kleibouwland*. Plant Research International
- Huijsmans, J.F.M. en J.M.G. Hol, (2011b). *Ammoniakemissie bij toediening van mineralenconcentraat op beteeld bouwland en grasland*. Wageningen: Plant Research International.
- Huijsmans, J.F.M. en J.M.G. Hol, (2011c). *Ammoniakemissie bij zodenbemesting op geploegd land en mesttoediening en onderwerken in gepoot aardappelland in het voorjaar*. Plant Research International.
- Huijsmans, J.F.M., J.J. Schröder, G.D. Vermeulen, R.G.M. de Goede, D. Kleijn en W.A. Teunissen, (2008). *Emissiearme mesttoediening : ammoniakemissie, mestbenutting en nevenaspecten*. Wageningen: Plant Research International.
- Kuikman, P. (2002). *Stocks of C in Soils and emissions of CO₂ from agricultural soils in the Netherlands*. Wageningen: Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte.
- Middelkoop, J.C. van, C. van der Salm, D.J. den Boer, M. ter Horst, W.J. Chardon, R.F. Bakker, R.L.M. Schils, P.A.I. Ehlert, en O.F. Schoumans, (2004). *Effecten van fosfaat- en stikstofoverschotten op grasland = Effects of phosphorus and nitrogen surpluses on grassland*. Lelystad: Animal Sciences Group, Praktijkonderzoek.
- Middelkoop, J.C. van, C. van der Salm, P.A.I. Ehlert, G. André, D. Oudendag en M. Pleijter, (2007). *Effecten van fosfaat- en stikstofoverschotten op grasland II = Effects of phosphorus and nitrogen surpluses on grassland II*. Lelystad: Animal Sciences Group, Divisie Veehouderij.

Oertli, J.J. en W.Chesworth, (2008). Soil Fertility Encyclopedia &of&/i> Soil Science. pp. 656-668. Springer Netherlands.

Paauw, J. en P.H.M. Dekker, (2007). *Stimulering mesttoepassing in de akkerbouw. Ontwikkeling en toetsing nieuwe praktijkmachine 2006*. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, .

Reijneveld, A., P.A.I. Ehlert, O. Schoumans, A.J. Termorshuizen en O. Oenema, (2010a). *Changes in soil P status of grassland in the Netherlands between 1971 and 2009*. In Grassland in a changing world (Ed H. Schnyder), Kiel: European Grassland Federation.

Reijneveld, A., P.J. Kuikman en O. Oenema, (2010b). *Changes in soil organic matter content of grassland and maize land in the Netherlands between 1970 and 2009*. In Grassland in a changing world (Ed H. Schnyder), Kiel: European Grassland Federation.

Reijneveld, A., J. van Wensem en O. Oenema, (2009). *Soil organic carbon contents of agricultural land in the Netherlands between 1984 and 2004*. Geoderma 152(3-4), 231-238.

Reijneveld, J.A., P.A.I. Ehlert, A.J. Termorshuizen en O. Oenema, (2010c). *Changes in the soil phosphorus status of agricultural land in the Netherlands during the 20th century*. Soil Use and Management 26(4), 399-411.

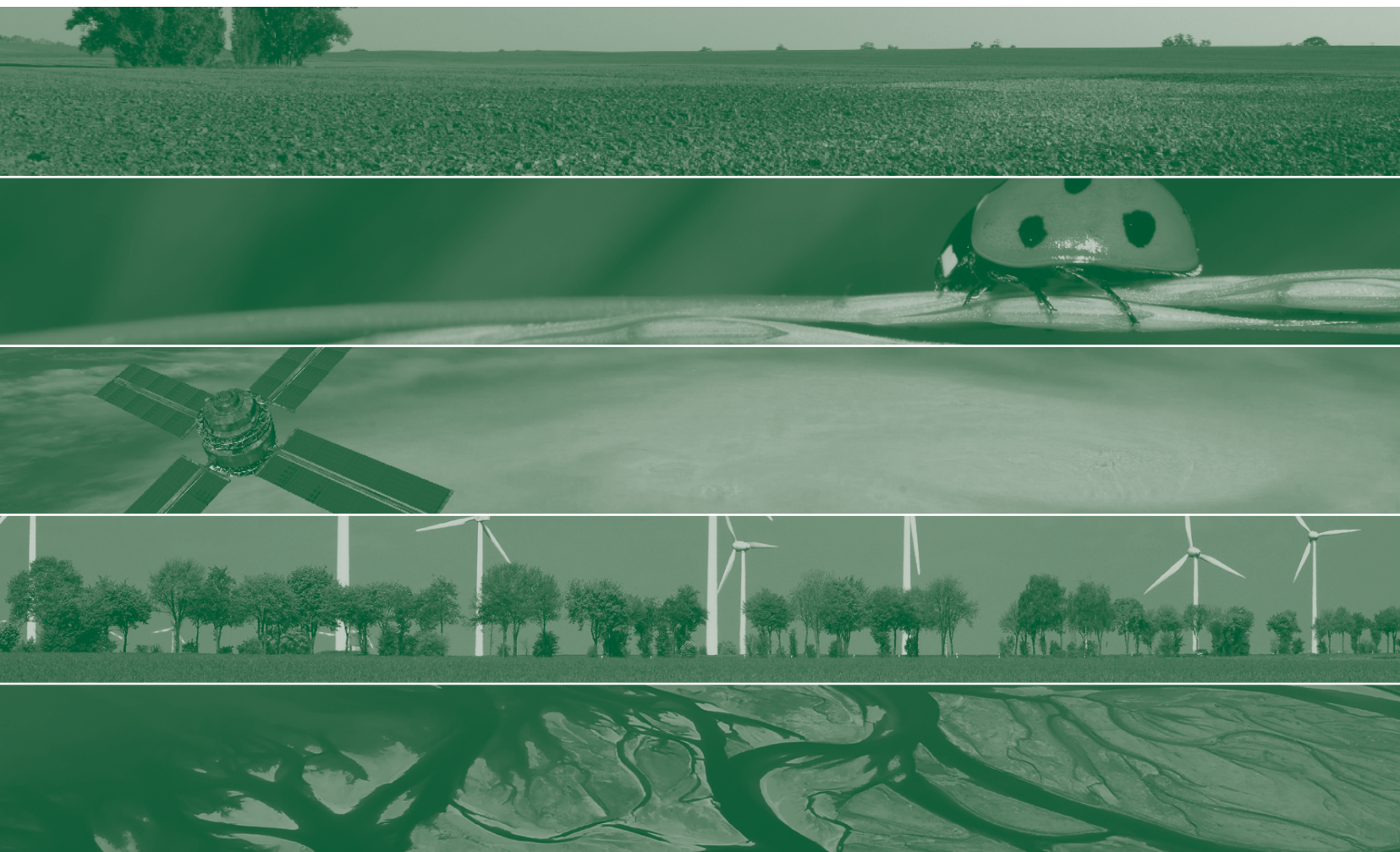
Schoumans, O.J. Willems en G. van Duinoven, (2008). 30 *Vragen en antwoorden over fosfaat in relatie tot landbouw en milieu*. Wageningen: Alterra.

Velthof, G.L. (2004). *Achtergronddocument bij enkele vragen van de evaluatie Meststoffenwet 2004*. Wageningen: Alterra.

Verloop, J.J. S. Oenema, H. Burgers, Aarts en H. van Keulen, (2010). *P-equilibrium fertilization in an intensive dairy farming system: effects on soil-P status, crop yield and P leaching*. Nutrient Cycling in Agroecosystems 87(3), 369-382.

Wijnands, F.G. en A.J.G. Dekking, (2002a). *Biologische akkerbouw, centrale zeeklei*. PPO-Bedrijfssystemen – 2002 No 1. .

Wijnands, F.G. en A.J.G. Dekking, (2002b). *Geïntegreerde akkerbouw, centrale zeeklei*. PPO-Bedrijfssystemen – 2002 No 4. .



Alterra is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen UR (University & Research centre). De missie is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen negen gespecialiseerde en meer toegepaste onderzoeksinstituten, Wageningen University en hogeschool Van Hall Larenstein hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 40 vestigingen (in Nederland, Brazilië en China), 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de vooraanstaande kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen natuurwetenschappelijke, technologische en maatschappijwetenschappelijke disciplines vormen het hart van de Wageningen Aanpak.

Alterra Wageningen UR is het kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

Meer informatie: www.alterra.wur.nl