



Ontwikkeling bodemvruchtbaarheid op Koeien & Kansen-melkveebedrijven

Fosfaat en organische stof



April 2014

Rapport nr. 73

Rapport Plant Research International nr. 559



Secretariaat Koeien & Kansen
Postbus 65
8200 AB Lelystad
tel. 0320-293302 / 238238
fax. 0320 - 238022
info@koeienenkansen.nl
www.koeienenkansen.nl



Colofon

Uitgever

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 – 238 238
E-mail: info@koeienenkansen.nl
Internet: <http://www.koeienenkansen.nl>

Redactie

Koeien & Kansen

Aansprakelijkheid

Wageningen UR Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Bestellen

ISSN 0169-3689

Dit rapport is gratis te downloaden op de website.

Koeien & Kansen werkt aan een toekomst voor 'schone melkers'.

Het project Koeien & Kansen is een samenwerkingsverband van 16 melkveehouders, proefbedrijf De Marke, Wageningen UR en adviesdiensten. Op verzoek van het ministerie van EZ en PZ toetst, evalueert en verbetert het project de effectiviteit en uitvoerbaarheid van (voorgenomen) mest- en milieuwetgeving onder praktijkomstandigheden en ondersteunt het de Nederlandse melkveehouderijsector bij de implementatie ervan.

De resultaten van Koeien & Kansen vindt u op: www.koeienenkansen.nl.

Voor vragen kunt u mailen naar: info@koeienenkansen.nl.

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het Beleidsondersteunend onderzoek voor het Ministerie van EZ (BO-12.02-009-002)

Ontwikkeling bodemvruchtbaarheid op Koeien & Kansen-bedrijven

Fosfaat en organische stof

Koos Verloop en Jouke Oenema
Plant Research International

Samenvatting

Op de melkveebedrijven die deelnemen aan het project 'Koeien & Kansen' werd onderzoek uitgevoerd naar de ontwikkeling van bodemvruchtbaarheid. Er was behoefte aan dit onderzoek om in beeld te krijgen of de maatregelen die worden genomen op de bedrijven om de nutriënten (N en P) op efficiënte wijze te benutten niet strijdig zijn met het behouden of verhogen van de bodemvruchtbaarheid. Een ander motief voor dit onderzoek is dat een goede bodemvruchtbaarheid van belang is als basis voor een efficiënt gebruik van nutriënten. In dit onderzoek is uitsluitend gekeken naar de ontwikkeling van het organisch stofgehalte van de bodem en van de fosfaattoestand, zoals aangegeven door het P-Al getal.

Er is een analyse uitgevoerd van de ontwikkeling in de tijd. Dit werd gedaan voor 'permanente' grasland percelen per bodemtype (zand, klei, veen en löss) en voor percelen waar gras en maïs worden afgewisseld. Alleen op zandgrond is er geen significante trend waarneembaar in de ontwikkeling van het organische stof gehalte in grasland. Op klei, veen en löss is er een positieve ontwikkeling van het organische stof gehalte in grasland waargenomen. De jaarlijkse afbraak van de totale hoeveelheid organische stof in de bodem in grasland varieert tussen 0,3% op veen en 3,6% op zand. Op wisselbouwpercelen (teelt van een aantal jaren gras gevolgd door een aantal jaren maïs) is geen duidelijke trend in het organisch stof-gehalte waargenomen.

Het P-Al gehalte in grasland op zandgrond is door de jaren heen op peil gebleven. Op klei en veen is er een positieve ontwikkeling van het P-Al gehalte in grasland waargenomen en op löss nam het P-Al gehalte af. Bij evenwichtsbemesting (P-aanvoer is gelijk aan de P-onttrekking) is de verwachting dat de fosfaattoestand gemiddeld niet zal afnemen. Op percelen met een jaarlijks negatief P-overschot neemt de fosfaattoestand af. In het algemeen zijn dit percelen met een hoge beginwaarde van de fosfaattoestand.

De samenhang tussen de ontwikkeling van de bodemvruchtbaarheid en het management is op vier bedrijven meer in detail geanalyseerd. Er zijn geen aanwijzingen voor een afname van de fosfaattoestand tot niveaus die bemestingskundig als laag of onvoldoende worden aangegeven. Op bedrijf Hoefmans nam het P-Al getal in de eerste helft van de onderzoeksperiode (1999-2012) duidelijk af, maar in de tweede helft van de onderzoeksperiode stabiliseerde het P-Al getal op een ruim voldoende niveau. Op sommige bedrijven levert onbemest beheersland indirect een substantiële bijdrage aan de ruimte voor gebruik van dierlijke mest op de productiepercelen. Op deze beheersgronden, waar wel wordt geoogst maar niet wordt bemest neemt het P-Al getal in het algemeen duidelijk af. Op de productiepercelen is de relatie tussen het P-overschot en de ontwikkeling van de fosfaattoestand zwak. Veelal worden veldkavels (dit zijn percelen op geruime afstand van de bedrijfsgebouwen) voornamelijk gebruikt voor akkerbouwmatige teelten. Soms wordt er relatief weinig dierlijke mest gebruikt. De huiskavel vormt dan vaak de tegenhanger in de zin dat ze vooral gebruikt wordt als grasland met relatief hoge mestgiftten. Dit leidt tot een ongelijkmatige verdeling van organische stof en fosfaat met als gevolg een afname van de bodemvruchtbaarheid op de veldkavel percelen. Op perceelsniveau zien we veelvuldig dat de percelen met een hoge beginwaarde van organische stof en P-Al dit 'begin niveau' niet kunnen handhaven en dat op percelen met een relatief lage beginwaarde juist een toename optreedt.

Een analyse van de ontwikkelingen op het bedrijf zou kunnen bestaan uit de volgende stappen:

1. Analyseren van de toestand en ontwikkeling in kavels en percelen.
2. Vergelijken van de toestand en ontwikkeling met kritische niveaus zoals aangegeven door adviezen.
3. Aanwijzen van kavels en percelen waar bijsturen nodig is.
4. Kiezen van passende maatregelen.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

1	Inleiding	1
1.1	Achtergrond.....	1
1.1.1	Belang bodemvruchtbaarheid voor grondgebonden melkveebedrijven	1
1.2	Onderzoeksvragen.....	2
1.3	Aanpak	2
1.4	Opbouw van dit rapport.....	2
2	Het begrip bodemvruchtbaarheid en de uitwerking ervan in dit rapport	3
2.1	Inleiding.....	3
2.2	Bodemvruchtbaarheid	3
2.3	Organische stof	3
2.4	De fosfaattoestand: voorraad en beschikbaarheid.....	4
2.5	Invloed van bedrijfsvoering	5
2.5.1	Organische stof	5
3	Materialen en methoden.....	7
3.1	Vertrekpunt in deze analyse.....	7
3.2	Koeien & Kansen-bedrijven.....	7
3.3	Data verzameling	8
3.3.1	Bodemanalyses	8
3.3.2	Bedrijfsvoering.....	8
3.4	Analyse	9
3.4.1	Trend-analyse.....	9
3.4.2	Analyse per bedrijf	9
4	Resultaten voor bedrijven gegroepeerd naar bodemtype	10
4.1	Bodemgebruik, P-overschot en organische stof aanvoer	10
4.2	Het organisch stof-gehalte	13
4.3	P-beschikbaarheid	16
4.4	Conclusies.....	17
5	Resultaten voor afzonderlijke bedrijven.....	18
5.1.1	Situatiebeschrijving.....	18
5.1.2	Bodemgebruik, P-overschot en organische stof aanvoer.....	19
5.1.3	De ontwikkeling van het organisch stofgehalte	20
5.1.4	P-beschikbaarheid	21
5.1.5	Bedrijfsvoering in relatie tot bodemvruchtbaarheid	22
5.2	Bedrijf De Kleijne.....	22
5.2.1	Situatiebeschrijving.....	22
5.2.2	Bodemgebruik, P-overschot en organische stof aanvoer.....	23
5.2.3	De ontwikkeling van het organisch stofgehalte	24
5.2.4	P-beschikbaarheid.....	25
5.2.5	Bedrijfsvoering in relatie tot bodemvruchtbaarheid	27
5.3	Bedrijf Hoefmans.....	27
5.3.1	Situatiebeschrijving.....	27
5.3.2	Bodemgebruik, P-overschot en organische stof aanvoer.....	27
5.3.3	Organische stof	29

5.3.4	P-beschikbaarheid.....	31
5.3.5	Bedrijfsvoering in relatie tot bodemvruchtbaarheid	32
5.4	Bedrijf Van Wijk.....	32
5.4.1	Situatiebeschrijving.....	32
5.4.2	Bodemgebruik, P-overschot en organische stof aanvoer.....	32
5.4.3	Organische stof	33
5.4.4	P-beschikbaarheid.....	34
5.4.5	Bedrijfsvoering in relatie tot bodemvruchtbaarheid	35
5.5	Conclusies.....	35
6	Synthese	36
6.1	Afbakening	36
6.2	Betekenis van de waargenomen ontwikkelingen op bodemtype niveau	36
6.3	Betekenis van de waargenomen ontwikkelingen op de vier bedrijven.....	37
6.2	Sturingsmogelijkheden.....	39
7	Conclusies.....	41
8	Literatuur	42

1 Inleiding

Dit rapport beschrijft de ontwikkeling van het organisch stofgehalte en de fosfaattoestand, beide kernbegrippen van bodemvruchtbaarheid, op 'Koeien & Kansen-bedrijven' over de periode van 1998 tot heden.

1.1 Achtergrond

1.1.1 *Belang bodemvruchtbaarheid voor grondgebonden melkveebedrijven*

Melkveebedrijven zijn in meer of mindere mate grondgebonden, hetgeen betekent dat het veevoer op de bedrijven voor een groot deel geteeld is op bedrijfseigen grond en dat een aanzienlijk deel van door het vee uitgescheiden mest ook weer op de eigen grond wordt toegepast. De productie van voer van eigen grond, kortweg ruwvoerproductie, is gebaat bij een goede bodemvruchtbaarheid. Bodemvruchtbaarheid kan gedefinieerd worden als 'de bijdrage van de bodem aan de productiviteit. Het omvat alle chemische, fysische en biologische bodemeigenschappen die nodig zijn voor de groei van planten.' (Schils, 2012).

1.1.2 *Koeien & Kansen: streven naar efficiënt N- en P-gebruik*

'Koeien & Kansen-bedrijven' streven naar efficiënt gebruik van nutriënten (N en P): van de naar de bedrijven aangevoerde N en P wordt zoveel mogelijk weer met de producten melk en vlees afgevoerd. Daardoor wordt bereikt dat bij een gegeven productie-intensiteit, slechts een klein deel van deze aangevoerde hulpstoffen als overschotten op de bedrijven achterblijven. Dit spaart het milieu en spaart ook energie en grondstoffen uit. Op melkveebedrijven worden de bedrijfsonderdelen de veestapel, mest, bodem en gewas onderscheiden die samen de nutriëntefficiëntie van het bedrijf bepalen.

1.1.3 *Bodemvruchtbaarheid en Koeien & Kansen*

Er zijn verschillende motieven voor analyse van de ontwikkeling van bodemvruchtbaarheid op 'Koeien & Kansen-bedrijven':

1. Om blijvend een efficiënte bedrijfsvoering te bereiken, moet elk onderdeel van het bedrijf goed functioneren. Voor de bodem betekent dit dat de bodemvruchtbaarheid op korte en lange termijn goed moet zijn. De bodem moet geschikt zijn als basis voor duurzame gewasproductie, een kwalitatief en kwantitatief zo hoog mogelijke productie met een zo laag mogelijke inzet van productiemiddelen (water, nutriënten, gewasbeschermingsmiddelen).
2. De aanpassingen in de bedrijfsvoering (bijvoorbeeld in het teeltplan of bemesting) die nodig waren om de nutriëntefficiëntie te verhogen, kunnen gevolgen hebben voor de bodemvruchtbaarheid. Onbedoelde, nadelige ontwikkelingen zouden voorkomen moeten worden; het beheer is juist gericht op het bevorderen van de bodemvruchtbaarheid tot een, in principe, ideale status wordt bereikt.

1.1.4 *Kennisbehoefte*

In het streven naar efficiënt gebruik van nutriënten lopen 'Koeien & Kansen-bedrijven' voorop op de praktijk. De bedrijven lopen ook voorop in het implementeren van regelgeving van de overheid. De nationale en Europese overheden stellen ter bescherming van het milieu regels aan het gebruik van nutriënten. Bij de ontwikkeling van regelgeving heeft men oog voor de praktische, landbouwkundige uitvoerbaarheid. Voor de overheid is het daarom belangrijk om te weten of de regelgeving ongewenste effecten heeft. Als de bodemvruchtbaarheid door regelgeving onder druk zou staan, is het van belang om dat te weten. Voor veehouders geldt de bodem als een bedrijfs onderdeel dat zo goed mogelijk ontwikkeld moet worden, een basis onder het bedrijf.

Dus zowel overheid als individuele veehouders zijn geïnteresseerd in de ontwikkeling van de bodemvruchtbaarheid, waarbij de veehouder vooral behoefte heeft aan inzicht in het eigen bedrijf. Het beoordelen en bevorderen van de bodemvruchtbaarheid moet aansluiten bij de schaal waarop handelingen en afwegingen plaatsvinden. Het gaat dan om bedrijfsspecifieke informatie. Hierbij zijn de fosfaattoestand en het organisch stofgehalte belangrijk (dit wordt verder uiteengezet in hoofdstuk 2).

1.2 Onderzoeksvragen

In deze studie staan de volgende vragen voorop:

1. Wat is de ontwikkeling van het organisch stof-gehalte op 'Koeien & Kansen-bedrijven'?
2. Wat is de ontwikkeling van de organische stof aanvoer uit gewasresten en mest?
3. Welke verschillen zijn er in het de ontwikkeling van het organisch stofgehalte op verschillende bedrijven, al dan niet gegroepeerd naar bodemtype zand, klei, organische stof?
4. Wat is de ontwikkeling van de P beschikbaarheid in de bodem op 'Koeien & Kansen-bedrijven'?
5. Hoe hangt de ontwikkeling van het organisch stof-gehalte samen met de aspecten van bedrijfsmanagement:
 - a. Landgebruik (geteeld gewas)?
 - b. Bemesting?
 - c. Bodembewerking?
6. Welke maatregelen kunnen ingezet worden om het organisch stof-gehalte op hetzelfde niveau te houden?
7. Blijft de P beschikbaarheid op een voldoende niveau bij het opvolgen van de gebruiksnormen?
8. Zijn er aanwijzingen dat de regelgeving met betrekking tot nutriënten en het streven naar een efficiënte bedrijfsvoering op gespannen voet staat met behoud van de bodemvruchtbaarheid?

1.3 Aanpak

Om vragen 1 t/m 4 te beantwoorden is een trendanalyse uitgevoerd, waarbij wordt gekeken naar de ontwikkeling in de tijd. Om vraag 5 te beantwoorden is de samenhang tussen de ontwikkeling van de bodemvruchtbaarheid en het management op een beperkt aantal bedrijven meer in detail geanalyseerd. In hoofdstuk 3 wordt verder toegelicht hoe hierbij te werk is gegaan. In de synthese, gebaseerd op de trendanalyses en aanvullende bedrijfsanalyses, wordt op vragen 6 t/m 8 ingegaan.

1.4 Opbouw van dit rapport

Dit rapport is als volgt opgebouwd:

- Hfst. 2: Begrippen en achtergrond
- Hfst. 3: Materialen en methoden
- Hfst. 4: Resultaten voor clusters van bedrijven
 - o Bemesting, landgebruik en bodembewerking
 - o Ontwikkeling van het organisch stof-gehalte
 - o Ontwikkeling van de P beschikbaarheid
- Hfst. 5: Analyse van afzonderlijke bedrijven,
- Hfst. 6: Discussie, conclusies en aanbevelingen.

2 Het begrip bodemvruchtbaarheid en de uitwerking ervan in dit rapport

2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft een beknopt overzicht van de begrippen 'bodemvruchtbaarheid', 'organische stof' en 'fosfaattoestand'. Dit zijn centrale begrippen in dit rapport. Ook wordt summier aangegeven hoe de bedrijfsvoering de bodemvruchtbaarheid kan beïnvloeden.

2.2 Bodemvruchtbaarheid

Bodemvruchtbaarheid kan gedefinieerd worden als 'de bijdrage van de bodem aan de productiviteit. Het omvat alle chemische, fysische en biologische bodemeigenschappen die nodig zijn voor de groei van planten.' (Schils, 2012). Het begrip laat zich lastig vatten in simpele maatstaven. Er zijn veel eigenschappen en kenmerken die tegelijk bepalend zijn van de mate waarin de bodem de hiervoor genoemde bijdrage kan leveren. Dit rapport richt zich op organische stof en fosfaat. Het is bekend dat dit belangrijke aspecten zijn van bodemvruchtbaarheid, maar met bespreking van deze grootheden is de 'bodemvruchtbaarheid' op 'Koeien & Kansen-bedrijven' niet definitief en volledig beschreven.

2.3 Organische stof

Organische stof komt in de bodem voor in sterk uiteenlopende gehalten. Veengronden bestaan voor een groot gedeelte uit organische stof; er worden organisch stof-gehalten gemeten van meer dan 50%. Minerale gronden zoals zandgrond en kleigronden bevatten veel minder organische stof met gehalten die uiteenlopen van 1 tot ruim 10%. Er zijn verschillende bronnen van organische stof in landbouwbodems: *i)* organische stof die al in de bodem aanwezig was voordat de bodem in landbouwkundig gebruik werd genomen (dit wordt wel 'oude organische stof' genoemd), *ii)* plantenresten die als wortel, stoppel of afgestorven bladresten naar de bodem zijn aangevoerd, *iii)* organische mest (in de melkveehouderij veelal drifmest, weidemest of stalmest) en *iv)* de resten van bodemorganismen.

Organische stof draagt op verschillende manieren bij aan de bodemvruchtbaarheid:

- Als organische stof wordt afgebroken komen nutriënten die in de organische stof zijn opgeslagen, vrij en kunnen door planten opgenomen worden. Organische stof draagt zo bij aan de plantenvoeding. Bij bemesting wordt voor N rekening gehouden met deze bijdrage door een N leverend vermogen te berekenen en in mindering te brengen bij de bemestingsbehoefte.
- Organische stof bindt kalium, magnesium en koper uit bodemvocht op zo'n manier dat deze verbindingen ook weer makkelijk vrij kunnen komen. In verband met deze tijdelijke opslag (uitwisseling) wordt wel van de bufferende werking gesproken.
- Organische stof draagt bij aan het vochtvasthoudend vermogen van de bodem, doordat organische stof een rol speelt bij de vorming van poriën waarin water opgeslagen kan worden. Bodems met een laag organisch stofgehalte zijn veel gevoeliger voor droogte dan bodems met een hoog organisch stofgehalte.

Soms wordt een onderscheid gemaakt tussen jonge, verse organische stof met een hoge afbraaksnelheid, matig stabiele en oude stabiele organische stof met onderling verschillende bijdrages aan plantenvoeding, buffering en vochtvasthoudend vermogen. De afbraaksnelheid van organische stof in de bodem neemt toe in de volgorde oude organische stof met veel houtige verbindingen < mest < resten van wortels en stoppels < verse plantenresten (Kortleven, 1963; Yang, 1996).

Organische stof wordt naar landbouwbodems aangevoerd met mest en gewasresten. Voor organische stof wordt vaak het begrip effectieve organische stof gebruikt. Dit is organische stof die een jaar na aanvoer nog niet afgebroken is. Als met mest in februari bijvoorbeeld een hoeveelheid organische stof wordt aangevoerd van 5000 kg per ha, dan wordt een deel daarvan gedurende het jaar afgebroken (gemineraliseerd) en er blijft een deel over. Hoeveel overblijft is afhankelijk van de afbraaksnelheid en die is verschillend voor verschillende soorten organische stof. De overblijvende stof wordt effectief genoemd omdat het bijdraagt aan de lange termijn opbouw van organische stof in de bodem en dat kan niet gezegd worden van de organische stof die in het jaar na aanvoer al is verdwenen. Een voortdurende aanvoer van effectieve organische stof is nodig om een stabiele hoeveelheid organische stof in de bodem te behouden. Dat komt doordat van de totale voorraad organische stof altijd een deel wordt afgebroken. Een vuistregel is dat in minerale bodems jaarlijks 2% van de totale voorraad organische stof in de bodem afgebroken (gemineraliseerd) wordt (Kortleven, 1963). Volgens deze vuistregel is de jaarlijkse afbraak in kg per ha in een bouwvoor groter als de voorraad ook groter is. In een bouwvoor met een dikte van 25 cm komt 1%

organische stof overeen met ongeveer 32,5 ton organische stof per ha. Als daarvan 2% wordt afgebroken is dat gelijk aan 0,65 ton per ha. In een bouwvoor met een organisch stof-gehalte van 4% wordt volgens deze vuistregel jaarlijks 2,6 ton organische stof afgebroken. Als jaarlijks evenveel effectieve organische stof wordt aangevoerd als jaarlijks wordt afgebroken is de organische stof balans nul. Uit het voorgaande volgt dat in een bodem met 4% organische stof jaarlijks 2,6 ton effectieve organische stof moet worden aangevoerd om een organische stof balans van nul te bereiken. In een bodem met 1% organische stof is dit maar 0,65 ton per ha. Als meer wordt aangevoerd dan wordt afgebroken is er een positieve organische stof balans. Als er minder wordt aangevoerd dan wordt afgebroken dan is er een negatieve organische stof balans.

Net als bij fosfaat (zie verderop in dit hoofdstuk) leidt een positieve organische stof balans tot accumulatie van de hoeveelheid organische stof in de bouwvoor en een negatieve balans tot een afname. Er is veel onzekerheid over de hoeveel effectieve organische stof die een gewas achterlaat. Tabel 2.1 geeft de waarden weer die in dit rapport gebruikt worden.

Tabel 2.1 Aanvoer van organische stof (OS) en effectieve organische stof (EOS) met gewasresten en mest naar de bodem (kg/ha).

Gewas	OS	EOS
	1×de ge oogste hoeveelheid (stel hier 10000)	3275 (bij een OS aanvoer 10000)
Grasland (kg per ha)		
Snijmaïs (kg per ha)	1800	615
Vanggewas nazaai (kg per ha)	2000	700
Vanggewas onderzaai (kg per ha)	4000	1400
Zomergerst (kg per ha)	4200	1310
Rundveemest (kg per m ³)	66	46

2.4 De fosfaattoestand: voorraad en beschikbaarheid

P in de bodem komt voor in verschillende vormen. Een relatief groot deel van de P zit in of aan bodemdeeltjes en is neergeslagen in mineralen (bijvoorbeeld ijzer- en aluminiumoxiden) of is sterker of minder sterk gebonden aan organische stof en kleideeltjes. Een veel kleinere hoeveelheid is opgelost in het bodemvocht en daardoor mobiel en direct opneembaar voor planten. Om het gedrag van P in de bodem te begrijpen wordt niet alleen naar de totale voorraad gekeken, maar worden verschillende pools onderscheiden voor P vormen die makkelijker en minder makkelijk voor planten beschikbaar zijn. In Figuur 2.1 is dit schematisch weergegeven (Van Rotterdam – Los *et al.*, 2013).

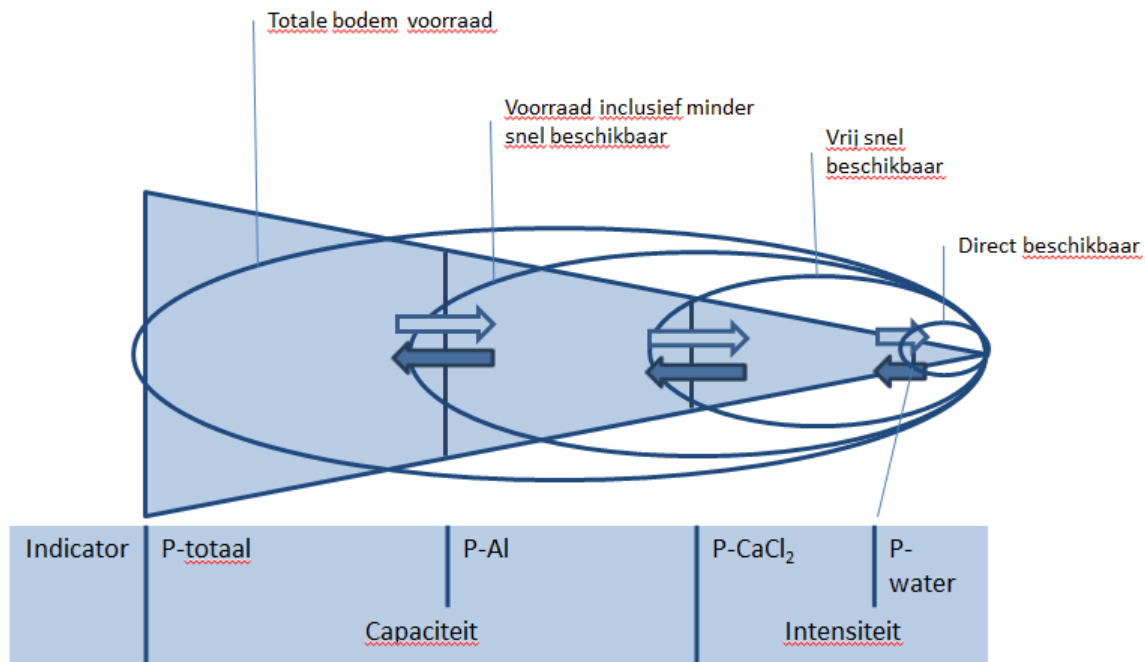
De totale P-voorraad in de bodem is in de laatste decennia onder de aandacht gekomen omdat er een teveel van is in veel landbouwgronden. Dit teveel schaadt niet direct de plant, maar vormt een bedreiging voor grondwater door uitspoeling. Afspoeling komt ook voor, vooral op klei- en veengronden, maar is sterk afhankelijk van de hydrologische omstandigheden en bijzondere weersituaties. Afspoeling wordt niet zo sterk bepaald door de totale P-voorraad. Om het risico van uitspoeling van P uit landbouwgronden te beperken, zijn de P gebruiksnormen van toepassing (www.rijksoverheid.nl/ministeries/ez). Deze zijn gericht op het realiseren van een balans tussen aanvoer met mest en afvoer met gewasoogst. Als P evenwichtsbemesting goed wordt uitgevoerd, blijft de P-voorraad min of meer op peil zolang de verliezen naar diepere bodemlagen beperkt zijn.

Er zijn zeer veel indicatoren ontwikkeld om de P-beschikbaarheid te meten (Neyroud and Lisscher, 2003). Deze indicatoren zijn vaak gebaseerd op extractie van P in chemische oplossingen die een zekere tijd in contact zijn gebracht met de bodem. De chemische oplossing (extractant) bootst in die benadering eigenlijk de plantenwortel na die P uit de bodem opneemt. In Nederland zijn de meest gangbare indicatoren de P_w voor tuinbouw en akkerbouwgewassen en het P-Al getal voor gras. De laatste jaren wordt veel nadruk gelegd op het onderscheiden van de P capaciteit (min of meer gelijk aan de P-voorraad) en de P intensiteit (min of meer gelijk aan de P-beschikbaarheid). In de uitwerking van deze benadering wordt P-Al gezien als een maat die tussen P capaciteit en intensiteit inzit en wordt een andere maat voorgesteld voor de intensiteit: P geëxtraheerd in een CaCl₂ oplossing (zie ook Figuur 2.1).

Bij de verdeling van P moet gelet worden op het in stand houden van de bodemvruchtbaarheid, het voorzien van gewassen in hun P-behoefte en de ruimte die van het beleid geboden wordt om P te gebruiken. Deze afwegingen zijn uitgewerkt in de volgende adviesstelsels. Er zijn bodemgerichte

bemestingsadviezen, deze zijn gericht op het creëren van de 'gewenste situatie' in de bodem, en gewasgerichte adviezen, deze geven bij een bepaalde fosfaattoestand in de bodem de gewenste gift, afhankelijk van de fosfaatbehoefte van een gewas. Er zijn 5 categorieën waarin gewassen worden ingedeeld naar hun fosfaatbehoefte. Tenslotte zijn er gebruiksnormen die aangeven hoeveel P aangevoerd mag worden op landbouwgronden met een lage, neutrale en hoge fosfaattoestand. Deze categorieën worden onderscheiden op grond van het P-AI getal.

Er is een niet aflatende discussie over welke indicatoren het meest geschikt zijn als basis voor de P bemestingsadviezen en voor de aanwijzing van gronden met een lage, neutrale en hoge fosfaattoestand. In dit rapport wordt het P-AI getal gehanteerd.



Figuur 2.1 Schematische weergave van de beschikbaarheid van fosfaat in de bodem voor gewasopname en de daarvoor gebruikte indicatoren (vertaald naar Van Rotterdam – Los et al., 2013).

2.5 Invloed van bedrijfsvoering

2.5.1 Organische stof

Het organisch stofgehalte neemt af als de afbraaksnelheid groter is dan de aanvoersnelheid. Organische stof wordt aangevoerd door:

1. Bemesting en
2. Achterblijvende gewasresten en wortels

De keuze voor het te telen gewas op een perceel heeft veel invloed op de organische stof aanvoer doordat er grote verschillen zijn tussen de hoeveelheid organische stof die aangevoerd worden vanuit de verschillende gewassen (zie Tabel 2.1). De aanvoer uit maïs is veel lager dan die uit gras. Dat is een van de redenen dat het voor behoud van de bodemkwaliteit op langere termijn gunstig is om gras en maïs te telen op een perceel af te wisselen (vruchtwisseling) (Ten Berge et al., 2000; Aarts et al., 2002). In een efficiënte bedrijfsvoering wordt vaak gestreefd naar het beperken van veldverliezen van gewassen. Daarmee wordt ook de organische stof aanvoer naar de bodem iets beperkt. De aanvoer vanuit maïs teelt kan worden verhoogd door een groenbemesting (vanggewas) toe te passen (zie Tabel 2.1). Organische stof uit mest draagt relatief sterk bij aan het organisch stof-gehalte in de bodem op lange termijn, doordat de organische stof uit mest relatief langzaam afbreekt.

De afbraaksnelheid van organische stof is afhankelijk van zeer veel (bodem)omstandigheden: de vochtigheid van de grond, de aanwezigheid van deeltjes die organische stof beschermen tegen afbraak

(kleideeltjes; Hassink, 1997), de pH in de bodem (Van Eekeren et al., 2009), het soort organische stof (moeilijk of makkelijk afbreekbaar) en de mate van bodembewerking. Op veengronden met een hoge grondwaterspiegel zal het effect van grondwaterstandsverlaging aanzienlijk zijn. Men gaat ervan uit dat op de meeste bodems grondbewerking de afbraak duidelijk versnelt. Echter, op De Marke werd dit effect in een recent onderzoek niet teruggevonden (Verloop, 2013).

De P-voorraad neemt toe als de aanvoer van P groter is dan de afvoer met oogst en met verliezen. De afvoer met gewassen is verschillend tussen gewassen (hoog in gras, lager in maïs). Bovendien gaat een hoge gewasopbrengst normaliter samen met een hoge P afvoer met gewassen. De factoren die de meeste invloed hebben zijn het weer (minder of meer groeizaam), bodem- en gewasmanagement en de N en K voorziening. P heeft in Nederland niet vaak een sterke invloed op de gewasopbrengst. Voor fosfaat heeft het beperken van veldverliezen tot gevolg dat de netto aanvoer van P naar de bodem lager wordt (net als bij organische stof).

De fosfaatbeschikbaarheid is in het algemeen hoger in rulle bodem, die af en toe wordt losgemaakt. Natte plekken en verdichte bodems, zijn ongunstig voor de beschikbaarheid van fosfaat. Bodemverdichting kan ontstaan door te intensief berijden op ongunstige momenten (niet opgedroogde grond) of door vertrapping door weidend vee. Plaatsing van mest in de nabijheid van (jonge) plantenwortels is ook bevorderend voor de fosfaatbeschikbaarheid. Daarom wordt belang gehecht aan rijenbemesting.

3 Materialen en methoden

3.1 Vertrekpunt in deze analyse

In deze studie is de aandacht gericht op de ontwikkeling van het organisch stofgehalte en de fosfaattoestand. De fosfaattoestand is uitgedrukt in het P-Al getal. Dat houdt in dat een insteek is gekozen, waarin de fosfaattoestand wordt beoordeeld vanuit het perspectief van het bodemgerichte bemestingsadvies (en dus niet het gewasgerichte advies, zie hoofdstuk 2).

3.2 Koeien & Kansen-bedrijven

De analyse is gebaseerd op 'Koeien & Kansen'-bedrijven. De trend-analyse is uitgevoerd met bedrijven waarvan data beschikbaar waren over een periode van tenminste 5 jaar (Tabel 3.1). In 2009 zijn 5 bedrijven vervangen en vanwege de beperkte looptijd zijn de nieuwe bedrijven niet meegenomen in de trendanalyse. Koeien & Kansen-bedrijf Post is niet meegenomen in de analyse vanwege grondafraving waardoor bodemanalyses niet geschikt waren. Koeien & Kansen-bedrijf Sikkenga - Bleker is niet meegenomen vanwege onwaarschijnlijke fluctuaties in fosfaattoestand en organische stof in de bodem. De geografische ligging van de in de verkenning opgenomen bedrijven is weergegeven in Figuur 3.1.

Tabel 3.1 Koeien & Kansen- bedrijven waarop de trend-analyse is uitgevoerd.

Nr	Bedrijf	Grondsoort	Periode	Teeltwijze
1	Bomers	Zand	1999 – 2006	Continue / wisselbouw
2	Eggink	Zand	2000 – 2009	Continue / wisselbouw
3	Menkveld & Wijnbergen	Zand	1999 – 2011	Continue
4	Kuks	Zand	1999 – 2011	Continue
5	De Kleijne	Zand	1999 – 2011	Continue / wisselbouw
6	Pijnenborg – Van Kempen	Zand	1999 – 2011	Continue / wisselbouw
7	Van Laarhoven	Zand	2000 – 2009	Continue
8	Hoefmans	Zand	2000 – 2011	Wisselbouw
9	Schepens	Zand	2000 – 2009	Continue / wisselbouw
10	Dekker	Klei	1999 – 2011	Wisselbouw
11	Van Wijk	Klei	1999 – 2011	Continue
12	Miedema	Klei op veen	1999 – 2006	Continue
13	De Vries	Veen	1999 – 2011	Continue
14	Van Hoven	Löss	1999 – 2011	Continue



Figuur 3.1. Ligging bedrijven (de nummers in de figuur corresponderen met de nummers in Tabel 3.1).

3.3 Data verzameling

3.3.1 Bodemanalyses

In 1999 zijn op 12 Koeien & Kansen-bedrijven bodemanalyses genomen van elk perceel (grasland en bouwland). Vanaf 2000 t/m 2004 zijn op alle bedrijven uit Tabel 3.1 jaarlijks bodemonsters genomen van alle percelen. Een bemonsterd perceel mocht niet groter zijn dan 2 ha. Daarna zijn bodemonsters genomen in de jaren 2006, 2009 en 2012. De randvoorwaarde van de maximale grootte van een perceel is vergroot van 2 naar 5 ha. Voor 2001 was de bemonsteringsdiepte op grasland 5 cm en daarna 10 cm. Op bouwland was de bemonsteringsdiepte 20 cm en incidenteel 25 cm.

3.3.2 Bedrijfsvoering

Bemesting en beweiding

De veehouder registreert per perceel elke bemesting die wordt uitgevoerd, zowel drijfmest als kunstmest (datum, hoeveelheid, soort en gehalten). Voor de gehalten in drijfmest dient de veehouder een paar keer per jaar een representatief monster te nemen van de beschikbare mest in opslag. Naast de bemesting dient de veehouder per perceel ook gegevens te registreren over de beweiding (datum inscharen, aantal dagen, aantal uren en aantal dieren). Deze gegevens zijn nodig voor de berekening van de hoeveelheid weidemest (Oenema *et al.*, 2002; Oenema *et al.*, 2008).

Drogestofopbrengst

De drogestofopbrengst in gras werd per snede en per perceel bepaald. Bepaling van de drogestofopbrengst werd door verschillende methoden en hulpmiddelen uitgevoerd, onder andere afhankelijk van het graslandgebruik (maaien en weiden). Voor de schatting van de grasopbrengst bij maaien gebruikten veel veehouders in het begin de grashoogtemeter. Het meten van de grashoogte gebeurt door per schatting 30 aselechte metingen per perceel uit te voeren. In de praktijk wordt de grashoogtemeter meestal door de veehouder gebruikt om zijn indruk van de opbrengst te iken. De meeste veehouders gingen na verloop van tijd over op het schatten met het blote oog. De maaiopbrengst is bij schatting met behulp van de grashoogtemeter een bruto-opbrengst (exclusief oogst- en conserveringsverliezen). Ook is de maaiopbrengst geschat door het wegen en tellen van wagens. Deze methode levert een netto-schatting op van de maaiopbrengsten.

De grasopname bij beweiden werd bepaald door:

1. Schatten op basis van de grasopname per koe per dag (volgens aanname berekend op basis van aanvulling bijvoeding in de weideperiode tot niveau VEM-dekking in de winter), in combinatie met het aantal dieren en het aantal dagen dat er in het perceel wordt geweid.
2. Schatten met behulp van de grashoogtemeter.
3. Schatten op het oog.

Nacalculaties drogestofopbrengst

De maaiopbrengsten werden voor alle jaren en per bedrijf omgerekend in netto-opbrengsten. Bruto-schattingen van de maaiopbrengsten (op het oog of met een grashoogtemeter) zijn met 10% verlaagd. De weideopbrengsten zijn per snede vergeleken met een berekende opbrengst op basis van groeidagen. Bij duidelijke afwijkingen werden de opbrengsten die zijn geschat op basis van methode 1, 2 of 3, in overleg met de veehouder bijgesteld. Uit deze procedure volgde een schatting van de (netto) ds-opname van gras per ha tijdens beweiding.

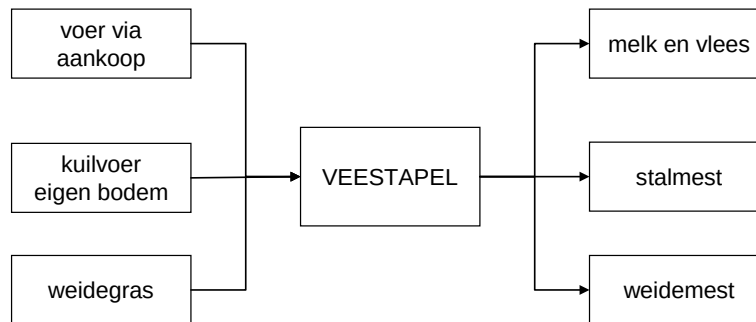
N- en P-opbrengst

De N- en P-opbrengst werd als volgt berekend:

$$\text{N- en P-opbrengst} = \text{drogestofopbrengst (kg ds)} * \text{N- en P-gehalte (g/kg ds)} / 1000$$

De N- en P-opbrengst per perceel is de som van de hoeveelheid die gemaaid wordt en de hoeveelheid die door begrazing wordt opgenomen. Voor de berekening van de gemaaide N- en P-opbrengst wordt gebruikt gemaakt van het N- en P-gehalte uit de kuilanalyses. Idealiter zou per snede en per perceel een kuilmonster of een vers gras-monster genomen worden, zoals op De Marke gebeurt, maar dat is op praktijkbedrijven te kostbaar en te arbeidsintensief. In plaats van per geoogste snede werd per kuil bemonsterd. Het N-gehalte van gemaaid gras is vervolgens berekend uit de kuilanalyses (gewogen gemiddelde). Voor de berekening van de N- en P-opname door begrazing werd geen gebruik gemaakt van de geschatte drogestofopname, maar van de berekende N- en P-opname uit de kringloop. Dit is het gevolg van dat het N- en P-gehalte van het opgenomen gras onvoldoende betrouwbaar is. In de kringloop is de

totale N- en P-opname door begrazing de sluitpost van de balans van de veestapel (Figuur 3.2). Voor de balans van de veestapel werd bepaald de opname van voer via aankoop (hoofdzakelijk krachtvoer en bijproducten), de opname van kuilvoer van eigen bodem (graskuil en overige voedergewassen), de afvoer van melk en vlees en de mestproductie (op stal en in de weide). Het verschil tussen de afvoer van melk en vlees plus mestproductie en de opname van kracht- en ruwvoer is de hoeveelheid N die door begrazing wordt opgenomen. Door nu de gegevens van beweidingsintensiteit per perceel (zie onder het kopje 'bemesting en beweiding') te gebruiken werd de totale N- en P-opname gewogen verdeeld over de percelen (Oenema *et al.*, 2002; Oenema *et al.*, 2008).



Figuur 3.2 Schema van de stikstofbalans van de veestapel.

3.4 Analyse

3.4.1 Trend-analyse

Het doel van de onderzoeksvragen 1 t/m 4 is het beoordelen van een ontwikkeling in de tijd (trend) en is uitgevoerd met een regressie analyse.

Bij regressie-analyse wordt een model gehanteerd dat beschrijft hoe de responsvariabele y (in dit geval het organische stof-gehalte en het P-AI getal) samenhangt met de predictorvariabele x (in dit geval de jaren). Hierbij wordt bij elke vaste waarde van x de verdeling van y opgegeven (in ons geval normaal) en daarmee dus ook de verwachtingswaarde Ey en de variantie $var(y)$.

Bij 'standaard' regressie-analyse is een voorwaarde dat de gegevens van de predictoren afkomstig zijn van een 'gelijk schaalniveau', in ons geval van hetzelfde perceel. Onze gegevens zijn afkomstig van verschillende bedrijven en percelen, met verschillende eigenschappen. Dit betekent dat een ontwikkeling in een specifiek perceel x op bedrijf y niet getoetst kan worden. In een REstricted Maximum Likelihood (REML) model kan men opgeven welke random termen er zijn (bedrijven en percelen) en welke variabelen (fixed termen) er zijn. In ons geval jaar.

Een trend-analyse is uitgevoerd op 'permanente' grasland percelen per bodemtype (zand, klei, veen en löss). Voor de analyse zijn alleen percelen meegenomen die voldeden aan de volgende criteria:

- Minimaal 3 bodemanalyses beschikbaar als grasland vanaf 2001. De analyses voor 2001 hadden een afwijkende bemonsteringsdiepte (0-5 cm) en zijn niet meegenomen;
- Een perceel moet minimaal 5 jaar op het bedrijf aanwezig zijn en van het totaal aantal jaren aanwezigheid moet minimaal 80% als grasland zijn geweest.

3.4.2 Analyse per bedrijf

Een beperkt aantal bedrijven (zie Tabel 3.1) is apart geanalyseerd. Hierbij is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van gegevens, maar is ook aanvullende informatie over de bedrijfsvoering in beschouwing genomen. Hiertoe zijn gesprekken gevoerd met de Koeien & Kansen-deelnemers van de bedrijven Menkveld & Wijnbergen, De Kleijne, Hoefmans en Van Wijk. Bij de trendanalyse is niet altijd gebruik gemaakt van statistische toetsen om ontwikkelingen aan te geven.

4 Resultaten voor bedrijven gegroepeerd naar bodemtype

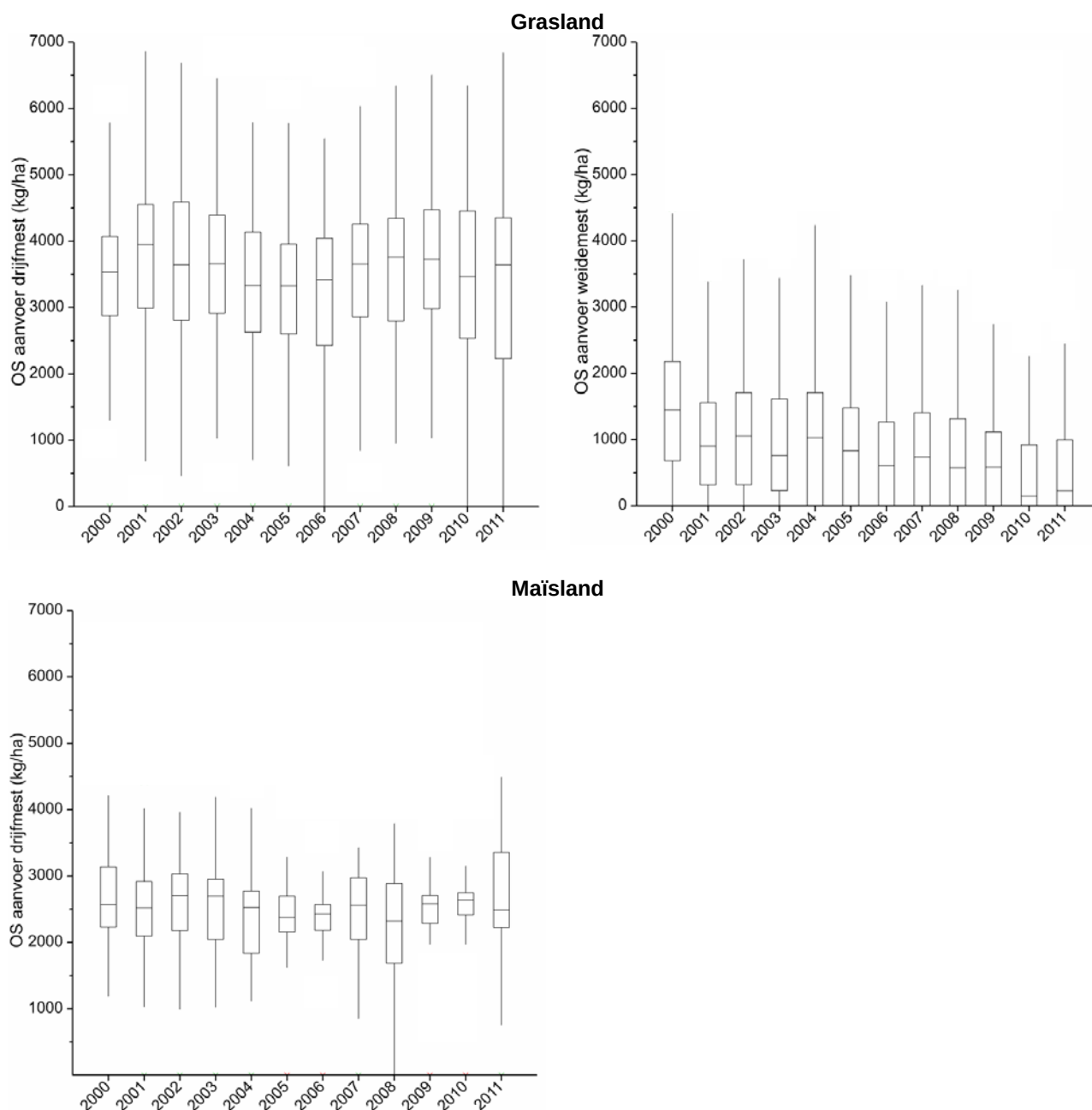
4.1 Bodemgebruik, P-overschot en organische stof aanvoer

Tabel 4.1 laat het enkele bedrijfskenmerken zien van de Koeien & Kansen-bedrijven in 2000 en 2011. Gemiddeld was de gemiddelde melkproductie per ha in 2000 15.000 liter per ha, variërend tussen 10.600 en 20.700. In 2011 is de productie gemiddeld toegenomen tot 18.650 liter per ha. Ook het grasland-areaal is in die periode toegenomen op de Koeien & Kansen-bedrijven van gemiddeld 28 ha in 2000 tot 38 ha in 2011. Steeds meer bedrijven hebben beheersgrasland in hun systeem.

Tabel 4.1 Kenmerken van Koeien & Kansen-deelnemers in 2000 en 2011.

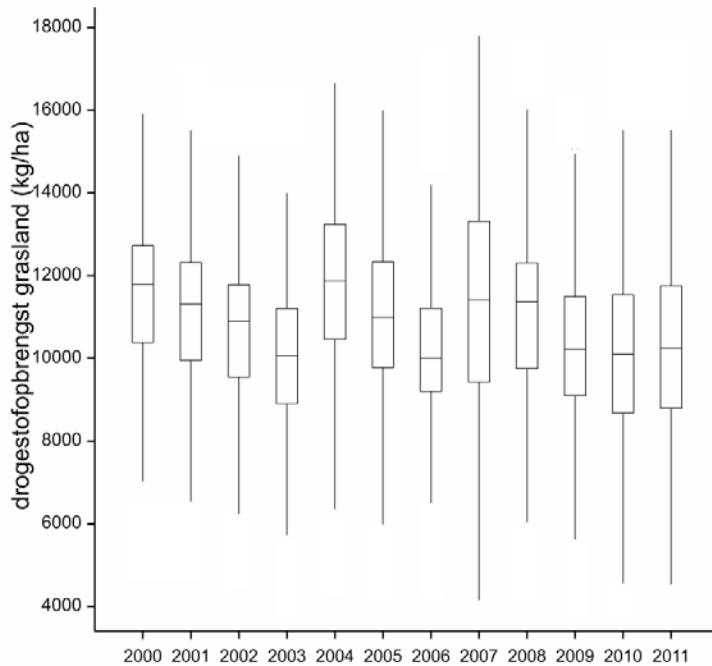
	2000				2011			
	Melkprod.	Areaal			Melkprod.	Areaal		
	per ha	Grasland	Bouwland	Beheer	per ha	Grasland	Bouwland	Beheer
Kuks	11424	38	12	-	14256	32	13	-
Bomers	11344	30	29	-	10436	50	13	-
Eggink	12926	24	14	-	14465	41	2	-
Menkveld & Wijnbergen	10651	34	14	25	15310	42	23	19
De Kleijne	20744	17	12	-	14735	25	9	15
Pijnenborg - van Kempen	15866	22	17	-	27907	25	7	-
Schepens	16890	15	11	-	29866	22	7	-
Van Laarhoven	14861	27	6	-	13255	28	10	7
Hoefmans	16413	21	15	-	26995	27	11	-
Van Hoven	11310	32	27	-	17239	65	26	-
Miedema	16313	32	8	-	10941	65	18	18
Dekker	19987	32	12	-	28830	32	13	-
Van Wijk	18153	31	2	-	22379	34	8	-
De Vries	14298	34	1	-	14484	50	-	-
Gemiddeld	15085	28	13	2	18650	38	11	4

In Figuur 4.1 is de ontwikkeling van organische stof aanvoer naar gras- en maïsland weergegeven via aangevoerde (dierlijke) mest en via weidemest over de periode 2000 – 2011. We zien op grasland geen trend in een toe- of afname van organische stof met toegediende mest. Gemiddeld varieert de organische stof aanvoer met toegediende mest op grasland tussen de 3000 en 4000 kg per ha. De organische stof aanvoer met weidemest is gemiddeld afgenomen van 1500 kg per ha naar 500 kg per ha. De totale aanvoer van organische stof met dierlijke mest op grasland is afgenomen van ongeveer 5000 kg per ha in 2000 tot ongeveer 4200 in 2006 en vervolgens gelijk gebleven. Op maïsland werd geen toe- of afname van de organische stof aanvoer waargenomen. Gemiddeld varieert de aanvoer rond de 2500 kg per ha. Tussen de percelen is er een grote spreiding in de organische stof aanvoer.



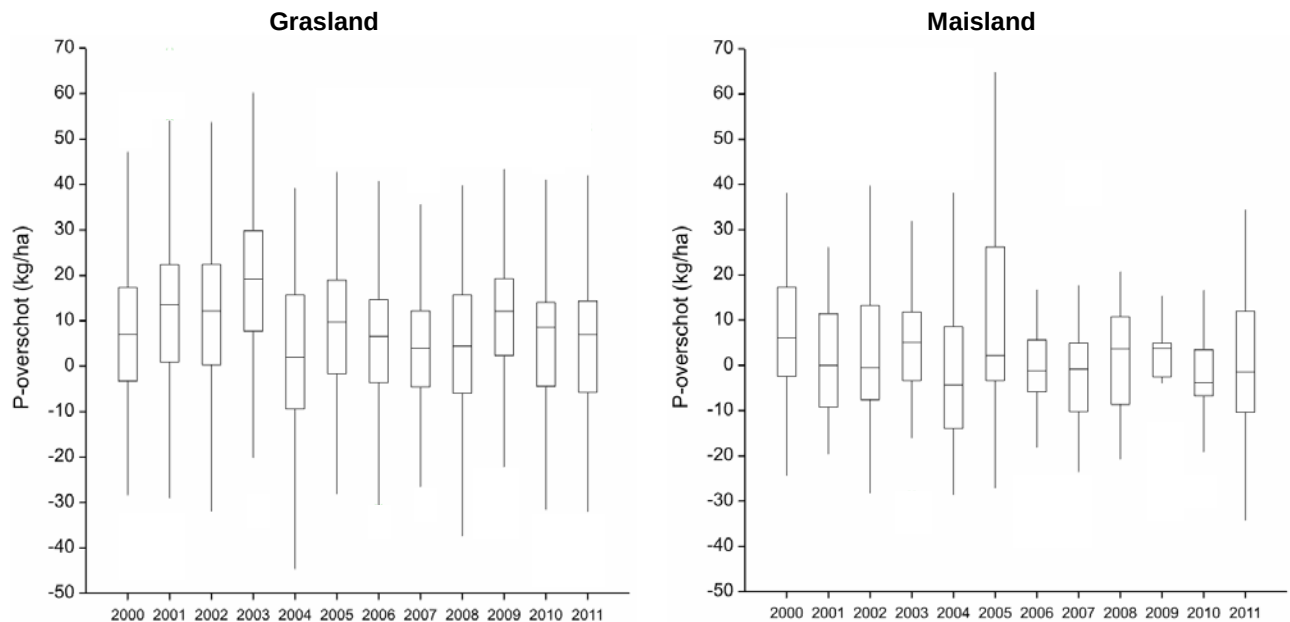
Figuur 4.1 Ontwikkeling van organische stof aanvoer naar gras- en maïsland via aangevoerde mest (hoofdzakelijk drijfmest) en via weidemest in de periode 2000 - 2011. De 'boxjes' in de grafieken geven het 25-75%-bereik van de variatie weer, en de verticale lijnen het 5-95% bereik. Het horizontale streepje geeft de mediaan aan (het middelste getal als alle waarden op een rij worden gezet van laag naar hoog).

Naast de organische stof aanvoer met organische meststoffen wordt organische stof aangevoerd met gewasresten. Voor grasland wordt de vuistregel aangehouden dat de bovengrondse biomassa gelijk is aan de ondergrondse biomassa. Vandaar dat de drogestofopbrengst op grasland een goede indicator is van de organische stof aanvoer van gewasresten (Figuur 4.2). Voor omrekening van drogestof naar organische stof wordt een factor 0.9 gebruikt. Er is geen duidelijke toe- of afname van de organische stof aanvoer van gewasresten op grasland, maar er zijn wel grote verschillen in de gemiddelde organische stof aanvoer tussen de jaren (een gevolg van weersinvloeden), en nog veel grotere verschillen tussen de percelen binnen een jaar.



Figuur 4.2 Ontwikkeling van de organische stof aanvoer in grasland in de periode 2000 - 2011. De 'boxjes' in de grafieken geven het 25-75%-bereik van de variatie weer, en de verticale lijnen het 5-95% bereik. Het horizontale streepje geeft de mediaan aan (het middelste getal als alle waarden op een rij worden gezet van laag naar hoog).

In Figuur 4.3 is de ontwikkeling van P-overschot naar grasland (links) en maïsland (rechts) weergegeven in de periode 2000 – 2011. Tot en met 2003 varieerde het gemiddelde P-overschot op grasland tussen de 8 en 15 kg/ha. In de periode daarna varieerde het P-overschot op een lager niveau rond de 5 kg/ha. Op maïsland werd geen duidelijke toe- of afname van het P-overschot waargenomen en varieerde gemiddeld tussen -2 en 5 kg/ha met enkele uitschieters in de jaren 2000 en 2005 (9 kg/ha). De variatie in het P-overschot tussen de percelen is groot, zowel op grasland als maïsland.

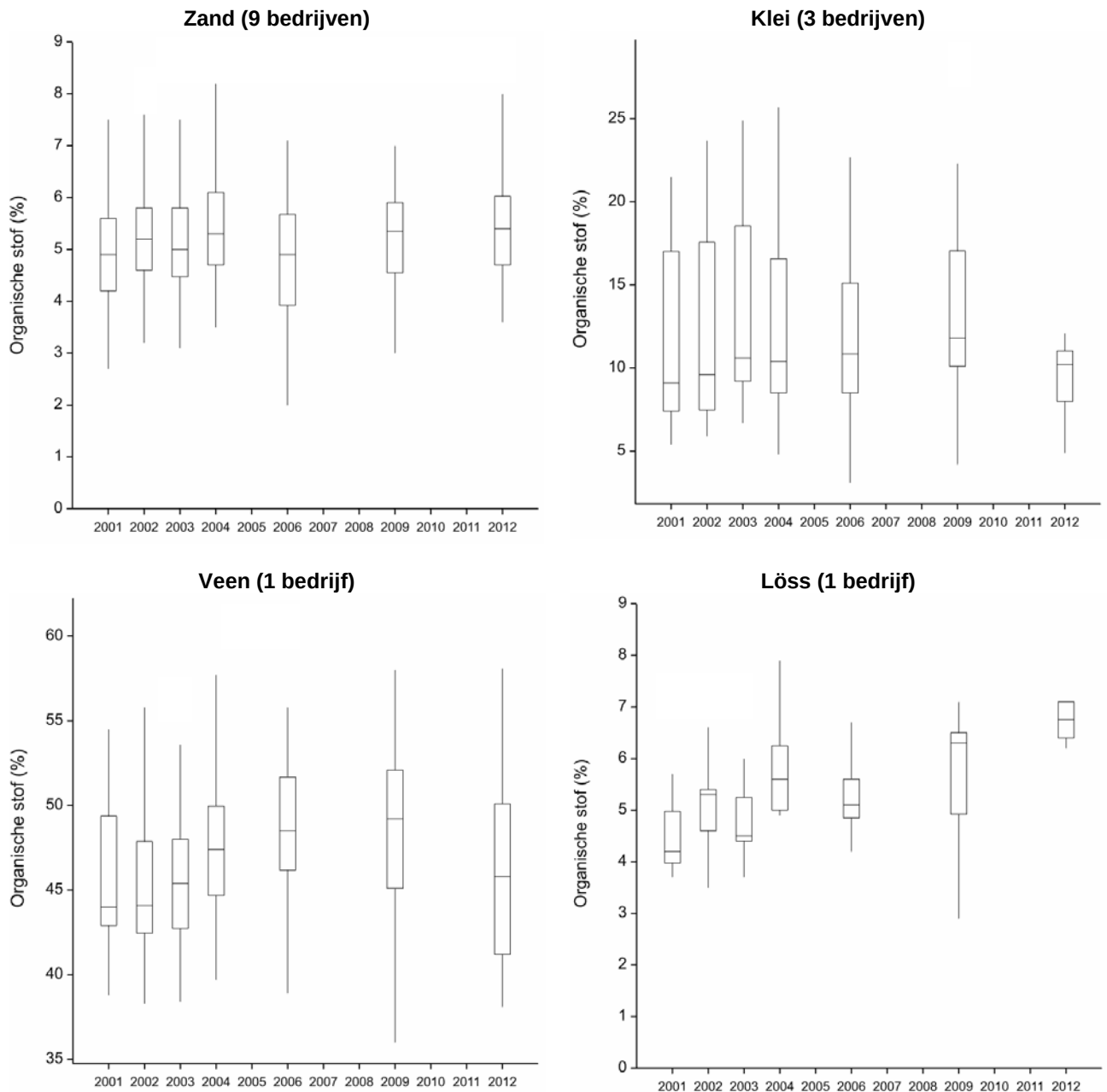


Figuur 4.3 Ontwikkeling van het P-overschot op grasland en maïsland in de periode 2000 - 2011. De 'boxjes' in de grafieken geven het 25-75%-bereik van de variatie weer, en de verticale lijnen het 5-95% bereik. Het horizontale streepje geeft de mediaan aan (het middelste getal als alle waarden op een rij worden gezet van laag naar hoog).

4.2 Het organisch stof-gehalte

Grasland

In Figuur 4.4 is de ontwikkeling van het organisch stof-gehalte (gewichtsperscentage) in grasland weergegeven per bodemtype (zand, klei, veen en löss) in de periode 2001 – 2011. Op zand, klei en veen zien we gemiddeld geen duidelijke toe- of afname van het organisch stof-gehalte in de bodem. Op löss (1 bedrijf) lijkt het organisch stof-gehalte toe te nemen. Voor alle bodemtypes geldt dat de variatie in organisch stof-gehaltes tussen percelen groot is. Op basis van deze analyse kunnen we geen definitieve conclusie trekken over de ontwikkeling van het organisch stof-gehalte omdat de weergegeven trends verstrengeld zijn met wisselingen van percelen binnen het bedrijf.



Figuur 4.4 Ontwikkeling van het organisch stof-gehalte (%) in grasland per bodemtype in de periode 2001 - 2012. De 'boxjes' in de grafieken geven het 25-75%-bereik van de variatie weer, en de verticale lijnen het 5-95% bereik. Het horizontale streepje geeft de mediaan aan (het middelste getal als alle waarden op een rij worden gezet van laag naar hoog).

Om de vraag te kunnen beantwoorden of er daadwerkelijk een toe- of afname van het organisch stof-gehalte plaats heeft gevonden, is een trend-analyse uitgevoerd met REML (zie Hoofdstuk 3). De trend-

analyse is uitgevoerd voor elk bodemtype apart en over alle (geselecteerde) graslandpercelen uit de dataset van Koeien & Kansen (exclusief beheersland percelen).

Tabel 4.2 Ontwikkeling organische stofgehalte op grasland in Koeien & Kansen periode 2001-2012.

Bodemtype	Bedrijven	Gemiddelde 2001	Verandering per jaar	se*	Significant
Alle	14	12,8	0,092	0,019	Ja
Zand	9	5,2	0,020	0,013	Nee
Klei	3	11,3	0,170	0,043	Ja
Veen	1	45,7	0,153	0,062	Ja
Löss	1	4,6	0,141	0,042	Ja

* se: standaardfout, een maat voor de spreiding van de foutmarge van het gemiddelde (in ons geval de verandering per jaar).

De ontwikkeling van het organisch stof-gehalte in grasland is hoofdzakelijk het gevolg van het beheer: er wordt jaarlijks organische stof aangevoerd met dierlijke mest en met gewasresten (zie hierboven) en er wordt jaarlijks organische stof afgebroken. Het resultaat is positieve dan wel negatieve organische stof balans wat zich vertaalt in een toe- of afname van het organisch stof-gehalte. Voor de afbraak van organische stof wordt vaak de (oude) vuistregel gebruikt van 2% uit de totale voorraad organische stof in de bodem (Kortleven, 1963). Latere studies hebben aangetoond dat er nogal wat variatie is rondom het percentage dat jaarlijks aan organische stof wordt afgebroken (Hendriks, 2011). Door het organisch stof-gehalte om te rekenen in een hoeveelheid organische stof in de bouwvoor, kunnen we berekenen hoeveel organische stof er in de bouwvoor is bijgekomen of verdwenen: ΔOS . De balans levert op: aanvoer van effectieve organische stof (of netto OS aanvoer) - ΔOS = OS afbraak. Op basis van de hierboven gepresenteerde resultaten uit Koeien & Kansen kunnen wij door deze berekening herleiden wat in Koeien & Kansen het percentage organische stof afbraak is geweest. Daarvoor wordt de organische stof aanvoer met dierlijke mest en gewasresten omgerekend naar Effectieve organische stof (= netto OS aanvoer; zie Hfst. 2). Voor de ontwikkeling van het organisch stof-gehalte baseren we ons op Tabel 4.2.

Tabel 4.3 Gemiddelde netto aanvoer van organische stof (Aanvoer EOS) op grasland per bodemtype over de periode 2001-2011, gemiddelde organisch stof-gehalte per bodemtype in 2001, organische stof voorraad in de laag 0-25, jaarlijkse verandering in het organische stof gehalte (Tabel 4.2) en de berekende jaarlijkse afbraak van organische stof (%).

	Zand	Klei	Veen	Löss
Aanvoer EOS (kg/ha)				
Dierlijke mest	3206	3230	2949	2725
Gewasresten	3261	3403	3170	3089
Totaal	6466	6633	6119	5814
Organische stof-gehalte (%)	5,2	10,3	47,0	5,3
Dichtheid (kg/m ³)	1300	1200	900	1300
Organische stof voorraad (ton/ha)	168	339	1028	150
Verandering organisch stof-gehalte	0,01	0,17	0,15	0,14
Organische stof afbraak (%)	3,6	0,5	0,3	0,8

De gemiddelde netto aanvoer van organische stof op grasland varieert tussen 6100 en 6600 kg/ha (Tabel 4.3). Afhankelijk van het bodemtype en het organisch stof-gehalte varieert de voorraad organische stof in de bovenste 25 cm tussen de 168 en 1028 ton. De jaarlijkse afbraak varieert tussen 0,3% op veen en 3.6% op zand.

Wisselbouw

Afhankelijk van de bedrijfssituatie (verkaveling) en/of grondsoort kunnen gras en maïs in wisselbouw geteeld worden. Op (droge) zandgrond komt dit vaak voor. Vaak wordt aangenomen dat in de graslandfase

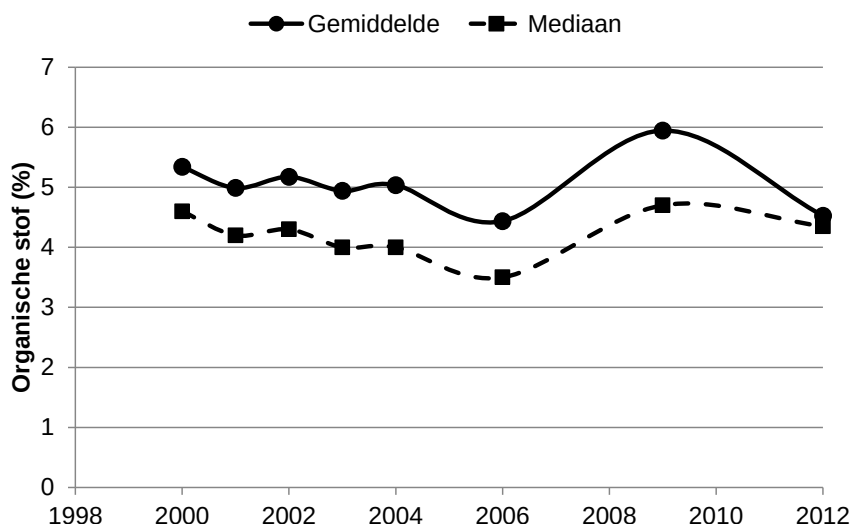
het organisch stof-gehalte stijgt en vervolgens in de maïslandfase weer daalt. De mate van de ontwikkeling van het organische stof gehalte is afhankelijk van de lengte van de grasland- en maïslandfase. Vaak hebben melkveehouders niet een vaste patroon een rotatie. Per jaar wordt bekeken of een perceel nog gras blijft, of dat het overgaat in maïs, en vice versa. Een trend-analyse zoals hierboven bij continue grasland is dan ook niet mogelijk. We beperken ons tot het laten zien van de ontwikkeling van het organisch stof-gehalte op percelen in wisselbouw, onafhankelijk van hun rotatie. Daarvoor zijn percelen geselecteerd op de aanwezigheid van minimaal 2 bouwlandanalyses en 2 graslandanalyses. De bemonsteringsdiepte bouw- en grasland zijn verschillend (zie paragraaf 3.2.1).

Tabel 4.4 Ontwikkeling van het organisch stof-gehalte (gemiddelde, mediaan en standaarddeviatie* (s.d.)) per jaar op wisselbouw percelen (n = aantal); % gras is het aantal percelen dat in het betreffende jaar in gebruik was als grasland.

Jaar	n	% gras	OS (%)		
			Gemiddelde	Mediaan	s.d.*
2000	56	48	5,3	4,6	3,4
2001	57	49	5,0	4,2	3,7
2002	57	44	5,2	4,3	3,7
2003	57	51	4,9	4,0	3,9
2004	53	68	5,0	4,0	3,9
2006	55	80	4,4	3,5	3,6
2009	47	53	5,9	4,7	5,1
2012	31	68	4,5	4,4	1,1

* Dit is een maat voor de spreiding rond het gemiddelde

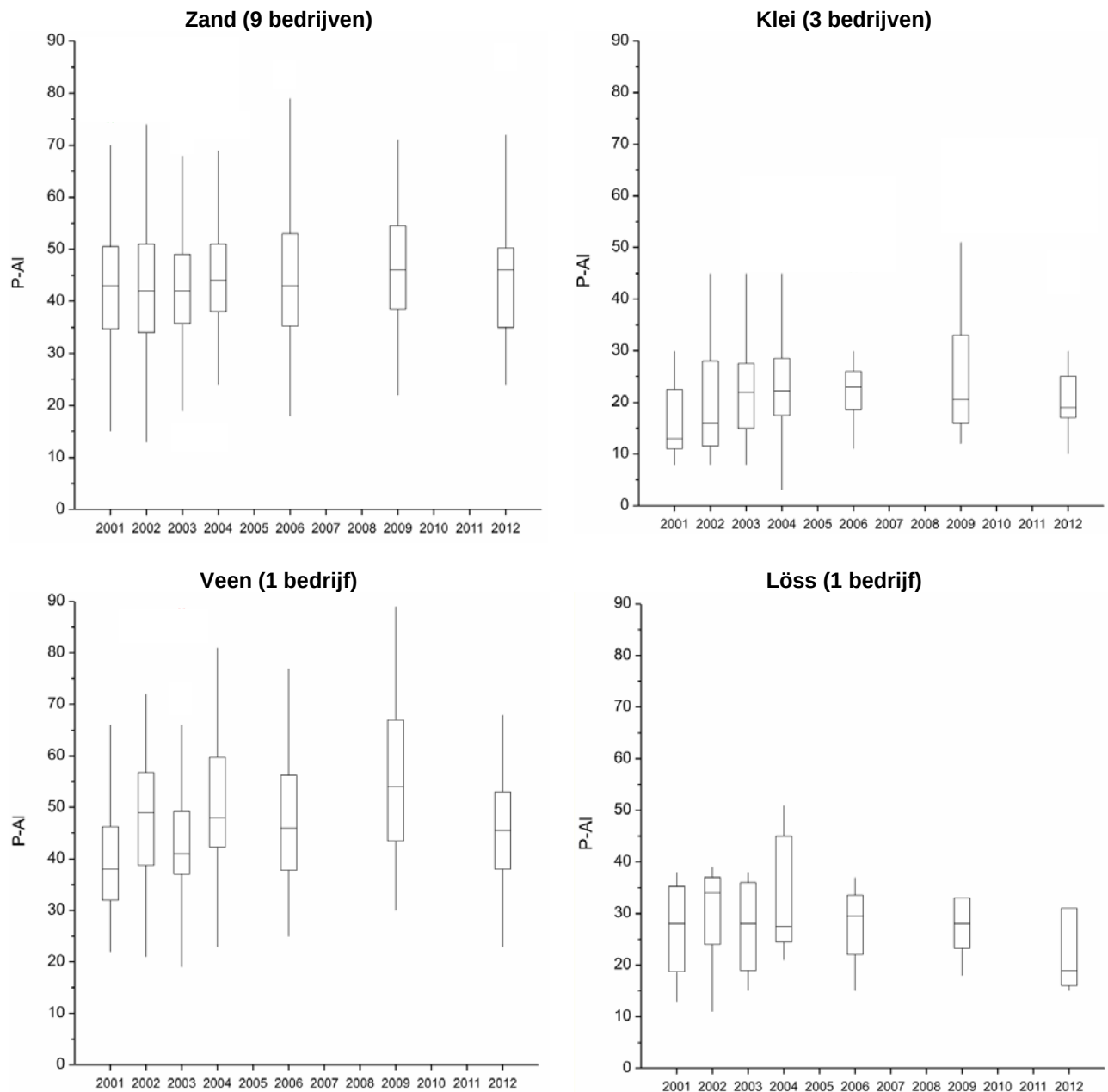
Met uitzondering van 2006 werd jaarlijks op wisselbouw percelen tussen 45 en 65% gras geteeld (Tabel 4.4). Een duidelijke trend in het organisch stof-gehalte is niet waarneembaar (Tabel 4.4, Figuur 4.5). Tussen 2000 en 2004 varieerde het organisch stof-gehalte tussen 4,9 en 5,3, daalde naar 4,4 in 2006 en nam weer toe tot 5,9 in 2009 om tot slot weer te dalen naar 4,5 in 2012. Opvallend is dat in de twee jaren met het laagste organisch stof-gehalte (2006 en 2012) het percentage graspercelen juist hoog was. De mediaan van het organisch stof-gehalte is lager dan het gemiddelde wat aangeeft dat het de variatie tussen de percelen niet normaal verdeeld is, maar dat er meer percelen zijn met een lager organisch stof-gehalte dan het gemiddelde.



Figuur 4.5 Ontwikkeling van organisch stof-gehalte (als gemiddelde en als mediaan) op wisselbouwpercelen in Koeien & Kansen.

4.3 P-beschikbaarheid

In Figuur 4.6 is de ontwikkeling van het P-AI getal ($\text{mg P}_2\text{O}_5/100 \text{ mg grond}$) in grasland weergegeven per bodemtype (zand, klei, veen en löss) in de periode 2001 – 2011. Op zandgrond blijft het P-AI getal redelijk constant rond de 45. Bij de andere bodemtypes zien we een veel grilliger beeld. Op kleigrond zijn de P-AI getallen lager dan op de andere bodemtypes. Dat wordt vooral veroorzaakt door een bedrijf op rivierkleigrond (Van Wijk) met een bodem die fosfaat sterk bindt. Van de andere kleigrond-bedrijven ligt er één op een klei op veengrond en de ander op een (jonge) zeekleigrond (Flevoland). Van dit laatste bedrijf zijn maar drie graslandpercelen meegenomen in de analyse (teeltsysteem is hoofdzakelijk wisselbouw). Gemiddeld varieert het P-AI getal op deze kleigrond-bedrijven rond de 20. Op veengrond (1 bedrijf, Stolk) neemt het P-AI getal toe van gemiddeld 40 in 2001 tot 55 in 2009 en neemt vervolgens daarna weer af tot 45 in 2012. Op lössgrond (1 bedrijf, Cadier en Keer) blijft het P-AI getal tot 2009 vrijwel constant rond 28 en neemt vervolgens af tot 22 in 2012.



Figuur 4.6 Ontwikkeling van het P-AI getal ($\text{mg P}_2\text{O}_5/100 \text{ mg grond}$) in grasland per bodemtype in de periode 2001 - 2012. De 'boxjes' in de grafieken geven het 25-75%-bereik van de variatie weer, en de verticale lijnen het 5-95% bereik. Het horizontale streepje geeft de mediaan aan (het middelste getal als alle waarden op een rij worden gezet van laag naar hoog).

Om de vraag te kunnen beantwoorden of er daadwerkelijk een toe- of afname van het P-AI gehalte plaats heeft gevonden, is een trend-analyse uitgevoerd met REML (zie Hoofdstuk 3). De trend-analyse is uitgevoerd voor elke bodemtype en over alle (geselecteerde) graslandpercelen uit de dataset van Koeien & Kansen.

Tabel 4.5 Ontwikkeling P-AI gehalte op grasland in Koeien & Kansen in de periode 2001-2012.

Bodemtype	Bedrijven	Gemiddelde 2001	Verandering per jaar	se*	Significant
Alle	14	36	0,225	0,075	Ja
Zand	9	44	0,064	0,115	Nee
Klei	3	17	0,626	0,102	Ja
Veen	1	40	0,323	0,151	Ja
Löss	1	27	-0,348	0,307	Nee

* se: standaardfout, een maat voor de spreiding van de foutmarge van het gemiddelde (in ons geval de verandering per jaar).

Op zand- en lössgrond is er geen significante trend waarneembaar in de ontwikkeling van het P-AI gehalte in grasland. Op klei en veen is er een positieve ontwikkeling van het P-AI gehalte in grasland waargenomen.

4.4 Conclusies

De totale aanvoer van organische stof met dierlijke mest op grasland is afgenomen van ongeveer 5000 kg per ha in 2000 tot ongeveer 4200 in 2006 en vervolgens gelijk gebleven. De afname is veroorzaakt door de hoeveelheid weidemest, de aanvoer van organische stof via drijfmest is min of meer gelijk gebleven. Op maïsland werd geen toe- of afname van de organische stof aanvoer waargenomen. Gemiddeld varieert de aanvoer rond de 2500 kg per ha. Tussen de percelen is er een grote spreiding in de organische stof aanvoer. Alleen op zandgrond is er geen significante trend waarneembaar in de ontwikkeling van het organische stof gehalte in grasland. Op klei, veen en löss is er een positieve ontwikkeling van het organische stof gehalte in grasland waargenomen. Op basis van de waargenomen aanvoer van de hoeveelheid Effectieve Organische Stof (EOS) en de waargenomen ontwikkeling van organische stof gehalte varieert de jaarlijkse afbraak van de totale hoeveelheid organische stof in de bodem in grasland tussen 0,3% op veen en 3,6% op zand.

Op wisselbouwpercelen (teelt van een aantal jaren gras gevolgd door een aantal jaren maïs) is gemiddeld geen duidelijke trend in het organisch stof-gehalte waargenomen.

Het gemiddelde P-overschot op grasland varieerde van 2000 tot en met 2003 tussen de 8 en 15 kg /ha. In de periode daarna varieerde het P-overschot op een lager niveau rond de 5 kg/ha. Op maïsland werd geen duidelijke toe- of afname van het P-overschot waargenomen en varieerde gemiddeld tussen -2 en 5 kg/ha met enkele uitschieters in de jaren 2000 en 2005 (9 kg/ha). De variatie in het P-overschot tussen de percelen is groot, zowel op grasland als maïsland. Op zand- en lössgrond is er geen significante trend waarneembaar in de ontwikkeling van het P-AI gehalte in grasland. Op klei en veen is er een positieve ontwikkeling van het P-AI gehalte in grasland waargenomen.

5 Resultaten voor afzonderlijke bedrijven

Dit hoofdstuk gaat in op ontwikkelingen van het P-AI getal en het organisch stofgehalte op vier 'Koeien & Kansen-bedrijven'. Tevens wordt de ontwikkeling in relatie gebracht met de bedrijfsvoering. Bedrijf Menkveld & Wijnbergen.

5.1.1 Situatiebeschrijving

De bodem op het bedrijf Menkveld & Wijnbergen wordt ingedeeld als zandgrond. Op de verschillende kavels zijn er uiteenlopende omstandigheden:

1. De huiskavel bestaat grotendeels uit Enkeerd of Esgrond: een relatief vruchtbare zandgrond waarin organische stof over een grotere diepte in het profiel aanwezig is (dieper dan de bouwvoor-dikte van 0,30 m). Ondanks het landbouwkundig gunstige bodemtype is de huiskavel erg droogtegevoelig doordat water in de zomer zeer snel wordt afgevoerd naar de nabij gelegen IJssel (men spreekt van de 'zuigende werking' van de rivier). In de zomer is het grondwaterpeil 3 tot 4 meter beneden maaiveld-niveau. Bij een langdurig hoog rivierwaterpeil verloopt het transport van bodemvocht in de omgekeerde richting en kan het grondwater incidenteel zelfs boven het maaiveld komen.
2. De veldkavel bestaat uit 'veldgrond', algemeen aangeduid als 'Veldpodsol'. In de jonge ontginningsgrond is tijdens ontginning een bouwvoor met de daarin aanwezige organische stof opgebouwd. Onder de bouwvoor komt grof zand voor met een laag organisch stofgehalte. De bodem is relatief gevoelig voor droogte en uitspoeling van nutriënten. De veldkavels liggen verder van de IJssel en de hiervoor beschreven 'zuigende werking' van de IJssel treedt er niet op. Het grondwaterpeil bevindt zich op ongeveer 1,8 meter onder het maaiveld en er is dus nog enige capillaire opstijging van grondwater. De hydrologische omstandigheden zijn (vanuit landbouwkundig oogpunt) dus gunstiger dan op de huiskavel, maar de bodemeigenschappen zijn ongunstiger.
3. Een kavel op grotere afstand ('Twello') bestaat uit lemig zand met een hoger vocht leverend vermogen dan de veldkavel. De doorlatendheid van de bodem is goed en er komen geen ondoorlatende lagen voor. De droogtegevoeligheid is veel lager dan die van veldpodsol.
4. Uiterwaardegrond die als beheersland bij het bedrijf in gebruik is, bestaat voor een deel uit kleigrond (regelmatig overstroomd) en voor een deel uit zeer grof zand (niet overstroomd) dat extreem droogte gevoelig is.

Tabel 5.1 Beginsituatie met betrekking tot fosfaat en organische stof op bedrijf Menkveld & Wijnbergen.

Kavel	Bodemtype	Vocht beschikbaarheid	P-AI	Percelen in P-klasse (%)*			OS%
				Laag	Neutraal	Hoog	
Huiskavel	Esgrond	Laag	47	6	44	50	4,1-6,8
Veldkavel	Veldpodsol	Matig	63	-	17	83	3,1-4,9
Veldkavel Twello	Leming zand	Tamelijk hoog	31	25	75	-	5,4
Beheersland klei	Rivierklei	Hoog	78	-	25	75	11,3-13,1
Beheersland zand	Lichte zandgrond	Laag	-	-	-	-	5,2-8,4
Bedrijf			47				5,2

* Op grond van de indeling voor grasland

5.1.2 Bodemgebruik, P-overschot en organische stof aanvoer

De verkaveling van de percelen is tamelijk bepalend voor het bodem- en gewasbeheer. Er wordt gezocht naar een aanpak die praktisch goed uitvoerbaar is. Rijtijden spelen bij het gebruik en beheer van afgelegen percelen een rol.

De percelen op de huiskavel zijn tot 2010 voornamelijk gebruikt als grasland (Tabel 5.2). Echter, in 2001 zijn enkele percelen omgezet in maïsland¹. De graslandpercelen werden met een niet al te hoge frequentie heringezaaid. De herinzaaifrequentie werd bepaald door de zodekwaliteit (samenstelling uit goede en minder goede grassen). Vanaf 2012² is begonnen met een vruchtwisseling om een hogere opbrengst in gras en maïs te realiseren en om het hoge aandeel kweekgras te bestrijden. De veldkavel wordt voornamelijk gebruikt voor akkerbouwmatige teelten, suikerbieten en maïs. Er is in het grootste deel van de onderzoeksperiode dus geen sprake van een vruchtwisseling met gras. Het kavel Twello is continue in gebruik als grasland.

De uiterwaardegrond heeft de bestemming beheersgras. De grond wordt uitsluitend gemaaid (2 tot 3 maal per jaar). De uiterwaarden vallen allemaal in de regeling 'Botanisch beheer' en worden niet bemest, maar worden door overstromingen toch van enige meststoffen voorzien. Met name het fosfaat gehalte van perceel 28 is na 32 jaar botanisch beheer nog zeer hoog. Het beheersgras wordt bijna voor 100 % gevoerd aan jongvee en droogstaande koeien. Het P-rijke en eiwitarme rantsoen van jongvee en het P-arme en eiwit rijkere rantsoen van de melkkoeien zorgt voor grote verschillen in de N:P verhouding in drijfmest van enerzijds jongvee en droogstaande koeien en anderzijds melkvee.

Tabel 5.2 Overzicht landgebruik in de onderzoeksperiode op kavels van bedrijf Menkveld & Wijnbergen.

Kavel	Teelt	Beweiding	Aanwending drijfmest (m ³ /ha)	Herinzaai frequentie
Huiskavel	Blijvend gras	Melkvee	70	Eens p 10 jaar
Veldkavel	Akkerbouwgewassen	n.v.t.	39	n.v.t.
Veldkavel Twello	Blijvend gras	Pinken	77	Eens p 10 jaar
Beheersland klei	Beheersgras	Geen	0	Geen
Beheersland zand	Beheersgras	Geen	0	Geen

Doordat het beheersland toegerekend wordt tot het bedrijfsareaal, is de totale hoeveelheid plaatsbare mest op het bedrijf aanzienlijk. De mest wordt uitsluitend op de productiepercelen gebruikt en niet op het beheersland, waardoor de bemestingsniveaus op de productiepercelen relatief hoog zijn in termen van tonnen aangewende drijfmest en gebruik van P met drijfmest (Tabellen 5.2 en 5.3). Pinkenmest met een relatief hoog P-gehalte (zie hiervoor) wordt naar velden op afstand gebracht met een lage fosfaattoestand (percelen 25 t/m 27) zodat met een beperkt aantal transporten een relatief hoge P aanvoer naar die percelen gerealiseerd kan worden.

Op de percelen in grasland (huiskavel en veldkavel Twello, Tabel 5.3) is er sprake van P-overschot op de balans van aan- en afvoer. Aan het beheersland wordt meer fosfaat onttrokken dan aangevoerd (in deze balans is de post aanvoer door overstroming niet opgenomen). Op de veldkavel dat in gebruik was als akkerbouwland is sprake van een evenwicht tussen aan- en afvoer van fosfaat. Op bedrijfsniveau is het resultaat een beperkt overschot. De aanvoer van organische stof is duidelijk het hoogst op de graslandkavels (huiskavel en veldkavel Twello, Tabel 5.3). De jaarlijkse aanvoer naar de andere veldkavel die in gebruik is als akkerbouwland is veel lager. Op beheersland is aanvoer door overstroming vanuit de IJssel niet bepaald. Mogelijk is de werkelijke aanvoer van fosfaat en organische stof hierdoor onderschat.

¹ Dit werd gedaan om in mei op de huiskavel mest te kunnen uitrijden. Dit hield verband met de uitbraak in die periode van Mond en klauwzeer (MKZ). Bedrijf Menkveld & Wijnbergen lag in het toezichtgebied van de MKZ en mocht geen mest over de openbare weg vervoeren. Op de huiskavel mocht wel mest aangewend worden, maar alleen geheel 'ondergronds'. Door enkele percelen op de huiskavel om te zetten in maïsland, konden de volle mestkelders worden ontlast.

² Dit is na de periode die in de trendanalyses in dit verslag in beschouwing is genomen.

Tabel 5.3 De netto aanvoer van P (=P-overschot) en organische stof op bedrijf Menkveld & Wijnbergen (gemiddeld over de hele onderzoeksperiode).

Perceel	P (kg per ha)		OS* (kg per ha)	
	Gemiddeld	Range	Gemiddeld	Range
Huiskavel	12	-4 tot 18	6324	1719 tot 8218
Veldkavel	1	-13 tot 13	1891	473 tot 2727
Veldkavel Twello	18	14 tot 20	6417	6245 tot 6623
Beheersland	-15	-24 tot 1	2198	1511 tot 4088
Bedrijf	8**	-24 tot 20	4836**	473 tot 8218

* Bepaald als aanvoer van Effectieve organische stof (zie hoofdstuk 3 voor meer toelichting).

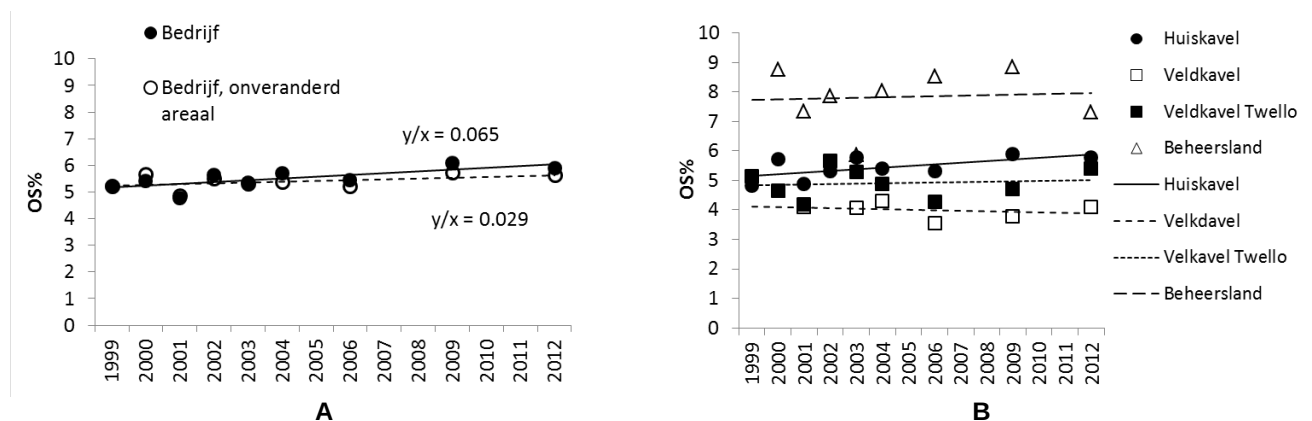
** Gemiddelden van de percelen (niet gewogen naar oppervlakte).

5.1.3 De ontwikkeling van het organisch stofgehalte

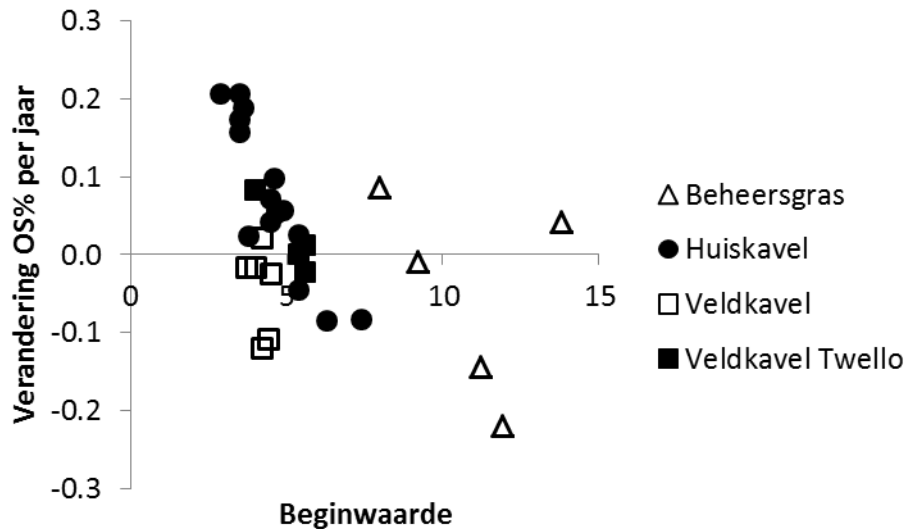
Figuur 5.1A geeft de ontwikkeling in de tijd weer van het bodem organisch stofgehalte op het bedrijf Menkveld & Wijnbergen. In de loop van de tijd zijn percelen afgestoten of juist bij het bedrijf getrokken, wat ook het gemiddelde organisch stof-gehalte zoals dat op bedrijfsniveau bepaald wordt, beïnvloed kan hebben. Daarom is de ontwikkeling weergegeven voor het totale (veranderlijke) bedrijf en voor de groep percelen die gedurende de hele onderzoeksperiode bij het bedrijf hoorden (Figuur 5.1A). Op bedrijf is sprake van een toename van het organisch stof-gehalte, maar deels is dat veroorzaakt door nieuwe percelen.

Het organisch stofgehalte in de bodem op het bedrijf Menkveld & Wijnbergen verschilt sterk op de verschillende kavels. Op beheersland is het organisch stof-gehalte hoog en stabiel (er wordt een toename berekend met 0,02 eenheden per jaar). In de huiskavel (grasland) neemt het organisch stof-gehalte toe met 0,06 eenheden per jaar. In veldkavel Twello (grasland) is het organisch stof-gehalte stabiel (gemiddelde verandering 0,01 eenheden per jaar) en in de andere veldkavels (bouwland) is het organisch stof-gehalte stabiel of neemt het iets af met 0,02 eenheden per jaar (Figuur 5.1B, ontwikkeling op de kavels voor de groepen percelen die in de gehele onderzoeksperiode bij het bedrijf hoorden).

Figuur 5.2 geeft de gemiddelde verandering van het organisch stof-gehalte van de afzonderlijke percelen per jaar weer. De x-as geeft de beginwaarde van het organisch stof-gehalte van elk perceel weer. De verandering van het organisch stof-gehalte is berekend door van elk perceel de verandering van het organisch stof-gehalte over de hele onderzoeksperiode, ΔOS , te delen door het aantal jaren, Δt . Op sommige percelen nam het organisch stof-gehalte toe (verandering groter dan nul, y-as) en op andere percelen nam het organisch stof-gehalte af (verandering kleiner dan nul, y-as). Het organische stofgehalte is afgenomen in de veldkavel, dit betreft de percelen die overwegend in gebruik zijn geweest als bouwland. De ontwikkeling in percelen behorend tot de huiskavel en veldkavel Twello is afhankelijk van de beginwaarde. Op percelen met een hoge beginwaarde nam het organisch stof-gehalte af en op percelen met een lagere beginwaarde nam het organisch stof-gehalte toe. Dit verschijnsel doet zich ook voor op het beheersland echter bij een hoger organische stofgehalte.



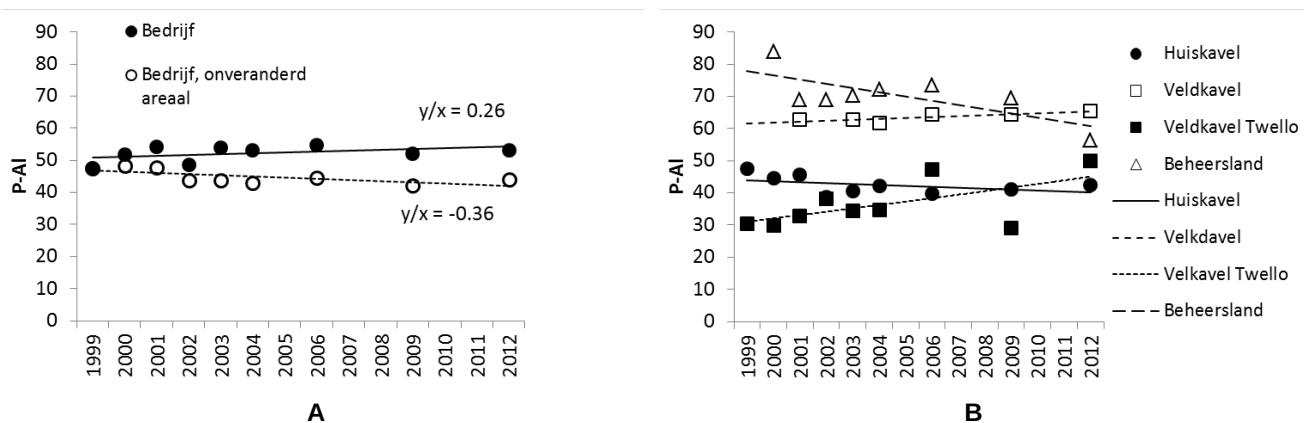
Figuur 5.1 De ontwikkeling van het organisch stofgehalte in de bodem op bedrijf Menkveld & Wijnbergen; A: bedrijfsniveau; B: verschillende kavels.



Figuur 5.2 De verandering per jaar het organisch stofgehalte in de bodem (y-as) op verschillende kavels op bedrijf Menkveld & Wijnbergen met een verschillende beginwaarde van het organisch stofgehalte (x-as); elk punt staat voor een perceel.

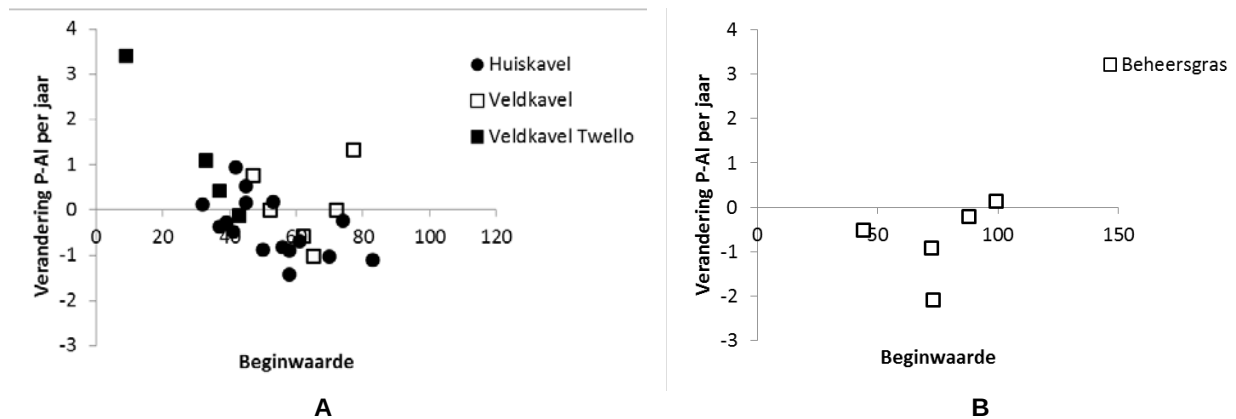
5.1.4 P-beschikbaarheid

Figuur 5.3 geeft de ontwikkeling van het P-AI getal op het bedrijf Menkveld & Wijnbergen weer voor het totale bedrijf met inbegrip van later toegevoegde percelen en voor de groep percelen die gedurende de hele onderzoeksperiode bij het bedrijf hoorden. Het P-AI getal op bedrijfsniveau vertoont een toename, maar de ontwikkeling bepaald in de groep percelen die steeds bij het bedrijf hoorden, vertoont een afname. Dit verschil in ontwikkeling is veroorzaakt doordat er percelen bij het bedrijf zijn betrokken met een hoge P-toestand. De ontwikkeling in de afzonderlijke kavels (steeds gebaseerd op percelen die constant bij het bedrijf hoorden) is sterk verschillend. In de huiskavel bleef P-AI min of meer stabiel (geen significante verandering), in de veldkavel was dit ook het geval in Veldkavel Twello nam P-AI toe en in het beheersland nam P-AI duidelijk af.



Figuur 5.3 De ontwikkeling van P-AI in de bodem op bedrijf Menkveld & Wijnbergen; A: bedrijfsniveau; B: verschillende kavels.

Figuur 5.4 geeft de gemiddelde verandering van het P-AI getal van de afzonderlijke percelen weer. Op sommige percelen nam het P-AI getal toe (verandering groter dan nul, y-as) en op andere percelen nam het P-AI getal af (verandering kleiner dan nul, y-as). De x-as geeft de beginwaarde van het P-AI getal van elk perceel weer. De verandering van het P-AI getal in percelen behorend tot de huiskavel en veldkavel Twello is afhankelijk van de beginwaarde. Op percelen met een hoge beginwaarde nam het P-AI getal af en op percelen met een lagere beginwaarde nam het P-AI getal toe. Dit verschijnsel doet zich niet voor op de veldkavel en op het beheersland.



Figuur 5.4 De verandering per jaar van het P-AI getal van verschillende percelen op bedrijf Menkveld & Wijnbergen met een verschillende beginwaarde voor P-AI; elk punt staat voor een perceel.

5.1.5 Bedrijfsvoering in relatie tot bodemvruchtbaarheid

- Op het bedrijf Menkveld & Wijnbergen zijn er geen duidelijke veranderingen te zien in het organisch stofgehalte en de fosfaattoestand op het bedrijf.
- De kavels op het bedrijf worden zeer verschillend beheerd, wat aanleiding geeft om op kavelniveau te analyseren.
- Op de huiskavel nam het organisch stofgehalte op de huiskavel toe. De fosfaattoestand lijkt stabiel op een voldoende hoog niveau. Dit komt waarschijnlijk door het overwegend gebruik als grasland en door een relatief hoge drijfmestgift.
- Op de veldkavel Twello (gras) zijn het organisch stofgehalte en de fosfaattoestand min of meer stabiel.
- Het organisch stofgehalte en de fosfaattoestand zijn stabiel in de veldkavel op afstand dat in gebruik is voor akkerbouw. Voor fosfaat is dat niet verwonderlijk (P evenwichtsbemesting), maar voor organische stof is dat opmerkelijk omdat er relatief weinig organische stof wordt aangevoerd. Mogelijk is de bijdrage vanuit vanggewassen een oorzaak, maar het lijkt ook logisch dat de afbraaksnelheid van organische stof relatief laag is.
- De fosfaattoestand op beheersgras was aanvankelijk erg hoog, maar neemt duidelijk af. Kennelijk is de afvoer van fosfaat met oogst van beheersgras onvoldoende om de fosfaattoestand op beheersgras op peil te houden.
- Kijken we naar afzonderlijke percelen, dan zien we in de huiskavel en op de veldkavels een aantal percelen waar de fosfaattoestand en het organisch stofgehalte daalt. Dat pleit ervoor om toch over te gaan op een vruchtwisseling van gras en voedergewassen om de bodemvruchtbaarheid op enkele percelen te ondersteunen.

5.2 Bedrijf De Kleijne

5.2.1 Situatiebeschrijving

- De bodem op het bedrijf De Kleijne wordt getypeerd als lichte, droogtegevoelige zandgrond.
- De huiskavel bestaat grotendeels uit een Veldpodsol waarvan een vrij dunne laag met een organisch stofgehalte van 4-5% bovenop diep ontwaterend grof zand ligt met een laag vocht leverend vermogen. De percelen zijn enkele generaties terug ontgonnen en hebben een historie van zware bemesting. Tegen de huiskavel ligt een perceel waarvan de grond nog wat lichter is dan de percelen die het dichtst bij de bedrijfsgebouwen liggen.
- Een veldkavel op afstand (Oploo) valt onder de categorie 'nat zand'. De grond met een hoog organisch stofgehalte, (voorheen in bezit van de gemeente St. Anthonis) is gemengd met 'slootveegsel'.
- Percelen op kortere afstand (ongeveer een kilometer van het bedrijf) zijn omringd door bos en bestaan uit jonge ontginningsgrond. Deze percelen werden voordat ze bij het bedrijf De Kleijne hoorden, voornamelijk gebruikt akkerbouw (veelal maïs). Van dit kavel is een deel in gebruik als kruidenrijk grasland in het kader van agrarisch natuurbeheer. Een ander deel (veldkavel Bos) is in gebruik als productiegrasland. Het betreft productiepercelen zonder beregeningsmogelijkheden.

De meeste percelen op het bedrijf hebben een fosfaat toestand in de klasse hoog (volgens de indeling waarop de fosfaatgebruiksnormen gebaseerd zijn). Dit geldt voor alle kavels. Met name op het beheersland is de fosfaattoestand hoog, hetgeen het gevolg is van intensieve bemesting in het verleden (Tabel 5.4).

Tabel 5.4 Beginsituatie met betrekking tot fosfaat en organische stof op bedrijf De Kleijne.

Kavel	P-AI	Percelen in P-klasse (%)*			OS%
		Laag	Neutraal	Hoog	
Huiskavel	51	-	22	78	4,8 (4,0 tot 5,2)
Veldkavel Oploo**	63	38	-	63	2,9 (2,4 tot 3,4)
Veldkavel Bos**	43	-	50	50	2,5 (2,3 tot 2,7)
Beheersland**	72	-	14	86	3,2 (2,3 tot 4,3)
Bedrijf	57				4,4

* Op grond van de indeling voor grasland

** Sinds 2006

5.2.2 Bodemgebruik, P-overschot en organische stof aanvoer

De verkaveling van de percelen is bepalend voor het teeltplan (zie Tabel 5.5 voor een overzicht). De huiskavel wordt gebruikt als grasland om beweiding mogelijk te maken. Door deze bestemming van de huiskavel zijn de mogelijkheden voor het uitvoeren van vruchtwisseling op de overige kavels beperkt. Niettemin wordt op enkele percelen op veldkavel Oploo (perceel 19 en 20) vruchtwisseling toegepast. Het beheersland heeft de bestemming kruidenrijk grasland gehad tot en met 2013. Deze grond wordt niet bemest, maar er worden wel pinken geweid. In 2004 is een veldkavel op kleigrond afgestoten, maar in plaats daarvan zijn andere percelen bij het bedrijf betrokken, nl. het kavel dat in gebruik als beheersgrasland en de veldkavels Bos en Oploo op zandgrond.

De percelen op de huiskavel worden opnieuw ingezaaid als de botanische samenstelling van de graszode teveel verandert in de richting van minder productieve grassen. Herinzaai in het voorjaar is herhaaldelijk problematisch gebleken.

Om uitputting te voorkomen in de continue voor maïs teelt gebruikte percelen, wordt veel aandacht besteed aan de teelt van een groenbemester. Het streven is om in de winter minimaal 30 kg per ha N in de groenbemester vast te leggen, die dan weer beschikbaar komt voor het volgende maïsgegewas.

Het beheersland draagt bij aan de plaatsingsruimte van mest (dit is van belang sinds de introductie van gebruiksnormen in 2006), waardoor geen mest afgevoerd hoeft te worden. De 'extra' plaatsbare mest komt ten goede van het productieland. Dat zijn de huiskavel en de veldkavels. In 2010 en 2011 is het kunstmest-N gebruik beperkt tot een kwart van de hoeveelheid die volgens de gebruiksnorm toegestaan is. Op grasland bedraagt de aanwending van drijfmest gemiddeld 68 m³/ha. Op maïsland wordt 40-50 m³/ha aangewend (Tabel 5.5).

In 2006 is geëxperimenteerd met het sterk beperken van de berekening.

Tabel 5.5 Verkaveling en landgebruik van het areaal van bedrijf De Kleijne.

Kavel	Teelt	Herinzaai	Beweiding	Aanwending drijfmest (m ³ /ha)	Opmerkingen
Huiskavel	Blijvend grasland	2011/2013	ja	68	
Veldkavel klei	Continue maïs	-	nee	40	Maasoever, tot 2004 bij bedrijf
Veldkavel Oploo	Rotatie	-	nee	63	Nat zand, op afstand
Veldkavel Bos	Blijvend grasland	-	ja	68	Geen berekening, in bos
Beheersland	Kruidenrijk grasland	2005, na licht frezen	ja	0	Geen berekening, Kruidenrijk grasland

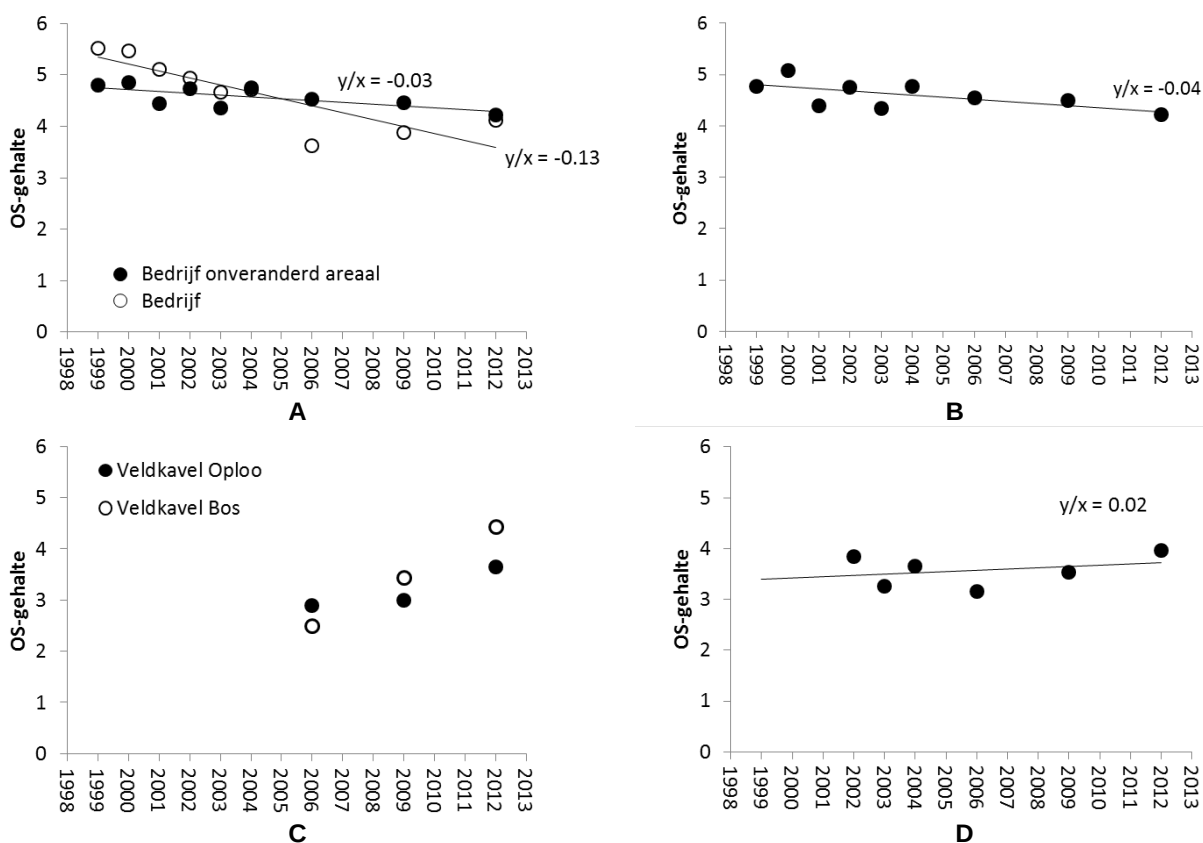
Tabel 5.6 Netto aanvoer van P (= P-overschot) en organische stof naar de bodem op bedrijf De Kleijne.

Kavel	P (kg per ha)		OS (kg per ha)	
	Gem	Range	Gem	Range
Huiskavel	19	17 tot 21	6577	6277 tot 7047
Veldkavel Oploo	8	7 tot 9	4304	4148 tot 4460
Veldkavel Bos	15	9 tot 23	5399	4740 tot 6335
Beheersland	-14	-24 tot -7	2207	1862 tot 2625
Bedrijf	6	-24 tot 23	4353	1862 tot 7047

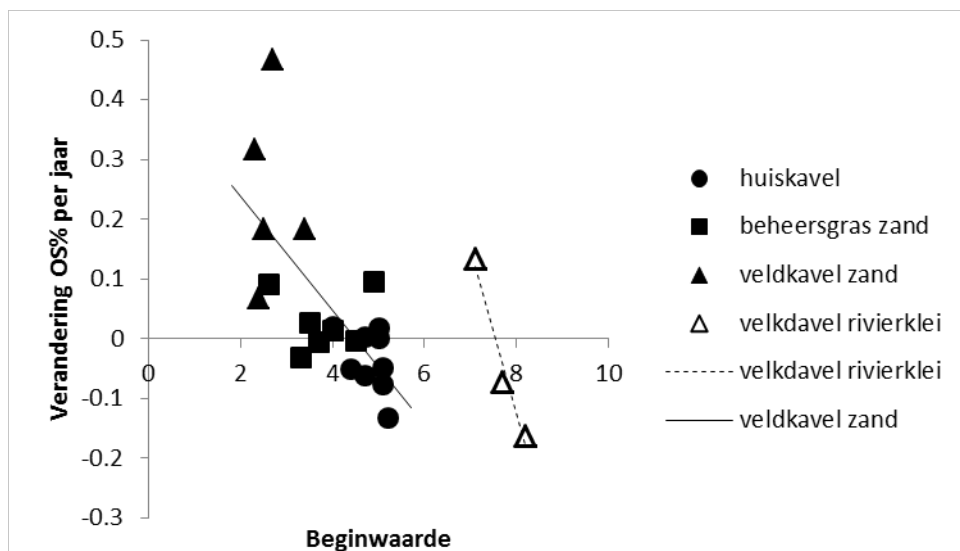
5.2.3 De ontwikkeling van het organisch stofgehalte

Het organisch stofgehalte in de bodem op het bedrijf De Kleijne was aan het begin van deelname van het bedrijf aan 'Koeien & Kansen' ongeveer 5,5% en in 2012 was het gehalte 4,1%; een ontwikkeling die duidt op een sterke (en significante) daling. Maar deze resultaten zijn berekend als het gemiddelde over alle percelen die in gebruik waren. Het aantrekken van de veldkavels Oploo en Bos met een laag organisch stofgehalte in de loop der jaren trekt de trend naar beneden. De ontwikkeling van het organisch stofgehalte op percelen die tijdens de gehele onderzoeksperiode tot het bedrijfsareaal behoorden, duidt op een lichtere (significante) daling van het gehalte: van gemiddeld 4,8 naar 4,2% (Figuur 5.5A). Op de huiskavel nam het organisch stofgehalte iets af (Figuur 5.5B) en wel volgens een patroon dat bijna exact gelijk is aan dat van Figuur 5.5A (zie trend 'Bedrijf onveranderd areaal'). Dat komt doordat de percelen van de huiskavel bijna dezelfde zijn als de percelen die horen bij het 'Bedrijf onveranderd areaal'. Op de veldkavels (met lage beginwaarden) nam het organisch stofgehalte toe, maar de onzekerheden over de ontwikkeling zijn groot doordat de percelen nog relatief kort in gebruik zijn en slechts 3 maal bemonsterd zijn (Figuur 5.5C). Op het beheersland is het organisch stofgehalte stabiel (geen significante toename, Figuur 5.5D). Er is veel spreiding tussen percelen en tussen jaren (gegevens niet getoond). Dit is waarschijnlijk voor een groot deel veroorzaakt door onzekerheden gerelateerd aan bemonstering en analyse.

Figuur 5.6 geeft de gemiddelde verandering van het organisch stof-gehalte van de percelen per jaar weer. De x-as geeft de beginwaarde van het organisch stof-gehalte van elk perceel weer. De verandering van het organisch stof-gehalte is berekend door van elk perceel de verandering van het organisch stof-gehalte over de hele onderzoeksperiode, ΔOS , te delen door het aantal jaren, Δt . Op sommige percelen nam het organisch stof-gehalte toe (verandering groter dan nul, y-as) en op andere percelen nam het organische stof gehalte af (verandering kleiner dan nul, y-as). Het organisch stof-gehalte nam sterker af op percelen met een hoge beginwaarde dan op percelen met een lage beginwaarde: een hoge waarde op de x-as (beginwaarde OS) gaat samen met een lage waarde op de y-as (sterke afname) en een lage beginwaarde van het organisch stof-gehalte (x-as) gaat samen met een hoge waarde op de y-as (nauwelijks of geen afname in de tijd). Alle percelen op zand vertonen min of meer hetzelfde gedrag. Op de veldkavel is de toename sterker (hogere waarden op de y-as) dan op beheersland en de huiskavel, maar dat kan deels worden toegeschreven aan de lagere beginwaarde van de percelen op de huiskavel. Mogelijk zijn deze percelen voorafgaand aan de onderzoeksperiode langdurig in gebruik geweest als bouwland; dit zou althans een verklaring kunnen zijn voor de lage beginwaardes. De percelen op klei wijken in die zin af dat bij een hoog OS-gehalte nog constant zijn gebleven of zelfs toegenomen zijn. Gemiddeld voor alle percelen is er een toename, wat in tegenspraak is met de ontwikkeling van het hele bedrijfsareaal zoals weergegeven in Figuur 5.5 die immers duidt op een afname. Dat wordt deels veroorzaakt door een andere weging van gegevens en doordat in Figuur 5.6 ook de resultaten van percelen in beschouwing zijn genomen die een kortere periode bij bedrijf De Kleijne hebben gehoord.



Figuur 5.5 De ontwikkeling van het organisch stofgehalte in de bodem op bedrijf De Kleijne; A: de ontwikkeling op bedrijfsniveau; B: de ontwikkeling op de huiskavel; C: de ontwikkeling op veldkavels en D de ontwikkeling op beheergrasland.



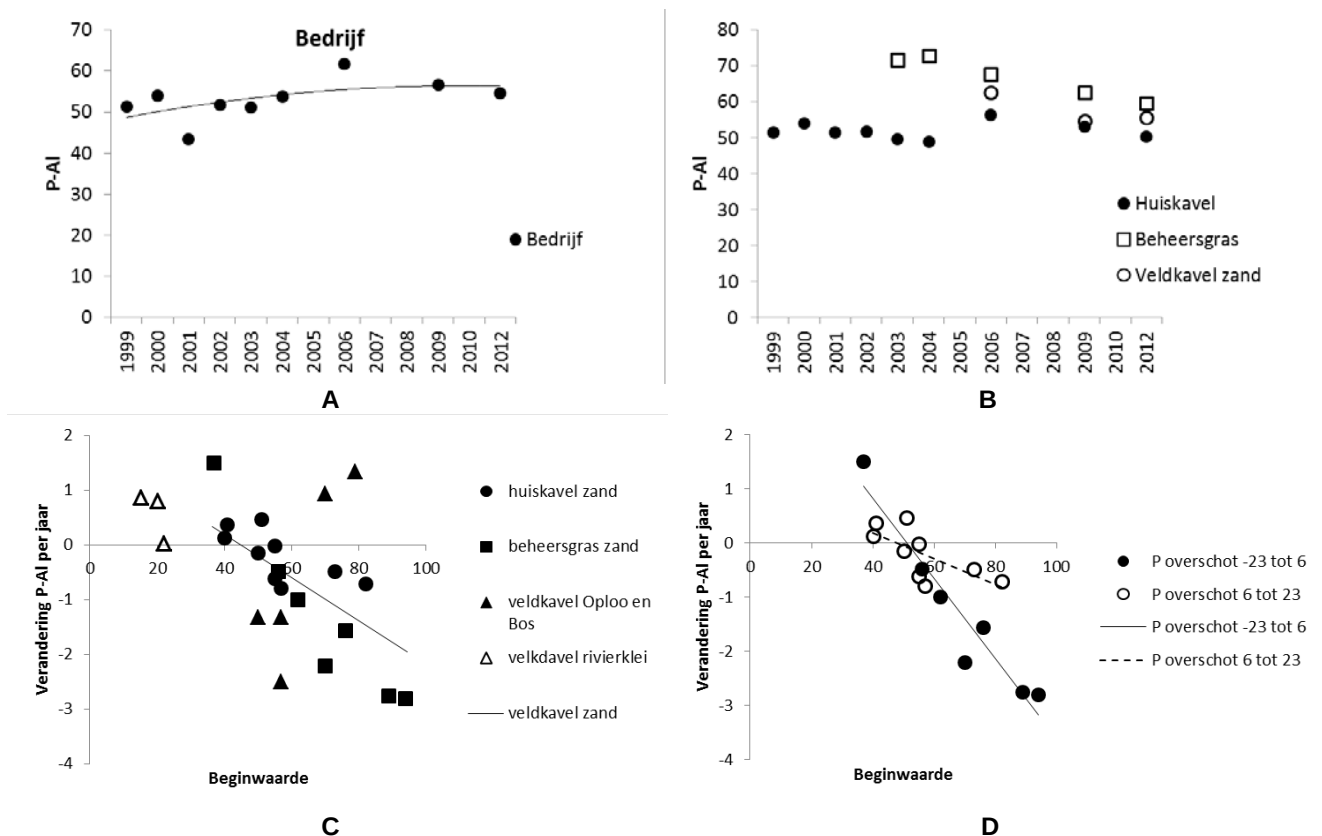
Figuur 5.6 De verandering per jaar van het organisch stofgehalte in de bodem (y-as) op verschillende percelen op bedrijf De Kleijne met een verschillende beginwaarde van het organisch stofgehalte (x-as); elk punt staat voor een perceel.

5.2.4 P-beschikbaarheid

De fosfaattoestand (P-AI) op het bedrijf is ongeveer stabiel (Figuur 5.7A). In de verschillende kavels is de ontwikkeling echter verschillend (Figuur 5.7B). Op de huiskavel fluctueert het P-AI getal rond een waarde

van 55 (gemiddelde verandering in de tijd is verwaarloosbaar: 0,01 eenheid per jaar). In het beheersland en op de veldkavel is er sprake van een afname met respectievelijk 1,7 en 1,4 eenheden per jaar.

Figuur 5.7C geeft de gemiddelde verandering van de fosfaattoestand van de percelen per jaar weer. De x-as geeft de beginwaarde van de fosfaattoestand van elk perceel weer. De verandering per jaar is berekend door van elk perceel de verandering van de fosfaattoestand over de hele onderzoeksperiode, $\Delta(P-AI)$ te delen door het aantal jaren, Δt . Op sommige percelen nam de fosfaattoestand toe (verandering groter dan nul, y-as) en op andere percelen nam de fosfaattoestand af (verandering kleiner dan nul, y-as). Op de huiskavel en het beheersland neemt fosfaattoestand sterker af op percelen met een hoge beginwaarde dan op percelen met een lage beginwaarde: een hoge waarde op de x-as (beginwaarde fosfaattoestand) gaat samen met een lage waarde op de y-as (sterke afname) en een lage beginwaarde van de fosfaattoestand (x-as) gaat samen met een hoge waarde op de y-as. Op de veldkavels is dit verband tussen de begintoestand en de verandering in de tijd niet te zien. Figuur 5.7C geeft de gemiddelde verandering van de fosfaattoestand van de percelen per jaar weer, maar dan voor percelen op de huiskavel en op beheersland met een relatief hoog en laag P-overschot. In de groep percelen met een hoog P-overschot kan de fosfaattoestand kan op percelen met een hoge beginwaarde beter gehandhaafd worden dan op percelen met een laag overschot. Dit kan opgemaakt worden uit de bijna stabiele situatie van percelen met een P-AI van rond de 80 op de percelen met het hogere P-overschot.



Figuur 5.7 De ontwikkeling van het P-AI getal in de bodem op bedrijf De Kleijne; A: gemiddelde van alle percelen (inclusief de percelen die zijn afgestoten of later zijn toegevoegd aan het bedrijfsareaal); B: op de huiskavel, de veldkavel op zand en op beheersland; C: De verandering per jaar van de fosfaattoestand (y-as) op verschillende percelen gegroepeerd naar kavel met een verschillende beginwaarde van het organisch stofgehalte (x-as); elk punt staat voor een perceel; D: De verandering per jaar van de fosfaattoestand in de huiskavel en op beheersland, gegroepeerd naar P-overschot.

5.2.5 Bedrijfsvoering in relatie tot bodemvruchtbaarheid

- Op bedrijfsniveau nam het organisch stofgehalte af, ook na correctie voor veranderingen in het perceelsbestand en bleef de fosfaattoestand stabiel.
- Op de huiskavel nam het organisch stofgehalte eveneens af, wat wijst op een snelle afbraak van organische stof omdat het kavel voornamelijk als grasland in gebruik is, wat samengaat met veel aanvoer van organische stof naar de bodem. Het evenwichtsniveau van het organisch stofgehalte op de huiskavel zou zich op 4% kunnen instellen.
- De ontwikkeling in de veldkavel is moeilijk te voorspellen doordat de percelen nog relatief kort in gebruik zijn. De toename van het organisch stofgehalte op de veldkavel bos en zand kan verklaard worden door het lage uitgangsniveau dat door gebruik als grasland en toepassing van vruchtwisseling met vanggewas op een hoger evenwichtsniveau uit zal komen.
- Op het beheersland nam de fosfaattoestand af, terwijl het organisch stofgehalte stabiel blijft. Dit is te verklaren door netto onttrekking van P uit de bodem met een hoge begin-fosfaattoestand en door het gebruik als grasland.
- Er zijn grote verschillen tussen de fosfaattoestand op percelen. De fosfaattoestand vertoont geen duidelijke relatie met het gerealiseerde P-overschot. Bij een fosfaattoestand van ongeveer 50 verandert de fosfaattoestand niet (Figuur 5,7D). Dat zou dus bij benadering het evenwichtsniveau kunnen zijn bij het huidige landgebruik.

5.3 Bedrijf Hoefmans

5.3.1 Situatiebeschrijving

Bedrijf Hoefmans heeft een totaal areaal van 39 ha beschikbaar voor de teelt van voedergewassen. De bodem op het bedrijf wordt getypeerd als lichte zandgrond. Het bodemprofiel wordt gekenmerkt door een vrij dunne eerdlaag (0-0,3 m) met daaronder zand met een zeer laag gehalte van organische stof. Op sommige percelen is een leemlaag op een diepte van ongeveer een meter aanwezig. Het vochtbergend vermogen van de grond is laag. Regenwater wordt daardoor snel naar grotere diepte afgevoerd waar het onbereikbaar is voor gewassen, met uitzondering van de plekken waar leem aanwezig is. Daardoor is de beschikbaarheid van vocht voor gewassen beperkt. De verkaveling is gunstig in die zin dat de percelen allemaal goed bereikbaar zijn vanuit de stal. Hoefmans paste in de onderzoeksperiode beperkt beweiden toe, waarbij de beweidingsintensiteit tamelijk gelijk verdeeld werd over de graslandpercelen. De grond op het bedrijf is ongeveer 50 jaar geleden ontgonnen uit heide. Bijna alle percelen zijn sindsdien continue bij het melkveebedrijf betrokken geweest.

De meeste percelen op het bedrijf hebben een fosfaat toestand in de klasse hoog (volgens de indeling waarop de fosfaatgebruiksnormen gebaseerd zijn). De spreiding in de fosfaattoestand tussen percelen is hoog (Tabel 5.7).

Tabel 5.7 Beginsituatie met betrekking tot fosfaat en organische stof op bedrijf Hoefmans.

Kavel	P-AI	Percelen in P-klasse (%) [*]			OS%
		Laag	Neutraal	Hoog	
Huiskavel	58 (33 tot 101)	-	27	73	4,3 (3,5 tot 5,5)

^{*} Op grond van de indeling voor grasland

5.3.2 Bodemgebruik, P-overschot en organische stof aanvoer

Op het bedrijf van Hoefmans is vruchtwisseling van gras en maïs toegepast, waarbij de graslandfasen veelal ongeveer 6 jaar duurden (Tabel 5.8). Dit is relatief lang voor vruchtwisseling. Er is geen vast schema voor de vruchtwisseling in de zin dat het aantal grasjaren en maïsjaaren op een perceel van tevoren helemaal vast ligt. De dynamiek van vruchtwisseling werd aanvankelijk vooral bepaald door de kwaliteit van de graszode. Zodra de productiviteit van de zode achteruit ging en problemen door Engerlingen in de graszode te groot werden, werd gras omgezet in maïsland. Als de zode intact bleef werd wel gestreefd naar een voorzetting van het gebruik als grasland vanuit de gedachte dat de productiviteit na een (sukkel)periode van 2 jaar weer toeneemt.

Hoefmans paste in de gehele onderzoeksperiode vanggewassen toe, maar heeft niet gekozen voor onderzaai van Italiaans raaigras. In het verleden heeft Hoefmans minder gunstige ervaringen met onderzaai. De uitvoering is lastig in verband met natte plekken en lastige hoeken in percelen.

De drijfmestgift is gemiddeld over de jaren en alle percelen 58 m³/ha per jaar; de verschillen tussen percelen zijn gering (range 51 tot 66 m³/ha per jaar), wat te verklaren is door de vruchtwisseling van maïs (met giften van ongeveer 40 m³/ha per jaar) en gras (met giften van ongeveer 70 m³/ha per jaar).

Tabel 5.8 Het teeltplan in de periode 2000-2011 op bedrijf Hoefmans; G = gras; M = maïs; OV = overig voedergras.

Perceel	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
10	G	G	G	G	G	G	G	M	M	M	G	G
100	M	M	M	G	G	G	G	G	G	G	G	G
110	M	M	M	M	G	G	G	G	G	G	M	M
115	M	M	M	M	G	G	G	G	G	G	M	M
120	M	M	M	M	G	G	G	G	G	G	M	M
130	M	M	M	G	G	G	G	G	G	G	G	G
140	M	M	M	M	M	G	G	G	G	G	G	G
150	M	M	M	M	M	G	G	G	G	G	G	G
160A	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	M
160B	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	M
20	OV	G	G	G	G	M	M	M	M	M	G	G
25	M	OV	G	G	G	M	M	M	M	M	G	G
30	G	G	M	M	G	G	G	G	G	G	G	G
35	G	G	M	M	G	G	G	G	G	G	G	G
40	G	G	G	G	M	G	G	G	G	G	G	G
45	G	G	G	G	M	G	G	G	G	G	G	G
50	G	G	G	G	M	G	G	G	G	G	G	G
55	G	G	G	G	M	G	G	G	G	G	G	G
60	G	G	G	G	G	G	G	G	G	M	M	M
70	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
80	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
90	G	G	G	G	G	M	G	G	G	G	G	M

Tabel 5.9 geeft het P-overschot en de organische stof balans per perceel weer (de vuistregels die zijn gebruikt voor het opstellen van de organische stof balans zijn beschreven in hoofdstuk 2). Het P-overschot varieert van -4,1 tot 10 kg per ha per jaar.

Tabel 5.9 Netto aanvoer van P (= P-overschot) en organische stof (kg per ha per jaar) naar de bodem op bedrijf Hoefmans (gemiddeld over de hele onderzoeksperiode).

Perceel	P (kg per ha)	OS (kg per ha)
10	9,3	5621
100	7,7	5132
110	0,5	4576
115	-1,0	4545
120	-0,9	4793
130	5,9	5441
140	0,6	4690
150	0,6	4559
160A	-3,7	5619
160B	-4,1	5696
20	9,5	4517
25	8,1	4628
30	-0,2	6076
35	0,2	5990
40	3,1	6018
45	3,1	5990
50	3,3	5888
55	2,4	5831
60	2,8	5501
70	9,6	7101
80	10,0	4357
90	7,4	3692
Gemiddelde v. percelen	3,4 (range -4,1 tot 10,0)	5285 (range 3692 tot 7101)

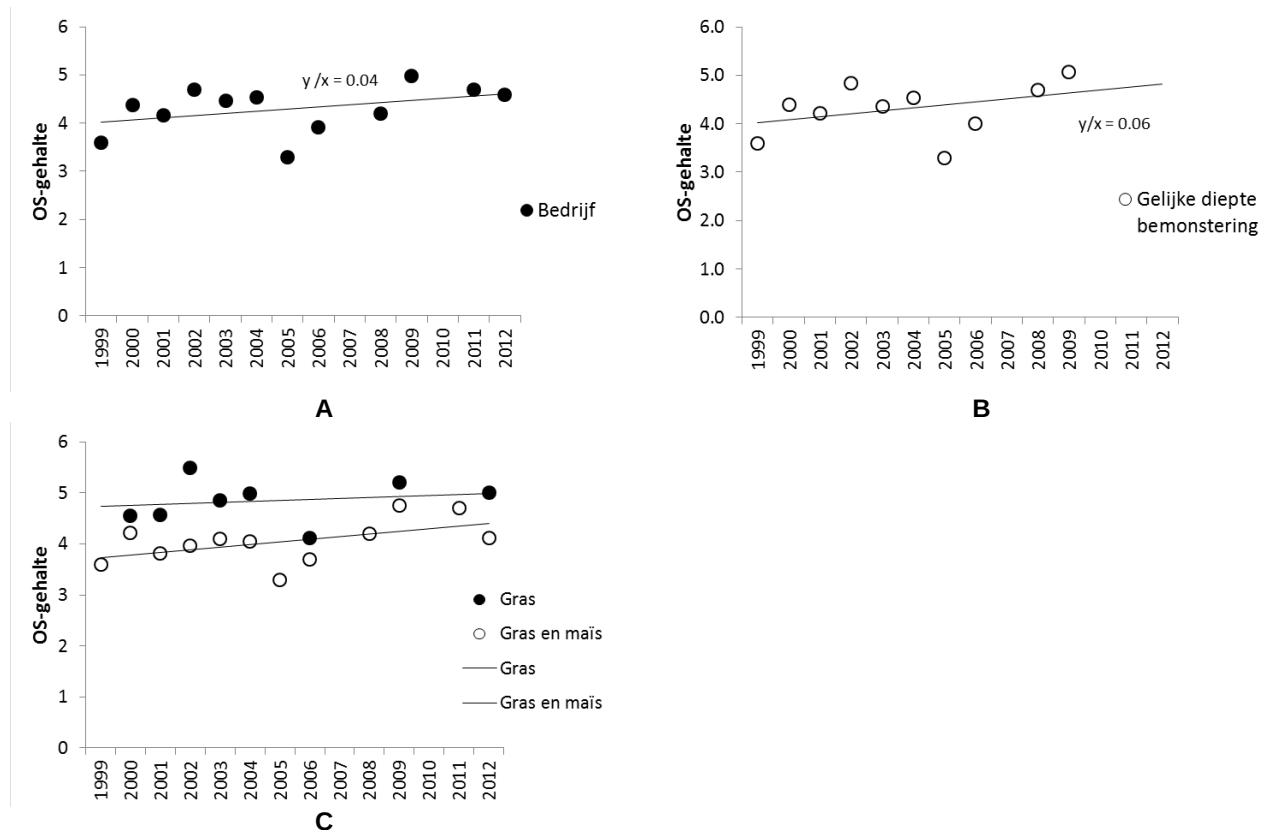
5.3.3 Organische stof

Het organisch stofgehalte van de bodem op het bedrijf Hoefmans was aan het begin van deelname van het bedrijf aan 'Koeien & Kansen' ongeveer 4% (Figuur 5.8A) en nam toe tot ongeveer 4,6%. De trend van Figuur 5.A is bepaald door voor elk jaar het gemiddelde te bepalen van de monsteruitslagen van alle percelen en dat vervolgens uit te zetten tegen de tijd. In dit gemiddelde voor elk jaar zijn monsters in maïs met diepere bemonstering niet onderscheiden van monsters in gras (ondiepe bemonstering). Normaliter bevatten dieper gestoken monsters wat schralere grond met een naar verwachting lager organisch stofgehalte. Veel van die monsters in een jaar kan het gemiddelde in een jaar omlaag trekken, zodat effecten van een trend en de bemonsteringstechniek door elkaar kunnen gaan lopen. Deze verwarring is uitgesloten door de trend te bekijken in een dataset waarin alleen grasmonsters zijn meegenomen. De trend geldt dan nog steeds voor het hele bedrijf inclusief de effecten van gras en die van maïs, maar exclusief de effecten van de bemonsteringsdiepte. Deze laatste analyse duidt op een nog iets sterkere toename van het organisch stof-gehalte, en wel met 0,06% per jaar (Figuur 5.8B).

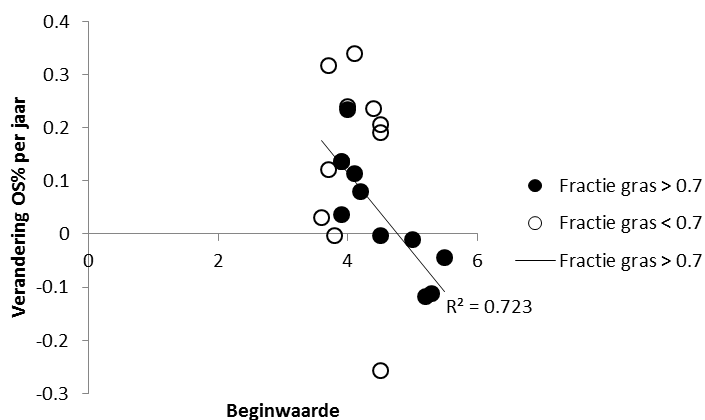
Men zou kunnen verwachten dat de toename van organische stof het hoogst is in percelen die overwegend als grasland zijn gebruikt omdat grasland meer organische stof achterlaat voor de bodem. Maar dat is iets te simpel geredeneerd. Als maïspcelen de organische stof ontwikkeling onder druk zetten, dan zal de verandering in de tijd vooral afhangen van het moment van de maïsteelt. Op een perceel dat in de beginjaren maïs was en daarna over ging naar grasland is dan een sterke toename te verwachten en op een perceel dat in het begin gras was en later maïs werd, is een minder sterke toename of zelfs afname te verwachten. Figuur 5.8C geeft de ontwikkeling weer voor twee groepen percelen. Percelen die overwegend in gebruik zijn geweest als grasland en percelen met relatief meer jaren maïs. We zien dat het organisch stofgehalte sterker toenam in de groep percelen met relatief meer maïs. Maar op deze percelen zitten de maïsjaren vooral in het begin van de onderzoeksperiode. Een sterke toename is dan niet zo verwonderlijk.

Figuur 5.9 geeft de gemiddelde verandering van het organisch stof-gehalte van de percelen weer. Dit is berekend door van elk perceel de verandering van het organisch stof-gehalte over de hele onderzoeksperiode te delen door het aantal jaren (y-as). Op sommige percelen nam het organisch stof-

gehalte toe (verandering groter dan nul, y-as) en op andere percelen nam het organisch stof-gehalte af (verandering kleiner dan nul, y-as). De x-as geeft de beginwaarde van het organisch stof-gehalte van elk perceel weer. We zien in percelen die overwegend zijn gebruikt als grasland, dat op percelen met een hoge beginwaarde het organisch stof-gehalte sterker afnam: een hoge waarde op de x-as (beginwaarde OS) gaat samen met een lage waarde op de y-as (sterke afname) en een lage beginwaarde van het organisch stof-gehalte (x-as) gaat samen met een hoge waarde op de y-as (nauwelijks of geen afname in de tijd). Op percelen waar minder frequent gras werd geteeld was steeds sprake van een toename van het organisch stofgehalte. Dit komt waarschijnlijk doordat de maïs-jaren op deze percelen vaak vooral in de eerste jaren voorkwamen.



Figuur 5.8 De ontwikkeling van het organisch stofgehalte in de bodem op bedrijf Hoefmans; A: dynamiek, bepaald op grond van alle waarnemingen; B: dynamiek, bepaald op grond van waarnemingen met dezelfde bemonsteringsdiepte van gras; C: dynamiek in percelen die overwegend zijn gebruikt als grasland (zwarte symbolen) en percelen met relatief meer maïs-jaren (open symbolen).

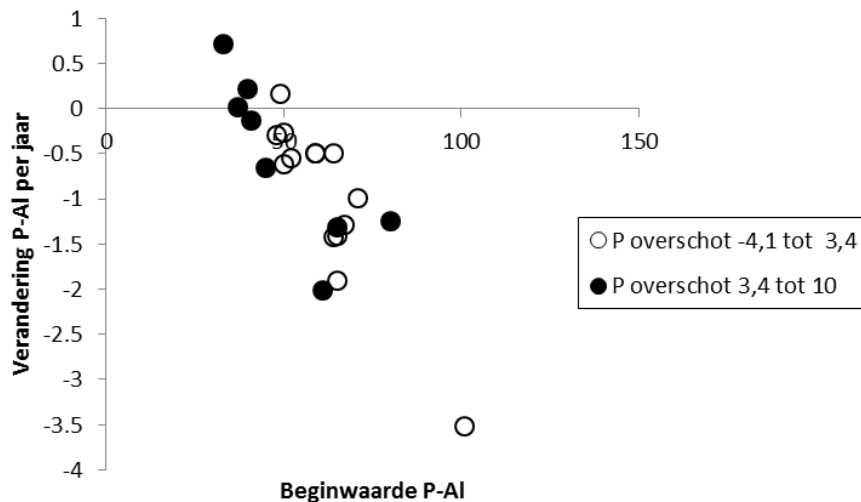


Figuur 5.9 De verandering per jaar het organisch stofgehalte in de bodem van verschillende percelen op bedrijf Hoefmans met een verschillende beginwaarde van het organisch stofgehalte; elk punt staat voor een perceel.

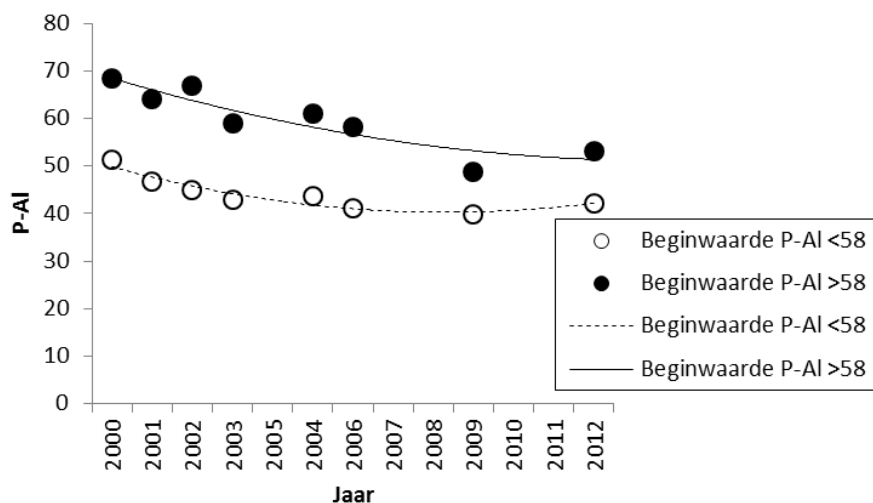
5.3.4 P-beschikbaarheid

De fosfaattoestand (P-AI) op het bedrijf Hoefmans was in 1999 (het eerste jaar van deelname van het bedrijf aan 'Koeien & Kansen') gemiddeld 58 met een bandbreedte van 33 naar 101. Het bedrijfsgemiddelde is toegenomen met 0,8 eenheden per jaar (niet te zien in een figuur of tabel). Gemiddeld over alle percelen is sindsdien een P-overschot gerealiseerd van 3,4 kg per hectare met een bandbreedte van -4,1 tot 10,0 kg per ha. Figuur 5.10 geeft de gemiddelde verandering van het P-AI getal van de percelen weer. Dit is berekend door van elk perceel de verandering van het P-AI getal in de hele onderzoeksperiode te delen door het aantal jaren (y-as). Op sommige percelen nam het P-AI getal toe (verandering groter dan nul, y-as) en voor de meeste percelen nam het P-AI getal af (verandering kleiner dan nul, y-as). De x-as geeft de beginwaarde van het P-AI getal van elk perceel weer. We zien dat op percelen met een hoge beginwaarde het P-AI getal sterker afnam: een hoge waarde op de x-as (beginwaarde van het P-AI getal) gaat samen met een lage waarde op de y-as (sterke afname). Omgekeerd: een lage beginwaarde van het P-AI getal (x-as) gaat samen met een hoge waarde op de y-as (nauwelijks of geen afname in de tijd). De lage P-AI waardes zijn dus min of meer stabiel. In de figuur zijn percelen met een P-overschot hoger dan gemiddeld (-4,1 kg per ha) onderscheiden van percelen met een P-overschot lager dan gemiddeld. Het gedrag van het P-AI getal is voor deze groepen percelen hetzelfde.

De ontwikkeling in de tijd van het P-AI getal is in figuur 5.11 weergegeven. Deze figuur laat op een andere manier dan in figuur 5.10 zien dat het P-AI getal op percelen met een hoge beginwaarde wat meer afneemt. Verder is in deze figuur zichtbaar dat het P-AI getal de neiging heeft om zich na verloop van tijd te stabiliseren. Eerst was er een afname en die wordt geleidelijk minder sterk totdat het verloop bijna vlak is.



Figuur 5.10 De verandering per jaar van het P-AI getal van verschillende percelen op bedrijf Hoefmans met een verschillende beginwaarde voor P-AI; elk punt staat voor een perceel.



Figuur 5.11 Het verloop van het P-AI getal in de tijd op bedrijf Hoefmans.

5.3.5 Bedrijfsvoering in relatie tot bodemvruchtbaarheid

- De fosfaattoestand op het bedrijf Hoefmans is afgenomen, maar stelt zich in op een niveau voldoende.
- Het organisch stofgehalte op de percelen is iets toegenomen, .
- Het teeltplan van Hoefmans draagt bij aan een gelijkmatige verspreiding van fosfaat en organische stof over percelen. Daardoor lijkt de bodemvruchtbaarheid voor wat betreft fosfaat en organische stof niet problematisch.

5.4 Bedrijf Van Wijk

5.4.1 Situatiebeschrijving

- Bedrijf Van Wijk, te Waardenburg, heeft een areaal van 41 ha beschikbaar voor de teelt van voedergewassen. De bodem op het bedrijf wordt getypeerd als zeer zware rivierklei. De percelen die in gebruik als grasland liggen direct rond de bedrijfsgebouwen. In het overgrote deel van de onderzoeksperiode werd vee geweid. Na 2010 is Van Wijk overigens tijdelijk gestopt met beweiden. Van het areaal zijn 8 ha continue in gebruik als maïsland (op enige afstand van het bedrijf). De bodem onder de maïspcelen bestaat uit relatief lichte, veel zandiger, gronden. De verkaveling is gunstig in die zin dat de graslandpercelen allemaal goed bereikbaar zijn vanuit de stal.
- De bodem heeft de eigenschap fosfaat sterk te binden.
- Het land is in het voorjaar vaak lang nat, waardoor de bodem lang koud blijft en weinig draagkracht heeft. Daardoor is de start van het bemestingsseizoen laat. De bemesting wordt uitgevoerd met sleepvoeten met sleepslangen aanvoer om spoorvorming door berijden te beperken.

De meeste graslandpercelen op het bedrijf hebben een fosfaat toestand in de klasse laag (volgens de indeling waarop de fosfaatgebruiksnormen gebaseerd zijn). Op het maïsland komt een perceel voor met een (zeer) hoge P-AI waarde, een perceel met een neutrale en een lage P-al waarde. (Tabel 5.10).

Tabel 5.10 Beginsituatie met betrekking tot fosfaat en organische stof op bedrijf Van Wijk.

Kavel	P-AI	Percelen in P-klasse (%) [*]			OS%
		Laag	Neutraal	Hoog	
Grasland	16 (7 tot 34)	90	10		10,5 (6,3 tot 16,4)
Maïsland**	75 (17 tot 176)	33	33	33	3,8 (3,2 tot 4,7)

^{*} Op grond van de indeling voor grasland.

^{**} Drie percelen, bij het bedrijf betrokken sinds 2003.

5.4.2 Bodemgebruik, P-overschot en organische stof aanvoer

Om de productiviteit van het grasland hoog te houden, wordt het gras heringezaaid als het grasbestand achteruitgaat. In de laatste jaren wordt bij herinzaai een ondiepe bodembewerking toegepast om te voorkomen dat organische stof en fosfaat naar diepere bodemlagen wordt verplaatst. De maïs is in continueteelt. Van Wijk besteedt veel aandacht aan ontwatering door bol leggen van percelen en door het vermijden van bodemverdichting.

In grasland is er sprake van P-overschot (Tabel 5.11) en op het maïsland wordt fosfaat onttrokken. Op bedrijfsniveau is het resultaat een relatief hoog overschot. Dit komt doordat een deel van de bemeste fosfaat gebonden wordt en dus niet door oogst met gewassen wordt teruggewonnen.

De organische stofaanvoer naar grasland is hoog door aanvoer via mest (ongeveer 75 m³/ha) en door gewasresten van gras. De organische stofaanvoer naar maïsland is erg laag doordat maïs weinig gewasrest achterlaat en doordat Van Wijk in maïs uitsluitend kunstmest gebruikt (met uitzondering van 2010 en 2011).

Tabel 5.11 De netto aanvoer van P (= P-overschot) en organische stof op bedrijf Van Wijk (gemiddeld over de hele onderzoeksperiode).

Perceel	P (kg per ha)		OS (kg per ha)	
	Gemiddeld	Range	Gemiddeld	Range
Grasland	20,6	14,1 tot 26,0	7434	6821 tot 9618
Maïsland*	-4,4	-16,6 tot 2,1	583	540 tot 1282
Bedrijf**	17,6	-16,6 tot 26,0	-	-

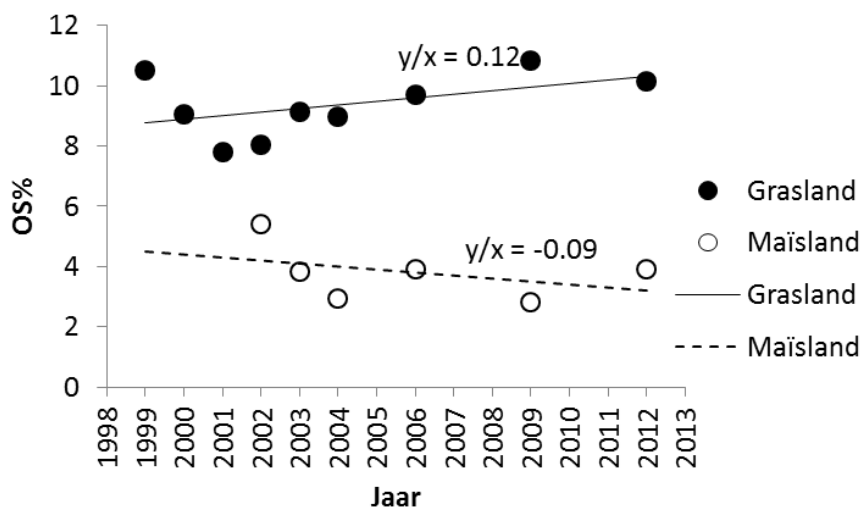
* Drie percelen, bij het bedrijf betrokken sinds 2003

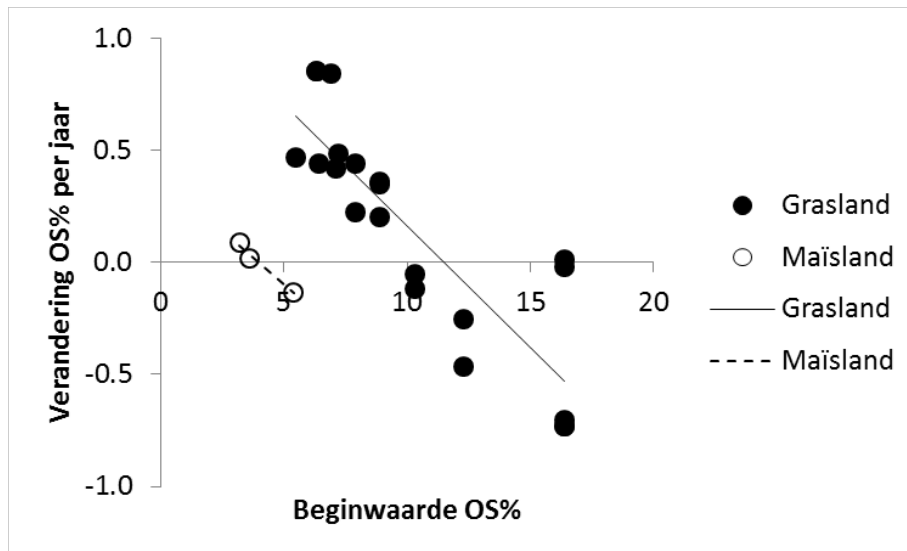
** Gemiddelden van de percelen (niet gewogen naar oppervlakte)

5.4.3 Organische stof

Het organisch stof-gehalte van de bodem op het bedrijf Van Wijk was aan het begin van deelname van het bedrijf aan 'Koeien & Kansen' ongeveer 10% op grasland en 5% op maïsland (eerste bepaling 2002, Figuur 5.12). Op grond van de waarnemingen kan gesteld worden dat het gehalte in grasland toenam de ontwikkeling in maïsland duidt op een afname.

Figuur 5.13 geeft de gemiddelde verandering van het organisch stof-gehalte van de percelen weer. Dit is berekend door van elk perceel de verandering van het organisch stof-gehalte over de hele onderzoeksperiode te delen door het aantal jaren (y-as). Op sommige percelen nam het organisch stof-gehalte toe (verandering groter dan nul, y-as) en op andere percelen nam het organisch stof-gehalte af (verandering kleiner dan nul, y-as). De x-as geeft de beginwaarde van het organisch stof-gehalte van elk perceel weer. We zien in percelen die overwegend zijn gebruikt als grasland, dat op percelen met een hoge beginwaarde het organisch stof-gehalte sterker afnam: een hoge waarde op de x-as (beginwaarde OS) gaat samen met een lage waarde op de y-as (sterke afname) en een lage beginwaarde van het organisch stof-gehalte (x-as) gaat samen met een hoge waarde op de y-as (toename in de tijd). Dat patroon lijkt zich in maïsland ook voor te doen, maar dan bij lagere organisch stofgehaltes.

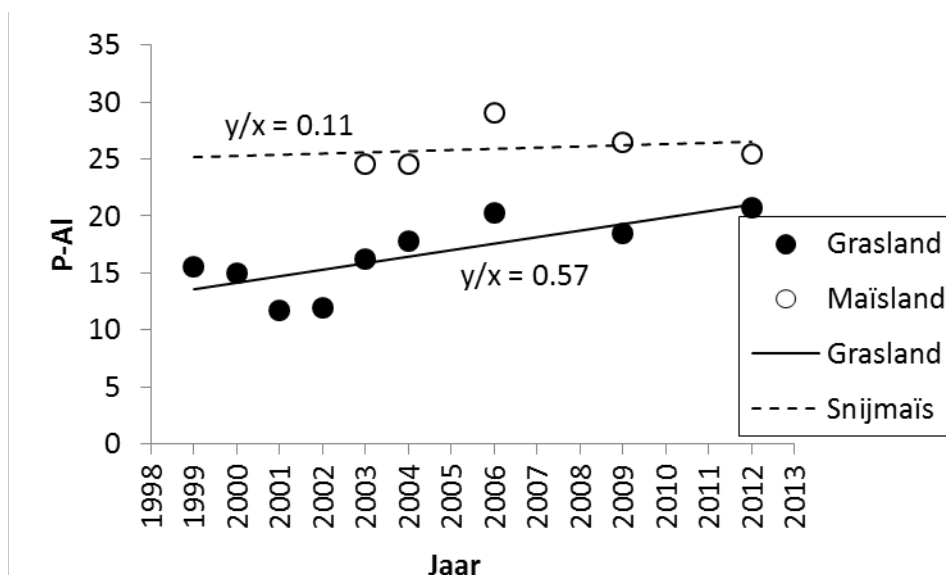
**Figuur 5.12** De ontwikkeling van het organisch stofgehalte in de bodem op bedrijf Van Wijk.



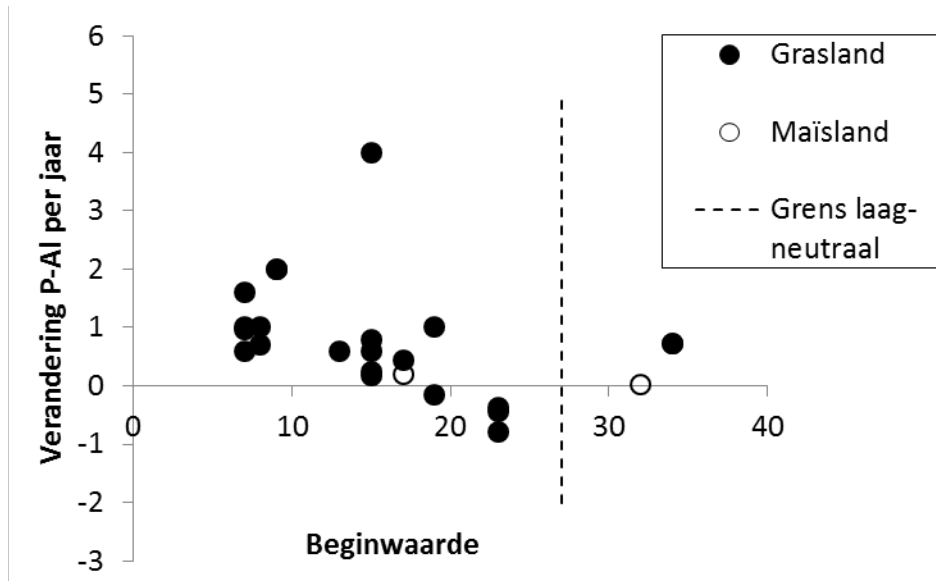
Figuur 5.13 De verandering per jaar het organisch stofgehalte in de bodem van verschillende percelen op bedrijf Van Wijk met een verschillende beginwaarde van het organisch stofgehalte; elk punt staat voor een perceel.

5.4.4 P-beschikbaarheid

De fosfaattoestand (P-AI) op grasland was in 1999 gemiddeld 15 en nam daarna toe ($P < 0.05$). In maïsland was het P-AI getal 25 (eerste bepaling 2003) en bleef stabiel (Figuur 5.14). Figuur 5.15 geeft de gemiddelde verandering van het P-AI getal van de percelen weer. Dit is berekend door van elk perceel de verandering van het P-AI getal in de hele onderzoeksperiode te delen door het aantal jaren (y-as). Er zijn drie percelen waarin het P-AI getal afnam (verandering groter dan nul, y-as); in de meeste percelen nam het P-AI getal toe (verandering kleiner dan nul, y-as). De x-as geeft de beginwaarde van het P-AI getal van elk perceel weer. Op andere bedrijven zien we dat op percelen met een hoge beginwaarde het P-AI getal sterker afnam dan op percelen met een lage beginwaarde. Dat patroon is bij Van Wijk niet zo duidelijk. Op de drie dalers na, verschuift de fosfaattoestand van het gebied met een bemestingskundig lage P-AI naar neutraal (bemestingskundig voldoende).



Figuur 5.13 Het verloop van het P-AI getal in de tijd op bedrijf Van Wijk.



Figuur 5.14 De verandering per jaar van het P-AI getal van verschillende percelen op bedrijf Hoefmans met een verschillende beginwaarde voor P-AI; elk punt staat voor een perceel.

5.4.5 Bedrijfsvoering in relatie tot bodemvruchtbaarheid

- De fosfaattoestand op het bedrijf Van Wijk nam geleidelijk toe. Dat komt mogelijk door een structureel iets hoger P-overschot dan op andere bedrijven, doordat hij meer P op zijn bedrijf mag plaatsen (conform de fosfaatgebruiksnorm). Echter, ook andere maatregelen zoals ondiepe bodembewerking en nauwgezet voorkomen van bodemverdichting kunnen bevorderlijk geweest zijn voor de fosfaattoestand. Overigens zegt het P-AI getal dat hier als indicator wordt gehanteerd, niet of de snelle beschikbaarheid voldoende is (zie ook Verloop en Oenema, 2014).
- De ontwikkeling van het organisch stofgehalte is gunstig op grasland. Op maïsland daalt het (daar toch al lage) organisch stofgehalte. Dat is te verklaren door continue teelt van maïs zonder gebruik van dierlijke mest en vanggewassen. Aanpassing van de werkwijze zou hier gewenst kunnen zijn.

5.5 Conclusies

- De fosfaattoestand op bedrijf Van Wijk was in het begin van deelname aan 'Koeien & Kansen' met een P-AI waarde van 15 duidelijk lager dan de in het bemestingsadvies aangegeven ondergrens voor een toestand voldoende (27). De fosfaattoestand nam echter toe met een P-AI eenheid per jaar (gemiddeld voor het bedrijf en over de hele periode).
- Het P-AI getal op bedrijf Hoefmans nam duidelijk af met 0,8 eenheden paar jaar. Er treedt echter stabilisatie op, op een niveau dat wordt aangemerkt als 'voldoende'.
- Op bedrijf Menkveld & Wijnbergen nam het P-AI getal af, wat werd veroorzaakt door een duidelijke afname in een uiterwaardegrond die bewust wordt uitgemijnd in het kader van agrarisch natuurbeheer.
- De veranderingen van het organisch stofgehalte gaan langzaam, zodat het moeilijk is vast te stellen of er echt sprake is van toe- of afname. Los van deze onzekerheden is het opmerkelijk dat er op bedrijf Hoefmans op ontginningsgrond op droog zand een toename lijkt te zijn en op bedrijf De Kleijne op vergelijkbare grond een afname.
- De relatie tussen het P-overschot en de ontwikkeling van het P-AI getal is zwak. Op bedrijf De Kleijne zijn er aanwijzingen dat het P-AI getal op percelen met een hoge toestand, meer stabiel blijven bij een hoge P-overschot dan op percelen met een laag P-overschot.
- De ontwikkeling bezien op het niveau van kavels en percelen vertonen veel verschillen. Op sommige percelen is sprake van forse veranderingen. Deze veranderingen middelen elkaar veelal uit bij het analyseren van bedrijfsgemiddelde ontwikkelingen.

6 Synthese

6.1 Afbakening

Dit rapport gaat uitsluitend in op de ontwikkeling van organische stof en de fosfaattoestand uitgedrukt in het P-Al getal. In gesprekken met veehouders in 'Koeien & Kansen' maar ook daarbuiten (Reijneveld, 2013) komt vaak een zekere bezorgdheid over de bodemvruchtbaarheid naar voren. Afgaande op de discussies met veehouders gaat het echter niet alleen om de aspecten die in dit onderzoek in beschouwing zijn genomen, maar ook om de *beschikbaarheid* van fosfaat in de bodem, de levering van stikstof (en meer algemeen de beschikbaarheid ervan op het bedrijf), kali en zwavel.

6.2 Betekenis van de waargenomen ontwikkelingen op bodemtype niveau

De trendanalyse per bodemtype levert een eerste inzicht in de ontwikkeling van het organisch stof-gehalte en de fosfaattoestand (samengevat in Tabel 6.1). Zowel voor organische stof als de fosfaattoestand werd er een positieve ontwikkeling waargenomen op klei, veen en löss. Wel moet vermeld worden dat de ontwikkelingen op veen en löss zijn gebaseerd op één enkel bedrijf. Extrapolatie naar andere bedrijven is lastig. Op zand werd geen duidelijke ontwikkeling waargenomen en lijken het organisch stof-gehalte en de fosfaattoestand stabiel.

Op basis van de waarnemingen in Koeien & Kansen werd de jaarlijkse afbraak van organische stof per bodemtype bepaald (zie tabel 4.3) en varieerde tussen 0,3 op veen en 3,6 op zand. Dit percentage moet vergeleken worden met de vuistregel uit de literatuur dat jaarlijks 2% van de totale voorraad organische stof afgebroken wordt (Kortleven, 1963).

Tabel 6.1 Beginwaarde en ontwikkelingen van de fosfaattoestand en het organisch stof-gehalte per bodemtype.

Bodemtype	Fosfaattoestand			Organische stof		
	Verandering			Verandering		
	Beginwaarde	p. jr.	Significant	Beginwaarde	p. jr.	Significant
Zand	44	0,064	Nee	5,2	0,020	Nee
Klei	17	0,626	Ja	11,3	0,170	Ja
Veen	40	0,323	Ja	45,7	0,153	Ja
Löss	27	-0,348	Nee	4,6	0,141	Ja

Tabel 6.2 geeft weer het % afbraak van de organische stof voor 3 situaties: bij evenwicht, bij een toename van het organisch stof-gehalte met 0,1% per jaar en bij een afname van het organisch stof-gehalte met 0,1% per jaar. Dit is gedaan voor een situatie waarbij de EOS aanvoer gelijk is aan die in Koeien & Kansen (op basis van gemiddelde EOS aanvoer over de periode 2001-2011) en voor een situatie waarbij de EOS aanvoer 10% lager is. Dit zou de situatie kunnen zijn indien de gebruiksnorm voor dierlijke mest omlaag gaat van 250 kg N/ha naar 230 kg N/ha en met de aanname dat de drogestof opbrengst van grasland met 10% afneemt. Bij gelijke EOS aanvoer varieert het jaarlijkse percentage afbraak van 0,6 op veen en 3,9 op löss. Dit is hoger dan de percentages afbraak op basis van de waarnemingen in Koeien & Kansen. Bij een jaarlijkse toename van 0,1% organische stof neemt het percentage afbraak af en bij een jaarlijkse toename van 0,1% organische stof neemt het percentage afbraak juist toe. Bij een verwachte daling van het organische stof gehalte bij de 'huidige' EOS aanvoer met jaarlijks veel meer organisch materiaal afgebroken worden dan de vuistregel van 2%. Niet voor veen, maar de vuistregel van 2% geldt ook niet voor veen. In de situatie waarbij de jaarlijkse EOS aanvoer afneemt (de 90% variant) en waarbij de verwachting dat dan ook het organisch stof-gehalte afneemt (0,1% per jaar) is het bijbehorende percentage jaarlijkse afbraak van de voorraad organische stof nog steeds hoger dan de vuistregel van 2%.

Tabel 6.2 Percentage jaarlijkse afbraak van organische stof voor twee situaties van EOS aanvoer.

	Zand	Klei	Veen	Löss
<i>EOS aanvoer volgens gem K&K 2001-2011</i>				
OS afbraak bij evenwicht	3,8	2,0	0,6	3,9
OS afbraak bij jaarlijkse toename van 0,1%	1,9	1,1	0,4	1,7
OS afbraak bij jaarlijkse afname van 0,1%	5,8	2,8	0,8	6,1
<i>EOS aanvoer 90%</i>				
OS afbraak bij evenwicht	3,5	1,8	0,5	3,5
OS afbraak bij jaarlijkse toename van 0,1%	1,5	0,9	0,3	1,3
OS afbraak bij jaarlijkse afname van 0,1%	5,4	2,6	0,8	5,7

De trendanalyse per bodemtype gaf een eerste inzicht in de ontwikkeling van de fosfaattoestand in grasland (Tabel 6.1). Deze ontwikkeling werd in het algemeen tegen het licht gehouden van de P aanvoer naar de bodem (is gelijk aan het P-overschot). Om te beoordelen hoe sterk het verband is tussen het P-overschot en de ontwikkeling van de fosfaattoestand zijn de geselecteerde graslandpercelen opgedeeld in 2 niveaus in P-overschot ('Laag' en 'Hoog'). Daarbij is het gemiddelde jaarlijkse P-overschot bepaald over een langere periode (minimaal 5 jaar). De grens is gelegd op 10 kg P/ha, zodat de percelen min of meer gelijk verdeeld werden (Tabel 6.3). In de groep met een laag P-overschot (gemiddeld 3,6 kg P/ha) bleef de fosfaattoestand stabiel. Deze situatie is vergelijkbaar met 'evenwichtsbemesting'. In de groep 'Hoog' (gemiddeld P-overschot van 20 kg/ha) nam de fosfaattoestand significant toe. Vervolgens is ook gekeken naar een selectie van percelen die structureel over een langere periode een negatief P-overschot realiseren (gemiddeld -4,5 kg P/ha). Op deze percelen nam de fosfaattoestand wel af, maar de afname was niet significant. In het algemeen waren dit percelen met een hoge beginwaarde van de fosfaattoestand.

Tabel 6.3 Ontwikkeling van de fosfaattoestand (P-Al; mg P₂O₅/100 mg grond) in grasland afhankelijk van het P-overschot (kg P/ha).

	P-overschot			Fosfaattoestand			
	Aantal percelen	Gem	Min-max	Beginwaarde	Verandering per jaar	se	Significant
'Hoog'	119	20,2	10 - 46	34	0,352	0,090	Ja
'Laag'	98	3,6	-19 - 10	40	0,069	0,128	Nee
Negatief	21	-4,5	-19 - 0	47	-0,254	0,260	Nee

6.3 Betekenis van de waargenomen ontwikkelingen op de vier bedrijven

De analyse per bedrijf levert een eerste inzicht in de ontwikkeling van het organisch stof-gehalte en de fosfaattoestand (samengevat in Tabel 6.4). Op bedrijf Menkveld & Wijnbergen en Hoefmans is gemiddeld voor het gehele bedrijf een daling van de fosfaattoestand te zien. Op de overige bedrijven is sprake van een toename. Op bedrijf Van Wijk neemt het P-Al getal duidelijk toe. Op bedrijfsniveau kunnen deze ontwikkelingen beoordeeld worden op grond van de uitgangssituatie. De afname van Menkveld & Wijnbergen en Hoefmans is niet direct verontrustend gezien de gemiddelde beginwaarde; de toename op bedrijf Van Wijk is zeer wenselijk gezien de bedrijfsgemiddelde beginwaarde. Bij Hoefmans is bovendien sprake van een stabilisatie op een wat lager niveau. Een constatering die overeenkomt met waarnemingen op De Marke, wederom niet verontrustend. Voor organische stof is de afname bij De Kleijne mogelijk een punt van aandacht. Dat geldt minder bij Van Wijk vanwege de hoge uitgangssituatie. Bij deze interpretatie moet wel aangetekend worden dat hier slechts de beste schatting van de verandering is weergegeven. Maar op bijna alle bedrijven is er heel veel onzekerheid over de schatting. Anders gezegd: een toe- of afname van het organische stofgehalte is vaak nauwelijks of niet te onderscheiden van een stabiele situatie. Een lichte afname is daarom niet direct een reden tot zorg. Het kan wel een reden zijn om verder te kijken naar andere aanwijzingen, bijvoorbeeld door de ontwikkeling op kavel- en perceelniveau in beschouwing te nemen.

De ontwikkeling op kavel- en perceelniveau wordt samengevat in Tabel 6.5. We zien nu dat achter de gemiddelde bedrijfsontwikkeling een heel spectrum van veranderingen in kavels en percelen schuilt. Op bedrijven met beheersgras neemt de fosfaattoestand veelal af wat goed te verklaren is doordat daar uitgemijnd wordt. Opvallend bij De Kleijne is dat op beheersgras het organisch stofgehalte toeneemt en op

de huiskavel niet. Ook valt de afname van het organisch stofgehalte in maïsland bij Van Wijk op. De informatie over de ontwikkelingen op kavel- en perceelniveau heeft een veel duidelijker relatie met beheer dan de ontwikkeling voor het gemiddelde bedrijf. De ontwikkeling van de fosfaattoestand kan vergeleken worden met het P-overschot op kavel of perceel en de ontwikkeling van het organisch stofgehalte kan vergeleken worden met de organische stof balans.

Tabel 6.4 Beginwaarde en ontwikkelingen van de fosfaattoestand en het organisch stof-gehalte op bedrijfsniveau.

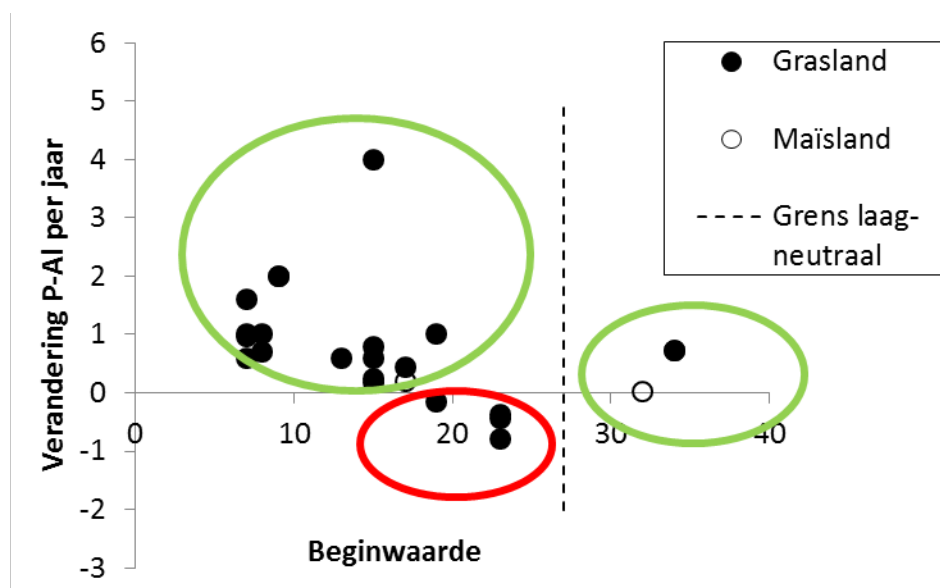
Bedrijf	Fosfaattoestand			Organische stof		
	Beginwaarde	Verandering p. jr	Stabilisatie*	Beginwaarde	Verandering p. jr.	Stabilisatie*
Menkveld & Wijnbergen	47	-0,4	Nee	5,2	0,03	Nee
De Kleijne	57	0,61	Ja	4,4	-0,03	Nee
Hoefmans	58	-0,8	Ja	4,3	0,04	Nee
Van Wijk	15	1,0	nee	9,5	-0,01	nee

* Dit heeft betrekking op het al dan niet afbuigen van de ontwikkeling naar een constant niveau.

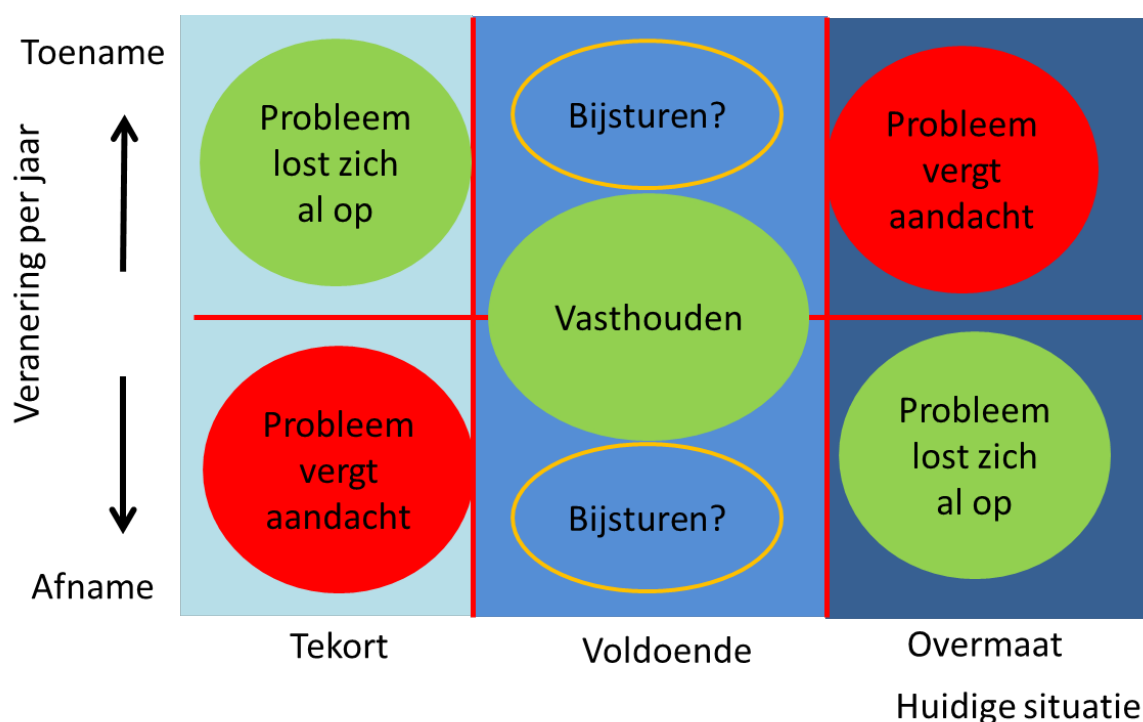
Tabel 6.5 Verandering per jaar van de fosfaattoestand en het organisch stof-gehalte op kavel- en perceelniveau.

Bedrijf	Kavel	Fosfaattoestand		Organische stof	
		Gemiddeld kavel	Per perceel	Gemiddeld kavel	Per perceel
Menkveld & Wijnbergen	Huiskavel	-0,3	-1,2 tot 1	0,06	-0,1 tot 0,2
	Veldkavel	0,3	-1,1 tot 1,2	-0,02	-0,1 tot 0,02
	Veldkavel	1,07	-0,1 tot 3,3	0,01	-0,01 tot 0,8
	Twello				
	Beheersland	-1,3	-2 tot 0,1	0,02	-0,2 tot 0,1
De Kleijne	Huiskavel	0,01	-0,8 tot 0,5	-0,04	-0,12 tot 0,7
	Veldkavels	-1,4	-2,8 tot 1,2	0,2	0,05 tot 0,46
	Beheersland	-1,7	-3 tot 1,4	0,02	-0,02 tot 0,1
Hoefmans	Alle	0,8	-3,5 tot 0,7	0,04	-0,12 tot 0,35
Van Wijk	Gras	0,57	-0,8 tot 4	0,12	-0,8 tot 1,0
	Maïs	0,11	0 tot 0,2	-0,09	-0,02 tot 0,1

Een derde stap in de analyse van de ontwikkeling binnen het bedrijf, is het vergelijken van de ontwikkeling op kavels en percelen met adviesnormen. Voor P-AI kan daarvoor uitgegaan worden van de bodemgericht bemestingsadviezen. Voor organische stof zijn er geen algemene kritische niveaus aangegeven, maar er zijn suggesties gedaan om 3% organische stof als een soort ondergrens te beschouwen voor het gewenste niveau (Mulier et al., 2006). Ten aanzien van fosfaat is een voorbeeld van deze wijze van beoordeling van ontwikkeling geïllustreerd aan de hand van de situatie op bedrijf Van Wijk (Figuur 6.1). Op de percelen met een waarde lager dan het advies, waar sprake is van een afname is waarschijnlijk bijsturing gewenst (rode cirkel). Op de overige percelen is de ontwikkeling gunstig: onder de norm maar er is een toename (groene cirkel) of is de situatie bevredigend: percelen voldoen aan de norm en er is geen toe- of afname (groene cirkel). Deze manier om de situatie en ontwikkeling te bekijken kan ook meer algemeen worden uitgewerkt (zie Figuur 6.2). De benadering is overigens niet zo heel verschillend van de bodemanalyses en de daarbij behorende bemestingsadviezen die in Nederland beschikbaar zijn (daarin worden ook tekort en overmaat in de bodem aangegeven), maar bij de benadering van Figuur 6.2 wordt de ontwikkeling er nadrukkelijk bij betrokken.



Figuur 6.1 Beoordeling van de situatie en ontwikkeling met betrekking tot de fosfaattoestand op de percelen van bedrijf Van Wijk.



Figuur 6.2 Schema van de beoordeling van de situatie en ontwikkeling met betrekking tot de bodemvruchtbaarheid.

6.2 Sturingsmogelijkheden

Is eenmaal vastgesteld dat het wenselijk is om in te grijpen in de ontwikkeling op een kavel of perceel, dan is het de vraag welke mogelijkheden er zijn. Op de bedrijven die in beschouwing zijn genomen worden de volgende maatregelen genomen:

1. Vruchtwisseling van gras en maïs om organische stof uit mest en gewasresten gelijk te verdelen (vooral Hoefmans);
2. Vruchtwisseling om de bodem rul en fosfaat goed beschikbaar te houden (vooral Hoefmans);

3. Telen van een goed vanggewas om de aanvoer van organische stof naar de bodem te verhogen (Menkveld & Wijnbergen en De Kleijne);
4. Scherp voeren van vee zodat de verhouding van organische stof en mineralen hoog is. Het gevolg hiervan is dat er meer organische stof met dierlijke mest geplaatst kan worden binnen de gebruiksruijnte. Deze maatregel wordt gecombineerd met gebruik maken van BEX/deelname aan de KringloopWijzer (alle bedrijven).
5. Bij het bedrijf betrekken van beheersland dat niet bemest wordt. Dit draagt bij aan de hoeveelheid mest die op productieland gebruikt mag worden.
6. Ondiepe bodembewerking bij herinzaai (Van Wijk) om te voorkomen dat organische stof en fosfaat wordt verplaatst naar diepere bodemlagen.
7. Gericht plaatsen van dierlijke mest afhankelijk van de samenstelling van mest; mest met een hoog fosfaatgehalte naar fosfaatbehoefte percelen (Menkveld & Wijnbergen).

Dit overzicht is niet volledig maar vat slechts de maatregelen samen die op de bedrijven bewust wordt ingezet. Het is overigens niet zo dat de maatregelen in alle omstandigheden op korte termijn resultaat opleveren. Opmerkelijk is bijvoorbeeld dat de huiskavel op bedrijf De Kleijne ondanks dat het in gebruik is als beweide grasland en ondanks dat er weinig beperkingen zijn in het gebruik van dierlijke mest sprake is van een afname van het organisch stofgehalte (ook al zijn er onzekerheden over deze trend). Deze ontwikkeling kan eenvoudigweg te maken hebben met bodemprocessen die moeilijk bij te sturen zijn, zoals een relatief hoge afbraaksnelheid van organische stof in combinatie met een mogelijk zeer hoge organische stof aanvoer in het verleden. Meer algemeen valt op dat de ontwikkeling van de fosfaattoestand niet altijd sterk reageert op het gerealiseerde fosfaatoverschot (Hoefmans) en dat er geen directe relatie is te vinden tussen de organische stof balans en de ontwikkeling van organische stofgehaltes. Kortom, het is wel vrij duidelijk welke aanknopingspunten effectief zijn, maar het is niet gezegd dat deze maatregelen zich snel vertalen in meetbare reacties.

7 Conclusies

Op de melkveebedrijven die deelnemen aan het project 'Koeien & Kansen' werd onderzoek uitgevoerd naar de ontwikkeling van bodemvruchtbaarheid, uitgedrukt in het organisch stofgehalte en het P-AI getal.

1. De aanvoer van organische stof met dierlijke mest naar de bodem is op grasland afgenomen van ongeveer 5000 kg per ha in 2000 tot ongeveer 4200 in 2006 en is vervolgens gelijk gebleven.
2. Op maïsland varieerde de aanvoer rond de 2500 kg per ha en werd geen toe- of afname van de organische stof aanvoer waargenomen.
3. Er is geen significante verandering van het organisch stofgehalte in grasland op zandgrond.
4. Op klei, veen en löss nam het organische stof gehalte in grasland significant toe.
5. In percelen met afwisselend teelt van gras en maïs is gemiddeld geen toe- of afname van het organisch stof-gehalte te zien.
6. Het P-overschot op grasland varieerde van 2000 tot en met 2003 tussen de 8 en 15 kg /ha. In de periode daarna varieerde het P-overschot op een lager niveau rond de 5 kg/ha.
7. Het P-overschot op maïsland varieerde tussen -2 en 5 kg per ha; er was geen duidelijke verandering in de tijd te zien.
8. Het P-AI gehalte veranderde niet significant in grasland op zandgrond.
9. Op klei en veen is een positieve ontwikkeling van het P-AI gehalte in grasland.
10. Op löss nam het P-AI gehalte af, maar was niet significant.
11. In de gedetailleerde analyse van vier 'Koeien & Kansen-bedrijven' werden geen aanwijzingen gevonden voor afname van de fosfaattoestand tot niveaus die bemestingskundig als laag of onvoldoende worden aangegeven.
12. Het P-AI getal nam het snelst af op percelen met een hoge beginwaarde van P-AI, op beheersgrond waar een uitmijnstrategie wordt toegepast.
13. Binnen bedrijven is er veelal een ongelijke verdeling van organische stof en fosfaat over kavels en percelen.
14. Ook de ontwikkeling van het P-AI getal en het organisch stofgehalte is op veel bedrijven duidelijk verschillend tussen kavels en percelen met een onderling verschillend teeltplan binnen een bedrijf.
15. Om de bodemvruchtbaarheid op peil te houden, wordt een zekere mate van vruchtwisseling toegepast (Hoefmans) of overwogen (Menkveld & Wijnbergen). De ligging van kavels en percelen staat soms een strak vruchtwisselingsschema in de weg. Op kleigrond wordt bodembewerking bij herinzaai bewust beperkt tot geringe diepte.
16. Maatregelen gericht op het op peil houden van de bodemvruchtbaarheid, zouden toegepast kunnen worden op specifieke percelen op grond van evaluatie van zowel de toestand als de ontwikkeling.

8 Literatuur

- Aarts, F.H.M., G.J. Hilhorst, F. Nevens, J.J. Schröder, 2002. Betekenis wisselbouw op lichte zandgrond; Analyse van resultaten proefboerderij De Marke, rapport 36.
- Eekeren, N.J.M. van; Boer, H.; Bloem, J.; Schouten, T.; Rutgers, M.; Goede, R.G.M. de; Brussaard, L., 2009. Soil biological quality of grassland fertilized with adjusted cattle manure slurries in comparison with organic and inorganic fertilizers. *Biology and Fertility of Soils* 45 (2009)6. - ISSN 0178-2762 - p. 595 - 608.
- Hassink, J., 1997. The capacity of soils to preserve organic C and N by their association with clay and silt particles. *Plant Soil* Vol. 191, Issue 1, Pages 77-87.
- Hendriks, C.M.A., 2011. Quick Scan organische stof: kwaliteit, afbraak en trends. Alterra-rapport 2128, Wageningen.
- Kortleven, J. 1963. Kwantitatieve aspecten van humusopbouw en humusafbraak. Verslag Landbouwkundig Onderzoek 69.1, Wageningen, 109 p.
- Mulier, A., F. Nevens, G. Hofman, 2006. Daling van de organische stof in Vlaamse landbouwgronden. Analyse van mogelijke oorzaken en aanbevelingen voor de toekomst. Steunpunt Duurzame Landbouw. Publicatie 24, 63 p.
- Neyroud, J.A., Lisscher, P., 2003. Do different methods used to estimate soil phosphorus availability across Europe give comparable results? *J. Plant Nutr. Soil Sc.* 166:422–431.
- Oenema J., H.F.M. ten Berge, C.J. de Jong & B. Fraters, 2002. Stikstofoverschotten in 'Koeien & Kansen' en de relatie met nitraatconcentratie in grond- en oppervlaktewater. Wageningen, Plant Research International, Rapport 49, 83 pp.
- Oenema, J. & J. Verloop, 2008. De invloed van stikstofgebruiksnormen van grasland op zandgrond op de opbrengst en milieubelasting. Een gevoeligheidsanalyse. Wageningen, Plant Research International, Rapport 192, 48 pp.
- Reijneveld, J.A., 2013. Unravelling changes in soil fertility of agricultural land in The Netherlands, 240 p.
- Schils, R.L.M., 2012. 30 vragen en antwoorden over bodemvruchtbaarheid, Alterra, Wageningen.
- Ten Berge, H.F.M., Withagen, J.C.M., De Ruijter, F.J., Jansen, M.J.W., Van der Meer, H.G., 2000. Nitrogen responses in grass and selected field crops, QUAD-MOD parameterisation and extensions for STONE-application. Plant Research International, Wageningen UR, Report 24, pp 44.
- Van Rotterdam – Los, D., A. Reijneveld, M. van Oostrum, G. Abbink, & W. Bussink. 2013. A more trustworthy P recommendation by implementing the intensity, buffering capacity, quantity concept into agricultural practice. *Nutrihort, Proceedings*, pp 136 – 141.
- Verloop, J. Limits of effective nutrient management in dairy farming: analyses of experimental farm De Marke; thesis, Wageningen UR, november 2013.
- Yang, S., 1996. Modelling Organic Matter Mineralization and Exploring Options for Organic Matter Management in Arable Farming in Northern China. Ph.D. thesis, Wageningen Agricultural University, The Netherlands.