

project De Marke

Betekenis wisselbouw voor melkveebedrijf op lichte zandgrond

Analyse van resultaten proefbedrijf "De Marke"

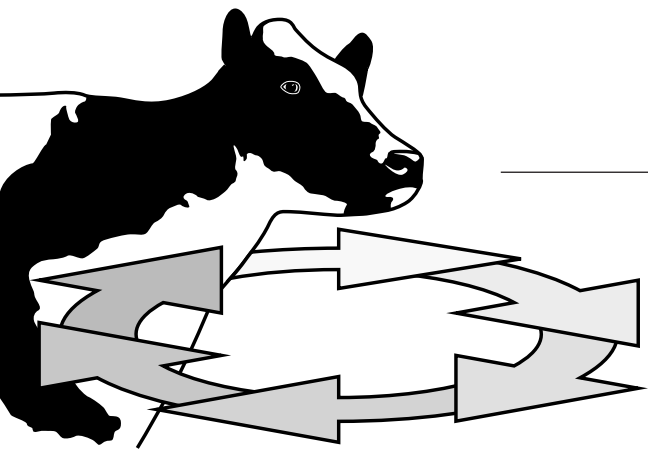
Rapport 36

Juli 2002



WAGENINGEN UR





project De Marke

Betekenis wisselbouw voor melkveebedrijf op lichte zandgrond

Analyse van resultaten proefbedrijf "De Marke"

H.F.M. Aarst (PRI)
G.J. Hilhorst (De Marke)
F. Nevens (Universiteit van Gent)
J.J. Schröder (PRI)

Rapport 36
Juli 2002

Voorwoord

Bij de start van De Marke is gekozen voor een bepaald vruchtwisselingssysteem. In dit rapport wordt dit systeem geëvalueerd. Daarbij is tevens gebruikt gemaakt van kennis van de Universiteit in Gent. De aanbevelingen die gedaan worden zijn actueel, gelet op de aanscherping van het milieubeleid.

Ir. Paul Galama
Onderzoekskoördinator De Marke

Samenvatting

Proefbedrijf 'De Marke' ontwikkelt een bedrijfssysteem voor de melkveehouderij op lichte zandgrond. Het doel is op een financieel aantrekkelijke manier te voldoen aan stringente milieunormen. Het bedrijf produceert 12.000 kg melk ha⁻¹, het gemiddelde van Nederland. Op theoretische gronden werd aangenomen dat het afwisselen van de teelt van maïs en gras (wisselbouw) de voorkeur verdient boven continue teelt. Het voordeel zou vooral naar voren komen in de vorm van een hogere opbrengst bij maïs. De maïs wordt daarom sinds 1989 in wisselbouw met gras geteeld; een deel van het grasland is blijvend.

In deze studie worden de resultaten van de periode 1993-2000 geanalyseerd. De studie maakt aannemelijk dat wisselbouw niet alleen bij maïs, maar ook bij gras tot hogere opbrengsten of lagere mestgiften kan leiden, en daardoor tot een lager mineralenoverschot. Het effect op de kwaliteit van de bodem wordt als belangrijkste oorzaak gezien. Bij continue teelt dreigt een achteruitgang van het organische-stofgehalte op de bouwlandpercelen door een te beperkte aanvoer van organische stof. Het gebruik van dierlijke mest moet immers drastisch worden beperkt, om een te hoog nitraatgehalte van het grondwater te voorkomen. Door de afname van het organische-stofgehalte neemt het vochtbergend vermogen van de bodem af en de kans op droogteschade en op het weglekken van nitraat daardoor toe. Een grasperiode laadt de bodem als het ware weer op met organische stof. In de graslandfase kan worden geprofiteerd van een betere bodemstructuur, als gevolg van de menging van organische stof over de bewortelbare bodemlagen en door de intensievere grondbewerkingen in de bouwlandfase.

De hogere gewasopbrengsten en de beperkte beregeningsbehoefte maken de extra kosten van wisselbouw meer dan goed, waardoor deze 'milieumaatregel' ook financieel aantrekkelijk is. Nog belangrijker is dat 'De Marke' zonder wisselbouw de melkproductie per ha zou moeten verlagen om aan de milieunormen te kunnen voldoen. Voor praktijkbedrijven geldt dat wisselbouw aantrekkelijker wordt naarmate de grond lichter is, het bedrijf intensiever is en de mogelijkheden tot het gebruik van meststoffen, water en bestrijdingsmiddelen beperkter zijn.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

1	Inleiding	1
2	Effecten van wisselbouw en hun theoretische achtergrond.....	3
2.1	Bouwland-effecten	3
2.2	Grasland-effecten	5
2.3	Milieu-effecten.....	5
3	Effecten van wisselbouw, gekwantificeerd voor 'De Marke'	7
3.1	Opbrengst gewassen.....	7
3.2	Bemesting	9
3.3	Bodemkwaliteit	10
3.4	Berekening	11
3.5	N-bodembalans	12
3.6	Nitraatuitspoeling	13
3.7	Economie	13
4	Discussie	15
	Literatuur	18

1 Inleiding

De gedachte achter de opzet van het bedrijfssysteem van 'De Marke' is in wezen simpel. Wil een melkveehouder zijn toekomst veilig stellen dan moet hij leveren wat de samenleving vraagt. En dat is niet alleen melk of vlees van goede kwaliteit, maar ook hoogwaardig drinkwater, frisse lucht, interessante natuur en mogelijkheden tot ontspanning. Bovendien zal de productie maatschappelijk verantwoord plaats moeten vinden. Dat betekent dat rekening wordt gehouden met het welzijn van het vee, dat het gebruik van schaarse grondstoffen (waaronder water en energie) wordt beperkt tot het meest noodzakelijke, en dat de omgeving geen schade ondervindt van bedrijfsactiviteiten. Dit stelt hoge eisen aan de communicatie met de samenleving en vraagt om een visie van de ondernemer op producten en productiewijze.

Een goed milieu is voorwaarde om de gewenste producten te kunnen maken. Vermesting, verzuring en verdroging passen daar niet bij. Daarom moet de aanvoer van mineralen (in meststoffen en voer) in evenwicht worden gebracht met de afvoer ervan (in melk en vlees). Het eerste wat je dan als veehouder moet doen is de behoeften aan voer en meststoffen zo klein mogelijk maken, door een gerichte keuze van veestapel en gewassen en door het minimaliseren van verliezen. Daarna moet worden geprobeerd in de resterende behoeften zoveel mogelijk te voorzien met eigen voer en mest, door deze maximaal tot werking te brengen. Deze aanpak beperkt de noodzakelijke aanvoer tot een minimum. Het is dus belangrijk te weten in hoeverre de behoefte aan meststoffen beïnvloed wordt door het al dan niet afwisselen van grasland en voedergewassen (continueelt of wisselbouw). En natuurlijk is het relevant om te weten hoe de gewasopbrengsten en mineralenverliezen op het wel of niet afwisselen reageren. We weten dat na scheuren van grasland extra stikstof uit de verterende zode vrijkomt, mogelijk meer naarmate de graslandperiode langer was. Die stikstof kan verloren gaan als ze in de bouwlandfase niet wordt vastgelegd in oogstbaar gewas, stoppels of wortels. Is dat wel het geval, dan is het denkbaar dat er met wisselbouw winst te behalen valt: door een betere bodemstructuur en geringere ziektedruk is het wortelstelsel van voedergewassen wellicht actiever, en neemt daardoor voedingsstoffen en water gemakkelijker op. In de graslandfase kan mogelijk geprofiteerd worden van een diepere beworteling, als gevolg van grondbewerking, betere rassen en een betere verdeling van klaver. Klaver heeft de eigenschap zich na enige tijd op plekken binnen het perceel te concentreren, of zelfs helemaal te verdwijnen. Inzaaien van grasland biedt in principe mogelijkheden om de gewenste aanwezigheid in de 'gras'mat in elk geval tijdelijk te realiseren. Tegenover deze voordelen staat dat de werking van stikstofmeststoffen op tijdelijk grasland schijnbaar slechter kan zijn, omdat er stikstof wordt vastgelegd in zode en bodem. En inzaai van grasland is natuurlijk duur.

Bij de start van 'De Marke' werd ervan uitgegaan dat wisselbouw de voorkeur verdiende boven continueelt (Biewinga *et al.*, 1992). Uit onderzoeksoverwegingen, en omdat extra grasland in de buurt van de stal aantrekkelijk is (het vee gaat tweemaal daags naar binnen), is éénderde van het grasland op 'De Marke' in principe blijvend. Herinzaai is echter toegestaan als de zodekwaliteit sterk is verslechterd. Tweederde deel van het grasland is dus tijdelijk en wordt na drie jaar gescheurd, waarna drie (huiskavel) of vijf (veldkavel) jaren bouwland volgen. Tot 1997 werden voederbieten als eerste gewas na een grasperiode geteeld, omdat die meer minerale stikstof kunnen vastleggen dan maïs. Voedertechnische overwegingen hebben ertoe geleid dat voederbieten uit het bouwplan verdwenen zijn (Galama *et al.*, 2001). Bovendien leek Italiaans raaigras als stoppelgewas na maïs voldoende effectief in het vastleggen van de gemineraliseerde stikstof, in combinatie met het achterwege laten van bemesting van de maïs. Daarom begint de bouwlandfase nu direct met maïs. Sinds 2000 wordt het graangewas triticale als laatste gewas geteeld. Dit gewas zorgt ervoor dat de overgang naar de graslandfase soepeler verloopt, omdat het gras in het graan gezaaid kan worden (graan als dekvrucht, vergelijkbaar met het zaaien van Italiaans raaigras tussen de rijen maïs). Het graangewas gaat als het ware vloeiend over in een grasgewas, waardoor de periode waarin de grond niet of nauwelijks begroeid is sterk wordt verkort. Een lange 'braak'periode verhoogt het risico op overmatige nitraatuitspoeling aanzienlijk. Een nadeel is dat de opnamecapaciteit van triticale in de herfst geringer is dan die van Italiaans raaigras, als ook rekening gehouden wordt met de opslag in wortels en stoppels (Schröder *et al.*, 1996).

Het bedrijfssysteem van 'De Marke' functioneert nu ongeveer tien jaar. Het is daarom verstandig de afwegingen die gemaakt zijn bij de opzet ervan te heroverwegen, het bedrijfssysteem eventueel aan te passen en de opgedane kennis en ervaring uit te dragen naar sector en beleid. De gegevens van 'De Marke' zijn te beperkt voor een compleet beeld van de waarde van wisselbouw ten opzichte van continueelt. Er vindt immers geen continueelt plaats van maïs. Het elders in Nederland uitgevoerde experimenteel onderzoek was in het algemeen van een zodanig korte duur dat beter gesproken kan worden van onderzoek naar de effecten van een eenmalige onderbreking van continueelt maïs. Bovendien werd grasland in die experimenten in de regel niet beweid, en werd soms alleen bemest met kunstmest. Beide factoren hebben een sterke invloed op de kwaliteit van de

grasmat. Waar bruikbaar zijn de resultaten van dat onderzoek meegenomen. De Universiteit van Gent doet al sinds de zestiger jaren experimenteel onderzoek op lemige zandgrond, met zowel continueelt als wisselbouw van (beweid) gras en maïs (Neuens & Reheul, 2000; 2002a,b,c). Graslandgebruik, bemesting en vruchtopvolgving tonen een sterke gelijkenis met die van systeem 'De Marke'. Daarom is bij de interpretatie van de resultaten van 'De Marke' dankbaar gebruik gemaakt van de resultaten van dit Belgische onderzoek.

In dit rapport wordt eerst ingegaan op de theoretische achtergronden van wisselbouw-effecten. Welke effecten zijn vanuit de literatuur of anderszins bekend, en hoe kunnen ze op hoofdlijnen worden verklaard (hoofdstuk 2)? Vervolgens worden de belangrijkste effecten voor een lichte zandgrond gekwantificeerd op basis van de resultaten van 'De Marke', aangevuld met gegevens uit andere bronnen (hoofdstuk 3). Dit leidt tot een beschouwing over de waarde van wisselbouw voor melkveebedrijven op lichte zandgrond, bij een aangescherpt milieubeleid (hoofdstuk 4).

Bedrijfssysteem 'De Marke'

Sinds 1992 ontwikkelt Proefbedrijf 'De Marke' een bedrijfssysteem voor de melkveehouderij dat moet voldoen aan stringente milieunormen. Dat houdt ondermeer in dat het nitraatgehalte van het bovenste grondwater niet hoger mag zijn dan 50 mg l⁻¹ en dat het stikstof- en fosfaatoverschot beperkt blijven tot respectievelijk 128 kg ha⁻¹ en 1 kg ha⁻¹. Ook gelden er beperkingen voor het energieverbruik, het gebruik van grondwater (voor beregening) en de toepassing van bestrijdingsmiddelen. Voorwaarden zijn dat het jongvee op het bedrijf zelf wordt opgefokt, dat geen mest of voer worden afgevoerd en het is gewenst dat het vee een deel van de dag kan grazen. Het bedrijf produceert 12.000 kg melk ha⁻¹, het gemiddelde van Nederland. Verkennende studies suggereerden dat het bedrijfssysteem aan de milieunormen kan voldoen, in de praktijk blijken het nitraatgehalte (55 mg l⁻¹), het stikstofoverschot (156 kg ha⁻¹) en het fosfaatoverschot (6 kg ha⁻¹) nog te hoog. In 2001 is het systeem daarom bijgesteld. 'De Marke' teelt 30 ha gras, 20 ha maïs en 5 ha triticale. Het aandeel bouwland is hoger dan gemiddeld op zandgrond. De belangrijkste redenen zijn de grote vochtbehoefte van grasland in combinatie met de droogtegevoelige grond. Ondanks het geringe aandeel grasland en restrictief beregenen (alleen als de zode dreigt af te sterven of om beperkt te kunnen blijven beweiden) wordt in droge jaren de limiet bereikt van 40.000 m³ grondwateronttrekking, waarboven een forse heffing moet worden betaald. Bovendien is de meststofbehoefte van grasland ongeveer 150 kg N ha⁻¹ hoger dan van maïsland en de energieopbrengst ongeveer 2.000 kVEM ha⁻¹ lager. Een nog beperkter areaal grasland is niet mogelijk omdat in dat geval een verantwoorde afzet van dierlijke mest onmogelijk wordt. Het grote aandeel maïs maakt het noodzakelijk krachtvoer aan te kopen dat iets eiwitrijker is. Het aantal melkkoeien is klein door een hoge jaarlijkse melkproductie per koe. Een lange levensduur van de koeien maakt het mogelijk weinig jongvee aan te houden. De kleine veestapel beperkt de voederbehoefte en de mestproductie. Geprobeerd wordt de hoeveelheid stikstof in de mest zo gering mogelijk te houden door een laag stikstofgehalte in het voer. Een emissiearme stal en mestopslag, en het inwerken van mest, beperken de vervluchtiging van ammoniak.

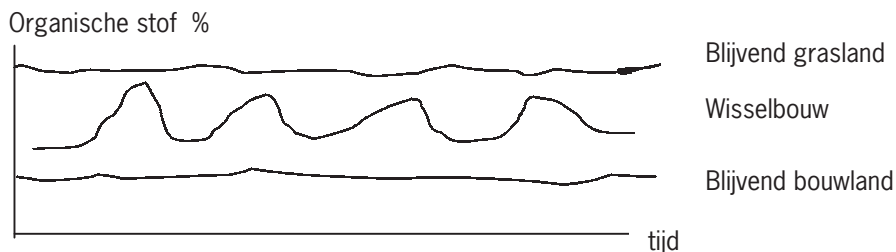
2 Effecten van wisselbouw en hun theoretische achtergrond

Discussies over de effecten van wisselbouw zijn niet nieuw. Met name in de vijftiger jaren stond wisselbouw volop in de belangstelling. De Agrarische Winkler Prins, uit 1957, meldt: ‘...Vergelijkt men de wisselbouw met een stelsel, waarbij bouwland en grasland blijvend gescheiden worden gehouden en ieder een eigen gedeelte van het bedrijf beslaan, dan is het wel zeker, dat de wisselbouw in het voordeel is, wat betreft de opbrengst van akkerbouwgewassen, die in het gescheurde grasland verbouwd worden. De voorstanders der wisselbouw wijzen er verder op, dat het vruchtbaarheidspeil van de grond verhoogd wordt (zogenaamde bodembeschermende gewassen) en dat ook van het kortdurende grasland hogere opbrengsten verkregen kunnen worden dan van het blijvende grasland. Anderen betwijfelen dit laatste en wijzen ook op de aan de frequente inzaai verbonden kosten. Bovendien zal veelal een deel van het bedrijf bestaan uit moeilijk ploegbare grond, die reeds daardoor blijvend als grasland gebruikt moet worden’.

2.1 Bouwland-effecten

Algemeen wordt dus erkend dat wisselbouw gunstig is voor de opbrengst van akkerbouwgewassen, maar hoe is dat te verklaren? Bij inzaai van grasland op bouwland vindt ophoping plaats van organische stof, waaraan onder meer stikstof is gebonden (zie figuur 1). De grotere hoeveelheid organische stof onder blijvend grasland ten opzichte van blijvend bouwland is goed te verklaren. Dat komt door een grotere jaarlijkse aanvoer in de vorm van dierlijke mest, stoppels, wortels en beweidingverliezen (tabel 1). Bij omzetting van bouwland in grasland overtreft de aanvoer de afbraak. De afbraak neemt met de tijd toe, en zal uiteindelijk gelijk worden aan de aanvoer. Het organische-stofgehalte is dan constant.

Figuur 1 Schematische weergave organische-stofgehalte in de bodem van blijvend grasland en blijvend bouwland, en van de dynamiek ervan in een wisselbouwsituatie



Tabel 1 Jaarlijkse organische-stofaanvoer op een gangbaar melkveebedrijf op zandgrond in het midden van de jaren negentig (naar Aarts, 2000; kg ha⁻¹)

	Grasland	Maïsland
Drijfmest	4.500	6.500
Mestflatten	3.500	
Stoppels en wortels	7.500	2.500
Oogst- en beweidingverlies	2.000	500
<i>Totaal</i>	<i>17.500</i>	<i>9.500</i>

Een vuistregel zegt dat de hoeveelheid organische stof in een bodem in de evenwichtssituatie ongeveer gelijk is aan 20 maal de jaarlijkse aanvoer (Kortleven, 1963). Het is echter aannemelijk dat die factor op lichte zandgrond beduidend kleiner is, door een relatief slechte bescherming van organische stof tegen afbraak. Bij het omzetten

van oud grasland in bouwland daalt het organische-stofgehalte, maar het duurt 10-20 jaar voordat de in de graslandperiode opgebouwde 'oude kracht' helemaal verdwenen is. De bodemvruchtbaarheid is in die periode zowel fysisch (structuur) als chemisch (mineralisatie) hoger dan die van oud bouwland. Lichte zandgronden met een gemengd gebruik hebben een organische-stofgehalte van ongeveer 5 % in de laag 0-30 cm. Het volumegewicht bedraagt ruwweg 1,33 kg per dm³, wat wil zeggen dat 200.000 kg organische stof per ha aanwezig is. Bij een gemiddelde jaarlijkse aanvoer van 13.500 kg ha⁻¹, het gemiddelde van grasland en maïsland van tabel 1, is de bodemvoorraad organische stof van lichte zandgrond 15 maal de jaarlijkse aanvoer (200.000/13.500).

Gerekend met deze factor (15), en met de verschillen in jaarlijkse aanvoer van organische stof, bedraagt het organische-stofgehalte onder blijvend grasland 6,6 % en onder blijvend maïsland 3,6 %. Dit zijn waarden die goed aansluiten bij wat in de praktijk gevonden wordt (Jansen *et al.*, 1992). De grote hoeveelheid dierlijke mest op maïsland (in het midden van de jaren negentig jaarlijks 75 m³ ha⁻¹) draagt aanzienlijk bij aan het organische-stofgehalte van blijvend maïsland. De organische stof bevindt zich bij blijvend grasland vooral bovenin de bodem. Bij bouwland is de verdeling over de bouwvoor homogeen, als gevolg van de jaarlijkse grondbewerking. De hoeveelheid organische stof in een wisselbouwsituatie fluctueert tussen die van blijvend grasland en van blijvend bouwland, maar bereikt nimmer die uiterste waarden. Dit komt omdat voor het bereiken van de evenwichtssituatie van continueelt een langere periode nodig is dan de duur van de afzonderlijke fasen van een wisselbouwsysteem. In de graslandfase neemt de hoeveelheid organische stof toe, omdat de aanvoer de afbraak overtreft. In de bouwlandfase wordt die ophoping weer teniet gedaan. De afbraak van organische stof in de bouwlandfase is bij wisselbouw dus groter dan bij blijvend bouwland, waardoor meer minerale N vrijkomt. Wellicht is door de extra afbraak van organische stof ook meer opneembaar fosfaat beschikbaar. In de graslandfase is de afbraak geringer dan bij blijvend grasland.

De hogere opbrengst van maïs in een wisselbouwsituatie zou het gevolg kunnen zijn van extra stikstof door extra afbraak van organische stof: het bemestingseffect. Uit onderzoek blijkt echter dat het zwaarder bemesten van maïs het opbrengstverschil slechts gedeeltelijk kan wegnemen, of dat daarvoor extreem hoge bemestingen nodig zijn. Een deel van het verschil moet het gevolg zijn van een anderszins vruchtbaardere bodem of een vitaler gewas. Een uitgebreider of vitaler wortelstelsel door een betere fysische (structuur) en biologische (bodempathogenen) bodemkwaliteit is het meest voor de hand liggend. Een betere bodemstructuur kan verklaard worden uit een hoger organische-stofgehalte; een minder agressieve populatie bodempathogenen kan het gevolg zijn van het uitzielen tijdens de graslandfase. Een beter functionerend wortelstelsel versterkt het vermogen om meststoffen en vocht op te nemen, en maakt het gewas daardoor minder gevoelig voor ongunstige omstandigheden, zoals droogte. Het hogere organische-stofgehalte verhoogt bovendien het vochthoudend vermogen van de bodem, vooral omdat de organische stof in een wisselbouwsituatie door grondbewerking goed is verdeeld over de bouwvoor. Per kg organische stof wordt globaal vier liter water gebonden, maar de sponswerking neemt toe naarmate de organische stof homogener over de bouwvoor is verdeeld. Als door wisselbouw de hoeveelheid organische stof in de bouwvoor in de akkerbouw fase stijgt met 1,5 % (het gemiddelde van het eerder berekende verschil tussen blijvend bouwland en blijvend grasland) kan 240 m³ water extra worden vastgehouden (24 mm). Dit vermindert de kans op droogteschade op lichte zandgrond aanzienlijk en doet de behoefte aan beregening sterk afnemen (ter vergelijking: bij beregening van grasland wordt telkens 25 mm water toegediend, bij maïs 35 mm). Minder droogteschade leidt niet alleen tot een hogere droge-stofopbrengst maar ook tot een betere kwaliteit door een groter kolfaandeel. Andere positieve effecten van wisselbouw zijn een minder snelle vermeerdering van onkruiden die goed gedijen in maïs en die weinig gevoelig zijn voor de gangbare herbiciden.

Vanuit de geschetste verklaringen is het aannemelijk dat de voordelen van wisselbouw met betrekking tot akkerbouwgewassen groter zijn naarmate de bodem landbouwkundig gezien slechter is en de mogelijkheden tot het gebruik van meststoffen, water en bestrijdingsmiddelen beperkter. Dat verklaart de grote belangstelling in de vijftiger jaren. Door geldgebrek verliep de aanvoer van meststoffen moeizaam en kunstmatige beregening en chemische bestrijding stonden technisch gezien nog in de kinderschoenen. Bovendien was een groot areaal lichte zandgrond (veelal veldpodzolen) pas recent door ontginning in gebruik genomen. Deze grond is in landbouwkundige zin veel slechter van kwaliteit dan de oude cultuurgrond ('enkeerden' of 'akkers'), door de combinatie van een dunne bouwvoor, een niet doorwortelbare ondergrond en een diepe grondwaterspiegel (ook proefbedrijf 'De Marke' ligt op dergelijke grond). De hernieuwde belangstelling is te verklaren uit het terughoudend gebruik van meststoffen, water en bestrijdingsmiddelen, voortvloeiend uit milieuwetgeving (MINAS, Meerjarenplan Gewasbescherming, anti-verdrogingsbeleid). Wisselbouw lijkt dus vooral belangrijk onder omstandigheden die voor akkerbouw problematisch zijn. Wisselbouw is echter niet altijd verantwoord, met name niet als de grond te nat is (veen, beekdalen) of te zwaar voor bewerking (komklei). Dan heeft blijvend grasland de voorkeur.

2.2 Grasland-effecten

Uit het citaat uit de Winkler Prins blijkt een verschil van mening met betrekking tot de gevolgen van wisselbouw voor de opbrengst van grasland. Het is evident dat (her)inzaai van grasland ertoe leidt dat opbrengstvorming enige tijd onmogelijk of beperkt wordt, omdat zonlicht onvoldoende kan worden onderschept door het ontbreken van een bladerdek. Inzaaien en de vorming van een zode na inzaai kosten immers tijd. Wil tijdelijk grasland beter produceren dan blijvend grasland, dan moet deze groeireductie later worden ingelopen. Dat kan als de omstandigheden zijn verbeterd, door betere bodemcondities (in fysische, chemische of biologische zin) of betere grassoorten en rassen. Als dat niet het geval is, omdat er sprake was van goed oud grasland, dan is het aannemelijk dat de 'schade' niet meer wordt goedgeemaakt.

Grasland dat na een bouwlandperiode is ingezaaid reageert anders dan jong grasland na herinzaai. Bekend is dat de slagingskans van inzaai groter is na een bouwlandperiode, door minder wegval van kiemplanten (Reheul, persoonlijke mededeling). In de regel is de opbrengst van jong grasland na een akkerbouwperiode dan ook groter dan na herinzaai (Hoogerkamp, 1974). Dus ook bij grasland speelt uitzielen van de bodem wellicht een rol. Op drogere grond is het van belang dat tijdelijk grasland de eerste jaren na inzaai dieper kan wortelen, door een lossere bouwvoor en de aanwezigheid van voedingsstoffen in diepere lagen. Daardoor is jong grasland minder gevoelig voor droogte. Ook de betere verdeling van organische stof over de bewortelbare bodemlagen, waardoor de sponswerking ervan verbetert, is in dit opzicht positief.

In beweid blijvend grasland kan gemakkelijk een bont bodemvruchtbaarheidspatroon ontstaan door mestflaten. In een wisselbouwsituatie wordt de grond door menging homogener.

Omdat bij inzaai de nieuwste rassen kunnen worden gekozen, kan geprofiteerd worden van de veredelingsinspanningen (droge-stofopbrengst en voederwaarde, benutting meststoffen). In een wisselbouwsituatie kan de rol van klaver worden vergroot. Klaver heeft de neiging zich te concentreren op plekken. Dat maakt bemesten moeilijk (moet ik de mestgift afstemmen op de klaverplekken of op de grasplekken?). Bovendien is klaver gevoelig voor bodemgebonden ziekten. In een wisselbouwsituatie neemt de ziektedruk in de akkerbouwfase af en kan bij inzaai de klaver opnieuw worden verdeeld. Net als bij bouwland zijn bij grasland in een wisselbouwsituatie in de regel minder herbiciden nodig. Blijvend grasland op de lichtere zandgronden is in de regel na drie tot zes jaar 'versleten' (Aarts *et al.*, 2002) en de zode moet worden doodgespoten voordat herinzaai kan plaats vinden. Tussentijds wordt in de regel ook nog gespoten tegen dicotyle onkruiden (met name paardebloem). In het algemeen is de kans op het lostrekken van de zode tijdens beweiding groter bij blijvend grasland dan bij tijdelijk grasland. Dat kan verklaard worden uit de minder diepe beworteling en het hogere organische-stofgehalte van de bovenste lagen van de bodem, waardoor de verankering van planten in de bodem minder is. De grote hoeveelheid dood materiaal in de bovenlaag (vervilting) kan ook verantwoordelijk zijn voor kwaliteitsverlies van het gras in het najaar: het gewas gaat muf ruiken en wordt minder gretig begraasd.

Ook voor grasland geldt dat de positieve effecten van wisselbouw groter zijn naarmate de natuurlijke omstandigheden voor grasland slechter (droge zandgrond) en de correctiemogelijkheden (bemesting, beregening, bestrijdingsmiddelen) geringer zijn (eisen milieu). In tegenstelling tot bij bouwland is een hogere opbrengst bij wisselbouw-grasland niet vanzelfsprekend. Dat geldt met name als de omstandigheden zodanig zijn dat het grasland niet periodiek hoeft te worden gescheurd vanwege een teruglopende zodekwaliteit. Naast het eerder genoemde effect van het tijdelijk onmogelijk zijn van fotosynthese is een lagere opbrengst ook verklaarbaar uit het feit dat een deel van de toegediende meststoffen na inzaai moet worden geïnvesteerd in de opbouw van een zode, en daardoor niet beschikbaar is voor de vorming van oogstbare delen. Deze in stoppels en wortels geïnvesteerde meststoffen komen overigens in de bouwlandfase in principe weer beschikbaar, door afbraak van organische stof.

2.3 Milieu-effecten

Hierboven zijn de mogelijke landbouwkundige effecten van wisselbouw besproken. Maar voor een bedrijf als 'De Marke' zijn de gevolgen voor het milieu minstens zo belangrijk. 'De Marke' hanteert immers zeer stringente voorwaarden met betrekking tot effecten van de bedrijfsvoering op de milieukwaliteit, vooral door het verlies van stikstof- en fosforverbindingen (vermesting en verzuring), de verspreiding van biociden en waterverbruik (verdroging). In vergelijking met oud gras- of bouwland vertoont de hoeveelheid minerale stikstof die jaarlijks door

mineralisatie vrijkomt, in een wisselbouwsituatie relatief sterke schommelingen. Vooral in het eerste jaar na scheuren kan het niveau hoog zijn door versnelde afbraak van organische stof die zich onder grasland heeft opgehoopt. Hoe groot het nitraatverlies daardoor zal zijn hangt af van de mate waarin de gemineraliseerde stikstof kan worden opgevangen. Dat hangt weer af van het tijdstip van scheuren en van de keuze, bemesting en teelt van het volggewas. Verondersteld mag worden dat het wortelstelsel van gewassen in een wisselbouwsituatie conditioneel sterker is dan bij continueelt (Scholte & 's Jacob, 1983; Scholte, 1987; Schröder *et al.*, 1989). Bij onoordeelkundig handelen (extreem voorbeeld: na acht jaar scheuren in de herfst, bemesting niet corrigeren voor hogere mineralisatie, geen vanggewas na maïs) zal wisselbouw slechter zijn voor het milieu dan continueelt. Bij goed management zal dit waarschijnlijk beter zijn. Het is zelfs de vraag of milieuverantwoorde continueelt van maïs op lichte zandgrond mogelijk is. Aannemelijk is immers dat het gehalte aan organische stof in de bodem afneemt als het gebruik van drijfmest sterk moet worden beperkt.

Onderzoek op Aver Heino (Schröder *et al.*, 1996; Schröder, 1999) wijst uit dat continueelt van snijmaïs, indien gecombineerd met een wintergewas, op zichzelf wel te verenigen is met een nitraatgehalte van 50 mg l⁻¹. Wel moet daartoe de mestgift verlaagd worden tot circa 160 kg N-totaal ha⁻¹ jr⁻¹ (circa 33 m³ rundveedrijfmest). Het onderzoek op Aver Heino duurde zeven jaar, waarmee niet nagegaan kan worden of met dergelijke verlaagde giften een wissel getrokken wordt op de bodemvruchtbaarheid op lange termijn. Uit een recente simulatiestudie op basis van een vierjarige veldproef op 'De Marke' blijkt dat de bodemvruchtbaarheid en maïsoptbrengsten bij giften van 120 kg N-totaal, bij continueelt niet zijn te handhaven (Schröder *et al.*, 2001).

Zoals eerder vermeld zal op lichtere zandgrond herinzaai van 'blijvend' grasland in de regel soms nodig zijn. Herinzaai van oud grasland is riskant, omdat door de grotere hoeveelheid organische stof meer minerale N vrij zal komen dan in een wisselbouwsituatie, waarin relatief jong grasland wordt gescheurd en het organische-stofgehalte van de bodem lager is. Dat stelt hoge eisen aan het management. Bij traditioneel landbouwkundig goed maar milieukundig slecht management (inzaaien in de herfst, bemesting bij herinzaai) of ongunstige weersomstandigheden, die de vorming van de nieuwe grasmat vertragen of minerale stikstof te snel doen uitspoelen, zal herinzaai leiden tot forse verliezen van nitraat. Bij continu bouwland op lichte zandgrond zal het waterbergend vermogen door het lage organische-stofgehalte zo gering zijn dat een korte regenperiode al kan leiden tot inspoeling van nitraat tot onder de bewortelbare zone. Bij continu grasland kan de sterke concentratie van wortels in de bovenste lagen van de bodem tot een vergelijkbaar effect leiden. Door een geringere droogtegevoeligheid van gewassen in een wisselbouwsituatie (hoger vochthoudend vermogen bodem, gezondere wortels en een diepere beworteling) hoeft minder vaak te worden beregend.

Omdat klaver in een wisselbouwsituatie een grotere bijdrage kan leveren aan de stikstofvoorziening kan de hoeveelheid kunstmest worden beperkt. Hierdoor zullen ook de aanvoer van zware metalen en het indirecte energieverbruik afnemen. Met betrekking tot herbiciden geldt dat er bij een goed wisselbouwsysteem in het grasland geen middelen nodig zijn. Dit geldt in de regel bij continu grasland wel, zeker bij herinzaai. In de bouwlandfase zal de onkruidbestrijding minder lastig zijn, omdat de onkruidpopulatie zich minder snel aanpast aan gewas en gebruikte bestrijdingsmiddelen. Een lastige onkruidpopulatie leidt in de regel tot een grotere behoefte aan herbiciden, of tot de noodzaak gebruik te maken van agressievere herbiciden. Belangrijk is ook dat de grond in de graslandfase de kans krijgt de herbiciden af te breken die bij de teelt van maïs zijn gebruikt, waardoor de microflora en -fauna zich kunnen herstellen. De kans dat insecticiden nodig blijken is in blijvend grasland groter dan in tijdelijk grasland, omdat de levenscyclus van bepaalde soorten insecten onvoldoende spooft met de fasen in een wisselbouwsysteem.

3 Effecten van wisselbouw, gekwantificeerd voor ‘De Marke’

In dit hoofdstuk wordt nagegaan in hoeverre de in het vorige hoofdstuk besproken denkbare effecten van wisselbouw ook werkelijk op ‘De Marke’ naar voren kwamen in de periode 1993-2000. Om blijvend en tijdelijk grasland te kunnen vergelijken zijn de percelen geselecteerd met overeenkomstige bodemkenmerken, berekeningsmogelijkheden en beweidingintensiteit. Het zijn de percelen blijvend grasland (5 percelen, totaal 9 ha) en de percelen van de huiskavel (13 percelen, in totaal 24 ha), vrij kort achter de stal (percelen 1-15 en K1-K3). De percelen zijn zeer uitspoelingsgevoelig en vrijwel allemaal sinds 1989 in gebruik. Voor de percelen van de huiskavel geldt een wisselbouwsysteem van drie jaar gras gevolgd door drie jaar maïs. De percelen blijvend grasland werden gemiddeld na zes jaar opnieuw ingezaaid, omdat de kwaliteit van de zode te sterk was afgenomen. Dat is iets minder frequent dan in de praktijk. Omdat niet alle percelen even groot zijn en het aantal wisselbouwpercelen geen veelvoud van zes is (aantal jaren van één wisselbouwrondte) zijn de arealen van de gewassen (eerstejaars gras, tweedejaars gras, etc.) niet elk jaar gelijk. De verschillen zijn echter betrekkelijk gering. Blijvend maïsland komt op ‘De Marke’ niet voor. Met behulp van de resultaten van het vruchtwisselingsonderzoek te Gent (Nevens & Reheul, 2000; 2002a,b,c) en Cranendonck (Van Dijk, 1999; Van Dijk *et al.*, 1996) zijn de prestaties van continu maïs geschat vanuit de prestaties van de wisselbouwmaïs van ‘De Marke’.

3.1 Opbrengst gewassen

De gemiddelde netto droge-stofopbrengst van tijdelijk grasland (9.533 kg ha^{-1} , gemeten als de som van ingekuuld gras en door het vee opgenomen weidegras) bleek 4,5 % hoger dan van blijvend grasland (9.125 kg ha^{-1}). De N- en P-opbrengsten van tijdelijk grasland zijn op ‘De Marke’ respectievelijk 3 en 12 % hoger dan die van blijvend grasland. Weliswaar bracht eerstejaars tijdelijk gras 7 % minder droge stof op dan blijvend grasland, maar dit werd meer dan gecompenseerd door de opbrengst van tweede- en derdejaars grasland in wisselbouw (figuur 2). Eerstejaars gras bracht 16 % minder op dan tweedejaars gras en 14 % minder dan derdejaars gras. In het onderzoek te Cranendonck werd in het eerste jaar na (her)inzaai in het voorjaar een opbrengstreductie van 16 % vastgesteld (Van Dijk *et al.*, 1966).

Tabel 2 Netto opbrengsten gewassen (kg ha^{-1}); voor continu gras en wisselbouw gras en maïs zijn het de gerealiseerde gemiddelde resultaten van ‘De Marke’ in de periode 1993-2000. De opbrengsten van continu maïs zijn berekend, omdat continu maïs niet voorkomt op ‘De Marke’

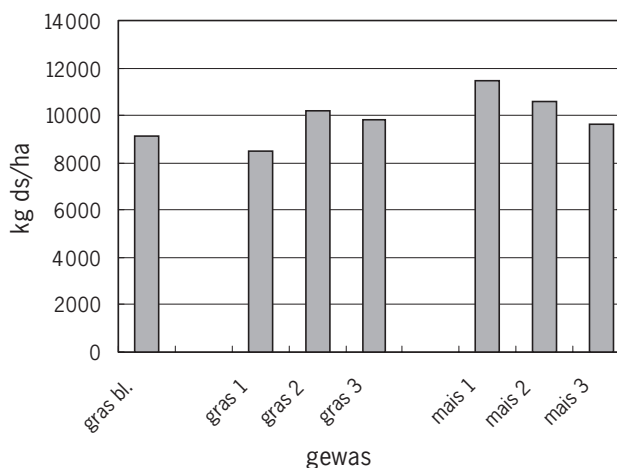
	Continu			Wisselbouw (3:3)		
	Gras	Maïs	Gem.	Gras	Maïs	Gem.
Droge stof	9.125	9.190	9.156	9.533	10.812	10.173 (+10 %)
N	296	109	203	304	129	217 (+7 %)
P ₂ O ₅	81	40	61	91	47	69 (+13 %)

Het N-bemestingsniveau van tijdelijk grasland was gemiddeld 28 kg ha^{-1} (12 %) hoger dan van blijvend grasland ($230 \text{ kg werkzame N}$), omdat in het jaar van inzaai een toeslag werd gegeven voor zodevorming. Aan het geven van die toeslag is inmiddels een einde gekomen, waardoor het bemestingsniveau van tijdelijk en blijvend grasland nu gelijk is. De gangbare opvatting is dat in het traject van 350 kg naar 250 kg op de drogere zandgronden een opbrengstreductie ontstaat van 10 %, dus gemiddeld 1 % per 10 kg. Omdat het effect op de opbrengst toeneemt naarmate de bemesting meer wordt verlaagd mag worden verondersteld dat een 28 kg lagere bemesting van het tijdelijke grasland tot 4 à 5 % opbrengstreductie leidt. Bij een gelijk bemestingsniveau zal tijdelijk grasland in dat geval evenveel opbrengen als blijvend grasland. Dat stemt overeen met de resultaten die in Gent zijn behaald: bij een gelijke bemesting (250 kg N ha^{-1}) bleken de droge-stofopbrengsten van tijdelijk en blijvend grasland gelijk.

De stringente milieuvorwaarden van ‘De Marke’ maken het onmogelijk de nadelige effecten van continueelt maïs (op de kwaliteit van de bodem en op het functioneren van het wortelstelsel) te corrigeren met hoge drijfmestgiften (waarin organische stof), aanvullende kunstmestgiften, intensieve beregening of pesticiden. Aannemelijk is dat

maïs op lichte zandgrond bij beperkingen ten aanzien van het meststofgebruik minstens 15 % minder opbrengt (Nevens & Reheul, 2002b). De opbrengst van de wisselbouw-maïs van 'De Marke' was gemiddeld 10.812 kg ha⁻¹. Bij continueelt zou de opbrengst bij die aanname 9.190 kg ha⁻¹ bedragen. De scherpe daling van de opbrengst van de maïs met de lengte van de bouwlandfase wijst ook in die richting (figuur 2). Eerstejaars maïs produceert 11.443 kg droge stof, tweedejaars 10.640 kg (-7 %) en derdejaars slechts 9.630 kg (-16 %). De stikstofopbrengsten zijn respectievelijk 142, 123 (-13 %) en 110 kg N (-22 %). Dergelijke opbrengsteffecten werden ook gevonden in Cranendock. Het verhogend effect van het tussengewas gras, dat in die proef niet teniet kon worden gedaan door extra te bemesten, was vooral het eerste jaar na scheuren merkbaar. Ook in het tweede en derde jaar was dit merkbaar. Het effect bleef langer bestaan naarmate de grasperiode langer was en bedroeg 3 tot 35 %. Het grootste effect trad op in de jaren dat de maïs uitsluitend met kunstmest was bemest. De onderzoekers vermoeden daarom dat de belangrijkste oorzaak ligt bij de organische-stofvoorziening van de bodem (Van Dijk *et al.*, 1996; Van Dijk, 1999). Nevens & Reheul (2002a) konden door ruime bemesting het wisselbouweffect op de droge-stofopbrengst reduceren tot 2 %, het effect op de N-opbrengst bleef daarentegen groot (15 %).

Figuur 2 Opbrengsten blijvend en tijdelijk grasland en maïs in relatie tot plaats in de rotatie (1 = eerste jaar, 2 = tweede jaar, 3 = derde jaar). Gemiddelde resultaten van 'De Marke' in de periode 1993-2000



Het is overigens speculatief om te veronderstellen dat een duurzame continueelt maïs onder de omstandigheden en bij de doelstellingen van 'De Marke' praktisch haalbaar is. Bij de veronderstelde droge-stofopbrengst is de fosfaatopbrengst 40 kg ha⁻¹ (4,35 gr kg⁻¹ droge stof, gemiddelde maïs wisselbouw), de N-opbrengst 109 kg ha⁻¹ (11,9 gr kg⁻¹). Op basis van de samenstelling van de drijfmest op 'De Marke' (per 1000 kg 75 kg organische stof, 3,5 kg N en 1,1 kg fosfaat) kan bij fosfaatevenwichtsbemesting per ha 36,4 ton drijfmest worden uitgereden, waarin 2.727 kg organische stof. Ook als een nagewas wordt geteeld zal de toevoer van organische stof te gering zijn om het organische-stofgehalte van de bodem op peil te houden (zie 3.3). Ook het nagewas gaat op den duur slechter groeien, onder meer door afnemende mineralisatie, zoals op 'De Marke' duidelijk kan worden waargenomen op de veldkavel, waar de akkerbouwperiode vijf jaar is. Een dalend organische-stofgehalte maakt de grond nog kwetsbaarder voor nitraatuitspoeling, waardoor de bemesting verder moet worden beperkt, de groei van maïs en vanggewas nog verder zal afnemen en de organische-stofvoorziening nog geringer wordt. Een vicieuze cirkel dreigt.

Hoewel de bemestingsniveaus van 'De Marke' 40 % lager zijn dan die van vergelijkbare praktijkbedrijven is de netto gewasopbrengst 10 % hoger (in eenheden energie, berekend door van de behoeften van de veestapel de hoeveelheid aangekochte energie af te trekken; Aarts, 2000). Uit tabel 2 blijkt dat de verschillen in gemiddelde gewasopbrengsten bij continueelt en wisselbouw aanzienlijk zijn. Het is daarom aannemelijk dat de relatief hoge netto voerproductie van 'De Marke' niet alleen veroorzaakt wordt door een groter maïsareaal (hogere energieopbrengst dan gras), maar ook door het wisselbouwsysteem.

De gevoeligheid van maïs voor stressfactoren, zoals droogte en verdichte bodem door wioldruk, is bij continueelt van maïs groter dan bij wisselbouw (Nevens & Reheul, 2002b). Opvallend is dat fosfaatgebrek in maïs

aanvankelijk op 'De Marke' een groot probleem was, maar in de loop van de jaren sterk aan betekenis heeft ingeboet, ondanks een verder dalende fosfaattoestand van de bodem. Zowel bij grasland als bij maïs is de kans op het voortijdig afsterven van het gewas door droogte bij continueelt het grootst, door een combinatie van de geringere sponswerking van de bodem en een minder vitaal wortelstelsel.

3.2 Bemesting

In tabel 3 staat de bemesting die in de periode 1993-2000 is gerealiseerd bij blijvend grasland en van het gras- en bouwland in wisselbouw. Omdat 'De Marke' geen continueelt maïs kent wordt de bemesting ervan als volgt geschat. Omdat de fosfaatbemesting niet meer mag zijn dan de gewasonttrekking (evenwichtsbemesting, tabel 2), is er ruimte voor 36,4 m³ ha⁻¹ drijfmest (1,1 kg fosfaat m⁻³). Hierin zit 127 kg N (tabel 3). Voor het bouwland van 'De Marke' is berekend dat 19 kg N ha⁻¹ denitrificeert (Aarts *et al.*, 2001b). De verdamping door het gewas bedraagt 287 mm (inclusief verdamping nagewas; Aarts, 2000). Bij een neerslaghoeveelheid van 760 mm (gemiddelde Nederland) is de toevoer naar het grondwater 473 mm. Bij het maximum toelaatbare nitraatgehalte van 50 mg per liter zit daarin 54 kg nitraat-N. Met het gewas wordt 109 kg van het veld afgevoerd (tabel 2). De aanvoer als depositie is 49 kg N. Voor een langere periode moet de afvoer (gewas, denitrificatie, uitspoeling) gelijk zijn aan de aanvoer (drijfmest, depositie, kunstmest): 109+19+54=127+49+kunstmest. Er is dan ruimte voor 6 kg kunstmest-N bij continu maïsteelt.

Tabel 3 Bemesting gewassen (kg ha⁻¹); voor continu gras en wisselbouw gras en maïs zijn het de gerealiseerde gemiddelde resultaten van 'De Marke' in de periode 1993 t/m 2000. De mestgiften van continu maïs zijn berekend, omdat continu maïs niet voorkomt op 'De Marke'

	Continu			Wisselbouw (3:3)		
	Gras	Maïs	Gem.	Gras	Maïs	Gem.
Drijfmest						
- m ³	54,0	36,4	45,2	77,1	19,7	48,4
- N-totaal	189	127	158	270	69	170
- N-werkzaam	95	77	86	137	42	90
- P ₂ O ₅	56	40	48	81	21	51
N-kunstmest	135	6	71	121	0	61
P-kunstmest	0	0	0	0	0	0

Op blijvend grasland wordt 54 m³ ha⁻¹ drijfmest uitgereden. Een hoger niveau zou leiden tot een fosfaatoverschot. In de drijfmest zit weliswaar minder fosfaat dan het gewas aan de bodem onttrekt, maar er zit ook fosfaat in de mest die tijdens beweiding wordt uitgescheiden. Op tijdelijk grasland wordt jaarlijks 77 m³ ha⁻¹ uitgereden, waardoor de fosfaataanvoer groter is dan de onttrekking. Dat wordt gecompenseerd door in de bouwlandfase 19,7 m³ uit te rijden in plaats van de 42,7 m³ die de gewasonttrekking rechtvaardigt. Het blijvende en het tijdelijke grasland ontvangen daarnaast respectievelijk 135 en 121 kg N ha⁻¹ als kunstmest, waardoor het bemestingsniveau op 230 en 258 kg N ha⁻¹ komt (exclusief mest weidende dieren). Wisselbouw maïs krijgt geen kunstmest-N omdat de extra stikstof die vrijkomt uit de verterende graszode en Italiaans raaigras voldoende aanvullend is op de bemesting met drijfmest. Uit het onderzoek op Cranendonck (Van Dijk, 1999) komt naar voren dat door een ondergeploegde graszode in het eerste jaar 80-100 kg N ha⁻¹ op bemesting kan worden bespaard, het tweede en derde jaar 30 tot 40 kg. De duur van de grasperiode bleek niet van invloed op die besparing. Nevens & Reheul (2002a) vonden besparingsmogelijkheden van respectievelijk 124, 81 en 52 kg N ha⁻¹. Proefbedrijf 'De Marke' rekent met een nawerking van 90 kg N in het eerste jaar en 45 kg en 34 kg in het tweede en derde jaar. Voor ondergeploegd Italiaans raaigras (stoppelgewas) wordt de bemestende waarde op 25 kg N geschat. Het bemestingsniveau van de wisselbouw maïs van 'De Marke' bedraagt 100 kg N ha⁻¹ (veronderstelde werkzame N in drijfmest + veronderstelde nawerking graszode + veronderstelde nawerking

vanggewas; Biewinga *et al.*, 1992). Dat is iets lager dan dat bij continueelt (108 kg in drijfmest, kunstmest en nawerking vanggewas).

Bij de milieurestricties die 'De Marke' hanteert zijn de mogelijkheden om drijfmest aan te wenden in een wisselbouwsituatie 7 % groter en is de benodigde hoeveelheid kunstmest-N 14 % geringer. De bijdrage van eigen mest in de stikstofbemesting bedraagt bij wisselbouw daardoor 60 % ten opzichte van 55 % bij continueelt.

3.3 Bodemkwaliteit

Verondersteld mag worden dat verschillen in bodemkwaliteit tussen wisselbouw en continueelt, vooral worden veroorzaakt door verschillen in toevoer van organische stof of door verschillen in intensiteit van grondbewerking. Grondbewerking kan bodemverdichting opheffen die is ontstaan door wioldruk en beweiding (de druk die koeienhoeven uitoefenen bedraagt ongeveer 5 kg cm²). Met name humusarme zandgrond verdicht gemakkelijk. De effecten op bodemgebonden ziekten en plagen blijven hier buiten beschouwing.

Bemestingsstrategie 'De Marke'

'De Marke' probeert de mest van het vee zo goed mogelijk als meststof te benutten. Dat beperkt de behoefte aan kunstmest en verbetert de mineralenbalans. Jaarlijks wordt per perceel de meststofbehoefte vastgesteld, waarbij rekening wordt gehouden met gewassoort en bodemeigenschappen. Het bemestingsniveau van grasland is ongeveer 250 kg N ha⁻¹, van maïs 100 kg N ha⁻¹. De werkelijke bemesting van maïs is geringer, omdat de stikstof die vrijkomt door afbraak van de ondergeploegde graszode en groenbemester ook als meststof wordt ingerekend. Door de afnemende nawerking van de graszode neemt de behoefte aan stikstofmeststof toe met de duur van de bouwlandfase.

Over een lange periode gerekend mag de fosfaatbemesting niet groter zijn dan de afvoer als gewas (evenwichtsbemesting). Fosfaat is weinig uitspoelingsgevoelig, zodat een tijdelijk overschot of tekort niet problematisch is. In de bouwlandfase is de afvoer als gewas groter dan de aanvoer met drijfmest, in de graslandfase wordt daarom meer fosfaat als drijfmest toegediend dan het gras kan opnemen. Door deze aanpak kan de maïs worden geteeld zonder gebruik te maken van kunstmest. Door de extra drijfmestgift op tijdelijk grasland is ook de aanvoer van stikstof groter, waardoor minder kunstmeststikstof nodig is dan op blijvend grasland (met evenwichtsbemesting). Er wordt alleen bemest tussen midden maart en begin augustus, omdat de kans op nitraatuitspoeling buiten deze periode te groot is. Het kunstmestgebruik van 'De Marke' is 70 % (N) en 100 % (fosfaat) lager dan dat van vergelijkbare praktijkbedrijven in het midden van de jaren negentig.

In tabel 4 staat de organische-stoftoevoer naar de bodem, en de gevolgen daarvan voor het organische-stofgehalte. Verondersteld is dat een nateelt Italiaans raaigras in een wisselbouwsituatie 1.000 kg droge stof meer produceert dan bij continueelt, omdat de mineralisatie in nazomer en herfst sterker is en de beschikbaarheid van minerale N de groei dan limiteert. Italiaans raaigras produceert dan ook minder naarmate de akkerbouwperiode van het wisselbouwsysteem langer is. Het percentage organische stof in de bodem is berekend als 15 maal de jaarlijkse aanvoer (zie hoofdstuk 2), bij een bouwvoordikte van 30 cm en een dichtheid van 1,33 kg dm³. Duidelijk is dat bij continueelt grote verschillen ontstaan tussen het organische-stofgehalte van de bodem van grasland en bouwland. Voor het deel van het bedrijf waar continu maïs wordt geteeld wordt een zeer laag gehalte berekend, waardoor water en voedingsstoffen slecht zullen worden vastgehouden. Bij continueelt gras is het gemiddelde organische-stofgehalte weliswaar hoog maar de verdeling van de organische stof over de bouwvoor is heterogeen (bevindt zich vooral bovenin). Analyses van de bodem van 'De Marke' geven aan dat de waarde van de verhouding tussen C en N 17,4 bedraagt. Organische stof bevat 58 % C. Op basis hiervan is de bodemvoorraad organische N berekend, uitgaande van de in tabel 4 veronderstelde eindtoestand met betrekking tot het organische-stofgehalte. In 1990 was het gehalte van de percelen die voor wisselbouw gebruikt zouden gaan worden 4,99 %, van de blijvend graslandpercelen 5,02 %. Het gehalte was in de uitgangstoestand dus vrijwel gelijk. Bij gebruik als wisselbouw nam het gehalte af tot 4,35 % (gemiddelde van 1999 en 2000), het gehalte bij gebruik als blijvend grasland nam iets toe tot 5,17 %. De gemeten organische-stofgehalten zijn dus lager dan de berekende gehalten in de eindsituatie. Het is waarschijnlijk dat een grotere ploegdiepte heeft geleid tot vershraling van de bouwvoor, door het bijmengen van organische-stofarme ondergrond. Gezien de traagheid van bodemprocessen moet verondersteld worden dat het organische-

stofgehalte van de bodem van 'De Marke' nog niet in evenwicht is. Het verschil tussen blijvend grasland en wisselbouw bedraagt 0,82 % (5,17-4,35). Als we wisselbouw denkbeeldig splitsen in een 'blijvend'-graslanddeel met 5,17 % dan zou het bouwlanddeel 3,53 % moeten bedragen om gemiddeld op 4,35 % uit te komen. Ook dit wijst erop dat continu maïsteelt leidt tot lage organische-stofgehalten in de bodem.

Tabel 4 Organische-stoftoevoer bodem (kg ha⁻¹) en de berekende gevolgen voor het organische- stofgehalte van de bodem en voor de hoeveelheid organische N (kg ha⁻¹)

	Continu			Wisselbouw (3:3)		
	Gras	Maïs	Gem.	Gras	Maïs	Gem.
Drijfmest	4.100	2.700		5.800	1.500	
Mestflatten	2.600			2.600		
Stoppels/wortels	7.500	2.500		7.500	2.500	
Oogst-/beweidingsverlies	1.500	500		1.500	500	
Vanggewas		2.000			3.000	
<i>Totaal</i>	<i>15.700</i>	<i>7.700</i>	<i>11.700</i>	<i>17.400</i>	<i>7.500</i>	<i>12.450</i>
Org. stof bodem (%)	5,9	2,9	4,4			4,7
Org. N in bodem	7.850	3.850	5.850			6.225

3.4 Berekening

Via de invloed op het organische-stofgehalte van de bodem heeft wisselbouw invloed op het vochtleverend vermogen, en dus indirect ook op de beregeningsbehoefte. 'De Marke' beregent alleen als door droogte de gewassen dreigen af te sterven, of de grasgroei zodanig afneemt dat (beperkte) grasopname tijdens beweiding niet meer mogelijk is. Als gevolg van dit restrictief beleid en een groter aandeel maïs (minder droogtegevoelig) wordt 21 % minder beregend dan op een gangbaar bedrijf (Aarts *et al.*, 2000).

De beregeningsbehoefte van wisselbouw grasland is iets lager dan die van blijvend grasland, die van wisselbouw maïs veel lager (tabel 5). Continueelt maïs komt op 'De Marke' niet voor; de beregeningsbehoefte moet dus theoretisch benaderd worden. Het vochtbergend vermogen van bouwland is in een wisselbouwsituatie 27 mm groter dan bij continueelt (4 liter vochtberging per kg organische stof; hoeveelheid organische stof 15 keer de jaarlijkse aanvoer, tabel 4). Daardoor zal bij continueelt gemiddeld jaarlijks minimaal één beregeningsbeurt extra nodig zijn om het gewas te laten overleven. Het probleem bij beregenen is dan dat het vochtbergend vermogen bij continueelt van maïs door het lage organische-stofgehalte zo laag is dat de kans op uitspoeling van nitraat tot onder de wortelzone te groot is, zeker bij de gebruikelijke giften (slechte verdeling beregeningswater, kans op regenbui na beregenen). Ten opzichte van continueelt beperkt wisselbouw van gras en maïs de beregeningsbehoefte gemiddeld met 15 mm.

Tabel 5 Berekening (mm), gemiddeld over 1993-2000, in het jaar waarin het meest werd berekend ('droogst', 1996), in het op één na droogste jaar (1995) en in het jaar dat het minst werd berekend ('minst droog', 1999). Voor continu gras en wisselbouw gras en maïs zijn het de gerealiseerde resultaten. De berekeningsbehoefte van continu maïs is berekend, omdat continu maïs niet voorkomt op 'De Marke'

	Continu			Wisselbouw (3:3)		
	Gras	Maïs	Gem.	Gras	Maïs	Gem.
Gemiddeld	80	42	61	76	15	46
Droogst	177			163	33	98
Op één na droogst	147			143	30	87
Minst droog	10			20	0	10

3.5 N-bodembalans

In tabel 6 staat de bodembalans voor N. De depositie is gebaseerd op een schatting van RIVM voor de regio; de aanvoer door klaver is berekend uit het klaveraandeel in de totale droge-stofopbrengst (Aarts, 2000). De toedeling van het overschot naar ammoniakverlies is conform de voor 'De Marke' vastgestelde verliespercentages voor vervluchtiging uit mest. De denitrificatie bij bouw- en grasland is gebaseerd op Aarts *et al.* (2001b).

Tabel 6 N-bodembalans en toedeling van het overschot (kg ha⁻¹). Voor continu gras en wisselbouw gras en maïs zijn het de gerealiseerde resultaten. De balansposten van continu maïs zijn berekend, omdat continu maïs niet voorkomt op 'De Marke'

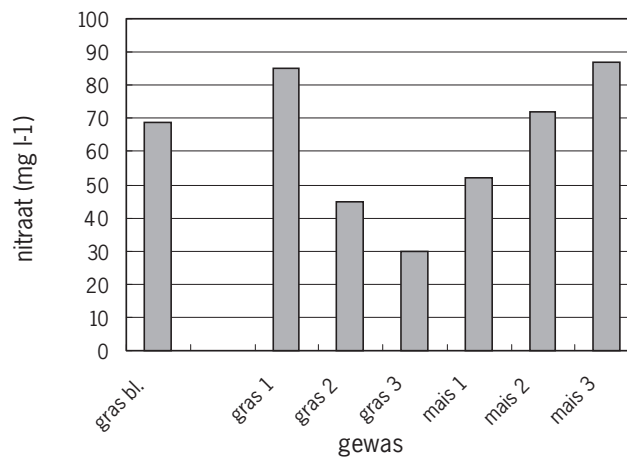
	Continu			Wisselbouw (3:3)		
	Gras	Maïs	Gem.	Gras	Maïs	Gem.
Aanvoer						
Drijfmest	189	127	158	270	69	170
Weidemest	120	0	60	120	0	60
Kunstmest	135	6	71	121	0	61
Klaver	18	0	9	11	0	6
Depositie	49	49	49	49	49	49
Afvoer						
Gewas	296	109	203	304	129	217
Overschot	215	73	144	267	-11	129
- Vervl. ammoniak	18	2	10	22	1	11
- Denitrificatie	39	19	29	39	19	29
- Accumulatie/uitsp.	158	52	105	206	-31	89

Het overschot van tijdelijk grasland is hoog door de grote aanvoer van drijfmest, dat van tijdelijk maïsland negatief door de geringe bemesting. Gedurende de graslandfase daalt het overschot naarmate het grasland ouder wordt. Voor maïs geldt het tegenovergestelde: het overschot neemt toe met de duur van de bouwlandfase (Aarts *et al.*, 2001b). Per saldo is het overschot in een wisselbouwsituatie 15 kg N ha⁻¹ lager dan bij continueelt, als gevolg van een geringere aanvoer met meststoffen en een grotere afvoer met het gewas.

3.6 Nitraatuitspoeling

Op 'De Marke' wordt elk najaar door het RIVM op een groot aantal plaatsen het nitraatgehalte van het bovenste grondwater gemeten. In figuur 3 zijn de belangrijkste resultaten samengevat van de percelen die voor de analyse van wisselbouweffecten zijn gebruikt. Het nitraatgehalte onder blijvend grasland is gemiddeld 69 mg l⁻¹. Het gehalte onder tijdelijk grasland is gemiddeld 53 mg l⁻¹, maar neemt sterk af met de ouderdom van het grasland (respectievelijk 85 mg l⁻¹, 45 mg l⁻¹ en 30 mg l⁻¹ in de opeenvolgende jaren). Bij maïs geldt het omgekeerde: het gehalte neemt toe naarmate langer maïs is geteeld (respectievelijk 52 mg l⁻¹, 72 mg l⁻¹ en 87 mg l⁻¹). Het gemiddelde gehalte onder maïs is 70 mg l⁻¹. Het nitraatgehalte in een wisselbouwsituatie heeft daardoor een cyclisch patroon met 62 als evenwichtswaarde. Om gemiddeld op een gelijk niveau te komen met wisselbouw zou het nitraatgehalte van continu maïs 55 mg l⁻¹ moeten bedragen (gemiddelde van 69 en 55 is 62). Het cyclisch patroon bij wisselbouw spoort met het eerder gesignaleerde cyclisch patroon in N-overschot. Bij de berekening van het N-overschot wordt geen rekening gehouden met mutaties in de bodemvoorraad organische N. Die kunnen met name in een wisselbouwsituatie aanzienlijk zijn door de netto afbraak of opbouw van de voorraad organische stof. Als daar wel rekening mee zou worden gehouden is de overeenkomst tussen overschot en nitraatgehalte vermoedelijk niet meer aanwezig.

Figuur 3 Nitraatgehalte onder blijvend grasland en onder tijdelijk grasland en maïs in relatie tot plaats in de rotatie (1 = eerste jaar, 2 = tweede jaar, 3 = derde jaar), gemiddeld over de periode 1993-2000

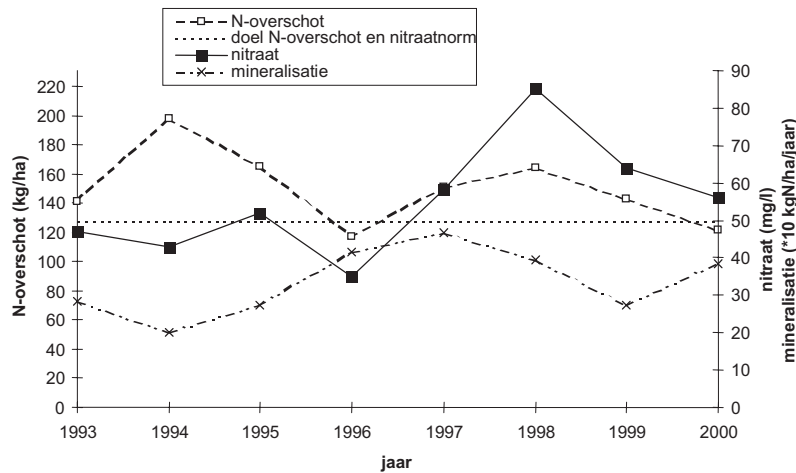


3.7 Economie

Door De Haan (2001) is het economisch effect verkend van een aantal maatregelen die 'De Marke' heeft genomen om milieudoelen te realiseren. Ten opzichte van continue teelt deed wisselbouw het netto bedrijfsresultaat met 136 Euro (2,3 Euro ha⁻¹) dalen en de arbeidsopbrengst met 909 Euro (16,4 Euro ha⁻¹). Het N-overschot daalde door wisselbouw met 3 kg ha⁻¹, maar aan dat effect werd geen economische waarde toegekend. Er werd ook geen rekening gehouden met de geringere beregeningsbehoefte (-15 mm). Bij de berekeningen werd uitgegaan van een 4 % hogere opbrengst van maïs bij wisselbouw, een lager percentage dan in deze studie (15 %), en van een reductie in de grasopbrengst van 5 tot 6 % (vergeleken met blijvend grasland). De werkelijke resultaten van 'De Marke' wijzen op een meeropbrengst bij gras van 4,5 %. De netto grasopbrengst bij wisselbouw is daardoor in de economische studie 10 % te laag geschat, wat overeenkomt met 850 kg drogestof ha⁻¹. Bij 20 ha tijdelijk grasland vertegenwoordigt deze extra opbrengst een directe economische waarde van 2.380 Euro (20*850*0.14 Euro). Door deze aanpassing wordt de invloed van wisselbouw op bedrijfsresultaat en arbeidsopbrengst positief. Dat beeld wordt nog versterkt als de kosten voor beregening worden meegenomen. Bij 'De Marke' bedragen die 2,72 Euro per mm per ha, waarvan 1,00 Euro arbeidskosten. In een wisselbouwsituatie hoeft gemiddeld 15 mm minder te worden beregend

Stikstofoverschot, mineralisatie en nitraatuitspoeling

Het management van 'De Marke' is erop gericht het stikstofoverschot te beperken tot $128 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$. Naar verwachting leidt dit overschot tot een nitraatgehalte van 50 mg l^{-1} in het bovenste grondwater. In werkelijkheid zijn er nogal wat weersafhankelijke processen, waaronder mineralisatie, die ervoor kunnen zorgen dat het stikstofoverschot tijdelijk hoger of lager is, of de relatie tussen het overschot en het nitraatgehalte vager. Onderstaande figuur schets de ontwikkeling van N-overschot, mineralisatie en nitraatgehalte voor 'De Marke' als geheel.



In de eerste jaren was het N-overschot meer dan 128 kg N ha^{-1} , maar het ging gepaard met aanvaardbare nitraatgehalten. Na 1996 stegen de nitraatgehalten tot waarden boven de 50 mg l^{-1} . Daarom zijn extra maatregelen genomen om het N-overschot te beperken. Het effect daarvan is vooral de laatste jaren goed zichtbaar. Naar verwachting is het overschot over 2001 slechts 113 kg . Het nitraatgehalte blijft echter te hoog. Vermoedelijk speelt mineralisatie daarbij een dominante rol. De hoeveelheid nitraat die door mineralisatie jaarlijks vrijkomt is sterk afhankelijk van de weersomstandigheden. Verschillen van enige honderden kg N ha^{-1} komen voor. In 'groeizame' jaren (met relatief veel neerslag in het groeiseizoen) is de mineralisatie sterk en wordt ingeteerd op de organische N in de bodem (ongeveer 6.000 kg ha^{-1}). Veranderingen in de bodemvoorraad komen niet in het bedrijfsoverschot tot uiting. Groeizaam weer leidt weliswaar ook tot hogere stikstofopnamen door het gewas, maar dat effect bedraagt hooguit enkele tientallen kg . Groeizame jaren leiden dan tot veel nitraatuitspoeling, zij het vertraagd omdat het ongeveer één jaar duurt voor het nitraat het grondwater bereikt. In droge jaren hoopt stikstof zich op in de bodem, als organische stof, en is de uitspoeling gering. Ter vergelijking: het overschot van vergelijkbare praktijkbedrijven in het midden van de jaren negentig bedroeg 407 kg N ha^{-1} , het nitraatgehalte $150\text{-}200 \text{ mg l}^{-1}$.

De hogere opbrengst van het grasland heeft ook een indirecte economische waarde. De mineralenbalans verbetert immers, omdat minder voer aangekocht hoeft te worden. Gras bevat op 'De Marke' gemiddeld 3,18 % stikstof en 0,95 % fosfaat. Het extra gras dat wordt geoogst bevat 540 kg N en 162 kg fosfaat , waardoor het overschot van stikstof en fosfaat op de bedrijfsbalans respectievelijk 9 en 3 kg ha^{-1} lager kan zijn dan in de economische studie is berekend. Bij een lager overschot moet minder heffing te worden betaald (voor stikstof en fosfor respectievelijk 2,3 en 9,1 Euro kg^{-1}), hoeft minder mest te worden afgevoerd (om het overschot te beperken) of kan het quotum per ha worden uitgebreid door quotum aan te kopen of grond af te stoten.

4 Discussie

In hoeverre draagt wisselbouw bij aan het realiseren van de bedrijfsdoelstellingen van 'De Marke'? Om daarop een antwoord te kunnen geven zijn de belangrijkste resultaten uit het vorige hoofdstuk samengevat in tabel 7.

Tabel 7 Belangrijkste verschillen van wisselbouw van gras en maïs (3:3) met continueelt van beide gewassen, als geënt op gegevens van 'De Marke'

	Continu	Wisselbouw	Vershil
Behoefte kunstmest-N (kg ha ⁻¹)	71	61	10 (- 14 %)
Beregeningsbehoefte (mm)	61	46	15 (- 25 %)
Droge-stofopbrengst (kg ha ⁻¹)	9.156	10.173	1.017 (+ 11 %)
N-opbrengst (kg ha ⁻¹)	203	217	14 (+ 7 %)
P-opbrengst (kg ha ⁻¹)	61	69	8 (+ 13 %)
N-overschot (kg ha ⁻¹)	144	129	15 (- 10 %)

De tabel maakt duidelijk dat door toepassing van wisselbouw met minder kunstmest en minder beregenen meer voer kan worden geproduceerd. Bij het huidige bedrijfssysteem (met wisselbouw) is het nog net mogelijk de fosfaatdoelstelling (overschot maximaal 1 kg ha⁻¹) te realiseren. Bij een 13 % lagere P-opbrengst, bij continueelt, moet de P-bemesting ook met 13 % omlaag. Besparing op kunstmest-P is niet mogelijk omdat geen kunstmest-P wordt gebruikt. Een beperking van de P-productie in de vorm van dierlijke mest leidt onvermijdbaar tot minder vee, en indirect tot een lagere melkproductie per ha, door quotumverkoop of grondaankoop.

'De Marke' is er nog onvoldoende in geslaagd het stikstofoverschot zodanig te verlagen dat een nitraatgehalte van 50 mg l⁻¹ grondwater in alle jaren kon worden gerealiseerd, een maximum dat vanaf 2003 voor alle Nederlandse bedrijven geldt. Aanvullende maatregelen zijn daardoor recent genomen, zoals een nog verdere beperking van de beweidingsduur en bemesting. De laatste jaren kon daardoor het overschotsdoel (128 kg N ha⁻¹) worden gerealiseerd. Als wisselbouw vervangen wordt door continueelt neemt het overschot naar verwachting weer met minstens 15 kg N ha⁻¹ toe, waardoor extra maatregelen in beeld komen die relatief duur zijn (lagere melkproductie per ha) of welzijnsonvriendelijk (permanent opstallen). Omdat wisselbouw ook op zich financieel aantrekkelijk is zal het netto bedrijfsinkomen afnemen.

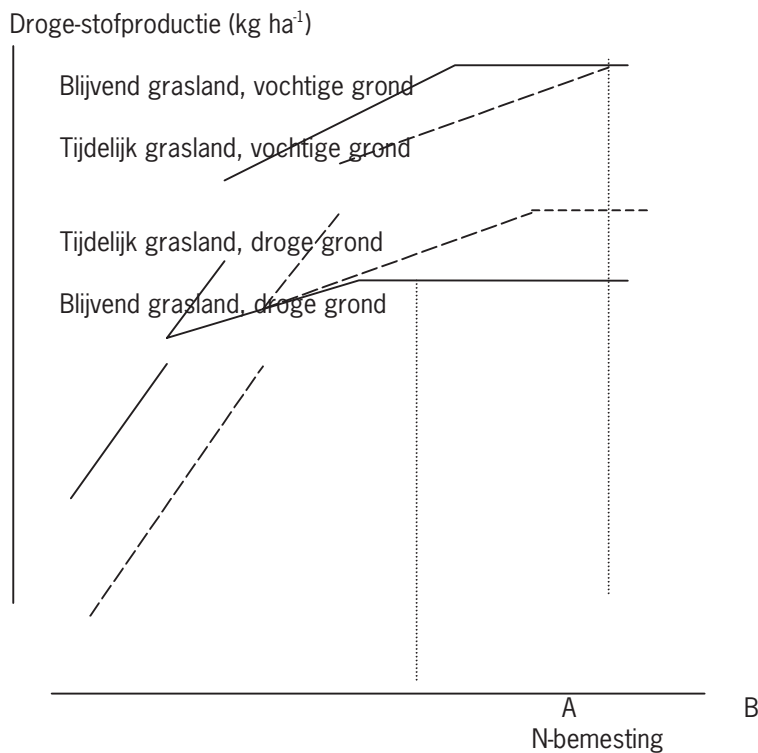
In droge jaren onttrekt 'De Marke' ongeveer 40.000 m³ grondwater voor beregening. Dat is de wettelijk grens die voor alle Nederlandse bedrijven geldt en die naar verwachting in de toekomst wordt verlaagd omdat steeds meer grondwater nodig is voor andere doeleinden die maatschappelijk hoger worden gewaardeerd. Daarboven geldt een zware boete. Als wisselbouw vervangen wordt door continueelt zal de beregeningsbehoefte toenemen, vooral bij maïs. Omdat de berekening beperkt is tot 40.000 m³ neemt de gewasopbrengst af. Dit leidt weer tot meer voeraankoop en een hoger overschot op de mineralenbalans.

Hoe belangrijk is wisselbouw voor praktijkbedrijven? Praktijkbedrijven hebben voorlopig minder vergaande milieudoelen dan 'De Marke', met name ten aanzien van het fosfaatoverschot. Ook het stikstofoverschot mag voorlopig hoger zijn. Dat neemt niet weg dat ook praktijkbedrijven spoedig moeten voldoen aan de nitraatrichtlijn: maximaal 50 mg nitraat per liter grondwater. Het uiteindelijk voor de overheid acceptabele stikstofoverschot zal dat moeten garanderen, net als bij 'De Marke'. Dit betekent dat het ook voor praktijkbedrijven steeds belangrijker wordt zo veel mogelijk voer per ha te produceren bij zo weinig mogelijk aanvoer van meststoffen en een zo gering mogelijk gebruik van beregeningswater. Wisselbouw is dan in de regel in het voordeel. Gevoegd bij het al eerder gesignaleerde positieve inkomenseffect leidt dit tot de conclusie dat zeker op de lichtere zandgronden wisselbouw de voorkeur verdient boven continueelt en dat het voordeel groter is naarmate het bedrijf intensiever is. Op beter vochthoudende zandgronden is het effect op gewassen wellicht minder groot en is de noodzaak tot het beperken van het mineralenoverschot daar geringer (hoger toegestaan N-overschot). Het voordeel van wisselbouw zal dan kleiner zijn.

Hogere opbrengst wisselbouwgrasland?

Bekend is dat wisselbouwgrasland soms meer produceert dan blijvend grasland, maar soms ook niet. Op 'De Marke' blijkt de meeropbrengst 4,5 %. Dit verschijnsel kan verklaard worden vanuit het vochtleverend vermogen van de bodem, en is schematisch weergegeven in de figuur hieronder. Bij blijvend grasland (doorgetrokken lijn) wordt bij krappe bemesting per kg N relatief veel droge stof gemaakt. Bij toenemende bemesting neemt de productie eerst nog toe, maar stopt uiteindelijk omdat een andere factor dan groei beperkend is. Bij droge grond is dat in de regel vocht.

Als op droge grond wisselbouw (onderbroken lijn) wordt toegepast, kan de grond beter vocht vasthouden of is het gewas beter in staat vocht te onttrekken door een betere doorworteling van de bodem. Omdat bij wisselbouwgrasland de N-mineralisatie geringer is, en er meer moet worden geïnvesteerd in stoppels en wortels, ligt de meststof-responscurve in eerste instantie onder die van blijvend grasland. Op droge grond wordt de curve van blijvend grasland gesneden bij bemestingsniveau A, omdat vocht minder snel productiebeperkend zal zijn. Op vochtige grond zal de productie vanaf bemesting B gelijk zijn aan die van blijvend grasland, tenzij andere productiebelemmeringen door wisselbouw zijn weggenomen. Voor een droge zandgrond geldt dat bij een bemestingsniveau lager dan A de opbrengst van wisselbouwgrasland lager is dan van blijvend grasland, bij een hoger bemestingsniveau hoger.



Met betrekking tot continueelt en wisselbouw is het beeld nog niet op alle fronten voldoende scherp. Er zijn onder meer vragen over de N-benutting in rotatieverband. Het onderzoek op zowel 'De Marke' als het wisselbouwproefveld te Gent geven aan dat de opbrengsten van tijdelijk grasland niet onderdoen voor die van blijvend grasland. Voor beide proeflocaties geldt echter dat dit slechts onderzocht is bij een beperkt traject van bemesting (230-270 kg N-totaal ha⁻¹ jr⁻¹, exclusief excretie tijdens weidegang). Om na te kunnen gaan of de voordelen van wisselbouw (in met name de bouwlandfase), ook bij andere bemestingsniveaus de voorinvestering van N in wortels en stoppels van een kunstweide rechtvaardigen, is aanvullend onderzoek nodig. Daarom zal de komende jaren een aantal aspecten nader onderzocht worden. Dat gebeurt door op proefbedrijf 'De Marke' en op het wisselbouwproefveld te Gent aanvullende gegevens te verzamelen en experimenten uit te voeren. Het door het ministerie van LNV gefinancierde project 'Graslandvernieuwing' (2002-2005) biedt voor het beantwoorden van de vragen een goed kader.

Literatuur

- Aarts, H.F.M., 2000.
Resource management in a 'De Marke' dairy farming system.
Proefschrift, Wageningen University. De Marke rapport nr. 26, Hengelo.
- Aarts, H.F.M., B. Habekotté & H. van Keulen, 2000.
Groundwater recharge through optimised intensive dairy farms. *Journal of Environmental Quality* 29: 738-743.
- Aarts, H.F.M., J.G. Conijn & W.J. Corré, 2001b.
Nitrogen fluxes in the plant component of the 'De Marke' farming system, related to groundwater nitrate content. *Netherlands Journal of Agricultural Science* (in press).
- Aarts, H.F.M., D.W. Bussink, W.J. Corré, I.E. Hoving, H.G. van der Meer, R.L.M. Schils & G.L. Velthof, 2002.
Een verkenning van de milieutechnische en landbouwkundige effecten van graslandvernieuwing. Rapport Plant Research International nr. 41, Wageningen.
- Biewinga, E.E., H.F.M. Aarts & R.A. Donker, 1992.
Melkveehouderij bij stringente milieunormen. 'De Marke' rapport nr. 1, Hengelo.
- Dijk., W. van, 1999.
Gescheurd grasland levert veel stikstof voor snijmais. *Praktijkonderzoek* 99-2, pp. 45-47.
- Dijk, W. van, T. Baan Hofman & A.P. Wouters, 1996.
Technische resultaten wisselbouw maïs-gras. *Praktijkonderzoek* 96-1, pp. 18-19.
- Galama, P.J., G. van Duinkerken, G. Smolders, G.J. Hilhorst, D.Z. van der Vegte & T. Lam, 2001. Tien jaar diermanagement De Marke, 'De Marke' rapport nr. 31, Hengelo.
- Haan, M.H.A. de, 2001.
Economie milieumaatregelen 'De Marke' anno 1999; een modelmatige vergelijkende studie.
In: H van Keulen & J. Oenema (eds), Het nitraatbeleid: de wetenschap, de sector en het beleid. De Marke rapport nr 30, pp. 69-89.
- Hoogerkamp, M., 1974.
De ophoping van organische stof onder grasland en de invloed hiervan op de opbrengst van grasland en akkerbouwgewassen. Rapport IBS (intern)
- Jansen, B.H., P. van der Sluijs & H.R. Ukkerman, 1992.
Organische Stof. In: *Bodemkunde van Nederland*, Malmberg, Den Bosch.
- Kortleven, J., 1963.
Kwantitatieve aspecten van humusopbouw en humusafbraak. *Verslag Landbouwkundig Onderzoek* 69.1. Pudoc, Wageningen.
- Nevens, F. & D. Reheul, 2000.
Increasing N use efficiency in an integrated grassland-forage crop rotation. *Grassland Science in Europe* 5: 375-377.
- Nevens, F. & D. Reheul, 2002a.
The nitrogen- and non-nitrogen-contribution effect of ploughed grass leys on the following arable forage crops: determinatoin and optimum use. *European Journal of Agronomy* (in press)
- Nevens, F. & D. Reheul, 2002b.
Crop rotation versus monoculture: yield, N yield and ear fraction of silage maize at different levels of mineral N fertilization. *Netherlands Journal of Agricultural Science* (in press).
- Nevens, F. & D. Reheul, 2002c.
Permanent grassland and three-year leys alternating with three years of arable land: 31 years of comparison. *European Journal of Agronomy* (in press).
- Scholte, K., 1987.
Relationship between cropping frequency, root rot and yield of silage maize on sandy soils. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 35: 473-486.
- Scholte, K. & J.J.'s Jacob, 1983.
Betekenis van continueelt en vrijlevende wortelaaltjes voor de opbrengst van snijmais. *Verslag* 6, PAGV, Lelystad, pp. 12-23.

Schröder, J.J., 1999.

How to reduce nitrate leaching from maize land? Meststoffen 1999, 67-74.

Schröder, J.J., A.G.M. Ebskamp & K. Scholte, 1989.

Wortelverbruining bij snijmaïs. Verslag 93, PAGV, Lelystad.

Schröder, J.J. , W. van Dijk & W.J.M. de Groot, 1996.

Effects of cover crops on the nitrogen fluxes in a silage maize production system. Netherlands Journal of Agricultural Science 44: 293-315.

Schröder, J.J., A.G. Jansen & G.J. Hilhorst, 2001.

Lange-termijn effect van een krappe bemesting bij snijmaïs. Rapport 37, Plant Research International, Wageningen.

Wat is De Marke?

Praktijkcentrum De Marke onderzoekt sinds 1992 hoe melkveehouders het milieu kunnen beschermen en ruimte kunnen geven aan natuur. Beheersing van mineralenverliezen en vermindering van het gebruik van milieubelastende stoffen staan centraal. De Marke staat voor samen. Het bedrijf ontleent zijn naam aan een rechtsvorm voor beheer van gemeenschappelijke gronden in de regio.

Project De Marke wordt uitgevoerd door



PRAKTIJKONDERZOEK
VEEHOUDERIJ

Praktijkonderzoek Veehouderij

Postbus 2176, 8203 AD Lelystad - Tel: (0320) 29 32 11



PLANT RESEARCH INTERNATIONAL

Plant Research International

Postbus 16, 6700 AA Wageningen - Tel: (0317) 47 70 01



Centrum voor Landbouw en Milieu

Centrum voor Landbouw en Milieu

Postbus 10015, 3505 AA Utrecht - Tel: (030) 244 13 01

Projectleiding en secretariaat

Praktijkonderzoek Veehouderij
Postbus 2176, 8203 AD Lelystad
Telefoon 0320 - 293 211
Fax 0320 - 241 584
E-mail info@pv.agro.nl
Internet www.pv.wageningen-ur.nl

Bestellen

ISSN 0169-3689
Eerste druk 2002/oplage 100
Prijs € 17,50 incl. BTW
Losse nummers zijn schriftelijk, telefonisch,
per E-mail of via de website te bestellen bij het
secretariaat.

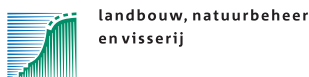
Aansprakelijkheid

De auteurs aanvaarden geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

© Project De Marke

Het is verboden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever deze uitgave of delen van deze uitgave te kopiëren, te vermenigvuldigen, digitaal om te zetten of op een andere wijze beschikbaar te stellen.

Financiers



landbouw, natuurbeheer
en visserij



Productschap
Zuivel



Ministerie van Volkshuisvesting,
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer