

Animal Sciences Group

Kennispartner voor de toekomst



process for progress

Rapport 148

Perspectieven bedrijfsmaatregelen voor duurzaam bodemgebruik

Kosten en effectiviteit van vijf maatregelen

Juli 2008



ANIMAL SCIENCES GROUP
WAGENINGEN UR

Colofon

Uitgever

Animal Sciences Group van Wageningen UR
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail Info.veehouderij.ASG@wur.nl
Internet <http://www.asg.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Aansprakelijkheid

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

Liability

Animal Sciences Group does not accept any liability for damages, if any, arising from the use of the results of this study or the application of the recommendations.

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponneerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Samenvatting

In dit onderzoek zijn de kosten en baten en de effectiviteit op duurzaam bodemgebruik beoordeeld van vijf bedrijfsmaatregelen: aanpassing van vruchtwisseling, preventie van bodemverdichting, optimalisering van ontwatering en flexibel peilbeheer, grondruil en landhuur/-verhuur en omzanden en diepploegen. De effecten op duurzaam bodemgebruik zijn beoordeeld op de aspecten organische stof, bodemstructuur, erosiegevoeligheid en bodemgezondheid.

Verruiming van vruchtwisseling met meer maaivruchten en minder rooivruchten gaat meestal ten koste van het bedrijfsinkomen. Bij vruchtwisseling is bodemgezondheid een belangrijk aspect. Bodemverdichting kan worden verminderd. Dit vraagt meestal flinke investeringen. Met een goed management en goede voorlichting kan nog veel worden bereikt. Veranderingen in water- en peilbeheer gaan deels vaak ten koste van een optimale landbouwkundige productie. Er kunnen echter ook maatregelen worden toegepast die niet of nauwelijks nadelig zijn vanuit landbouwkundig oogpunt, maar wel gunstig zijn voor natuur en maatschappij.

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteur(s) Visscher, J., P.H.M. Dekker, H.C. de Boer, E. Brommer, O.A. Clevering, A. M. van Dam, W.C.A. van Geel, M.H.A. de Haan, I.E. Hoving, A. van der Klooster, H.A. van Schooten, R. Schreuder, P. de Wolf.

Titel: Perspectieven bedrijfsmaatregelen voor duurzaam bodemgebruik. Kosten en effectiviteit van vijf maatregelen (2008)

Rapport 148

Trefwoorden: bodemkwaliteit, kosten, baten, bedrijfsmaatregelen, vruchtwisseling, bodemverdichting, water- en peilbeheer, grondruil, landhuur en -verhuur, omzanden, diepploegen, organische stof, bodemstructuur, erosie, bodemgezondheid



Rapport 148

Perspectieven bedrijfsmaatregelen voor duurzaam bodemgebruik

Aan deze publicatie hebben de volgende personen bijgedragen

ASG

Jan Visscher

Herman de Boer

Michel de Haan

Idse Hoving

Herman van Schooten

PPO

Peter Dekker

Evert Brommer

Olga Clevering

Anne Marie van Dam

Willem van Geel

Arjan van der Klooster

Remco Schreuder

Pieter de Wolf

Juli 2008

Voorwoord

De Nederlandse overheid streeft naar een verduurzaming van het bodemgebruik, waardoor zowel de productiewaarde, als de milieu- en natuurwaarde van de bodem wordt behouden en verbeterd ten behoeve van volgende generaties. Dit streven, onder andere uitgedrukt in de Beleidsbrief Bodem (TK, 2003), wordt niet alleen op nationaal niveau nagestreefd, maar ook binnen de Europese Unie, zoals geformuleerd in de Europese Bodemstrategie.

Het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) is samen met het ministerie van VROM verantwoordelijk voor het Nederlandse bodembeleid. De bodem is niet alleen een belangrijk productiemiddel voor grondgebonden agrarische bedrijven, maar ook een essentieel onderdeel van het natuurlijke milieu.

In opdracht van het Ministerie van LNV heeft Wageningen UR studie verricht voor de voorbereiding en de verdere beleidsuitwerking van het bodembeleid ter bevordering en realisatie van 'Duurzaam bodemgebruik' (DBG).

Deze rapportage omvat de uitwerking van het deelproject: kosten en baten van bedrijfsmaatregelen voor duurzaam bodemgebruik. Hiertoe zijn een vijftal belangrijke maatregelen uitgewerkt die op bedrijfsniveau door agrariërs kunnen worden toegepast.

Het rapport is tot stand gekomen door samenwerking tussen de Wageningen UR onderzoeksinstituten Animal Sciences Group (ASG) en het Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (PPO). Van beide instellingen hebben diverse onderzoekers een bijdrage geleverd aan de realisering van dit rapport.

De programmaleiding van bovengenoemd onderzoek was in handen van ALTEERRA, Instituut voor de Groene Ruimte van Wageningen UR.

Samenvatting

In opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) is studie verricht voor de voorbereiding en de verdere beleidsuitwerking van het bodembeleid ter bevordering en realisatie van duurzaam bodemgebruik (DBG).

Dit rapport omvat de uitwerking van het deelproject: kosten en baten van bedrijfsmaatregelen voor duurzaam bodemgebruik. Hiertoe zijn een vijftal belangrijke maatregelen uitgewerkt die op bedrijfsniveau door agrariërs kunnen worden toegepast. De keuze van deze maatregelen is voortgekomen uit een selectie van maatregelen die vooraf zijn geïnventariseerd en beoordeeld.

Door de opdrachtgever zijn uiteindelijk de volgende vijf belangrijke maatregelen gekozen, die van invloed zijn op duurzaam bodemgebruik en dit op bedrijfsniveau kunnen bevorderen door meer (of minder) toepassing.

1. Verruiming en/of aanpassing van vruchtwisseling
2. Preventie van bodemverdichting
3. Optimalisering van ontwatering en flexibel peilbeheer
4. Grondruil en landhuur/-verhuur tussen akkerbouw en veehouderij
5. Omzanden en diepploegen

De uitwerking van de kosten en baten en de effectiviteit van genoemde maatregelen is beschreven in Deel A: 'Kosten en effectiviteit per maatregel'. Bij het in kaart brengen van de kosten en baten en de analyse, zijn ook de effecten van de maatregelen op de bodemkwaliteit beoordeeld op basis van de onderdelen organische stof, bodemstructuur, erosiegevoeligheid en bodemgezondheid.

Naast een kosten- en batenanalyse van de 5 genoemde maatregelen zijn maatregel 1: 'Verruiming vruchtwisseling' en maatregel 3 'Optimalisering water- en peilbeheer' verder uitgewerkt op hun aspecten voor bodemkwaliteit en duurzaam bodemgebruik. Dit is beschreven in deel B: 'Verdieping van twee maatregelen'.

Deel A. Kosten en effectiviteit per maatregel

1. Verruiming en aanpassing van vruchtwisseling

In de akkerbouw wordt de vruchtwisseling vooral gestuurd door economische redenen. Rooivruchten, zoals aardappelen, uien, suikerbieten of vollegrondsgroenten, geven gemiddeld een hoger saldo dan graan. Rooivruchten zijn vooral vanwege de lage aanvoer van organische stof en de grote kans op bodemverdichting minder gunstig voor de bodemkwaliteit. Bij de vruchtwisseling wordt verder rekening gehouden met wettelijke voorschriften en regels ten aanzien van de teelt, toegestane quota, contracten enz.

Om de consequenties te beoordelen van een ruimere vruchtwisseling voor bedrijfsinkomen en bodemkwaliteit, zijn voor de regio's Noordoost Nederland, Centrale zeekei en Zuidoostelijk zand van een representatief bedrijf, zowel een regulier als een alternatief bouwplan doorgerekend. Uitgangspunt is hierbij een ruimere teelt van aardappelen. Als aanvullende gewassen zijn de gangbare van de desbetreffende regio genomen.

Voor alle drie regio's geven de alternatieve bouwplannen in vergelijking met de reguliere bouwplannen een lager saldo per ha van € 64,- voor Noordoost Nederland, van € 174,- voor de Centrale zeekei en van € 61,- voor het Zuidoostelijk zand.

In de veehouderij heeft vruchtwisseling een andere betekenis. Blijvend grasland als continue teelt van gras is doorgaans gunstig voor een duurzame bodemkwaliteit. Herinzaai geeft verlies aan organische stof en mineralen. Bij het gewas snijmais is continue teelt minder gewenst, vanwege een lage aanvoer van organische stof en de kans op bodemverdichting. Vruchtwisseling kan voor mais wel een positief effect op de bodemkwaliteit hebben. In een rekenvoorbeeld zijn voor een melkveebedrijf met 24 ha grasland op de huiskavel en 12 ha snijmais in continue teelt op de veldkavel en 75 melkkoeien enkele vruchtwisselingvarianten doorgerekend. De basisvruchtwisseling heeft snijmais in continue teelt, in variant 1 en 2 wordt 2 jaar snijmais afgewisseld met 3 jaar gras, terwijl in variant 2 tevens de helft van de mais is vervangen door triticale (GPS), een graangewas voor silage met gunstige aspecten voor de bodemkwaliteit. De arbeidsopbrengst van het bedrijf (opbrengst minus kosten) daalde voor variant 1 met ruim € 5.200,- en voor variant 2 met bijna € 4.800,-. De financiële achteruitgang komt vooral door de sterke toename in kosten. Deze worden veroorzaakt door meer kosten voor zaaizaad, herinzaai, loonwerk en krachtvoer.

2. Preventie van bodemverdichting

Maatregelen ter voorkoming van bodemverdichting zijn divers. Vooral het voorkómen van verdichting in de ondergrond vraagt veel aandacht. Maatregelen kunnen hierbij betrekking hebben op het verminderen van bodemdruk, het opheffen van plaatselijke bodemdruk en het voorkomen van bodembelasting bij ongunstige omstandigheden. In vergelijking met normaal berijden geeft minder of niet berijden of berijden met lage druk in akkerbouwgewassen in het algemeen een opbrengstverhoging van het gewas van 2 tot 8%. Ook het minder berijden van grasland geeft vooral in de eerste snede minder opbrengstverlies.

Maatregelen voor het verminderen van bodemdruk zijn o.a. brede banden en lagedrukbanden. De totale investering voor het uitrusten van een trekker met lagedrukbanden kost globaal € 5.000. Moeten andere trekkers en machines ook met lagedrukbanden worden uitgerust, dan is een veelvoud van deze investering nodig.

Het werken met een lichtere mechanisatie heeft als nadeel dat de capaciteit afneemt. Dit is moeilijk in financiële gevolgen uit te drukken. Wanneer extra personeel of extra machines ingezet moeten worden om de oogst tijdig binnen te halen, wordt de kostenbesparing vanwege de aanschaf van lichtere machines snel te niet gedaan. Maatregelen voor het voorkómen van bodemdruk zijn o.a. het eerder oogsten van producten die normaal laat in het seizoen worden geoogst, zoals aardappelen en suikerbieten. Eerder oogsten kost echter wel opbrengst. De financiële opbrengst van suikerbieten ligt bij oogst begin oktober bij gunstige omstandigheden circa € 200,- lager dan bij oogst begin november; bij ongunstige omstandigheden is dit circa € 150,- lager. Een week eerder oogsten bij gunstige omstandigheden is altijd aantrekkelijker dan een week later bij ongunstige omstandigheden. Maatregelen voor het opheffen van bodemdruk zijn vooral gebaseerd op het gebruik maken rijstroken en rijpaden. Weliswaar wordt op een zeer klein gedeelte de bodem sterk verdicht, het overige deel wordt echter tijdens het groeiseizoen niet bereden. Uit een recente bedrijfseconomische analyse van vier bedrijven, twee biologische bedrijven en twee geïntegreerde bedrijven van respectievelijk 50 ha en 200 ha, komt naar voren dat het breakeven opbrengstpercentage (% opbrengstverhoging nodig om de jaarkosten van de investering te dekken) bij de biologische bedrijven beduidend lager ligt dan bij de geïntegreerde bedrijven. Bij de biologische bedrijven van 50 en 200 ha is dit 1,6 en 2,2%, terwijl dit bij de geïntegreerde bedrijven 3,5 en 3,6% is. Een meeropbrengst van 5% geeft op alle bedrijven een positief resultaat van circa € 9.400 voor het 50 ha en € 31.000 voor het 200 ha biologisch bedrijf en van € 2.500,- en € 9.500,- voor de geïntegreerde bedrijven van 50 ha en 200 ha. Dat de biologische bedrijven minder opbrengststijging nodig hebben, ligt in hun bouwplan met relatief veel groentegewassen met hoge saldi. Deze gewassen vragen veel mechanische onkruidbestrijding, waarvoor een rijpadensysteem zeer geschikt is. De hoge investeringskosten, zeker in combinatie met een systeem van plaatsbepaling via GPS, kan voor veel ondernemers toch bezwaarlijk zijn om over te stappen op rijpadenteelt.

3. Optimalisering van ontwatering en flexibel peilbeheer

De effecten van maatregelen voor water- en peilbeheer zijn lastig te kwantificeren. Maatregelen zijn soms positief, soms negatief voor de gewasgroei en opbrengst. Kosten van investeringen ed. zijn wel duidelijk te benoemen. Vanuit een optimale Ausgangssituatie (bij een landbouwkundige benadering) leiden ingrepen in de waterhuishouding vrijwel altijd tot saldoderving. In vergelijking met een structurele peilverhoging of –verlaging kunnen effecten van flexibel peilbeheer nauwelijks met de HELP-tabellen worden berekend.

Uitstellen van zaaïen of planten in het voorjaar vanwege hoge slootpeilen kan variëren tussen € 33,- en € 129,- saldoderving per ha. Uitstellen van voorjaarswerkzaamheden om eerst dierlijke mest aan te kunnen wenden gaf bij aardappelen een saldooverlies van € 121,- en bij suikerbieten € 133,- per ha. Als de werkzaamheden extra worden verlaat door hoge slootpeilen kan dit tot gevolg hebben dat er minder of geen dierlijke mest meer op akkerbouwbedrijven wordt aangewend.

Inkomensverlies door grondwaterstijging met voor de winter 25 cm en voor de zomer 45 cm in de polder Noordplas (ZH) werd voor een akkerbouwbedrijf berekend op circa € 500,- per ha per jaar. Bij alleen zomerpeilverhoging was dit circa € 370,-. Voor de veehouderij in het Veenweidegebied geven modelberekeningen een verlaging van het bedrijfsresultaat van € 220,- per ha aan, bij een structurele peilverhoging van 20 cm. De oorzaak ligt vooral in een afname van de draagkracht van het grasland, waardoor het vee langer of vaker op stal moet blijven.

Berekening is in het algemeen een kostbare maatregel. Uit een rekenvoorbeeld voor de akkerbouw komt echter naar voren dat vooral bij gewassen met een hoog saldo, zoals pootaardappelen, met een relatief geringe opbrengststijging (afname knolzetting geen 25% maar slechts 20%), de kosten van berekening in een droog jaar al terug verdiend worden. Voor een melkveebedrijf hangt het rendabel zijn van berekening vooral samen met de prijs van het aan te kopen ruwvoer. Is de prijs van het aan te kopen ruwvoer (meestal snijmaïs) hoger dan € 0,10 á € 0,11 per kg drogestof, dan is berekening rendabel.

4. Grondruil en landhuur/-verhuur akkerbouw - veehouderij

Grondruil, landhuur en –verhuur tussen akkerbouwers, melkveehouders en bollenkwekers is meestal voor alle partijen economisch aantrekkelijk. Akkerbouwers en bollentelers kunnen het areaal van hoog renderende, intensieve gewassen, zoals pootaardappelen en bollen, hiermee handhaven of uitbreiden omdat zij over meer 'schone grond' beschikking krijgen. Veehouders kunnen een deel land verhuren. Land voor pootaardappelen wordt verhuurd voor € 1.000,- tot € 1.500,- per ha, bollenland brengt vaak € 2.000,- tot € 3.000,- per ha op. In plaats van land te huren of te verhuren kunnen akkerbouwers en veehouders ook land ruilen. De ruil omvat vaak 1 ha (poot)aardappelen voor de akkerbouwer tegen een wat grotere oppervlakte snijmaïs voor de veehouder. Daarnaast kan de akkerbouwer ook een deel van de mechanisatie voor zijn rekening nemen. Naast economische voordelen zijn er ook nadelen. Door grondruil of landhuur neemt de afstand naar het perceel meestal toe, waardoor hogere transportkosten optreden. Dit kan bij veel bewerkingen aardig oplopen, terwijl bij de oogst (van aardappelen en snijmaïs) soms extra transportwagens nodig zijn.

Een kostenpost die bij landverhuur of landruil moeilijk is te berekenen, is het nadelige effect van een gewas op de bodemkwaliteit van het verhuurde perceel. Vooral bij gewassen die laat in het najaar worden geoogst, zoals bollen (lelies), aardappelen en maïs kan structuurschade en bodemverdichting optreden. Dit kan nadelige effecten hebben op de opbrengst van de volggewassen. Verder zijn ook de administratieve lasten als kostenpost aan te merken en moet ook met aspecten van de mestwetgeving rekening worden gehouden.

5. Omzanden en diepploegen

Omzanden en diepploegen zijn kostbare investeringen, waarbij na de ingreep de percelen soms ook nog moeten worden geëgaliseerd en gedraineerd. De totale kosten voor het omzanden van bollenland naar een bewerkbare situatie ligt tussen de € 20.000,- tot € 25.000,- per ha. Als bij opzanden het zand van ver moet worden aangevoerd kan de investering wel oplopen tot € 120.00 per ha. Deze hoge kosten kunnen alleen worden terugverdiend met hoog salderende bolgewassen. Als saldi van enkele bolgewassen worden wel de volgende bedragen per ha genoemd: dahlia € 16.000,-, hyacint € 29.000,-, iris € 18.000,-, krokus € 11.000,-, lelie € 40.000,-, narcis € 7.000,- en tulp € 13.000,-. Voor deze gewassen is het vaak lonend om een hoge investering te doen.

Voor diepploegen bedragen de totale kosten € 2.000 tot € 3.000 per ha. Deze investering is alleen terug te verdienen wanneer daarna hoog salderende groentegewassen, bijvoorbeeld wortelen en witlof, of bloembollen geteeld kunnen worden. Vanwege het verminderde financiële rendement van wortelen en witlof is de belangstelling voor diepploegen de laatste jaren afgenomen.

Deel B. Verdieping van twee maatregelen.

Verruiming vruchtwisseling

Verruiming van vruchtwisseling kan op verschillende manieren. In het bestaande bouwplan kan een deel van een gewas worden vervangen, maar ook de teeltfrequentie van gewassen kan worden verruimd. Verder is er ook de mogelijkheid van land bijhuren of ruilen. Verruiming van vruchtwisseling wordt vaak gezien als een vruchtwisseling met minder intensieve gewassen, zoals rooivruchten, ten gunste van meer extensieve gewassen.

In de akkerbouw wordt de vruchtwisseling, los van economische aspecten, ook gestuurd door quota en bouwplanregels, zoals in welke volgorde gewassen geteeld kunnen worden en in welke frequentie. Grondsoort, specialisatie en regio spelen ook een rol. In Nederland zijn per regio vaak min of meer standaard bouwplannen ontstaan.

Uit onderzoek zijn veel resultaten beschikbaar over de effecten van de vruchtwisseling van akkerbouwgewassen, zowel voor wat betreft frequentie als de teeltvolgorde van de gewassen. Bij rooivruchten is een ruimere teeltfrequentie (van 1:2 naar 1:3 en 1:4) meestal positief t.a.v. de opbrengst. Bij graangewassen heeft een ruimere rotatie weinig invloed. De vruchtopvolging heeft ook invloed op de opbrengst. Structuurschade en bodemverdichting tijdens de oogst van rooivruchten kunnen negatief zijn voor de opbrengst van een volgend gewas. Ook de ziektegevoeligheid van gewassen speelt hierbij een belangrijke rol.

Om de effecten van een ruimer bouwplan op de bodemkwaliteit na te gaan, zijn de eerder genoemde regionale bouwplannen (met een huidig en een ruimer bouwplan met minder aardappelen) beoordeeld aan de hand van organische stof, bodemstructuur, erosie en bodemgezondheid. De aanvoer van effectieve organische stof (eos) van de ruimere bouwplannen is in vergelijking met de huidige bouwplannen voor de drie regio's soms iets hoger soms iets lager. Ten opzichte van aardappelen laat snijmaïs met een groenbemester iets meer eos achter, bolgewassen weer duidelijk minder. Verruiming van bouwplan om meer aanvoer van eos te realiseren is alleen zinvol als bijvoorbeeld het aandeel granen, die veel eos achterlaten, toeneemt.

Ten aanzien van bodemstructuur en -verdichting bieden de alternatieve bouwplannen geen voordelen. Snijmaïs en lelies worden in het najaar geoogst en kunnen vergelijkbare schade geven als zetmeel- of consumptieaardappelen. Pootaardappelen en tulpen worden beide in de zomer geoogst onder meestal droge omstandigheden.

Erosiegevaar in Nederland komt vooral tot uiting in water- en winderosie. Watererosie komt men name voor in Zuid Limburg. Rooigewassen beschermen de grond nauwelijks tegen watererosie in tegenstelling tot granen en grasland. De teelt van groenbemesters kan erosie in de wintermaanden beperken. Niet kerende hoofdgrondbewerkingen zijn gunstiger dan ploegen. Zandgronden met een hoog organische stofgehalte (Veenkoloniën) zijn gevoelig voor winderosie. Winderosie kan beperkt blijven door gebruik te maken van een stuifdek. Tussen de verschillende bouwplannen zal de uitwerking op erosie ongeveer gelijk zijn.

Een gezonde bodem is van essentieel belang voor een goede vruchtwisseling. Naast de teeltfrequentie van een gewas is het ook van belang of een volgend gewas als waardplant fungeert. Veel bodempathogenen zijn polyfaag en hebben meerdere gewassen als waardplant. Behalve het aardappelcysteeltje hebben vrijwel alle nematoden een ruime waardplantenreeks, met name de vrij levende wortelaaltjes. Afhankelijk van de reeds voorkomende aaltjes en schimmels op een perceel, moet de meest optimale vruchtopvolging worden uitgekend van zowel hoofdgewassen als groenbemesters. Voor het bouwplan Noordoost Nederland met 1:2 zetmeelaardappelen is het aardappelcysteeltje goed te beheersen met hoog resistente rassen. Voor de aardappelmoeheid zal een ruimere teelt nauwelijks voordelen bieden. Door meer snijmaïs met rogge als groenbemester te introduceren zal

de aaltjesdruk door vrij levende wortelaaltjes toenemen. In de bouwplannen van de Centrale zeeklei maakt de ruimere vruchtwisseling van aardappelen van 1:3 naar 1:4 voor de beheersing van de aardappelmoetheid niet uit. De problemen door bodemschimmels nemen niet noemenswaardig toe of af. In de regio Zuidoostelijk zand zal de verruiming van 1:4 naar 1:6 voor de consumptieaardappelen de schade door het aardappelcysteaaaltje minimaal zijn. Door het gewas lelie wordt het wortellesieaaltje echter sterk vermeerderd, dit kan daarna in de aardappelteelt schade geven. Er zal dan ook een grondontsmetting moeten worden uitgevoerd. Verruiming van vruchtwisseling in de akkerbouw is voor de bodemgezondheid niet altijd een verbetering.

In de veehouderij heeft vruchtwisseling vooral betrekking op grasland en snijmaïs. In Nederland wordt jaarlijks circa 100.000 ha grasland opnieuw ingezaaid. Afhankelijk van de regio wordt grasland meestal eenmaal in de 5-10 jaar vernieuwd. Herinzaai van grasland vindt vooral plaats omdat de kwaliteit van de graszode in de loop van de tijd is afgenomen. Dit geeft verlies aan opbrengst en voederkwaliteit. Nadeel van herinzaai is dat na het ommaken of scheuren er verlies aan organische stof en mineralen optreedt. In de nieuwe mestwetgeving is het mede hierom bepaald dat voor zandgrond herinzaai alleen nog in het voorjaar is toegestaan. Verruiming van vruchtwisseling is voor grasland niet echt relevant.

Voor (snij)maïs ligt dit anders. Maïs met een jaarlijkse oppervlakte van ongeveer 250.000 ha wordt naar schatting voor de ruime helft in continue teelt verbouwd en voor de andere kleine helft in afwisseling met andere gewassen, zoals grasland en aardappelen. Continue teelt van maïs kan negatieve gevolgen hebben voor het organische stofgehalte en voor de bodemstructuur. Afwisseling met grasland of een ander gewas kan voordelen bieden. Snijmaïs in vruchtwisseling met enkele jaren gras gaf 2-7% hogere opbrengsten. Ook een hoger organische stofgehalte van het perceel geeft meer opbrengst. Op proefbedrijf De Marke werd een meeropbrengst berekend van 700 kg drogestof per ha per % toename van het organische stofgehalte. Het organische stofgehalte zal bij snijmaïs door vruchtwisseling toenemen, bij grasland zal dit echter bij het scheuren teruglopen. Landruil, landhuur of -verhuur tussen veehouders en akkerbouwers is vrij algemeen in Nederland. Hiermee kan een ruimere vruchtwisseling worden verkregen. Het aandeel intensieve gewassen in de vruchtwisseling behoeft hierdoor echter niet af te nemen. Doordat de akkerbouwer of bollenteler over meer 'schone grond' beschikt, zal vanwege het hogere rendement van deze intensieve gewassen, de omvang eerder toenemen dan gelijk blijven.

Optimalisering van ontwatering en peilbeheer

Landbouwkundig gezien geeft wateroverlast vaak grotere schade dan watertekort. Wateroverlast vertaalt zich naar een mindere groei met minder opbrengst en vaak ook een mindere productkwaliteit. Verder geeft het een geringere draagkracht van het land voor het weiden van vee en de berijdbaarheid bij de oogst. Een goede ontwatering voor de landbouw met een snelle afvoer van neerslagoverschotten heeft echter tot gevolg dat in tijden van droogte er een tekort aan gebiedseigen water ontstaat. Tekorten moeten dan worden aangevuld door beregening uit grond- of oppervlaktewater. Dit kan leiden tot ernstige verdroging van natuurgebieden. Met flexibel peilbeheer wordt bedoeld dat het streefpeil seizoensgebonden is en er geen vast jaarrond peil wordt nagestreefd. In de winter wordt het peil meestal verlaagd en in de zomer verhoogd. Een belangrijke doelstelling van flexibel peilbeheer is ook het bergen en vasthouden van neerslagoverschotten. Bij wateroverlast kan het doel zijn overschotten snel te bergen en bij neerslagtekort kan het geconserveerde water gebruikt worden voor droogtebestrijding. Daarnaast kan flexibel peilbeheer tot doel hebben de waterkwaliteit te verbeteren en de bodemdaling in veengebieden tegen te gaan. Vanwege de Europese Kaderrichtlijn Water zijn waterschappen op zoek naar meer gebieden voor waterberging. Dit kan door aankoop, maar ook door samen met boeren landbouwpercelen hiervoor geschikt te maken. Hiervoor moeten dan wel vergoedingen beschikbaar zijn. Veel grasland in Nederland ligt in gebieden die van nature te maken hebben met hoge waterpeilen en hoge grondwaterstanden. De draagkracht en de berijdbaarheid van dit grasland laten in natte perioden snel te wensen over. Uit onderzoek komt naar voren dat de draagkracht bij lage slootpeilen hoger ligt dan bij hoge slootpeilen. In de zomerperiode is dit meestal wel voldoende, maar in het voorjaar en najaar vaak beperkend voor de bedrijfsvoering van een melkveebedrijf. Dit kan negatieve gevolgen hebben voor de bedrijfsvoering en het inkomen.

In het Veenweidegebied krijgt de bodemdaling de laatste decennia veel aandacht. De jaarlijkse maaivelddaling als gevolg van oxidatie en klink ligt voor veengronden zonder kleidek tussen de 5-12 mm. Op Praktijkcentrum Zegveld bleek over een periode van bijna 40 jaar (1966-2003) de zakking voor het deel met hoog slootpeil (30 cm beneden maaiveld) circa 6 mm en voor het deel met laag peil (60 cm beneden maaiveld) circa 12 mm per jaar. De veehouderij streeft voor een goed bedrijfsresultaat in deze gebieden naar een slootpeil van ongeveer 60 cm beneden maaiveld. Door een flexibel peilbeheer met aanpassing van slootpeilen met een hoger peil in de zomer en een lager peil in de winter kan de maaivelddaling beperkt blijven. Door het toepassen van onderwaterdrainage kan naar verwachting ook de maaivelddaling met 4-6 mm per jaar afnemen. In hoeverre de bodemkwaliteit beïnvloed wordt door flexibel peilbeheer is sterk afhankelijk van het tijdstip, de duur en de mate van de verhoging of verlaging van het slootpeil. In het algemeen zal bij lage grondwaterstanden de mineralisatie van de organische stof en het verlies hiervan meer zijn.

Een goede ontwatering is essentieel voor een goede bodemstructuur en ook andersom. Een slecht doorlatende bovengrond geeft een slechte ontwatering en grote kans op verslamping. Structuurschade ontstaat ook bij een te geringe draagkracht van de bodem. Weidend vee kan door vertrapping veel schade veroorzaken. Een belangrijk gegeven voor het water- en peilbeheer zijn ook de wensen vanuit de maatschappij. Verdroging van natuur en maaiveld daling moet zoveel mogelijk worden voorkomen. Met deze aspecten zal ook de landbouw rekening moeten houden.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Inleiding | 1 |
| 2 | Verruiming en aanpassing van vruchtwisseling | 2 |
| 2.1 | Problematiek en effecten op bodemkwaliteit | 2 |
| 2.1.1 | Akkerbouw | 2 |
| 2.1.2 | Melkveehouderij | 3 |
| 2.2 | Kosten en baten | 4 |
| 2.2.1 | Rekenvoorbeelden akkerbouw | 4 |
| 2.2.2 | Rekenvoorbeeld melkveehouderij | 6 |
| 2.3 | Conclusies | 8 |
| 2.4 | Aanbevelingen en oplossingsrichtingen | 8 |
| 3 | Preventie van bodemverdichting | 9 |
| 3.1 | Problematiek en effecten op bodemkwaliteit | 9 |
| 3.1.1 | Organische stof | 9 |
| 3.1.2 | Bodemstructuur | 10 |
| 3.1.3 | Erosie | 10 |
| 3.1.4 | Bodemgezondheid | 10 |
| 3.2 | Kosten en baten | 10 |
| 3.2.1 | Maatregelen voor het verminderen van bodemdruk | 11 |
| 3.2.2 | Maatregelen voor het opheffen van bodemdruk | 12 |
| 3.2.3 | Maatregelen voor het opheffen van bodemdruk | 12 |
| 3.2.4 | Rijpadenteelt | 14 |
| 3.3 | Conclusies | 18 |
| 3.4 | Aanbevelingen en oplossingsrichtingen | 19 |
| 4 | Optimalisering van ontwatering en flexibel peilbeheer | 21 |
| 4.1 | Problematiek en effecten op bodemkwaliteit | 21 |
| 4.1.1 | Organische stof | 21 |
| 4.1.2 | Bodemstructuur | 21 |
| 4.1.3 | Erosie | 22 |
| 4.1.4 | Bodemgezondheid | 22 |
| 4.2 | Kosten en baten | 22 |
| 4.2.1 | Peilverhoging | 22 |
| 4.2.2 | Beregenen | 23 |
| 4.3 | Conclusies | 24 |
| 4.4 | Aanbevelingen en oplossingsrichtingen | 24 |
| 5 | Grondruil / landhuur akkerbouw – veehouderij | 25 |
| 5.1 | Problematiek en effecten op bodemkwaliteit | 25 |
| 5.1.1 | Organische stof | 25 |
| 5.1.2 | Bodemstructuur | 25 |
| 5.1.3 | Erosie | 25 |
| 5.1.4 | Bodemgezondheid | 26 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 5.2 | Kosten en baten | 26 |
| 5.3 | Conclusies | 27 |
| 5.4 | Aanbevelingen en oplossingsrichtingen | 27 |
| 6 | Omzanden en diepploegen | 28 |
| 6.1 | Effecten op bodemkwaliteit | 28 |
| 6.1.1 | Organische stof | 28 |
| 6.1.2 | Bodemstructuur | 28 |
| 6.1.3 | Erosie | 29 |
| 6.1.4 | Bodemgezondheid | 29 |
| 6.2 | Kosten en baten | 29 |
| 6.3 | Conclusies | 30 |
| 6.4 | Aanbevelingen en oplossingsrichtingen | 30 |
| 7 | Verruiming van vruchtwisseling | 31 |
| 7.1 | Verruiming vruchtwisseling in de akkerbouw | 31 |
| 7.1.1 | Vruchtwisselingeffecten op opbrengst en kwaliteit | 33 |
| 7.1.2 | Vruchtwisselingeffecten op bodemkwaliteit | 36 |
| 7.2 | Verruiming vruchtwisseling in de melkveehouderij | 47 |
| 7.2.1 | Graslandvernieuwing | 47 |
| 7.2.2 | Snijmaïs en vruchtwisseling | 48 |
| 7.2.3 | Vruchtwisselingseffecten op de opbrengst van maïs | 49 |
| 7.2.4 | Vruchtwisselingseffecten op bodemkwaliteit | 49 |
| 7.3 | Landruil, landhuur en -verhuur | 52 |
| | Problematiek en effecten op bodemkwaliteit | 53 |
| 7.4 | Samenwerking akkerbouw – veehouderij | 55 |
| 7.5 | Conclusies | 55 |
| 7.6 | Aanbevelingen en oplossingsrichtingen | 56 |
| 8 | Optimalisering van water- en peilbeheer | 57 |
| 8.1 | Water- en peilbeheer, omvang en betekenis | 57 |
| 8.2 | Water- en peilbeheer in de akkerbouw | 58 |
| 8.3 | Water- en peilbeheer in de veehouderij | 61 |
| 8.4 | Water- en peilbeheer in het Veenweidegebied | 64 |
| 8.5 | Effecten water- en peilbeheer op bodemkwaliteit | 66 |
| 8.5.1 | Organische stof (en mineralen) | 66 |
| 8.5.2 | Bodemstructuur | 66 |
| 8.5.3 | Erosie | 67 |
| 8.5.4 | Bodemgezondheid | 67 |
| 8.6 | Maatschappelijke aspecten | 68 |
| 8.7 | Conclusies | 68 |
| 8.8 | Aanbevelingen en oplossingsrichtingen | 69 |
| 9 | Algemene conclusies en aanbevelingen | 70 |
| | Literatuur | 71 |

1 Inleiding

De bodem is zowel een belangrijk productiemiddel voor grondgebonden agrarische bedrijven, als ook een belangrijk onderdeel van het natuurlijke milieu. De Nederlandse overheid streeft naar een verduurzaming van het bodemgebruik, waardoor zowel de productiewaarde, als de milieu- en natuurwaarde van de bodem wordt behouden en verbeterd ten behoeve van volgende generaties. Dit streven, onder andere uitgedrukt in de Beleidsbrief Bodem, wordt niet alleen op nationaal niveau nagestreefd, maar ook binnen de Europese Unie, zoals weergegeven in de Europese bodemstrategie.

Projectkader

LNV heeft Wageningen UR opdracht gegeven voor een studie 'Duurzaam Bodemgebruik' (DBG), gericht op:

- a. begripsomschrijving en inkadering
- b. ontwikkeling en toetsing van indicatoren en monitoringsmethoden
- c. kosten en baten van bedrijfsmaatregelen voor DBG
- d. een verkenning van aard en omvang van antropogene bodemverdichting op verdichtinggevoelige gronden.

Genoemde doelstellingen zijn ondergebracht in deelprojecten.

Dit rapport omvat de uitwerking van het deelproject: kosten en baten van bedrijfsmaatregelen voor Duurzaam Bodemgebruik.

Doelstelling en afbakening

De doelstelling luidt als volgt: 'het in kaart brengen van kosten (en baten) van bedrijfsmaatregelen die Duurzaam Bodemgebruik bevorderen'.

Door de opdrachtgever zijn vijf maatregelen gekozen waarvan de kosten en baten worden geanalyseerd. Dit zijn:

1. Verruiming of aanpassing van de vruchtwisseling
2. Preventie van bodemverdichting
3. Optimalisering van ontwatering en flexibel peilbeheer
4. Grondruil en landhuur-/verhuur tussen akkerbouw en veehouderij
5. Omzanden en diepploegen

Maatregel 4 kan hierbij ook als onderdeel worden gezien van maatregel 1.

Bodemkwaliteit wordt vanuit een landbouwkundig (productie) perspectief gewaardeerd op basis van vier onderdelen: organische stofgehalte, bodemstructuur, erosiegevoeligheid en bodemgezondheid.

Aanpak

Voor een goede kosten- en batenanalyse is het van belang om specifieke maatregelen helder te omschrijven. De eerste fase van het project bestond daarom uit een definitie van de maatregelen die door de opdrachtgever waren geselecteerd. Vervolgens zijn de kosten en baten en de effecten op bodemkwaliteit in kaart gebracht, waarbij de studie niet beperkt is tot de economische aspecten van de maatregelen, maar dat ook de effecten op bodemkwaliteit in kaart zijn gebracht.

Op verzoek van de opdrachtgever zijn twee maatregelen verder uitgewerkt, namelijk onderdeel 1 'Verruiming of aanpassing van de vruchtwisseling' en onderdeel 3 'optimalisering van ontwatering en flexibel peilbeheer'.

Leeswijzer

Het rapport bestaat uit twee delen. In het eerste deel A worden de vijf maatregelen beschreven en worden de kosten en de effectiviteit van de maatregel in kaart gebracht. In deel B zijn de maatregelen 1 en 3 verder uitgewerkt. De twee delen zijn ten opzichte van elkaar zelfstandig leesbaar. Hierdoor is wel enige overlap opgetreden. Voor de lezer die meer in de kosten en baten van de vijf maatregelen is geïnteresseerd volstaat wellicht het lezen van deel A. De lezer die meer geïnteresseerd is in de uitdieping van de twee maatregelen, kan desgewenst volstaan met deel B. Het rapport wordt besloten met conclusies en aanbevelingen.

Deel A Kosten en effectiviteit per maatregel

2 Verruiming en aanpassing van vruchtwisseling

Een juiste vruchtwisseling is een zeer belangrijk onderdeel van een gezonde en duurzame bedrijfsvoering, vanwege de grote invloed op de bodemkwaliteit en het productie- en kwaliteitsniveau van gewassen. Vruchtwisseling is ook van groot belang voor het behoud van de productiviteit van de bodem, met name in de akkerbouw. Via de keuze van de gewassen, de vruchtopvolging en de rotatieruimte kan de teler invloed uitoefenen op de organische stofvoorziening, de bodemgezondheid en de bodemstructuur. Vruchtwisseling speelt daarom een cruciale rol bij duurzaam bodembeheer van akkerbouwgrond. In de veehouderij is vruchtwisseling van minder grote betekenis. Herinzaai of inzaai van (kortdurend of meerjarig) grasland) in vruchtwisseling met andere gewassen, zoals snijmaïs, is een belangrijke maatregel. Ook de continue teelt van maïs is een aspect die in dit kader past.

2.1 Problematiek en effecten op bodemkwaliteit

Vooraf in de akkerbouw is vaak sprake van een vruchtwisseling die ongunstig is voor de bodemkwaliteit. In de veehouderij speelt dit probleem minder, maar kan dit ook voorkomen. De gebruikelijke manier waarop akkerbouwers en melkveehouders hiermee omgaan en de gevolgen die dit heeft voor de bodemkwaliteit worden in deze paragraaf beschreven.

2.1.1 Akkerbouw

Granen en vergelijkbare gewassen hebben een positieve invloed op de bodemkwaliteit. Daarom zijn ze als gewassen met vaak een lager saldo, toch een wezenlijk onderdeel van de vruchtwisseling met hoogsalderende gewassen, zoals aardappelen, groentegewassen en bloembollen, die minder gunstig zijn uit oogpunt voor bodemkwaliteit. Omdat het rendement van de akkerbouw onder toenemende druk staat, is het financieel aantrekkelijk om het aandeel hoogsalderende gewassen te verhogen ten koste van laag salderende gewassen, bijvoorbeeld granen. Door deze toenemende intensiteit van de vruchtwisseling staat de bodemkwaliteit onder druk. Wel bestaan er voor de akkerbouw wettelijke voorschriften voor de intensiteit van de aardappelteelt (minimaal 1 op 3 voor poot- en consumptieaardappelen en minimaal 1 op 2 voor fabrieksaardappelen). Daarnaast spelen ook quota (suikerbieten) en contracten (groentegewassen) een rol in het aandeel van gewassen in de vruchtwisseling. De invloed van de diverse gewassen op de bodemkwaliteit kan afgemeten worden aan de parameters organische stof, bodemstructuur, erosie en bodemgezondheid.

Organische stof

Een vuistregel zegt dat een jaarlijkse aanvoer van 1.600 kg effectieve organische stof (= organische stof die na één jaar nog aanwezig is) nodig is om de afbraak van organische stof in de bodem te compenseren. Deze organische stof wordt aangevoerd in de bodem vanuit wortel- en gewasresten, groenbemesters en organische (dierlijke) meststoffen. Er bestaan grote verschillen tussen gewassen in de hoeveelheid effectieve organische stof (eos) die ze nalaten. Wintertarwe is een gewas dat in de stoppel al 1.600 kg eos levert en nog eens 1.000 kg wanneer het stro niet wordt afgevoerd. Aardappelen laten slechts een kleine 900 kg eos achter. Dat betekent dat een intensieve vruchtwisseling, met een laag aandeel granen, onvoldoende compenseert voor de natuurlijke afbraak van organische stof. Overigens vindt bij een dergelijke vruchtwisseling vaak wel (gedeeltelijke) compensatie plaats via de aanwending van dierlijke mest en compost. Dit is meestal nog niet voldoende om de afbraak te compenseren, waardoor het gehalte aan organische stof daalt. Dit probleem speelt momenteel op vrij veel akkerbouwbedrijven op klei, die hierdoor met een te laag organische stofgehalte kampen.

Bodemstructuur

De structuur van de bodem wordt beïnvloed door verschillende factoren: het organische stofgehalte, de hoeveelheid kalk in de bodem, het bodemleven, het berijden met machines, de grondbewerking en de doorworteling van gewassen. De teelt van rooivruchten, zoals aardappelen, suikerbieten en wortelen is vaak ongunstig voor de bodemstructuur. In vergelijking met granen en graszaad, is de beworteling veel ondieper en minder intensief en wordt relatief weinig organische stof aangevoerd. Daarnaast wordt de grond vaker en met zware machines bereiden, vindt de oogst in het najaar plaats met grotere kans op natte omstandigheden en wordt bij de oogst de toplaag van de bodem gezeefd. Deze activiteiten kunnen een behoorlijk negatief effect op de bodemstructuur geven. Bij granen en graszaad worden relatief weinig bewerkingen uitgevoerd en wordt het gewas in de zomer onder gunstige omstandigheden (droge grond) geoogst, waarbij de bodem met rust wordt gelaten.

De aanvoer van organische stof heeft in diverse opzichten een positief effect op de bodemstructuur, o.a. door het tegengaan van verkleving en verslemping op kleigronden en de stimulering van het bodemleven. Gangen van bodemorganismen (wormen) vormen een belangrijk onderdeel van een goede bodemstructuur, omdat het zuurstofgehalte in de bodem dan hoger is en overtollig water sneller wordt afgevoerd.

Erosie

Watererosie treedt vaak op bij hellende percelen als gevolg van overvloedige neerslag. Gewassen die de bodem nauwelijks vasthouden of bedekken vormen een risico onder deze omstandigheden, omdat snel geulen ontstaan en grond mee omlaag spoelt. Tijdens het groeiseizoen vormen vooral rooivruchten en maïs een risico. In de winterperiode, wanneer er veel neerslag valt, zijn wintergranen effectief bij het voorkomen van erosie. Ook groenbemesters kunnen bescherming geven tegen erosie, mits deze niet te vroeg en niet te diep ondergewerkt worden. Omdat sommige rooivruchten laat in het jaar worden geoogst, is het soms niet meer mogelijk om een wintergraan of groenbemester na de oogst in te zaaien. Hierdoor kan watererosie vaker optreden. Dit onderstreept opnieuw het belang van de vruchtwisseling, met name op hellende percelen.

Winderosie is vooral een probleem op de duinzandgronden in de Bollenstreek (Noord-Holland) en de stuifgevoelige zand- en dalgronden in de Veenkoloniën (Drenthe, Groningen). Evenals bij watererosie wordt het risico van winderosie vergroot bij een geringe bodembedekking, dus vooral in het voorjaar en in open gewassen.

Winderosie veroorzaakt gewasschade, kan verplaatsing van bodempathogenen (aaltjes, schimmelsporen) geven en kan de omgeving overlast bezorgen. Via vruchtwisseling is het mogelijk om winderosie (gedeeltelijk) te voorkomen, bijvoorbeeld door de teelt van een groenbemester (graan, gras) in de winter. Deze wordt dan in het voorjaar vóór de inzaai van het hoofdgewas doodgespoten en/of oppervlakkig ondergewerkt. De gewasresten van de groenbemester dienen dan als stuifdek.

Bodemgezondheid

Als bepaalde gewassen te vaak achtereen worden geteeld, neemt de bodemgezondheid snel af. Dit wordt veroorzaakt door een snelle opbouw van populaties bodempathogenen, die deze gewassen als waardplant hebben. Daarom zijn voor sommige gewassen wettelijke teeltfrequenties vastgelegd. Zo is de wettelijke teeltfrequentie van aardappelen om bodemgezondheidsredenen (aardappelmoeheid) vastgelegd. Ook voor andere gewassen, zoals suikerbieten en bloembollen, gelden beperkingen. De beperking geldt feitelijk voor alle gewassen die tot dezelfde familie behoren, omdat deze waardplant zijn voor dezelfde bodempathogenen. Een bekend voorbeeld is de vatbaarheid van kruisbloemigen voor het bietencystenaaltje, waardoor suikerbieten, koolzaad, spinazie en koolgewassen onderling in een ruime vruchtwisseling geteeld moeten worden. Een ruime vruchtwisseling is echter niet altijd een oplossing voor bodemgezondheidsproblemen. Sommige aaltjes vermeerderen op vrijwel alle gewassen, waaronder ook granen en maïs, zodat verruiming van de vruchtwisseling zelfs kan leiden tot een nog sterkere vermeerdering van deze aaltjes. Dat geldt ook voor bepaalde bodemgebonden schimmels.

2.1.2 *Melkveehouderij*

In de melkveehouderij bestaat het grondgebruik grotendeels uit blijvend of langjarig grasland met daarnaast vaak een aandeel snijmaïs. De teelt van de maïs is vooral te vinden op zand-, klei- en lössgronden. In het veenweidegebied komt nauwelijks snijmaïs voor. Op een deel van de melkveehouderijbedrijven wordt een deel van de maïs jaar op jaar op hetzelfde perceel verbouwd. Dit heeft vaak praktische redenen. Zo wordt maïs bij voorkeur op verder gelegen percelen verbouwd, die niet of moeilijk bereikbaar zijn voor beweiding met melkvee. Ook hier geldt dat de bodemkwaliteit te lijden kan hebben onder de continue teelt van maïs. De continue teelt van grasland is overigens doorgaans positief voor de bodemkwaliteit, hoewel eenmaal opgetreden structuurschade vrijwel niet hersteld kan worden in blijvend grasland. Herinzaai met eventueel aanvullende grondbewerkingen is dan de belangrijkste maatregel om de bodemkwaliteit (verdichting) te herstellen. Door herinzaai kan wel verlies van organische stof en mineralenverlies door mineralisatie optreden.

Organische stof

Continue teelt van snijmaïs kan een tekort aan organische stof opleveren, omdat met de teelt hiervan slechts 675 kg effectieve organische stof (eos) per jaar wordt aangevoerd (exclusief drijfmest en groenbemester). Vaak wordt bij de snijmaïsteelt een runderdrijfmestgift van circa 30 ton per ha gegeven. Dit geeft een aanvullende aanvoer van circa 960 kg eos per ha. Het totaal komt dan op 1.640 kg eos per ha. Als er bij die aanvoer toch sprake is van een daling van het organische stofgehalte van de bodem, kan worden gedacht aan verruiming van de vruchtwisseling om de organische stofaanvoer te verhogen. Wordt bijvoorbeeld drie jaar maïs in afwisseling geteeld met een driejarig gras- of gras-kloverland, dan levert dit gemiddeld per jaar 1.000 kg eos op. Bij afwisseling van drie jaar maïs met één jaar (snij)graan komt de aanvoer hiervan uit op gemiddeld op 905 kg per ha per jaar. Daarbij kan er na (snij)graan nog een goed ontwikkelde groenbemester worden geteeld, die ongeveer 900 kg eos oplevert en de gemiddelde aanvoer per jaar met circa 225 kg verhoogd. De teelt van snijmaïs in een

vruchtwisseling met gras(klaver) en/of graan levert dus een verbetering op voor de organische stofvoorziening. Er van uitgaande dat de totale bouwplanaanvoer van eos uit mest gelijk blijft.

Als verruiming van de vruchtwisseling niet mogelijk is, kan nog extra organische stof worden aangevoerd door de gift met runderdrijfmest te verhogen of door de aanvoer van vaste stalmest of compost.

Bodemstructuur

De bodemstructuur heeft vaak flink te lijden onder de continue teelt van snijmaïs, omdat de oogst met zware machines plaats vindt en in het najaar er meer kans op natte omstandigheden is. Daarnaast voert snijmaïs weinig organische stof aan, wat nadelig is voor de structuur (minder bodemleven, meer verslemping en minder goede waterhuishouding). Door vruchtwisseling met grasland en/of granen wordt de bodemstructuur verbeterd, omdat met deze gewassen meer organische stof wordt aangevoerd en granen minder laat in het jaar worden geoogst.

Erosie

Snijmaïs is om twee redenen een risicogewas met betrekking tot watererosie op hellende percelen. De eerste reden is dat het gewas de bodem niet goed vasthoudt, zodat bij hevige regenval de grond mee wegspoelt. De tweede reden is dat de kans bestaat dat na de (late) oogst van maïs, de inzaai van grasland of een groenbemester niet meer goed slaagt. Onderzaai van gras in maïs kan een oplossing zijn, maar beter is het om geen maïs te telen op erosiegevoelige percelen. Granen, graszaad of grasland zijn dan goede alternatieven.

Bodemgezondheid

De continue teelt van maïs is nadelig voor de bodemgezondheid en daarmee ook voor de gewasopbrengst. Bij een continue teelt is er geen sprake van effecten op andere gewassen, maar de ontwikkeling van bodempathogenen (o.a. wortelverbruining) resulteert uiteindelijk in een lagere opbrengst per hectare. De teelt van snijmaïs in vruchtwisseling met andere gewassen leidt daarom meestal tot een hogere snijmaïsoopbrengst. De teelt van maïs in vruchtwisseling met andere gewassen kan echter wel problematisch zijn vanuit het perspectief van bodemgezondheid. Het opnemen van snijmaïs in een akkerbouwvruchtwisseling leidt vaak tot problemen met polyfage aaltjes. De verplichting om een winterharde groenbemester te telen na snijmaïs op zandgrond, bedoeld om uitspoeling van nutriënten tegen te gaan, kan ook problemen geven met aaltjes in volgteelten. Voor een rotatie met grasland spelen deze problemen meestal niet.

2.2 Kosten en baten

De intensiteit van de akkerbouwvruchtwisseling heeft met name economische redenen, omdat de intensieve gewassen vaak het hoogste rendement hebben in vergelijking met granen. Verruiming van een intensief bouwplan leidt in veel gevallen dan ook tot inkomensverlies op akkerbouwbedrijven. Ondernemers proberen daarom een bouwplan samen te stellen waarbij het inkomen wordt gemaximaliseerd, zonder grote risico's op schade door bodemgebonden ziekten en plagen, te late oogst- of zaaitijdstippen of een te laag organische stofgehalte.

Met snijmaïs kunnen melkveehouders samen met gras(kuil) en krachtvoer tot een optimaal voerrantsoen komen. De continue teelt van snijmaïs in de melkveehouderij heeft vaak meer praktische dan economische redenen, zoals de onmogelijkheid om percelen te beweiden vanwege de afstand tot het bedrijf. Verder is de teelt eenvoudig. In de meeste gevallen is daarom geen sprake van behoefte aan andere voedergewassen naast maïs. Door de introductie van een vruchtwisseling van snijmaïs met andere gewassen ontstaat er zodoende een rantsoen wat voedertecnisch of economisch meestal minder aantrekkelijk is.

Zowel voor de akkerbouw als voor de melkveehouderij kan met een paar rekenvoorbeelden inzicht verkregen worden in de kosten (en baten) van een ruimere of andere vruchtwisseling. Deze berekeningen zijn uitgevoerd met het Bedrijfs Economisch Analysemodel voor de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt (BEA) en het Bedrijfs Begrotings Programma Rundveehouderij (BBPR). De gegevens van BEA zijn te vinden in de KWIN-AGV, 2006 (PPO, 2006). Het door ASG gebruikte BBPR is o.a. beschreven door Schils et al. (2007). In deze rekenvoorbeelden zijn alleen de saldi en bedrijfsresultaten vermeld.

2.2.1 Rekenvoorbeelden akkerbouw

Voor drie akkerbouwregio's zijn bouwplannen vergeleken, waarbij steeds een regulier bouwplan is vergeleken met een alternatief bouwplan waarin minder aardappelen zijn opgenomen. In dit alternatieve bouwplan zijn als vervangende gewassen opgenomen, die gewassen waarop in de praktijk in de betreffende regio's ook meestal de keuze valt. De aanname is dat de opbrengsten en de kosten per gewas gelijk blijven in beide bouwplannen. De vaste kosten zijn buiten beschouwing gelaten, omdat gerekend is met bedrijfssaldi (optelsom van gewassaldi). In de berekeningen is geen rekening gehouden met de uitbetaling van bedrijfstoelagen, omdat is aangenomen dat in de referentie jaren de bedrijven voor de vaststelling van de toeslagen hetzelfde bouwplan hadden als nu.

Wijzigingen in het bouwplan hebben dan geen invloed op de hoogte van de bedrijfstoelagen. In de praktijk kunnen deze toeslagen echter wel degelijk van invloed zijn. Wanneer voor de toeslagrechten bepaalde steunwaardige gewassen uit het bouwplan worden gehaald en er komen hiervoor geen uitwisselbare gewassen terug, dan kan dat een behoorlijke korting betekenen op de uitbetaling van de bedrijfstoelag.

Regio Noordoost Nederland (Veenkoloniën)

Voor de berekeningen is uitgegaan van een bedrijf van 100 ha akkerbouw, een representatief bedrijf voor deze regio. De volgende bouwplannen zijn vergeleken:

| <i>Regulier bouwplan (aardappelen 1:2)</i> | <i>Alternatief bouwplan (aardappelen 1:3)</i> |
|--|---|
| 50 ha zetmeelaardappelen | 33,3 ha zetmeelaardappelen |
| 25 ha zomergerst | 25 ha zomergerst |
| 25 ha suikerbieten | 25 ha suikerbieten |
| | 16,7 ha snijmaïs |

De berekeningen laten de volgende bouwplansaldi zien:

| <i>Regulier bouwplan</i> | <i>Alternatief bouwplan</i> |
|--------------------------|-----------------------------|
| € 57.625,- | € 51.213,- |
| Uitgedrukt per ha: | |
| € 576,- | € 512,- |

Verruiming van het bouwplan betekent in dit geval een saldooverlaging van bijna € 6.500,- totaal, overeenkomend met € 64,- per hectare. Omdat de teelt van zetmeelaardappelen gereguleerd wordt via quoterings, lijkt het logisch dat land wordt gehuurd of gekocht voor de overige 17 ha zetmeelaardappelen. Dit is echter niet in de berekeningen meegenomen, omdat het rendement hiervan sterk afhangt van de huurprijs of grondprijs.

Regio Centrale Zeeklei (Noordoostpolder)

Er is uitgegaan van een bedrijf van 50 hectare, een bedrijfsgrootte die redelijk algemeen is in de Noordoostpolder. De volgende bouwplannen zijn vergeleken:

| <i>Regulier bouwplan (aardappelen 1:3)</i> | <i>Alternatief bouwplan (aardappelen 1:4)</i> |
|--|---|
| 16,7 ha pootaardappelen | 12,5 ha pootaardappelen |
| 16,7 ha wintertarwe | 16,7 ha wintertarwe |
| 8,3 ha suikerbieten | 8,3 ha suikerbieten |
| 8,3 ha zaaiuien | 8,3 ha zaaiuien |
| | 4,2 ha tulpen (landverhuur) |

Voor de landverhuur voor tulpen is een huurprijs aangenomen van € 2.500 per hectare.

Dit leidt tot de volgende bouwplansaldi:

| <i>Regulier bouwplan</i> | <i>Alternatief bouwplan</i> |
|--------------------------|-----------------------------|
| € 126.160,- | € 117.473,- |
| Uitgedrukt per ha: | |
| € 2.523,- | € 2.349,- |

Het saldo van het alternatieve bouwplan is € 8.687,- (€ 174,- per ha) lager, een aanzienlijke inkomstenderving. Het inruilen van een hoogsalderend gewas (pootaardappelen) voor de verhuur van bloembollenland is financieel niet aantrekkelijk. De vruchtwisseling wordt wel verruimd (minder aardappelen en een nieuw gewas in het bouwplan), maar ook de tulp is een rooigewas dat een aanslag op de fysische bodemstructuur kan doen.

Regio Zuidoostelijk zandgebied

Ook voor het Zuidoostelijk zandgebied is gerekend met een bedrijfsgrootte van 50 ha. De volgende bouwplannen zijn vergeleken:

| <i>Regulier bouwplan (aardappelen 1:4)</i> | <i>Alternatief bouwplan (aardappelen 1:6)</i> |
|--|---|
| 12,5 ha consumptieaardappelen | 8,4 ha consumptieaardappelen |
| 12,5 ha wintergerst | 12,5 ha wintergerst |
| 12,5 ha suikerbieten | 12,5 ha suikerbieten |
| 6,25 ha winterpeen | 6,25 ha winterpeen |
| 6,25 ha doperwten / stamslaboon* | 6,25 ha doperwten / stamslaboon*) |
| | 2,08 ha lelies (landverhuur**) |
| | 2,08 ha snijmaïs |

*) dubbelteelt van doperwten en daarna stamslaboon.

***) voor de landverhuur voor lelies is uit gegaan van een financiële opbrengst van € 1.500,- per ha.

De bouwplansaldi van bovengenoemde bouwplannen zijn:

| <i>Regulier bouwplan</i> | <i>Alternatief bouwplan</i> |
|--------------------------|-----------------------------|
| € 57.495,- | € 54.444,- |
| Uitgedrukt per ha: | |
| € 1.150,- | € 1.089,- |

De verruiming van de vruchtwisseling levert ook voor deze situatie een verlies aan bedrijfssaldo op van € 3.051,- (€ 61,- per ha).

Analyse

Uit de berekeningen hierboven blijkt dat een andere vruchtwisseling kan leiden tot een aanzienlijk lager financieel resultaat. Hierbij is dan nog niet gerekend met verruiming van de rotatie met laagsalderende graangewassen. In het algemeen kan dus worden gesteld dat verruiming van het bouwplan, waarbij aardappelen worden ingeleverd voor andere gewassen, zoals maïs of bolgewassen (landverhuur), financieel nadelig zal zijn voor de ondernemer. In het tweede rekenvoorbeeld (Noordoostpolder) is het financiële nadeel het grootst, € 174,- per ha.

De orde van grootte van de bedragen behoeft nog enige toelichting. Wellicht lijken bedragen van € 60,- per ha niet veel, maar zoals uit de berekeningen blijkt, loopt dit voor normale akkerbouwbedrijven tussen de 50 en 100 ha al snel op tot € 3.000,- - € 6.000,-. Dit kan voor de akkerbouwsector al het verschil uitmaken tussen winst of verlies.

Zoals kort is aangegeven bij de berekeningen voor het bouwplan in Regio Noordoost Nederland, is het mogelijk dat ondernemers grond gaan huren of kopen om hun areaal (fabriek)aardappelen op peil te houden bij een verruiming van de vruchtwisseling. Dit is nogal discutabel en hangt vooral af van het saldo van het gewas. Een vuistregel is dat land huren onrendabel is voor gewassen met een saldo vergelijkbaar met of een beetje hoger dan dat van graan. Voor de teelt van pootaardappelen is het daarom wel logisch dat een ondernemer land gaat huren, wanneer het aandeel aardappelen op het eigen bedrijf wordt verlaagd. Dit gebeurt ook in de praktijk. Echter, wanneer alle ondernemers om bodemgezondheidsredenen het aandeel aardappelen in de vruchtwisseling verlagen, zal er een extra vraag naar huurland ontstaan, terwijl het aanbod wellicht om dezelfde redenen zal afnemen. Het is daarom twijfelachtig dat in die situatie het totale areaal (poot)aardappelen in stand blijft.

Daarnaast heeft het huren van land ook praktische nadelen, zoals transportafstand. Ten slotte blijkt vaak uit ervaringen dat het bodembeheer van huurland vaak te wensen overlaat in vergelijking met 'eigen' grond, door de wisselende gebruikers. Bemesting gebeurt minder planmatig, organische stofvoorziening laat te wensen over en bodemziekten en onkruiden nemen vaak toe.

Het verhuren van land heeft ook een voordeel, wat niet in de berekeningen is meegenomen, namelijk de besparing van arbeid. Verhuurd land brengt relatief weinig arbeid en kosten met zich mee, in tegenstelling tot het zelf uitvoeren van de teelt van bijvoorbeeld pootaardappelen. Voor sommige ondernemers kan hierdoor bespaard worden op vreemde arbeid, waardoor ook een kostenvoordeel wordt gerealiseerd. Wanneer men echter bespaart op eigen arbeid, die vaak niet als kostenpost wordt opgevoerd, is er geen kostenvoordeel. Wanneer de bespaarde arbeidsuren weer ergens anders voor worden benut, bijvoorbeeld voor het uitvoeren van betaalde arbeid of voor het uitsparen van vreemde arbeid, is er ook langs die kant een financieel voordeel te behalen.

2.2.2 Rekenvoorbeeld melkveehouderij

Op melkveehouderijbedrijven wordt (snij)maïs vaak in continue teelt verbouwd. Dit wordt als ongunstig beoordeeld voor de bodemkwaliteit. Als voorbeeld is daarom gekeken naar de effecten van het telen van maïs in afwisseling met grasland. Tevens is als variant ook het gewas triticale meegenomen. Triticale is een graangewas dat vroeg in de zomer wordt geoogst als Gehele Plant Silage (GPS). Na de oogst kan nog tijdig grasland worden ingezaaid, waarbij het mogelijk is in het zelfde jaar nog één snede te oogsten. Van triticale als maaigewas is een gunstige invloed op de bodemkwaliteit te verwachten, zowel in aanvoer van organische stof, als vanwege mindere schade

aan bodemverdichting en bodemstructuur. Verder heeft triticale een betere mineralenbenutting dan snijmaïs, en kan op sommige droogtegevoelige gronden geschikter zijn dan snijmaïs.

Het rekenvoorbeeld betreft een representatief bedrijf op zandgrond met grasland op de huiskavel en snijmaïs op een veldkavel op afstand. Het bedrijf heeft de volgende kenmerken:

- 40 ha zandgrond
- Huiskavel van 24 ha grasland, waarvan 8 ha niet geschikt is voor de teelt van voedergewassen
- Op 5 km afstand een veldkavel van 16 ha voor de teelt van 12 ha snijmaïs (continueelt) en 4 ha gras (waarvan 2 ha niet geschikt is voor de teelt van voedergewassen)
- 75 koeien met een melkproductie van 8.000 liter melk per koe per jaar
- Melkquotum van 600.000 kilogram
- Intensiteit van 15.000 kg melk per ha
- Beperkte weidegang in de zomer met bijvoeding (gras- en maïskuil)

De ongeschiktheid van een deel van de huiskavel en ook een klein deel van de veldkavel voor de teelt van voedergewassen (snijmaïs en/of triticale) is een in de praktijk veel voorkomende situatie. Het maakt de vruchtwisseling wel ingewikkelder, maar heeft op de financiële gevolgen weinig invloed.

Varianten

Voor dit bedrijf zijn twee vruchtwisselingvarianten doorgerekend en vergeleken met de basissituatie waarbij maïs in continueelt wordt verbouwd. Variant 1 houdt in dat de 12 ha snijmaïs in vruchtwisseling met grasland wordt geteeld (3 jaar gras en dan 2 jaar maïs). In variant 2 wordt 6 ha snijmaïs en 6 ha triticale (snijgraan) geteeld in vruchtwisseling met grasland (3 jaar gras, 1 jaar maïs en 1 jaar triticale). Overigens wisselt de oppervlakte van de verschillende gewassen enigszins per jaar.

Tabel 1 Schematisch overzicht vruchtwisselingsvarianten (in ha per jaar gemiddeld)

| | Basissituatie | | Variant 1 | | Variant 2 | |
|---------------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | huiskavel | veldkavel | huiskavel | veldkavel | huiskavel | veldkavel |
| Grasland continu | 24 | 4 | 8 | 2 | 8 | 2 |
| Grasland vruchtwisseling | - | - | 10,4 | 7,6 | 10,4 | 7,6 |
| Snijmaïs continu | - | 12 | - | - | - | - |
| Snijmaïs vruchtwisseling | - | - | 5,6 | 6,4 | 2,8 | 3,2 |
| Triticale vruchtwisseling | - | - | - | - | 2,8 | 3,2 |

Resultaten

Tabel 2 Financiële bedrijfsresultaten (in €). Verschillen varianten ten opzichte van de basissituatie

| | Basissituatie | Variant 1 | Variant 2 |
|--------------------------|---------------|-----------|-----------|
| Opbrengsten | 244.100 | +60 | +20 |
| Toegerekende kosten | 62.970 | +720 | +420 |
| Niet toegerekende kosten | 142.300 | +4.580 | +4.370 |
| Arbeidsopbrengst | 39.200 | -5.230 | -4.770 |

Analyse

Door het toepassen van vruchtwisseling komt de beweiding op de huiskavel in het gedrang, omdat hier minder grasland overblijft. Vanwege de afstand van de veldkavel kan hier niet worden geweid met melkvee. Hierdoor moet minder worden beweid, waardoor de bedrijfsvoering minder efficiënt wordt. Voor beide varianten betekent dit dat er meer ruwvoerwinning nodig is. Daarnaast moet vaker grasland worden gescheurd en opnieuw worden ingezaaid. Dit geeft hogere kosten voor loonwerk. Verder is een gevolg van de afgenomen beweiding dat het winterrantsoen extra kuilgras omvat; hierdoor neemt ook de krachtvoeropname per koe licht toe. Dit geldt vooral voor variant 2, omdat de krachtvoerbehoefte extra toeneemt door het opnemen van triticale (snijgraan) in het melkveerantsoen vanwege de wat lagere voederwaarde van het gewas.

In beide vruchtwisselingvarianten blijkt de arbeidsopbrengst te dalen met ongeveer € 5.000,-. De iets hogere bruto geldopbrengst wordt verklaard door een wat hogere melkproductie. De toegerekende kosten laten een paar opvallende stijgingen zien. De kosten voor krachtvoer stijgen fors, vooral in variant 2. In variant 2 wordt echter bespaard op de aankoop van ruwvoer, terwijl in variant 1 meer ruwvoer wordt aangekocht. Dit komt omdat herinzaai van grasland na triticale gunstiger is voor de graslandopbrengst dan na snijmaïs. De kosten van gewasbescherming dalen bij beide varianten omdat bij continueelt maïs meer bespuitingen nodig zijn dan bij maïs en triticale in vruchtwisseling. De niet toegerekende kosten stijgen aanzienlijk, vooral door extra loonwerk (meer herinzaai en meer voederwinning van grasland). Door de grotere ruwvoerwinning in de varianten 1 en 2 zijn de kosten voor gebouwen (opslag) en kuilplastic ook hoger, wat bij variant 2 nog versterkt wordt omdat er een extra

ruwvoersoort is (triticale). Daarnaast zijn de kosten voor afrastering bij vruchtwisseling hoger, vergeleken met de situatie met blijvend grasland. Doordat vooral de teelt van triticale goedkoper is dan die van snijmaïs (veel lagere kosten voor zaaizaad en gewasbescherming) met daarbij tevens een gunstige invloed op de graslandopbrengst, komt variant 2 ondanks de extra kosten voor krachtvoeraankoop voor krachtvoer, € 460,- minder negatief uit dan variant 2. Opgemerkt kan worden dat bij het berekenen van de arbeidsopbrengst van een bedrijf andere uitgangspunten, bijvoorbeeld de grootte van de huiskavel, de veebezetting of het aandeel van maïs of triticale op de huiskavel, direct grote invloed kunnen hebben op de arbeidsopbrengst.

2.3 Conclusies

Het bouwplan als resultaat van de vruchtwisseling bepaalt vooral op akkerbouwbedrijven het totale economische resultaat. Economisch gezien is een vruchtwisseling met hoogsalderende gewassen het meest interessant. Deze gewassen, zoals aardappelen en bloembollen, zijn echter vanuit diverse oogpunten vaak ongunstig voor de bodemkwaliteit in vergelijking met lager salderende gewassen, zoals granen. Overigens geldt dat verruiming van het bouwplan vanuit het perspectief van bodemgezondheid niet altijd voordeel oplevert. Dit hangt af van welke gewassen het ruimere bouwplan invullen. In de rekenvoorbeelden voor de akkerbouw is duidelijk te zien dat het inleveren van aardappelen voor andere gewassen, zoals maïs en landverhuur voor bollen, economisch onaantrekkelijk is. Een saldoverlies van € 60,- tot € 170,- kan het gevolg zijn.

In de melkveehouderij is weinig sprake van vruchtwisseling. Grasland wordt vanwege de kosten zo weinig mogelijk opnieuw ingezaaid en snijmaïs wordt veelal in continue teelt verbouwd. Het introduceren van een vruchtwisseling van maïs met grasland of triticale leidt teeltechnisch weliswaar tot een beter resultaat voor de snijmaïs (hogere opbrengst en lagere kosten voor gewasbescherming), aan de andere kant stijgen de kosten voor loonwerk, voor het inkulen en de graslandinzaai en de hogere voerkosten. Daarnaast is beweiding op een veldkavel minder efficiënt en minder praktisch. De arbeidsopbrengst daalt hierdoor met circa € 130 per ha voor variant 1 en met circa € 120,- voor variant 2.

Kortom: verruiming van de vruchtwisseling ten behoeve van de bodemkwaliteit is zowel op akkerbouw- als op melkveehouderijbedrijven economisch onaantrekkelijk.

2.4 Aanbevelingen en oplossingsrichtingen

Voor het stimuleren van de teelt van meer maai- of rustgewassen op akkerbouwbedrijven is bij de huidige prijzen, ondanks betere graanprijzen in 2007, wellicht een financiële impuls nodig. Structureel hogere prijzen, gewasgerichte steun, met inkomenssteun vanuit de EU, gelabeld aan de teelt van specifieke gewassen, is wellicht een goede oplossing. Mogelijke gewassen hiervoor zijn granen, koolzaad en luzerne. Voor de toegenomen productie moeten dan wel voldoende markt (binnen Europa) en afzetmogelijkheden aanwezig zijn. Een gewas als graszaad is uit oogpunt van bodemkwaliteit gunstig, maar heeft nauwelijks uitbreidingsmogelijkheden vanwege een limiterende markt en de gangbare contractteelt. Toename van het areaal graan, met een goede groenbemester, heeft ook een positief effect op de vermindering van de nitraatuitspoeling. Koolzaad als diepwortelend gewas met een positief effect op de bodemstructuur, kan echter wel de problemen met bietencystealtjes vergroten. Ten aanzien van nitraatuitspoeling is koolzaad ook een kritisch gewas.

Voor de melkveehouderij ligt dit wat gecompliceerder. Door het telen van maïs in vruchtwisseling met grasland in plaats van in continue teelt, wordt er geen extra gewas geteeld op het bedrijf, zodat gewasgerichte steun niet zal werken. Een passende oplossingsrichting zou kunnen zijn dat steun wordt gelabeld aan het feit of maïs al dan niet in continue teelt wordt verbouwd. Naast de winst op de bodemkwaliteit voor het maïsareaal bij vruchtwisseling, moet aan de andere kant wel rekening worden gehouden met verliezen aan organische stof en mineralen voor het (blijvende) graslanddeel, als dit wordt omgezet voor de teelt van een ander gewas.

3 Preventie van bodemverdichting

Verslechtering van de bodemstructuur door bodemverdichting speelt in alle regio's en op alle grondsoorten, zowel in de bouwvoor (bovenste 25 cm) als daaronder. Bodemverdichting wordt als een belangrijke bedreiging gezien voor de bodemkwaliteit op lange termijn (Van den Akker, 2004). Het herstellen van bodemverdichting kan veel moeite kosten en is in sommige situaties zelfs niet mogelijk, zodat de schade blijvend is. Maatregelen om bodemverdichting tegen te gaan verdienen dus veel aandacht. In Nederland is de laatste 10-15 jaar weinig onderzoek meer verricht naar bodemverdichting in de praktijk.

3.1 Problematiek en effecten op bodemkwaliteit

Bodemverdichting is het gevolg van het bovenmatig aandrukken van de bodem bij bewerkingen met (zware) machines. De belangrijkste oorzaken zijn het veelvuldige gebruik van landbouwmachines met hoge wiellasten en een hoge bodemdruk per cm^2 , vaak in combinatie met het uitvoeren van werkzaamheden op een te natte bodem. Deze problemen worden steeds groter, omdat door de toenemende schaalvergroting machines steeds zwaarder worden en er steeds vaker onder suboptimale omstandigheden gewerkt wordt. Voorjaarstoepassing van dierlijke mest wordt gestimuleerd vanuit de mestwetgeving, maar kan desastreus zijn voor de bodemstructuur. Daarnaast leiden veranderingen in het peilbeheer, bijvoorbeeld om verdroging of klink tegen te gaan, vaak tot gemiddeld hogere grondwaterstanden, waardoor de kans op verdichting, zoals door rij schade, weer toeneemt.

Een belangrijke risicoperiode voor bodemverdichting is de oogstperiode. Veel gewassen worden in het najaar geoogst. Omdat de meeste neerslag gemiddeld genomen in het najaar valt, zijn de omstandigheden dan vaak minder gunstiger en is de bodem natter dan tijdens de werkzaamheden in het voorjaar en de zomer. De zware oogstmachines en de intensieve berijding van de grond (spoor aan spoor) zorgen tijdens de oogst dan voor veel structuurschade (bodemverdichting). In de akkerbouw vormen aardappelen, suikerbieten, bollen en wortelen belangrijke risicogewassen, omdat deze in de herfst worden geoogst én omdat deze gewassen een hoge opbrengst in tonnen gewicht per hectare hebben, waardoor veel transport op het land plaats vindt. In de melkveehouderij is de oogst van snijmaïs om diezelfde reden ook een belangrijke oorzaak van structuurschade. Daarnaast kan vertrapping door rundvee, het aanwenden van drijfmest in het vroege voorjaar en het veelvuldig berijden van grasland tijdens het oogsten, ook bodemverdichting veroorzaken. Ook wielslip bij ploegen is vooral op kleigronden een beruchte oorzaak van bodemverdichting.

Belangrijke indicatoren voor bodemverdichting zijn plasvorming bij neerslag (onvoldoende waterafvoer door de bodem) en nat- en droogteschade in gewassen (onvoldoende waterafvoer, slecht ontwikkeld wortelstelsel).

Ernstige verdichting leidt daarom vrijwel altijd tot opbrengstderving of kwaliteitsproblemen.

Het herstellen van bodemverdichting door bewerkingen is wel mogelijk in de bouwvoor, maar veel moeilijker in de diepere ondergrond. Bij preventie van bodemverdichting dient de ondergrond veel aandacht te krijgen, omdat structuurschade hier niet of pas na vele jaren herstelt. Bewerkingen en natuurlijke processen (droogte- en vorstscheuren) dringen vaak niet door tot de diepere lagen. Veel gewassen wortelen verder van nature ondiep, of een diepere beworteling wordt gehinderd door verdichte bodemlagen.

Breidt de schade zich uit tot in de ondergrond, dan nemen de problemen toe. Verdichtingen onder de ploegzool verdwijnen niet vanzelf, ook niet door vorst en uitdroging. Uitdrogen zorgt op sommige gronden er wel voor dat wortels via de droogtescheuren weer naar diepere lagen kunnen. Hierdoor verdwijnen de negatieve effecten op de opbrengst grotendeels, ondanks de blijvende verdichting. Diepe grondbewerkingen, zoals diepploegen, diepwoelen of diepspitten kunnen diepere verdichting wel opheffen, maar deze maatregelen worden nauwelijks meer toegepast, omdat de resultaten vaak tegenvallen. Na een aantal jaren blijkt de verdichting soms nog ernstiger te zijn dan voor de ingreep het geval was. De grootste schadelijke gewaseffecten van ondergrondverdichting zijn gevonden bij ondergronden die eerst diep zijn losgemaakt. Op zandgrond kan een 75 cm diep losgemaakte en vervolgens sterk verdichte ondergrond, ook vier jaar later hiervan nog grote gevolgen ondervinden: de beworteling stopte al op 40 cm diepte en de opbrengst was 30% lager (Wanink et al., 1990). Een algemeen advies is dan ook om de ondergrond niet los te maken. Het voorkómen van verdichting is dus veel belangrijker dan het herstellen hiervan. Dit kan o.a. door machines te gebruiken met bredere en/of grotere banden en lagere bandenspanning of lichtere machines, het zo min mogelijk werken onder (te) natte omstandigheden en door gebruik te maken van rijpaden of rijstroken.

Bekend is dat bodemverdichting alles te maken heeft met bodemstructuur. Bodemverdichting heeft echter ook een duidelijke relatie met organische stof in de bodem, erosiegevoeligheid en bodemgezondheid.

3.1.1 *Organische stof*

Het organische stofgehalte heeft invloed op de mate waarop verdichting optreedt: een hoog organische stofgehalte geeft op zand-, klei- en lössgrond minder kans op bodemverdichting. De bodem heeft letterlijk en figuurlijk meer veerkracht. Voor veengrond is dit niet relevant, gezien het zeer hoge organische stofgehalte van

deze grond. Meer toevoer van organische stof heeft voor wat betreft bodemverdichting hier geen extra positief effect. Een storende laag kan de opbouw van organische stof in de daaronder liggende bodemlaag verhinderen, omdat de beworteling niet door deze storende lagen heen kan dringen. Hierdoor wordt op termijn deze diepere laag nog gevoeliger voor verdichting. Niet alleen het gehalte aan organische stof in de bouwvoor is belangrijk, ook de dikte en verdeling in de ondergrond speelt een rol. Hoewel een hoger organische stofgehalte in het algemeen positief is voor het tegengaan van bodemverdichting, kan een te hoog organische stofgehalte, vooral in de bouwvoor, een negatieve invloed hebben op de draagkracht van de bodem. Er kan dan meer rij schade en vooral vertrapping optreden, omdat de stabiliteit dan te gering wordt.

3.1.2 Bodemstructuur

Bodemverdichting is funest voor de bodemstructuur, omdat de bodem te compact ineen gedrukt wordt. Hierdoor ontstaan storende lagen, waar wortels niet of nauwelijks doorheen dringen en waardoor de waterafvoer wordt bemoeilijkt. Daarnaast is het zuurstofgehalte in een compacte, verdichte bodem vaak lager, waardoor de groei van gewassen wordt belemmerd. Een slechte beworteling en een ongunstig zuurstofgehalte leiden tot een mindere mineralenbenutting door de gewassen. Verdichting kan daarom leiden tot grotere verliezen van nutriënten. Een verdichte bodem zal tevens een negatief effect hebben op het bodemleven, waardoor diverse bodemfuncties hiervan in activiteit afnemen.

Er zijn overigens ook voorbeelden bekend waarbij bodemverdichting leidt tot een betere gewasgroei: in droge tijden kan een matig verdichte bodem soms hogere opbrengsten geven door een hoger vochthoudend vermogen. Ook oppervlakkig aandrukken van de bodem kan gunstig zijn voor de opkomst van gewassen, zeker onder droge omstandigheden.

3.1.3 Erosie

Watererosie is vaak het gevolg van sterke afspoeling van neerslag op hellende percelen, gecombineerd met een losse bovengrond die niet wordt vastgehouden door wortels. Afspoeling treedt ook versneld op als water niet meer infiltreert in de bodem, bijvoorbeeld door verdichting. Door het voorkomen van verdichting kan de bodem meer en sneller neerslag opnemen, waardoor de kans op erosie verkleind wordt.

3.1.4 Bodemgezondheid

Verdichting heeft ook invloed op de bodemgezondheid: Een vitaal gewas, dat niet gestoord wordt in de groei door bodemfysische beperkingen, is minder gevoelig voor ziekten en plagen. Gewassen met een slecht ontwikkeld wortelstelsel zijn vatbaarder voor schadelijke organismen. In een verdichte grond ontwikkelt zich ook een iets andere populatie aan wormen, aaltjes en andere micro-organismen. Ook dit kan ziekten en plagen tot gevolg hebben. Grondbewerkingen, met als doel het opheffen van bodemverdichting, kunnen als negatief effect hebben dat *Trichodorus*aaltjes naar diepere grondlagen worden verplaatst.

3.2 Kosten en baten

Uit onderzoek komt naar voren dat in het algemeen niet of minder berijden of berijden met lage druk een positief effect op opbrengst heeft, wat gunstig is voor het bedrijfsresultaat.

Onderzoek in de **akkerbouw** laat zien dat systematisch rijden op banden met lage druk een meeropbrengst kan geven. Dit bleek op twee locaties op zavelgrond (Lelystad en Slootdorp) waar bij normale berijding van een perceel de opbrengst 2% tot 7% achterbleef bij die van onbereden grond. Op een van de twee locaties werd vervolgens normale berijding (met hoge druk) vergeleken met berijding met lagedrukbanden en met niet berijden (Alblas, 1990). Ten opzichte van niet berijden was de aardappelopbrengst bij lage druk 6% en bij hoge druk 9% lager. Bij bieten was dit voor de suikeropbrengst respectievelijk 2% en 6% lager. De korrelopbrengst van tarwe was echter bij lage druk 4% en bij hoge druk 3% hoger; ook de stro-opbrengst was respectievelijk 2% en 8% hoger. Bij uien was de opbrengst bij lage druk 3% en bij hoge druk 8% lager. Het gewassaldo bij lage druk was zowel bij aardappelen als suikerbieten 5% hoger dan bij hoge druk. Het bedrijfseconomische voordeel van rijden bij lage druk is echter gering door de kosten voor aanpassing of vervanging van de banden bij de werktuigen (Janssens, 1991).

Voor de **veehouderij** laat eenjarig onderzoek van De Boer en Van Eekeren (2007) zien dat het eenmalig berijden van grasland op een natte zandgrond met een zware zodenbemester niet per definitie leidt tot beschadiging van de bodem. Op perceelsniveau was sprake van een lichte opbrengstdaling van enkele procenten in de eerste snede. Deze daling leek vooral het gevolg te zijn van schade aan de graszode in plaats van aan de bodem. Het bodemleven en de bodemstructuur werden nauwelijks beïnvloed. Geconcludeerd werd dat de bodemdruk van de machine in evenwicht leek met de conditie van de grond en dat berijding achteraf gezien verantwoord was. Onderzoek in Noord-Ierland (Frost, 1988) gaf bij eenmalig berijden van grasland op klei met een trekker en

mesttank (totaal 11 ton) in het vroege voorjaar een opbrengstdaling van de eerste snede van 13%. Bij drie keer berijden (spoor over spoor) nam de opbrengstdaling toe naar 33%. Er waren echter geen negatieve effecten in de volgende twee sneden merkbaar. Snijders et al. (1994) vonden in hun onderzoek op droge zandgrond in Noord-Brabant in 1989 een sterk negatief effect van verdichting op de opbrengst van de eerste snede, en vervolgens een positief effect op de opbrengst van latere sneden, behalve bij geen van stikstofbemesting. In de volgende jaren 1990, 1991 en 1992 was er echter een positief effect op de opbrengst van alle sneden; bij geen stikstofbemesting vooral in de derde en vierde snede. Een belangrijke kanttekening bij dit onderzoek is dat de belasting slechts één keer per jaar plaats vond, na de oogst van de laatste snede en dat de belasting egaal met een rol werd aangebracht. De vraag is of deze proefopzet wel representatief is voor het berijden van het grasland door landbouwmachines. Arts et al. (1994) gebruikten in hun onderzoek op zandgrond in de Wieringermeer dezelfde rol, maar dan na de oogst van iedere snede. Conclusie uit hun onderzoek was dat de jaaropbrengst bij matige belasting (4,5 ton) toe nam in vergelijking met niet belasten (0 ton) en zwaar belasten (8,5 en 14,5 ton). De hoogst gemeten afname van de jaaropbrengst, gemiddeld over vijf jaar, was een teruggang van 12,0 drogestof per ha per jaar (bij 4,5 ton belasting) naar 10,6 ton drogestof per ha per jaar (bij 14,5 ton belasting), bij een N-bemesting van gemiddeld 285 kg ha per ha.

Maatregelen ter voorkoming van bodemverdichting zijn divers, zowel voor wat betreft complexiteit, effectiviteit en kosten. Het opheffen van bodemverdichting in de bouwvoor is relatief eenvoudig en wordt ook vrij algemeen toegepast door bijvoorbeeld ploegen en woelen. Het opheffen van bodemverdichting in de ondergrond is echter veel moeilijker, en in sommige gevallen niet haalbaar.

In de volgende paragrafen wordt daarom vooral ingegaan op de kosten en baten van preventieve maatregelen om bodemverdichting in de ondergrond te voorkomen. Deze maatregelen zijn onder te verdelen in drie groepen:

- a) maatregelen voor het verminderen van de bodemdruk
- b) maatregelen voor het (plaatselijk) opheffen van bodemdruk
- c) maatregelen voor het voorkómen van bodembelasting bij ongunstige omstandigheden.

Voor de laatste groep is ook een rekenvoorbeeld opgenomen waarin de kosten en baten van vervroeging van de oogst van suikerbieten verder is uitgewerkt. De groepen worden hierna toegelicht.

Het onderzoek betreffende de voor- en nadelen van het systeem van vaste rijpaden en de kosten en baten die hiermee samenhangen, komt uitgebreid aan de orde in paragraaf 3.2.4

3.2.1 *Maatregelen voor het verminderen van bodemdruk*

Maatregelen om bodemdruk van machines te verminderen zijn bredere banden, lagedrukbanden, (met groter bodemcontact), dubbellucht, lichtere machines, minder zware belading van machines en gecombineerde bewerkingen. Het gebruik van lagedrukbanden wordt de laatste jaren vrij algemeen toegepast in situaties waarbij spoorvorming uit oogpunt van bewerkbaarheid of oogstbaarheid ongewenst is, bijvoorbeeld bij de zaaibedbereiding of bij de aanwending van dierlijke mest in grasland. Sporen kunnen overlast geven bij het inzaaien en oogsten. Dat door lagedrukbanden ook veel structuurschade wordt voorkomen, lijkt voor veel ondernemers (nog) geen belangrijk aandachtspunt. Structuurschade is meestal niet direct zichtbaar. Bij oogstmachines en kippers worden lagedrukbanden in mindere mate toegepast. De banden zijn relatief kostbaar en slijten snel bij gebruik op de weg, hoewel er nu ook banden zijn die mindere slijtage geven. Een bedrijf investeert meestal pas in nieuwe lagedrukbanden wanneer de oude banden zijn versleten of wanneer een andere trekker wordt aangeschaft. Bij de aankoop van nieuwe banden moeten ook vaak andere velgen van circa € 300,- per stuk worden aangeschaft. Voor een trekker met lagedrukbanden komt de totale investering dan op circa € 5.000,-. Met deze investering kunnen dan wel nagenoeg alle voorjaarswerkzaamheden op een goede manier worden uitgevoerd. Bij trekkers kunnen soms banden onderling uitgewisseld worden; maar vanwege verschillende merken en/of typen moeten meestal toch meer bandenstellen worden aangeschaft. Het omwisselen van wielen kost ook de benodigde tijd. Wanneer alle benodigde machines, trekkers en transportmiddelen adequaat voor het gehele seizoen met lagedrukbanden moeten worden uitgerust, dan moet een veelvoud van bovengenoemd bedrag worden geïnvesteerd. Het is ook mogelijk om een drukwisselsysteem op trekkers en werktuigen te bouwen. Hiermee kan de bandenspanning op ieder gewenst moment aangepast worden. Loonbedrijven maken hier relatief veel gebruik van, omdat ze vaak flinke afstanden tussen de percelen moeten overbruggen. Een dergelijk systeem kost nieuw minimaal € 12.000,- en kan in principe op elk type trekker of werktuig worden opgebouwd.

De aanschaf van bijvoorbeeld nieuwe lagedrukbanden zijn goed toe te rekenen aan het bouwplan. Wanneer de investering een aantoonbaar effect heeft op opbrengsten, kwaliteit en kosten van een gewas, kan berekend worden hoeveel meeropbrengst per gewas behaald moet worden om de investering terug te verdienen. Momenteel hebben steeds meer trekkers een fronthead. Het combineren van bewerkingen in één werkgang is hierdoor flink toegenomen. Dit wordt vooral toegepast bij grondbewerkingen en zaaien met een zaaibedcombinatie (rotorkoepel en zaaimachine), grondbewerking en poten (rotorkoepel voorop en pootmachine achter de trekker) of een dubbele grondbewerking (koepel voor- en achterop de trekker). Het voordeel is dat er

minder berijdingen of rijgangen nodig zijn wat minder kans op bodemverdichting geeft. Anderzijds is voor de gecombineerde werkgang meestal een zwaardere trekker nodig dan voor een enkele bewerking. Hierdoor kan de bodemdruk toenemen, met meer kans op bodemverdichting. Een voordeel is ook de toename in totale capaciteit in vergelijking met het uitvoeren van werkzaamheden achter elkaar. Er kan meer van gunstige omstandigheden worden geprofitteerd. Indien beide werkzaamheden echter naast elkaar (gelijktijdig) uitgevoerd kunnen worden, dan is de capaciteit in tijdsduur gezien niet beter. Voor deze laatste situatie moeten dan wel arbeid en machines voorhanden zijn.

Lichtere mechanisatie en minder zwaar beladen van transportvoertuigen (bunkerrooiers, kippers) hebben als belangrijk nadeel dat de capaciteit hierdoor meestal afneemt. Dit is moeilijk in geld uit te drukken, omdat vooral bij de oogst de capaciteit van groot belang is om producten tijdig en onder de meest gunstige omstandigheden te oogsten. Om dezelfde capaciteit te halen als bij de gebruikelijke 'zware' mechanisatie moeten dan extra machines aangeschaft worden, zodat de kostenbesparing door de aanschaf van kleinere, lichte werktuigen weer wordt opgeheven. Een belangrijke rol speelt hierbij ook de factor arbeid. Wanneer de werkzaamheden langer duren door de lagere capaciteit, of omdat er extra personeel nodig is voor de extra machine, nemen de arbeidskosten flink toe. Vanuit economisch perspectief is het aantrekkelijk om zoveel mogelijk werk met zomin mogelijk werktuigen in zo kort mogelijke tijd te doen. Dit leidt in de praktijk tot grote machines met veel capaciteit. Onder natte omstandigheden resulteert dat onherroepelijk in bodemverdichting, maar anderzijds kan door de grote capaciteit ook ruimte worden gecreëerd om onder betere omstandigheden te werken. Meer werk laten uitvoeren door loonwerker, met gespecialiseerde en aangepaste machines (drukwisselsysteem, lagedrukbanden e.d.) kan gunstig zijn bij preventie van bodemschade. De loonwerker moet dan wel voldoende capaciteit en machines hebben om tijdig de gevraagde werkzaamheden te kunnen uitvoeren.

3.2.2 *Maatregelen voor het opheffen van bodemdruk*

Het gebruik van rijstroken en rijpaden werkt vanuit het principe dat de bodemdruk wordt geconcentreerd op een plaats waar geen gewasgroei plaats vindt. In de akkerbouw is het gebruik van spuitpaden vrij algemeen, vooral in aardappelen. De belangrijkste reden is dat bespuitingen in het gewas onder natte omstandigheden sterke insporing geven, waardoor enerzijds de rijen naast de sporen moeilijker te oogsten zijn en meer tarra geven en anderzijds de bespuitingen ook moeilijker worden. Spuitpaden kosten ook opbrengst omdat enkele rijen worden opgeofferd, maar het voordeel is dat de bespuitingen gemakkelijker en langer kunnen worden uitgevoerd en er met bredere banden kan worden gewerkt. Een ander voordeel is dat de spuitboom stabiel blijft, waardoor de bespuitingen effectiever zijn. Economisch gezien zijn spuitpaden vooral onder natte omstandigheden gunstig. Men mist de negatieve opbrengst en het extra werk bij de oogst van de ruggen langs de spuitrijen en ook de besparing op het pootgoed. Onder droge omstandigheden vindt nauwelijks insporing plaats, zodat het opofferen van rijen voor spuitpaden alleen maar verlies is. Vooral bij een smalle spuitboom neemt het verlies dan procentueel nogal toe, omdat hierbij relatief meer rijen per perceel nodig zijn. Bij de aanleg van spuitpaden in het voorjaar is het echter niet te voorspellen of het een nat of een droog jaar wordt. Het nadeel van spuitpaden kan zijn dat hier toch structuurschade optreedt, die pas in een volgend gewas zichtbaar wordt.

Het opheffen van dit nadeel is de basis voor het **vaste** rijpadensysteem, waar ieder jaar over dezelfde sporen wordt gereden. Tussen de rijpaden vindt in principe geen berijding plaats, zodat daar geen verdichting optreedt. De vaste rijpaden worden in de praktijk aangelegd op een spoorbreedte van ongeveer 3 meter. Dit is een optimum tussen het verlies aan betaalbare grond en de maximale (spoor)breedte van machines. De systemen die in de praktijk werken, vertonen echter nog een belangrijk punt voor verdere ontwikkeling, namelijk de oogstwerkzaamheden die nog niet via de rijpaden plaatsvinden. Omdat de oogst vaak onder suboptimale omstandigheden plaats vindt, is de kans op bodemverdichting dan wel weer groot. De verwachting is dat met het rijpadensysteem een hogere opbrengst in veel gewassen is te behalen. Uit metingen in de praktijk blijkt dat dit voor een aantal gewassen gerealiseerd wordt, maar de verschillen tussen gewassen en tussen jaren zijn erg groot. Proeven in het verleden tonen dit ook aan. In een proef op zavelgrond te Lelystad met een tweejarige rotatie aardappelen-suikerbieten gaf een rijpadenteeltsysteem een 5% hogere aardappelopbrengst (Lamers, 1986). Bij suikerbieten werd geen opbrengstverhoging vastgesteld. De conclusie destijds was dat het rijpadensysteem voor de akkerbouw te duur was (Lamers et al., 1986). De kosten en investeringen voor een dergelijk rijpadensysteem zijn vrij hoog, omdat dit een heel ander machinepark vereist. Uit recente berekeningen van PPO komt naar voren dat voor een akkerbouwbedrijf van 50 ha de minimale opbrengstverhoging 3,5% moet zijn om de investering rendabel te maken. Zie ook paragraaf 3.2.4.

3.2.3 *Maatregelen voor het opheffen van bodemdruk*

Het voorkomen van bodemdruk onder ongunstige omstandigheden is niet eenvoudig. Veel werkzaamheden, zoals zaaien, poten, bespuitingen en oogsten zijn aan bepaalde periodes gebonden en het is soms moeilijk te voorspellen of het weer op korte of langere termijn gunstig of ongunstig wordt. Ondernemers gaan daarom op

een gegeven moment vanuit economische overwegingen toch aan de slag, ook bij suboptimale omstandigheden en nemen eventuele structuurschade op de koop toe.

Een mogelijkheid die deels tegemoet komt aan deze bezwaren rondom de oogstperiode is de keus voor vroege rassen of gewassen en een vroege levering (suikerbieten, aardappelen). De kans op natte omstandigheden laat in het najaar is relatief groter dan in het vroege najaar. De grond raakt verzadigd van de neerslag en ook de verdamping neemt af. Uitstel van oogstwerkzaamheden is laat in het seizoen niet meer mogelijk. In de akkerbouw kan het verstandig zijn om op kwetsbare percelen geen late aardappelrassen te telen en de teelt van suikerbieten op andere percelen uit te voeren. In de melkveehouderij is de keus voor vroege maïsrassen dan aan te bevelen en is het verstandig om op zeer kwetsbare percelen geen maïs te telen. Het vervangen van snijmaïs door graan (als gehele plantsilage, GPS) is ook een mogelijkheid, omdat hierbij het oogsttijdstip verplaatst wordt naar de zomer (juli/augustus) met gemiddeld droge omstandigheden. Na de GPS kan in het najaar nog een snede gras worden geoogst, waardoor de totale drogestofopbrengst van GPS plus een snede gras vergelijkbaar kan zijn met die van snijmaïs. Vanwege de lagere voederwaarde van GPS in vergelijking met snijmaïs en graskuil is de opbrengst aan voederwaarde meestal wel lager. Economisch en teelttechnisch gezien is GPS alleen aantrekkelijk indien dit gewas in vruchtwisseling met grasland wordt verbouwd en graslandvernieuwing regelmatig nodig is. Een andere mogelijkheid is het creëren van overcapaciteit in het machinepark, zodat in korte tijd al het werk kan worden uitgevoerd. Daardoor wordt het risico kleiner dat werkzaamheden onder ongunstige omstandigheden moeten worden uitgevoerd. Deze maatregel kan conflicterend zijn omdat een grotere capaciteit van machines vaak ook betekent dat machines zwaarder worden en daardoor meer verdichting veroorzaken. Verder leidt overcapaciteit tot hogere investeringen.

De kosten van bovengenoemde maatregelen zijn moeilijk weer te geven. In een nat jaar kan de keus voor een vroeg ras het verschil maken tussen wel of geen oogst, terwijl in een droog jaar de lagere opbrengst van een vroeg ras ten opzichte van een laat ras nadelig is. Het uitstellen van werkzaamheden geeft een groot risico, wat ondernemers meestal liever niet nemen. Het uitstellen van bespuitingen en oogstwerkzaamheden kan ertoe leiden dat de oogst (deels) verloren gaat, omdat ziektes optreden of producten bevriezen. Een zorgvuldige perceelskeuze voor late teelten kan veel geld opleveren, maar wanneer een bedrijf vrijwel alleen kwetsbare grond heeft, betekent dit dat een aantal vaak hoogsalderende gewassen nauwelijks meer geteeld kan worden. Daarnaast komt een goede vruchtwisseling vaak in de knel indien bepaalde gewassen niet meer op sommige percelen komen.

In onderstaand rekenvoorbeeld zijn de kosten en baten van vervroeging van de oogst van suikerbieten uitgewerkt.

Rekenvoorbeeld kosten en baten vervroeging oogst suikerbieten

Moderne suikerbietenrooiers hebben een grote capaciteit. De hoge wiellasten kunnen een risico vormen voor bodemverdichting. Door te werken met een lage bandendruk (1,5 bar) kan structuurschade door bodemverdichting worden voorkomen. Een eventuele verdichting blijft dan beperkt tot de bouwvoor. Een hogere bandenspanning bij natte omstandigheden geeft wel een reëel risico op bodemverdichting tot op 40 cm diepte. Een goede oplossing is ook het benutten van de rooibare dagen. De weers- en bodemomstandigheden verslechteren veelal in de loop van de campagne. Op klei- en zavelgrond geeft dit, naast structuurschade, ook meer tarra, extra bietbeschadiging en bietverliezen. Meer bietbeschadiging leidt ook tot hogere bewaarverliezen.

In tabel 3 is het effect van verschillende oogsttijdstippen en -omstandigheden op de financiële bruto-opbrengst van suikerbieten weergegeven. Door vroeger in het seizoen te rooien, zijn er meer goede rooibare dagen beschikbaar. Vergeleken zijn de gevolgen van een week eerder rooien met relatief gunstige omstandigheden of een week later rooien met ongunstige omstandigheden bij 2 oogsttijdstippen. De gevolgen van extra biet- en bewaarverliezen bij rooien onder ongunstige omstandigheden (al snel meer dan 1 ton/ha) zijn hierbij nog niet meegenomen, evenals de gevolgen van structuurschade in andere volggewassen. De gegevens zijn afkomstig van het IRS te Bergen op Zoom (www.irs.nl, Betatip 8.3. Evenwicht tussen tarra en bietverliezen. Versie april 2007).

Tabel 3 Netto-opbrengst, extra groei, extra bewaarverliezen, tarrapercentage, tarrabijdrage en totale bruto-opbrengst op diverse tijdstippen en onder diverse omstandigheden

| Oogst-tijdstip | Oogst-Omstandigheden | Netto opbrengst (ton/ha) | Extra groei later rooien*) (€/ha) | Extra verlies eerder rooien*) (€/ha) | Tarra in % | Tarra bijdrage*) (€/ha) | Totale bruto opbrengst*) (€/ha) |
|----------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|------------|-------------------------|---------------------------------|
| 1 oktober | gunstig | 60,0 | | - 30 | 15 | 82 | 1.992 |
| 8 oktober | ongunstig | 61,5 | + 52,50 | | 23 | 176 | 1.977 |
| 1 november | gunstig | 65,0 | | -16 | 15 | 89 | 2.172 |
| 8 november | ongunstig | 65,5 | + 17,50 | | 23 | 188 | 2.105 |

*) Berekend bij € 35,- per ton bieten, tarrabijdrage € 12,25 per ton en een koptarra % van 6,5% op nettobiet.

Het saldo van de bieten is hoger bij eerder rooien onder gunstige omstandigheden, dan bij later rooien onder ongunstige omstandigheden. De extra groei en lagere bewaarverliezen bij later rooien, wegen zelden op tegen de kosten van extra tarra en extra puntbreukverlies door het intensiever reinigen. Geeft het gewas nog veel extra bijgroei (van oktober naar november) dan blijkt vroeger oogsten financieel minder gunstig. Het 'bodenvriendelijk' oogsten van bieten heeft ook een positief effect op de volggewassen. Dit is niet in de saldi verdisconteerd.

3.2.4 *Rijpadenteelt*

Bij een rijpadensysteem met brede onbereden teeltbedden, gecombineerd met precisiebesturing zijn, ten opzichte van een gangbaar systeem, in principe grote voordelen te behalen op het gebied van bodemvruchtbaarheid, bewerkbaarheid, onkruidbeheersing, gewasopbrengst, kwaliteitsproductie en emissies naar grondwater en lucht. Dit kan resulteren in een goed bedrijfsrendement. Toepassing van een rijpadensysteem waarin ook oogst en grondbewerking vanaf de rijpaden plaats vond, leidde in de gangbare landbouw tot een betere bodemstructuur en circa 10% hogere gewasopbrengsten (Folkerts et. al., 1981; Lamers et. al., 1986). Midden tachtiger jaren was het systeem van rijbanenteelt echter economisch niet aantrekkelijk (Janssens, 1991; Vermeulen en Klooster, 1992).

Voor de toekomstige landbouw kunnen om verschillende redenen de voordelen van vaste rijpaden groter zijn dan circa twee decennia geleden. Door de maatregelen met beperking van de bemesting (stikstof, fosfaat) is een goede bodemstructuur extra belangrijk om goede opbrengsten te behalen. Ook de vermindering van het aantal toegelaten bestrijdingsmiddelen en de ontwikkeling van biologische landbouw hebben als gevolg dat goede mechanische onkruidbestrijding belangrijke voordelen kan bieden.

Een belangrijk nadeel van het rijpadensysteem met brede teeltbedden is dat hiervoor speciale machines aangeschaft en/of het bestaande machinepark aangepast moeten worden. Dit brengt hoge kosten met zich mee. Wel komen steeds meer machines beschikbaar. Ook de ontwikkeling en het beschikbaar komen van satellietnavigatiesystemen voor zeer nauwkeurige positiebepaling, bijvoorbeeld met RTK-DGPS, maakt precisiebesturing mogelijk om zonder verdere hulpmiddelen elk jaar weer nauwkeurig in dezelfde sporen te rijden. De ontwikkeling van rubber rupsbanden maakt het mogelijk om op praktisch elk moment in het seizoen over de vaste rijpaden te kunnen rijden. Daardoor kunnen ondiepe grondbewerkingen, bemesting en schoffelen op meer dagen uitgevoerd worden dan nu gebruikelijk is. Hierdoor zijn er meer mogelijkheden om dit op een gunstig tijdstip te doen. Mits ook de oogst bodenvriendelijk kan worden uitgevoerd, zodat de bodem dan ook niet meer verdicht wordt, biedt rijpadenteelt ook voordelen op het gebied van het energieverbruik. Er is dan minder trekkracht nodig voor grondbewerkingen en bovendien worden niet-kerende en/of minimale grondbewerkingen beter mogelijk. Hoewel in de teeltbedden geen verdichting meer plaats vindt, wordt de bodem onder de rijpaden natuurlijk wel extra verdicht.

In Australië is de toepassing van vaste rijpadenteelt sinds begin jaren negentig in een stroomversnelling gekomen (Tullberg, 2004). Op dit moment wordt rijpadenteelt (3 meter systeem) daar op circa 1 miljoen ha toegepast. Door de extensieve teeltwijze, de soort gewassen en het relatief droge klimaat is jaarrond rijpadenteelt in Australië technisch wat gemakkelijker te realiseren dan onder Nederlandse omstandigheden. De voornaamste redenen voor omschakeling zijn o.a. verbeterde bewerkbaarheid, mogelijkheden voor minimale grondbewerkingen, waterconservering, erosiebestrijding en verbetering van het bedrijfsrendement. Ook in Nederland is minder grondbewerking een lang gekoesterde wens, die bij een jaarrond rijpadensysteem beter gerealiseerd kan worden. Dit kan bijdragen aan een verantwoorde schaalvergroting, verbetering van bedrijfsrendement en minder verbruik van o.a. energie, meststoffen en bestrijdingsmiddelen. Technieken voor zeer bodenvriendelijk oogsten zijn voor deze ontwikkelingen essentieel.

Onderzoek rijpadenteelt

Een belangrijk onderzoeksproject op het gebied van rijpadenteelt is het project 'Precisieteelt biologische akkerbouw'. Dit project is sinds 2004 onderdeel van het thema bodemkwaliteit uit Topsoil+. In samenwerking met een drietal biologische akkerbouwers, Korteweg, Van Beek en Schrauwen in Zevenbergen (West-Brabant) op kleigrond, wordt door WUR onderzoek uitgevoerd naar de duurzaamheid en de potentiële voordelen van een rijpadensysteem met brede teeltbedden, gecombineerd met precisiebesturing, in vergelijking met een teeltsysteem gebaseerd op gangbare mechanisatie. Een tweede doelstelling van het onderzoek is de verdere ontwikkeling van het systeem naar minimale grondbewerkingen, zoals het oogsten op een meer bodenvriendelijke wijze. In het gangbare systeem wordt zoveel mogelijk de normale manier van telen van de regio aangehouden. De voorjaarsgrondbewerkingen worden hierbij wel uitgevoerd met een lage banddruk van 0,5 bar. Het belangrijkste verschil tussen de twee systemen in het onderzoek is de wijze waarop het perceel in het voorjaar bereiden wordt. Verder is uitgegaan van de gebruikelijke zaai- en planttijdstippen.

In een 3-jarige veldproef (exclusief aanloopjaar 2002) zijn de bodemfysische kwaliteit, bodemvruchtbaarheid, onkruidbeheersing, gewasopbrengst en productkwaliteit onderzocht. Ook wordt de emissie van methaan en lachgas in beide systemen onderzocht. Dit deel van het onderzoek is mede gefinancierd door Novem

(Nederlandse Onderneming voor Energie en Milieu). De onderzochte gewassen zijn erwten, spinazie, uien en peen. Dit zijn de gewassen welke in het bouwplan zaten van het biologische bedrijf en waarvoor opbrengstveranderingen waren te verwachten. Verder is onderzoek uitgevoerd naar technisch-economische aspecten en naar zaken betreffende de bewerkbaarheid en de mogelijkheden voor vals zaaibed in beide systemen.

In 2004 is gestart met onderzoek naar verdere innovatie van technologieën voor bodemvriendelijk oogsten en minimale grondbewerking. Momenteel gebeurt het oogsten nog op de traditionele manier waarbij over de teeltbedden wordt gereden. In samenwerking met de firma Reedijk Hydrauliek te Klaaswaal, is een nieuw idee opgepakt voor de ontwikkeling van een prototype met een hovercraftachtige constructie, luchtrups genoemd. Het streven is om 20 ton product te kunnen vervoeren bij een bodemdruk van 0,2 bar. Voordeel van het afvoeren van oogstproducten bij zeer lage gronddruk kan zijn dat voor een volggewas minimale grondbewerkingen nodig zijn. Dit kan besparingen geven op kosten, arbeid en energie en is gunstig voor de bodemkwaliteit.

In 2005 is nagegaan in hoeverre een rijpadensysteem voor kleinere bedrijfsgroottes te realiseren is met relatief lage investeringen. Toepassing in de praktijk wordt hierdoor vergemakkelijkt.

Resultaten uit het onderzoek

- *Bodemaspecten.* In de voorjaren van 2003 en 2004 kon in het rijpadensysteem eerder (onder natte omstandigheden) een voorjaarsbewerking worden uitgevoerd dan in de gangbare teelt en in vergelijking met omliggende bedrijven. Het volume van de grotere poriën in de onbereden grond is volgens verwachting in het groeiseizoen groter dan in de bereden grond. Vooral de voorjaarsberijdingen zijn hierop van invloed. Het is bekend dat zich in een langdurig onbereden grond een optimale kruimelige bodemstructuur kan ontwikkelen. Een maximaal effect is pas te verwachten als in het najaar ook zeer bodemvriendelijk geoogst wordt. De conditie van de grond in de gefreesde peenruggen was vergelijkbaar voor rijpadenteelt en gangbare teelt (gemiddelde aggregaatdiameter en indringweerstand). Het luchtgehalte van de grond gemeten op twee diepten bij veldcapaciteit (pF2) was bij de vlakveldsteelten van erwten, uien en spinazie in alle gevallen hoger in de onbereden bedden in het rijpadensysteem dan bij het gangbare systeem. Bij de rijpadenteelt werd in 2005 een verlaging van de emissie van lachgas gemeten van 20-50%.
- *Gewasopbrengst en kwaliteit.* In ui en peen zijn nu toe geen opvallende verschillen in opbrengst en kwaliteit van het gewas gemeten tussen rijpadenteelt en gangbare teelt. In het aanloopjaar van de veldproef in 2002 was bij erwten de opbrengst op de onbereden teeltbedden 30% hoger dan op het gangbaar bereden veld. In 2004 was de bovengrondse drogestofproductie van spinazie in het rijpaden systeem 18% hoger dan in het gangbare systeem. Door de vlakke ligging van de bedden en de regelmatige stand werd in de praktijk 40% meer geoogst bij het rijpadensysteem. Omdat 2003 en 2004 voor wat betreft het weer, relatief gunstige teeltjaren waren, wordt niet uitgesloten dat ook uien in een nat jaar hogere opbrengsten kunnen geven. De mogelijkheden die rijpaden bieden om eerder te starten met zaaïen en planten en daardoor positief kunnen zijn op opbrengst, zijn bij de vergelijking tussen de systemen buiten beschouwing gelaten.
- *Onkruid.* De ontwikkeling van de onkruiddruk is een zaak van lange termijn. Bij de (aparte) proeven met vals zaaibed werd waargenomen dat in een losse grond meer onkruid kiemen dan in een bereden grond. Door de vlakke ligging van het veld en de kaarsrechte rijen wordt het onkruid bij het schoffelen echter zeer goed bestreden. Op den duur mag daarom een verminderde onkruiddruk worden verwacht. In biologische teelten wordt de hoeveelheid benodigd handwerk voor onkruidbestrijding gezien als een beperkende factor voor opschaling. Omdat in het rijpadensysteem goede mogelijkheden zijn voor de vals-zaaibedtechniek en onkruiden tijdig en effectief mechanisch bestreden kunnen worden, is rijpadenteelt ook een veelbelovende voorwaarde voor opschaling van biologische teelten. Bij eventuele verdere beperkingen in de toelating van herbiciden kan dit ook in de gangbare landbouw van groter belang worden. De meer werkbare dagen bij rijpadenteelt zijn ook positief voor een goede onkruidbestrijding.
- *Economie.* Voorlopige bedrijfseconomische berekeningen voor een 200 ha biologisch bedrijf met 33 ha spinazie laten zien dat een meeropbrengst van 8,2 % spinazie voldoende is om de meerkosten (hogere machinekosten etc.) van een rijpadensysteem met RTK-DGPS te rechtvaardigen (De Wolf, 2005).

Praktijkvoorbeeld

De voornoemde drie biologische akkerbouwers, Korteweg, Van Beek en Schrauwen te Zevenbergen (West-Brabant) zijn een samenwerkingsverband aan gegaan om hun 200 ha gewassen te telen volgens een systeem met vaste rijpaden. Hiervoor gebruiken ze een gezamenlijk machinepark gebaseerd op breedspoortrekkers en werktuigdragers. Onderdeel van het systeem is het opruimen van het onkruid vóór inzaai via een vals-zaaibed en met volvelds schoffelen. Om de rijpaden elk jaar terug te vinden en nauwkeurig te volgen wordt gebruik gemaakt van RTK-DGPS. De basis van het mechanisatiesysteem is een 190 pk trekker met een vaste spoorbreedte van 3,15 m (figuur 1). De standaard rijafstanden van 50 en 75 cm in de diverse gewassen kunnen hierbij gehandhaafd blijven. De trekker is met smalle rupsbanden uitgerust om nauwkeurig het pad te kunnen volgen, ook onder wat nattere omstandigheden. Op deze wijze is in het groeiseizoen het veld praktisch altijd berijdbaar. Tijdens de oogst en hoofdgrondbewerking zijn de omstandigheden soms zeer nat en de wiellasten en te ontwikkelen trekkracht hoog. De ervaring is dat het onder deze omstandigheden wel moeilijk is om de rijpaden te

blijven volgen (gevaar van afglijden). Omdat voor de oogstwerkzaamheden vanaf de rijpaden er grote aanpassingen aan oogstmachines en oogstmethoden nodig zijn, zijn deze nog niet aanwezig, maar worden wel verder ontwikkeld.

Figuur 1 Rijpadentrekker met rubber rupsbanden en RTK-DGPS besturing



Bedrijfseconomische analyse van rijpadenteelt (via modelbenadering)

Wanneer een teler zijn teeltmethode wil aanpassen van gangbare mechanisatie naar het rijpadensysteem is een kosten-batenanalyse zinvol. Daarin wordt een vergelijking gemaakt tussen de veranderende kosten en veranderende opbrengsten voor een systeem met rijpaden ten opzichte van gangbare mechanisatie. Op deze manier wordt zichtbaar gemaakt welk percentage fysieke meeropbrengst noodzakelijk is om de jaarkosten van de benodigde investering te kunnen dekken. Gekeken is of het rijpadensysteem met gebruikmaking van moderne GPS technieken en machines/trekkers op rupsbanden ook financieel interessant is voor een gangbaar, geïntegreerd bedrijf van gelijke omvang. Als uitgangspunt is hierbij het eerder genoemde biologische praktijkbedrijf genomen. In het model is tevens onderzocht of het rijpadensysteem zonder GPS en rupsbanden financieel aantrekkelijk is voor een kleiner bedrijf met 50 ha grond, zowel biologisch als geïntegreerd.

Uitgangspunten

De bedrijfseconomische analyse is opgebouwd uit een analyse van een biologisch en een geïntegreerd bedrijf met een grote (200 ha) en een normale (50 ha) bedrijfsoppervlakte. Per bedrijf is een berekening gemaakt wat de (meer)kosten zijn van de teelt met rijpaden ten opzichte van geen rijpaden. Er zijn dus vier type bedrijven en acht varianten. De opzet voor de bedrijfsvergelijkingen staat weergegeven in tabel 4.

De teelt op rijpaden is een nieuwe teeltmethode en slechts op een aantal bedrijven in gebruik. Voor de modellering mist daardoor soms voldoende input. Voor de berekening zijn dan ook een aantal aannames gemaakt.

Tabel 4 Overzicht bedrijfstypen in bedrijfseconomische vergelijking

| Bedrijf | Bedrijfs grootte | Teeltsysteem | Mechanisatievariant |
|-----------|------------------|--------------|---------------------|
| Bedrijf 1 | 200 ha | Biologisch | Met rijpaden |
| | | | Zonder rijpaden |
| Bedrijf 2 | 200 ha | Geïntegreerd | Met rijpaden |
| | | | Zonder rijpaden |
| Bedrijf 3 | 50 ha | Biologisch | Met rijpaden |
| | | | Zonder rijpaden |
| Bedrijf 4 | 50 ha | Geïntegreerd | Met rijpaden |
| | | | Zonder rijpaden |

Bouwplan

Voor het biologische en het geïntegreerde bedrijf is een standaard bouwplan opgesteld. Zie tabel 5. Het verschil tussen de meerkosten en de meeropbrengsten voor het rijpadensysteem wordt voor deze bouwplannen op bedrijfsniveau berekend. De gebruikte opbrengsten en prijzen zijn normatief volgens KWIN AGV-2002 (PPO, 2002), maar wel geactualiseerd in 2005.

Tabel 5 Bouwplannen biologische teelt en geïntegreerde teelt in %

| Biologische teelt | Geïntegreerde teelt |
|-------------------------------------|----------------------------|
| 16,7% zaaiui | 25% zaaiui |
| 16,7% zomertarwe | 25% zomertarwe |
| 16,7% consumptie aardappelen | 25% consumptie aardappelen |
| 16,7% stamslabonen en conservenerwt | 25% suikerbieten |
| 16,7% spinazie | |
| 16,7% peen | |

Mechanisatie en loonwerk

Het machinepark is afgestemd op de werkzaamheden die op het bedrijf uitgevoerd worden. Hierbij is ook rekening gehouden met werkzaamheden in loonwerk. De oogst en (hoofd) grondbewerking worden in alle gevallen op de gebruikelijke manier gedaan, en dus (nog) niet op rijpaden. Omdat er per type bedrijf de keuze aanwezig is van wel of geen rijpaden, zijn er in totaal 8 machineparken samengesteld. De gebruikte percentages voor kosten van onderhoud, afschrijving en rente zijn tegen bedrijfseconomische kosten opgenomen volgens KWIN-AGV. Het machinepark voor de 200 ha bedrijven zonder rijpaden heeft een normale mechanisatie met trekkers op lagedruk banden en gebruikelijke machines met de gebruikelijke werkbreedtes. Op de bedrijven van 200 ha met rijpadenteelt zijn twee trekkers op rupsbanden gezet met een spoorbreedte van 3,15 meter. Hiermee kunnen de vaste zaai en plantafstanden van 50 en 75 cm gehandhaafd blijven. De verplegingswerktuigen zijn 6,30 meter breed. Deze werkbreedte van machines is aangepast op basis van de standaardmachine. Verder is er een GPS-systeem en is een dieplader aangeschaft om de trekker op rupsbanden over de weg te kunnen vervoeren. De reden hiervoor is dat de percelen op verschillende locaties liggen en dat rupsbanden op de weg snel slijten en een transportbreedte van meer dan 3 meter niet is toegestaan.

Het machinepark voor de 50 ha bedrijven zonder rijpaden bestaat eveneens uit standaardmachines met standaard werkbreedtes. Bij de bedrijven met rijpadenteelt zijn twee trekkers aangepast op een werkbreedte van 3,15 meter, inclusief verplegingsmachines, zoals schoffelmachines, spuitmachine en kunstmeststrooier. In tegenstelling tot het 200 ha bedrijf is op het 50 ha bedrijf geen rupsenset en geen GPS systeem aangeschaft. De machines hebben een werkbreedte van 3,15 meter. In vergelijking met de 200 ha bedrijven worden op de 50 ha bedrijven meer werkzaamheden in loonwerk uitgevoerd, zoals grotendeels het zaaien en oogsten van de groentegewassen. Omdat voor de rijpadenteelt de machines van de loonwerker een aangepaste spoorbreedte nodig hebben van 3,15 meter, geeft dit iets hogere loonwerkstarieven voor de bedrijven met rijpadenteelt. Activiteiten die zowel op de bedrijven met als zonder rijpaden gelijk gedaan worden, zijn niet relevant, ze maken immers geen verschil in kosten. Voorbeelden hiervan zijn het slootonderhoud en het uitrijden van mest.

Opbrengstverhoging

Gebleken is dat met vaste rijpaden voor een aantal gewassen een opbrengstverhoging te realiseren is. In tabel 6 staan de percentages vermeld die uit het teeltonderzoek zijn voortgekomen; dit zijn werkelijk gerealiseerde opbrengstverhogingen. Bij gewassen met 0% wordt vanuit het onderzoek geen opbrengstverhoging verwacht. Bij gewassen waar 'var' (percentage variabel) staat, zijn er nog geen verwachte of gerealiseerde opbrengststijgingen bekend. Wel kan met het model het percentage opbrengstverhoging berekend worden wat nodig is voor deze gewassen (consumptieaardappelen en stamslabonen) om de teelt rendabel te maken. Bij dit percentage wordt rekening gehouden met de gewassen doperwt en spinazie die in het onderzoek al wel een opbrengstverhoging hebben laten zien. De gebruikte opbrengstverhogingen zijn afkomstig van het 200 ha bedrijf met rijpadenteelt en trekkers op rupswielen en GPS. Op het 50 ha bedrijf worden deze twee technieken niet toegepast; de opbrengstverhoging door rijenteelt kan hier dus iets afwijken. De verwachte opbrengststijgingen (voor rijenteelt ten opzichte van geen rijenteelt) zijn als uitgangspunt meegenomen in de kosten-batenanalyse.

Tabel 6 Overzicht van verwachte opbrengststijging bij teelt op rijpaden (in vergelijking met geen rijpaden)

| | Zaaiui | Zomertarwe | Consumptie aard. | Suikerbieten | Stamslabonen | Doperwt | Spinazie | Peen |
|--------------|--------|------------|------------------|--------------|--------------|---------|----------|------|
| Geïntegreerd | 0% | 0% | var | 0% *) | | | | |
| Biologisch | 0% | 0% | var | | var | 31% | 8% | 0% |

*) Wellicht ook opbrengstverhoging te verwachten.

Economische haalbaarheid

Wanneer een teler van plan is om in het rijpadensysteem te investeren is het verstandig een aantal kengetallen te berekenen om hiermee in te schatten of de investering uit kan.

Met het *breakeven percentage* wordt aangegeven welk percentage opbrengstverhoging nodig is om de jaarkosten van de investering te dekken; de meerkosten zijn dan gelijk aan de meeropbrengst. Indien het percentage meeropbrengst in werkelijkheid hoger is dan het breakeven percentage, dan is de teelt in rijpaden rendabel; is het percentage lager, dan is het bedrijfseconomisch niet verstandig in rijpaden te investeren. De berekening zegt niets over de kostprijs, maar geeft alleen aan of de investering in rijpaden op de eerder genoemde bedrijven wel of geen perspectief biedt.

In tabel 7 zijn per bedrijfstype weergegeven de investeringsbehoefte, de benodigde breakeven opbrengstpercentages en de verandering van het bedrijfsresultaat wanneer een opbrengstverhoging van 5% wordt gerealiseerd bij overstap op rijpadenteelt. De gegevens zijn gebaseerd op het benodigde percentage opbrengstverhoging voor het gemiddelde van alle gewassen.

Tabel 7 Investeringsbehoefte, breakevenpercentage en bedrijfsresultaat bij 5% opbrengstverhoging

| Bedrijfstype | Investeringsbehoefte in € | Breakeven opbrengstpercentage | Verandering bedrijfsresultaat in € bij 5% opbrengstverhoging |
|------------------------|---------------------------|-------------------------------|--|
| 1. Geïntegreerd 200 ha | 179.500 | 3,6% | 9.580 |
| 2. Biologisch 200 ha | 172.250 | 2,2% | 30.975 |
| 3. Geïntegreerd 50 ha | 59.500 | 3,5% | 2.523 |
| 4. Biologisch 50 ha | 42.200 | 1,6% | 9.404 |

Opvallend is dat voor de biologische bedrijven minder opbrengstverhoging nodig is dan voor de geïntegreerde bedrijven. Voor het 200 ha biologisch bedrijf is een verhoging nodig van respectievelijk 2,2% om 3,6% voor het 200 ha geïntegreerde bedrijf en voor de 50 ha bedrijven 1,6% om 3,5%. De oorzaak hiervan ligt vooral in het bouwplan van de biologische bedrijven met daarin veel groentegewassen, waarmee relatief een hoge opbrengststijging is te behalen. Omdat genoemde percentages het breakeven percentage zijn, wordt hiermee nog geen hoger bedrijfsresultaat geboekt. Als er sprake is van een opbrengstverhoging van 5%, dan worden bij alle bedrijfstypen behoorlijk betere resultaten geboekt.

Het bouwplan is van groot belang bij het bedrijfseconomische resultaat. Bij de geïntegreerde bedrijven moet de opbrengstverhoging vooral uit de consumptieaardappelen komen, omdat alleen bij dit gewas rijpadenteelt kan worden toegepast. Berekend kan worden dat als de opbrengstverhoging van één gewas (bijvoorbeeld aardappelen) moeten komen een forse verhoging van bijna 11% van dat gewas nodig is, wil de investering van rijpadenteelt rendabel zijn. Concreet betekent dit voor aardappelen een gemiddelde opbrengstverhoging met ruim 5 ton, bijvoorbeeld van 50 naar 55 ton per ha.

Overige aspecten rijpadensysteem

De economische voordelen zijn in veel gevallen een afgeleide van de eerder genoemde voordelen. Zo zal de betere berijdbaarheid van het perceel zich doorvertalen in een efficiënter gebruik van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen, bijvoorbeeld bij toediening van mest in het voorjaar. Dit geeft minder kans op uitspoeling van nutriënten. De kosten van deze stoffen zullen per hectare hierdoor lager uitvallen. Deze redenering kan ook gelden voor bijvoorbeeld een hogere opbrengst en kwaliteit als gevolg van de betere bodemkwaliteit. Ook treedt een economisch voordeel op bij minder gebruik van energie.

Hoewel introductie van rijpadenteelt verschillende voordelen biedt met een gunstig bedrijfseconomisch perspectief, vraagt een systeem van vaste rijpaden echter wel forse investeringen in nieuwe en aangepaste machines. Dit moet in één keer gebeuren, omdat een geleidelijke overstap minder snel het gewenste resultaat geeft. Daarnaast betekent de overstap een ingrijpende verandering in de gehele bedrijfsvoering. Een dergelijk systeem vraagt ook aanpassingen van de loonwerker. Deze moet bereid zijn om een deel van zijn machinepark aan te passen, eventueel in combinatie met de teler. Er zijn nauwelijks kant- en klare systemen voorhanden. Van belang is daarom dat de teler de nodige kennis van of interesse voor mechanisatie heeft. Deze punten samen vergen de nodige inspanning van de ondernemer.

3.3 Conclusies

Bodemverdichting vormt in toenemende mate een probleem door schaalvergroting van bedrijven en grotere en zwaardere machines. Weliswaar hebben deze machines grotere banden, maar hierdoor wordt ook weer meer onder suboptimale omstandigheden gewerkt. Bodemverdichting in de bouwvoor is relatief eenvoudig te herstellen, in tegenstelling tot verdichting in de ondergrond. De verdichting van de ondergrond leidt tot schade aan gewassen, zowel onder droge als onder natte omstandigheden. Het is daarom belangrijk dat ondernemers werken aan het voorkómen van verdichting. Dat is eenvoudiger gezegd dan gedaan: vooral oogstwerkzaamheden

laat in het najaar vormen een grote risicofactor, omdat hiervoor relatief veel zware machines worden ingezet, met grotere kans op natte omstandigheden. Het economische belang van het oogsten van een product is vaak zo groot dat de bodemstructuur hieraan wordt opgeofferd. Oplossingen om verdichting tijdens de oogstwerkzaamheden te voorkomen, zijn nog niet algemeen toepasbaar of te weinig ontwikkeld, bijvoorbeeld bij de rijpadenteelt, of economisch minder aantrekkelijk, zoals lichte mechanisatie, vroege rassen, geen late teelten op kwetsbare percelen. Bodemverdichting in het voorjaar en de zomer is meestal minder problematisch vanwege de meer gunstige weersomstandigheden en is ook beter te voorkomen door bewerkingen uit te voeren met lagedrukbanden of in combinatie met andere werkzaamheden. Een uitzondering hierop kan de voorjaarstoediening van dierlijke mest met zware machines zijn.

Een belangrijk spanningsveld rond bodemverdichting zit in de afweging tussen enerzijds het gewicht van de machine en anderzijds de capaciteit. Lichte machines hebben vaak een lagere capaciteit, waardoor of meer machines nodig zijn, of een langere werkperiode nodig is, met weer een groter risico op suboptimale omstandigheden. Overcapaciteit in het machinepark is gunstig om zoveel mogelijk onder optimale omstandigheden te kunnen werken, hoewel de machines vaak wel zwaarder zijn en ook de kosten hoger liggen. Door toepassing van rijpadenteelt kan bodemverdichting vooral tijdens het groeiseizoen voorkomen worden. Onder de rijsporen zelf kan wel extra verdichting optreden. Het systeem biedt wellicht vooral voordelen voor de teelt van vollegrondsgroenten en in situaties met veel mechanische onkruidbestrijding, zoals op biologische bedrijven. De omschakeling vraagt echter hoge investeringen en de nodige aanpassingen in de bedrijfsvoering.

3.4 Aanbevelingen en oplossingsrichtingen

Het invoeren en stimuleren van maatregelen om bodemverdichting te voorkomen is niet eenvoudig. Maatregelen zijn (op korte termijn) bedrijfseconomisch vaak minder gunstig en gaan veelal ook in tegen de min of meer autonome trend van schaalvergroting met inzet van grote en zware machines. Schaalvergroting en het gebruik van grote machines behoeven op zich echter niet nadelig te zijn voor bodemverdichting, wanneer hiervoor voldoende aandacht is. Overcapaciteit in het machinepark, met vaak wat zwaardere machines, kan bijvoorbeeld voorkomen dat onder te natte omstandigheden (oogst)werkzaamheden uitgevoerd moeten worden.

Bodemverdichting is relatief weinig zichtbaar en de gevolgen zijn anders per gewas en onder verschillende omstandigheden. De gevolgen van bodemverdichting zijn vaak ook niet direct zichtbaar in de resultaten van de gewassen, zodat het voor ondernemers lastig is om verband te leggen tussen hun handelen en de gevolgen hiervan voor het gewas. Hier ligt overigens wel een belangrijke aanbeveling, namelijk het vergroten van het bewustzijn en de kennis van ondernemers over bodemverdichting. Dit betreft zowel de schade die door verdichting wordt veroorzaakt en de gevolgen hiervan voor het gewas, als de maatregelen die genomen kunnen worden.

Een maatregel die vrij eenvoudig gestimuleerd kan worden, is het gebruik van lagedrukbanden bij de voorjaarswerkzaamheden. Deze investering kan aantrekkelijk zijn voor ondernemers die in hun gewassen zichtbare gevolgen van bodemverdichting door de voorjaarswerkzaamheden waarnemen. Maar ook bij niet zichtbare gevolgen verdient het gebruik van lagedrukbanden aanbeveling. In dit verband kan ook de voorjaarsaanwending van drijfmest op veehouderijbedrijven worden genoemd. Veel mesttanks, vooral van loonwerkers, zijn ook nog niet met lagedrukbanden uitgerust. Het toedienen van organische mest op grasland via sleepslangen is een goede methode om spoorvorming en verdichting tegen te gaan. In de akkerbouw wordt dit al veelvuldig toegepast.

Een tweede maatregel die ondernemers vrij eenvoudig kunnen nemen, is de keus van gewassen en rassen af te stemmen op de structuurgevoeligheid van het perceel. Door op kwetsbare percelen vroege gewassen of rassen te telen wordt het risico op oogstwerkzaamheden onder natte omstandigheden kleiner. Voor melkveehouders is het te overwegen de teelt van snijmaïs op kwetsbare grond (gedeeltelijk) te vervangen door snijgraan/triticale (GPS), vanwege het gunstiger oogsttijdstip, of deze grond voor grasland te gebruiken. Een mogelijke oplossing om eerder ontstane verdichtingen in de ondergrond op te heffen, biedt wellicht ook de teelt van diepwortelende gewassen en groenbemesters (Van Geel et al., 2007).

Een belangrijk aandachtsgebied vormen de loonwerkers. Veel werkzaamheden waarvoor zware en grote machines nodig zijn, worden in loonwerk uitgevoerd, zoals de oogst van suikerbieten en maïs en de toediening van dierlijke mest. De indruk bestaat dat vooral tijdens drukke tijden, loonwerkers capaciteit belangrijker vinden dan de gevolgen voor de structuurschade die deze zware machines kunnen veroorzaken. Vaak wordt er ook nog gereden met een relatief te hoge bandenspanning. Ondernemers kunnen gestimuleerd worden om meer aandacht te besteden aan afspraken met de loonwerker in het kader van bodemverdichting.

Het systeem van vaste rijpaden biedt goede mogelijkheden om bodemverdichting te beperken en te voorkomen. De ontwikkeling van een goede oogstmechanisatie is een innovatie om de zwakke kanten van dit systeem verder te verbeteren. Momenteel wordt nog gebruik gemaakt van 'normale' oogstmachines, waardoor de onbereden grond alsnog bereden wordt met zware machines, soms ook onder natte omstandigheden. Daarnaast zijn, hoewel dit slechts een minimale oppervlakte betreft, de rijpaden wel aan verdichting onderhevig.

4 Optimalisering van ontwatering en flexibel peilbeheer

Waterbeheer is cruciaal voor de landbouw. Dit betekent voor boeren voldoende afvoer van water bij overschotten en voldoende aanvoer bij tekorten, maar ook dat de ontwatering van percelen op orde moet zijn. Omdat neerslag door en over de bodem wordt afgevoerd en de wortels van de gewassen water opnemen via de bodem, heeft waterbeheer effecten op de bodemkwaliteit en omgekeerd.

De aspecten van het water- en peilbeheer op de afbraak van organische stof en bodemdaling in het Veenweidegebied worden in hoofdstuk 8 behandeld.

4.1 Problematiek en effecten op bodemkwaliteit

Wateroverlast is voor de landbouw in grote delen van Nederland gemiddeld genomen een groter (economisch) probleem dan watertekort. De huidige ontwateringcriteria zijn daarom gebaseerd op het zo snel mogelijk afvoeren van neerslagoverschotten. De drainage en het peilbeheer zijn daar in de meeste gevallen op ingericht. Het gevolg hiervan is wel dat in grote delen van Nederland, vooral op de hoger gelegen zandgronden, ernstige problemen zijn ontstaan, zoals verdroging van natuurgebieden. De grondwaterstand is o.a. gedaald, omdat neerslagoverschotten niet voldoende meer door de grond opgenomen kunnen worden, maar versneld via het oppervlaktewater worden afgevoerd. Door de snelle afvoer bovenstrooms kunnen problemen in het watersysteem in lager gelegen gebieden ontstaan. Omdat het klimaat naar verwachting extremer wordt, zetten waterbeheerders (overheden) zoveel mogelijk in op het vasthouden van neerslagoverschotten op de plaats waar het valt. Door het plaatsen van stuwen en het opzetten van slootpeilen kunnen de grondwatervoorraden worden aangevuld en vormen neerslagoverschotten een minder groot risico van wateroverlast benedenstrooms. Ook kunnen lager gelegen gebieden en percelen ingezet worden om te dienen voor tijdelijke opslag of waterberging. Waterbeheerders zijn verantwoordelijk voor wateraanvoer en -afvoer, het peilbeheer en de oppervlaktewaterkwaliteit. Provincies zijn verantwoordelijk voor de winning van drinkwater en grote grondwateronttrekkingen. Voor grondwaterzaken zoals het beregenen met grondwater of water uit tochten en vaarten is meestal een vergunning en registratie via de provincie of het waterschap nodig. Boeren zijn zelf verantwoordelijk voor de ontwatering van hun percelen, door aanleg en onderhoud van drainage, greppels, en interne sloten. Voor stuwtes is vaak een vergunning noodzakelijk. Dit kan per waterschap verschillend zijn of dit alleen geldt voor de interne sloten of alleen voor de schouwsloten en grotere watergangen.

4.1.1 Organische stof

De waterhuishouding heeft veel invloed op de vorming en afbraak van organische stof. In een natte, verzadigde grond vertraagt of stopt de mineralisatie door zuurstofgebrek, of is de mineralisatie onvolledig. Dit betekent dat hoge grondwaterstanden of slechte waterafvoer leiden tot een lage mineralisatie. Een hoge grondwaterstand in de winter en het voorjaar zorgt er ook voor dat de bodemtemperatuur minder snel stijgt, zodat de mineralisatie trager op gang komt. Anderzijds leidt uitdroging van de grond in het groeiseizoen ook tot een daling van de mineralisatie, waardoor de gewassen in groei worden vertraagd. Ook de mineralenbenutting door gewassen zal zowel onder zeer droge als onder natte omstandigheden afnemen. Onder droge omstandigheden neemt door vochttekort de groei af en wordt de opname van nutriënten bemoeilijkt, terwijl onder natte omstandigheden de gewasgroei eveneens afneemt en de mineralisatie wordt afgeremd. Bij suboptimale vochtvoorziening nemen de gewasgroei en de mineralisatie af en geven dus een lagere mineralenbenutting. Dit leidt vrijwel altijd tot hogere verliezen van kunstmeststoffen en ook aanbod en benutting van nutriënten uit organische bronnen nemen af.

4.1.2 Bodemstructuur

Een goede ontwatering is essentieel voor een goede bodemstructuur, maar ook andersom geldt dat een goede bodemstructuur essentieel is voor een goede ontwatering. Wanneer de bodemstructuur slecht is, bijvoorbeeld door verdichting, stagneert de waterafvoer door de bodem. Anderzijds is natte grond kwetsbaarder voor bodemverdichting en structuurbederf. Een hoog grondwaterpeil en/of een slechte waterafvoer verhoogt het risico op structure schade bij bewerkingen met zware machines of bij beweiding.

In veel gevallen betekent een peilverhoging in het voorjaar dat bewerkingen (en ook beweiding) moeten worden uitgesteld, waardoor ook de oogst verlaat wordt. Dit geeft ook weer meer risico's op structure schade in het najaar. Met name op zwaardere kleigronden kan bodemverdichting in de bouwvoor door uitdroging op een natuurlijke manier herstellen (scheurvorming). Een (te) hoog zomerpeil in de sloten, waardoor de grond langer vochtig blijft, kan dit proces belemmeren. Dat kan het geval zijn wanneer een hoog slootpeil wordt ingezet als alternatief voor beregening. Via de drainage dringt water dan het perceel binnen en bereikt de wortels van het gewas.

4.1.3 Erosie

Uit Engelse en Amerikaanse literatuur (Dils en Heathwaite, 1999; Sims et al., 1998) blijkt dat bij hevige regenval peilverhoging kan resulteren in een toename van de afspoeling. Winderosie kan worden tegengegaan door het bevochtigen van de bodem, bijvoorbeeld door een hoog slootpeil. Er zijn echter geen voorbeelden bekend dat peilverhoging voor dit doel wordt gebruikt.

4.1.4 Bodemgezondheid

Bacteriën en aaltjes gedijen het beste met de grootste kans op verspreiding in een niet te droge, voldoende vochtige bodem. Onder zeer natte, anaërobe omstandigheden kunnen vele schadelijke organismen moeilijk overleven. Door gebruik te maken van tijdelijke inundatie kan de populatie sterk worden teruggedrongen. Een hoog slootpeil zorgt om die reden ook dat schadelijke organismen zich naar de bovenste, wat drogere grond verplaatsen, waardoor meer schade kan optreden aan gewassen. Door te droge of te natte omstandigheden wordt ook de gewasgroei geremd, waardoor het gewas kwetsbaarder wordt voor aantastingen door schadelijke bodemorganismen. Bij het waterbeheer dient hier rekening mee gehouden te worden.

4.2 Kosten en baten

De effecten van water- en peilbeheersmaatregelen op gewasopbrengsten zijn moeilijk te kwantificeren, omdat maatregelen onder bepaalde omstandigheden gunstig dan wel ongunstig kunnen uitwerken. Een snelle waterafvoer kan in een nat jaar positief uitpakken, maar in een droog jaar juist ongunstig. Kosten van maatregelen zijn vaak wel duidelijk aan te geven. In de kosten- en batenanalyse wordt ook specifiek ingegaan op beregenen, omdat deze maatregel maatschappelijk ter discussie staat vanwege het gebruik van grond- en oppervlaktewater. Met het rekenvoorbeeld wordt inzicht gegeven in de baten (en kosten) van beregening voor agrarische bedrijven.

4.2.1 Peilverhoging

Bij een (vanuit agronomisch perspectief) optimale uitgangssituatie leiden ingrepen in de waterhuishouding tot saldoderving in de landbouw. De effecten van flexibel peilbeheer zijn echter moeilijk te kwantificeren in vergelijking met een structurele peilverhoging of -verlaging. In het laatste geval kan goed gewerkt worden met de HELP-tabellen (Van Bakel et al., 2005) en de opbrengstdepressiekaarten van Brouwer en Huinink (2002).

Het uitstellen van zaaien of planten in het voorjaar, vanwege een hoog voorjaarspeil, kost opbrengst. Uit berekeningen blijkt dat dit voor akkerbouwgewassen varieert tussen de € 33,- en € 129,- saldoderving per hectare per week (Alblas, 2000). Op bedrijven met hoogsalderende gewassen kan de totale inkomensderving hierdoor aanzienlijk oplopen. Op groentebedrijven met dubbelteelten (twee teelten na elkaar) kan een laat zaaitijdstip in het voorjaar ertoe leiden dat de tweede teelt niet meer kan worden uitgevoerd (Van Wenum, 2002). Door Goense en Vink (2003) is berekend dat mesttoediening op lichte klei vóór het poten van aardappels gemiddeld vier á vijf dagen uitstel van werkzaamheden geeft met een gemiddelde afname in bruto-inkomsten van € 121,- per ha. Mesttoediening vóór zaaien van bieten resulteerde gemiddeld genomen in 8 dagen later zaaien (kosten € 133,- per ha). Als de voorjaarswerkzaamheden ook nog eens worden verlaat door te hoge grondwaterstanden, dan zullen boeren al snel besluiten om geen dierlijke mest meer aan te wenden vóór het zaaien of poten, met als gevolg dat minder mest wordt aangevoerd.

In een experiment in de polder Noordplaspolder (beheersgebied van Hoogheemraadschap Rijnland) bleek dat voor een akkerbouwbedrijf natschade bij een grondwaterstijging van circa 25 cm in de winter en circa 45 cm in de zomer berekend werd op gemiddeld € 500,- per ha per jaar. Bij alleen zomerpeilverhoging op ongeveer € 370,- (Dik et al. 2004).

Modelberekeningen aan melkveehouderijbedrijven laten zien dat een structurele peilhoging van 20 cm in het Veenweidegebied leidt tot een verlaging van het netto bedrijfsresultaat per hectare met € 220,- (De Vos et al., 2004). Dit wordt vooral veroorzaakt door het feit dat door de mindere draagkracht van de graslandpercelen het melkvee langer op stal moet blijven of zelfs tussentijds opgesteld moet worden. Hierdoor worden extra kosten gemaakt voor ruwvoer. Daarnaast leidt meer vertrapping tot een lagere opbrengst en kwaliteit van het grasland, waardoor de melkproductie kan dalen en extra voerkosten worden gemaakt.

Het plaatsen van een stuw in sloten (tertiaire waterlopen) is een veel gebruikte maatregel om peilverhoging te realiseren. Een handmatig bediende balkstuw kost ongeveer € 1.000,- en wordt in 10 jaar afgeschreven. Bij een gebiedsdekkend peilbeheersysteem is het verstandig om het peilbeheer te automatiseren, zodat het centraal aangestuurd kan worden.

Voor het onttrekken van grondwater zijn, althans in de provincies Noord-Brabant en Limburg, convenanten opgesteld, waarvoor de verplichting geldt om te 'Beregenen op Maat'. Daarnaast worden op vrijwillige basis bedrijfswaterplannen opgesteld. In de praktijk blijkt dat agrarisch stuwbeheer op droge zandgronden weinig weerstand oproept bij ondernemers (zie rapporten Interreg project Benelux Middengebied betreffende waterbeheer). Boeren doen op vrijwillige basis mee, krijgen vergoedingen voor hun deelname of betalen niet of

minder voor beregenen uit grondwater. Ook houden boeren controle over slootpeilen via agrarisch stuwbeheer, zodat slootpeilen pas na de voorjaarswerkzaamheden worden opgezet. Veranderingen in peilbesluiten leveren in kleigebieden meer weerstand op onder boeren, omdat de schade groter is in vergelijking met droge zandgronden.

Diepe drainage met een geringe onderlinge afstand tussen drains is een effectieve maatregel om piekberging te realiseren en zoute kwel te onderdrukken. Diepe drainage resulteert echter in een toename van de droogteschade. Vaak kunnen nieuwe drains tussen de bestaande drainagebuizen worden gelegd. De kosten bedragen gemiddeld € 1250,- per hectare bij een onderlinge afstand van 10 meter. Wanneer drains worden afgesloten of drainmonden in de zomer worden verhoogd, brengt dit ook extra kosten met zich mee. Deze bedragen per ha per jaar ongeveer € 30,- aan materiaal en aan arbeid ongeveer twee uren.

4.2.2 Beregenen

Beregenen is een vrij kostbare maatregel, die door veel akkerbouwers en veehouders wordt genomen in droge perioden met weinig of geen neerslag. Voor beregenen uit grondwater is toestemming nodig van de provincie of van het Waterschap. In droge zomers kunnen waterschappen een verbod uitvaardigen om uit oppervlaktewater te mogen beregenen. In een aantal regio's is het beregenen van aardappelen met oppervlaktewater verboden vanwege de aanwezigheid van de bruinrotbacterie in het water. Het voormalige IKC (Informatie en Kennis Centrum Landbouw) heeft in de negentiger jaren de jaarkosten van het beregenen berekend voor een aantal verschillende veehouderijbedrijven op droogtegevoelige zandgrond met een oppervlakte variërend van 25-31 ha en met wel of geen maïsaandeel (IKC-V, 1995). De kosten zijn in tabel 8 weergegeven en niet gecorrigeerd voor inflatie.

Tabel 8 Jaarkosten van beregenen (in €)

| | Nat jaar | Droog jaar |
|---------------------------------|---------------|---------------|
| Vaste kosten | 4.600 - 5.000 | 4.900 - 5.000 |
| Variabele kosten (excl. Arbeid) | 1.000 | 2.100 - 2.300 |
| Totale kosten | 5.600 - 6.000 | 7.000 - 7.300 |

De kosten van een beregeningsplanner en bijbehorende meetapparatuur om het vochtgehalte van de grond vast te stellen, worden geschat op € 100,- tot € 200,- per jaar.

Naast consequenties voor de gewasgroei heeft beregening ook gevolgen voor de mineralisatie en de nutriëntenbenutting. Onder droge omstandigheden neemt de mineralisatie af en zijn nutriënten minder goed opneembaar voor gewassen. Beregening leidt dus tot een hogere nutriëntenbenutting en daardoor ook tot lagere mineralenverliezen. Beregening kan ook extra mineralisatie geven, vooral op grasland met hoge organische stofgehaltenes.

Hierna wordt zowel voor de akkerbouw als voor de veehouderij nog een rekenvoorbeeld gegeven van de globale kosten en baten van beregening.

Rekenvoorbeeld akkerbouw

Uitgegaan wordt van een akkerbouwbedrijf op kleigrond van 100 ha met o.a. 33 ha pootaardappelen. Onder droge omstandigheden is het van belang om de pootaardappelen te beregenen tijdens de zeer belangrijke fase van knolvorming en op het moment dat het gewas door droogte dreigt af te sterven. Bij (te) droge omstandigheden tijdens de knolzetting worden er weinig knollen gevormd. Omdat pootaardappelen niet te groot mogen worden, resulteert een lage knolzetting in een snelle groei van de knollen en een vroege oogst. De opbrengst per hectare is dan ook lager. Wanneer het gewas te vroeg afsterft door droogte, is de opbrengst natuurlijk ook lager. Als we in het rekenvoorbeeld uitgaan van een droge periode tijdens de knolzetting, kan dit leiden tot een 25% lager knolaantal. Dit zal uiteindelijk een 25% lager saldo geven. Bij een saldo van € 4.567,- per ha (KWIN-AGV, 2006) betekent dit een financieel verlies van $25\% \times € 4.567,- \times 33 \text{ ha} = € 37.678,-$. De kosten voor beregenen (€ 7.300,-) worden al terugbetaald als de knolzetting door beregenen niet 25% maar 20% afneemt. Arbeidskosten en lagere oogstkosten zijn hierbij niet meegerekend, terwijl de rest van de gewassen niet beregend wordt.

Rekenvoorbeeld melkveehouderij

Uit proeven op Praktijkcentrum Cranendonck (zandgrond) van 1997-2001, blijkt een beregeningsgift van circa 150-170 mm per ha een opbrengststijging van grasland te geven van 9,3 naar 11,4 ton drogestof per hectare per jaar (Hoving en Van Riel, 2003). In de melkveehouderij leidt een lagere graslandopbrengst, als gevolg van droogte, meestal tot de aankoop van extra ruwvoer. Uit berekeningen aan deze en andere proeven blijkt dat beregenen rendabel is wanneer de prijs voor aan te kopen ruwvoer (meestal snijmaïs) hoger is dan € 0,10 à € 0,11 per kg drogestof. In droge jaren ligt het overigens voor de hand dat ook de ruwvoerprijs extra oploopt.

Bij geschatte totale jaarkosten van beregening van circa € 7.000,- betekent dit voor een bedrijf met 35 ha grasland, dat in plaats van een jaaropbrengst van 10 ton per ha zonder beregening er al 12 ton drogestof per ha met beregening gehaald moet worden. In zeer droge jaren kan de opbrengstderving van het grasland echter ruim meer zijn dan 2 ton, in minder droge jaren is dit duidelijk minder. Gemiddeld over de jaren is beregening voor een veehouderijbedrijf op normaal vochthoudende grond dan ook niet of nauwelijks rendabel. Naast het kostenaspect speelt bij de aanschaf van beregeningsapparatuur ook vaak mee dat de ondernemer geen risico wil lopen op tekorten aan ruwvoer of te grote schommelingen in het aanbod van vers gras.

4.3 Conclusies

Maatschappelijke en agrarische belangen rond waterbeheer zijn soms tegenstrijdig. De bodemkwaliteit speelt in deze discussie ook een belangrijke rol. Vanuit maatschappelijk perspectief is een hoger slootpeil en minder snelle afvoer van neerslagoverschotten gewenst. De optimale situatie voor de landbouw is dat wateroverschotten snel worden afgevoerd en tekorten snel worden aangevuld. Gemiddeld over de jaren is natschade, vooral in de akkerbouw, een groter probleem dan droogteschade. De snelle afvoer van neerslagoverschotten leidt echter tot een daling van het grondwater in grote delen van Nederland, met als gevolg verdroging van natuur en kans op wateroverlast in stroomafwaarts lager gelegen gebieden bij hevige regenval. Deze zaken zijn maatschappelijk ongewenst. Verdroging in bepaalde regio's betekent ook voor de hier aanwezige agrarische bedrijven meer kans op droogteschade en vanwege te weinig watervoorraad in de bodem en sloten een snellere kans op beregeningsverboden.

Een goede trend is om water langer vast te houden op de plek waar het valt, bijvoorbeeld door flexibel peilbeheer in perceelssloten. Een hoger peil (in natte perioden) is meestal niet gunstig voor de bodemkwaliteit. Dit kan zich uiten in een mindere groei van het gewas en een afnemende draagkracht van de bodem. Door bewerkingen of beweiding ontstaat dan structuurschade en wanneer in het voorjaar het tijdstip van zaaien of planten uitgesteld moet worden, leidt dit tot opbrengstverlies. Uit praktijkvoorbeelden blijkt bij een hoog zomerpeil soms flinke natschade aan gewassen op te treden.

Flexibel peilbeheer is een vrij kostbare ingreep. De aanleg van een handmatig bediende balkstuw in een tertiaire sloot kost circa € 1.000,- en daarbij zijn op een regulier bedrijf een aantal van deze stuwen nodig. Diepe drainage kost circa € 1.250,- per ha, terwijl de baten voor de ondernemer minimaal zijn, of zelfs negatief bij het optreden van droogteschade.

Beregemen is maatschappelijk niet altijd gewenst vanwege de onttrekking van grond- en oppervlaktewater, maar bedrijfseconomisch vaak aantrekkelijk. Vooral in hoogsalderende gewassen met een hoge vochtbehoefte is beregenen al snel rendabel. Door beregening neemt de mineralisatie toe, evenals de nutriëntenbenutting van de gewassen, wat gunstig is om mineralenverliezen te voorkomen.

4.4 Aanbevelingen en oplossingsrichtingen

Vanuit het perspectief van bodemkwaliteit, mede gebaseerd op landbouwkundige productiemogelijkheden, zijn veel maatregelen die maatschappelijk gewenst zijn, zeker op korte termijn, vaak minder gunstig voor de landbouw. Maatregelen, zoals een structureel hoger peil, piekberging en een beregeningsverbod, kunnen tot landbouwkundige economische schade leiden. Deels zijn deze maatregelen echter wel nodig om aan maatschappelijke wensen tegemoet te komen en in te kunnen spelen op (toekomstige) klimaatsveranderingen. Door de ontwikkeling van slimme stuwen en regelbare drainagesystemen kan in de toekomst beter op neerslagpieken worden geanticipeerd. Een maatregel die veel verder gaat is het gebruik of het eventueel aanpassen van minder geschikte percelen voor wateropvang. Hiermee kan eventuele overlast voor andere betere percelen worden voorkomen, zodat deze laatste percelen geschikt blijven voor een goed landbouwkundige gebruik.

Een belangrijke aanbeveling is ook om ondernemers meer bewust te maken en meer kennis bij te brengen over water- en peilbeheer. Ze zijn immers belanghebbende en verantwoordelijk voor het waterbeheer op bedrijfsniveau. Uit ervaring blijkt dat veel ondernemers onvoldoende kennis bezitten over de werking en de effecten van flexibel peilbeheer en drainage. Goede voorlichting en praktijkvoorbeelden zijn daarom essentieel. Een knelpunt kan zijn dat een grotere rol van agrarische ondernemers bij het waterbeheer veel afstemming en communicatie vereist tussen ondernemers (ook onderling), waterschap en provincie. Dit knelpunt moet opgelost worden om waterbeheer op regioniveau werkelijk effectief te maken.

5 Grondruil / landhuur akkerbouw – veehouderij

Het uitwisselen van grond tussen veehouders en akkerbouwers onderling is vrij algemeen in Nederland. In sommige regio's worden percelen geruild, in andere regio's wordt door akkerbouwers grond gehuurd op veehouderijbedrijven. In dit laatste geval heeft de veehouder waarschijnlijk voldoende grond en heeft de veehouder geen behoefte aan het gebruik van land van de akkerbouwer. De grond op veehouderijbedrijven wordt door akkerbouwers (en bollentelers) veelal gebruikt voor de teelt van pootaardappelen, wortelen, uien en bloembollen. Deze gewassen kunnen om bodemgezondheidsredenen niet al te vaak op hetzelfde perceel worden geteeld, zodat de mogelijkheden op eigen grond vaak beperkt zijn. Het gebruik van 'schone' grond op veehouderijbedrijven is om deze reden aantrekkelijk. Bij grondhuur worden akkerbouwgewassen vaak geteeld na gescheurd grasland of snijmais. Bij grondruil wordt daarnaast ook gras of mais geteeld op het akkerbouwbedrijf. Landhuur en grondruil tussen akkerbouwers en veehouders heeft belangrijke effecten op de bodemkwaliteit, omdat 'vreemde' teelten worden geïntroduceerd op de bedrijven, zoals snijmais op akkerbouwbedrijven en aardappelen op veehouderijbedrijven. De bodemkwaliteit wordt hierdoor soms positief, soms negatief beïnvloed. In hoofdstuk 7 wordt nog verder ingegaan op de bodemaspecten van landruil, landhuur en – verhuur.

5.1 Problematiek en effecten op bodemkwaliteit

De effecten op de bodemkwaliteit zijn in veel gevallen vergelijkbaar met de effecten van een andere of ruimere vruchtwisseling. De effecten worden vooral bepaald door de gewassen die geteeld worden. In veel gevallen treedt geen extensivering op. Er kleven echter ook diverse andere nadelen aan de teelt van akkerbouwgewassen op melkveebedrijven en de teelt van grasland of snijmais op akkerbouwbedrijven. Een belangrijk nadeel van grondruil en vooral landhuur is dat het zicht op de bodemkwaliteit minder wordt door de wisseling van gebruikers: de gebruiker heeft meestal geen of nauwelijks kennis van de voorgeschiedenis en de bodemkarakteristieken van het perceel en voelt zich hiervoor ook minder verantwoordelijk voor de lange termijn. Het ligt voor de hand dat een huurder niet zal investeren in de organische stofvoorziening, omdat hij daar zelf weinig of geen baat bij heeft. Bij grondruil is de wederzijdse relatie tussen huurder en verhuurder nauwer en wellicht een betere garantie om meer verantwoord om te gaan met de geruilde grond.

5.1.1 Organische stof

De teelt van akkerbouwgewassen zoals aardappelen en uien en de teelt van bloembollen op veehouderijbedrijven is vaak ongunstig voor het organische stofgehalte. Grasland zorgt voor een forse opbouw van organische stof, maar aardappelen, uien en bollen leiden meestal tot een netto verlies van organische stof. Op de meeste veehouderijbedrijven is het organische stofgehalte echter zodanig, dat dit niet tot problemen leidt. Wanneer de snijmais op het melkveebedrijf ook geteeld wordt in vruchtwisseling met grasland en akkerbouwgewassen, treedt voor de maïs een aanzienlijke verbetering op in vergelijking met de continue teelt van snijmais. De afbraak van organische stof tijdens de teelt van snijmais wordt dan gecompenseerd door een periode van opbouw in de graslandperiode.

5.1.2 Bodemstructuur

De gevolgen van grondruil of grondhuur voor de bodemstructuur zijn vaak niet erg gunstig: Bloembollen (lelies), pootaardappelen en snijmais worden alle laat in het jaar geoogst met zware machines. Structuurschade na de teelt van deze gewassen komt vaak voor. Dit betekent dat op veehouderijbedrijven bij landverhuur of grondruil meer structuurschade zal ontstaan vanwege de teelt van akkerbouwgewassen, bijvoorbeeld aardappelen of bollen voor gras, maar ook op akkerbouwbedrijven bij de teelt van snijmais in plaats van bijvoorbeeld graan. Grasland op akkerbouwbedrijven vormt wellicht een uitzondering, hoewel dit grasland vaak voor voederwinning zal worden gemaaid, waarbij ook zware machines (opraapwagens, hakselaar en kipwagen) kunnen worden gebruikt.

5.1.3 Erosie

Het risico op watererosie neemt toe als een veehouder grasland gaat scheuren voor de teelt van maïs, bollen, aardappelen of andere soortgelijke akkerbouwgewassen. Andersom kan de teelt van grasland op een akkerbouwbedrijf, zeker wanneer dit tijdig in het najaar wordt ingezaaid, het risico op erosie verkleinen. Maïsteelt op akkerbouwbedrijven heeft wel een iets groter erosierisico, zeker in vergelijking met granen of graszaad. Op zand- en lössgrond bestaat momenteel de verplichting om na maïs een winterharde groenbemester te zaaien. Dit beperkt het risico op erosie.

5.1.4 Bodemgezondheid

Voor de akkerbouwer is grondruil of grondhuur vaak het motief om problemen met bodemgezondheid te voorkomen. Anderzijds is bekend dat aardappelen of uien na grasland vaak schade ondervinden van insectenvraat (ritnaalden en emelten). Schurft in aardappelen is ook een bekend probleem na grasland. Snijmaïs is tevens een lastig gewas in combinatie met diverse akkerbouwgewassen, omdat maïs waardplant is voor diverse aaltjessoorten. Op zandgrond is dit probleem nog vergroot door de verplichting om na maïs een groenbemester te telen. Aaltjes vermeerderen op de meeste groenbemesters.

Grasland in een akkerbouwrotatie biedt wel de mogelijkheid om één- of tweejarige wortelonkruiden aan te pakken. Het onderlinge transport tussen bedrijven en het gebruik van dierlijke mest op het akkerbouwbedrijf is wel een mogelijke bron van insleep van onkruiden en bodempathogenen.

5.2 Kosten en baten

Grondruil tussen akkerbouwers en melkveehouders en landhuur en -verhuur tussen akkerbouwers, veehouders en bollenkwekers zijn meestal voor alle partijen economisch aantrekkelijk. Grondruil en -huur zijn voor de akkerbouwer aantrekkelijk, omdat hij de beschikking krijgt over 'schone' grond en omdat hij het areaal pootaardappelen, wortelen of uien kan uitbreiden. Voor de veehouder is grondruil aantrekkelijk om extra ruwvoer te kunnen telen en omdat maïs op schone grond vaak meer opbrengt dan in continue teelt op het eigen bedrijf. Voor veehouders biedt het ook de mogelijkheid om mest af te zetten. De ruil kan plaats hebben in ongeveer gelijke arealen of in een verhouding van 1 ha aardappelen voor wat meer oppervlakte snijmaïs bij de akkerbouwer. Soms neemt de akkerbouwer een deel van de mechanisatie of het loonwerk van de veehouder voor zijn rekening.

Pootaardappelland wordt in sommige regio's verhuurd voor bedragen tussen € 1.000,- en € 1.500,-, bollenland levert vaak tussen de € 2.000,- en € 3.000,- op. Grondverhuur is voor veehouders vooral financieel aantrekkelijk indien hun oppervlakte grasland en voedergewassen meer dan voldoende is voor het winnen van het benodigde ruwvoer. Voor de akkerbouwer zijn de gewassen die hij op de gehuurde of geruilde percelen teelt meestal goed renderende gewassen. Er zijn echter nadelen. In de meeste situaties leidt grondruil en landhuur tot grotere transportafstanden. De kosten die hiermee gemoeid zijn, kunnen bij veel bewerkingen aardig oplopen. Zo kan het aantal bespuitingen in pootaardappelen in het groeiseizoen oplopen tot meer dan tien maal. Mede hierom zoeken telers vaak binnen een beperkte afstand naar huurland of worden de teeltwerkzaamheden (bespuitingen) uitbesteed aan een loonwerker. Bij de oogst van snijmaïs is voor de veehouder een grote afstand kostbaar, omdat of de oogsttijd toeneemt, of een extra silagewagen nodig is om de capaciteit van de maïshakselaar goed te benutten. Beide aspecten kosten geld. Verder is het toezicht op de gewassen minder of zal meer tijd vergen wanneer percelen verder weg liggen. Voor een veehouder is het niet praktisch en te duur om grasland op een akkerbouwbedrijf op afstand te beweiden, omdat hier afrasteringen ontbreken en ook veetransporten nodig zijn.

Een belangrijke 'kostenpost' is de noodzaak van een goede samenwerking tussen partners, vooral bij grondruil. Men komt op elkaars bedrijven en maakt gebruik van elkaars grond, erf en kavelpaden. Bij grondhuur is dit vaak in de huurprijs ingecalculeerd, maar bij grondruil is het van belang dat partners dit goed communiceren, goede afspraken maken en elkaar respecteren. Dit sociale aspect is wellicht minstens zo belangrijk als een eventueel financieel voordeel. Een andere kostenpost zijn de administratieve lasten van grondruil en grondhuur. De wetgeving dwingt ondernemers om deze zaken formeel te regelen, onder andere vanwege de inkomenssteun vanuit de EU en de mineralenwetgeving. Overeenkomsten hebben een geldigheid van één jaar en moeten dus jaarlijks opnieuw worden opgesteld en ingediend.

De vraag is of grondruil en landverhuur voor veehouders nog langer aantrekkelijk is onder de nieuwe mestwetgeving. Melkveebedrijven die voor derogatie in aanmerking willen komen, moeten minimaal 70% grasland hebben. Deze regeling is aantrekkelijk, zodat veel melkveehouders hieraan willen voldoen. Dit betekent dat de overige 30% van de bedrijfsoppervlakte meestal hard nodig is voor de teelt van voedergewassen, zoals snijmaïs. Er blijft dus weinig over voor landverhuur aan akkerbouwers. Door deze grond wel te verhuren aan akkerbouwers/bollentelers verhoogt men weliswaar het percentage grasland en daarmee het recht op derogatie, maar de oppervlakte waarop men een grondgebruikersverklaring heeft, wordt weer minder. Grondruil biedt wellicht mogelijkheden, vooral als geruild kan worden in de verhouding van 1 ha akkerbouwgewas tegen meer dan 1 ha voedergewas of grasland.

5.3 Conclusies

Grondruil tussen akkerbouwers en melkveehouders en landhuur van akkerbouwers bij veehouders is een vrij algemeen verschijnsel in de meeste regio's, evenals de huur van grond door bollenkwekers. Voor het telen van sommige bolgewassen worden aantrekkelijke vergoedingen per ha betaald. Voor akkerbouwers zijn deze constructies vooral voordelig omdat men de beschikking krijgt over een groter areaal waarop goed renderende gewassen geteeld kunnen worden en omdat de bodemgezondheid van grond op veehouderijbedrijven vaak beter is. Grondruil kan voor veehouders interessant zijn vooral omdat vaak een grotere oppervlakte voedergewassen geteeld kan worden in vergelijking met het geruilde akkerbouwgewas, of omdat de akkerbouwer een deel van het loonwerk verricht. Ook de opbrengst per ha van snijmaïs worden vergroot als deze wordt afgewisseld met andere (akkerbouw)gewassen. Dit is vooral aantrekkelijk indien de ruwvoervoorraad krap is. Grondverhuur is vooral aantrekkelijk indien de oppervlakte meer dan voldoende is voor de teelt van ruwvoer. Grondruil is voor de akkerbouwer voordelig in situaties wanneer een nauwe vruchtwisseling wordt verruimd. Snijmaïs is voor de akkerbouwer echter niet altijd een aantrekkelijk gewas, omdat de oogst laat is en hiervoor zware machines nodig zijn. Dit geldt niet voor de grondruil van snijmaïs tegen aardappelen of suikerbieten, maar wel ten opzichte van graan of graszaad. Grasland kan op akkerbouwbedrijven aantrekkelijk zijn vanwege de opbouw van organische stof en de mogelijkheid om onkruiden te bestrijden.

In het algemeen zijn grondruil en grondhuur niet in alle opzichten gunstig voor de bodemkwaliteit. De gewassen die door akkerbouwers op veebedrijven worden geteeld, zijn vaak minder gunstig voor de bodemkwaliteit, zeker in vergelijking met grasland. De snijmaïs van de veehouder is ook niet erg gunstig voor de bodemkwaliteit op akkerbouwbedrijven. Daarnaast is het voorspelbaar dat verschillende grondgebruikers zich afzonderlijk minder verantwoordelijk voelen voor de bodemkwaliteit op langere termijn.

De sociale aspecten en administratieve lasten van grondruil en grondhuur dienen voor alle ondernemers die hieraan willen beginnen goed overwogen te worden. Verder is het van groot belang na te gaan of niet tegen de grenzen van de mineralenwetgeving en de inkomensondersteuning vanuit de EU wordt aangelopen bij grondruil of grondhuur. Bij overtreding van de regels of bij het niet voldoen aan richtlijnen kan dit veel geld kosten.

5.4 Aanbevelingen en oplossingsrichtingen

De doorgaande ontwikkeling van specialisatie en schaalvergroting, ingegeven vanuit economische motieven, is een belangrijke motor achter het huren en/of ruilen van grond. Specialisatie op één gewas is beperkt mogelijk op het eigen bedrijf wegens de eisen aan de vruchtwisseling, waardoor het gebruiken van schone grond buiten het eigen bedrijf een logische volgende stap is. Schaalvergroting door het aankopen van grond is relatief duur, zodat het huren van grond een goed alternatief vormt voor bedrijven die willen groeien. Deze ontwikkelingen zijn niet gemakkelijk een andere kant op te sturen, omdat dit vaak economisch nadelig zal uitwerken voor de meeste bedrijven.

De nadelige effecten van grondhuur en grondruil kunnen gedeeltelijk worden opgeheven wanneer ondernemers zich gezamenlijk verantwoordelijk voelen voor de bodemkwaliteit van het gehuurde of geruilde land. Daarvoor is onderling vertrouwen en een open houding nodig, maar ook inzicht in de consequenties van het eigen handelen voor de bodemkwaliteit op korte en langere termijn.

Het maken van goede meerjarige afspraken kan veel discussies voorkomen en helpt mee om beter en zorgvuldiger met de bodem om te gaan. Zo kunnen bijvoorbeeld afspraken worden gemaakt over de oogstwerkzaamheden, waarmee voorkomen kan worden dat ten koste van zeer veel bodemverdichting toch wordt geoogst.

Voor de verhuurders van grond voor bollenteelt is het gewenst dat de negatieve gevolgen van deze teelt voor de bodem beter in kaart gebracht worden. De financiële winst van het verhuurjaar zou wel eens minder aantrekkelijke kunnen zijn, indien de resultaten van de volgengewassen hierin meegerekend en verdisconteerd worden.

6 Omzanden en diepploegen

Omzanden en opzanden zijn begrippen die afkomstig zijn van de bollenteelt in Noord-Holland en de bollenstreek. Eind 19^e eeuw begon men rond Noordwijk met het omzanden van duinen en weilanden, waarbij men een geschikte teeltlaag naar boven haalde voor de bollenteelt. Daarnaast werd en wordt nog steeds zeezand opgespoten, zodat een zandlaag ontstaat die geschikt is voor de teelt van bloembollen. Inmiddels is voor deze activiteiten een vergunning nodig, maar naar schatting zijn grote delen van de bollenteeltgebieden in Noord- en Zuid-Holland op deze manier aangepakt.

Diepploegen als begrip is vooral gekoppeld aan de IJsselmeerpolders en de Veenkoloniën. Het wordt meestal toegepast voor twee doeleinden, enerzijds voor het breken van storende lagen en anderzijds voor het naar boven halen van lichtere grond om de bouwvoor te verschralen. Het breken van storende lagen moet leiden tot een verbeterde waterhuishouding, terwijl door het verschralen van de bouwvoor de teelt van andere gewassen mogelijk of gemakkelijker wordt (wortelen, witlof, bloembollen). Bij diepploegen wordt tot maximaal 1,80 meter de grond omgekeerd en gemengd. Inmiddels is in de praktijk gebleken dat dergelijke percelen na verloop van tijd bijna altijd weer in kwaliteit achteruit gaan. Dit vanwege een verstoorde waterhuishouding en het op den duur toch weer zwaarder worden van de bouwvoor. Vanwege het lagere financiële rendement van vooral wortelen en witlof de laatste jaren is de animo voor diepploegen de laatste jaren afgenomen.

Zowel omzanden en opzanden als diepploegen zijn stevige ingrepen, waarbij er effecten optreden op alle aspecten van bodemkwaliteit. De ondernemer beoordeelt deze effecten op bodemkwaliteit na de ingreep soms positiever dan de werkelijkheid is. De omgeving en maatschappij zien om- en opzanden en diepploegen meestal als minder gewenste ingrepen.

6.1 Effecten op bodemkwaliteit

Opzanden en diepploegen hebben meestal als doel om de bouwvoor lichter te maken, om zodoende andere, hoogsalderende gewassen te kunnen telen, zoals bloembollen, wortelen en witlof. Daarnaast wordt incidenteel omgezand om een bouwvoor zonder bodemgebonden ziekten te verkrijgen. Diepploegen wordt daarentegen ook toegepast om storende lagen in de ondergrond te verminderen en om zo de waterhuishouding te verbeteren.

6.1.1 Organische stof

De opbouw van organische stof vindt vooral in het bovenste deel van de bouwvoor plaats, omdat hier het grootste deel van de beworteling zit en ook hier de gewasresten en eventueel toegediende organische mest worden ingewerkt. Door het omkeren van het bodemprofiel verdwijnt deze vruchtbare, organische stofrijke grond naar onderen en wordt arme grond naar boven gehaald. Uit proeven op proefboerderij de Kandelaar in Biddinghuizen in 1988 bleek dat het humusgehalte van 4 naar 1% terug ging.

Het omzanden van akkerbouw- of weidegronden tot bollengrond laat een vergelijkbaar effect zien, zeker wanneer puur zand naar boven wordt gehaald. Bij het omzanden van bestaande bollengronden met een laag organische stofgehalte zal er weinig verandering optreden. Bij opzanden daalt het organische stofgehalte zeer sterk, omdat zeezand wordt opgebracht. Na omzanden of opzanden met zee- en duinzand voor bollenteelt, is het organische stofgehalte aanvankelijk 0,3 - 0,4% (Ten Berge et al., 2007). Om dit iets te verhogen wordt, indien de oude bouwvoor hiervoor geschikt is, een deel van de oude bouwvoor door de nieuwe gemengd. Door organische bemesting wordt het organische stofgehalte verder verhoogd tot rond 1,3% (Van Dam et al., 2004).

6.1.2 Bodemstructuur

De bodemstructuur wordt door diepploegen en omzanden grondig aangepakt. Dat kan in sommige opzichten gunstig zijn, bijvoorbeeld door het breken van storende lagen. De aanwezige microstructuren in de bodem, zoals wormengangen en wortelgangen, die essentieel zijn voor snelle waterafvoer en indringing van zuurstof, worden echter grotendeels vernietigd. Daarnaast blijkt dat de stabiliteit van de bodemstructuur wordt aangetast, waardoor na het mengen en keren de grond gaat bezakken. Hierdoor kunnen fijne deeltjes de ruimtes tussen grovere deeltjes zodanig opvullen dat een dichte, ondoorlatende laag ontstaat. Uit ervaringen in de IJsselmeerpolders blijkt dat de bodemstructuur van sommige diepgeploegde percelen na verloop van tijd verslechtert, waardoor de waterhuishouding en de doorworteling worden verstoord. Daarnaast blijkt dat de bouwvoor soms minder uniform is na diepploegen, wat te maken kan hebben met de variabele diepte van de zandlaag in de ondergrond. Hierdoor wordt soms meer, soms minder zand naar boven gehaald. Wanneer deze nadelen beperkt blijven, wegen economisch gezien de voordelen van een lichtere bouwvoor vaak wel op tegen de nadelen, omdat meer (hoogsalderende) gewassen geteeld kunnen worden.

Bij omzanden met duin- en zeezandgrond treden deze bezwaren in het algemeen niet op, omdat deze grond zo weinig fijne deeltjes bevatten dat poriën niet verstopt raken. Wormengangen treden in deze grond niet op, de grond is structuurloos, maar door het zeer lage lutumgehalte toch goed doorlatend.

6.1.3 Erosie

Omzanden van akkerbouw- en weidegronden tot bollengrond kan leiden tot een verhoogde gevoeligheid voor winderosie. Deze wordt bestreden door het aanbrengen van een stuifdek van stro of papiercellulose. Bij diepploegen kan ook winderosie voorkomen, als er zeer schrale grond naar boven wordt gehaald. Na enkele teelten komt dit probleem nauwelijks meer voor. Diepploegen van echte stuifgevoelige gronden komt voor zover bekend niet voor.

6.1.4 Bodemgezondheid

Door het verplaatsen van de bouwvoor naar onderen worden ook schadelijke organismen en onkruidzaden diep onder de grond gestopt. De meeste organismen overleven dit niet. Na het omzanden moet de nieuwe bouwvoor gekoloniseerd worden door bodemorganismen (schimmels, bacteriën etc.). Met organische bemesting komen hiervoor voldoende organismen mee.

Overigens is bekend dat schadelijke en niet schadelijke bodemorganismen elkaar min of meer in evenwicht houden. Dat betekent dat het naar boven halen van maagdelijke grond kan leiden tot een zeer snelle vermeerdering van schadelijke bodemorganismen bij een besmetting. De oplossing van schone grond is dus vaak maar van tijdelijke aard.

6.2 Kosten en baten

Diepploegen en omzanden zijn maatregelen die een perceel in een niet direct bewerkbare situatie opleveren. Dat betekent dat deze percelen opnieuw moeten worden geëgaliseerd en soms gedraineerd. De kosten van het totaalpakket van diepploegen bedragen € 2.000,- tot € 3.000,- per hectare. Voor omzanden van bollenland is dit € 20.000,- tot € 25.000,- per ha. Deze kosten worden in de praktijk alleen terugverdiend door de teelt van hoogsalderende gewassen, zoals bloembollen of tuinbouwgewassen. Overigens is door de introductie van de teelt in netten de mogelijkheid ontstaan om zonder grote ingrepen in de bodem ook tulpen te telen op zwaardere gronden. Teelt van hyacinten, narcissen en andere meer bijzondere bolgewassen vindt echter bijna uitsluitend plaats op duin- en zeezandgrond. Voor de teelt van reguliere akkerbouw- en groentegewassen zijn dergelijke ingrepen in ieder geval te kostbaar. Het economisch rendement van veel akkerbouw- en groentegewassen is de laatste jaren onvoldoende om dit terug te verdienen. Voor ondernemers die in het verleden de grond lichter hebben gemaakt, heeft deze ingreep zijn geld waarschijnlijk wel opgeleverd. Saldi van bolgewassen (afgerond op € 1.000,-) zijn: dahlia € 16.000,-, hyacint € 29.000,-, iris € 18.000,-, krokus € 11.000,-, lelie grof plantgoed circa € 40.000,-, narcis kleinbloemig € 7.000,- en tulp € 13.000,- (Schreuder en Van der Wekken, 2005).

Opzanden kost € 20.000,- tot € 120.000,- per ha. Het hoogste bedrag geldt als een volledig nieuw zandpakket aangevoerd moet worden. Volgens de bollentelers worden deze kosten weer terugverdiend door de teelt van relatief dure bolgewassen. Zij geven ook aan dat voor deze bolgewassen (narcissen, hyacinten en bijzondere bolgewassen) dergelijke gronden vereist zijn voor een goede kwaliteitsproductie. Dat heeft te maken met de goede en beheersbare ontwatering, waardoor de grond vrijwel altijd berijdbaar en bewerkbaar is en wateroverlast zelden optreedt. Voor hyacinten is het daarbij wenselijk dat het gewas niet beregend hoeft te worden, wat alleen mogelijk is bij een ondiepe, goed beheersbare grondwaterstand. Daarnaast is het van belang dat de kleine bollen en knollen van sommige bijzondere bolgewassen in kluitloze grond geteeld worden, zodat deze met minimale hoeveelheden tarra gerooid kunnen worden. Ten slotte is het voor export naar de Verenigde Staten en Japan van belang dat na de oogst alle grond van de bollen gespoeld kan worden. Dit is het best uitvoerbaar met slibarme grond met een laag organische stofgehalte.

Mogelijk zijn er wel alternatieve gronden in of buiten Nederland, waar deze bollen ook geteeld kunnen worden, zonder dergelijke kostenposten. Het zoeken naar een andere locatie met een wat lagere productie kan wellicht meer opleveren dan opzanden. Vanwege de kosten van zandgrond in West-Nederland wordt ook volop gezocht naar mogelijkheden voor teelt op andere gronden. Hierdoor is de teelt van tulp vooral uitgebreid op klei- en zavelgrond, met behulp van nettenteelt. Het merendeel van de lelies wordt nu op zandgrond in Oost-Nederland geteeld. Ondanks pogingen tot het telen van hyacint op zwaardere grond en zandgrond in Oost-Nederland worden de meeste hyacinten nog steeds op duin- en zeezandgrond geteeld in West-Nederland. Voor *Zantedeschia* loopt onderzoek voor teeltmogelijkheden in Oost-Nederland.

De behoefte aan land voor de teelt van hyacint kan bepalend zijn voor de totale behoefte aan zee- en duinzandgrond. Het areaal hyacint bedraagt ongeveer 1.200 ha, zodat bij een teeltrotatie van 1:4 tot 1:5 er

momenteel een totale behoefte aan geschikte grond voor de teelt van hyacint is van 4.800 tot 6.000 ha. Het areaal duin- en zeezandgrond in de Bollenstreek, Kennemerland en het Noord-Hollandse zandgebied is ongeveer 8.000 ha (Schreuder en Van der Wekken, 2005), maar niet alle grond is hierbij goede hyacintengrond. De Bollenstreek en Kennemerland zijn dichtbevolkte regio's, waardoor verwacht kan worden dat een deel van het areaal bollengrond in deze regio's op termijn bebouwd zal worden. Voor deze verdwijnende bollengrond wordt vaak compensatie gezocht in het vinden van geschikte gronden elders, eventueel met behulp van op- en omzanden.

6.3 Conclusies

Door het om- en opzanden van land voor bloembollenteelt verandert de bodemkwaliteit. De verkregen bodem is van zeer goede kwaliteit voor de bloembollenteelt, maar veelal minder geschikt voor andere doeleinden. Het organische stofgehalte is laag en (schadelijke) bodemorganismen komen aanvankelijk weinig voor. Diepploegen van kleigronden en andere gronden met als doel om deze te verlichten of om storende lagen te doorbreken kan een kortstondige verbetering opleveren voor de teler, maar lijkt na verloop van tijd veel problemen te geven met de waterhuishouding en de bodemstructuur. Daarnaast daalt het organische stofgehalte aanzienlijk wanneer de humusrijke bouwvoor wordt ondergewerkt en arme grond wordt boven gehaald. Omzanden en diepploegen zijn kostbare maatregelen, die alleen renderen wanneer het gebeurt ten behoeve van hoog salderende gewassen, zoals bloembollen. Ook voor het zeer dure opzanden zijn de telers van mening dat deze kosten worden terugverdiend door de teelt van bloembollen die uitsluitend op deze gronden kan plaatsvinden, vanwege de specifieke eigenschappen van de grond. Er zijn mogelijk wel andere gronden in Nederland beschikbaar waar deze bollen ook geteeld kunnen worden. Een wat lagere productie en kwaliteit kan men dan op de koop toenemen, gezien de hoge kosten voor opzanden.

6.4 Aanbevelingen en oplossingsrichtingen

De omgeving en maatschappij zien om- en opzanden en diepploegen meestal als minder gewenste ingrepen. Vanwege de vereiste vergunningen voor omzanden en opzanden is het overigens goed mogelijk om dergelijke ingrepen te reguleren. Omdat de bollenteelt op sommige punten andere eisen stelt aan de bodemkwaliteit dan die vanuit het perspectief van duurzaam bodembeheer geformuleerd zijn, dient duidelijk te zijn wat concreet met bodemkwaliteit wordt bedoeld. Hierbij zal ook met de belangen van telers rekening gehouden moeten worden. Het lijkt de moeite waard om meer dan tot dusver, uit te zoeken of de specifieke bolgewassen die nu op opgespoten en opgezande percelen worden geteeld, ook op andere gronden en andere locaties wellicht beter en rendabeler geteeld kunnen worden.

Diepploegen van kleigronden lijkt voor telers in eerste instantie vaak een aantrekkelijke maatregel. Naderhand blijken de aanvankelijke voordelen (lichtere bouwvoor en opheffen van storende lagen) meestal niet op te wegen tegen de nadelen. Meer voorlichting en kennisoverdracht op dit vlak zou een beter afgewogen keuze voor wel of niet diepploegen kunnen bevorderen.

Deel B Verdieping van twee maatregelen

7 Verruiming van vruchtwisseling

Dit hoofdstuk gaat dieper in op verruiming van de vruchtwisseling in het kader van bodemkwaliteit.

Vruchtwisseling is in de meeste gevallen noodzakelijk om gewassen rendabel te kunnen telen. Op een enkele uitzondering na is het onmogelijk om meerdere jaren achter elkaar hetzelfde gewas op hetzelfde perceel rendabel te telen. De opbrengst en de kwaliteit nemen dan drastisch af vanwege de snelle ontwikkeling van schadelijke organismen (ziekten, plagen, onkruiden).

Verruiming van vruchtwisseling kan op verschillende manieren, zoals verruiming van het bouwplan op het eigen bedrijf, bijvoorbeeld door het vervangen van een gewas in een bestaande vruchtwisseling of het aanhouden van een ruimere teeltfrequentie. Een andere mogelijkheid is landruil of bijhuren van percelen buiten het bedrijf, of het uitruilen van teelten, bijvoorbeeld door landruil tussen een gespecialiseerde vollegrondsgroenteteler en een akkerbouwer of veehouder. Verder kan spreiding of verplaatsing van het teeltareaal naar andere delen van Nederland plaats vinden, zoals dit bij de bloembollenteelt gebeurt. Deze mogelijkheden komen in de volgende paragrafen aan de orde.

Vooraf is het belangrijk om te definiëren wat verruiming van de vruchtwisseling betekent. Er zijn namelijk twee opvattingen in omloop, die goed onderscheiden dienen te worden.

1. **Verruiming op bouwplanniveau.** Een ruime vruchtwisseling wordt vaak gezien als een vruchtwisseling die extensiever is en minder intensieve gewassen bevat. Intensieve gewassen zijn gewassen die een groot beroep doen op de bodemkwaliteit en/of een hoge nutriëntenbehoefte hebben. Hieronder vallen aardappelen, bloembollen, groentegewassen en andere rooivuchten. Extensieve gewassen zijn vaak maaivuchten, die ook wel aangeduid worden als rustgewassen. Dit zijn onder andere granen, graszaad en vlinderbloemigen. De bodem wordt vaak letterlijk rust gegund, vanwege de geringe belasting van de bodemkwaliteit, opbouw van organische stof en een relatief lage nutriëntenbehoefte. Kortom, *verruiming van de vruchtwisseling betekent op bouwplanniveau een verlaging van het aandeel intensieve gewassen ten gunste van het aandeel extensieve gewassen.* Hiermee is niet gezegd dat verruiming van de vruchtwisseling altijd bijdraagt aan een betere bodemkwaliteit.
2. **Verruiming op gewasniveau.** Op gewasniveau is sprake van een ruimere vruchtwisseling als de teeltfrequentie van een gewas afneemt, bijvoorbeeld van eens in de drie jaar naar eens in de vier jaar. In deze opvatting wordt niet omschreven wat er in de plaats komt van dit gewas, waardoor het mogelijk is dat er zelfs een intensivering van het bouwplan plaats vindt. De effecten op de bodemkwaliteit kunnen daarom niet eenduidig worden vastgesteld. Kortom, *verruiming van de vruchtwisseling betekent op gewasniveau dat de teeltfrequentie van een gewas afneemt.*

Beide opvattingen over verruiming van de vruchtwisseling zijn gangbaar en kunnen ook dezelfde effecten geven. In dit hoofdstuk worden ze verder besproken, evenals de diverse aspecten die hiermee samenhangen.

7.1 Verruiming vruchtwisseling in de akkerbouw

In de akkerbouw is vruchtwisseling gebruikelijk, behalve op een aantal akkerbouwbedrijven op zware kleigrond in Groningen, met continue teelt van graan. De ondernemer haalt zijn inkomen uit de verschillende gewassen in het bouwplan. De vruchtwisseling is daarom meestal een optimalisatie van een maximaal financieel bedrijfsresultaat en een minimale (zo nauw mogelijke) teeltfrequentie van de gewassen. Dat betekent dat een bouwplan maximaal wordt ingevuld met hoogsalderende gewassen, aangevuld met de gewassen die vooral uit oogpunt van bodemgezondheid en nutriëntenvoorziening worden gekozen. Hoogsalderende gewassen zijn aardappel, bloembollen en sommige groentegewassen. De 'opvulgewassen' zijn meestal graan en graszaad. Daarnaast heeft suikerbiet als een betrouwbaar en rendabel gewas vaak een vast aandeel in het bouwplan.

Het hanteren van een ruimere vruchtwisseling op het eigen bedrijf is economisch vaak niet haalbaar, omdat ondernemers rendabeler kunnen produceren als ze zich specialiseren in één of enkele hoogsalderende gewassen (Van Dam et al., 2006; Schroën, 1993). Voor het telen van andere gewassen moeten vaak extra investeringen worden gedaan in machines of gebouwen. Hierdoor nemen de vaste kosten van het bedrijf toe. De aanwezige voorzieningen op het bedrijf (machines, bewaarmogelijkheden, sorteer- en wasinstallaties enz.) moeten zo optimaal mogelijk worden benut. Dit betekent dat een gewas voldoende omvang op het bedrijf moet hebben. Als door bouwplanverruiming het aandeel hoogsalderende gewassen afneemt, daalt het gemiddelde bouwplansaldo en het financiële bedrijfsresultaat. De prijs- en inkomensontwikkeling in de akkerbouw dwingt de meeste boeren tot intensieve bouwplannen om te kunnen overleven. Op korte termijn geven intensieve bouwplannen het beste bedrijfseconomisch resultaat, zolang er geen knelpunten optreden m.b.t. arbeid en de capaciteit van machines en werktuigen. Op langere termijn kunnen de nadelige effecten van nauwe bouwplannen,

door afnemende opbrengsten en steeds hogere gewasbeschermingskosten, een zodanige omvang bereiken dat lagere teeltfrequenties bedrijfseconomisch wel rendabel zijn (Cuperus, 1989). Het gangbare bouwplan in de Veenkoloniën met 50% aardappelen, 25% bieten en 25% granen levert een hoger gemiddeld saldo per ha op dan een ruimer bouwplan met minder aardappelen en meer bieten en/of granen (Wijnholds en Smid, 1995).

Bouwplanregels

De minimale teeltfrequentie van één keer in de 3 jaar (1:3) voor poot- en consumptieaardappelen is via een verordening van het Productschap vastgelegd, evenals de één op twee (1:2) voor zetmeelaardappelen. Voor de overige gewassen zijn geen verplichte verordeningen, maar er worden vanuit de optiek van gewas- en bodemgezondheid minimale teeltfrequenties aangehouden. Omdat veel bodempathogenen schade doen in bepaalde gewasfamilies, gelden minimale frequenties vaak voor gehele gewasfamilies. Voor suikerbiet, cichorei, witlof en koolzaad geldt een minimale frequentie van 1:4. Verder kan sprake zijn van een gewenste dan wel ongewenste volgorde van gewassen in het bouwplan, vanwege zaai- en oogsttijdstippen, bodemstructuur, onkruiden, nutriëntenbehoefte of gevoeligheid voor bepaalde ziekten en plagen. Een aantal voorbeelden.

- Wintergranen en graszaad worden voor de winter gezaaid, waardoor ze niet goed passen na gewassen die laat in het najaar worden geoogst.
- Tulpen worden bij voorkeur na graszaad, grasland of graan gezaaid vanwege de fijne bodemstructuur die door het wortelpatroon van granen en gras wordt achtergelaten.
- Aardappelen na gras geeft vaak problemen met insecten (emelten, ritnaalden) en schurft.
- Onkruid kan zich goed ontwikkelen in open gewassen, zoals uien. Het is daarom verstandig om uien te telen na één of meer gewassen waarin het onkruid effectief werd onderdrukt, zoals granen en aardappelen.
- Een meerjarige graszode laat veel organisch materiaal na, waaruit door mineralisatie nutriënten (stikstof) vrijkomen gedurende het volgende jaar, vooral in de nazomer wanneer de bodem is opgewarmd. Sommige gewassen, zoals suikerbieten, rijpen onder deze omstandigheden niet goed af. In de wetgeving is vastgelegd dat op gescheurd grasland alleen stikstofbehoefteige gewassen mogen worden geteeld.

Een goede vruchtwisseling is om deze redenen niet eenvoudig te veranderen en wordt ook voor meerdere jaren gekozen. Het areaal van de verschillende gewassen in het bouwplan ligt daarom vaak vast voor meer jaren, tenzij gewassen vruchtwisselings technisch uitwisselbaar zijn. Verruiming van de vruchtwisseling is voor de meeste akkerbouwbedrijven daarom een tamelijk ingrijpende maatregel, wat versterkt wordt door het feit dat het areaal van sommige gewassen via contracten of quotering is vastgelegd. Bij suikerbieten en zetmeelaardappelen wordt gewerkt met quota; bij uien, poot- en consumptieaardappelen, wortelen en bloembollen worden vaak één- of meerjarige contracten afgesloten.

Wanneer structureel land wordt verhuurd, is er vaak sprake van een meerjarige overeenkomst die bepaalt dat bijvoorbeeld bloembollen of pootaardappelen onderdeel uitmaken van de vruchtwisseling van het bedrijf. Aanpassingen in de vruchtwisseling kunnen er dan toe leiden dat ingebroken moet worden in dergelijke overeenkomsten.

Regionale bouwplannen

Er bestaan zeer veel verschillende bouwplannen op Nederlandse akkerbouwbedrijven, maar vaak treedt toch een bepaalde standaardisatie op wanneer een bouwplan vanuit verschillende perspectieven optimaal blijkt te zijn. Deze 'standaard' bouwplannen zijn vaak regiospecifiek, vanwege de relatie met de grondsoort of de nabijheid van de afnemers van specifieke producten, zoals de aardappelzetmeelverwerking in Noordoost Nederland of de teelt van groenten voor de verwerkende industrie in Oost Brabant. Hieronder worden een paar voorbeelden gegeven.

Tabel 9 Overzicht enkele regionale 'standaard' bouwplannen

| Noordoost NL | Flevoland | Oost Brabant |
|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| 50% fabrieksaardappel | 25% pootaardappel | 25% cons. aardappel |
| 25% zomergerst | 12,5% wintertarwe | 25% wintergerst |
| 25% suikerbiet | 12,5% graszaad | 25% suikerbiet |
| | 12,5% suikerbiet | 12,5% wortelen |
| | 12,5% witlofwortel | 12,5% doperwt/slaboon |
| | 12,5% zaaiui | |
| | 12,5% wortelen | |

De bouwplannen van Noordoost Nederland en Flevoland hebben beide 75% rooivruchten; het bouwplan van Oost-Brabant heeft 62,5% rooivruchten. Het bouwplan van Flevoland komt in grote lijnen ook veel in Zuidwest Nederland voor.

Groentegewassen in de akkerbouwrotatie

Extensieve groenteteelten worden vaak in akkerbouwrotaties opgenomen. Intensieve groenteteelten vinden vooral plaats op gespecialiseerde vollegrondsgroentebedrijven. De opname van groenten in een akkerbouwrotatie kan bijdragen aan een verruiming van de vruchtwisseling, maar het kan ook het optreden van bodemgebonden ziekten en plagen bevorderen. Dit is het geval als ze samen met andere gewassen in het bouwplan waardplant zijn voor dezelfde ziekte- of plaagverwekkers. Waardplanten voor dezelfde ziekte- of plaagverwekker moeten in de rotatie als één gewas worden beschouwd.

De opname van groentegewassen in een akkerbouwrotatie kan ook leiden tot een hoger aandeel rooivruchten in het bouwplan en daarmee tot een intensiever grondgebruik (Huiskamp, 1989a). Het betreft o.a. de opname van uien, peen en witlof. Dit geeft meer kans op verslechtering van de bodemstructuur, omdat deze gewassen in het najaar met zware machines worden geoogst, ook onder minder gunstige (natte) omstandigheden. Verder laten ze weinig organische stof na.

Intensieve vollegrondsgroentebedrijven hebben zich vaak gespecialiseerd in één of enkele gewassen. Dit leidt nogal eens tot een nauwe rotatie van hetzelfde gewas, eenzelfde groep van gewassen of zelfs tot continueelt van een gewas, bijvoorbeeld bloemkool, sla, andijvie (Huiskamp, 1989a). Door landruil of landhuur kan de rotatie worden verruimd. Sommige gewassen worden echter heel geconcentreerd in een bepaald gebied geteeld. In deze geconcentreerde teeltgebieden is verruiming van de vruchtwisseling door landruil of landhuur slechts zeer beperkt mogelijk, omdat collega's ook dezelfde gewassen telen (Schroën, 1993). De korte groeiduur van een aantal groentegewassen heeft wel als voordeel dat deze aan veel bodempathogenen (deels) kunnen ontsnappen. Ook het planten in plaats van zaaïen maakt de gewassen minder gevoelig voor ziekten en plagen vanwege de kortere groeiduur. Hierdoor zijn continueelten van o.a. aardbei, sla, andijvie, bloemkool, broccoli, prei en sluitkool in een aantal gevallen mogelijk. In andere situaties kan continueelt wel een toename van ziekteproblemen geven. De gevolgen van de intensieve teelt kunnen perceelsgewijs sterk verschillen (Huiskamp, 1989a).

7.1.1 Vruchtwisselingseffecten op opbrengst en kwaliteit

Er is veel onderzoek gedaan naar de vruchtwisselingseffecten op opbrengst en kwaliteit bij diverse akkerbouwgewassen. Een nauwere teeltfrequentie geeft in het algemeen bij rooivruchten een lagere opbrengst. Granen, graszaad of grasland (kunstweide) als tussenvrucht of voorvrucht verhoogt vaak de opbrengst bij rooivruchten. Naast een positieve of negatieve invloed die de voorvrucht op het organische stofgehalte, de structuur en waterhuishouding kan hebben, kunnen voorvruchten ook meer of minder bijdragen aan de beschikbaarheid van mineralen. Een meeropbrengst kan ook het gevolg zijn van een hogere stikstofleverantie door de voorgaande teelt.

Van de belangrijkste gewassen worden hierna een aantal onderzoeksresultaten weergegeven.

Effecten op de opbrengst bij aardappel en suikerbiet

In een proef op lichte kleigrond in Dronten was de knolopbrengst van consumptieaardappelen in een 1:4-rotatie 3% hoger en in een 1:6-rotatie 14% hoger dan in een 1:3-rotatie (Hoekstra en Lamers, 1993). De teeltfrequentie van suikerbieten had slechts een gering effect op de suikeropbrengst: deze was in een 1:4-rotatie 2% lager dan in een 1:6-rotatie en tussen een 1:4- en 1:3-rotatie was er geen verschil. Het aandeel rooivruchten in de rotatie op zich had geen effect op de aardappel- en bietenopbrengst, maar wel de teeltfrequentie en de voorvrucht- en bouwplaneffecten van de diverse gewassen in de rotatie. Bij aardappel verlaagde suikerbiet als voorvrucht de knolopbrengst met 9%, erwten + grasgroenbemester als voorvrucht verlaagde de opbrengst met 5%, luzerne met 2% en zomergerst met 1%.

De teelt van aardappel na een driejarige kunstweide (tijdelijk grasland) gaf een 3% hogere knolopbrengst. Bij suikerbiet gaf aardappel als voorvrucht een 4% lagere suikeropbrengst en meer vertakte bieten. Wintertarwe gaf als voorvrucht van suikerbiet een 2% hogere suikeropbrengst. Aardappel of koolzaad als voorvrucht van zomergerst gaven beide 4% opbrengstderiving. Zomergerst als voorvrucht gaf 3% opbrengstderiving bij erwten en eveneens 3% opbrengstderiving bij graszaad. Aardappel als voorvrucht gaf 10% opbrengstderiving bij graszaad. De opbrengst van wintertarwe werd niet duidelijk door de voorvrucht beïnvloed.

In een andere proef op zavelgrond in Lelystad gaf een 1:2-teelt aardappel 3% opbrengstderiving ten opzichte van een 1:3-teelt en een continueelt gaf 19% opbrengstderiving. Behalve de knolopbrengst nam ook de kwaliteit af en was de sortering fijner (Lamers en Hoekstra, 1989; Lamers, 1986). De tweejarige rotatie bestond uit aardappel en suikerbiet. In de driejarige rotatie was ook wintertarwe opgenomen. Bij suikerbiet was de suikeropbrengst in de tweejarige rotatie 4% lager dan in de driejarige rotatie. Bij continueelt van suikerbieten was de suikeropbrengst 19% lager dan in de driejarige rotatie. De tweejarige rotatie gaf het hoogste bouwplansaldo per ha (Preuter, 1984). Zonder toevoeging van organische stof (via champost) was het saldo hoger dan met toevoeging. Wanneer ook de overige, niet-toegerekende bedrijfskosten werden meegeteld (vaste kosten van

machines, arbeid e.d.), gaf de driejarige rotatie bij bedrijfsoppervlakten ≥ 42 ha het hoogste ondernemersoverschot.

In een proef op zavelgrond in Creil is een bouwplan met 100% rooivruchten vergeleken met 66% rooivruchten aangevuld met kunstweide (Rops, 1987). Het betrof in beide situaties een 1:3-rotatie met pootaardappelen en eerstejaars plantuien. Het derde gewas in het bouwplan met 100% rooivruchten betrof waspeen en later suikerbieten en in het bouwplan met 66% rooivruchten was dit kunstweide. In het intensieve bouwplan kon een even hoge aardappelopbrengst worden behaald als in het extensievere bouwplan, indien 15 à 20 kg extra N/ha werd gegeven. Bij de plantuien was er geen duidelijk opbrengstverschil. De structuur en waterhuishouding van de bodem gingen in het intensieve bouwplan merkbaar achteruit.

In een proef op lichte zavelgrond in Kloosterburen werd een vierjarige rotatie van pootaardappel, wintertarwe, suikerbiet en wintertarwe + groenbemester, met en zonder grondontsmetting vergeleken met een driejarige rotatie van pootaardappel, suikerbiet en wintertarwe + groenbemester, met en zonder grondontsmetting en met een tweejarige rotatie van pootaardappel en suikerbiet met grondontsmetting (Flood et al., 1992). Intensivering van de pootaardappelteelt van 1:4 naar 1:3 of 1:2 gaf geen verlaging van de totaalopbrengst, maar wel een 6% lagere netto-opbrengst (knolsortering 28-45 mm), doordat de aardappelen bij 1:2 en 1:3 meer waren doorgegroeid in hogere sorteerklassen (>45 mm). De netto afleverbare opbrengst (is netto opbrengst minus gesorteerde, door lakschurft (*Rhizoctonia*) aangetaste knollen), was in de intensievere rotaties 12-22% lager t.o.v. de 1:4-rotatie door een hogere schurftaantasting. De suikeropbrengst was zowel in de twee- als in de driejarige rotatie ongeveer 4% hoger dan in de vierjarige, waarschijnlijk doordat in de nauwere bouwplannen pootaardappelen in plaats van tarwe aan de bieten vooraf gingen. De grondontsmetting had overwegend geen effect op opbrengst, sortering of kwaliteit van de gewassen. Er deden zich op het proefveld geen aaltjesproblemen voor. Bij de tweejarige rotatie daalde het organische stofgehalte van de bodem, terwijl dit bij de drie- en vierjarige rotatie nagenoeg gelijk bleef.

Een tweejarige rotatie van suikerbieten op zandgrond in Vredepeel gaf echter zoveel ziekteproblemen dat een rendabele bietenteelt onmogelijk was geworden (Geelen, 1995). De problemen konden worden opgelost door verruiming van de rotatie naar 1:4 (Geelen et al., 1995). Handhaving van de tweejarige rotatie gaf 30% opbrengstreductie t.o.v. de vierjarige rotatie.

De teelt van graszaad voor een rooivrucht kan een opbrengstverhoging geven van 3-5% (Borm en Wander, 1995). Vooral aardappelen reageren gunstig. Bij suikerbieten heeft het bijna altijd een positief effect op de wortelopbrengst. Het suikergehalte kan echter wat lager zijn, indien de vertering van de ondergeploegde graszaadstoppel te laat op gang is gekomen en de bieten vroeg worden gerooid.

Effecten van vruchtwisseling in samenhang met grondontsmetting

Op zware zavel te Westmaas werden een tweejarige rotatie met consumptieaardappel en suikerbiet vergeleken met een driejarige rotatie met aardappel, suikerbiet en wintertarwe en met een vierjarige rotatie met aardappel, tarwe, suikerbiet en tarwe (Preuter, 1988). In de wintertarwe voorafgaand aan de aardappel werd een grasgroenbemester onder dekvrucht ingezaaid. In de drie- en vierjarige rotatie is ook gekeken naar het effect van grondontsmetting. In de tweejarige rotatie werd standaard ontsmetting toegepast.

Met grondontsmetting was de aardappelopbrengst in de tweejarige rotatie 7% lager en de suikeropbrengst van de bieten 5% lager dan in de drie- en vierjarige rotatie. Tussen de drie- en vierjarige rotatie was er geen opbrengstverschil bij beide gewassen. Zonder grondontsmetting was de aardappelopbrengst in de driejarige rotatie 5% lager en de suikeropbrengst 4% lager dan in de vierjarige rotatie.

In een proef op dalgrond te Emmercompasuum zijn een gangbare 1:2-rotatie van zetmeelaardappel, afgewisseld met suikerbiet en/of zomertarwe, ondermeer vergeleken met een 1:3-rotatie van aardappel, suikerbiet en zomertarwe en een 1:4-rotatie van aardappel, suikerbiet, zomertarwe en haver (Wijnholds en Van den Berg, 1995; Wijnholds en Smid, 1995). Ter bestrijding van aardappelcysteeltjes werden resistente rassen verbouwd en grondontsmetting toegepast. Het uitbetalinggewicht van de zetmeelaardappelen was in de gangbare 1:2-rotatie niet significant lager dan dat van de ruimere rotaties. In een 1:2-rotatie aardappel met suikerbiet was de suikeropbrengst 6% lager dan in bouwplannen met een 1:3-bietenrotatie en 8% lager dan in een 1:4-rotatie. De 1:4-rotatie met aardappel – tarwe – biet – haver gaf een 5% hogere suikeropbrengst dan rotaties met 50% aardappel en 25% suikerbiet. De verschillende rotaties resulteerden niet in verschillen in de bodemstructuur. De gangbare, intensieve rotatie gaf een hoger bouwplansaldo dan de ruimere rotaties.

Uit voortgezet onderzoek op zandgrond te Rolde en dalgrond te Valthermond bleek dat de intensieve rotatie nog steeds lonend is (De Waal et al., 2006). Hoewel de mogelijkheden om grondontsmetting in te zetten zijn verminderd, blijken aardappelcysteeltjes door het gebruik van hoogresistente aardappelrassen goed te beheersen. Verruiming van de rotatie door opname van meer granen of ander gewassen leidde wel tot een

toename van andere schadelijke aaltjes in de bodem die de opbrengst en kwaliteit van de gewassen (met name aardappelen en bieten) negatief beïnvloeden.

Effecten op de opbrengst bij graan

Bij 50% of minder graan (tarwe + gerst) in het bouwplan lijkt een ruimere rotatie de opbrengst minimaal te beïnvloeden. Bij meer dan tweederde graan in het bouwplan tot aan continueelt, kan de opbrengst enigszins dalen, afhankelijk van het optreden van pathogenen (Lamers en Hoekstra, 1989).

In de proef op lichte zavelgrond te Kloosterburen (Flood et al., 1992) was bij de 1:2-rotatie van wintertarwe, geteeld na suikerbiet, de opbrengst 2% lager dan bij de 1:3-rotatie. Na voorvrucht pootaardappelen was bij de 1:2-rotatie van tarwe de opbrengst nog eens 1,5% lager dan na suikerbiet, ofwel 3,5% lager dan in de 1:3-rotatie na suikerbiet. Het duizendkorrelgewicht was bij de teelt na bieten 2% hoger dan bij de teelt na aardappelen. Waarschijnlijk was dit hogere korrelgewicht een gevolg van de extra N-mineralisatie uit het ondergewerkte bietenloof.

In de voornoemde proef op zware zavel te Westmaas (Preuter, 1988) was de opbrengst van wintertarwe bij de 1:2-teelt 1% lager dan bij de 1:3-teelt. Verder was de tarweopbrengst in de 1:2-rotatie bij teelt na suikerbieten 2% lager dan na aardappelen, mogelijk als gevolg van de ondergezaaide groenbemester in de tarwe na bieten.

In de voornoemde proef op dalgrond te Emmercompasuum (Wijnholds en Van den Berg, 1995; Wijnholds en Smid, 1995) bleef de opbrengst van zomertarwe in een 1:2-rotatie met aardappel 4% achter bij een 1:3- en 1:4-rotatie van zomertarwe. Tussen de 1:3- of 1:4-rotatie was geen duidelijk opbrengstverschil. Wel gaf tarwe in de 1:3-rotatie geteeld na aardappel een 3% lagere opbrengst dan geteeld na bieten.

Effecten op de opbrengst bij overige gewassen

In onderzoek op lichte zavelgrond te Creil bleef de opbrengst van peen bij een continueelt en een tweejarige rotatie respectievelijk 23% en 16% achter bij vijfjarige of ruimere rotaties op naburige en vergelijkbare praktijkpercelen (Huiskamp, 1989b). Ook was de kwaliteit bij de continueelt en de tweejarige rotatie slechter. Vooral cavity spot (schimmelziekte) trad veelvuldig op. Bij de tweejarige rotatie werden zes varianten onderscheiden: afwisseling met respectievelijk suikerbiet, aardappel, zaaiui, gras (kunstweide), witlof of spruitkool. De andere gewassen in de rotatie op de praktijkpercelen zijn niet vermeld.

In de tweejarige rotatie waren zaaiui en witlofwortel de beste voorvruchten: de peenopbrengst was gemiddeld 8% hoger dan na suikerbiet, aardappel of spruitkool en de cavity spot-aantasting was lager. Gras als voorvrucht leidde weliswaar ook tot een 8% hogere opbrengst, maar ook tot kortere, dikkere wortelen met meer cavity spot-aantasting. Spruitkool was een slechte voorvrucht: de peenopbrengst was 9% lager dan die na witlof en uien.

In een proef op zavelgrond te Lelystad leidde de continueelt van een zestal gewassen ten opzichte van teelt in een zesjarige rotatie tot een opbrengstderving van 38% bij landbouwerwten, 24% bij veldbonen, 14% bij bruine bonen, 47% bij vlas (zaad + stro), 13% bij snijmais en 10% bij zaaiui (Huiskamp en Lamers, 1992).

De drie peulvruchtgewassen in deze proef zijn waardplant voor een aantal dezelfde bodempathogenen, waardoor ze in de rotatie het beste als één gewas kunnen worden beschouwd. De teelt van een peulvrucht na een andere peulvrucht leidde weliswaar tot een minder grote opbrengstderving dan in de continueelt, maar altijd nog tot opbrengstreducties van 5% tot 11%. De continueelt van met name vlas, zaaiui en erwt leidde tot een toename van de onkruiddruk en problemen om de onkruiden afdoende te kunnen bestrijden.

In onderzoek op zavelgrond naar inpassing van vollegrondsgroenten in een akkerbouwrotatie had de keuze van de vruchtopvolging over het algemeen kleine effecten op de opbrengst (Huiskamp, 1990). Slechts in enkele gevallen werden opbrengstverschillen van rond de 5% gemeten. De verschillen in productkwaliteit waren nihil. De opbrengst van tuinbonen was gemiddeld 7% hoger en die van knolselderij ongeveer 5% hoger indien deze gewassen na zomertarwe werden geteeld in plaats van na aardappel of suikerbiet. De opbrengst van doperwt was circa 5% hoger na zomertarwe en aardappel dan na suikerbiet. De opbrengst van zaaiui, stamslaboon, spruitkool en witlofwortel was na aardappel, suikerbiet of zomertarwe vrijwel gelijk. Doperwt, stamslaboon en zaaiui leken de beste voorvruchten te zijn voor de drie voornoemde akkerbouwgewassen. De aardappelopbrengst was na doperwt gemiddeld 2,5% hoger dan na de andere voornoemde groentegewassen. Suikerbiet gaf na doperwt, stamslaboon en zaaiui gemiddeld 4% hogere winbare suikeropbrengst dan na witlofwortel, knolselderij en spruitkool. Zomertarwe gaf na witlof en knolselderij gemiddeld 3% lagere opbrengst na de overige genoemde groentegewassen. Gewasafhankelijke beïnvloeding van de bodemstructuur verklaart een deel van de gemeten verschillen. In de meeste proefjaren was de grond na de teelt van witlofwortel meer grof-kluiterig dan na de andere groenten.

In een proef op kleiig zand was wintertarwe een betere voorvrucht voor tulpen dan suikerbieten, resulterend in gemiddeld 15% meer opbrengst (Rops et al., 1996). Het opbrengstverschil was vooral het gevolg van de hoge vochtigheid van de grond in de winter. Na wintertarwe was de grond droger dan na suikerbieten.

7.1.2 Vruchtwisselingseffecten op bodemkwaliteit

Verruiming van vruchtwisseling leidt niet in alle gevallen tot een betere bodemkwaliteit, met name niet wanneer er nauwelijks of geen sprake is van extensivering van het bouwplan. Effecten van een aangepaste of andere vruchtwisseling zijn sterk afhankelijk van de gekozen gewassen.

In onderstaande paragrafen wordt dieper ingegaan op de gevolgen en de mogelijkheden van de vruchtwisseling op de bodemkwaliteit, waarbij de bodemkwaliteit is beoordeeld aan de hand van de aspecten *organische stof*, *bodemstructuur*, *erosie* en *bodemgezondheid*. Voor de beoordeling van deze aspecten is ook gekeken naar de drie eerder genoemde veel voorkomende regionale bouwplannen van Noordoost Nederland, Flevoland en Zuidoost Brabant. Voor deze drie bouwplannen zijn ook alternatieve bouwplannen ingevuld en beoordeeld. In deze ruimere bouwplannen zijn aanvullende gewassen opgenomen die in deze regio's ook veel voorkomen.

Organische stof

De meeste rooivruchten, zoals aardappel, laten weinig organische stof na. De natuurlijke afbraak van organische stof wordt hierdoor onvoldoende gecompenseerd, zodat het organische stofgehalte van de bodem daalt. Veel akkerbouwbedrijven hebben daarom een laag organische stofgehalte. Dit heeft ook nadelige effecten op de structuur en bewerkbaarheid van de bodem, onder andere vanwege de relatie van organische stof met de waterhuishouding. Vandaar dat dergelijke bedrijven maatregelen nemen om organische stof aan te voeren, bijvoorbeeld door het graanstro op het land achter te laten en door organische mest (compost, dierlijke mest) aan te wenden.

De aanwending van dierlijke mest past echter teelt- en bemestingstechnisch gezien niet goed bij de teelt van een aantal intensieve gewassen. Het ontmoedigen en verbieden van het aanwenden van drijfmest in het (late) najaar op kleigrond maakt dat alleen voorjaarstoepassing van drijfmest nog in beeld is. Dit kan meer schade aan de bodemstructuur veroorzaken. Ook heeft het gevolgen voor het moment waarop stikstof beschikbaar komt voor het gewas. De toenemende mineralisatie van organische mest gedurende het groeiseizoen, als gevolg van een oplopende bodemtemperatuur, is soms ongewenst, omdat diverse gewassen moeten afrijpen in het najaar (aardappel, suikerbiet). Een derde nadeel van organische mest is dat de minerale samenstelling vooraf vaststaat en niet altijd aansluit bij de specifieke behoefte van een gewas. Kortom, een intensief bouwplan met veel rooivruchten is niet de meest geschikte situatie om organische meststoffen aan te wenden.

Wanneer een bouwplan wordt geëxtensiveerd met een lager percentage rooivruchten, wordt er via de gewassen meer organisch materiaal aangevoerd. Voor de drie eerder genoemde bouwplannen van de regio's Noordoost Nederland, Flevoland en Zuidoost Brabant, is beoordeeld in hoeverre de natuurlijke afbraak van organische stof wordt gecompenseerd via de aanvoer van de gewassen. Dit is ook berekend voor de alternatieve, ruimere bouwplannen. Voor de aanvoer van effectieve organische stof wordt in deze voorbeelden uitgegaan van forfaitaire waarden per gewas.

Bouwplan regio Noordoost Nederland (Veenkoloniën)

In het huidige bouwplan wordt gemiddeld circa 1035 kg effectieve organische stof (eos) aangevoerd via de gewasresten (inclusief bietenblad en exclusief gerstestro). In het ruimere bouwplan met snijmais + roggegroenbemester als aanvullend gewas blijft deze aanvoer vrijwel gelijk. De gewassen suikerbiet en gerst leveren de meeste eos. Hun gezamenlijk aandeel in het bouwplan blijft gelijk (50%). De eos-aanvoer van het nieuw opgenomen gewas snijmais is laag. De roggegroenbemester na snijmais kan pas laat worden gezaaid. Het gewas vormt dan nog maar weinig massa meer en laat dus ook weinig eos na. Zie tabel 10.

Tabel 10 Aanvoer van effectieve organische stof via gewasresten (kg/ha), bouwplan Noordoost Nederland.

| Gewas | Huidig bouwplan | | Ruimer bouwplan | |
|-------------------------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|
| | aandeel | kg eos/ha | aandeel | kg eos/ha |
| Aardappel | 50% | 775 | 33% | 775 |
| Suikerbiet, incl. blad | 25% | 1.275 | 25% | 1.275 |
| Zomergerst, excl. stro | 25% | 1.310 | 25% | 1.310 |
| Snijmais + roggegroenbemester | | | 17% | 840 |
| Gemiddeld per ha | | 1.034 | | 1.045 |

Bouwplan Flevoland (regio centrale zeelei)

In het huidige bouwplan wordt gemiddeld circa 1.125 kg effectieve organische stof (eos) aangevoerd via de gewasresten (inclusief bietenblad en exclusief tarwestro). In het ruimere bouwplan neemt die aanvoer iets af. Het nieuw opgenomen gewas tulp, dat in de plaats komt van een deel van het pootaardappelareaal, laat weinig of nog minder eos na dan pootaardappel. Zie tabel 11.

Tabel 11 Aanvoer van effectieve organische stof via gewasresten (kg/ha), bouwplan Flevoland.

| Gewas | Huidig bouwplan | | Ruimer bouwplan | |
|-------------------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|
| | aandeel | kg eos/ha | aandeel | kg eos/ha |
| Pootaardappel | 33% | 950 | 25% | 950 |
| Suikerbiet, incl. blad | 17% | 1.275 | 17% | 1.275 |
| Wintertarwe, excl. stro | 33% | 1.640 | 33% | 1.640 |
| Zaaiui | 17% | 300 | 17% | 300 |
| Tulp | | | 8% | 515 |
| Gemiddeld per ha | | 1.126 | | 1.090 |

Bouwplan Oost Brabant (regio Zuidoostelijk zand)

In het huidige bouwplan wordt gemiddeld 1.145 kg effectieve organische stof aangevoerd via de gewasresten (inclusief bietenblad en exclusief gerstestro). In het ruimere bouwplan blijft die aanvoer bijna gelijk. De extra opgenomen gewassen maïs en lelie, in plaats van een deel van het aardappelareaal, laten gemiddelde iets minder eos na dan aardappel. Met name lelie laat weinig eos na. De roggegroenbemester na maïs kan pas laat worden gezaaid, vormt dan nog maar weinig massa en laat derhalve ook weinig eos na. Zie tabel 12.

Tabel 12 Aanvoer van effectieve organische stof via gewasresten (kg/ha), bouwplan Oost Brabant.

| Gewas | Huidig bouwplan | | Ruimer bouwplan | |
|-------------------------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|
| | aandeel | kg eos/ha | aandeel | kg eos/ha |
| Aardappel | 25% | 775 | 17% | 775 |
| Suikerbiet, incl. blad | 25% | 1.275 | 25% | 1.275 |
| Zomergerst, excl. stro | 25% | 1.310 | 25% | 1.310 |
| Waspeen | 12,5% | 700 | 12,5% | 700 |
| Doperwt + stamslaboon | 12,5% | 1.750 | 12,5% | 1.750 |
| Snijmaïs + roggegroenbemester | | | 4% | 840 |
| Lelie | | | 4% | 465 |
| Gemiddeld per ha | | 1.146 | | 1.136 |

Bodemstructuur

Structuurschade of bodemverdichting is te onderscheiden in verdichting van de bouwvoor en verdichting van de ondergrond. Verdichting van de bouwvoor is gemakkelijk op te heffen, bijvoorbeeld via ploegen, woelen of spitten. Op zwaardere kleigronden kan door droogte en vorst de bovengrond ook scheuren, waardoor verdichte lagen worden gebroken. Structuurschade in de diepere lagen is veel moeilijker te herstellen via grondbewerkingen. Deze schade uit zich vaak in een slechte ontwatering en geringe doorwortelbaarheid. Gewassen lijden hierdoor tijdens natte periodes ernstiger onder zuurstofgebrek en tijdens droge periodes sterker aan vochttekort. Het effect van de vruchtwisseling op de bodemstructuur is tweeledig, namelijk via bodemverdichting of structuurschade door bewerkingen en via het organische stofgehalte van de bodem. Een intensieve vruchtwisseling met veel rooivuchten is nadelig voor de bodemstructuur vanwege veelal zware bewerkingen en een lage aanvoer van organische stof. Een laag organische stofgehalte maakt vooral kleigronden gevoeliger voor structuurschade. Een zeer hoog organische stofgehalte kan op veenachtige gronden echter weer een verhoogd risico op structuurschade met zich mee brengen vanwege een geringere draagkracht.

Bodemstructuur en bouwplan

Intensivering van het bouwplan naar een groot aandeel rooivuchten leidde in een proef op lichte kleigrond te Dronten tot een merkbare achteruitgang van de bodemstructuur in de bouwvoor, maar dit leidde slechts incidenteel tot een achteruitgang van de aardappelopbrengst en suikeropbrengst van bieten (Hoekstra en Lamers, 1993). De vele groenbemester die voorafgingen aan de rooivuchten kunnen hieraan hebben bijgedragen. Er werd ook geen duidelijk structureffect op de opbrengst van wintertarwe, zomergerst, erwten en vlas gevonden.

De teelt van koolzaad en wintertarwe hadden een gunstig effect op de structuur van de bouwvoor, de teelt van aardappelen, bieten en luzerne een ongunstig effect. Bij luzerne kwam dat vermoedelijk door het regelmatig oogsten, ook onder natte omstandigheden.

In een proef op kleiig zand te Creil hadden intensieve bouwplannen met 100% rooivruchten geen invloed op bodemfysische kenmerken als dichtheid, luchtfractie en luchtdoorlatendheid van de bouwvoor ten opzichte van een minder intensief bouwplan met 67% rooivruchten en 33% winterarwe (Rops et al., 1996). De bewortelingsdiepte was beperkt tot de bouwvoor, vanwege de hoge indringingsweerstand van de ondergrond.

Bodemverdichting door machines

Bij rooivruchten en snijmaïs gebeuren veel bewerkingen, zoals de meeste oogstwerkzaamheden, met zware mechanisatie en vinden deze in het najaar plaats. De hoge saldi van veel rooivruchten (pootaardappelen, uien, bloembollen) zijn reden voor de telers om belangrijke teelthandelingen (bespuitingen) ook onder bodemtechnisch gezien ongunstige omstandigheden uit te voeren. Dit levert vaak wel direct schade op aan het gewas, maar deze is vaak veel minder dan de schade van het verlies van het gehele gewas door ziekten of plagen.

In de oogstperiode zijn de financiële risico's zo groot, dat ook onder ongunstige, natte omstandigheden doorgewerkt wordt, vaak met zware machines. De schade hiervan wordt vaak pas duidelijk in het volgende gewas. Bij landhuur betekent dit dat de verhuurder soms te maken heeft met ernstige structuurschade uit het vorige jaar. 'Berucht' voorbeeld is de ernstige structuurschade die voorkomt op het land dat bollentelers huren van akkerbouwers. Ook onder natte omstandigheden wordt met grote machines toch het kostbare product binnengehaald. Ondanks de hoge huurprijs leidt dit er soms toe dat akkerbouwers geen land (meer) verhuren aan bollentelers.

Ook in het voorjaar kan structuurschade optreden, wanneer onder suboptimale omstandigheden wordt gewerkt. Grondbewerkingen, zaaien en planten kunnen leiden tot bodemverdichting, die in het groeiseizoen tot problemen kan leiden. Vooral in structuurgevoelige gewassen zijn soms de rijsporen van de voorjaarsbewerkingen zichtbaar, omdat de wortelontwikkeling van het gewas op die plaatsen hinder ondervindt.

Een andere risicofactor is het loonwerk. Loonwerkers werken vaak met grote, zware machines en bij de planning van werkzaamheden is het niet altijd mogelijk rekening te houden met de bodemomstandigheden en het weer. Afspraken worden meestal ruim van te voren gemaakt en het is vaak niet mogelijk deze op korte termijn te verzetten. Soms wordt de planning geregeld door de afnemer: bijvoorbeeld bij suikerbieten wordt de leveringsdatum door de suikerindustrie bepaald. In de praktijk betekent dit dat de loonwerker met zijn zware oogstmachines onder suboptimale omstandigheden aan de slag gaat, met soms forse structuurschade tot gevolg.

Door het uitrijden van drijfmest onder slechte omstandigheden, zijn bij de continueelt van maïs opbrengstdervingen gevonden in proeven van 4% bij geringe aslasten en 13% bij hoge aslasten van 10 ton (Schroder, 1986).

In het **bouwplan van Noordoost Nederland** zal de opname van een deel snijmaïs in plaats van aardappel geen wezenlijk effect hebben op de bodemstructuur. Beide gewassen worden in het najaar geoogst met zware mechanisatie. Bij oogsten onder natte omstandigheden kan bij beide gewassen structuurschade optreden. De groenbemester na de maïs zal door zijn geringe ontwikkeling en beworteling ook nauwelijks een positief effect op de bodemstructuur hebben.

In het **bouwplan Flevoland (regio centrale zeelei)** zal de verandering van het bouwplan geen effect hebben op de bodemstructuur. Zowel pootaardappel als tulp worden in de zomer gerooid, weliswaar met zware apparatuur, maar in de regel onder droge omstandigheden.

De opname van snijmaïs in het **bouwplan Oost Brabant** in plaats van een deel aardappel zal nauwelijks effect hebben op de bodemstructuur, zoals ook is aangegeven bij het Veenkoloniale bouwplan. De opname van liele kan wel nadelige gevolgen hebben voor de structuur, omdat lies laat in het najaar worden gerooid en de kans om te moeten rooien onder natte omstandigheden (met zware machines) groter is dan bij aardappelen.

Erosie

De gevoeligheid van gronden voor water- en winderosie hangt sterk samen met de gewassen die geteeld worden. Dit omdat de beworteling de grond in meer of mindere mate vasthoudt en de bovengrondse delen van de gewassen ook beschermen tegen wind of water.

Zandgronden met een hoog organische stofgehalte zijn vaak gevoelig voor winderosie, omdat bij droogte geen korst of kluiten worden gevormd. Klei- en veengronden vormen een korst of kluiten en zijn daarom veel minder gevoelig voor winderosie. Winderosie treedt vooral op bij onbedekte kale grond en in pas gezaaide gewassen, zoals suikerbiet, en kan forse schade aanrichten aan jonge gewassen. Door een oppervlakkige mechanische bewerking kan de bovenlaag snel opdrogen en daardoor extra gevoelig zijn voor verstuiwing. Naast het geven van gewasschade vormt het stof ook een belasting voor de omgeving. Om winderosie te beperken wordt vaak gebruik gemaakt van een stuifdek. Na de oogst in het najaar wordt meestal wintergraan of gras ingezaaid, zodat de grond in de kwetsbare periode van winter en voorjaar bedekt is. De bodembedekker wordt meestal enkele weken voor het zaaien (bij suikerbieten) of net voor opkomst (bij aardappelen) doodgespoten. De kiemplanten van het nieuwe gewas zijn tussen de gewasresten van de bodembedekker voldoende tegen winderosie beschermd.

Watererosie komt met name voor op hellende percelen en bij hevige neerslag. Wanneer de grond onvoldoende binding heeft en niet goed door wortels wordt vastgehouden, spoelt deze met het water mee de helling af. Vooral in Zuid-Limburg zijn voorbeelden bekend waarbij grote hoeveelheden modder omlaag spoelden. Dit levert niet alleen schade op aan het perceel zelf, omdat de bouwvoor deels verloren gaat en de gewassen schade oplopen, maar het water en de modder veroorzaken ook schade aan wegen en gebouwen en belemmering voor het verkeer. Ondernemers en overheden in Zuid-Limburg hechten dan ook veel belang aan het voorkomen van erosie. Aardappel, ui, suikerbiet en snijmaïs zijn gewassen die de grond nauwelijks beschermen tegen erosie, in tegenstelling tot granen of (blijvend) grasland. Uit bedrijfseconomisch perspectief (akkerbouw) zijn granen echter onaantrekkelijk, vergeleken met aardappel, ui en suikerbiet. Snijmaïs is een belangrijk onderdeel van het ruwvoerrantsoen op melkveebedrijven. Het is daarom niet eenvoudig deze gewassen te vervangen door granen of (meer) grasland. In de winterperiode kunnen wintergranen en winterharde groenbemesters het risico op erosie beperken. Door het losmaken van de grond neemt de erosiegevoeligheid echter toe. Ploegen, spitten en het aanleggen van ruggen vormen om die reden daarom risicofactoren. Er zijn goede ervaringen met een niet-kerende grondbewerking als hoofdgrondbewerking.

In de regionale bouwplannen is de uitwerking op erosie van de ruimere bouwplannen in vergelijking met de huidige bouwplannen niet beter. De teelt van snijmaïs met een groenbemester in plaats van aardappel in het **bouwplan Noordoost Nederland** kan wellicht iets gunstiger zijn als de oogst van de snijmaïs eerder valt als die van de zetmeelaardappelen. Hierdoor kan de groenbemester na maïs zich beter ontwikkelen en daardoor voor een betere vastlegging van de bodem in de winterperiode zorgen. In het **bouwplan Flevoland** worden de tulpen in het alternatieve bouwplan ook relatief vroeg gerooïd, evenals de pootaardappelen in het reguliere bouwplan. Na beide gewassen kan een goede groenbemester worden gezaaid die de grond voldoende kan beschermen tegen erosie. In het **bouwplan Oost Brabant** kan de teelt van lelie wel extra erosieproblemen geven omdat lelies laat in het najaar worden gerooïd en de kans op natte oogstomstandigheden (met zware machines) groter is dan bij aardappelen.

Bodemgezondheid

Een gezonde bodem is van essentieel belang voor een gezonde bedrijfsvoering. Landbouwers zijn zich dan ook goed bewust van een goede vruchtwisseling en juist bouwplan ter voorkoming van ziekten en plagen, omdat hiermee schade aan opbrengst en kwaliteit van producten wordt voorkomen. Verruiming van de vruchtwisseling is niet per definitie een oplossing voor bodemgezondheidsproblemen. Er zijn geen algemeen geldende regels voor de vruchtwisseling in relatie met bodemgezondheid te geven. De effecten ervan worden o.a. beïnvloed door het gewas, het ras, de grondsoort, het perceel (besmettingsniveau), de bedrijfsvoering (o.a. bedrijfshygiëne) en de invloeden van de omgeving (ziektedruk). De populatie van bodempathogenen neemt wel af door:

- de teelt van resistente rassen of niet-vatbare gewassen en groenbemesters,
- het hanteren van een ruimere vruchtwisseling (geldt niet voor polyfage aaltjes en schimmels),
- een uitgekende vruchttopvolging van waard- en niet-waardplanten (voor polyfage aaltjes en schimmels).

Bodempathogenen

Sommige schadelijke organismen hebben voorkeur voor één of enkele specifieke gewassen. Dat betekent dat dit organisme zich tijdens de teelt van dit gewas sterk vermenigvuldigt. Wanneer een gewas gevoelig is, kan forse schade worden aangericht. Soms is overigens alleen sprake van vermeerdering van het organisme zonder schade in het betreffende gewas. Het gewas is dan alleen waardplant voor dit organisme. Andere organismen tasten wel de plant aan, zodat er wel schade optreedt, maar halen er geen voedingsstoffen uit, waardoor vermeerdering uitblijft. Diverse organismen leven of overleven in de bodem, zodat ze in volgende gewassen weer schade kunnen aanrichten. Wanneer een vatbaar gewas na korte tijd weer wordt geteeld, zal het schadelijke organisme in ernstige mate kunnen toeslaan. Om deze reden wordt het principe van vruchtwisseling met andere gewassen toegepast. Het is dan vanzelfsprekend wel belangrijk dat de andere gewassen niet vatbaar zijn voor het schadelijke organisme of geen waardplant zijn. Omdat het organisme op zeker moment toch 'voedsel' nodig heeft, zal de populatie binnen enkele jaren zodanig afgenomen zijn, dat de teelt van een vatbaar gewas niet tot grote schade leidt. Deze overlevingsduur verschilt van organisme tot organisme, maar kan oplopen tot meer dan 10 jaar.

Polyfage ziekte- en plaagverwekkers (die meerdere gewassen als waardplant hebben) zijn maar in beperkte mate door vruchtwisseling te beheersen. Het toevoegen van andere gewassen aan de vruchtwisseling kan daarom tot gevolg hebben dat een bepaald organisme nog sterker vermeerdert en tot nog grotere schade leidt. Voor polyfage ziekten en plagen moet het totaal aandeel aan waardplanten in het bouwplan in acht worden genomen. Voorbeelden van polyfage bodemschimmels zijn *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotium* en *Verticillium dahliae*, die tientallen gewassen als waardplant hebben, waaronder aardappel en biet. Een aantal bodemschimmels kan bovendien lang in de grond overleven als er geen waardplanten worden geteeld. Vrijwel alle aaltjes zijn polyfaag. Uitzondering is het aardappelcysteeltje, dat alleen op aardappelen voorkomt. In het algemeen hebben de cysteeltjes een beperkt aantal waardplanten. De overige aaltjes hebben een ruime

waardplantenreeks, met name de vrijlevende wortelaaltjes. Cysteaaltjes zijn te beheersen door de teeltfrequentie van de waardplanten te verlagen. Andere aaltjes zijn niet te bestrijden door enkel een ruime vruchtwisseling te hanteren (Molendijk, 2003). Afhankelijk van de voorkomende aaltjes op het perceel, moet een meest optimale vruchtopvolging worden uitgekend, van zowel hoofdgewassen als groenbemesters. Daarbij dient een schadegevoelig gewas vooraf te worden gegaan door een gewas dat geen hoge aaltjesdichtheden achterlaat.

Vruchtwisseling alleen is niet voldoende om schimmelziekten te bestrijden, maar met een specifieke keuze van gewassen en groenbemesters en een uitgekende vruchtopvolging zijn ze in combinatie met andere maatregelen, met name bedrijfshygiëne, wel te beheersen (Dijst, 1989). Bedrijfshygiënische maatregelen zijn o.a. het verwijderen of zo snel mogelijk onderwerken van gewasresten en het gebruik van ziektevrij uitgangsmateriaal. Bij besmetting van de grond met sommige lang overlevende bodemschimmels is teelt van bepaalde gewassen voor langere tijd niet goed meer mogelijk. Zo kunnen op met knolvoet (*Plasmodiophora brassicae*) besmette percelen jarenlang geen koolgewassen meer worden geteeld. De opname van meer granen in het bouwplan doet de aaltjesproblemen niet altijd verminderen. Een aantal aaltjes heeft zowel granen als dicotyle gewassen als waardplant, o.a. het maïswortelknobbelaaltje, het wortellesieaaltje en ook vrij levende wortelaaltjes (Molendijk, 2000).

Verder is een goede onkruidbestrijding van essentieel belang (Mulder et al., 1991). Vrijwel alle aaltjes (uitgezonderd het aardappelcysteaaltje) kunnen onkruiden als waardplant gebruiken en zich zo in stand houden of vermeerderen. Zo zijn bijna alle dicotyle onkruiden waardplant van het noordelijk wortelknobbelaaltje. Veel monocotyle onkruiden zijn waardplant van het havercysteaaltje. Ganzevoetachtigen en veelknopigen (o.a. perzikkruid) zijn waardplant van het witte bietencysteaaltje.

Op zware gronden zijn de problemen met bodemziekten en –plagen minder omvangrijk dan op lichte gronden. Hoe zwaarder de grond is, des te minder aaltjessoorten voorkomen en een probleem vormen (Molendijk, 2000). Aardappel- en bietencysteaaltjes komen op alle grondsoorten voor. De overige bodemaaltjes vormen hoofdzakelijk een probleem op lichte gronden (zand- en dalgrond en lichte zavel). Ook bij een aantal bodemschimmels hangt het voorkomen of de mate van schade samen met de bodemeigenschappen. Zo is bij *Rhizoctonia solani* de kans op schade op zandgrond groter dan op kleigrond. *Sclerotinia sclerotium* komt het meest voor op humeuze zandgrond en op dalgrond. *Verticillium dahliae* komt vooral op lichte zandgrond en zavel voor. Knolvoet komt vooral voor op slecht ontwaterde, zure gronden (IKC-AT, 1994).

Bodempathogenen en organische stof

Het beïnvloeden van de ziektevering via het toedienen van weinig specifiek organisch materiaal zoals mest, groenbemesting of compost heeft relatief weinig effect op de bodempathogenen die het gevolg zijn van de nauwe bouwplannen. In sommige proeven lijkt onder specifieke omstandigheden een effect meetbaar van ziekteverende compost. Veel compostsoorten zijn echter niet ziekteverend of ziekteverend tegen slechts één pathogeen. In het algemeen kan een ziekteverende compost zijn ziektevering overdragen aan de grond (of substraat) indien de compost tot een hoeveelheid van 20% van het totaal wordt gemengd. In de akkerbouw en groenteteelt kan de bodem hoogstens tot een hoeveelheid van 1% worden aangelengd op grond van Besluit Overige Organische Meststoffen (BOOM). De ziektevering is dan nauwelijks aanwezig.

Onkruiden

In bouwplannen en vruchtwisselingen met een eenzijdige gewassenkeuze of intensieve rotatie kan ook de onkruidbeheersing een probleem worden. Doordat gewassen meestal een eigen specifieke teeltwijze bezitten, sommige gewassen worden bijvoorbeeld vroeg, andere weer laat gezaaid, geeft dit aan bepaalde onkruiden de kans zich in dergelijke gewassen sterk te vermeerderen. Gewasbeschermingsmiddelen zijn vaak gewas specifiek en werken niet tegen alle onkruiden. Bij een goede rotatie hoeft dit geen probleem te zijn omdat deze 'ontsnapte' onkruiden dan wel in een ander gewas bestreden kunnen worden. Bij nauwe bouwplannen zijn er minder keuzemogelijkheden. Daarnaast neemt ook de kans op resistentie van onkruiden tegen bepaalde gewasbeschermingsmiddelen toe indien een bepaald gewas vaak in een rotatie voorkomt en het zelfde gewasbeschermingsmiddel jaren achtereen tegen dit onkruid wordt gebruikt. Een ruime vruchtwisseling geeft dus meer kans om onkruiden mechanisch en chemisch beter te beheersen.

Effecten verruiming bouwplan op schade door aaltjes en schimmels

De samenstelling van een bouwplan en de daarmee samenhangende vruchtwisseling heeft invloed op de schade aan gewassen door bodemgebonden pathogenen. Voor de eerder genoemde bouwplannen van de drie regio's is dit voor de huidige en voor de alternatieve bouwplannen uitgewerkt. Zwaartepunt bij deze uitwerking ligt hierbij op de aaltjesproblematiek.

Bouwplan regio Noordoost Nederland (Veenkoloniën)

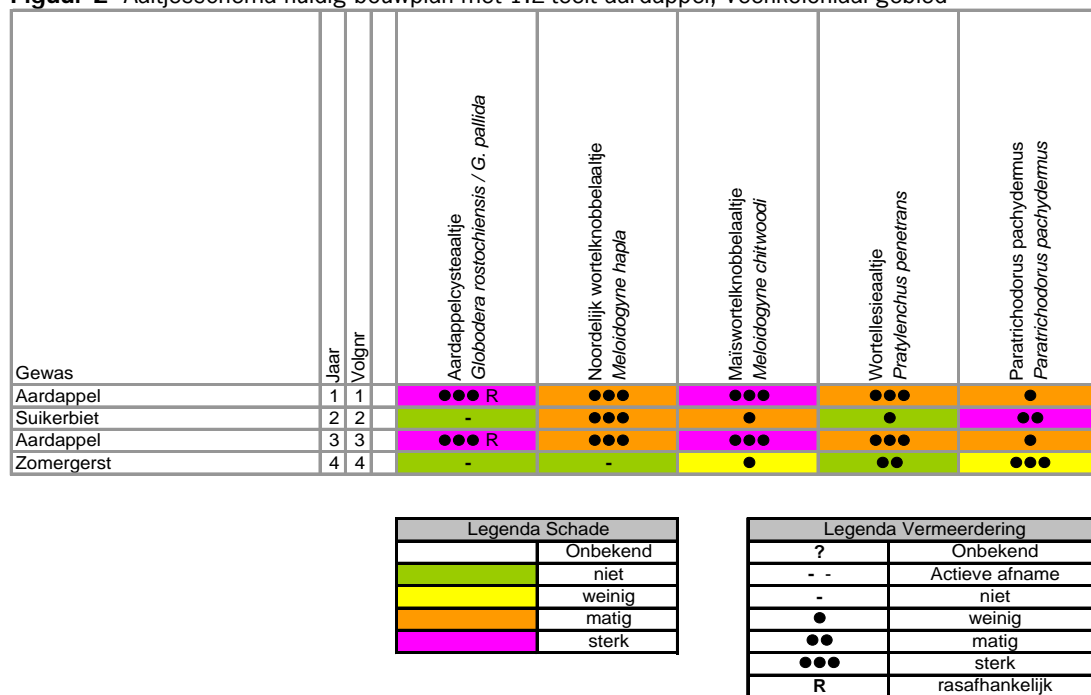
De belangrijkste aaltjessoorten voor het veenkoloniale gebied zijn het aardappelcysteaaltje (*Globodera pallida*), *Pratylenchus penetrans*, *Paratrichodorus pachydermus* en in mindere mate de wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne hapla* en *M. chitwoodi*). De meeste schade wordt nog steeds veroorzaakt door het aardappelcysteaaltje en in toenemende mate door *P. penetrans* en *P. pachydermus*. Ongeveer 30% van het areaal is besmet met *P. penetrans* en 80% met *P. pachydermus*. Bijna het gehele areaal is besmet met het aardappelcysteaaltje. Het areaal besmet met *M. chitwoodi* is nog beperkt, maar neemt wel toe (bron: TBM cijfers).

| Jaar | Huidig bouwplan | Alternatief bouwplan |
|--------|-----------------|--------------------------------|
| Jaar 1 | Aardappel | Aardappel |
| Jaar 2 | Suikerbiet | Suikerbiet |
| Jaar 3 | Aardappel | Zomergerst |
| Jaar 4 | Zomergerst | Aardappel |
| Jaar 5 | | Suikerbiet |
| Jaar 6 | | Mais + rogge als groenbemester |

Uitgangssituatie

Het bouwplan in de uitgangssituatie is gebaseerd op 1:2-teelt van fabrieksaardappel en 1:4-teelt van suikerbiet en zomergerst. In onderstaande figuur is voor aaltjes schematisch de mate van vermeerdering en de verwachte schade per gewas per organisme weergegeven.

Figuur 2 Aaltjesschema huidig bouwplan met 1:2-teelt aardappel; Veenkoloniaal gebied



Het aardappelcysteaaltje is met het huidige hoog resistente rassenassortiment goed te beheersen. Door de juiste rassenkeuze blijft de populatie beneden de schadedrempel, ook bij een 1:2-teelt. Door bij de vrij levende aaltjes slechte waardgewassen te telen voor schadegevoelige gewassen is schade te voorkomen of te minimaliseren. Suikerbiet en zomergerst zijn slechte waardgewassen voor *P. penetrans* en als voorvrucht dus gunstig voor de teelt van aardappel die schadegevoelig is. Bij aanwezigheid van het Noordelijk wortelknobbelaaltje *M. hapla* ontstaan problemen in dit bouwplan. Aardappel en suikerbiet zijn goede waardplanten en ze zijn schadegevoelig. Ook *P. pachydermus* is een probleem. Door na de zomergerst geen groenbemester te telen zal de populatie van *P. pachydermus* dalen, waardoor de schade in de volgende aardappelteelt is te beperken.

Alternatieve situatie

Het alternatieve bouwplan bij verruiming is gebaseerd op de 1:3-teelt voor fabrieksaardappelen, 1:4 voor suikerbieten en 1:6 voor de teelt van zomergerst en maïs plus rogge als groenbemester. In onderstaand aaltjesschema (figuur 3) wordt opnieuw de verwachte schade en mate van vermeerdering weergegeven per gewas per aaltje.

Figuur 3 Aaltjesschema alternatief bouwplan met 1:3-teelt aardappel; Veenkoloniaal gebied

| Gewas | Jaar | Volgnr | Aardappelpcysteeltje <i>Globodera rostochiensis</i> / <i>G. pallida</i> | Noordelijk wortelknobbelaaltje <i>Meloidogyne hapla</i> | Maiswortelknobbelaaltje <i>Meloidogyne chitwoodi</i> | Wortelstieaaltje <i>Pratylenchus penetrans</i> | Paratrichodorus pachydermus <i>Paratrichodorus pachydermus</i> |
|-------------------|------|--------|--|--|---|---|---|
| Aardappel | 1 | 1 | ●●●● R | ●●● | ●●● | ●●● | ● |
| Suikerbiet | 2 | 2 | - | ●●● | ● | ● | ●● |
| Zomergerst | 3 | 3 | - | - | ● | ●● | ●●● |
| Aardappel | 4 | 4 | ●●●● R | ●●● | ●●● | ●●● | ● |
| Suikerbiet | 5 | 5 | - | ●●● | ● | ● | ●● |
| Mais | 6 | 6 | - | - | ●● | ●●● | ●● |
| Rogge herfstbraak | 6 | 7 | - | - | ●●● | ●● | ●●● |

| Legenda Schade | |
|----------------|----------|
| | Onbekend |
| | niet |
| | weinig |
| | matig |
| | sterk |

| Legenda Vermeerdering | |
|-----------------------|----------------|
| ? | Onbekend |
| - - | Actieve afname |
| - | niet |
| ● | weinig |
| ●● | matig |
| ●●● | sterk |
| R | rasafhankelijk |

Ook voor dit bouwplan is de rassenkeuze de belangrijkste beheersmaatregel voor het aardappelpcysteeltje. Als een vatbaar ras gekozen wordt of een ras met de verkeerde resistentie, zal de populatie weer snel stijgen tot boven de schadedrempel. Mais is een goede waardplant voor *P. penetrans* en *P. pachydermus*. Door ook nog rogge als groenbemester te telen zal de populatie van beide aaltjes toenemen, waardoor in de volgende aardappelteelt schade is te verwachten. Afhankelijk van de populatie en de rassenkeuze kan deze schade oplopen tot 20 á 30%. Voor *M. hapla* is de situatie gunstiger doordat er meer grasachtigen in het bouwplan zitten.

Conclusie

Door (snij)mais en rogge als groenbemester in het bouwplan te introduceren is de situatie in het algemeen minder gunstig geworden. Mais en rogge zijn goede waardgewassen voor *M. chitwoodi*, *P. penetrans* en *P. pachydermus*. Het gewas aardappel dat na de mais en rogge geteeld wordt, is gevoelig voor al deze aaltjes. In het bouwplan met 1:2-teelt aardappel zijn problemen te verwachten met *M. hapla*, indien deze op het perceel aanwezig is. Meer zomergerst of mais in het bouwplan kan het *M. hapla* probleem verminderen. Het probleem met *P. pachydermus* zal door deze wijziging alleen maar toenemen. Voor aardappelmoeheid maakt de verruiming van 1:2 naar 1:3 niet uit. Rassenkeuze op basis van grondonderzoek blijft de enige juiste beheersingsstrategie. Wanneer gekeken wordt naar de schade door de bodemschimmels *Rhizoctonia solani* en *Verticillium dahliae*, zal bij een 1:2-teelt van fabrieksaardappelen ongeveer 4% schade geleden worden bij de teelt van laatrijpe rassen. Verruiming naar een 1:3-teelt maakt deze schade weinig minder (3% schade). De nieuwe gewassen zijn geen waard voor deze schimmels. Door de lange overlevingsduur van de schimmels zijn de effecten echter beperkt. Kortom, vanuit het perspectief van bodemgezondheid is de verruiming van de vruchtwisseling door de introductie van mais en rogge als groenbemester geen verbetering en in sommige opzichten zelfs een verslechtering.

Bouwplan Flevoland (regio centrale zeelei)

De belangrijkste plantparasitaire aaltjes zijn hier het aardappelpcysteeltje en het witte bietencysteeltje (*Heterodera schachtii*). In de Noordoostpolder zullen de meeste bedrijven in meer of mindere mate besmet zijn met het aardappelpcysteeltje. De besmettingen variëren van gehele percelen tot een enkele strook. Voor de pootgoedteelt is het van belang een AM vrij verklaring te hebben. Uit een inventarisatie van het IRS in 2005 en 2006 blijkt dat ongeveer 45% van het bietenareaal in de Noordoostpolder besmet is met het witte bietencysteeltje. Slechts een deel van dit areaal is matig tot zwaar besmet.

| Jaar | Huidig bouwplan | Alternatief bouwplan |
|--------|-----------------|----------------------|
| Jaar 1 | Aardappel | Aardappel |
| Jaar 2 | Suikerbiet | Suikerbiet |
| Jaar 3 | Wintertarwe | Wintertarwe |
| Jaar 4 | Aardappel | Tulp |
| Jaar 5 | Zaaiui | Aardappel |
| Jaar 6 | Wintertarwe | Suikerbiet |
| Jaar 7 | | Wintertarwe |
| Jaar 8 | | Zaaiui |

Uitgangssituatie

Het huidige bouwplan bevat 1:3-teelt van pootaardappel en wintertarwe en 1:6-teelt van suikerbiet en zaaiui. In onderstaand aaltjesschema is weergegeven de verwachte schade en mate van vermeerdering per gewas per aaltjessoort.

Figuur 4 Aaltjesschema huidig bouwplan met 1:3-teelt aardappel; Flevoland, zavelgrond

| Gewas | Jaar | Volgr | Cysteaaaltjes | |
|-------------|------|-------|---|--|
| | | | Aardappelpycsteaalije <i>Globodera rostochiensis</i> / <i>G. pallida</i> | Witte bietencysteaalije <i>Heterodera schachtii</i> |
| Aardappel | 1 | 1 | ●●● R | - |
| Suikerbiet | 2 | 2 | - | ●●● |
| Wintertarwe | 3 | 3 | - | - |
| Aardappel | 4 | 4 | ●●● R | - |
| Ui | 5 | 5 | - | - |
| Wintertarwe | 6 | 6 | - | - |

| | |
|--|----------|
| | Onbekend |
| | niet |
| | weinig |
| | matig |
| | sterk |

| | |
|-----|----------------|
| ? | Onbekend |
| - - | Actieve afname |
| - | niet |
| ● | weinig |
| ●● | matig |
| ●●● | sterk |
| R | rasafhankelijk |

Het areaal met *G. pallida* besmette grond neemt de laatste jaren toe. Een tiental jaren geleden was *G. rostochiensis* de meest voorkomende soort. Door de komst van voldoende *G. rostochiensis* resistente aardappelrassen, die ook geschikt waren voor de verwerkende industrie, zijn de besmettingen met deze soort afgenomen. Er zijn voor de consumptieteelt slechts enkele *G. pallida* resistente rassen beschikbaar, die ook gemakkelijk zijn af te zetten richting de verwerkende industrie. Door als pootgoedteler na elke aardappelteelt de grond intensief te bemonsteren op aardappelmoeheid (AM), zijn besmettingen vroeg op te sporen. Vervolgens kunnen deze besmettingen beheerst worden door de juiste rassenkeuze. Op deze wijze kan het beperkte areaal *G. pallida* resistente rassen optimaal worden ingezet. In suikerbiet en ui is aardappelopslag goed te bestrijden. Dit is van belang voor de beheersing van aardappelmoeheid. Door deze gewassen te telen na aardappel in plaats van graan is een 100% bestrijding van aardappelopslag mogelijk, waardoor vermeerdering van AM op opslag niet mogelijk is. Bietencysteaaltes zullen in deze rotatie geen probleem worden. De teeltfrequentie van suikerbiet is ruim genoeg om beneden de schadedrempel voor suikerbieten te blijven.

Alternatief bouwplan

Het verruimde bouwplan is gebaseerd op 1:4-teelt van pootaardappelen. In onderstaand aaltjesschema is weergegeven hoe de schade en vermeerdering is per gewas per aaltjessoort.

Figuur 5 Aaltjesschema alternatief bouwplan met 1:4-teelt aardappel; Flevoland, zavelgrond

| Gewas | Jaar | Volgnr | Aardappelaaltje <i>Globodera rostochiensis</i> / <i>G. pallida</i> | Witte bietenaaltje <i>Heterodera schachtii</i> |
|-------------|------|--------|---|---|
| Aardappel | 1 | 1 | ●●● R | - |
| Suikerbiet | 2 | 2 | - | ●●● |
| Wintertarwe | 3 | 3 | - | - |
| Tulp | 4 | 4 | - | - |
| Aardappel | 5 | 5 | ●●● R | - |
| Suikerbiet | 6 | 6 | - | ●●● |
| Wintertarwe | 7 | 7 | - | - |
| Ui | 8 | 8 | - | - |

| Legenda Schade | |
|----------------|----------|
| | Onbekend |
| | niet |
| | weinig |
| | matig |
| | sterk |

Door eens in de vier jaar aardappelen te telen zal de afname van de populatie aaltjes tussen de aardappelteelten iets groter zijn, maar zeker niet voldoende om AM te beheersen. Zonder schade aardappelen telen kan alleen door de juiste rassenkeuze of door een verruiming van de teeltfrequentie naar eens in de 8 tot 10 jaar. Als een vatbaar ras gekozen wordt of een ras met de verkeerde resistentie, zal de populatie weer snel stijgen tot boven de detectiegrens en de schadedrempel. Pootgoedteelt is alleen mogelijk op AM vrije percelen. Verkeerde rassenkeuze heeft tot gevolg dat het beschikbare areaal voor de pootgoedteelt afneemt.

Door eens in de 4 jaar bieten te telen kunnen problemen ontstaan met het witte bietencysteaaltje. Door na tulp en graan als groenbemester een resistent ras van bladrammenas te telen kan de populatie extra afnemen tussen de bietenteelten in. Als dit niet voldoende afname van de populatie geeft, kan een resistent bietenras geteeld worden. De huidige resistente suikerbietenrassen blijven nog wel achter in opbrengst ten opzichte van de standaard rassen in onbesmette situaties.

Bij de 1:3-teelt van aardappelen speelt met name schade door de bodemschimmel *Rhizoctonia solanii* een rol. Dit pathogeen kan met een grondbehandeling bestreden worden. Bij de 1:3-teelt is een grondbehandeling nodig. In de praktijk wordt 7,5-12,5 kg Moncereen in de rij gebruikt, afhankelijk van het organische stofgehalte. De praktijk zit bij een 1:3-teelt meestal tegen het maximum gebruik aan. Bij een aardappelteelt van 1:4 zou naar een minimumgebruik gestreefd kunnen worden van 7,5 kg. Dit geeft een flinke besparing. Bij pootgoedteelt wordt ervan uitgegaan dat *Verticillium dahliae* geen rol speelt, aangezien het gewas groen gerooid wordt. De bewaarziektebestrijding zal ook bij een 1:4-teelt worden uitgevoerd. Zou men over willen stappen naar een mechanische koeling en pas behandelen bij het sorteren dan is dit gemakkelijker bij een 1:4-teelt. Het voordeel is dan dat alleen de pootaardappelen worden behandeld en de grote aardappelen nog voor consumptie afgezet kunnen worden. Ook suikerbieten en wintertarwe ondervinden bij een teelt van 1:3 of 1:4 geen schade van bodemschimmels.

Conclusie

Voor de beheersing van aardappelmoeheid maakt de verruiming van de aardappelteelt van 1:3 naar 1:4 niet uit. Rassenkeuze op basis van grondonderzoek blijft de enige juiste beheersingsstrategie. Door intensiever bieten te telen zal op besmette percelen het bietencysteaaltje toenemen tot schadelijke niveaus. Zodra krapper dan 1:6 suikerbiet geteeld wordt, zullen problemen ontstaan met het witte bietencysteaaltje. Aanvullende maatregelen zijn dan nodig om het bietencysteaaltje te beheersen.

Kortom: Verruiming van de teelt van pootaardappelen van 1:3 naar 1:4 zal de problematiek van aardappelmoeheid niet verbeteren en de problematiek van het witte bietencysteaaltje vergroten. De problemen door bodemschimmels nemen niet noemenswaardig toe of af bij een verruiming van de vruchtwisseling. Wellicht kan bespaard worden op het gebruik van Moncereen tegen *Rhizoctonia*.

Bouwplan Oost Brabant (regio Zuidoostelijk zand)

De belangrijkste plantparasitaire aaltjes voor dit bouwplan zijn het aardappelcysteeltje en het gele en witte bietencysteeltje (20 % van het areaal). Verder de wortelknobbelaaltjes *M. fallax*, *M. chitwoodi* en *M. hapla*, het wortelcysteeltje *P. penetrans*, en *Trichodorida* en het door *Trichodorida* overgebrachte tabaksratelvirus. Veelal komen meerdere aaltjessoorten in een mix op percelen of delen van percelen voor.

| Jaar | Huidig bouwplan | Alternatief bouwplan |
|---------|----------------------------------|----------------------------------|
| Jaar 1 | Aardappel | Aardappel |
| Jaar 2 | Suikerbiet | Suikerbiet |
| Jaar 3 | Zomergerst | Zomergerst |
| Jaar 4 | Waspeen | Waspeen |
| Jaar 5 | Aardappel | Mais + rogge als groenbemester |
| Jaar 6 | Suikerbiet | Suikerbiet |
| Jaar 7 | Zomergerst | Aardappel |
| Jaar 8 | Doperwt gevolgd door stamslaboon | Zomergerst |
| Jaar 9 | | Suikerbiet |
| Jaar 10 | | Doperwt gevolgd door stamslaboon |
| Jaar 11 | | Zomergerst |
| Jaar 12 | | Lelie |

Uitgangssituatie

Het huidige bouwplan gaat uit van een 1:4-teelt van consumptieaardappelen.

In onderstaand aaltjesschema is weergegeven hoe de schade en vermeerdering is per gewas per aaltjessoort.

Figuur 6 Aaltjesschema huidig bouwplan met 1:4-teelt aardappel; Oost Brabant/Zuidoost Nederland, zand

| Gewas | Jaar | Volgnr | Cysteeltjes | | | Wortelknobbelaaltjes | | | Wortelcysteeltje | | Virussen |
|------------------|------|--------|---|---|--|--|---|--|---|---|---|
| | | | Aardappelcysteeltje <i>Globodera rostochiensis</i> / <i>G. pallida</i> | Witte bietencysteeltje <i>Heterodera schachtii</i> | Gele bietencysteeltje <i>Heterodera betae</i> | Noordelijk wortelknobbelaaltje <i>Meloidogyne hapla</i> | Maiswortelknobbelaaltje <i>Meloidogyne chitwoodi</i> | Bedrijfsmatig maiswortelknobbelaaltje <i>Meloidogyne fallax</i> | Wortelcysteeltje <i>Pratylenchus penetrans</i> | geen nederlandse naam <i>Trichodorus</i> & <i>Paratrichodorus</i> spp. | Tabaksratelvirus <i>Tabaksratelvirus</i> |
| Aardappel | 1 | 1 | ●●● R | - | - | ●●● | ●●● | ●●● | ●●● | ●● | |
| Suikerbiet | 2 | 2 | - | ●●● | ●●● | ●●● | ●●● | ●●● | ●●● | ●● | |
| Zomergerst | 3 | 3 | - | - | - | - | ● | ● | ●●● | - | |
| Peen | 4 | 4 | - | - | - | ●● | ●● | ●● | ●● | ●● | |
| Aardappel | 5 | 5 | ●●● R | - | - | ●●● | ●●● | ●●● | ●●● | ●● | |
| Suikerbiet | 6 | 6 | - | ●●● | ●●● | ●●● | ●●● | ●●● | ●●● | ●● | |
| Zomergerst | 7 | 7 | - | - | - | - | ● | ● | ●●● | - | |
| Erwt (conserven) | 8 | 8 | - | - | - R | ●●● | - | ● | ●●● | ● | |
| Stamslaboon | 8 | 9 | - | - | ● | ●●● | - R | - | ●●● | ●●● | |

| Legenda Schade | |
|----------------|----------|
| ●●● R | Onbekend |
| - | niet |
| ●●● | weinig |
| ●●● | matig |
| ●●● | sterk |

| Legenda Vermeerdering | |
|-----------------------|----------------|
| ? | Onbekend |
| - - | Actieve afname |
| - | niet |
| ● | weinig |
| ●● | matig |
| ●●● | sterk |
| R | rasafhankelijk |

Komen op een perceel alle aaltjessoorten voor die in het Zuidoostelijk zandgebied van belang zijn, dan is het niet mogelijk een rotatie te creëren waarbij geen problemen ontstaan met plantparasitaire aaltjes. In de meeste gevallen komen op een perceel meerdere aaltjessoorten voor, maar niet allemaal tegelijk of in hogere aantallen. Voor de juiste gewasvolgorde is het dan ook van groot belang te weten welke aaltjes op het perceel voorkomen. Regelmatige bemonstering en gewasinspecties zijn dan ook van groot belang om de juiste keuzes te kunnen maken.

Een teelt van 1:4 aardappelen en bieten is te nauw bij aanwezigheid van aardappelcysteeltjes en bietencysteeltjes. Erwten en bonen zijn gevoelig voor schade van het gele bietencysteeltje, maar vermeerderen het aaltje nauwelijks. Voor het aardappelcysteeltje is de rassenkeuze weer de belangrijkste mogelijkheid tot beheersing. Bij de bietencysteeltjes kunnen eveneens resistente bietenrassen of resistente groenbemesters ingezet worden. Bijna alle gewassen behalve de granen zijn waardplant voor *M. hapla*. Bij aanwezigheid van dit aaltje zouden dus meer grassen en of granen geteeld moeten worden. Dit is echter weer ongunstig als ook *Trichodorida* op het perceel voorkomen. Voor *M. chitwoodi* pakt dit bouwplan vrij goed uit. Het enige mogelijke

probleem is de peenteelt voor de aardappelteelt. Dit kan opgelost worden door een minder gevoelig aardappelras te telen of door een granulaatbehandeling bij de aardappelteelt. Dit probleem doet zich ook voor bij een *M. fallax* besmetting. Door bijvoorbeeld de gewasvolgorde aan te passen is ook hier het grootste probleem in de rotatie weg te nemen. Ook bij een *P. penetrans* besmetting is dit een redelijk goede rotatie. Alleen bij de aardappelteelt zijn na de dubbelteelt van erwten en boon problemen te verwachten. Dit kan opgelost worden door alleen erwten te telen, gevolgd door *Tagetes* (Afrikaantje, een vanggewas). Ook is het mogelijk granulaten toe te passen in de aardappelteelt, in combinatie met een minder gevoelig ras. Trichodoriden en het tabaksratelvirus kunnen enigszins gestuurd worden door de juiste inzet van bladrammenas en zwarte braak. Binnen deze rotatie kunnen de meeste aaltjes redelijk beheerst worden, en zijn er ook voldoende mogelijkheden om eventuele problemen op te vangen door de inzet van granulaten, groenbemesters en een ander aardappelras.

Alternatief bouwplan

Het bouwplan bij verruiming gaat uit van de teelt van consumptieaardappelen van 1:6.

In onderstaand aaltjesschema is weergegeven hoe de schade en vermeerdering is per gewas per aaltjessoort.

Figuur 7 Aaltjesschema alternatief bouwplan met 1:6-teelt aardappel; Oost Brabant/Zuidoost Nederland, zand.

| Gewas | Jaar | Volgnr | Cysteaaltjes | | | Wortelknobbelaaltjes | | | Wortelstesiaaltje | | Virussen |
|-------------------|------|--------|---|--|---|--|---|--|--|--|--------------------------------------|
| | | | Aardappelcysteaaltje <i>Globodera rostochiensis / G. pallida</i> | Witte bietencysteaaltje <i>Heterodera schachtii</i> | Gele bietencysteaaltje <i>Heterodera betae</i> | Noordelijk wortelknobbelaaltje <i>Meloidogyne hapla</i> | Maiswortelknobbelaaltje <i>Meloidogyne chitwoodi</i> | Bedrieglijk maiswortelknobbelaaltje <i>Meloidogyne fallax</i> | Wortelstesiaaltje <i>Pratylenchus penetrans</i> | geen nederlandse naam <i>Trichodorus & Paratrichodorus spp.</i> | Tabaksratelvirus Tabaksratelvirus |
| Aardappel | 1 | 1 | ●●● R | - | - | ●●● | ●●● | ●●● | ●●● | ● | ●● |
| Suikerbiet | 2 | 2 | - | ●●● | ●●● | ●●● | ● | ●●● | ●●● | ● | ●● |
| Zomergerst | 3 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | ●●● | - |
| Peen | 4 | 4 | - | - | - | ● | ●● | ●●● | ●● | ●● | ●● |
| Mais | 5 | 5 | - | - | - | - | ●● | ● | ●●● | ●● | ●● |
| Rogge herfstbraak | 5 | 6 | - | - | - | - | ●●● | ●● | ●● | ●● | ●● |
| Suikerbiet | 6 | 7 | - | ●●● | ●●● | ●●● | ●●● | ●●● | ● | ●● | ●● |
| Aardappel | 7 | 8 | ●●● R | - | - | ●●● | ●●● | ●●● | ●●● | ●● | ●● |
| Zomergerst | 8 | 9 | - | - | - | - | ● | ● | ●● | ●● | - |
| Suikerbiet | 9 | 10 | - | ●●● | ●●● | ●●● | ●●● | ●●● | ● | ●● | ●● |
| Erwt (conserven) | 10 | 11 | - | - | - R | ●●● | ● | ● | ●●● | ●● | ● |
| Stamslaboon | 10 | 12 | - | - | ● | ●●● | - R | - | ●●● | ●● | ●●● |
| Zomergerst | 11 | 13 | - | - | - | - | ● | ● | ●● | ●●● | - |
| Lelie | 12 | 14 | - | - | - | - | - | - | ●●● | - | ? |

| Legenda Schade | |
|----------------|----------|
| | Onbekend |
| | niet |
| | weinig |
| | matig |
| | sterk |

| Legenda Vermeerdering | |
|-----------------------|----------------|
| ? | Onbekend |
| - - | Actieve afname |
| - | niet |
| ● | weinig |
| ●● | matig |
| ●●● | sterk |
| R | rasafhankelijk |

De verruiming is gunstig voor de aardappelmoehheid situatie. Op zand is de afname van de populatie in een jaar zonder aardappel waarschijnlijk groter dan op klei. Als rassen geteeld worden met de juiste resistentie is een verruiming niet nodig om aardappelmoehheid te beheersen. Door de komst van lelies in het bouwplan is het wel noodzakelijk om een aardappelmoehheid vrijverklaring te hebben. Dit kan in een 1:6 rotatie alleen door de juiste rassenkeuze. Bij de bietencysteaaltjes verandert de situatie nauwelijks. Door de erwten direct te telen na de suikerbieten is de kans op schade groter geworden. Voor *M. hapla* is de situatie gunstiger geworden doordat er meer granen in het bouwplan zijn opgenomen. Bij een besmetting met *M. chitwoodi* en *M. fallax* is de situatie gunstiger geworden. De nieuwe gewassen vermeerderen deze aaltjes niet of niet zo sterk. Door lelie op te nemen in het bouwplan is de *P. penetrans* situatie verslechterd. Lelie is een van de meest gevoelige gewassen en ook een zeer goede waard. Om deze teelt zonder problemen te kunnen uitvoeren zal een grondontsmetting moeten worden uitgevoerd voor de teelt. Ook in de aardappelteelt na de lelies zal schade ontstaan. Dit is deels te voorkomen door rassenkeuze en een eventuele granulaatbehandeling. De situatie voor de *Trichodoriden* is verslechterd door de combinatie mais en rogge als groenbemester te telen voor de suikerbieten. Door meer goede waardgewassen in het bouwplan op te nemen, kunnen *Trichodoriden* zich binnen de rotatie sneller opbouwen.

Bij verruiming van de aardappelteelt van 1:4 naar 1:6 gaan de opbrengsten niet vooruit vanwege de bodemgebonden schimmels. Dit geldt voor aardappel, suikerbiet en zomergerst. Het is niet te verwachten dat de verschillende voorvruchten de bodemgebonden schimmels voor andere gewassen beïnvloeden, zolang doperwt voor conserven geteeld wordt en niet voor een droog te oogsten erwt (optreden van *Verticillium dahliae*).

Conclusie

Door een verruiming van de teelt van consumptieaardappel van 1:4 naar 1:6 is er een grote kans dat het aardappelpcysteaaltje geen schade meer veroorzaakt in de aardappelteelt, maar een vrijverklaring van aardappelmoehheid blijft afhankelijk van de juiste rassenkeuze. Deze vrijverklaring is van belang voor de lelieteelt. De verruiming is wel gunstig voor de wortelknobbelaaltjes, vooral doordat er meer granen worden geteeld. Voor *P. penetrans* en de *Trichodoriden* wordt de situatie slechter. Per saldo zal het van de daadwerkelijke aanwezige aaltjessituatie afhangen welk bouwplan het beste is.

7.2 Verruiming vruchtwisseling in de melkveehouderij

De belangrijkste gewassen voor de veehouderij zijn grasland en snijmaïs. De verhouding tussen het aandeel grasland en het aandeel snijmaïs op het bedrijf kan per regio sterk verschillen. De maïsteelt komt vooral voor in de noordelijke, oostelijke en zuidelijke regio's op zandgrond. In de westelijke regio's, zoals in het veenweidegebied, komt weinig maïs voor. Bedrijven hier hebben vrijwel alleen grasland, omdat de grond niet of nauwelijks geschikt is voor de teelt van snijmaïs. Wel wordt op deze bedrijven soms snijmaïs aangekocht, omdat dit naast gras uit oogpunt van een optimale voeding voor hoog productief melkvee zeer geschikt is. Een combinatie van snijmaïs samen met vers en/of ingekuuld gras vormt een ideaal ruwvoerrantsoen voor melkvee. De teelt van andere voedergewassen naast of in plaats van snijmaïs komt dan ook nauwelijks voor. Vruchtwisseling in de zin van het telen van verschillende gewassen na elkaar, komt op melkveebedrijven veel minder voor dan op akkerbouwbedrijven. De aspecten van graslandvernieuwing en de teelt van voedergewassen, zoals snijmaïs, hebben echter wel duidelijk te maken met vruchtwisseling en zijn ook van groot belang in het kader van duurzaam bodemgebruik. In de volgende paragrafen wordt dit verder uitgewerkt. Echter ook andere zaken spelen soms een belangrijke rol bij de invulling en het gebruik van grasland en voedergewassen.

Vanaf 2006 hebben agrariërs te maken met de nieuwe mestwetgeving. Eén van de aspecten hiervan is het goedgekeurde derogatieverzoek. Deze derogatie houdt in dat Nederland van de Europese Unie toestemming heeft gekregen om gedurende een bepaald aantal jaren onder bepaalde voorwaarden op grasland meer stikstof uit dierlijke mest mag geven dan de EU-norm van 170 kg per ha. Eén van de voorwaarden om als bedrijf hiervoor in aanmerking te komen is, dat minimaal 70% van de totale landbouwgrond van het bedrijf uit grasland moet bestaan. Hierdoor is het aandeel snijmaïs op melkveebedrijven, vooral in het oostelijk en zuidoostelijk zandgebied recent wat afgenomen en het aandeel grasland wat toegenomen. De keuze van percelen voor de hernieuwde inzaai zal hierbij meestal gevallen zijn op de voor snijmaïs minder geschikte percelen. Veel bedrijven met grasland en snijmaïs hebben de percelen op korte afstand van de stal (de huiskavel) in gebruik als blijvend grasland voor beweiding en de verderaf gelegen percelen bestemd voor de teelt van snijmaïs. Uit oogpunt van bedrijfsvoering is dit het meest aantrekkelijk. Vanwege het melken en eventueel 's nachts opstallen en bijvoeren kunnen koeien niet te ver van de stal grazen. Ook voor de voederwinning van gras is het uit kosten oogpunt gunstiger om de graslandpercelen dichtbij huis te hebben. Grasland wordt meerdere keren geogst, terwijl snijmaïs slechts één keer per jaar wordt geogst. Transportkosten blijven daardoor beperkt.

7.2.1 Graslandvernieuwing

Van het areaal grasland in Nederland wordt jaarlijks een flink deel opnieuw ingezaaid. De laatste jaren is dit circa 100.000 ha per jaar, ongeveer 10% van het totale graslandareaal volgens de CBS-gegevens Graslandvernieuwing 2002 en 2005 (statline.cbs.nl). Voor iets meer dan de helft (54%) betreft dit vernieuwing van bestaand grasland via herinzaai of doorzaai. De overige 46% is inzaai na een ander gewas, vooral na maïs, maar ook wel na aardappelen. Dit laatste komt vooral voor op gemengde bedrijven en bijvoorbeeld op bedrijven die land ruilen met akkerbouwers. De jaarlijkse graslandvernieuwing betekent niet dat het gehele areaal in Nederland regelmatig wordt heringezaaid. Vernieuwing vindt vooral plaats in de noordelijke, oostelijke, zuidelijke en centrale zand- en kleigrondregio's. Gemiddeld vindt vernieuwing hier één keer in de 5-10 jaar plaats. In het Westelijk weidegebied wordt relatief veel minder graslandvernieuwing toegepast, gemiddeld ongeveer één keer in de 20 jaar. Verder is er ook grasland dat vrijwel nooit wordt heringezaaid.

Graslandvernieuwing zonder een tussenteelt is niet als een echte vruchtwisseling te beschouwen, maar heeft wel consequenties voor de bodemkwaliteit. Herinzaai of doorzaai wordt in de meeste gevallen toegepast als de kwaliteit van de oude grasmat te wensen over laat, zoals teveel slechte grassen (kweek) en een te open zode. Dit kan ondermeer het gevolg zijn van een strenge winter, droogte, teveel neerslag of minder goed graslandbeheer. Ook bodemverdichting, vertrapping en rijschade of ongelijke ligging kunnen redenen zijn voor herinzaai. Een slechte grasmat heeft een minder goede mineralenbenutting en ook de voederkwaliteit is minder, waardoor meer krachtvoer moet worden aangekocht. Graslandvernieuwing is echter wel duur. Vernieuwing is dus alleen zinvol als het nieuw ingezaaide grasland meer en beter ruwvoer oplevert. Als hulpmiddel bij de afweging van het wel of niet opnieuw inzaaien van grasland kunnen boeren gebruik maken van de HerinzaaiWijzer op www.asg.wur.nl. Hiermee kan berekend worden of herinzaai bedrijfseconomisch verantwoord is.

Een bezwaar van graslandvernieuwing is dat door de afbraak van de oude graszode veel mineralen en organische stof verloren kan gaan. Mede in verband met het eerder genoemde derogatieverzoek, zijn de regels in de nieuwe mestwetgeving dan ook aangescherpt voor het scheuren van grasland op zandgrond. Vernietigen van de graszode voor graslandvernieuwing mag op zand- en lössgrond alleen nog in het voorjaar van 1 februari t/m 10 mei. Op veen- en kleigrond is dit toegestaan van 1 februari t/m 15 september.

Tot en met 2005 vond vernieuwing van bestaand grasland hoofdzakelijk in het najaar plaats, vanwege het gemakkelijk kunnen inpassen in de bedrijfsvoering, de goede mogelijkheid van kweekbestrijding en de grotere kans op een geslaagde inzaai met een lagere onkruiddruk. Ook zou het productieverlies aan opbrengst en voederkwaliteit in het najaar kleiner zijn dan in het voorjaar. De eerste resultaten van nieuw onderzoek tonen aan dat de opbrengstverliezen in het voorjaar niet veel anders hoeven te zijn dan bij inzaai in het najaar. Tevens blijkt dat bij scheuren en inzaai in het voorjaar het nieuwe gras meer stikstof uit mineralisatie opneemt dan inzaai in het najaar. Bij najaarsinzaai gaat een deel van de stikstof verloren, omdat het gewas in de winter onvoldoende groei heeft om dit op te kunnen nemen. De kweekbestrijding van de oude grasmat vooraf en de onkruidbestrijding in de nieuwe grasmat vragen bij inzaai in het voorjaar nog wel extra aandacht.

In vergelijking met herinzaai in het najaar kan vernieuwing van grasland in het voorjaar voor duurzaam bodemgebruik gemiddeld als positief worden beoordeeld vanwege de veel lagere mineralenverliezen.

7.2.2 Snijmaïs en vruchtwisseling

Vanwege bedrijfstechnische aspecten wordt snijmaïs vaak op de verder afgelegen percelen geteeld. Omdat op veel melkveebedrijven naast gras en snijmaïs geen andere voedergewassen worden verbouwd, is er soms nauwelijks of geen vruchtwisseling en wordt de maïs soms vele jaren achtereen op het zelfde perceel verbouwd. Volgens de gegevens van het CBS (statline.cbs.nl) wordt grasland voor 46% ingezaaid na een ander gewas dan gras. Dit andere gewas is voor het grootste deel maïs. In 2002 en 2005 was het percentage inzaai van gras na maïs respectievelijk 31% en 39%. De overige gewassen als voorvrucht voor gras zijn aardappel, graan en andere gewassen. Aangenomen mag worden dat op gemengde bedrijven een deel van deze overige gewassen (aardappelen, graan e.d.) ook nog samen met maïs in dezelfde vruchtwisseling zit, waarbij niet maïs het laatste gewas voor gras is, maar aardappel of graan. De vruchtwisseling is dan bijvoorbeeld aardappel, snijmaïs, graan (triticale), gras. Bij een graslandinzaai van circa 100.000 ha per jaar betekent dit dat circa 40.000 á 45.000 ha snijmaïs in vruchtwisseling met grasland of een ander gewas zit en dus niet in continueelt.

Volgens het CBS (statline.cbs.nl) bedraagt het totale maïsareaal in Nederland ongeveer 250.000 ha (in 2005, 2006 en 2007 respectievelijk ruim 260.000 ha, ruim 245.000 ha en circa 248.000 ha). Het areaal korrelmaïs en Corn Cob Mix (CCM) in 2006 en 2007 bedroeg ongeveer 27.000 ha. Het grootste deel hiervan, met name de korrelmaïs, circa 20.000 ha, zal door akkerbouwers in vruchtwisseling worden geteeld. Over het snijmaïsareaal bij akkerbouwers zijn geen gegevens beschikbaar, maar zou ruwweg geschat kunnen worden op globaal 40.000 ha. Het totale maïsareaal bij akkerbouwers zou daarmee op ongeveer 60.000 ha komen. Indien wordt aangenomen dat de maïs bij akkerbouwers en ook de maïs bij veehouders in vruchtwisseling met inzaai van grasland, niet in continueelt zitten, dan betekent dit dat bij een omvang van 250.000 ha maïs globaal 100.000 ha snijmaïs niet en 150.000 ha wel in continueelt wordt verbouwd. Opgemerkt kan worden dat voor de praktijk onder continueelt van maïs vooral wordt verstaan het vele jaren achtereen telen van maïs. Men denkt hierbij toch wel aan minimaal 4 á 5 jaar achtereen; twee jaar wordt niet echt als continueelt gezien. De 'echte' continueelt met meer dan 2 jaar achtereen maïs zal dus veel minder zijn dan de geschatte oppervlakte van 150.000 ha.

Continueelt van snijmaïs leidt tot een daling van de bodemvruchtbaarheid. Dit komt tot uiting in een afnemend organische stofgehalte en een toename van bodemverdichting. Hierdoor ontstaat ook weer verslechtering van de mineralenbenutting. Continueelt leidt ook tot een wat lagere gewasopbrengst per hectare in vergelijking met een vruchtwisseling met grasland, maar deze opbrengstderving wordt vaak ruimschoots vergoed door de besparing op de extra kosten voor voederwinning en op het scheuren en herinzaaien van grasland. Andere nadelen zijn de toename van onkruiden, die resistenties kunnen ontwikkelen en minder goed te bestrijden zijn. In de praktijk worden deze aspecten wel als nadeel gezien, maar men vindt de nadelen niet opwegen tegen de voordelen. Vanwege de minder goede mineralenbenutting van maïs in het groeiseizoen is er op zand- en lössgrond de verplichting na de oogst aansluitend een vanggewas te zaaien. Dit gewas kan dienen om stikstof vast te leggen. Tevens kan dit vanggewas bijdragen aan een betere bodemstructuur door toevoer van organische stof en doorworteling van de bodem.

Een alternatief voor het zaaien van een vanggewas is om een graangewas (bijvoorbeeld triticale) na snijmaïs in te zaaien en deze als voedergewas (gehele plantsilage) te oogsten. Na de oogst van dit gewas in de zomer van het volgende jaar, kan grasland ingezaaid worden. Hierdoor ontstaat een vruchtwisseling die bestaat uit enkele jaren grasland, één jaar snijmaïs en één jaar GPS. Vanwege de gemiddeld mindere opbrengst en voederkwaliteit van GPS in vergelijking met snijmaïs wordt dit in de praktijk toch niet veel toegepast. Een ander alternatief is om de teelt van snijmaïs af te wisselen met akkerbouwgewassen door samenwerking met een akkerbouwer. Feitelijk wordt snijmaïs dan ingepast in het bouwplan van de akkerbouwer, waarbij het perceel waarop normaal de snijmaïs wordt geteeld, nu meeloopt in het bouwplan van de akkerbouwer.

7.2.3 Vruchtwisselingseffecten op de opbrengst van maïs

Diverse proeven geven aan dat continueelt van snijmaïs lagere opbrengsten geeft dan in vruchtwisseling. In proeven op zandgrond was de opbrengst van snijmaïs in een continueelt 16% lager en in een tweejarige rotatie met aardappel 15% lager dan in een vijfjarige rotatie met aardappel, suikerbiet en twee keer gerst (Scholte, 1987). In proeven op jonge zeeklei gaf de continueelt van maïs een opbrengstreductie van 13% in vergelijking met een rotatie van één keer per zes jaar, met daarin bonen, erwten, uien en vlas (Huiskamp en Lamers, 1992). Van Dijk et al. (1996) vonden dat onderbreking van jarenlange continueelt maïs op zandgrond door een periode van 2-6 jaar grasland, leidde tot een 2-7% hogere maïsoopbrengst. De opbrengststijging was hoger, naarmate de grasperiode langer duurde. Ondanks de hogere maïsoopbrengst was wisselbouw economisch minder aantrekkelijk dan continueelt van beide gewassen. Wisselbouw leidde tot hogere kosten, vooral loonwerkkosten. Verder namen ook de overige teeltkosten van zowel maïs als gras toe en was vaak ook aankoop van meer ruw- en krachtvoer nodig. De hogere kosten werden niet gecompenseerd door de hogere maïsoopbrengst. Op proefbedrijf De Marke, waar gras en snijmaïs in vruchtwisseling worden geteeld, kwam naar voren dat de opbrengst van maïs hoger is op percelen met een hoger organische stofgehalte (Corré et al., 2004). Deze samenhang werd berekend op ruim 700 kg drogestof per ha per jaar per % toename van het organische stofgehalte. De hogere opbrengst is vooral het gevolg van een betere waterhuishouding. Een hoger organische stofgehalte kan gerealiseerd worden door vaker gras in de vruchtwisseling te telen.

7.2.4 Vruchtwisselingseffecten op bodemkwaliteit

Organische stofgehalte

Ten aanzien van het organisch stofgehalte van grasland wordt er meestal van uitgegaan dat dit geen probleem is en dat grasland een voldoende en goed niveau heeft. In de eerste jaren na inzaai is er sprake van toename. Op langere termijn zal het gehalte zich min of meer stabiliseren en handhaven. Afhankelijk van grondsoort, gebruik en hydrologische omstandigheden ontstaat er een evenwichtssituatie van aanvoer en afbraak.

De opbouw van organische stof in grasland vindt vooral in de bovenste 5-10 cm plaats. Door het ploegen voor graslandvernieuwing of voor vruchtwisseling met een ander gewas wordt dit naar een diepere plaats gebracht. Nieuw ingezaaid grasland begint dan echter weer opnieuw met de opbouw van organische stof. Deze opbouw komt vooral van de graswortels, maar ook via mestflatten bij beweiding, drijfmestaanwending en oogstverliezen van blad en stengel bij maaien en beweiden. De jaarlijkse aanvoer van *verse* organische stof op een gangbaar melkveebedrijf op zandgrond in het midden van de negentiger jaren werd door Aarts (in Aarts et al., 2002) berekend op 17,5 ton per ha voor grasland en op 9,5 ton per ha voor snijmaïs. Zie tabel 13. De aanvoer van organische stof via drijfmest ligt voor deze periode vrij hoog, zeker voor maïs. Vanwege de huidige wettelijke voorschriften en gebruiksnormen zal voor maïs momenteel meestal niet meer dan circa 3.000 kg per ha beschikbaar komen.

Tabel 13 Jaarlijkse aanvoer van organische stof in kg per ha op een gangbaar melkveebedrijf op zandgrond in het midden van de jaren negentig (bron: Aarts et al., 2002)

| | Grasland | Maïsland |
|------------------------------|---------------|--------------|
| Stoppels en wortels | 7.500 | 2.500 |
| Oogst- en beweidingverliezen | 2.000 | 500 |
| Mestflatten | 3.500 | |
| Drijfmest | 4.500 | 6.500 |
| Totaal | 17.500 | 9.500 |

Ondanks de grote aanvoer van organische stof loopt een kwart van de graslandpercelen toch risico op een dalend organische stofgehalte. Dit blijkt uit een recent onderzoek in het kader van het project 'Zorg voor Zand' (Hanegraaf et al., 2006). Tussen de percelen op de diverse zandgronden blijken er grote verschillen te bestaan in afbraaksnelheid, variërend van ongeveer 700 tot 2.700 kg per ha per jaar. Gemiddeld zit de afbraaksnelheid op 1.500 tot 1.600 kg per ha per jaar.

In tegenstelling tot blijvend grasland is snijmaïs een gewas dat weinig organische stof achterlaat, zodat bij continueelt het gevaar dreigt van een daling van het organische stofgehalte. Deze daling kan geheel of gedeeltelijk worden gecompenseerd door een jaarlijkse aanvoer van een flinke hoeveelheid dierlijke organische mest, zoals veel veehouders dit voor de teelt van snijmaïs toedienen. De aangevoerde organische stof kan echter relatief eenzijdig van samenstelling zijn. Het type van aangewende dierlijke mest is hierbij ook van belang. Met runderdrijfmest wordt per ton meer effectieve organische stof aangevoerd dan met varkensdrijfmest. Wel zal de huidige en de te verwachten mestwetgeving steeds meer beperkingen opleggen ten aanzien van de inzet van dierlijke mest op bedrijfsniveau en daarmee ook op perceelsniveau.

De teelt van snijmaïs in vruchtwisseling met grasland levert daarom voor de maïspcelen een duidelijke verbetering op. De keerzijde is dat voor de graslandpercelen, waar de teelt van snijmaïs als vruchtwisseling is geïntroduceerd, er sprake is van een verslechtering.

In onderstaand rekenvoorbeeld, vermeld in tabel 14, is de afbraak en aanvoer van organische stof van blijvend grasland vergeleken met die van continueelt snijmaïs en met een vruchtwisseling van 5 jaar grasland en 2 jaar maïs. De genoemde gegevens zijn in kg effectieve organische stof (eos) per ha en gebaseerd op de gangbare normen voor afbraak en aanvoer van het gewas. Uitgegaan wordt van een aanvoer van organische stof via drijfmestgift van 50 ton per ha voor grasland en 40 ton voor snijmaïs met een gehalte van circa 32 kg eos per ton. Voor bedrijven met derogatie is een maximale aanwending van 250 kg N per ha uit dierlijke mest toegestaan. Bij een gehalte van 4,4% N-totaal in de runderdrijfmest zou dit neerkomen op een gemiddelde maximale gift van 57 ton per ha. Vanwege de verlaging van de gebruiksnorm voor fosfaat de komende jaren, moet bij de hoeveelheid uit te rijden drijfmest naast de stikstofhoeveelheid ook met de fosfaathoeveelheid rekening worden gehouden. In de praktijk is de hoeveelheid beschikbare drijfmest gemiddeld per ha meestal veel lager dan genoemde 57 ton, omdat de geproduceerde hoeveelheid mest per ha minder is en daarnaast, zeker bij intensieve bedrijven, vaak mest moet worden afgevoerd omdat de totale hoeveelheid geproduceerde stikstof of fosfaat door het vee meer is dan volgens de gebruiksnormen gemiddeld per ha voor grasland en maïs mag worden toegediend. Heel globaal zal voor een vrij intensief bedrijf met beweiding gemiddeld circa 45-55 ton per ha voor grasland beschikbaar zijn en 35-40 ton voor maïs. De hoeveelheid kan per perceel echter wel gevarieerd worden.

Uit het rekenvoorbeeld komt naar voren dat ook voor snijmaïs in continueelt er voldoende toevoer van organische stof aanwezig is om de afbraak te compenseren, wanneer een ruime toediening van organische mest plaats vindt en een goede groenbemester of vanggewas na de oogst van snijmaïs wordt geteeld. Deze laatste moet dan wel voldoende ontwikkeld zijn.

Tabel 14 Aanvoer en afbraak effectieve organische stof (eos) bij blijvend grasland, continueelt snijmaïs en vruchtwisseling met 5 jaar gras en 2 jaar maïs (in kg eos per ha)

| | Blijvend grasland | Snijmaïs continu | Vruchtwisseling *) 5 jr. gras + 2 jr. maïs |
|---|-------------------|------------------|---|
| Aanvoer via gewas, incl. oogstverlies | 2.400 | 675 | 1.905 |
| Aanvoer via weidend vee (mestflatten) | 500 | | 355 |
| Aanvoer via groenbemester | | 300 | 85 |
| Aanvoer via drijfmest 50 m ³ , resp. 40 m ³ | 1.600 | 1.280 | 1.510 |
| Aanvoer totaal | 4.500 | 2.255 | 3.855 |
| Natuurlijke afbraak | 1.600 | 1.600 | 1.600 |
| Verskil aanvoer-afbraak | + 2.900 | + 655 | + 2.255 |

*) berekend op basis van het gewogen gemiddelde van grasland en snijmaïs continueelt

Invloed vruchtwisseling gras en maïs op het organische stofgehalte

Gras laat meer organische stof achter dan maïs. Wordt grasland in vruchtwisseling met snijmaïs geteeld dan zal het organische stofgehalte van het grasland dalen en dat van het maïsland stijgen. Op Proefbedrijf De Marke te Hengelo (Gld.) waar wisselbouw wordt toegepast, wordt hiernaar onderzoek verricht. Voor De Marke zijn de te verwachten (theoretische) organische stofgehalten berekend voor de grasland- en maïspcelen. Voor blijvend grasland zou dit op 5,9% moeten uitkomen, voor de continueelt maïs op 2,9% en voor de vruchtwisseling gras en maïs (3 jaar gras, daarna 3 jaar maïs) op 4,7% (Aarts et al., 2002). De gemeten waarden in 2000 lagen echter duidelijk lager, namelijk op 5,17% voor grasland en 4,35% voor de wisselbouw. Het verschil zou een gevolg kunnen zijn van het iets te diep ploegen, waardoor meer schrale grond naar boven is gekomen. De uitgangssituatie in 1990 van de percelen was vrijwel gelijk.

Bodemstructuur

De bodem heeft zowel bij grasland als bij snijmaïs te maken met zware oogstmachines en transportwerktuigen. Bij meer vruchtwisseling tussen gras en maïs (met dezelfde aandelen) blijft het aantal bewerkingen en berijdingen voor maïs ongeveer gelijk. Bij grasland zal dit toenemen vanwege de benodigde grondbewerkingen voor het

inzaaien. Het inkuilen van gras zal gemiddeld meestal onder gunstige omstandigheden plaats vinden, omdat vrijwel alleen gemaaid wordt als de weersvoorspellingen gunstig zijn. Het aantal keren oogsten, in vergelijking met maïs, is wel veel groter. Bij een toename van koeien opstallen in plaats van weiden zal er meer gemaaid worden, ook in het naseizoen. De kans op minder gunstige omstandigheden nemen dan toe, waardoor ook de kans op bodemverdichting toeneemt. Echter ook bij beweiden bestaat er kans op vertrapping en verdichting van de bovengrond, vooral op weinig draagkrachtige gronden. Wel zullen bij minder goede weersomstandigheden de koeien meestal op stal blijven. Een bezwaar van meer vruchtwisseling van grasland met maïs is dat er vaker ingezaaid moet worden en er meer jong grasland is. De draagkracht van pas ingezaaid grasland is vaak matig. Dit geeft meer kans op spoorvorming en vertrapping.

De oogst van snijmaïs vindt in het najaar plaats. Ook hier bestaat een kans op minder goede omstandigheden tijdens de oogst. Omdat de oogst vrijwel uitsluitend door loonwerkers wordt gedaan, geeft dit extra risico. Bij de planning van werkzaamheden is het voor loonwerkers niet altijd mogelijk om rekening te houden met de omstandigheden van het weer en de bodem. Afspraken worden ruim van te voren gemaakt en het is vaak niet mogelijk om op korte termijn deze te verzetten. Dit kan in de praktijk betekenen dat de loonwerker met zware oogstmachines onder minder gunstige omstandigheden moet werken, met soms forse structuurschade en bodemverdichting tot gevolg. Een positief effect op de bodemstructuur heeft het inzaaien van de verplichte groenbemester na de snijmaïs; het gewas moet dan wel een redelijke ontwikkeling hebben. Vooral plasvorming in de sporen wordt hiermee voorkomen. Een toename in het organische stofgehalte is echter nauwelijks te verwachten.

Vruchtwisseling van snijmaïs met grasland of andere gewassen kan positief zijn voor het behouden van een goede bodemstructuur, indien deze gewassen een gunstige bijdrage kunnen leveren. Dit geldt bijvoorbeeld wel voor graan, maar niet voor aardappelen of bollen die ook laat en met zware machines geoogst worden.

Een vruchtwisseling gras en maïs heeft voor het maïsland een hoger organisch stofgehalte tot gevolg. Dit is gunstig voor de bodemstructuur, omdat het naast een betere gewasgroei met een betere beworteling ook zorgt voor een minder snelle bodemverdichting en betere doorlatendheid. Een zeer hoog organische stofgehalte, zoals op veengronden, is echter minder gunstig voor de draagkracht van de bodem voor machines en voor beweiding. Vooral bij natte omstandigheden en een hoge grondwaterstand, zoals in het Veenweidegebied, kunnen zware machines wegzakken en vee flinke vertrapping geven.

Een aandachtspunt voor snijmaïs, maar ook voor grasland is de pH en de kalktoestand van de grond. Voor een goede bodemstructuur is een juiste pH ook van belang.

Erosie

Bestaand grasland kent vrijwel geen problemen met bodemerosie door wind of water. Ook bij nieuwe inzaai is dit nauwelijks het geval. Soms kan direct na de inzaai in een schraal voorjaar wat verstuuving optreden. Omdat de huidige inzaai voor graslandvernieuwing (herinzaai) voor een groot deel vooral in het voorjaar plaatsvindt, komen watererosie, verslemping en plasvorming nauwelijks meer voor.

Bij (snij)maïs kan winderosie vooral op de veenkoloniale gronden in Noordoost Nederland voorkomen en watererosie op de hellingen in Zuid Limburg. Een goede oplossing om erosie en ook slomp in maïs te verminderen is door na de oogst van het voorafgaande gewas een bodembedekker te telen. De maïs wordt dan in de doodgespoten bodembedekker gezaaid. De gangbare groenbemers komen hiervoor in aanmerking. Na de teelt van maïs is men ook verplicht een vanggewas te telen. Dit kan ook de inzaai van nieuw grasland zijn. Hiermee worden erosie en nitraatuitspoeling voorkomen. Ook zonder vruchtwisseling behoeft erosie bij maïs dus geen probleem te vormen. Een vruchtwisseling met bijvoorbeeld gras of graan kan wel een hoger organische stofgehalte geven en minder structuurschade. Dit is gunstig bij het voorkomen van erosie. Soms maken veehouders de keuze om de hellende percelen alleen voor blijvend grasland te gebruiken en hier geen maïs meer te verbouwen.

Bodemgezondheid

Hoewel bodempathogenen, waaronder nematoden, vrij algemeen in de graslandbodem voorkomen, wordt hieraan weinig aandacht besteed. Bodemgezondheid in grasland is in het algemeen geen belangrijk onderwerp en ook over schadedrempels zijn weinig gegevens bekend. Schade door nematoden kan tot uiting komen door een losse zode en afstervende planten, vooral op lichte grond. Bodemontsmetting kan een hogere opbrengst geven (Van Bezoooyen et al., niet gepubliceerd). Ook de minder goede slagingskans van het gras bij herinzaai van bestaand grasland in vergelijking met inzaai na een akkerbouwgewas werd in het verleden soms toegeschreven aan schade door toxische stoffen van de oude graszode (Hoogerkamp, 1978) en ook door nematoden en bodemschimmels (Labruyere, 1979). Herinzaai van grasland (gras op gras) geeft in de huidige praktijk weinig problemen. Dit geldt ook voor de inzaai van grasland na een ander gewas. In grasland met gras-klavermengsels kan het klavercysteeltje (*Heterodera trifolii*) soms de oorzaak zijn van een sterke teruggang van het aandeel klaver in het grasbestand. De productiviteit van grasland met een lage N-bemesting kan hierdoor flink dalen. Wellicht is meer vruchtwisseling voor het klaveraandeel in grasland gunstig. In het algemeen is er echter weinig aandacht (meer) voor nematoden in grasland. De meeste bodemschimmels zijn niet pathogeen en zelfs nodig voor een goede

wortelgroei. In een vruchtwisseling van gras en andere gewassen kunnen de in de grond en oude graszode overblijvende larven van insecten in het volggewas soms problemen veroorzaken, zoals ritnaalden en emelten. Deze kunnen ook schade geven in onder andere maïs en aardappelen.

Maïs heeft als gewas weinig last van bodemgebonden ziekten en plagen en kan daarom goed in continueelt worden verbouwd. De kans op wortelverbruining, een schimmelaantasting door o.a. *Pythium spp.* en *Fusarium spp.*, neemt bij continueelt echter wel toe. Dit geldt ook voor de wortelaaltjes *Pratylenchus* en *Tylenchorhynchus*. De omvang van de schade is moeilijk aan te geven, maar bedraagt wellicht enkele procenten. Voor akkerbouwbedrijven, vooral op lichte grond, moet er tevens rekening mee gehouden worden dat opname van maïs in hun bouwplan hoge dichtheden van maïs-wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne chitwoodi*) en wortellesieaaltjes (*Pratylenchus penetrans*) kan nalaten. Deze aaltjes kunnen in diverse gewassen ernstige opbrengst- en kwaliteitsschade veroorzaken. Vanwege het verplichte vanggewas na de oogst van maïs, is het van belang rekening te houden met het type vanggewas en de aaltjessituatie. Voor akkerbouwers kan het telen van maïs met een vanggewas uit oogpunt van bodemgezondheid soms ongunstig zijn. Voor veehouders die jarenlang maïs op hetzelfde perceel telen is het doorbreken van de continueelt van maïs met gras of een ander voedergewas, bijvoorbeeld graan voor GPS-teelt of een akkerbouwgewas, gunstig voor de bodemgezondheid. Dit kan vermindering van wortelverbruining en andere ziekten geven.

Een ander voordeel van vruchtwisseling van maïs in relatie tot bodemgezondheid is dat onkruiden vaak beter bestreden kunnen worden en dat ook resistentieopbouw hiermee wordt voorkomen. Een bekend voorbeeld is de toename van Hanepoot (*Echinochloa crus-galli* L.) in maïs. Vanwege de relatief late inzaai van maïs in het voorjaar en de lange periode voor gewassluiting kan dit laat ontkiemde onkruidgras zich goed ontwikkelen. In continueelt van maïs kan het zich daardoor sterk uitbreiden. Wordt maïs afgewisseld met gewassen waarin Hanepoot wel goed kan worden bestreden of geen kans krijgt, dan behoeft dit geen probleemkruid te worden.

7.3 Landruil, landhuur en -verhuur

Het onderling uitwisselen van grond tussen veehouders en akkerbouwers is vrij algemeen in Nederland. In sommige regio's worden percelen geruild, in andere regio's wordt door akkerbouwers grond gehuurd op veehouderijbedrijven. In dit laatste geval heeft de veehouder waarschijnlijk voldoende grond en heeft de veehouder geen behoefte aan het gebruik van land van de akkerbouwer. Grondruil en landhuur tussen akkerbouwers en veehouders heeft belangrijke effecten op de bodemkwaliteit, omdat er 'vreemde' teelten worden geïntroduceerd op bedrijven, zoals snijmaïs op akkerbouwbedrijven en aardappelen op veehouderijbedrijven. Ook bij deze vorm van verruiming van de vruchtwisseling moet elke specifieke voorvrucht-volvruchtcombinatie worden beoordeeld op de mogelijk optredende problemen met schimmelziekten, insecten, aaltjes, onkruiden, residuen van herbiciden en nutriëntenvoorziening (een te hoog stikstofaanbod uit gescheurd grasland voor bepaalde gewassen), zoals in de voorgaande paragrafen voor diverse bouwplannen is gebeurd. In dit gedeelte wordt vooral ingegaan op de algemene aspecten van landruil, landhuur en -verhuur en de facetten die met de vruchtwisseling te maken hebben. In Deel A, hoofdstuk 5, zijn vooral de economische kanten van landruil, landhuur en -verhuur behandeld.

Voordelen en perspectieven

Door landhuur en -verhuur en landruil kan een ruimere vruchtwisseling worden gerealiseerd tussen bedrijven en sectoren. Huur en ruil brengen echter niet per definitie meer rustgewassen in de vruchtwisseling. Door de NRLO zijn in het verleden de mogelijkheden verkend om gedurende korte tijd grond van andere bedrijven te gebruiken om daarmee het bouwplan op het eigen bedrijf te kunnen verruimen zonder de omvang van hoogsalderende gewassen te moeten verminderen. Conclusie was dat verruiming van de rotatie gewenst is bij de zetmeelaardappelteelt, de intensieve vollegrondsgroenteteelt en de bloembollenteelt, met name de tulpenteelt (NRLO, 1990). Verder moeten beide partijen duidelijk (financieel) voordeel van de transactie hebben. Teelttechnisch worden de beste mogelijkheden voor de gewassen gezien bij de veehouderijbedrijven. Voor groenteteelt en bloembollenteelt kan ook worden uitgeweken naar akkerbouwbedrijven. De zetmeelaardappelteelt in het Noordoost Nederland zal bij verruiming van de rotatie vrij ver moeten gaan uitwijken naar zandgronden in Overijssel en naar blijvend grasland in de drie noordelijke provincies. Eventueel valt te denken aan landruil over de grens in Duitsland. Voor de de vollegrondsgroenteteelt zijn er de meeste perspectieven in de grote akkerbouwgebieden. De akkerbouwer kan een reeks gewassen telen in deelbouw en de verwerking, sortering en verpakking kan op het vollegrondsgroentebedrijf plaatsvinden. Een andere mogelijkheid is het op een centrale plaats verwerken van het product van verschillende telers. Belangrijke eis voor deze gebieden is een goede ontsluiting, verkaveling en watervoorziening voor de teelt van vollegrondsgroenten (Schroën, 1993). Alle gewassen stellen bepaalde eisen aan de grond. Grondsoorten verschillen van elkaar qua minerale samenstelling, bodemvruchtbaarheid, organische stofgehalte, pH, vochthoudendheid enz. Voldoet de grond niet aan de eisen die het gewas stelt, dan is het af te raden dit gewas in het teeltplan op te nemen (Schroën, 1993),

of deze grond te huren. Zo is de teelt van witte asperges alleen mogelijk op lichte zandgronden. Voor de teelt van vroege vollegrondsgroenten, zoals spinazie, sla, andijvie en bospeen zijn hoge, lichte gronden het meest geschikt, omdat deze in het voorjaar sneller opwarmen dan zwaardere, vochthoudende gronden. Daarentegen zijn de lichte gronden in het oosten van Nederland weer minder geschikt vanwege de grotere kans op nachtvorstschade.

Een aantal vollegrondsgroenten dat via de veiling wordt afgezet, wordt vaak geconcentreerd geteeld in het gebied rondom de veiling. Bij een grotere afstand nemen de transportkosten toe en kan het niet meer interessant zijn om het gewas nog te telen. Door de reorganisatie van de veilingen zijn er nog maar een beperkt aantal aanvoerpunten voor verse vollegrondsgroenten. Bij de teelt van deze groenten in andere gebieden wordt de afzet moeilijker. Een mogelijk oplossing is televeilen, waarbij het product centraal op één plaats wordt verkocht, maar op een andere plaats wordt aangevoerd (Schroën, 1993).

Voor verruiming van de vruchtwisseling wordt vanuit de praktijk gepleit voor de volgende maatregelen (Van Dam et al., 2006):

- opheffen van het verschil in rendement van de graanteelt tussen bedrijven met Mac Sharry-rechten en bedrijven die dat niet hebben;
- ruimere mogelijkheden voor het scheuren van grasland ten dienste van een ruime vruchtwisseling;
- bevorderen van bemiddeling tussen huurders en verhuurders.

Beperkingen en nadelen

In het kader van de mest- en mineralenregels brengen huur, verhuur en ruil extra administratieve lasten met zich mee. Hierdoor kan de animo voor huur/verhuur en ruil wellicht verminderen. Ook is er het risico dat bij opeenvolgende korte huur/verhuur de organische bemesting wordt verwaarloosd. Verder kan structuurschade een reden zijn het land niet voor bepaalde gewassen te verhuren (de late oogst van lelies). Verder kunnen de regels voor het scheuren van grasland en de derogatie belemmerend werken (Van Dam et al., 2006).

Andere knelpunten bij landruil kunnen zijn:

- een (te) grote afstand tussen de percelen van de ruilpartners. Dit werkt kostenverhogend en is ook nadelig met betrekking tot de tijdbesteding;
- beperkte mogelijkheden in de Pachtwet voor de verhuur van land, zonder dat de huurder voor langere tijd wettelijke aanspraak kan maken op gebruiksrecht. Aanpassing/verruiming van de pachtwet is noodzakelijk;
- ongunstige beïnvloeding van de bedrijfshygiëne door de gebruiker/huurder (vergroting onkruidbestand, verspreiding bodempathogenen e.d.);
- ongeschiktheid van de grond voor een optimale teelt van het andere gewas. Grond die alleen geschikt is voor grasland kan niet als ruiland worden ingezet;
- geen mogelijkheid tot berekening op het huur-/ruilperceel. Vooral bij de vollegrondsgroenteteelt van belang;
- beperkingen aan het gebruik van bestrijdingsmiddelen in waterwingebieden;
- te hoge grondwaterstand.

Problematiek en effecten op bodemkwaliteit

Het gebruik van grond door akkerbouwers (en bollentelers) op veehouderijbedrijven komt veel voor, vooral voor poot aardappelen, wortelen, uien en bloembollen. Deze gewassen kunnen om bodemgezondheidsredenen niet al te vaak op hetzelfde perceel worden geteeld, zodat de mogelijkheden op de eigen grond vaak beperkt zijn. Grondruil en –huur zijn voor de akkerbouwer aantrekkelijk, omdat hij de beschikking krijgt over 'schone' grond en omdat hij het areaal poot aardappelen, wortelen of uien kan uitbreiden. Voor de veehouder is grondruil soms aantrekkelijk om extra ruwvoer te kunnen telen en omdat maïs op schone grond vaak meer opbrengt dan in continue teelt op het eigen bedrijf en de mogelijkheid biedt om eventueel mest af te zetten. Bij grondhuur worden akkerbouwgewassen vaak geteeld na gescheurd grasland of snijmaïs.

De effecten op de bodemkwaliteit zijn in veel gevallen vergelijkbaar met de effecten van een ruimere vruchtwisseling, zoals hiervoor beschreven. Wanneer de arealen gelijk blijven en er slechts uitwisseling van gewassen plaatsvindt, kunnen er positieve effecten voor de bodemkwaliteit optreden. Meestal vindt er wel uitbreiding plaats van hoogsalderende gewassen zoals poot aardappelen, uien, groentegewassen en bloembollen. Deze gewassen zijn minder gunstig ten aanzien van de bodemkwaliteit. Daarnaast zijn er ook andere nadelen aan de teelt van akkerbouwgewassen op melkveebedrijven en de teelt van grasland of snijmaïs op akkerbouwbedrijven. Een belangrijk nadeel van grondruil en vooral van kortdurende landhuur is dat het zicht op de bodemkwaliteit minder wordt door de wisseling van gebruikers. De tijdelijke gebruiker heeft meestal nauwelijks kennis van het gebruik van het perceel in het verleden en van de bodemkarakteristieken. Omdat het gebruik veelal voor een korte periode is, voelt hij zich minder verantwoordelijk voor de bodemkwaliteit op lange termijn. Het ligt voor de hand dat een huurder niet zal investeren in de organische stofvoorziening, omdat hij daar zelf nauwelijks of geen baat bij heeft. Bij grondruil is de wederzijdse relatie nauwer en zullen beide partijen hiervoor meer oog hebben en elkaar daar ook op wijzen, om de bodemkwaliteit van de geruilde grond te handhaven.

Organische stof

De teelt van akkerbouwgewassen zoals aardappelen en uien en de teelt van bloembollen op veehouderijbedrijven is niet in alle gevallen gunstig voor het organische stofgehalte. Grasland zorgt voor een forse opbouw van organische stof, terwijl aardappelen en uien netto tot een verlies van organische stof leiden. Op de meeste veehouderijbedrijven is het organische stofgehalte echter zodanig, dat dit niet leidt tot problemen. Wanneer de snijmaïs op het melkveebedrijf ook geteeld wordt in vruchtwisseling met grasland en akkerbouwgewassen, treedt een aanzienlijke verbetering op in vergelijking met de continue teelt van snijmaïs. De afbraak van organische stof tijdens de teelt van snijmaïs wordt dan gecompenseerd door een periode van opbouw in de graslandfase. De teelt van snijmaïs op akkerbouwbedrijven is vanuit het perspectief van de organische stofvoorziening nadelig. Grasland is echter wel een goede aanvulling op een akkerbouwvruchtwisseling, omdat er veel organische stof wordt opgebouwd in een graszode.

Bodemstructuur

De gevolgen van grondruil of grondhuur voor de bodemstructuur zijn vaak niet erg gunstig: Bloembollen (lelies), pootaardappelen en snijmaïs worden alle laat in het jaar geoogst met zware machines. Structuurschade na de teelt van deze gewassen komt vaak voor. Dit betekent dat op veehouderijbedrijven bij landverhuur of grondruil meer structuurschade zal ontstaan vanwege de teelt van akkerbouwgewassen, bijvoorbeeld aardappelen of bollen voor gras, maar ook op akkerbouwbedrijven bij de teelt van snijmaïs in plaats van bijvoorbeeld graan. Grasland op akkerbouwbedrijven vormt wellicht een uitzondering, hoewel dit grasland vaak voor voederverwinning zal worden gemaaid, waarbij ook zware machines (opraapwagens, hakselaars en kipwagens) worden gebruikt. Grondhuur bij meer veehouders biedt akkerbouwers en bollentelers echter wel de gelegenheid om rekening te houden met de bodemkarakteristieken. Vroege rassen kunnen dan op de meer kwetsbare gronden verbouwd worden. Dit voorkomt grote schade aan de bodemstructuur en verhoogt de oogstzekerheid. Indien de totale omvang van de teelt van minder gunstige gewassen, zoals aardappelen, bollen en snijmaïs, niet toeneemt, zijn de gevolgen voor de bodemstructuur door landhuur en grondruil ongeveer gelijk of misschien licht positief, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van grasland op akkerbouwbedrijven. Neemt de teelt van voornoemde gewassen wel toe, dan kan dit per saldo wel ongunstig zijn voor de bodemstructuur.

Erosie

Het risico op watererosie neemt toe als een veehouder grasland gaat scheuren voor de teelt van maïs, bollen, aardappelen of andere soortgelijke akkerbouwgewassen. Andersom kan de teelt van grasland op een akkerbouwbedrijf, zeker wanneer dit tijdig in het najaar wordt ingezaaid, het risico op erosie verkleinen. Maïsteelt op akkerbouwbedrijven heeft wel een iets groter erosierisico, zeker in vergelijking met granen of graszaad. Op zand- en lössgrond bestaat momenteel de verplichting om na maïs een winterharde groenbemester te zaaien. Dit beperkt het risico op erosie.

Bodemgezondheid

Voor de akkerbouwer is grondruil of grondhuur vaak het motief om problemen met bodemgezondheid te voorkomen. De teelt van maïs op een akkerbouwbedrijf (bij landruil) levert ook voor de melkveehouder vaak voordeel op (past bedrijfstechnisch goed, een hogere ruwvoeropbrengst). Anderzijds is bekend dat aardappelen of uien na grasland vaak schade ondervinden van insectenvraat (ritnaalden en emelten). Schurft in aardappelen is ook een bekend probleem na grasland. Snijmaïs is tevens een lastig gewas in combinatie met diverse akkerbouwgewassen, omdat maïs waardplant is voor diverse aaltjessoorten. Op zandgrond is dit probleem nog vergroot door de verplichting om na maïs een groenbemester te telen. Aaltjes vermeerderen op de meeste groenbemers.

Grasland in een akkerbouwrotatie biedt wel de mogelijkheid om één- of tweejarige wortelonkruiden aan te pakken. Het onderlinge transport tussen bedrijven en het gebruik van dierlijke mest op het akkerbouwbedrijf is wel een mogelijke bron van insleep van onkruiden en bodempathogenen.

Wanneer grondruil of grondhuur gebruikt wordt voor een extensivering van de teelt van gewassen met bodemgezondheidsproblemen, dan kan dit positief zijn voor de bodemgezondheid. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn als de teelt van aardappelen op het eigen bedrijf terug gaat van 1:2 naar 1:3. In de ontstane ruimte moet dan wel een gunstig gewas komen. Wordt gestreefd naar uitbreiding van de teelt van gewassen met kans op ziekteproblemen, dan is grondruil en grondhuur in het algemeen niet positief ten aanzien van de bodemgezondheid.

De angst voor besmetting van de grond met ziekten en onkruidzaden kan de bereidheid tot verhuur doen afremmen, tenzij de verhuurder overtuigd is van de goede zorg die de huurder aan de kwaliteit van de grond besteedt. Anderzijds zal de huurder de zekerheid willen hebben dat hij de beschikking krijgt over goede grond (o.a. vrij van ziekten en niet met onkruid vervuild). Een transactie tot flexibel grondgebruik zal daarom soepeler tot stand komen, wanneer de deelgenoten overtuigd zijn van de deskundigheid en het verantwoordelijkheids-

gevoel van de wederpartij. Een dergelijke overeenkomst wordt dus bij voorkeur afgesloten door wederzijdse bekenden.

Een knelpunt bij uitwisseling tussen intensieve vollegrondsgroenten met akkerbouwgewassen of maïs is dat de intensieve vollegrondsgroenteteelt hoge eisen stelt aan de kwaliteit van bodem, perceel en cultuurtoestand (organische stofgehalte, bewortelbaarheid, uniformiteit, vlakligging, ontwateringstoestand, pH). Bouwlandpercelen voldoen lang niet altijd aan deze eisen. Een wat mindere kwaliteit is voor de vollegrondsgroenteteeler niet acceptabel, omdat het oogstproduct van de groentegewassen daardoor volledig kan mislukken.

Percelen waar continu maïs wordt geteeld, zijn minder geschikt voor rotatie met vollegrondsgroenten, omdat deze vaak een (te) lage pH hebben. De teelt van bloembollen is op deze percelen veelal wel goed mogelijk (Schroën, 1993). Ook moet rekening worden gehouden met residuen van herbiciden die in volgende teelten van vollegrondsgroentegewassen schade kunnen veroorzaken.

7.4 Samenwerking akkerbouw – veehouderij

Naast de vaak min of meer vrijblijvende grondruil en landhuur en –verhuur tussen akkerbouwers, bollentelers en veehouders worden door boeren soms ook meer langdurige, intensievere vormen van samenwerking gezocht. Door een meer gestructureerde samenwerkingsvorm kunnen afspraken beter worden vastgelegd en nagekomen. De samenwerking kan soms zo ver gaan dat alle grond van de deelnemende akkerbouw- en veehouderijbedrijven wordt samengevoegd en er één gezamenlijk bouwplan wordt opgesteld. Afgezien van een bedrijfseconomisch voordeel op korte termijn kan een doel van de samenwerking ook zijn om een duurzame bedrijfsvoering na te streven die ook naar de toekomst maatschappelijk verantwoord is.

Argumenten om meer samen te werken vormen o.a.

- mogelijkheid van vaste uitwisseling van gewassen (aardappelen bij veehouder, snijmaïs bij akkerbouwer);
- ruimere bouwplanmogelijkheden met een optimale perceelskeuze voor een gewas;
- meer ruimte voor mestafzet biedt meer mogelijkheden voor uitbreiding melkproductie; mestwetgeving bij intensieve bedrijfsvoering vormt dan geen knelpunt;
- meer organische mest of de teelt van gras op het akkerbouwbedrijf kan een betere bodemkwaliteit geven waardoor de gewasproductie de komende jaren ook met minder kunstmest op peil kan blijven;
- efficiënte inzet van machines en beperking van de mechanisatiegraad.

Als belangrijk knelpunt bij samenwerkingsvormen tussen verschillende bedrijven wordt vaak de problemen met de regelgeving genoemd, zoals inkomstenstoelagen etc.

Door LNV/WUR worden via diverse netwerken een aantal samenwerkingsvormen in de praktijk ondersteunt, zoals EcoLaNa in Friesland en Gemengd Vooruit (in het kader van Verantwoorde Veehouderij). Doel is dat informatie breed beschikbaar komt en boeren van elkaar leren.

7.5 Conclusies

Het bouwplan en de vruchtwisseling op een akkerbouwbedrijf is een optimalisatie van enerzijds het streven naar een maximaal bedrijfsrendement en anderzijds het voldoen aan de minimale vruchtwisselingeisen van met name de hoog renderende gewassen. Verruiming van de vruchtwisseling in de akkerbouw zal in de regel leiden tot een inkomensdaling op het bedrijf. Intensieve bouwplannen met veel rooivruchten geven nog altijd het hoogste rendement, ondanks opbrengstderving bij deze hoogsalderende gewassen ten opzichte van teelt in een ruimere rotatie.

Bouwplanregels, contracten, quoteringen, specialisatie van bedrijven vanwege investeringen en optimale benutting van machines en gebouwen en regionale aspecten spelen een belangrijke rol om een gekozen vruchtwisseling zoveel mogelijk te handhaven.

Verruiming van het bouwplan door de opname van andere, alternatieve gewassen hoeft niet per se tot een verbetering van de bodemkwaliteit te leiden. Verruiming in de praktijk betekent vaak de opname van meer rooivruchten. Deze worden ook in het najaar geogst met zware machines (bijvoorbeeld uien, peen, witlofwortels) en zijn niet bevorderlijk voor de bodemstructuur en ook niet voor de organische stofvoorziening, omdat dergelijk gewassen weinig organische stof nalaten. Maaigewassen c.q. rustgewassen, zoals granen en graszaad, zijn wel bevorderlijk voor de bodemstructuur en organische stofvoorziening, maar geven een laag saldo.

Ten aanzien van bodemgezondheid kan de opname van andere gewassen juist ook het optreden van bodemgebonden ziekten en plagen bevorderen, aangezien veel ziekten- en plaagverwekkers in de bodem polyfaag zijn, d.w.z. meerdere gewassen als waardplant hebben. De teelt van resistente rassen kan dan ook als een minstens zo effectieve vruchtwisselingsmaatregel worden beschouwd als een verruiming van het bouwplan.

In de veehouderij is graslandvernieuwing als zodanig wellicht niet als vruchtwisseling te beschouwen, maar heeft wel de nodige consequenties voor de bodemkwaliteit. Vooral bij ouder grasland kan bij het scheuren veel organische stof en stikstof verloren gaan. Matig grasland, voor wat betreft bodemgesteldheid en samenstelling van de grasmat, is minder productief en heeft hogere mineralenverliezen. Herinzaai kan dan toch gunstig zijn. De continue teelt van snijmaïs is ongunstig voor de bodemkwaliteit, zoals bodemstructuur en daling van het organische stofgehalte. Zonder toediening van dierlijke organische mest daalt het organische stofgehalte en vanwege de late oogst met zware machines kan bodemverdichting optreden. Teelt van maïs in afwisseling met grasland heeft wel een hoger organische stofgehalte op de maïspcelen tot gevolg, wat ook positief is voor een betere bodemstructuur. Tevens is in vruchtwisseling ook een hogere drogestofopbrengst te behalen. Keerzijde van deze vruchtwisseling is dat het organische stofgehalte van grasland bij regelmatig scheuren sterk afneemt. Verder kunnen vooral bij ouder grasland mineralenverliezen (N) optreden door afbraak van de oude zode. Wordt dit systeem van vruchtwisseling regelmatig toegepast met niet te oud grasland in de rotatie, dan kan voor zowel gras als maïs een redelijk niveau van het organische stofgehalte behouden (grasland) en verkregen (maïs) worden.

Een rotatie op het veehouderijbedrijf van snijmaïs met voedergraan (triticale/GPS) en grasland wordt in de praktijk weinig toegepast. De voederwaarde van het graangewas is minder dan die van snijmaïs en deze rotatie is ook vrij kostbaar, o.a. vanwege de inzaaikosten.

Via landruil of landhuur en –verhuur is het ook mogelijk om een ruimere vruchtwisseling te realiseren, maar ook dit zal meestal niet meer rustgewassen in het bouwplan brengen. De gebruikte gewassen zijn veelal aardappelen, bloembollen of intensieve vollegrondsgroenten, met vaak negatieve effecten voor de bodemkwaliteit. Verder zijn er ook diverse andere knelpunten die landruil of landhuur en -verhuur beperken. Genoemd kunnen worden regelgeving, grote afstand tot de percelen, geschiktheid van de percelen voor een bepaalde teelt, wederzijds vertrouwen tussen huurder en verhuurden of ruilpartners m.b.t. de kwaliteit en een goed beheer van het perceel. Tussen de veehouderij en de akkerbouw of de bloembollensector zijn er mogelijkheden om maïs met akkerbouwgewassen of bloembollen af te wisselen. Voor de intensieve groenteteelt zijn maïspcelen uit oogpunt van kwaliteit vaak minder geschikt.

Verruiming van vruchtwisseling voor maïs, door perceelsruil van veehouders met akkerbouwers, levert meestal niet zoveel op, omdat als ruilgewas vaak rooivruchten, zoals aardappelen, bij de veehouder terugkomen. Ook deze leveren geen verbetering op in organisch stofgehalte of vermindering van bodemverdichting. Er vindt geen extensivering plaats.

Verplaatsing van teelten (met name bollen) naar andere regio's van Nederland is lang niet altijd mogelijk, vanwege specifieke eisen die sommige teelten aan de grondsoort stellen, regionale klimaatverschillen en afzetmogelijkheden van het product of transportkosten (o.a. concentratie van bepaalde teelten rondom een veiling).

7.6 Aanbevelingen en oplossingsrichtingen

In Deel A, hoofdstuk 2 zijn al enkele aanbevelingen en oplossingsrichtingen genoemd in het kader van verruiming van vruchtwisseling ten behoeve van bevordering van duurzaam bodemgebruik.

Ter bevordering van de bodemkwaliteit, vooral ten aanzien van bodemstructuur en organische stofvoorziening, zijn meer rustgewassen (granen) in de vruchtwisseling wenselijk. Om agrariërs meer te stimuleren in het telen van deze meer bodemvriendelijke gewassen, zal dit financieel gesteund moeten worden middels hogere prijzen of extra gewassteun.

Aangezien bij een ruimere vruchtwisseling veel gewassen hogere opbrengsten geven, vanwege o.a. een hoger organische stofgehalte, betere bodemstructuur en meestal minder gezondheidsproblemen (ook betere onkruidbeheersing) dan bij een intensieve rotatie, is het gewenst de financiële consequenties voor telers duidelijk inzichtelijk te maken. Omdat boeren meestal geen direct referentiekader (vergelijking) hebben, kunnen gewasopbrengsten die zij op hun bedrijf realiseren moeilijk objectief aan een bepaalde vruchtwisseling worden toegerekend. Het belang van een goede vruchtwisseling dient onderstreept te worden.

Voor de veehouderij lijkt het aan te bevelen duidelijke richtlijnen te formuleren ten aanzien van de wenselijkheid van herinzaai van grasland. Ook de voor- en nadelen van continue teelt maïs kunnen uitgediept worden.

Verruiming van vruchtwisseling door landruil, landhuur of –verhuur of door samenwerking tussen akkerbouwers, bollentelers en veehouders dient gestimuleerd te worden. Uit oogpunt van bodemkwaliteit moet hierbij wel het doel zijn om het areaal rooivruchten niet te laten toenemen, maar beter te verdelen en gewassen op de meest geschikte percelen te telen. Eventuele belemmeringen in de regelgeving moeten dan worden opgelost.

8 Optimalisering van water- en peilbeheer

De landbouw speelt een grote rol bij het waterbeheer en de inrichting hiervan. Naast afvoer van overtollige neerslag heeft dit o.a. ook betrekking op aanvoer van water in droge tijden, peilbeheer en waterkwaliteit. Waterbeheer heeft een duidelijke relatie met bodemkwaliteit. De gewasgroei is niet alleen afhankelijk van de hoeveelheid neerslag, maar ook van de beschikbare hoeveelheid vocht die de bodem kan vast houden. Bij natte omstandigheden van de bodem nemen de berijdbaarheid en draagkracht af en kan structuurschade ontstaan. Verder speelt de vochtinhouding in de bodem een belangrijke rol bij de mineralenopname en -verliezen. Andersom heeft de bodemkwaliteit, bijvoorbeeld het gehalte aan organische stof, ook weer invloed op de waterhuishouding.

Het waterbeheer in de landbouw is ook van grote betekenis voor diverse maatschappelijke thema's. De sterke nadruk die (in het verleden) gelegd is op snelle waterafvoer ten behoeve van de landbouw, heeft bijvoorbeeld mede geleid tot verdroging van natuurgebieden. Verlaging van het waterpeil in het veenweidegebied versnelt de bodemdaling, met grote gevolgen voor overheden en burgers.

8.1 Water- en peilbeheer, omvang en betekenis

Een goed waterbeheer betekent voor boeren voldoende afvoer van (regen)water in natte perioden, maar ook voldoende wateraanvoer in droge perioden. Goede ontwatering zorgt voor een betere bodemkwaliteit door minder kans op structuurschade en door een betere groei van gewassen (betere doorworteling). Verder is een goede (snelle) afwatering zeer belangrijk voor het behoud van draagkracht en bewerkbaarheid.

Voor boeren, zowel akkerbouwers als veehouders, is wateroverlast vaak het grootste knelpunt. Dit vertaalt zich naast een mindere gewasgroei ook vaak naar een slechte berijdbaarheid, zowel bij zaaïen als oogsten en een te geringe draagkracht voor het weiden van vee. Wateroverlast speelt vooral op klei- en veengrond, maar ook op lager gelegen zandgronden.

In Nederland is grondwaterafhankelijke natuur op grote schaal in meer of mindere mate verdroogd door met name ontwatering ten behoeve van landbouw (snelle afvoer), stedelijke bebouwing en infrastructuur en door grondwaterwinning voor industrieel gebruik en drinkwater. Daarom kan daar waar dit zinvol is het vasthouden van gebiedseigen water (neerslag) en het tijdelijk bergen van gebiedsvreemd water worden gezien als een maatschappelijke wens. Landbouw kan in bepaalde gebieden bijdragen aan het herstel van verdroging door genoeg te nemen met een suboptimale ontwatering (bijvoorbeeld door verhoging slootwaterpeil) en beperking of afzien van beregening met grondwater.

Voor de ontwatering van landbouwpercelen zijn de *agrariërs* zelf verantwoordelijk. Dit houdt o.a. in het aanleggen en onderhouden van drainage, het schonen en eventueel uitdiepen van perceelssloten, afvoergreppels maken in natte percelen, natte percelen eventueel iets rond te leggen, aanleggen van stuwtjes op perceelsniveau en (indien toegestaan) afgraven van een perceel. Voor droge zandgronden is dit 'verhoging' van het grondwaterpeil. Deze maatregelen betekenen meestal duurzame investeringen in bodemkwaliteit.

Op gebiedsniveau zijn *waterschappen* verantwoordelijk voor de wateruitlaat (afvoer) met voldoende gemaalcapaciteit en het regelen van het waterpeil in tochten en vaarten en het onderhoud van de grote watergangen. In wateraanvoergebieden zijn ze daarnaast ook verantwoordelijk voor voldoende wateraanvoer in perioden met watertekort. Ook zijn ze verantwoordelijk voor een goede oppervlaktewaterkwaliteit. Om aan de waterkwaliteitsnormen voor beregeningswater te voldoen worden watergangen in brakke kwelgebieden vaak doorgespoeld. De verantwoordelijkheden van waterbeheerders zijn vastgelegd in de zogenaamde peilbesluiten. *Provincies* zijn verantwoordelijk voor het grondwaterbeleid. Voor het beregenen met grondwater of water uit tochten en sloten is meestal dan ook een provinciale vergunning noodzakelijk. Vanaf 2007 worden in aantal provincies de waterschappen belast met het verlenen van vergunningen.

Er kan sprake zijn van tegengestelde belangen tussen boeren, waterschappen, overheden en maatschappelijke organisaties, en soms in een regio ook tussen boeren onderling. Wat voor boeren optimaal is, is vaak minder of niet optimaal voor andere partijen. In overleg kunnen echter goede compromissen ontstaan.

De Provincie Noord-Brabant bijvoorbeeld heeft hieraan invulling gegeven in de vorm van het 'Project Agrarisch Grondwaterbeheer (AGB)'. Dit project is gestart in 2000. AGB geeft invulling aan de intentieverklaring 'Beregenen op Maat' en 'Waterconservering 1999' en is ondertekend door de Provincie Noord-Brabant, de ZLTO, de Noord-Brabantse Waterschapsbond en de Brabantse Milieufederatie.

Om ook rekening te kunnen houden met andere belangen in het landelijk gebied, naast die van de landbouw, is het gebruik van het Waternoodinstrumentarium (modelprogramma voor simulatie grondwaterstanden etc.) een goed hulpmiddel. Door de Unie van Waterschappen (UWV) en de Dienst Landelijk Gebied (DLG) is dit in 1998 aangemerkt als standaard voor het ontwerpen en simuleren van het waterbeheer. Met Waternood kan het Gewenste Grond- en OppervlaktewaterRegime (GGOR) worden bepaald. Het GGOR kan afwijken van het voor de

landbouw Optimale Grond- en Oppervlaktewaterregime (OGOR). Is dit het geval, dan zijn vaak aanpassingen aan het regionale watersysteem noodzakelijk. Naast aanpassingen in het peilbeheer zijn ook aanpassingen in de ontwatering van percelen noodzakelijk, bijvoorbeeld in de vorm van regelbare ontwatering (controlled drainage) (Van Bakel, 2003; Vlotman en Jansen, 2003). De HELP-tabellen zijn hierop ook aangepast (Van Bakel et al., 2005).

8.2 Water- en peilbeheer in de akkerbouw

Huidige ontwatering

Het huidige watersysteem is vooral ingericht op het optimaliseren van de vochtvoorziening (droogleggingwens) voor de landbouw, met als doel het verkrijgen van een maximale gewasopbrengst van goede kwaliteit en goede oogstomstandigheden. De ontwateringcriteria zijn dan ook vooral gericht op het zo snel mogelijk afvoeren van neerslagoverschotten. Hierdoor kan elders wateroverlast ontstaan, bovendien gaat een snelle ontwatering soms met flinke N- en P-verliezen naar het oppervlaktewater gepaard.

Een goede ontwatering op perceelsniveau vindt plaats door het graven van sloten of greppels en door de aanleg van buisdrainage. Voor een goede ontwatering van percelen is daarbij een goede doorlatendheid van de bodem, en dus een goede bodemstructuur essentieel.

In het zomerseizoen kunnen watertekorten worden aangevuld door te beregenen uit grond- of oppervlaktewater. Dit kan leiden tot vermindering van de grondwatervoorraden en daardoor verdroging van grondwaterafhankelijke natuurgebieden. Voor beregenen uit oppervlaktewater is aanvoer van grote hoeveelheden gebiedsvreemd water nodig. Door klimaatsveranderingen zullen waarschijnlijk in de toekomst vaker grotere neerslagoverschotten, maar ook grotere neerslagtekorten voorkomen.

De optimale landbouwkundige ontwateringdiepte is gebaseerd op experimenten die in het verleden op de zogenaamde grondwaterstandproefvelden zijn uitgevoerd. Ook zijn in het verleden relaties tussen bewerkbaarheid van percelen en drukhoogte in de bodem proefondervindelijk vastgelegd (zie o.a. Beuving, 1984; Van Hoorn, 1958; Huitema, 1987; Van der Voort en van Soesbergen, 1988). Deze gegevens zijn o.a. door Van Wijk (Van Wijk et al., 1988) gebruikt om door middel van modelberekeningen de optimale draandiepte en afstand te bepalen. Belangrijk criterium is hierbij de gewenste voorjaarsgrondwaterstand. Deze kan afgeleid worden als de grondwaterstand waarbij de capillaire nalevering tot aan bewerkingsdiepte kleiner wordt dan de potentiële etmaalverdamping van onbedekte grond op droge maartdagen (Huinink, 1988). Binnen een bepaalde bandbreedte is het mogelijk om dieper en minder intensief te draineren, of ondieper maar intensiever. Daarbij speelt ook de afweging tussen het tolereren van nat- of droogteschade een rol. Vooral uit kostenoverwegingen is in het verleden vaak gekozen voor zo diep mogelijk draineren. Nadeel van minder drains is dat de opbolling tussen drains toeneemt, waardoor ook de ruimtelijke variatie in grondwaterstanden toeneemt. In de door Huinink (1988) opgestelde drainagecriteria wordt meer dan in het verleden rekening gehouden met het optreden van droogteschade. Veel percelen zijn echter nog volgens de oudere drainagecriteria gedraineerd. Herdrainage vindt maar weinig plaats, deels vanwege de vervallen drainagesubsidies, maar ook vanwege de mindere financiële situatie van de landbouw.

Flexibel peilbeheer en regelbare drainage

De belangrijkste doelstelling van flexibel peilbeheer en regelbare drainage is het vasthouden van neerslagoverschotten. In Nederland worden neerslagoverschotten vastgehouden om wateroverlast elders te voorkomen (piekberging) of om droogte te bestrijden (waterconservering en subirrigatie). Flexibel peilbeheer voor het tegengaan van bodemdaling in veengebieden is voor akkerbouw minder relevant.

Flexibel peilbeheer kan verschillende, soms tegengestelde, doelstellingen hebben:

- piekberging van neerslagoverschotten;
- het tegengaan van bodemdaling in veengebieden;
- het terugdringen van zoute kwel in kustgebieden;
- verminderen emissies van landbouwpercelen;
- verbeteren ecologie (waterleven) in sloten;
- droogtebestrijding in de landbouw.

Bij wateroverlast gaat het vooral om het vasthouden van neerslagpieken (bestrijden wateroverlast); bij waterconservering om het vasthouden van neerslagoverschotten om droogte te kunnen bestrijden. Bij waterconservering kan onderscheid gemaakt worden tussen het vasthouden van lokale neerslagoverschotten en van subirrigatie en infiltratie van water dat van elders aangevoerd wordt.

Flexibel peilbeheer kan daarnaast als primaire doel het verbeteren van de oppervlaktewaterkwaliteit hebben in plaats van het (tijdelijk) verhogen van de grondwaterstand. Het gaat dan om het terugdringen van brakke kwel en het verbeteren van het slootecosysteem.

In het buitenland wordt flexibel peilbeheer niet alleen voor droogtebestrijding toegepast, maar ook gezien als een methode om landbouwemissies naar het oppervlaktewater te verminderen.

Effecten op werking van (onderwater)drains

Bij peilverhoging kunnen drains gedurende kortere of langere tijd onder water te staan (BOW-Werkgroep Drainage, 1997; Stuyt 1998a,b). Het langdurig onder water staan van drains kan een nadelige invloed hebben op de mechanische en de hydraulische eigenschappen van de grond nabij de drains. De structuur van de grond kan verslechteren (verslemping) en er kan biologische verstopping optreden. In de praktijk wordt vaak ook aangegeven dat de werking van drains afneemt bij (tijdelijk) het onderwater staan. Door Stuyt (1998a,b) werd een brainstormsessie georganiseerd en een literatuuronderzoek verricht naar ervaringen met het onder water zetten van drains. De navolgende conclusies werden getrokken:

1. Het permanent onder water staan van drains op stabiele zandgronden heeft in principe geen nadelige uitwerking op de doorlatendheid van de grond rondom drains.
2. Het permanent onder water staan van drains op zware kleigronden hoeft geen nadelige uitwerking op de doorlatendheid van de grond rondom de drains te hebben. Is dit onder water staan beperkt tot enkele maanden, dan lijkt het risico gering. Worden de drains jarenlang permanent onder water gezet dan is een grote doorlatendheid op de lange termijn echter niet vanzelfsprekend.
3. Het permanent onder water staan van drains op slempgevoelige gronden heeft in het verleden minder vaak tot problemen met de doorlatendheid geleid dan algemeen werd verondersteld.
4. Het onder water lopen van drainage brengt minder risico's met zich mee dan algemeen wordt aangenomen.

Piekberging van neerslagverschotten

Door waterbeheerders wordt momenteel sterk ingezet op het aankopen van grond voor waterberging (bijvoorbeeld Ruimte voor de Rivier). Waterberging hiervoor vindt vooral op het maaiveld plaats en dan vooral in veehouderijgebieden. In de provincies met hoofdzakelijk akkerbouw (Zeeland en Flevoland) wordt nagedacht over waterberging of water vasthouden in akkerbouwpercelen (Bersselaar et al., 2004). In het laatste geval wordt water in watergangen en in percelen (dus beneden maaiveld) vastgehouden.

Om piekberging mogelijk te maken is het noodzakelijk dat vóór de periode van piekberging voldoende bergingsruimte in de bodem wordt gecreëerd en dat na de periode van piekberging het vastgehouden water zo snel mogelijk wordt afgevoerd. Momenteel zijn er drainagesystemen in ontwikkeling waarbij wateroverlast tot het minimum beperkt blijft. Het idee is om relatief diep met een hoge dichtheid te draineren, waardoor snel en veel bergingsruimte wordt gecreëerd. Om pieken te kunnen bergen worden slootpeilen opgezet, waarbij drains onder water komen te staan. Bij het opzetten van slootpeilen is het niet de bedoeling dat het grondwater tot in de bouwvoor komt. Het risico dat dit gebeurt, is kleiner door de hoge draindichtheid, wat een geringere opbolling geeft. Door de hoge draindichtheid kan na de periode van piekberging snelle ontwatering plaatsvinden. Nadeel van een dergelijk overgedimensioneerd drainagesysteem is dat de kans op droogteschade in het groeiseizoen toeneemt.

Droogteschade kan worden verminderd door in de zomerperiode drains onder water te zetten, waardoor wel de ontwatering wordt afgeremd. Een andere mogelijkheid is om een deel van de drains af te doppen.

Vasthouden van water voor verbeteren van de waterkwaliteit

In Nederland zijn er momenteel geen projecten waarbij water in de bodem wordt vastgehouden om emissies naar het oppervlaktewater te verminderen. In de Verenigde Staten is hiervoor wel aandacht. Regelbare ontwatering wordt hier als 'Best Management Practice' gezien. Bij regelbare ontwatering zijn de drainagebuizen diep, met vrij hoge dichtheid aangelegd en staan daarbij permanent onder water. De hoeveelheid water boven de drains kan worden ingesteld met stuwbeheer in een sloot of een instelbare uitstroomopening op een verzameldrain. Door het (tijdelijk) vasthouden van nutriëntenrijke neerslagoverschotten, daalt de totale waterhoeveelheid naar het oppervlaktewater en daarmee de nutriëntenhoeveelheid, vooral nitraat. Bovendien bevordert de langere verblijftijd van water in de bodem het denitrificatieproces (Evans et al. 1995). Doordat de grondwaterstand uniformer zal zijn, is de kans kleiner dat grondwater in de bouwvoor terechtkomt. Ten slotte worden kavelsloten bij gebruik van een verzameldrain overtollig. Door deze sloten te dempen zal minder afspoeling van fosfaat plaatsvinden (Van Bakel et al., 2007).

Een nadeel van het vasthouden van neerslagoverschotten ten behoeve van waterkwaliteit is dat hierdoor de ruimte om water in percelen te bergen wordt verkleind, hierdoor neemt bij flinke neerslag de kans op afspoeling toe. Het vasthouden van water voor het verbeteren van de waterkwaliteit gaat dus niet altijd goed samen met piekberging, maar door gebruik te maken van 'slimme' ontwatering (d.w.z. systemen waarmee kan worden geanticipeerd op neerslag) kan dit probleem grotendeel worden voorkomen.

Het tijdelijk vasthouden van nutriëntenrijke neerslagoverschotten kan een optie zijn voor percelen die aan eutrofiëringsgevoelige natuurgebieden grenzen. Ook de Kaderrichtlijn Water kan ertoe bijdragen dat in de toekomst meer interesse komt voor het vasthouden van neerslagoverschotten vanuit het oogmerk van waterkwaliteit.

Droogtebestrijding – Beregening

Tijdens droge perioden is beregening een van de belangrijkste manieren van wateraanvoer voor de landbouw. Ruim 30% van de boeren bezit een beregeningsinstallatie (Bron: Brochure Boeren met water, CLM 2001). In droge jaren wordt op circa 20.000 landbouwbedrijven (excl. tuinbouw) ruim 300.000 ha beregend. In minder droge jaren is dit minder dan 200.000 ha. Een kleine helft hiervan betreft de oppervlakte akkerbouwgewassen. In de akkerbouw worden vooral aardappelen en in mindere mate maïs en suikerbieten beregend. Ook bolgewassen worden veel beregend. Daarnaast wordt beregening ook wel toegepast om in een droge periode bij gevoelige gewassen de opkomst en beginontwikkeling te bevorderen (o.a. bij de teelt van witlofpennen). Meestal is slechts sprake van een relatief klein en kortdurend vochttekort bovenin de bouwvoor. De verstrekte hoeveelheid water kan beperkt blijven. In grote gebieden van Nederland is beregening van aardappelen uit oppervlaktewater verboden om besmetting en uitbreiding van bruinrot en ringrot tegen te gaan. Het beregenen uit grondwater kan leiden tot vermindering van de grondwatervoorraden en verdroging van grondwaterafhankelijke natuurgebieden. Voor beregenen uit oppervlaktewater is aanvoer van grote hoeveelheden gebiedsvreemd water nodig.

Droogtebestrijding - Conservering van lokale neerslagoverschotten

Een aantal projecten op dit gebied worden hierna besproken. De projecten zijn niet alleen van belang voor de akkerbouw, maar ook voor de veehouderij. In het eerder genoemde project Agrarisch Grondwaterbeheer (AGB) van de Provincie Noord-Brabant, gestart in 2000, worden 'Beregenen op Maat' en 'Waterconservering 1999' verder uitgewerkt. Deelnemers krijgen niet alleen kennis en instrumenten aangereikt, waarmee ze op hun bedrijf efficiënter met het gebruik van grondwater om kunnen gaan, maar ook een vergoeding van de Provincie Noord-Brabant. Deze vergoeding compenseert de jaarlijkse provinciale grondwaterheffing. Voor de ondernemer bestaat de besparing verder uit vermindering van de directe kosten voor beregening, vanwege een efficiënte uitvoering. Als kosten staan daar tegenover de kosten voor het gebruik van de beregeningsplanner en eventuele meetapparatuur voor het meten van het vochtgehalte in de grond. Deze kosten kunnen worden geschat op € 100 - € 200 per jaar. De beregeningsplanner is een hulpmiddel om vast te stellen of beregening wel of niet nodig is.

De projecten 'Watermanagement Benelux Middengebied' en 'Waterconservering 2^e Generatie' (De Louw et al., 2001; Snepvanger et al., 2004) hebben ook tot doel boeren bewust te maken van hun watergebruik, bovendien wordt door het plaatsen van stuwstijlen (agrarisch stuwbeheer) en het opzetten van slootpeilen grondwatervoorraden aangevuld. In het project Watermanagement Benelux Middengebied lag de nadruk vooral op de effecten van peilverhoging op de aanvulling van de grondwatervoorraad. Het blijkt dat de reactie van de grondwaterstand sterk afhankelijk is van de doorlatendheid van de bodem en de afstand tot de sloot. In gebieden waar geen water aangevoerd kan worden, is het effect van peilverhoging op het ondiepe grondwater gering, wel vindt substantiële aanvulling van het diepe grondwater plaats. Ook blijkt dat droogte in de landbouw alleen bestreden kan worden door zeer vroeg in het seizoen of jaarrond slootpeilen te verhogen. Hierdoor kunnen echter wel de voorjaarswerkzaamheden in de knel komen.

De agrarische projecten op het gebied van stuwbeheer worden als zeer succesvol beschouwd. Het vastgehouden water komt echter vooral ten goede aan het diepe grondwater, maar een beperkt deel komt ten goede aan het gewas. In niet gedraineerde percelen is het effect van peilverhoging voor de landbouw dan ook gering. Alleen in wateraanvoergebieden, waarbij water via drains in percelen wordt geïnfilteerd kan substantieel op beregenen bespaard worden. In deze projecten zijn vanwege de kleinschaligheid geen problemen met wateroverlast ontstaan. Bij grootschalige toepassing van waterconservering kan wel wateroverlast ontstaan, zeker als boeren tegelijkertijd de stuwstijlen strijken (Van Bakel, 2002). Bij grootschalige toepassingen zullen waterbeheerders en niet de boeren de regie over het stuwbeheer moeten voeren.

Droogtebestrijding - Subirrigatie via drains

Zowel in de bollenteelt als in de akkerbouw (Noordoostpolder) is in het verleden geëxperimenteerd met het infiltreren van oppervlaktewater in percelen via drains (Kalisvaart, 1958). Incidenteel vindt dit nog steeds plaats in de bollenteelt. In de Noordoostpolder wordt momenteel geen gebruik meer gemaakt van het subirrigatiesysteem. Infiltratie van water in de bodem via drains is alleen goed mogelijk op goed doorlatende zandgronden, of bij klei op zand, waarbij de drains in het zandpakket liggen (Clevering en Van Bakel, 2006).

Vanuit het waterbeheer is er momenteel hernieuwde belangstelling voor subirrigatie en innovatieve drainagesystemen. Uit het project Waterconservering 2^e Generatie blijkt dat op goed doorlatende gronden substantiële verhoging van de grondwaterstand plaats kan vinden door subirrigatie. Voordeel voor de landbouw is dat minder beregend hoeft te worden.

Door Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (PPO) en Alterra is in de periode 2000 t/m 2004 onderzoek gedaan naar de agronomische en milieukundige gevolgen van subirrigatie via drains (Clevering et al., 2006a; De Vos et al., 2006). Ook uit dit onderzoek blijkt dat minder beregend hoeft te worden bij subirrigatie. Wel resulteerde de 30 cm hogere grondwaterstand in een afname van de hoeveelheid beschikbare stikstof (Clevering et al., 2006b). Zowel uit berekeningen van TNO (Bos et al., 2004) als Alterra blijkt dat voor subirrigatie veel gebiedsvreemd water moet worden aangevoerd.

Uit de literatuur (Van Bakel, 1986) is bekend dat bij subirrigatie circa 20% van het aangevoerde water direct beschikbaar komt voor het gewas, bij beregenen ligt dit op circa 50-60%. Een nadeel van het verhogen van de grondwaterstand is dat hierdoor de ruimte voor waterberging in de bodem afneemt. Bij hevige neerslag kan dit tot wateroverlastsituaties leiden.

Terugdringen brakke kwel

Bij maatregelen die gericht zijn op het terugdringen van brakke kwel is het belangrijk om onderscheid te maken tussen het verminderen van brakke kwel in sloten (verbeteren oppervlaktewaterkwaliteit voor de landbouw) en het tegengaan van verzilting van het bodemvocht (in stand houden van een zoetwaterlens).

Verzilting oppervlaktewater

In kustgebieden worden watergangen doorgespoeld om oppervlaktewater voor beregenen geschikt te maken. In de toekomst zal er minder zoetwater voor doorspoelen beschikbaar zijn, terwijl de zoute kweldruk toeneemt. Door peilverhoging kan zoute kwel in watergangen worden teruggedrongen. Peilverhoging kan echter ook tot hogere grondwaterstanden leiden waardoor er een toename ontstaat in capillaire aanvoer van brak grondwater naar de wortelzone.

In de polder Noordplas (beheergebied Hoogheemraadschap Rijnland) zijn experimenten uitgevoerd met het terugdringen van brakke kwel door het verhogen van slootpeilen. Akkerbouw vindt vooral op zavel met circa 25% afslibbaarheid plaats. De drains liggen op 150 cm –mv met een onderlinge afstand van 10 m. Het jaarrond opzetten van slootpeilen met 50 cm of het 50 cm ondieper leggen van drains resulteerde in een grondwaterstijging van circa 25 cm in de winter en circa 45 cm in de zomer. Natschade werd met behulp van de HELP-tabellen berekend op € 502 per jaar bij jaarrond vernatten en op € 368 euro per jaar bij alleen zomerpeilverhoging. Natschade kan bijna volledig voorkómen worden door het hanteren van een twee keer hogere draindiepte (Dik et al., 2004). Bij een drainagediepte van 1 m beneden maaiveld wordt de grens bereikt wat betreft de mogelijkheden voor aanpassingen aan het drainagesysteem.

Verzilting bodemvocht

Door Maas (2005) wordt in de 'Droogtestudie Nederland' gesteld dat het gunstig is het slootpeil pas op te zetten als er echt behoefte is aan beregeningswater, dit om te voorkomen dat de grondwaterspiegel minder diep wegzaakt of zelfs weer omhoog komt. Daarbij zal niet overdadig beregend mogen worden, zodat de grondwaterstand wel voortdurend lager blijft dan het slootpeil. Bij het opzetten van slootpeilen zal instroming van water in percelen vanuit sloten zoveel mogelijk voorkomen moeten worden. Maatregelen om verzilting te bestrijden (lage grondwaterstanden) kunnen dus deels haaks staan op maatregelen om droogte te bestrijden. De vraag daarbij is of zoutschade erger is dan droogteschade (zie ook Clevering et al., 2006a). Door Maas wordt verder aanbevolen om diep te draineren en zoute kwel af te vangen langs de randen van zoute kwelpolders.

Verbeteren ecologie sloten

Het ecosysteem van sloten kan aanmerkelijk verbeterd worden als in de zomerperiode slootpeilen worden opgezet. Ook hierbij geldt dat eventuele landbouwschade sterk afhangt van mogelijkheden om ondieper, maar intensiever te draineren en van de mogelijkheid om drains onder water te zetten.

In hoeverre waterbeheerders daadwerkelijk zullen streven naar het verbeteren van slootecosystemen is moeilijk te voorspellen. Sloten zijn in de Kaderrichtlijn Water niet als waterlichamen opgenomen.

8.3 Water- en peilbeheer in de veehouderij

Betekenis en achtergrond

Het waterbeheer voor de veehouderij heeft vooral betrekking op grasland. Veel grasland in Nederland ligt op gronden die van nature te maken hebben met hoge waterpeilen en hoge grondwaterstanden in de winter. Het grootste probleem vormt hierbij de slechte draagkracht van het grasland in natte perioden. Dit geldt niet alleen voor grasland op (lage) veengronden maar ook voor grasland op (lage) zand- en kleigrond. Ontwatering en peilbeheer worden dan ook ingezet om dit te verbeteren. Op de drogere zandgronden heeft het waterbeheer vooral te maken met aanvoer van water voor beregening.

Een belangrijk gewas voor de veehouderij is snijmais, met een gemiddelde oppervlakte de laatste jaren van circa 250.000 ha per jaar (CBS-Statline). Problemen met natheid en wateroverlast bij het zaaien komen weinig voor vanwege het late inzaaitijdstip. Tijdens het groeiseizoen kan in perioden met veel neerslag op natte en verdichte percelen met hoge grondwaterstanden en hoge slootpeilen plasvorming ontstaan, waardoor groeivertraging optreedt. Ook de beschikbaarheid van mineralen komt dan vaak in de knel. Op deze natte percelen is vaak fosfaatgebrek te constateren. Op de hogere zandgronden komt dit nauwelijks voor. Bij de oogst van het gewas kan bij natte omstandigheden in het najaar veel structureerschade ontstaan door het gebruik van de zware oogstmachines. Dit geldt vooral voor maïspancelen op gronden die van nature relatief hoge grondwaterstanden kennen. In droge zomers wordt maïs op de drogere zandgronden soms beregend. De veehouder heeft wel vaak de voorkeur om eerst het grasland te beregenen.

Draagkracht van grasland

Als beoordelingsnorm voor de draagkracht van de bodem wordt meestal een indringingsweerstand van 0,6 Mpa (= 6 kg per cm²) aangehouden. Grasland heeft gemiddeld voldoende draagkracht om schade door vertrapping bij beweiding en door berijding te voorkomen wanneer de indringingsweerstand < 0,6 Mpa bedraagt. Deze norm is gebaseerd op veldonderzoek in de zestiger jaren (Van Wijk, 1984). De draagkracht is ook gerelateerd aan de vochtspanning (natheid) van het perceel. Hoe vochtiger de bovenste laag (zode) is, hoe minder het draagvermogen wordt. Daarnaast blijkt op percelen met diepere slootpeilen (met name op veengrond) de draagkracht bij gelijke natheid duidelijk hoger dan op percelen met een hoger slootpeil. Dit is een gevolg van een sterkere krimp van de grond bij een dieper peil, waardoor de dichtheid wat groter is. Bij een hoog slootpeil is de kans hierop groter dan bij een laag slootpeil (Schothorst, 1965). Ook op andere grondsoorten zijn voor verschillende graslanden relaties gevonden tussen draagkracht en bodemvocht (vochtspanning) van in de bovenlaag (zode).

De draagkracht en daarmee ook de hoogte van het slootpeil heeft gevolgen voor het aantal dagen per jaar dat er op een perceel bewerkingen kunnen worden uitgevoerd, zoals beweiden en maaien. Dit heeft gevolgen voor de bedrijfsvoering. Voor veengrond in Zegveld en voor een humeuze klei op veengrond in Hoenkoop is over een periode van 30 jaar gekeken naar het aantal dagen per maand dat het grasland voldoende draagkracht bezat voor beweiden en berijden (> 0,6 Mpa) (Van Wijk, 1984). Uit deze gegevens blijkt dat voor lage slootpeilen het aantal dagen met voldoende draagkracht beduidend hoger ligt dan bij hoge slootpeilen. In de zomerperiode is het aantal dagen met goede draagkracht meestal wel voldoende; in het najaar en voorjaar vaak beperkend voor de bedrijfsvoering.

Onvoldoende draagkracht op veengronden kan leiden tot vertrappingverliezen en economische schade. In de jaren 1985-1987 is onderzoek uitgevoerd naar de kwantificering van deze vertrappingverliezen (Beuving et al., 1989). De vertrappingverliezen werden bepaald door koeien over grasstroken te laten lopen zonder dat er sprake was van een echte beweiding. Uit de gegevens zijn formules ontwikkeld waarbij aan de hand van de draagkracht een percentage vertrapping en opbrengstverlies aan drogestof kan worden berekend. Een slechte draagkracht van 0,3 MPa gaf circa 40% meer vertrappingverlies dan een draagkracht van 0,7 MPa. Dit gaf een opbrengstverlies van circa 460 kg drogestof per ha bij een grasaanbod van ongeveer 2.000 kg (ruime weidesnede). De beweidingduur nam af van 4 naar 3 dagen. Door de relaties tussen enerzijds draagkracht (MPa) en mate van vertrapping (in %) en anderzijds tussen mate van vertrapping en opbrengstverlies (in %) kan ook een verband tussen draagkracht en opbrengstverlies worden vastgesteld. De gegevens over opbrengstverliezen kunnen gebruikt worden voor de berekening van de economische gevolgen voor het bedrijfsresultaat van een veehouder bij verhoging van het slootpeil.

Door toepassing van simulatiemodellen kan de vochtspanning van dag tot dag worden berekend aan de hand van de werkelijke neerslag, verdamping, bodemeigenschappen en ontwateringdiepte. Voor diverse grondsoorten is ook de relatie tussen draagkracht en drukhoogte bodemvocht bekend. Voor de meeste grondsoorten kan dan ook worden aangegeven wat de draagkracht is en welke vertrappingverliezen zullen optreden. Tevens kunnen zo opbrengstverliezen bij beweiding worden berekend en de invloed hiervan op de hergroei van het gras.

Onderzoek van Holshof et al. (1994) op Praktijkcentrum Zegveld naar vertrapping en grasaanbod bevestigen bovenstaande resultaten. Ook uit dit onderzoek kwam naar voren dat op gronden met een goede draagkracht, met een indringingsweerstand > 0,7 MPa, geen schade door vertrapping voorkwam. Gronden met een indringingsweerstand van < 0,5 MPa zijn echter zeer gevoelig voor vertrapping. Het percentage vertrapping kon met de formule van Beuving goed berekend worden. Als gevolg van een slechte draagkracht namen bij een 4-daagse beweiding de verliezen door vertrapping toe met ruim 30% van de oppervlakte. Nadelige effecten van de vertrapping op opbrengst en voederkwaliteit kwamen in dit onderzoek niet duidelijk naar voren. Een daling van de voederwaarde zou wel te verwachten zijn vanwege meer aanklevende grond aan het gras door vertrapping. Dat er geen verschillen in opbrengst en voederwaarde werden gevonden kwam door de opzet van de proef. Het verschil in draagkracht werd verkregen door de grond nat te maken door beregening. Indien het gras na een vertrapping niet wordt afgemaaid en verwijderd, kan het vertrapte gras weer bijdragen aan de opbrengst van de volgende snede. Dit geldt vooral voor een lichte vertrapping. Bij een zware vertrapping is het groene bladoppervlak wel beschadigd en blijft de hergroei hierdoor achter. Vertrapping tijdens regenachtige periodes zal meestal wel hogere grondgehalten in het gewas geven en daardoor een lagere voederwaarde (VEM-waarde) veroorzaken.

In natte perioden is, afhankelijk van de duur en het aandeel natte percelen met een slechte draagkracht in de totale bedrijfsomvang, de veehouder genoodzaakt bij beweiding zijn vee langer op stal te houden, of tussentijds op te stallen. Dit gaat ten koste van de ruwvoervoorraad; er zal bijvoorbeeld extra kuilvoer worden gebruikt. Een ander aspect is dat de voederkwaliteit van het gras, wanneer beweiding niet mogelijk is, achteruit gaat, omdat de groeiduur (veroudering) toeneemt. Dit laatste geldt ook bij het maaien voor ruwvoerwinning. Naast een teruggang

van de voederkwaliteit kan door het maaien van een relatief zware snede, vanwege het uitstellen, ook vertraging van de hergroei van het grasbestand optreden. Hierdoor bestaat meer kans op een open zode waarin minder gewenste grassoorten naar voren kunnen komen. Wanneer grasland met een goede vochtvoorziening te maken krijgt met een langdurige periode met hogere grondwaterstanden en drassige groeiomstandigheden, zal ook het aandeel van goede grassen (met name Engels raaigras (*Lolium perenne*) sterk afnemen en zullen minder goede grassen zoals ruwbeemdgras (*Poa trivialis*), fioringras (*Agrostis stolonifera*) en geknikte vossenstaart (*Alopecurus geniculatus*) de overhand krijgen. Dit kan resulteren in een lagere opbrengst en vooral een mindere voederkwaliteit. Dit kan aanleiding zijn om grasland frequenter te herinzaaien.

Flexibel peilbeheer

Met flexibel peilbeheer wordt in de praktijk bedoeld dat het streefpeil van de waterstand in sloten en tochten seizoensgebonden is en er geen vast, jaarrond peil wordt nagestreefd. De belangrijkste doelstelling van flexibel peilbeheer is het vasthouden van neerslagoverschotten. Zie ook de voorgaande paragraaf bij akkerbouw.

Flexibel peilbeheer voor de veehouderij is vergelijkbaar met die voor de akkerbouw.

Hoge slootpeilen zijn ook voor de veehouderij soms nodig voor verbetering van de waterkwaliteit, zoals het terugdringen van zoute kwel, water voor het drenken van vee, vermindering van droogteschade en tegengaan van bodemdaling in veengebieden en ook vanuit civieltechnische kant (tegengaan verzakkingen wegen, dijken, gebouwen etc). Te hoge slootpeilen, vooral in het voorjaar, kunnen een verminderde draagkracht van het grasland geven. Dit kan vooral bezwaarlijk zijn bij het zeer vroeg willen uitrijden van drijfmest in het voorjaar. De betekenis van flexibel peilbeheer voor het Veenweidegebied komt in de volgende paragraaf aan de orde.

Droogtebestrijding

Wateraanvoer kan nodig zijn om droogteschade tijdens de gewasgroei te beperken of te voorkomen. Het opzetten van slootpeilen om droogteschade voor grasland en maïspcelen te verminderen heeft gemiddeld echter geen groot effect, omdat het water slechts beperkt het land binnendringt. Met het tijdig verhogen van het peil kan wel de neerslag langer op het perceel worden vastgehouden en een snelle daling van het grondwater worden tegengegaan. Met het opzetten van slootpeilen is ook meer water beschikbaar voor beregening.

Beregening

Voor grasland en snijmaïs is beregening de belangrijkste bron van wateraanvoer in droge perioden. In droge jaren wordt ruim 300.000 ha beregend. In minder droge jaren is dit minder dan 200.000 ha. Ruim de helft hiervan betreft grasland. (CLM Brochure 2001: Boeren met water, Aanpak van verdroging). Beregening vindt vooral plaats in het oostelijk en zuidelijk zandgebied waar veel grasland en maïs voorkomt. Het meest rendabel is beregening op melkveebedrijven op droge zandgrond met een redelijk aandeel snijmaïs in het rantsoen. Bij een beperking of verbod op beregening kan er een verschuiving optreden naar meer maïs en minder gras. (IKC-V, 1995). Gezien de huidige verplichting van minimaal 70% grasland van het totale bedrijfsareaal om voor derogatie in aanmerking te komen, zal deze verschuiving waarschijnlijk momenteel niet meer optreden.

Ook de frequentie van herinzaai kan toenemen met een grotere kans op meer N-verliezen. De invloed van minder of niet beregenen op het bedrijfsinkomen is sterk afhankelijk van de ruwvoervoorraad en de dan geldende prijzen. Sommige provincies o.a. Noord-Brabant en Limburg, kennen beregeningsverboden voor bepaalde dagdelen en of maanden. Door gebruik te maken van adviessystemen zoals de eerder genoemde Beregeningswijzer kan een duidelijke vermindering van grondwateronttrekking worden gerealiseerd.

Waterberging (retentie)

Volgens de Europese Kaderrichtlijn Water moet elke regio zijn eigen overtollige gebiedswater opvangen en niet direct afvoeren naar lager gelegen streken. Het beleid geformuleerd in 'Waterbeheer 21^e eeuw' is gebaseerd op water vasthouden, bergen en afvoeren. Als gevolg hiervan hebben waterschappen en overheden plannen om meer grond aan te kopen voor waterberging Omdat de landbouw de grootste grondgebruiker is van het landelijk gebied kunnen landbouwbedrijven een grote bijdrage leveren aan oplossingen voor waterproblemen. Landerijen langs de uiterwaarden van de grote rivieren, zoals langs de IJssel en de Rijn, zullen (in het kader van Ruimte voor de Rivier) vooral ingezet worden voor opvang en vasthouden van water van verder weg gelegen gebieden. Bedrijven met lager gelegen landbouwgronden binnen bepaalde regio's kunnen in de toekomst meer te maken krijgen met de vraag om percelen in te zetten als natuurlijke opvang en conservering van regionale overschotten. Voor het overgrote deel betreft het voor beide mogelijkheden vooral gebieden waar de grond in gebruik is als grasland voor de veehouderij. Hoewel de meeste boeren tot dusver nogal afwijzend staan tegenover wateropvang, hoeft dit niet altijd ongunstig te zijn. In plaats van het aankopen van deze meestal lager gelegen gronden door waterschappen/overheden kunnen boeren ook bepaalde percelen hiervoor beschikbaar stellen. Het waterschap, c.q. de overheid dient aan boeren dan wel voldoende vergoeding te betalen voor het opvangen van (overtollig) gebiedseigen water. Het meedoen aan waterbergingsprojecten biedt landbouwbedrijven nieuwe mogelijkheden om alternatieve inkomsten uit deze 'Blauwe Diensten' te halen. Deze extra inkomsten moeten dan wel opwegen tegen de gederfde inkomsten. Met soms eenvoudige aanpassingen in de bedrijfsvoering kunnen de gederfde bedrijfsinkomsten beperkt blijven.

In het project 'Boeren met water' wordt door Alterra en ASG in het stroomgebied van de Vloedgraven, omgeving Olst-Wesepe in Overijssel, onderzoek uitgevoerd op een veehouderijbedrijf waar 4 van de 52 ha zijn ingericht voor waterberging op het maaiveld. Onderzocht wordt wat de gevolgen hiervan zijn op de waterhuishouding, gewasopbrengst, bedrijfsvoering en het bedrijfsresultaat. Het beheer en de productie van de percelen met waterberging passen vaak nog prima in de bedrijfsvoering. Bij waterberging in de winterperiode is de schade voor het gehele bedrijf beperkt en minder dan € 400 per jaar (De Vos en Hoving, 2005). Het opbrengstverlies op de waterbergingspercelen wordt grotendeels gecompenseerd door een wat hogere opbrengst van de overige percelen, vanwege de iets hogere stikstofgift die niet op de natte percelen wordt gegeven. Bij de strengere mestwetgeving in 2009 met een lagere toegestane stikstofgift, daalt de productie en ontstaat een ruwvoertekort. Dit geeft een veel groter verlies aan bedrijfsinkomen van € 2.200 ten opzichte van de situatie in 2006. Worden de waterbergingspercelen geheel uit productie genomen, dan loopt de schade zelfs op naar circa € 4.500 per jaar.

De omvang van de nadelige effecten op het bedrijfsinkomen wordt vooral bepaald door de grootte van het natte perceel en de mogelijkheid van inpassing in de bedrijfsvoering. Ook de huidige kwaliteit en productiviteit spelen hierbij een grote rol. Berekeningen met het Waterpasmodel (zie De Vos en Hoving, 2005) gecombineerd met BBPR (Schils et al., 2007) geven een betere inschatting van de nadelige effecten op bedrijfsniveau dan de Help-tabellen. Voor landbouwers is het van groot belang dat voor het beschikbaar stellen van percelen voor wateropvang er goede compensatieregelingen zijn die de geleden schade aan opbrengst, kwaliteit etc. voldoende vergoeden. Een punt van aandacht is dat voor het leveren van deze Blauwe Diensten de vergoeding niet alleen gebaseerd wordt op verlies aan gewasopbrengst en voederkwaliteit, maar ook rekening gehouden wordt met de waardevermindering van de grond (afwaardering).

8.4 Water- en peilbeheer in het Veenweidegebied

Het Veenweidegebied krijgt de laatste decennia veel aandacht vanwege een aantal unieke kenmerken en problemen. In het boekje Veenweide 25x belicht (Rienks en Gerritsen, 2005) wordt een bloemlezing gegeven van het onderzoek van Wageningen UR op dit terrein. Naast het Hollands-Utrechts veenweidegebied (Groene Hart) betreft het ook gebieden in Zuidwest Friesland en de Kop van Overijssel. Het veenweidelandschap ligt grotendeels beneden NAP-niveau en wordt gekenmerkt door overwegend grasland met weidende koeien. Er zijn meestal hoge slootpeilen en ondiepe grondwaterstanden.

Een ernstig probleem in het Veenweidegebied is de continue bodemdaling. Deze bodemdaling is niet alleen voor de landbouw van belang maar ook voor overheden en maatschappij. Te denken valt aan de noodzaak tot het nemen van dure maatregelen om de kans op overstromingen te beperken en verzakkingen aan wegen, dijken en gebouwen tegen te gaan. Daarnaast draagt oxidatie van veen ook duidelijk bij aan het broeikaseffect (uitstoot van CO₂ en N₂O) en wordt ook de drinkwaterkwaliteit negatief beïnvloed.

De veehouderij in deze gebieden streeft, voor een goed bedrijfsresultaat met zo weinig mogelijk risico's, vaak naar een slootpeil van 60 cm beneden maaiveld. De bodemdaling bij lage slootpeilen en diepe grondwaterstanden is echter groter dan bij hoge slootpeilen met natte, drassige omstandigheden. De door de maatschappij gewenste hoge slootpeilen kunnen conflicterend zijn met die door de veehouderij gewenste lagere slootpeilen. Vanwege de relatie tussen bodemdaling en slootwaterpeil in gebieden met natte veengrond (Veenweidegebied) en de gevolgen hiervan voor maatschappij en landbouw is de wijze hoe met slootwaterpeilen om gegaan moet worden een zeer belangrijk aandachtspunt.

Maaiveldaling

De jaarlijkse zakking wordt veroorzaakt door een combinatie van oxidatie, klink en krimp. Oxidatie (vertering) is één van de hoofdoorzaken van de zakking en treedt vooral op bij lage slootpeilen. Voor veengronden zonder kleidek ligt de jaarlijkse zakking, afhankelijk van het slootpeil tussen 5-12 millimeter per jaar. Op Praktijkcentrum Zegveld is vanaf 1966 de maaiveldaling gemeten, zowel op percelen met lage slootpeilen (circa 60 cm beneden maaiveld, in de beginjaren 70-80 cm -mv) als op percelen met hoge slootpeilen (circa 30 cm -mv). Uit de metingen van de maaiveldhoogte blijkt dat in de periode 1996-2003 de maaiveldaling bij het lage slootpeil circa 12 mm per jaar bedraagt en bij het hoge slootpeil circa 6 mm per jaar (Van den Akker, 2005). Ook in Friesland is een duidelijke maaiveldaling geconstateerd, waarbij de mate van daling ook een goede relatie heeft met het slootpeil. De maaiveldaling wordt vooral bepaald door de grondwaterstand aan het einde van de zomer, wanneer deze het laagst is en de bodemtemperatuur het hoogst.

Hoewel zakking van veengrond onvermijdelijk is, heeft maatschappelijk gezien een hoog slootpeil de voorkeur omdat hierbij de zakking veel minder is dan bij een laag slootpeil. Een laag peil (bijvoorbeeld 60 cm -mv) heeft in het algemeen een hogere (netto) graslandproductie en een eenvoudiger graslandbeheer. Dit resulteert in een beter bedrijfsinkomen voor de veehouder.

In de periode 1970-1975 is vergelijkend onderzoek uitgevoerd op Praktijkcentrum Zegveld naar de bedrijfsmatige effecten van hoog en laag slootpeil (Boxem en Leusink, 1978). De ene helft van de oppervlakte grasland van het bedrijf had een slootpeil van circa 25 cm -mv; de andere helft circa 75 cm -mv. De bedrijfsgedeelten werden

onafhankelijk van elkaar geëxploiteerd. Ook de graslandopbrengsten werden op beide gedeelten bepaald, waarbij tevens nog drie stikstofgiften van 0, 150 en 300 kg N/ha/jaar werden toegepast. Enkele opmerkelijke conclusies waren de volgende.

Door mineralisatie (oxidatie van het veen) was zonder kunstmeststikstof bij het lage slootpeil de drogestofopbrengst circa 1.500 kg per ha per jaar hoger dan bij het hoge slootpeil. Bij het hoge peil is de mineralisatie van veel minder betekenis, vanwege de natte en koude grond, vooral in het voorjaar. Het effect van toediening van stikstof is bij een hoog slootpeil dan ook groot. Bij de 150 kg N-gift waren de opbrengsten op beide gedeelten ongeveer gelijk, bij de 300 kg N-gift was de opbrengst bij het hoge slootpeil iets hoger. De stikstofbehoefte van het gewas is bij een laag slootpeil dus lager dan bij een hoog slootpeil. Dit kan een besparing op kunstmest geven van circa 100 kg N per ha per jaar. Naast de bruto-opbrengst is ook gekeken naar de netto-opbrengst. Deze was voor het lage slootpeil gemiddeld 11% hoger. Andere aspecten die naar voren kwamen waren de betere draagkracht van het grasland bij een lager slootpeil en daardoor de mogelijkheid van het eerder aan kunnen wenden van kunstmest en drijfmest. De betere draagkracht kwam ook tot uiting in een gemakkelijker beweiding. Gemiddeld konden de koeien 4 dagen vroeger naar buiten in het voorjaar. Ook de graslandplanning liep gemakkelijker vanwege het groter aantal beschikbare dagen voor beweiding en het regelmatigere groeiverloop van de grasproductie bij het hoge slootpeil. Tijdens de natte zomer van 1972 lag de melkproductie van de groep koeien op het gedeelte met het lage slootpeil 1,5 kg per koe per dag hoger dan bij het hoge slootpeil.

Aanpassing slootpeilen

Door een beter en/of ander beheer van slootpeilen kan maaiveldzakking meer worden beperkt dan bij een vast laag grondwaterpeil. Op Zegveld lopen hiervoor een aantal onderzoeken, o.a. onderwaterdrainage en flexibel peilbeheer. Onderwaterdrainage zorgt voor infiltratie van water in droge perioden en afvoer van water in natte perioden. In de zomer kan het grondwaterpeil, dat zonder infiltratie vaak nog onder het slootpeil komt, weer worden verhoogd.

Flexibel peilbeheer in het Veenweidegebied, ook wel 'boerenverstandpeil' genoemd, is in 2005 door boeren in samenwerking met waterschap De Stichtse Rijnlanden en LTO geïntroduceerd. Hierbij wordt uitgegaan van een dynamisch peil van normaal circa 50 cm -mv in plaats van 60 cm -mv. Bij droogte kan dit peil verhoogd worden naar 40-45 cm -mv en bij natte omstandigheden verlaagd worden naar 55-60 cm -mv. Met een goed toegepast peilbeheer kan zakking van veengrond beperkt blijven zonder dat dit ten koste gaat van het inkomen van de boer.

Onderwaterdrainage

Een alternatief voor het verhogen van slootpeilen ter vermindering van maaiveldddaling is het aanleggen van onderwaterdrains. Op Praktijkcentrum Zegveld is in 2003 door Alterra en ASG onderzoek begonnen om de effecten van onderwaterdrainage op bodemdaling, maar ook op waterkwaliteit, nutriëntenbelasting en gewasopbrengst te meten. Tevens worden ook modelstudies uitgevoerd.

Uit de metingen van 2004 en 2005 kwam naar voren dat in natte perioden in de winter en het voorjaar de grondwaterstand op percelen met drains lager en in de zomer hoger ligt dan op percelen zonder drainage. Overvloedige neerslag in de zomer wordt door de drainage snel afgevoerd. De draagkracht en berijdbaarheid blijven dan goed. Doordat het perceel in deze periode minder drassig is, blijft ook een betere zodenkwaliteit behouden. De betere draagkracht in het voorjaar is ook gunstig voor het tijdig aanwenden van drijfmest met minder kans op spoorvorming. In het jaar 2005, met een natte zomer, heeft er wel goede drainage plaats gevonden, maar de infiltratie was gering. De metingen over maaiveldddaling zijn nog niet precies bekend, maar naar verwachting kan de maaiveldddaling hierdoor met 4 tot 6 mm afnemen (Hoving en Van den Akker, 2005). Omdat de afbraak van veen in de (na)zomerperiode het grootst is, vermindert de oxidatie van het veen wanneer infiltratie voor hogere grondwaterstanden zorgt.

Uit de eerste metingen in 2005 naar meststoffen in het water kwam naar voren dat de gehalten aan N en P in het gedraineerde water dat uit het perceel wordt afgevoerd naar de sloot, iets hoger liggen dan in het slootwater en dat de waterkwaliteit van het geïnfiltreerde water dat in het perceel komt vergelijkbaar is met het slootwater.

Omdat 2005 een relatief nat jaar was, zouden resultaten in andere jaren iets anders kunnen zijn.

Onderwaterdrainage verkeert nog in de beginfase. Momenteel wordt met subsidies van o.a. LTO ook op een aantal praktijkbedrijven onderwaterdrainage aangelegd. De kosten bedragen ongeveer € 0,50 per strekkende meter voor het materiaal en circa € 0,50 voor het aanleggen (bij gunstige aanleg in het perceel). De afstand tussen de drains varieert van 8 tot 15 m en is vooral afhankelijk van het gewenste slootpeil en de daarmee samenhangende natheid van het perceel. Per ha bedragen de investeringskosten globaal € 1.250.

Zie voor opmerkingen over werking van (onderwater) drains voorgaande paragraaf Water- en peilbeheer in de akkerbouw.

8.5 Effecten water- en peilbeheer op bodemkwaliteit

In hoeverre de bodemkwaliteit wordt beïnvloed door flexibel peilbeheer is sterk afhankelijk van de mate en de duur van de verhoging van de grondwaterstand en de periode waarin dat plaats vindt. Hoewel flexibel peilbeheer sterk in de belangstelling staat, zijn gegevens over de effecten op de bodemkwaliteit voornamelijk afkomstig van het onderzoek dat in het verleden uitgevoerd is voor het bepalen van ontwateringscriteria (o.a. Boekel, 1973; Van Wijk et al., 1988; Goense en Vink, 2003). Gezien het grote belang van peilbeheer en de toenemende zorg voor bodemkwaliteit verdient (nieuw) onderzoek op dit terrein veel aandacht.

8.5.1 Organische stof (en mineralen)

Organische stof en mineralisatie

Bij lage slootpeilen en grondwaterstanden vindt gemiddeld meer oxidatie van organische stof plaats dan bij hoge slootpeilen en grondwaterstanden. Bij flexibel peilbeheer wordt de grondwaterstand gedurende bepaalde perioden van het jaar verhoogd. Door capillaire opstijging wordt hierdoor ook de niet waterverzadigde zone vochtiger. Ervan uitgaande dat waterconservering tot een betere vochtvoorziening leidt, zal hierdoor de mineralisatie van organische stof worden bevorderd. Er is een verschil in mineralisatie door beregenen (wateraanvoer van boven) of door verhoging van de grondwaterstand (wateraanvoer van onderen). Aangezien organische stof vooral in de bouwvoor (op zand, klei en löss) aanwezig is, zal adequaat beregenen de mineralisatie en daarmee de N-levering voor het gewas, meer stimuleren dan peilverhoging. Hoge grondwaterstanden kunnen leiden tot zuurstofloosheid, waardoor de mineralisatie wordt vertraagd of nagenoeg stopgezet. Hoge grondwaterstanden in de winter kunnen bovendien het opwarmen van de bodem in het voorjaar vertragen, waardoor ook de mineralisatie traag op gang komt (Sieben, 1974).

Op nattere percelen kan ook meer opbouw van organische stof plaatsvinden. In het veenweidegebied is het organische stofgehalte als parameter voor beoordeling van de bodemkwaliteit niet of nauwelijks relevant. Het gaat hier vooral om de dikte van het veenpakket en het tegengaan van bodemzakking door afbraak (oxidatie) en klink.

Mineralenbenutting

Een goede gewasgroei geeft een goede mineralenbenutting. Droogte of natheid geeft geen optimale benutting van N, P en K. Doordat de hoeveelheid bemesting voor akkerbouwgewassen vaak in het begin van de groei wordt gegeven is een correctie in een droge en natte periode nauwelijks meer mogelijk. In het algemeen betekent dit mineralenverliezen. Omdat bij grasland het grasgewas in een aantal sneden wordt gemaaid, kan in of na een droge periode wel de bemesting voor de volgende snede aangepast of gecorrigeerd worden.

Melkveebedrijven op droge zandgrond die beregenen, hebben een betere mineralenbenutting en het fosforoverschot daalt. Verder daalt ook de noodzaak tot herinzaai, waardoor ook de stikstofverliezen afnemen (IKC-V, 1995).

8.5.2 Bodemstructuur

Een goede ontwatering is essentieel voor een goede bodemstructuur en ook andersom. Bij hevige regenval kan door verslempig, vertrapping of structuurschade water op het land blijven staan. Niet het nagestreefde peilbeheer, maar de slechte doorlatendheid van de bovengrond (drains lopen niet) zorgt dan voor een slechte ontwatering. Soms worden percelen iets bol geploegd om te voorkomen dat water op het land blijft staan. De afspoeling (watererosie) zal toenemen. Voor akkerbouwpercelen kan dit uit oogmerk van bodemkwaliteit en waterbeheer minder gewenst zijn. Voor grasland ligt dit anders. Vanwege de grasmat is hier geen erosiegevaar. Doordat de plasvorming vermindert, neemt de kans op een betere draagkracht toe met minder vertrapping en rijtschade. Ook de grasgroei verbetert waardoor weer minder mineralenverliezen optreden. Nadeel bij het bolleggen is wel dat de oude graszode of de oude bouwvoor (gedeeltelijk) te diep komt te liggen. Vanwege mineralisatie en onvoldoende opname door het nieuwe grasgewas kan dit extra N-verliezen geven.

Structuurschade ontstaat door het berijden en betreden (beweiding) van niet draagkrachtige bodems. Het berijden van de bodem op het moment van piekberging moet dan ook zoveel mogelijk worden voorkomen. Bij peilverhoging in het voorjaar betekent dit dat bijvoorbeeld inzaaiwerkzaamheden uitgesteld dienen te worden en in het najaar geldt dit eventueel voor oogstwerkzaamheden. Zolang boeren niet het land op hoeven zal peilverhoging gedurende de winterperiode meestal niet tot extra natschade leiden: de bodem is in de regel toch al nat. Op veehouderijbedrijven vindt in de winterperiode soms nog wel beweiding plaats, vooral met schapen. Aanwending van drijfmest kan al vanaf 1 februari. Te weinig draagkracht als gevolg van hoge slootpeilen zal dan al snel tot vertrapping en rijtschade lijden met structuurschade tot gevolg. In de praktijk zullen boeren geneigd zijn enige structuurschade te accepteren om toch werkzaamheden te kunnen uitvoeren.

Op kleigronden kan structuurschade zich vaak goed te herstellen als na de natte periode, mede onder invloed van peilverhoging, voldoende tijd is voor opdroging. Het is ook belangrijk dat het stelsel van macroporiën intact blijft of zich kan herstellen. Extra groundbewerkingen kunnen daarbij noodzakelijk zijn. Een uitzondering vormen de zavelgronden met akkerbouw. Het organische stofgehalte is hier relatief gering (1-3%) en de stabiliteit van bodemaggregaten neemt drastisch af bij hoge vochtgehaltes. Aggregaatstabiliteit is van belang om het dichtslepen (micro-erosie) van de toplaag door regen te voorkomen en wordt voornamelijk bepaald door het organische stofgehalte (Schachtschnabel et al., 1992). Verval van aggregaten is een gecompliceerd fysisch proces, waarbij de vochtspanning in de aggregaten tijdens regen een rol speelt. Dit proces staat ook onder invloed van het grondwaterregime, dus van ontwateringsdiepte en drainage-intensiteit (Boels et al., 1981). Veranderingen van de structuur en dichtheid van de toplaag heeft ook invloed op de infiltratiecapaciteit en daardoor op de kans op oppervlakkige afstroming van neerslag. Op zandgrond kan het berijden van te natte grond langdurig tot structuurbederf leiden. In de uitgevoerde waterconserveringsprojecten in Brabant is echter geen structuurschade opgetreden. Ook in het onderzoek naar peilverhoging van Clevering et al. (2006b) trad geen structuurschade op.

8.5.3 Erosie

In gebieden waar niet beregend wordt, kan door peilverhoging het vochtgehalte van de bodem toenemen, waardoor winderosie afneemt. Er zijn geen voorbeelden bekend waarbij peilverhoging voor dit doel wordt gebruikt.

Uit Amerikaanse literatuur blijkt dat bij hevige regenval peilverhoging kan resulteren in een toename van afspoeling. Bij grote hoeveelheden neerslag in de zomerperiode vindt daarbij ook afspoeling van organische P en gewasbeschermingsmiddelen plaats (Dils en Heathwaite, 1999; Sims et al., 1998).

8.5.4 Bodemgezondheid

Het is onduidelijk in hoeverre de bodemgezondheid in negatieve of positieve zin beïnvloed wordt door flexibel peilbeheer. De meeste bodemorganismen zullen zich in de bovenste bodemlagen bevinden. Mocht flexibel peilbeheer leiden tot grondwaterstanden tot aan maaiveld dan kan dit aanzienlijke gevolgen hebben op het voorkomen van bodemorganismen. Deze gevolgen zijn echter wel sterk afhankelijk van de periode en de duur van de te hoge grondwaterstanden. In de zomerperiode zal flexibel peilbeheer (waterconservering) gemiddeld genomen tot een vochtiger bodem leiden. Dit zal veelal een gunstig effect op het bodemleven hebben. In hoeverre waterconservering de verhouding nuttige/schadelijke bodemorganismen beïnvloedt, is echter onbekend. De tekst hierna is grotendeels overgenomen van Cornelissen (2003).

Schimmels

Schimmels spelen een belangrijke rol in de afbraak van organische stoffen. Schimmelpopulaties zijn gevoelig voor anaërobe omstandigheden, dit geldt zowel voor nuttige als voor schadelijke schimmels. Het effect is echter sterk afhankelijk van de temperatuur en de duur van de anaërobie.

Peilverhoging in de winter zal waarschijnlijk weinig effect hebben op schimmelpopulaties, vanwege o.a. de geringe groei bij lage temperatuur. Bij peilverhoging in de zomer zal het effect van schimmels op de gewasgroei ook sterk afhankelijk zijn van het wel of niet verzwakt zijn van het gewas door de (te) hoge grondwaterstand. Een goed groeiend gewas met goede beworteling is meestal minder gevoelig, terwijl een gewas met groeiestoornis meestal extra gevoelig is voor schimmelaantasting.

In de bloembollenteelt is in het verleden geëxperimenteerd met inundatie als alternatief voor chemische grondontsmetting. Uit het onderzoek blijkt dat de effecten van anaërobie sterk soortspecifiek zijn. Onderzoek van Van Os (2006) wees uit dat inundatie tot een verminderde ziektevering leidt en tot een verhoogde aantasting van *Pythium spp.* in iris en krokus.

Aaltjes en wormen

Aaltjes kunnen onderverdeeld worden in saprophagen, predatoren en plantparasitaire aaltjes. Alleen de laatstgenoemde geven (soms ernstige) problemen in landbouwgewassen. Aaltjes die op planten parasiteren kunnen onderverdeeld worden in vrij levende en sedentaire aaltjes. Vooral de vrij levende aaltjes zijn droogtegevoelig en hebben een vochtfilm nodig om zich te kunnen verplaatsen. De sedentaire aaltjes kunnen door de vorming van cysten ongunstige omstandigheden overleven. Bij zuurstofloosheid zullen eerst de vrij levende aaltjes dood gaan. Het verdwijnen van plantparasitaire aaltjes is gunstig voor het gewas, maar bij zuurstofloosheid verdwijnen ook de nuttige aaltjes. Dit kan per saldo een ongunstig effect op de bodemgezondheid hebben.

Regenwormen kunnen slecht tegen zeer natte bodems. Het afsterven van wormen zal vaak een negatief effect op de bodemstructuur hebben. Met name de zogenaamde pendelaars, wormen die zich verticaal in de bodem

verplaatsen, zijn zeer belangrijk voor de ontsluiting van de ondergrond. Deze wormen zijn echter ook bovengemiddeld gevoelig voor een te natte bodem. Te natte omstandigheden kunnen leiden tot het verdwijnen van deze wormen en tot duidelijke verslechtering van de bodemstructuur in de laag 0-50 cm beneden maaiveld. Ook de natuurlijke waterafvoercapaciteit van de bodem (verticale wormgangen) zal hierdoor verslechteren.

Insecten

Te natte omstandigheden hebben een negatief effect op de meeste insecten (denk aan trips, verschimmelen van poppen van veel motjes). Een aantal soorten kunnen zich echter sterk in vochtige grond vermeerderen (bijv. ritnaalden en engerlingen).

8.6 Maatschappelijke aspecten

Vanuit de maatschappij komt nadrukkelijk de wens naar voren dat enerzijds verdroging van grondwaterafhankelijke natuur wordt tegengegaan en dat anderzijds wateroverlast wordt voorkomen. Op veengronden, zoals in het Veenweidegebied, moet maaiveld daling zoveel mogelijk worden beperkt. Bovendien is er vanuit de Kaderrichtlijn Water de verplichting om duurzaam met grond- en oppervlaktewater om te gaan. De landbouw als belangrijk(st)e water- en grondgebruiker en beheerder van een groot deel van de groene ruimte heeft dus een cruciale rol bij de verwezenlijking van deze maatschappelijke wensen.

Door klimaatsveranderingen is het de vraag in hoeverre waterbeheerders in de toekomst aan de huidige eisen van ontwatering kunnen blijven voldoen. Een snelle afvoer van neerslagoverschotten is dan wellicht niet meer vanzelfsprekend. De nadruk zal steeds meer gelegd worden op het vasthouden van lokale neerslagoverschotten, in de volgorde van eerst vasthouden, dan bergen, en vervolgens afvoeren. In hoeverre boeren financieel gecompenseerd zullen worden voor het vasthouden van neerslagoverschotten is onduidelijk. Mogelijk zal dit alleen het geval zijn voor neerslagoverschotten afkomstig van elders. Een instrument dat hierbij een rol kan spelen is het aanbieden (door agrariërs) en het afnemen (door overheidsinstellingen) van zogenoemde Blauwe Diensten. Dit zal tegen redelijke vergoedingen moeten plaatsvinden.

De huidige in Nederland toegepaste vormen van waterconservering zorgen niet voor (grote) belemmeringen in de agrarische bedrijfsvoering. Wordt in de toekomst echter meer nadruk gelegd op het vasthouden van lokale neerslagoverschotten en minder op de aanvoer en subirrigatie van gebiedsvreemd water, dan kan waterconservering wel tot grote inkomstendalingen voor agrariërs leiden. Dit kan bijvoorbeeld het gevolg zijn van het uitstellen van voorjaarswerkzaamheden. Afhankelijk van de doelstelling van waterconservering kan uitstel van werkzaamheden of bouwplanaanpassingen ook als Blauwe Dienst worden gezien. Een andere mogelijkheid is dat bepaalde gebieden een functiewijziging ondergaan en boeren uitgekocht worden.

Ook door de implementatie van de Kaderrichtlijn Water zal in de toekomst meer druk op de landbouw worden gelegd om anders om te gaan met water. Dit geldt zowel voor het terugdringen van emissies uit landbouwgrond als ook voor de bestrijding van de verzilting en het verminderen van de aanvoer van gebiedsvreemd water. In hoeverre de landbouw hiervoor gecompenseerd zal worden of juist dient te betalen (principe van de gebruiker betaalt) is moeilijk te voorspellen.

8.7 Conclusies

De ontwatering is van grote invloed op de vochtvoorziening in landbouwpercelen en daarmee ook op de bodemkwaliteit. Te natte omstandigheden leiden tot verslechtering van de bodemchemische kwaliteit (verminderde mineralisatie van organische stof) en bodemfysische kwaliteit (structuurschade) en heeft een nadelig effect op het bodemleven. Te droge omstandigheden hebben vooral effect op de mineralisatie, maar beïnvloeden ook de bodemfysische eigenschappen en het bodemleven. Landbouwkundig gezien is de schade die ontstaat door te natte omstandigheden vaak groter dan door te droge omstandigheden.

De landbouw zal in de toekomst meer rekening moeten houden met klimaatsveranderingen en met eisen ten aanzien van de vochtvoorziening voor andere functies, bijvoorbeeld voor natuur en voor het verminderen van de snelheid van bodemdaling. Dit zal betekenen dat de bodemvochtvoorziening landbouwkundig gezien vaker dan voorheen suboptimaal zal zijn.

Door waterbeheerders wordt gestreefd naar het zoveel mogelijk lokaal vasthouden van water, zodat minder water hoeft te worden aan- en afgevoerd. Het lokaal vasthouden van water kan (tijdelijk) tot hogere grondwaterstanden leiden. Bij waterconservering (vasthouden van neerslagoverschotten voor aanvulling grondwater voorraad) hoeft minder te worden beregenend uit oppervlaktewater of grondwater. Het is niet precies

bekend wat per saldo de gevolgen zijn van waterconservering (verhoogde wateraanvoer in de bodem van beneden), ten opzichte van minder beregenen (wateraanvoer van boven) voor de bodemkwaliteit. Het tijdelijk vasthouden van neerslagoverschotten vereist anticiperend peilbeheer, al dan niet in combinatie met regelbare drainage. De verwachting is dat in de toekomst meer vraag is naar het maximaal kunnen vasthouden van neerslagoverschotten. De gevolgen hiervan voor de bodemkwaliteit zijn voor een groot deel nog onbekend.

8.8 Aanbevelingen en oplossingsrichtingen

De projecten die momenteel met flexibel peilbeheer op droogtegevoelige zandgrond worden uitgevoerd, leveren geen weerstand bij boeren op. Boeren doen op vrijwillige basis mee, krijgen vergoedingen voor hun deelname of betalen niet of minder voor het beregenen uit grondwater. Ook houden boeren de controle over slootpeilen (agrarisch stuwbeheer), waarbij slootpeilen pas na de voorjaarswerkzaamheden worden opgezet. Bij boeren op klei bestaat vaak wel grote weerstand tegen (grote) veranderingen in peilbesluiten. Uit de brainstormsessie en rapportage 'Drains onder water' (Stuyt, 1998a,b) komt daarbij naar voren dat boeren te weinig afweten van de werking van drains. Vaak wordt ervan uitgegaan dat dieper draineren altijd beter is. Ook is er veel weerstand tegen het onder water zetten van de drains. Aanpassingen aan drainagesystemen kunnen echter ook landbouwkundig gezien wel voordelen bieden. Goede voorlichting is dan ook noodzakelijk. Daarnaast wordt in de rapportage van Stuyt (1998a,b) aanbevolen dat boeren zelf grondwaterstanden meten, dit om meer inzicht te krijgen in de vochtvoorziening van percelen.

Met flexibel peilbeheer kunnen verschillende doelen worden nagestreefd. Deze doelen zijn niet zonder meer verenigbaar. Regionaal maatwerk is dan ook wenselijk. In gebiedspilots kunnen de voordelen van flexibel peilbeheer en innovatieve drainagesystemen worden gedemonstreerd. Wanneer ook de extremen in het peilbeheer worden meegenomen, kan tevens goed in kaart worden gebracht wat de maatschappelijke kosten en baten van dergelijke systemen zijn.

Indien het maatschappelijk gewenst is dat boeren anders omgaan met neerslagoverschotten en –tekorten is het aan te bevelen dat de overheid meebetaalt aan het geschikt maken van percelen voor opvang en berging van water. Dit kan via betaling van geleverde 'blauwe diensten' waarmee opgelopen schade kan worden gecompenseerd en de kosten worden vergoed voor bijvoorbeeld het eventueel herdraineren van percelen. Ook het realiseren van hoge slootpeilen om bodemverzakking te verminderen kan in dit perspectief worden geplaatst. Een goede scholing en voorlichting aan boeren over de voor- en nadelen op dit terrein is zeer gewenst. Dit vraagt ook een goede kennis van de effecten van diverse maatregelen op het gebied van water- en peilbeheer op het bedrijfsinkomen van de ondernemer.

Verder kan ook verwezen worden naar de positieve verwachtingen van de toepassing van onderwaterdrainage op veengrond. Hiermee kan enerzijds een relatief hoog slootpeil worden behouden en daarmee bodemzakking beperkt blijven, terwijl anderzijds het landbouwkundig gebruik van de bodem op deze manier weinig hinder zal ondervinden.

Een nader op te lossen probleem op technisch en organisatorisch vlak is de afstemming van het watermanagement van individuele boeren en hun wensen met het watermanagement van de regionaal en/of provinciaal opererende waterbeheerder.

9 Algemene conclusies en aanbevelingen

In de voorgaande hoofdstukken zijn per onderwerp al conclusies en aanbevelingen vermeld. In dit hoofdstuk wordt volstaan met een opsomming van een aantal meer algemene conclusies en aanbevelingen.

- Bedrijfseconomisch gezien is verruiming van vruchtwisseling door meer extensieve gewassen, zoals meer granen in plaats van rooivruchten, bij de huidige prijzen voor akkerbouwbedrijven meestal onaantrekkelijk.
- Het stimuleren van de teelt van meer maaï- of rustgewassen (granen, graszaad, koolzaad) ten gunste van een betere bodemkwaliteit, zal alleen succes hebben bij hogere prijzen of ruimere afzetmogelijkheden. Gewasgerichte steun via inkomenssteun vanuit de EU gelabeld aan specifieke gewassen, kan hierbij helpen.
- Verruiming van vruchtwisseling is niet altijd gunstig voor de bodemkwaliteit. Van belang is met welke gewassen dit wordt ingevuld.
- Grondruil en grondhuur/-verhuur zijn niet per definitie gunstig of ongunstig voor de bodemkwaliteit. Wordt hiermee een verruiming van de vruchtwisseling gerealiseerd met minder intensieve gewassen, dan is dit positief. Wordt het areaal intensieve gewassen echter uitgebreid dan kan dit ongunstig effecten geven voor organische stofgehalte, bodemverdichting en bodemgezondheid. Afspraken tussen partijen hoe met de bodem moet worden omgegaan, kan achteruitgang van bodemkwaliteit beperken.
- De nadelen van continue teelt van (snij)maïs kunnen verminderd worden door dit gewas meer in vruchtwisseling te telen. Wordt hiervoor langjarig grasland gebruikt dan treden verliezen op van organische stof en mineralen voor het graslanddeel. Bij een juiste uitvoering biedt wisselbouw wellicht voordelen.
- Bodemverdichting neemt door schaalvergroting met grotere en zwaardere machines steeds meer toe. Vooral verdichting van de ondergrond is moeilijk te herstellen. Grotere machines op zich behoeven echter niet altijd ongunstig te zijn voor bodemverdichting. Door machines te gebruiken met brede lagedrukbanden en wat overcapaciteit, kan structuurschade worden verminderd. Met de overcapaciteit behoeft minder vaak onder ongunstige omstandigheden te worden geogst en door lagedrukbanden wordt de bodem minder verdicht. Diepwortelende groenbemesters kunnen wellicht ook bijdragen om schade te herstellen.
- Het vaste rijpadenteeltsysteem biedt goede mogelijkheden om bodemverdichting te beperken, vooral voor gewassen met veel mechanische bewerkingen, zoals rooivruchten en groentegewassen. Overschakelen op vaste rijpadenteelt vraagt echter hoge investeringen en biedt niet voor alle gewassen voordelen.
- Andere mogelijkheden om bodemverdichting in het najaar te beperken zijn het telen van vroege rassen of gewassen die passen bij de structuurgevoeligheid van percelen. Vroege levering van producten zou gestimuleerd kunnen worden door hogere premies en door hiervoor meer mogelijkheden te bieden. Dit kan bijdragen aan het verkleinen van de oppervlakte van gewassen met (zeer) late oogst in het najaar.
- Door boeren en ook loonwerkers meer bewust te maken van de nadelige effecten van bodemverdichting, ook op langere termijn, kan dit leiden tot meer aandacht voor en gebruik van preventieve maatregelen ter voorkoming van bodemverdichting.
- De landbouwkundige wens om neerslagoverschotten snel af te voeren is vaak tegenstrijdig met de maatschappelijke wens t.a.v. het vasthouden van overschotten om o.a. verdroging van natuur te voorkomen. Door een aangepast (flexibel) beheer toe te passen voor afvoer en vasthouden van overschotten, kan zoveel mogelijk aan de wensen van de landbouw en aan die van de maatschappij worden tegemoet gekomen.
- Verhoging van slootpeilen in het voorjaar geeft meer kans op uitstel van voorjaarswerkzaamheden. Dit kan tot gevolg hebben dat op akkerbouwbedrijven de aanwendingsperiode voor het uitrijden van dierlijke mest te krap wordt, waardoor minder mest op akkerbouwbedrijven kan worden afgezet.
- Maaiveld daling in veenweidegebieden is een vast gegeven, maar de mate van daling is bij hoge slootpeilen en grondwaterstanden duidelijk minder dan bij lage slootpeilen. Door creatief om te gaan met slootpeilen en introductie van bepaalde drainagesystemen kan maaiveld daling beperkt blijven.
- Voor een goed draagvlak is het van belang om boeren voldoende kennis en ervaring op te laten doen op het vlak van water- en (flexibel) peilbeheer. Goede voorlichting en praktijkvoorbeelden zijn dan ook nodig. Goede communicatie en afstemming tussen boeren onderling in een regio en met waterschappen en (lokale) overheden zijn van essentieel belang.
- Omzanden, opzanden en diepploegen veranderen de bodemkwaliteit aanzienlijk. Door bollentelers en landbouwers wordt dit voor de bodemkwaliteit als gunstig gezien vanwege een specifieke gewasproductie. De maatschappij beoordeelt dit meestal als ongunstig. Het is de moeite waard uit te zoeken of de teelt van bollen ook op andere gronden kan en of andere teeltwijzen mogelijk zijn.
- De voordelen van diepploegen vallen na verloop van tijd vaak tegen. Meer voorlichting en kennis zou een beter afgewogen keuze kunnen bevorderen.

Literatuur

- Aarts, H.F.M., G.J. Hilhorst, F. Nevens en J.J. Schröder (2002). Betekenis wisselbouw voor melkveebedrijf op lichte zandgrond. De Marke-rapport nr. 36. De Marke, Hengelo.
- Akker, J.J.H. van den (2004). Soil compaction. In: Römken, P. en O. Oenema (eds): Quicksan soils in the Netherlands; overview of the soil status with reference to the forthcoming EU Soil Strategie. Alterra-rapport 948. Alterra, Wageningen.
- Akker, J.J.H. van den (2005). Maaiveldaling en verdwijnende veegronden. In: Veenweide 25 x belicht. Een bloemlezing van het onderzoek van Wageningen UR, p. 11-13. Alterra, Wageningen.
- Alblas, J. (1990). De invloed van een berijdingssysteem met lagedrukbanden op de gewasopbrengst. Jaarboek 1989/1990, p. 265-268. PAGV, Lelystad.
- Alblas, J. (2000). Later zaaïen kost opbrengst. PAV-bulletin Akkerbouw April 2000, 4e jaargang, p. 4-8. PAV, Lelystad.
- Bakel, P.J.T. van (1986). Planning, design and operation of surface water management systems. A case study. Proefschrift LUW.
- Bakel, P.J.T. van (2002). Help-tabellen landbouw: aanpassingen en operationalisering van de doelrealisatie landbouw. Stowa rapport 2002-40. STOWA, Utrecht.
- Bakel, P.J.T. van (2003). Controlled drainage in the Netherlands revisited? In: Paper No 012. Presented at the 9th International Drainage Workshop, September 10-13, 2003, Utrecht.
- Bakel, P.J.T. van, J. Huinink, H. Prak en F. van der Bolt (2005). HELP-2005. Uitbreiding en actualisering van de HELP-tabellen ten behoeve van het Waterlood-instrumentarium. Stowa rapport 2005-16. STOWA, Utrecht.
- Bakel, P.J. T. van, J. Peerboom, J., Stuyt, L. (2007). Draineren tegen verdroging en voor een beter milieu: paradox of werkelijkheid. H₂O 1: 25-28. Tijdschrift voor watervoorziening en waterbeheer.
- Berge, H.F.M. ten, A.M. van Dam, B.H. Janssen en G.L. Velthof (2007). Mestbeleid en bodemvruchtbaarheid in de Duin- en Bollenstreek. Advies van de CDM-werkgroep Mestbeleid en Bodemvruchtbaarheid in de Duin- en Bollenstreek. Werkdocument 47, WOT Natuur & Milieu, Wageningen UR, Wageningen.
- Bersselaar, D., M. Jaarsma, R. Loeve en P. Droogers (2004). Mogelijkheden tot vasthouden van water in Flevoland. H₂O 24: 21-24. Tijdschrift voor watervoorziening en waterbeheer.
- Beuving, J. (1984). Vocht- en doorlatendheidskarakteristieken, dichtheid en samenstelling van bodemprofielen in zand-, zavel-, klei- en veegronden. Rapport 10. ICW, Wageningen.
- Beuving, J., K. Oostindie en Th.V. Vellinga (1989). Vertrappingsverliezen door onvoldoende draagkracht van veengrasland. Rapport 5, Staring Centrum, Wageningen.
- Bezooyen J., H. van, Everts H. en P. Sniijders (geen publicatiedatum). Onderzoek naar de rol van nematoden en schimmels bij doorzaaien van grasland, 5 pp. Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij (PR), Lelystad.
- Boekel, P. (1973). De betekenis van de ontwatering voor de bodemstructuur op de zavel- en lichte kleigronden. IB-rapport 5-1973.
- Boels, D., P. Boekel, A. Jongerius, L.A.H. de Smet en W. van der Meer (1981). Inrichtings- en uitvoeringsaspecten van perceelsvergroting op lichte zavelgronden in het noordelijk klei mozaïekgebied. Mededeling nr. 133. Landinrichtingdienst, Utrecht
- Boer, H.C. de, en N. van Eekeren (2007). Bodemverdichting door berijden bij zodebemesten: effecten op opbrengst en voederwaarde van gras-klover, bodemstructuur en biologische bodemkwaliteit. Rapport 47, Animal Sciences Group/Veehouderij, Lelystad.
- Borm, G.E.L. en J.G.N. Wander (1995). Teelt van graszaad. Teelthandleiding nr. 69. PAGV, Lelystad, 86 p.
- Bos, L., P. de Louw en R. de Bruin (2004). Eindrapportage Kenniscirkel agrarisch waterbeheer. Deelproject Monitoren en kennisontwikkeling door boeren van Waterconservering 2^e generatie. CLM Onderzoek en Advies. Utrecht. Zie ook www.waterconservering.nl.
- Boxem, Tj. en A.W.F. Leusink (1978). Ontwatering van veengrasland. Verslag van een vergelijkend onderzoek onder bedrijfsomstandigheden te Zegveld van 1970 t/m 1975. Publicatie nr. 11. Proefstation voor de Rundveehouderij, Lelystad.
- BOW-subwerkgroep drainage 1997. Eindrapport drainage onder water. Provincie Zeeland.
- Brouwer F. en J.T.M. Huinink (2002). Opbrengstderivingspercentages voor combinaties van bodemtypen en grondwatertrappen. Geactualiseerde HELP-tabellen en opbrengstdepressiekaarten. Alterra-rapport 429, Alterra, Wageningen.
- Clevering, O.A. en P.J.T. van Bakel (2006). Helpt het verhogen van het zomerpeil om droogteschade te verminderen in Flevoland? Rapport 32500299. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Lelystad.
- Clevering, O.A., P.J.T. van Bakel, J.G. Kroes (2006a). Opbrengstderivings landbouw. Simulatie opbrengst van consumptieaardappel. In L.C. Stuyt (Ed). Transitie en toekomst van Deltalandbouw. Alterra-rapport 1132. Alterra, Wageningen.

- Clevering, O.A., J. Alblas, G. Weijers, H.A.G. Verstegen en M.M. van der Werf (2006b). Agronomische gevolgen van peilverhoging. Resultaten van vijf jaar onderzoek naar de gevolgen van peilverhoging voor beregenen, nutriëntenbeschikbaarheid en gewasopbrengsten in de akkerbouw. Rapport 510183. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Lelystad.
- CLM (2001). Brochure: Boeren met water. Aanpak van verdroging. Centrum voor Landbouw en Milieu, Utrecht.
- Cornelissen, A.H.M. (2003). Waterberging op landbouwgronden: Effecten op plant- en dierziekten, onkruiden en contaminanten. Stowa rapport: 2003-19. STOWA, Utrecht.
- Corré, W.J., J. Verloop, G.J. Hilhorst en J. Oenema (2004). Bodemvruchtbaarheid op De Marke; Ontwikkelingen bij aangepast mineralenbeheer en gevolgen voor productiviteit. De Marke-rapport 49. De Marke, Hengelo.
- Cuperus, S. (1989). Economische aspecten met betrekking tot de bouwplankeuze. In: Bosch, H. Themadag 'Vruchtwisseling; grenzen aan nauwe rotaties'. Themaboekje nr. 9, p. 78-80. PAGV, Lelystad.
- Dam, A.M., van, L.J.M. Kater en N. Wees (2004). Adviesbasis voor de bemesting van bloembolgewassen. PPO-rapport 708. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Sector Bloembollen, Lisse.
- Dam, A.M. van, H.C. de Boer, M. de Beuze, A. van der Klooster, L.J.M. Kater, W. van Geel en P. van der Steeg (2006). Duurzaam bodemgebruik in de landbouw. Advies uit de praktijk. PPO-rapport nr. 340101. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Lisse.
- Dijk, W. van, T. Baan Hofman, K. Nijssen, H. Everts, A.P. Wouters, J.G. Lamers, J. Alblas en J. van Bezooijen (1996). Effecten van maïs-grasvruchtwisseling. Verslag nr. 217, 140 p. PAGV, Lelystad.
- Dijst, G. (1989). Plantpathogene bodemschimmels en vruchtwisseling. In: Bosch, H. Themadag 'Vruchtwisseling; grenzen aan nauwe rotaties'. Themaboekje nr. 9, p. 47-61. PAGV, Lelystad.
- Dik, P.E., J.G. Kroes en A.A.M.F.R. Smit (2004). Water- en zoutbeheer Polder de Noordplas. Schematisatie, parameterisatie en verkennende scenarioanalyse. Alterra-rapport 986. Alterra, Wageningen.
- Dils, R.M. en A.L. Heathwaite (1999). The controversial role of tile drainage in phosphorus export from agricultural land. *Water Science Technology*. Vol. 39: 55-61.
- Evans, R., R.W. Skaggs en J.W. Gilliam (1995). Controlled versus conventional drainage effects on water quality. *Journal of irrigation and drainage engineering*. July/August: 271-276.
- Floot, H.W.G., J.G. Lamers en W. van den Berg (1992). De invloed van de intensiteit van het bouwplan op pootaardappelen, suikerbieten en wintertarwe (vruchtwisselingsproefveld FH 82). Verslag nr. 139, 127 p. PAGV, Lelystad.
- Folkerts, H., J.K. Kouwenhoven en U.D. Perdok (1981). Mogelijkheden voor de rijbanenteelt. *Landbouwmechanisatie* 32: 499-504.
- Frost J.P. (1988). Effects on crop yields of machinery traffic and soil loosening. Part 1. Effects on grass yield of traffic frequency and date of loosening. *Journal of Agricultural Engineering Research* 39: 301-312.
- Geel, van W.C.A., P.H.M. Dekker, W.J.M. de Groot, J.J.H. van den Akker en H.W.G. Floot (2007). Structuurherstellend vermogen van groenbemesters. Verslag van veldproeven in 2005-2006 te Lelystad en Kollemerwaard. PPO-praktijkrapport nr. 510492, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Lelystad.
- Geelen, P.M.T.M. (1995). De invloed van gerst, maïs en aardappel als voorvrucht op de opbrengst en ziekte-aantasting van suikerbieten in een één op twee-teelt op zandgrond. *Jaarboek 1994/1995, Akkerbouw*, p. 56-64. PAGV, Lelystad.
- Geelen, P.M.T.M., J.G. Lamers, K. Scholte en L. Swinkels (1995). De invloed van de voorvrucht en de teeltfrequentie op de opbrengst en ziekte-aantasting van suikerbieten, zomergerst, aardappelen en snijmaïs op zandgrond. *Jaarboek 1994/1995, Akkerbouw*, p. 158-172. PAGV, Lelystad.
- Goense, D. en A. Vink (2003). Workability of manure application in spring. *Imag/A&F rapport*.
- Hanegraaf, M., J. Bokhorst, N. van Eekeren en H. de Boer (2006). Kwart graspercelen loopt risico op dalend organische stofgehalte. *V-focus*, 2006 jaargang 3, nummer 4, p. 24-26.
- Hoekstra, O. en J.G. Lamers (1993). 28 jaar De Schreef. *Publikatie nr. 67*, 200 p. PAGV, Lelystad.
- Holshof, G., Th. Vellinga, J. Beuving (1994). Vertrapping en grasaanbod op veengrasland met slechte draagkracht. *Rapport nr.153, Proefstation voor de Rundveehouderij (PR)*, Lelystad.
- Hoogerkamp, M. (1978). Problemen bij de herinzaai van grasland mede veroorzaakt door ziekten en plagen. *Stikstof* 89: 144-189.
- Hoorn, J.W. van (1958). Results of a groundwaterlevel experimental field with arable crops on claysoil. *ICW Techn. Bull.* 1.
- Hoving, I.E. en J.W. van Riel (2003). Het effect van diverse beregeningsstrategieën op de opbrengst van gras. *Gebundelde verslagen Nederlandse Vereniging voor Weide- en Voederbouw*, nr. 39: p.137-144.
- Hoving, I.E. en J.J.H. van den Akker (2005). Onderwaterdrains perspectiefvol voor beperking bodemdaling. In: *Veenweide 25 x belicht. Een bloemlezing van het onderzoek van Wageningen UR*, p. 34-35. Alterra, Wageningen.
- Huinink, J.T.M. (1988). Optimale draaindiepte. *Ad Fundum* 7: 1-9.
- Huiskamp, Th. (1989a). Het belang van vruchtwisseling in de vollegrondsgroenteteelt. In: Bosch, H. Themadag 'Vruchtwisseling; grenzen aan nauwe rotaties'. Themaboekje nr. 9, p. 26-38. PAGV, Lelystad.
- Huiskamp, Th. (1989b). De invloed van hoge teeltfrequentie op opbrengst en kwaliteit van (fijne) peen. *Verslag nr. 83*, 57 p. PAGV, Lelystad.

- Huiskamp, Th. (1990). Voorvruchteffecten bij inpassing van vollegrondsgroenten in een akkerbouwrotatie. Verslag nr. 110, 61 p. PAGV, Lelystad.
- Huiskamp, Th. en J. Lamers (1992). Teeltfrequentie-effecten bij erwten, veldbonen, bruine bonen, snijmaïs, vlas en zaaiuien. Verslag nr. 143, 74 p. PAGV, Lelystad.
- Huitema, J. (1987). Het vochtgehalte van de bodem tijdens grondbewerkingen, en de invloed daarvan op de gewasopbrengst. Stageverslag CAD-BWB-AT
- IKC-AT (1994). Kerngroep MJP-G. Handboek Vrucht- en Teeltwisseling, 1^e druk dec. 1994. Ede.
- IKC-V (1995). Duurzame melkveehouderij op droge grond. Publicatie G25. Informatie en Kennis Centrum Landbouw, Ede.
- Janssens, S.R.M. (1991) Rendabiliteit van een verminderde bodembelasting. Bedrijfseconomische evaluatie van een lagedruk-berijdingsstelsel. Verslag nr. 127, 57 pp. PAGV, Lelystad.
- Kalisvaart, C. (1958). Subirrigation in the Zuiderzee Polders. Veenman & Zonen, Wageningen.
- Labruyere, R.E. (1979). Resowing problems of old pastures (B. Schippers en W. Garns eds.) In: Soil-borne plant pathogens, Academic Press, London: p 313-326.
- Lamers, J.G. (1986). Nauwe rotaties en continueelten van aardappelen en suikerbieten. Jaarboek 1986, p. 249-259. PAGV, Lelystad.
- Lamers, J.G. en O. Hoekstra (1989). Beperking en mogelijkheden van (nauwe) rotaties in de akkerbouw. In: Bosch, H. Themadag 'Vruchtwisseling; grenzen aan nauwe rotaties'. Themaboekje nr. 9, p. 10-25. PAGV, Lelystad.
- Lamers, J.G., U.D. Perdok, L.M. Lumkes en J.J. Klooster (1986). Controlled traffic farming systems in the Netherlands. Soil & Tillage Research 8, p. 65-76.
- Louw, P.G.B. en P.T.M. Vermeulen, R.J. Stuurman en J. Reckman (2001). Waterconservering en peilbeheer in het BeNeLux-middegebied. Deelrapport3: Bepaling van de effecten van waterconservering. TNO-rapport NITG 01-055-B. NITG, Utrecht.
- Maas, K. (2005). Verziltig en verziltingsbeheersing. Bijdrage aan Droogtestudie Nederland. KWR 05.012. Kiwa Water Research, Nieuwegein.
- Molendijk, L.P.G. (2000). Aaltjesmanagement in de akkerbouw, 36 p. PAV, Lelystad.
- Molendijk, L.P.G. (2003). Aaltjes en biologische landbouw. In: F.G. Wijnands en J. Holwerda. Op weg naar goede biologische praktijk, p. 141-148. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Lelystad.
- Mulder, A., Js. Roosjen en G. Veninga (1991). Beheersing van aaltjes in het bouwplan. In: PAGV, Themadag Bodemgebonden plagen en ziekten van aardappelen. Themaboekje nr. 12, p. 28-36. PAGV, Lelystad.
- NRLO (1990). Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek. Mogelijkheden en knelpunten voor vruchtwisseling tussen bedrijfstukken in vollegrondsteelten. NRLO-rapport nr 90/10, 41 p. Den Haag.
- PPO (2002). Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt 2002 (KWIN 2002). Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Lelystad.
- PPO (2006). Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt 2006 (KWIN 2006). Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Lelystad.
- Preuter, H. (1984). Rendabiliteit van continueelt en nauwe rotaties van aardappelen en suikerbieten op het proefveld PAGV 1 (1978 t/m 1982). Verslag nr. 18, 30 p. PAGV, Lelystad.
- Preuter, H. (1988). Bedrijfseconomische aspecten van de grondontsmetting in rotaties met consumptieaardappelen, suikerbieten en wintertarwe op het proefveld te Westmaas (1981 t/m 1986). Verslag nr. 75, 36 p. PAGV, Lelystad.
- Rienks, W.A. en A.L. Gerritsen (2005). Veenweide 25x belicht. Een bloemlezing van het onderzoek van Wageningen UR. Alterra, Wageningen.
- Rops, A. H.J. (1987). Bouwplanvergelijking 1975-1985; 66% ten opzichte van 100% rooivruchten. Jaarboek 1986, p. 259-265. PAGV, Lelystad.
- Rops, A. H.J., C.A.M. Schouten & J. Alblas (1996). Effecten intensieve bouwplannen op lichte zavelgronden in de Noordoostpolder (WG 140). Verslag nr. 228, 45 p. PAGV, Lelystad.
- Schachtschnabel, P., H.P. Blume, G. Brümmer, K. H. Hartge und U. Schwertmann (1992). Lehrbuch der Bodenkunde. Duitsland, Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag. ISBN 3-432-84773-4.
- Schils R.L.M., de Haan M.H.A., Hemmer J.G.A., van den Pol-van Dasselaar A., De Boer J.A., Evers A.G., Holshof G., van Middelkoop J.C., Zom R.L.G. (2007). DairyWise, a whole-farm dairy model, J. Dairy Sci. 90, 5334-5346, Animal Sciences Group/Veehouderij, Lelystad
- Scholte, K. (1987). Relationship between cropping frequency, root rot and yield of silage maize on sandy soils. Netherlands Journal of Agricultural Science 35, p. 473-486.
- Schothorst, C.J. (1965). Weinig draagkrachtig grasland. Landbouwvoorlichting 22, 10/11 en 12: 492-500 en 701-706.
- Schreuder, R. en J.W. van der Wekken (2005). Kwantitatieve informatie. Bloembollen en Bolbloemen. PPO rapport 719. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving B.V., Lisse.
- Schröder, J. (1986). Consequences of continuous cropping of maize. In: Werkgroep maize. Continuous maize cropping, p. 29-42. NGC, Wageningen.

- Schroën, G.J.M. (1993). Vruchtwisseling in de Vollegrondsgroenteteelt, 77 p. Informatie en Kennis Centrum Akker- en Tuinbouw, Afdeling Akkerbouw en Groenteteelt in de Vollegrond, Lelystad.
- Sieben, W.H. (1974). Over de invloed van de ontwatering op de stikstoflevering en op de opbrengst van jonge zavelgronden in de IJsselmeerpolders. Van zee tot land 51, 179 pp.
- Sims, J.T., R.R. Simard and B.C. Joern (1998). Phosphorus loss in agricultural drainage: Historical perspective and current research. *Journal of Environmental Quality*. Vol. 27: 227-293.
- Snepvangers, J., A. Peters, P de Louw en B. Geenen (2004). 'Drainage nieuwe stijl'. Drainage ten behoeve van waterconservering. TNO-rapport NITG 04-100-B. NITG, Utrecht.
- Snijders P.J.M., Wopereis F.A., Everts H. en Wouters A.P. (1994). Effect bodemverdichting op opbrengst en stikstofopname Engels raaigras op zandgrond. Rapport nr. 152, 51 pp. Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij, Lelystad.
- Stuyt, L.C.P.M. (1998a). Schade aan onderlopende buisdrainage. Verslag brainstormsessie met betrokkenen op 19 februari 1998. DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Stuyt, L.C.P.M. (1998b). Schade aan onderlopende buisdrainage. DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Tullberg, J. (2004). Presentation. On Track to Sustainable Farming Systems in Australia; Impact of Field Traffic - and its Control.
- TK (2003). Beleidsbrief Bodem. Brief aan de Tweede Kamer der Staten-Generaal. Kenmerk: BWL/2003 096 250.
- Vermeulen, G.D. en J.J. Klooster. (1992). The potential of a low ground pressure traffic system to reduce soil compaction on a clayey loam soil. *Soil & Tillage Research* 24: 337-358.
- Vlotman, W.F. en H.C. Jansen (2003). Controlled drainage for integrated water management. In: Paper No 125. Presented at the 9th International Drainage Workshop, September 10-13, 2003, Utrecht, The Netherlands.
- Voort, W.J.M. van der en G.A. van Soesbergen (1988). Onderzoek naar bewerkbaarheidstijdstip van zavel- en kleigronden. Stiboka rapport 2026. Stiboka, Wageningen.
- Vos, J.A. de, I.E. Hoving, P.J.T. van Bakel, J. Wolf, J.G. Conijn en G. Holshof (2004). Effecten van peilbeheer in de polders Zegveld en Oud-Kamerik op de nat- en droogteschade in de Landbouw. Alterra-rapport 987, Alterra, Wageningen.
- Vos, J.A. de en I.E. Hoving (2005). Verkenning van bedrijfsvarianten en milieukundige gevolgen bij piekwaterberging op landbouwgrond in Salland. Alterra-rapport 1224, Alterra, Wageningen.
- Vos, J.A. de, O.A. Clevering, en F.P. Sival (2006). Stikstof- en fosfaatverliezen naar grond- en oppervlaktewater van landbouwgronden; synthese rapport. Alterra-rapport 1393, Alterra, Wageningen.
- Waal, B.H.C. de, K.H. Wijnholds en E. Brommer (2006). Intensief loont nog steeds. Bedrijfseconomische analyse van onderzoek naar geïntegreerde vruchtwisselingssystemen op de noordoostelijk zand- en dalgronden 1990-2000. Projectrapport 530174. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Lelystad.
- Wanink F.J., J. Alblas, H.M.G. van der Werf en J.J.H. van den Akker (1990). Snijmaisopbrengst beïnvloed door berijding. *Landbouwmechanisatie* nr.4, p.28-29, 1990.
- Wenum, J.H. van (2002). Economische evaluatie vernetting op akkerbouw- en vollegrondsgroentebedrijven. Projectrapport 1123015-2. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Lelystad sector AGV, Lelystad.
- Wijk, A.L.M. van (1984). Landbouwkundige aspecten van ontwatering in veenweidegebieden. Rapport 9. ICW, Wageningen.
- Wijk, A.L.M. van, R.A. Feddes, J.G. Wesseling en J.G. Buitendijk (1988). Effecten van grondsoort en ontwatering op de opbrengst van akkerbouwgewassen. Rapport 31. ICW, Wageningen.
- Wijnholds, K.H. en J. Smid (1995). Gangbaar bouwplan Veenkoloniën 't best – Ruimere vruchtwisseling leidt tot saldoeverlies. *Boerderij/Akkerbouw* 81, nr. 22, p. 16-17.
- Wijnholds, K.H. en W. van den Berg (1995). Vruchtwisselingsproef AGM 600 proefboerderij A.G. Mulderhoeve, Emmercompasuum 1989-1989. Effect van gewasrotaties, organische stof en stikstof op de productie van aardappelen, suikerbieten, zomertarwe en haver op een veenkoloniale grond. Verslag nr. 206, 129 p. PAGV, Lelystad,
- Wolf, M. de (2005). Rijpadensysteem gauw rendabel op biologisch bedrijf met 200 ha. Intern rapport. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Lelystad.
- Wouters, A.P., A.H.J. van der Putten en J.H.A.M. Steenvoorden (1992). Invloed van beregening op de productie en stikstofhuishouding van grasland. Gebundelde verslagen Nederlandse Vereniging voor Weide- en Voederbouw, nr. 33, p. 60-83.

Geraadpleegde digitale bronnen

CBS-statline. <http://statline.cbs.nl>

GBK: Gewasbeschermingskennisbank (<http://library.wur.nl/gbk>)

IRS-betatif. www.irs.nl