



bioveem Rapport 15

Optimalisatie van stikstofbenutting na het scheuren van grasklaver





Colofon

Uitgever

Animal Sciences Group
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail bioveem.po.asg@wur.nl.
Internet <http://www.bioveem.nl>

Redactie

Bioveem

© Animal Sciences Group

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

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

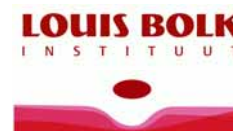
Bestellen

ISSN 0169-3689
Eerste druk 2005/oplage 50
Prijs € 12,50

Losse nummers zijn schriftelijk, telefonisch, per E-mail of via de website te bestellen bij de uitgever.



ANIMAL SCIENCES GROUP
WAGENINGEN **UR**



Bioveem is een samenwerkingsproject van 17 biologische melkveehouders, Louis Bolk Instituut, Animal Sciences Group en DLV-adviesgroep n.v.

Missie:
biologische melkveehouderij versterken en verbreden



Rapport 15

Optimalisatie van stikstofbenutting na het scheuren van grasklaver

Louis Bolk Instituut:
Jan de Wit
Nick van Eekeren
Geert Jan van der Burgt

Voorwoord

Voor u ligt een rapport in het kader van thema Bemesting, bodemvruchtbaarheid en vruchtwisseling van Bioveem. In dit thema wordt door Bioveem-deelnemers, DLV'ers en onderzoekers van diverse instituten gewerkt aan een bemestingsadvies. Dit rapport draagt bij aan de optimalisatie van de benutting van stikstof in voedergewassen na het scheuren van grasklaver op biologische melkveebedrijven.

Naast gegevens van Bioveem-bedrijven is gebruik gemaakt van gegevens uit het project "Biologische voedergewassen op lössgrond" van de Mergelland Coöperatie in samenwerking met het Louis Bolk Instituut en het project "Biologisch ondernemen in de tuin van Nederland deel III" van Stimuland in samenwerking met het Louis Bolk Instituut. Hierbij willen wij onze dank uitspreken voor het gebruik van deze gegevens. Speciale dank gaat uit naar Hugo van der Meer van WUR-PRI, die het concept van dit rapport nog eens kritisch heeft doorgenomen en van commentaar heeft voorzien.

Samenvatting

Voor de biologische landbouw is het van groot belang de stikstofverliezen zo veel mogelijk te beperken en de beschikbare mest, samen met de door vlinderbloemigen vastgelegde stikstof, zo efficiënt mogelijk te benutten. Metingen laten zien dat de nitraatuitspoeling onder biologisch grasland veelal laag is, maar dat de nitraatconcentraties na het scheuren van grasland voor graslandvernieuwing of voor de teelt van voedergewassen hoog oplopen. Deze nitraatcijfers worden veroorzaakt door hoge stikstofmineralisatie na scheuren van grasklaver. Ondanks deze hoge stikstofbeschikbaarheid wordt in de praktijk snijmais nog met 20-40 m³ drijfmest bemest.

Vraag is of dit wel een efficiënt gebruik van de beschikbare mest is. Daartoe is in de afgelopen jaren een aantal experimenten bij praktijkbedrijven uitgevoerd, waarbij bemestingsniveau, tijdstip van grondbewerking en gewaskeuze werden gevarieerd en de effecten daarvan op de N-mineraalhuishouding in de bodem en de productie zijn bepaald. In dit rapport worden deze experimenten geanalyseerd, nadat eerst de biologische snijmaisteelt en nitraatuitspoeling na het scheuren van grasklaver zijn beschreven.

Hoewel de resultaten van de proeven moeilijk te interpreteren zijn door mogelijke proefstrookeffecten en door weersinvloeden (de meeste proeven vonden plaats in het droge jaar 2003), lijkt bemesting van grasklaver in het vroege voorjaar voorafgaand aan het scheuren tot een beperkte verhoging van de snijmaïsoopbrengst te leiden. Bemesting voorafgaand aan de inzaai van snijmais leidt tot wisselende opbrengsteffecten: een beperkte bemesting (met 15 m³) geeft in vier van de vijf proeven (66%) een opbrengstverhoging. Een hogere bemesting (met 30 m³) geeft slechts in twee van de zes proeven (33%) een verhoging van de snijmaïsoopbrengst. Bij dit hogere bemestingsniveau zijn er aanwijzingen dat dit hogere bemestingsniveau samengaat met hogere verliezen door onder andere een hogere denitrificatie. De stikstofefficiëntie van deze gebruikte mest is dan ook heel laag. Het effect van bemesting op de gemeten residuele N-mineraalwaarden is in deze proeven wisselend. Gemiddeld is er wel een trend zichtbaar dat bemesting tot hogere residuele N-mineraalwaarden leidt. Bij de gemodelleerde waarden is alleen het effect van de hoogste bemestingsvariant op de residuele N-mineraal duidelijk zichtbaar. Vroeger scheuren van grasklaver heeft in het algemeen een opbrengstverhogend effect op de maïs. Doordat de grasopbrengst echter nihil wordt, is de totale N-opbrengst vrijwel altijd lager en zijn de potentiële stikstofverliezen hoger dan bij het meer gebruikelijke tijdstip van grondbewerking vlak voor inzaai. Vroeger scheuren leidt dus niet tot een hogere stikstofefficiëntie.

De opbrengst van het hoofdgewas, bij gelijke bemesting, heeft een grote invloed op het potentiële stikstofverlies. Dit logische verband (opgenomen N kan niet meer verloren gaan) wordt ondersteund door de vergelijkingsproef van snijmais en GPS als hoofdgewas, waarbij GPS als volggewas na grasklaver minder geschikt werd bevonden door de lage productie. Ook bij een vaststaand volggewas zal het realiseren van een goede gewasopbrengst door het nemen van de juiste teeltmaatregelen een belangrijke strategie zijn om de potentiële stikstofverliezen te beperken. Zo zijn er praktijkvoorbeelden bekend, waarbij de opbrengst van snijmais zeer laag was als gevolg van ploegen onder te natte omstandigheden en te diep ploegen. Een simpele vergelijkingsproef tussen een Ekoploeg (voor ondiep ploegen) en een normale wentelploeg leverde echter geen verschillen op in opbrengst of N-mineraalwaarden, waarschijnlijk omdat het verschil in ploegdiepte te gering was.

De stikstofnalevering van meerjarige grasklaver bedraagt het eerste jaar na scheuren circa 300 kg N per hectare. Voor luzerne ligt dit mogelijk iets lager. Deze hoge stikstofnalevering heeft als gevolg dat de potentiële stikstofverliezen na het scheuren veelal hoog zijn, omdat niet alle vrijkomende stikstof kan worden vastgelegd. De onderzochte managementmaatregelen (bemestingsniveau en tijdstip van grondbewerking) hebben slechts een beperkte invloed op de potentiële stikstofverliezen. Een lagere of geen bemesting geeft een beperking van het residuele stikstofniveau na de oogst van de snijmais, maar dit blijft vrij hoog (>50 kg N per ha in laag 0-60 cm). Dit onderstreept het belang van een geslaagd nagewas om de risico's op een te hoge nitraatuitspoeling na het scheuren van grasklaver te beperken. Een wintergraan volgend op snijmais is daarbij een betere optie dan een zomergraan: niet alleen wordt de residuele stikstof sneller vastgelegd, wintergranen wortelen ook meestal dieper en kunnen dus verder uitgespoelde stikstof weer terughalen in het systeem. Overigens kunnen deze gewassen slechts een beperkte hoeveelheid stikstof vastleggen. Indien de hoeveelheid residuele stikstof hoger is dan 40-60 kg N per hectare, dan zal de uitspoeling alsnog stijgen.

Aanbevelingen veehouder bij inzaai snijmais na een gescheurde grasklaver

- Scheuren van een meerjarige grasklaver leidt in alle gevallen tot ongewenste stikstofverliezen. Een vanggewas van Italiaans raigras als onderzaai of nazaai is noodzakelijk om deze stikstofverliezen zoveel mogelijk te beperken. Bij een vruchtvolgving met granen: streef naar een wintergraan om zoveel mogelijk stikstof in de winter vast te leggen.

- De tweede en derde week van mei lijken de beste periode om snijmais in te zaaien, door potentiële problemen met kiemschimmels, vogelvraat en mechanische onkruidbeheersing. Door deze latere inzaai kan de eerste snede grasklaver nog worden benut.
- Vervroegen van grondbewerking geeft een hogere maisopbrengst (ten koste van de eerste snede gras die dan niet kan worden geoogst), maar beperkt de potentiële stikstofverliezen niet.
- Bemest de eerste snede grasklaver afhankelijk van het gebruik (weiden of maaien). Dit geeft een hogere opbrengst van de daaropvolgende snijmais, maar ook iets hogere potentiële stikstofverliezen.
- Bemesting van snijmais na het scheuren van grasklaver is niet noodzakelijk voor stikstofvoorziening maïsgewas. Een bemesting van 15 m³ drijfmest leidt in 66% tot een lichte opbrengststijging en een bemesting van 30 m³ drijfmest enkel in 33% van de gevallen. Overweeg waar drijfmest het meeste bijdraagt aan opbrengst en voederwaarde, bouwland of grasland. Houd wel de fosfaat- en met name de kalibemestingstoestand in de gaten.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

1	Inleiding	1
1.1	Achtergrond	1
1.2	Biologische snijmaïsteelt in praktijk	1
1.3	Mogelijke aanpassingen van het teeltsysteem om nitraatverliezen te beperken	2
2	Materiaal en methode, algemeen	4
3	Resultaten	5
3.1	Bemestingsniveau	5
3.2	Bemestingsniveau en tijdstip van grondbewerking	5
3.2.1	Snijmaïs na meerjarige grasklaver: proef Van Liere	5
3.2.2	Snijmaïs na meerjarige grasklaver: proef Boons	8
3.2.3	Snijmaïs na meerjarige luzerne: proef Aver Heino	12
3.2.4	Snijmaïs na 1-jarige grasklaver: proef Huijnen	14
3.3	Keuze van hoofdgewas/vruchtwisseling	17
3.3.1	GPS versus snijmaïs: proef Van Liere	17
3.3.2	Voederbieten	18
3.4	Minder diep ploegen met de Ekoploeg	19
3.5	Voorgewas: vergelijking luzerne en grasklaver	19
4	Discussie en conclusies	21
4.1	Ten aanzien van de proefopzet	21
4.2	Modellering van de stikstofbeschikbaarheid	21
4.3	Ten aanzien van de behandelingen	22
4.4	Conclusies	24
	Literatuur	25
	Bijlagen	26
	Bijlage 1 Vergelijking N-mineraal metingen met modelwaardes van NDICEA	26
	Bijlage 2 Beoordelingen van NDICEA-modellering ten opzichte van N-mineraal metingen	27
	Bijlage 3 Weersgegevens voor modellering met NDICEA van proeven in §3.2	28
	Bijlage 4 Stikstofbalansen per proef	29

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Het minimaliseren van de milieubelasting is een van de doelstellingen van de biologische landbouw. Tevens is biologische mest schaars, als de biologische landbouw steeds minder meststoffen van niet-biologische herkomst gaat gebruiken. Daarom is het van groot belang dat de biologische landbouw de stikstofverliezen zo veel mogelijk beperkt en de door vlinderbloemigen vastgelegde stikstof zo efficiënt mogelijk benut.

In dit rapport wordt nagegaan hoe de nitraatverliezen na het scheuren van biologisch grasland kunnen worden beperkt. Metingen in het kader van Bioveem laten zien dat de nitraatuitspoeling onder biologisch grasland veelal laag is, maar dat hoge waarden waarschijnlijk zijn na het scheuren van grasland (Bioveem, 2000). Na graslandvernieuwing, bij de teelt van snijmais of graan na grasklaver worden zeer hoge nitraatconcentraties, tot >150 mg per liter, gemeten (Schils en Kasper, 2005; Van den Berg en Poelen, 2003). Ondanks deze hoge stikstofbeschikbaarheid na het scheuren van grasklaver, wordt vaak voor de snijmaisteelt nog 20 - 40 m³ drijfmest bemest.

Vraag is of dit wel een efficiënt gebruik van de beschikbare mest is. Zijn er manieren om de nitraatverliezen tijdens deze teeltfase te beperken? Wat is het effect daarvan op de productiemogelijkheden?

In het kader van Bioveem zijn daartoe in de afgelopen jaren een aantal experimenten bij praktijkbedrijven uitgevoerd, waarbij bemestingsniveau, tijdstip van grondbewerking en gewaskeuze werden gevarieerd en de effecten daarvan op de N-mineraal huishouding in de bodem en de productie zijn bepaald. In dit rapport worden deze experimenten geanalyseerd, nadat eerst de biologische snijmaisteelt en nitraatuitspoeling na het scheuren van grasklaver zijn beschreven.

1.2 Biologische snijmaisteelt in praktijk

Op veehouderijbedrijven wordt snijmais in vruchtwisseling geteeld, meestal na 3-8 jaar grasklaver. Na de snijmais wordt regelmatig een wintergraan ingezaaid. Voordeel hiervan is dat de zaaiomstandigheden voor grasklaver veel beter zijn na een graan- dan na de (late) maisoogst (Van Eekeren, 2002). De snijmais zelf wordt veelal vrij laat gezaaid (vanaf half mei). Dit heeft als groot voordeel: een snelle kieming en begingroei waardoor de uitval van kiemplanten door vogelschade en schimmelaantasting wordt beperkt. Ervaren snijmaistelers, zoals Huijnen (te Heerlen) en Rempelberg (te Oost-Maarland), geven als nadeel dat de kolfzetting (en dus zetmeelproductie), vooral tijdens zon-arme zomers, minder optimaal kan zijn door een laat zaaitijdstip. Daarnaast is het risico van vochtgebrek op droogtegevoelige gronden groter bij een late inzaai.

Het late inzaaitijdstip maakt het wel mogelijk om voor het scheuren nog een lichte grasklaversnede (1,5-3 ton ds per ha) van het perceel te oogsten.

De bemesting van snijmais vindt in de praktijk vaak deels plaats in het vroege voorjaar op de grasklaver en deels voor het ploegen (beide keren 15-20 m³ mest). Aanleiding voor dit rapport is de vraag of dit wel een efficiënt gebruik van schaarse biologische mest is. Op de meeste biologische veehouderijbedrijven is namelijk niet meer dan circa 25 à 30 m³ drijfmest per hectare aanwezig (de Wit *et al.*, 2004). Deze mest kan ook op grasland worden gebruikt, waarbij een voorjaarsgift een duidelijke opbrengstverhoging geeft en later giften eventueel kunnen worden gebruikt om het klaveraandeel te reguleren. Tevens is het de verwachting dat biologische mest in de toekomst een steeds hogere prijs zal krijgen door het aanscherpen van de regelgeving.

Waar komt de snijmais vandaan?

Veel biologische veehouders vinden energierijk voer, zoals snijmais, een zeer gewenst onderdeel van hun rantsoen (vooral als aanvulling op een klaverrijke graskuil en herfstgras). Biologische snijmais wordt in Nederland in hoofdzaak geteeld op matige akkerbouwgronden en op veehouderijbedrijven. De productie bij akkerbouwers wordt beperkt door de (relatief lage) marktprijs. Dit resulteert veelal in een saldo per hectare, dat nauwelijks hoger is dan bijvoorbeeld baktarwe dat een veel minder negatief effect heeft op de bodemstructuur (Prins *et al.*, 2004).

De snijmaisteelt bij veehouders wordt vooral beperkt door onkruidproblemen en vogelvraat. Door snijmais te verbouwen na minstens drie jaar grasklaver, is onkruid echter goed te beheersen.

Voor vogelschade in de eerste weken na inzaai is nog geen afdoende remedie gevonden. Door toepassing van een combinatie van beheersmethodes kan de schade vaak redelijk beperkt blijven, maar zeker in gebieden met grote roekenkolonies is biologische snijmaisteelt nauwelijks meer mogelijk.

1.3 Mogelijke aanpassingen van het teeltsysteem om nitraatverliezen te beperken

Metingen in kader van het Bioveem-project laten zien dat de nitraatuitspoeling onder biologisch grasland wisselend, maar meestal voldoende laag zijn en dat hoge waarden waarschijnlijk zijn na het scheuren van tijdelijk grasland (Schils en Kasper, 2005). Dit komt overeen met vele andere metingen. Zo werd tijdens meerjarige metingen in het kader van het Panfa-project bij (gangbare- en biologische) veehouders vastgesteld, dat nitraatgehaltes onder grasland ouder dan 1½ jaar gemiddeld slechts weinig hoger dan 50 mg zijn, maar dat vooral direct na het scheuren van grasland de nitraatconcentraties hoog kunnen oplopen. Zowel onder nieuw, overwegend in het najaar ingezaaid, grasland als onder eerstejaars snijmais werden zeer hoge nitraatconcentraties gevonden (zie tabel 1). De nitraatgehaltes zijn gecorrigeerd voor het neerslagoverschot, wat van grote invloed is op de gemeten nitraatgehaltes van een bepaald jaar, om vergelijking tussen jaren mogelijk te maken.

Tabel 1 Nitraatgehaltes van verschillende vruchtwisselingen (tot grondwater, monsternames in februari 2001, 2002 en 2003; gehalten gecorrigeerd voor neerslagoverschot); Bron: van den Berg en Poelen, 2003)

Gewas	Gewas	gemiddeld geïndexeerd nitraatgehalte (mg/l)	aantal waarnemingen
Grasland	1 ^e jaar na herinzaai	170	11
	1½ jaar na herinzaai	51	10
	Ouder dan 1½ jaar	54	174
Grasklaver	1 ^e jaar na herinzaai	76	6
	1½ jaar na herinzaai	31	8
	Ouder dan 1½ jaar	68	72
Snijmais	1 ^e jaar na scheuren grasland	171	16
	2 ^e jaar na scheuren grasland	133	12
	Mais >2 jaar na scheuren grasland	81	36

NB: vetgedrukte waarden zijn significant ($p < 0,05$) verschillend van grasland ouder dan 1½ jaar

Bij deze analyse is geen onderscheid gemaakt in het gebruik van het grasland voorafgaand aan het scheuren. Bekend is wel dat er een groot verschil is tussen beweiding en maaien van grasland: onder beweiding is de opbouw van organische stikstof hoger dan bij maaien (door de grotere hoeveelheid gewasresten en dierlijke mest). Hierdoor kan niet alleen de nitraatuitspoeling bij beweiding van ouder grasland hoog worden (vooral onder mest- en urineplekken), maar zal ook de stikstofmineralisatie na scheuren van het beweidde grasland aanzienlijk hoger liggen (Hassink en Neeteson, 1991). Daarnaast heeft de leeftijd van de gescheurde grasmaten een groot effect: elk jaar wordt er 20 tot >130 kg organisch gebonden stikstof opgebouwd welke na scheuren deels vrij zal komen. De hoeveelheid opgebouwde stikstof is afhankelijk van het graslandgebruik (beweiding > maaien), organische mestgift, bodemtextuur, etc. Bij Johnson, *et al* (1994) is er een tendens waarneembaar dat deze opbouw na circa vier jaar minder wordt. Velthof en Oenema (2001) vonden echter in een uitgebreid literatuuronderzoek geen duidelijke afwijking van een lineaire opbouw gedurende de eerste tien jaar.

Belangrijkste teeltaanpassing om de nitraatverliezen na het scheuren van gras(klaver) te beperken zijn:

1. Verminderen van de bemesting voor de snijmaisteelt

Als standaard bemestingsadvies voor snijmais geldt dat 180 à 205 kg werkzame N moet worden gegeven minus de hoeveelheid N-mineraal (laag 0-30 cm) welke voor inzaai aanwezig is. Tevens moet worden gecorrigeerd voor de nalevering uit gras (met een korting van 50 kg N per ha voor eenjarig gras en 100 kg N voor meerjarig gras). Doel is om in juni een N-mineraalgehalte te verkrijgen van 210 kg N-mineraal in de laag 0-60 cm (waarbij een niveau van minimaal 175 kg N-mineraal als acceptabel wordt geacht). Het standaardbemestingsadvies na meerjarige grasklaver komt daarmee op minimaal 60 kg werkzame N, wat gelijk is aan circa 25 m³ drijfmest (afhankelijk van de gehalten). Door het bemestingsniveau te verminderen, kan een groter gedeelte van de aanwezige N (uit mest en mineralisatie) door de snijmais worden benut. Om de effecten van het verminderen van de mestgift op snijmais na grasklaver, zowel qua opbrengst als potentiële nitraatuitspoeling, te kunnen analyseren zijn diverse experimenten (§ 3.1 en § 3.2) uitgevoerd.

2. Tijdstip scheuren

Eerste metingen van N-mineraalwaarden bij snijmais na grasklaver gaven aan dat het N-mineraalgehalte in juni vaak ruim beneden het geadviseerde niveau van 210 kg N bleef. Daardoor ontstond de vraag of het mogelijk zou zijn om het gehalte in juni te verhogen door enkele weken voor inzaai reeds een grondbewerking toe te passen. Dit is uitgetest in enkele experimenten in 2003 (§ 3.2). Een vroeger tijdstip van inzaai is niet uitgetest. Op droogtegevoeligere grond kan dit wel aantrekkelijk zijn vanwege een betere vochtbenutting, maar er is tevens

meer kans op schimmelaantasting en vogelschade door een trage begingroei. Op beter vochthoudende grond zal de meeropbrengst van de snijmais het verlies van de eerste snede grasklaver niet snel goed kunnen maken.

3. Alternatief volggewas

Een andere aanpassing betreft de keuze van het energierijke voedergewas. GPS heeft voor veel veehouders het voordeel van een eenvoudiger, minder risicovolle teelt. Het is sterk de vraag of dit gewas, met veelal een lager opbrengstniveau, de vrijkomende stikstof voldoende kan benutten.

De teelt van voederbieten is een ander optie. Voederbieten wortelen dieper dan maïs en groeien lager door in de herfst, waardoor de N-opname hoger en de nitraatuitspoeling lager kan zijn. Voor Franse omstandigheden werd berekend, dat bij een vruchtwisseling met bieten en tarwe per jaar 160 kg minder N uitspoelt dan bij een vruchtwisseling van maïs en tarwe (Vertes et al, 2002). In een proef in België gaven voederbieten na grasklaver ook een veel lagere residuele N dan snijmais (minder dan 50 kg in plaats van 210 kg N in laag 0-90 cm, bij geen bemesting; Nevens, 2003). Daarnaast zijn voederbieten een energierijk voer, dat bij veel biologische veehouders hoog staat aangeschreven wegens de positieve effecten op melkproductie en gezondheid. Wel vragen voederbieten forse veranderingen in het voersysteem. Niet alleen zijn voederbieten geen ruwvoer maar meer een krachtvoervervanger, ook vragen ze vaak extra arbeid en investeringen voor de opslag, schonen en vervoederen. Het belangrijkste knelpunt voor de biologische teelt van voederbieten lijkt echter de hoeveelheid handwerk te zijn die nodig is voor de onkruidbestrijding. Indien deze arbeid niet zeer goedkoop beschikbaar is, zijn voederbieten vrijwel altijd een relatief duur voer. De teelt van voederbieten na grasklaver is in 2003 op één locatie gevolgd (§ 3.3.2).

4. Minder diep ploegen waardoor de stikstof beter bovenin de zode wordt gehouden

Wanneer het wenselijk is om voorafgaand aan de inzaai van snijmais een eerste snede gras te oogsten, biedt ondiep ploegen mogelijk perspectief voor een goede begingroei met zo min mogelijk drijfmest. Verondersteld wordt dat de mineralisatie van de stikstofrijke zode sneller op gang komt door deze minder diep onder te ploegen, waardoor de stikstof sneller beschikbaar komt voor de maïswortels. Belangrijk aandachtspunt is wel dat de onkruiddruk niet te veel toeneemt en er een goed zaaibed kan worden gemaakt. In principe is de Ekoploeg (een soort aangepaste stoppelploeg die zeer ondiep kan ploegen) hiervoor een geschikte mogelijkheid. Dit is in slechts één beperkt experiment onderzocht (§ 3.4).

5. Aanpassing van het voorgewas

Bij de meeste experimenten is grasklaver (veelal minstens drie jaar) als voorvrucht gebruikt, bij een beperkt aantal experimenten luzerne, welke volgens het bemestingsadvies een iets lagere nalevering geeft voor de volggewassen (75, 65 en 25 kg N in het eerste, tweede en derde jaar na scheuren in vergelijking met 100, 60 en 30 kg N bij gras). Daarnaast wordt bij een kortere voorvrucht met grasklaver minder organische stikstof opgebouwd in de zode, waardoor de mineralisatie na scheuren beperkt kan blijven. Om de effecten van een aangepaste voorvrucht inzichtelijk te maken is in één experiment een vergelijking gemaakt tussen grasklaver en luzerne als voorvrucht voor snijmais (§ 3.5). Daarnaast is bij een experiment met een eenjarige grasklaver modelmatig doorgerekend wat het effect zou zijn geweest van een oudere grasklaver als voorvrucht (§ 3.2.4).

2 Materiaal en methode, algemeen

Alle proeven zijn op praktijkbedrijven aangelegd en betreffen “strokenproeven”. De grote stroken, minimaal negen bij 50 meter, zijn veelal in enkelvoud aangelegd. Opbrengstbepaling is in alle proeven gedaan middels handmatig oogsten van drie plots van één rij van drie of vier meter lengte per strook. Direct na het oogsten zijn de gewichten per rij bepaald, waarna een mengmonster per strook is genomen voor drogestofbepaling. De drogestofbepaling omvatte het drogen van de monsters gedurende 24 uur bij circa 40 °C, met nadroging gedurende 1½ uur bij 105 °C.

Deze manier van opbrengstbepaling is enigszins onnauwkeurig, maar het is de enige methode welke het mogelijk maakt om op veel verschillende bedrijven proeven aan te leggen. Met name doordat de rijen waarbij een opbrengstmeting wordt gedaan niet geheel aselekt worden gekozen (gedeeltes, waar veel meer plantuitval is dan in de rest van de strook, worden uitgesloten), kan deze methode leiden tot enige overschatting van de werkelijke opbrengst.

Per strook zijn N-mineraalmonsters genomen op weergegeven dieptes en data, mengmonsters van vijf steken per strook, door BLGG-Oosterbeek. De monsters zijn volgens de standaardprocedure behandeld (direct in koelbox), welke ook gebruikt wordt ten behoeve van de bepaling van het bemestingsadvies.

Bij de meeste proeven zijn de gemeten N-mineraalwaarden voor inzaai (0-30 cm) in tweede helft van juni (0-60 cm) en na het groeiseizoen (0-90 cm) gegeven, naast de gemeten opbrengst. In aanvulling hierop is van een aantal proeven ook het verloop van de N-mineralisatie in de laag 0-30 en 30-60 cm gemodelleerd middels het bodemstikstofmodel NDICEA (Koopmans en Bokhorst, 2002), gebruikmakend van actuele weersgegevens van het meest dichtbij gelegen weerstation, actuele bemestingsgegevens, ingeschatte bodemparameters, organische stof en gemeten producties. De karakteristieken van de jonge bodemorganische stof worden hierbij ingeschat door de voorgaande jaren te modelleren met gebruikmaking van globale gegevens rond grondgebruik, bemestingsniveau en opbrengst. Hiermee kan een betere inschatting worden gemaakt van de verhouding tussen stikstofbeschikbaarheid en –vraag op verschillende tijdstippen van het groeiseizoen. Aangezien het bemestingsadvies de nalevering van graszoden ouder dan drie jaar gelijk stelt aan die van drie jaar, zijn bij deze modellering ook slechts de voorgaande drie jaar ingeschat.

Let op dat in de figuren alleen de waarden worden gegeven in de laag 0-30 cm (de meest actieve laag van waaruit in de meeste gevallen veruit de grootste hoeveelheid minerale N beschikbaar komt), welke dus lager liggen dan de waarden in de tabellen waarin de gegevens staan voor de laag 0-60 of 0-90 cm. Gegevens over de modeluitkomsten voor de laag 30-60 cm staan vermeld in bijlage 2, naast de gemeten waarden.

3 Resultaten

3.1 Bemestingsniveau

Proefopzet

In 2002 zijn op de bedrijven van Pieter Boons (Raamsdonk, lichte klei, 7,4% organische stof) en maatschap Van Liere (Esbeek, zand, 3,0% organische stof) enkelvoudige proefstroken aangelegd met verschillende bemestingsniveaus voor de snijmais. Na bemesting van het grasland (met 20 m³ drijfmest), maaien van de eerste snede (2,5 respectievelijk 2,8 ton ds) is 0, 15 en 30 m³ mest uitgereden (met 4,6 respectievelijk 4,4 kg N per m³) voor het scheuren van de meerjarige grasklaver. De grasklaver had een redelijk aandeel klaver (exact aandeel onbekend), was afwisselend beweid en gemaaid en normaal bemest (20 à 30 m³ per jaar). Begin oktober is de snijmais geoogst.

Resultaten

De maaisopbrengsten zijn weergegeven in tabel 2, evenals de gemeten hoeveelheden N-mineraal eind juni en eind oktober. Hieruit blijkt dat extra bemesting op zand slechts tot een beperkte opbrengststijging leidt, ondanks de aanzienlijke stijging van de beschikbare minerale stikstof die eind juni is gemeten.

Op klei is wel een forse opbrengststijging te zien als gevolg van de bemesting, ondanks de beperkte verhoging van de hoeveelheid beschikbare N-mineraal in juni door bemesting.

In beide proeven, maar vooral bij Boons, werden er in het najaar grote hoeveelheden N-mineraal gemeten en een forse verhoging vastgesteld in de residuele N-mineraalwaarden als gevolg van bemesting. Vooral de verhoging door bemesting bij Boons is opmerkelijk groot: 91 respectievelijk 96 kg N, naast een verhoging van de N-output in het gewas van 27 respectievelijk 39 kg N, waar de extra N-input door bemesting in totaal 68 respectievelijk 136 kg N is. Deze getallen zijn slechts schattingen aangezien er geen gewasanalyses zijn gemaakt en er geen N-mineraalwaarden in het voorjaar zijn bepaald. Hierdoor is ook geen goede schatting te maken van de netto N-output vanuit de grasklaver, maar zeker bij Boons lijkt deze onwaarschijnlijk hoog te zijn (>400 kg N). Ook de voorgeschiedenis van het perceel geeft weinig aanknopingspunten: weliswaar behoorde het perceel bij de huiskavel, welke meer wordt beweid, maar de organische mestgift is nooit hoog geweest (zie ook § 3.2.2 voor overeenkomstige uitkomsten in 2003 op een ander perceel).

Tabel 2 Gemeten maaisopbrengst en hoeveelheid N-mineraal in zomer en najaar van bemestingsproeven bij Boons (klei) en Van Liere (zand) in 2002

	Opbrengst (ton ds/ha)		N-mineraal 26 juni (0-60 cm, kg N/ha)		N-mineraal 31 okt (0-100 cm, kg N/ha)	
	Klei	Zand	Klei	Zand	Klei	Zand
0 m ³	14,4	15,5	190	125	258	75
15 m ³	16,5	16,1	227	154	349	113
30 m ³	17,5	16,6	218	171	354	133

3.2 Bemestingsniveau en tijdstip van grondbewerking

3.2.1 Snijmais na meerjarige grasklaver: proef Van Liere

Proefopzet

Na meerjarig gras met witte klaver (>4 jaar) welke afwisselend is beweid en gemaaid, is snijmais ingezaaid op 31 mei in enkelvoud met op verschillende momenten de grondbewerkingen en verschillende bemestingsniveaus (zie tabel 3). De grond betreft een zwak lemige, matig diep ontwaterde zandgrond met circa 3,6% organische stof. Het bemestingsadvies voor dit perceel was 83 kg werkzame N (=circa 45 m³ drijfmest; 205 kg N minus 100 kg vanwege meerjarige grasklaver minus 22 kg N in laag 0-30 cm in het voorjaar).

De mais is eind september geoogst (meting 23 september), waarna de grond kaal is gebleven tot het volgende jaar.

Tabel 3 Proefopzet van Liere 2003 (perceel 9)

Variant	Bemesting grasklaver	Oogsten grasklaver	Tijdstip frezen	Bemesting maïs
A	20 m ³	1,7 ton ds	17 mei	30 m ³
	15 maart	17 mei		17 mei
B	20 m ³	1,7 ton ds	17 mei	15 m ³
	15 maart	17 mei		17 mei
C	20 m ³	1,7 ton ds	17 mei	0
	15 maart	17 mei		
D	0	niet apart gemeten	17 mei	0
E	0	Nihil	25 april	0
F	0	Nihil	4 april	0

Resultaten

Zoals te zien is in tabel 4 is er nauwelijks een opbrengstverschil meetbaar tussen de verschillende bemestingsvarianten. De effecten van een vroege grondbewerking op de opbrengst zijn tegenstrijdig: Variant F blijkt een opbrengst te halen die ruim hoger ligt dan de varianten A t/m D, terwijl variant E juist een duidelijk lagere opbrengst geeft.

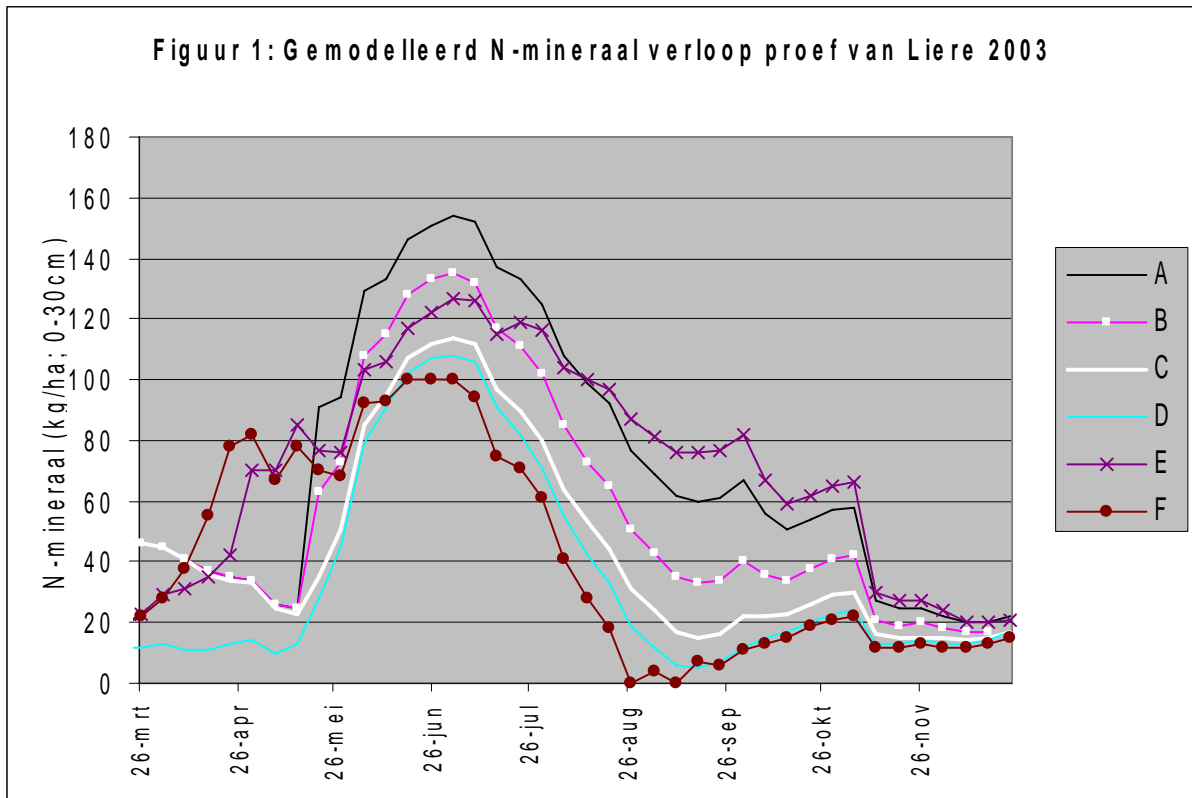
Ook in de gemeten N-mineraalwaardes is het verschil in bemesting niet duidelijk. De varianten met een vroegere grondbewerking (E en F) geven in juni wel een duidelijk hogere N-mineraalwaarde, die iets hoger is dan noodzakelijk volgens het bemestingsadvies.

Tabel 4 Gemeten maisopbrengst en N-mineraalmetingen in zomer en najaar van proef Van Liere 2003

Variant	Opbrengst (ton ds/ha)	N-mineraal 18 juni (0-60 cm, kg N/ha)	N-mineraal 5 november (0-60 cm, kg N/ha)	Netto N-output (kg N/ha)
A	18,9	178	76	184
B	19,0	155	92	250
C	18,1	173	72	266
D	18,4	168	68	322
E	15,2	219	76	252
F	20,6	225	87	331

De berekende netto N-output vanuit de grasklaver (zie bijlage 4) is vrij hoog (gemiddeld ruim 260 kg N/ha) met hogere waardes bij de varianten met een lage bemesting bij de normale grondbewerking. Bij de varianten met een vroege grondbewerking geeft de hoge bemesting juist ook een hoge netto N-output door de hoge gemeten opbrengst.

In het met NDICEA gemodelleerde verloop van de beschikbare minerale N in de laag 0-30 cm zijn de behandelingen wel goed zichtbaar (zie figuur 1). Let op dat dit de waardes zijn voor de laag 0-30 cm waar in tabel 4 de gemeten waardes in de laag 0-60 cm zijn gegeven. Reden hiervoor is dat dit de meest actieve zone is en dat de modellering van de diepere lagen onbetrouwbaarder is.



- In het begin van het jaar is een duidelijk effect van de grondbewerking zichtbaar: als gevolg van de vroege grondbewerking stijgt de minerale N beschikbaarheid bij de varianten E en F tot >80 kg N/ha, waar de beschikbaarheid bij de onbemeste en nog onbewerkte variant D beneden de 20 kg blijft steken. Bij de bemeste varianten A, B en C is de beschikbare minerale N in eerste instantie hoger (± 45 kg) en daarna dalend als gevolg van de opname door de startende gewasgroei.
- Eind mei, als alle bemesting en (verdere) grondbewerking is uitgevoerd, stijgt de beschikbare minerale N snel naar de niveaus die op basis van de bemesting en grondbewerking te verwachten zijn (op 1 juni 80 tot 100 kg N per ha in bovenste 30 cm).
- Vanaf medio juni wordt ook het effect van de productieverschillen duidelijk zichtbaar: de gemodelleerde N-mineraalwaarden van variant E (met een lage gemeten productie) blijven opvallend hoog, terwijl die van variant F (met een hoge gemeten productie) zeer ver dalen (tot de onwaarschijnlijke waarden van vrijwel nul vanaf eind augustus).
- Eind oktober dalen bij de varianten met veel minerale N in het bodemprofiel de gemodelleerde N-mineraalwaarden in de laag 0-30 cm snel, als gevolg van (forse) regenbuien na een lange droge periode. Deze minerale N spoelt dan uit naar diepere bodemlagen (waarvoor NDICEA tegelijkertijd snel stijgende N-mineraalwaarden laat zien; niet weergegeven). Begin oktober is een soortgelijk maar kleiner verloop zichtbaar door een beperktere regenval.
- Aan het einde van het seizoen zijn de verschillen tussen de varianten in gemodelleerde N-mineraalwaarden klein in de laag 0-30 cm. Ze tenderen allen naar hetzelfde evenwichtsniveau van circa 20 kg N/ha door twee tegengestelde processen: doorgaande mineralisatie en uitspoeling naar de ondergrond. Ook in de laag 30-60 cm (niet weergegeven) zijn de verschillen gering.

Uit de gemodelleerde uitspoeling (zie tabel 5) komen wel duidelijke verschillen naar voren: bemesting resulteert in een hogere stikstofuitspoeling (en een iets hogere denitrificatie). Ruim een derde van de extra stikstofgift uit mest (circa 175 kg in geval van variant A) gaat al voor januari volgend op de maaisoogst verloren. Net als bij de gemeten opbrengst wijkt de gemodelleerde uitspoeling van de varianten E en F sterk af; dit is een direct gevolg van het feit dat bij het modelleren met NDICEA de gemeten opbrengsten zijn gebruikt.

Tabel 5 Stikstofuitspoeling (uit de laag 0-60 cm) en denitrificatie vanaf scheuren tot aan einde van 2003, zoals gemodelleerd door NDICEA

Variant	Uitspoeling (kg N/ha)	Denitrificatie (kg N/ha)
A	72	23
B	47	18
C	28	15
D	15	11
E	104	18
F	55	14

De gemeten nitraatgehalten in februari 2004 zijn hoog (tabel 6). De eerdere nitraatmetingen (oktober en december) zijn weinig relevant omdat, zeker tijdens een droog jaar zoals 2003, in oktober nog nauwelijks stikstof kan zijn uitgespoeld naar het grondwater (wat in oktober op 1,25 tot 2,05 meter lag). Daarbij is opvallend dat het nitraatgehalte van variant C in deze periode reeds veel hoger is dan de rest, hetgeen duidt op lokale verschillen in bodemgesteldheid (preferente waterstromen, verschil in mineralisatie in bovenliggende grondpakket of de lokale aanvoer van stikstofrijk water van elders).

Ook bij de nitraatmetingen in februari is er geen relatie te zien met de bemesting of het stikstofoverschot. Er is eerder een tegengestelde tendens waarneembaar met als uitschieter de laagste gemeten nitraatconcentratie bij het hoogste bemestingsniveau. Dit gebrek aan relatie tussen bemestingsniveau en nitraatmeting is niet geheel onverwacht, omdat er normaal gesproken enige vermenging optreedt met het grondwater van de aanliggende stroken en er slechts drie steken per strook zijn genomen.

Tabel 6 Gemiddelde nitraatgehaltenes (mg/l) op grondwaterniveau na het groeiseizoen (Schils en Kasper, 2005)

Variant	Oktober	December	Februari
A	26	33	49
B	38	51	101
C	129	132	150
D	32	51	176
E	37	32	156
F	23	22	151

Tenslotte blijken de gemodelleerde N-mineraalwaardes redelijk overeen te komen met de meetwaardes (zie bijlage 1):

- het gemiddelde van voorspelde N-mineraalwaardes wijkt 8 kg N af van het gemiddelde van de gemeten waardes
- de individuele afwijkingen zijn over het algemeen beperkt, met enkele uitschieters boven de 20 kg
- de maatstaven Root Mean Square Error (RMSE, welke afhangt van het niveau van de waarneming) en Index of Agreement (IA, welke niveaunafhankelijk is, waarbij de waarde 1 een perfecte match weergeeft) zijn hierbij illustratief: de IA bedraagt 0,89 voor zowel de laag 0-30 cm als voor de laag 0-60 cm en de RMSE is 26,3 respectievelijk 35,3.

In het algemeen komen de verschillen tussen de varianten in de metingen minder nadrukkelijk naar voren dan in de gemodelleerde cijfers: de meetwaardes hebben een grilliger patroon. De verschillen tussen meetwaardes en gemodelleerde waardes zijn het grootst bij de varianten E en F. Dit kan erop wijzen dat de effecten van een vroege grondbewerking niet goed te voorspellen zijn met het NDICEA-model. Waarschijnlijker is echter dat dit wordt veroorzaakt door een onnauwkeurige opbrengstmeting, omdat juist van deze twee varianten de opbrengsten opvallend laag respectievelijk hoog waren. Omdat de proef in enkelvoud lag kan hier verder geen uitspraak over worden gedaan.

3.2.2 Snijmais na meerjarige grasklaver: proef Boons

Proefopzet

Na vier jaar gras met witte klaver (zeer hoog productief met vrij hoog klaveraandeel) welke vrijwel uitsluitend is gemaaid en matig bemest (gemiddeld 25 m³ drijfmest), is snijmais ingezaaid op 16 mei in enkelvoud met op verschillende momenten de grondbewerkingen en verschillende bemestingsniveaus (zie tabel 7). De grond betreft een zwak lemige, matig diep ontwaterde zandgrond met circa 7,4% organische stof. Voor de grasklaver was op het perceel gangbare mais en aardappelen geteeld met hoge mestgiften (onbekend hoeveel exact).

Het bemestingsadvies bij deze proef bedroeg 53 kg N (= circa 29 m³ drijfmest; 205 kg N minus 100 kg aftrek vanwege grasklaver minus 52 kg N in laag 0-30 cm in voorjaar).

In de derde week van september is de maïs geoogst (meting op 10 september). Na de maïsoogst is Italiaans raaigras ingezaaid, welke vrijwel niet is aangeslagen.

Bij Boons was daarnaast een zelfde proef aangelegd met rode klaver in de voorvrucht. Omdat deze, hoogstwaarschijnlijk als gevolg van verschil in vochtvoorziening en bodemstructuur, zeer afwijkende opbrengstniveaus kende voor de varianten A, B en C, is deze proef niet verder geanalyseerd.

Tabel 7 Proefopzet Boons 2003 (perceel 18)

Variant	Bemesting grasklaver	Oogsten grasklaver	Tijdstip frezen	Bemesting maïs
A	20 m ³ 4 april	1,6 ton ds 10 mei	10 mei	30 m ³ 10 mei
B	20 m ³ 4 april	10 mei	10 mei	15 m ³ 10 mei
C	20 m ³ 4 april	10 mei	10 mei	0
D	0	niet apart gemeten	10 mei	0
E	0	nihil	26 april	0
F	0	nihil	5 april	0
G	0	nihil	5 april	20 m ³ 10 mei

Resultaten

Zoals te zien is in tabel 8 is er geen eenduidig effect op de opbrengst noch op de gemeten N-mineraalwaardes. Slechts de varianten B en G hebben een duidelijk afwijkende (=hogere) opbrengst (welke niet door de beperkte visuele beoordelingen werd gestaafd; alleen G werd als hoger producerend aangemerkt), terwijl in juni alleen de varianten F en G (met een vroege grondbewerking) duidelijk hogere meetwaardes van de beschikbare minerale N laten zien.

Gezien het niveau van de beschikbare hoeveelheid stikstof in juni (meer dan 200 kg) en de heersende droogte in 2003 kan worden verondersteld dat de productie niet stikstofgelimiteerd was en andere factoren (vochtleverend vermogen) een overheersende invloed hebben gehad op de productie. Verschillen in vochtleverend vermogen zijn echter niet beoordeeld en waren ook niet bekend bij de betrokken agrariër. Achteraf is de bodemgesteldheid van het perceel (middels enkele bodemprofielkuilen) wel als variabel beoordeeld met plaatselijk natte plekken en in de ondergrond arm "klapzand".

Ook in de N-mineraalmetingen na de oogst is slechts een beperkt verschil zichtbaar tussen de varianten. De varianten A, E en F hebben veel hogere residuele N-waardes wat redelijk overeen komt met de verschillen in bemesting/grondbewerking, waarbij de varianten B en G relatief lage waardes laten zien wat overeen komt met de hoge gemeten opbrengsten en dus de hoge N-opname van deze behandelingen.

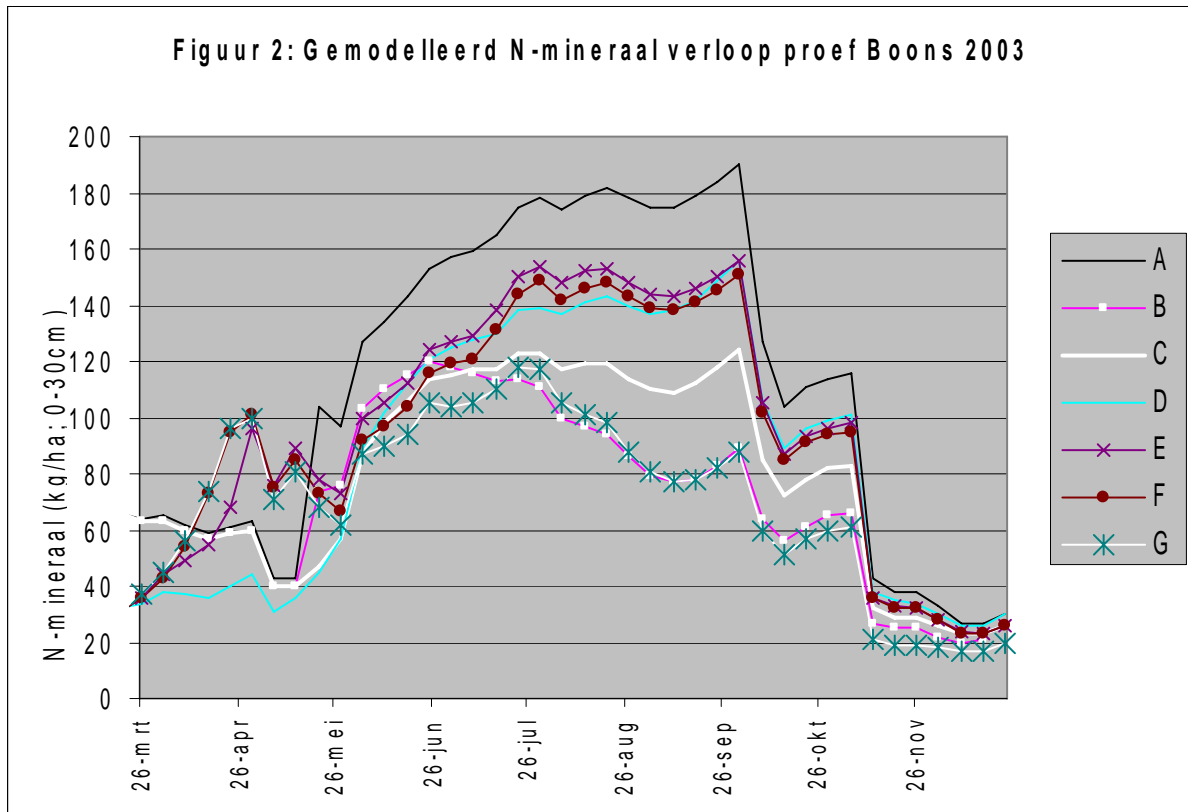
Overigens zijn de gemeten N-mineraalwaardes van alle varianten extreem hoog. Zelfs als het nagewas wel goed gelukt was, zou dit nooit dergelijke hoeveelheden stikstof hebben kunnen behoeden voor uitspoeling. Deze N-mineraalwaardes zijn gemeten, juist na enkele eerste regenbuien, waardoor er mogelijk veel N is gemineraliseerd. Door deze hoge N-mineraalwaardes is de berekende netto N-output extreem hoog (tot >500 kg N/ha, zie ook bijlage 4). Dit komt overeen met de waardes die op een ander perceel het jaar eerder ook waren gemeten (zie §3.2) en met de hoge N-mineraalwaardes die reeds in het voorjaar gemeten zijn (met vooral een opmerkelijk hoge waarde in de laag 30-60 cm van 46 kg N).

Tabel 8 Gemeten maïsoopbrengst en N-mineraal metingen in zomer en najaar van proef Boons 2003

Variant	Opbrengst (ton ds/ha)	N-mineraal 18 juni (0-60 cm, kg N/ha)	N-mineraal 6 oktober (0-60 cm, kg N/ha)	Netto N-output (kg N/ha)
A	14,6	200	389	428
B	19,5	207	306	456
C	15,9	215	305	457
D	15,3	191	308	504
E	15,3	214	355	505
F	15,4	251	356	507
G	20,1	283	314	525

In het gemodelleerde verloop van de beschikbare hoeveelheid stikstof in de laag 0-30 cm (figuur 2) zijn een aantal opvallende zaken te zien:

- De effecten van de vroege grondbewerking (varianten E, F en G) zijn goed zichtbaar in de beschikbare stikstofhoeveelheid in periode maart-mei, welke oploopt naar circa 100 kg N/ha.
- Ook de effecten van de drijfmestgift op het grasland (A, B en C) zijn goed zichtbaar in de beschikbare stikstofhoeveelheid die tot eind april circa 60 kg N/ha bedraagt en daarna daalt naar circa 40 kg N door opname van het groeiende gras.



- Vanaf medio mei, als er wordt geploegd, ingezaaid en eventueel bemest, stijgt de minerale stikstofhoeveelheid naar niveaus die op basis van grondbewerking en bemesting zijn te verwachten.
- Gedurende het jaar stijgt de hoeveelheid beschikbare stikstof in de bovengrond tot hoge waarden (>120 kg N in de laag 0-30 cm) als gevolg van mineralisatie van de organische stof die de opname door het gewas (met een opbrengst van ± 15 ton) overtreft. De N-mineraalwaarden van de varianten B en G dalen echter door de relatief hoge opname door het gewas (opbrengst 19,5 respectievelijk 20,1 ton ds/ha). Zoals hierboven reeds gemeld, zijn deze zeer hoge opbrengsten enigszins twijfelachtig.
- Begin oktober en begin november daalt bij alle varianten de stikstofbeschikbaarheid sterk als gevolg van de hoge neerslag in deze periode. De minerale stikstof spoelt uit naar lagere bodemlagen, wat zichtbaar wordt in een sterk stijgende stikstofbeschikbaarheid in de laag 30-60 cm (van nihil naar 40-60 en daarna 70-100 kg N; niet weergegeven).
- Aan het einde van het seizoen zijn de verschillen tussen de varianten in gemodelleerde N-mineraalwaarden klein in de laag 0-30 cm: ze tenderen allen naar hetzelfde evenwichtsniveau van ± 25-30 kg N/ha. In de laag 30-60 cm (niet weergegeven) blijft de minerale stikstofbeschikbaarheid hoog (65 à 115 kg) en zijn de verschillen groter, corresponderend met de verschillen in opbrengst.

Uit de gemodelleerde uitspoeling (zie tabel 9) komen ook duidelijke verschillen naar voren: bemesting resulteert in een hogere stikstofuitspoeling (en een iets hogere denitrificatie), met uitzondering van variant B omdat daarbij de aanzienlijk hogere, gemeten productie resulteerde in een lagere stikstofbeschikbaarheid.

Tabel 9 Stikstofuitspoeling (uit de laag 0-60 cm) en denitrificatie vanaf scheuren tot aan einde van 2003, zoals gemodelleerd door NDICEA

Variant	Uitspoeling (kg N/ha)	Denitrificatie (kg N/ha)
A	151	67
B	90	47
C	112	46
D	104	37
E	154	51
F	159	52
G	98	36

Deze gemodelleerde uitspoelingswaarden zijn echter niet terug te vinden in de gemeten nitraatgehaltes. De gemeten nitraatgehaltes in februari 2004 zijn, evenals de gemeten N-mineraalwaardes, extreem hoog (tabel 10). Bij variant G is geen nitraatmeting gedaan. De eerdere nitraatmetingen (oktober en december) zijn weinig relevant, omdat tijdens het droge jaar 2003 nog nauwelijks stikstof kan zijn uitgespoeld naar het grondwater (wat in oktober op 1,25 tot 2,05 meter lag). Ook bij de nitraatmetingen in februari is er geen relatie te zien met de bemesting of het stikstofoverschot. Dit is niet geheel onverwacht, omdat er normaal gesproken enige vermenging optreedt met het grondwater van de aanliggende stroken.

Tabel 10 Gemiddelde nitraatgehaltes (mg/l) op grondwaterniveau na het groeiseizoen (Schils en Kasper, 2005)

Variant	Oktober	December	Februari
A	44	37	257
B	22	15	349
C	5	3	269
D	3	4	319
E	3	3	255
F	4	3	339

De gemodelleerde N-mineraalwaardes komen slecht overeen met de meetwaardes (bijlage 1), met onwerkbaar grote afwijkingen:

- het gemiddelde van voorspelde N-mineraalwaardes in de laag 0-30 cm wijkt al bijna 15 kg N af van het gemiddelde van de gemeten waardes, terwijl deze afwijking in de laag 30-60 cm nog veel groter is (34 kg). De verschillen in het vroege voorjaar, en vooral in het late najaar, zijn zeer groot: in de laag 0-60 cm was er een gemeten hoeveelheid van 333 kg N aanwezig waar de modelberekeningen "slechts" een gemiddelde hoeveelheid voorspellen van 147 kg per ha.
- deze slechte voorspelling blijkt ook uit de berekende IA van 0,65 voor de laag 0-30 cm en 0,21 voor de laag 0-60 cm, terwijl de RMSE 45,8 respectievelijk 56,3 is.
- de individuele afwijkingen zijn veelal zeer groot (tot meer dan 100 kg N/ha afwijking in zowel de laag 0-30 als 30-60 cm vanaf september). Hoewel enigszins variabel, is er een trend dat de meetwaardes in de laag 30-60 cm vanaf juni in toenemende mate hoger zijn dan gemodelleerd. Ook in de bovenste laag lijkt deze trend van hogere meetwaardes later in het seizoen aanwezig, maar daarbij wordt het beeld vertekend door de meting begin september waarbij de metingen van de varianten A, B, C, F en G opmerkelijk lage uitkomsten gaf. Doordat deze breuk in een voorstelbare trend wordt veroorzaakt door meetresultaten die vreemd aandoen (bijvoorbeeld variant C waarbij de metingen springen van 132 naar 14 naar 176 kg N), wordt de juistheid van deze metingen betwijfeld. Daarnaast zijn de meetwaardes van de A-variant in de laag 0-30 cm duidelijk lager dan de gemodelleerde waardes, wat overeen zou kunnen komen met een te lage opbrengstmeting (die ook opvallend laag was).

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat ook zonder bemesting de potentiële stikstofverliezen in deze proef zeer hoog zijn met gemodelleerde residuele N-waardes per hectare in de laag 0-90 cm van circa 250 kg N/ha, terwijl de gemeten waardes nog hoger waren, namelijk 300-400 kg N/ha. De hoge gemodelleerde waardes zijn hoofdzakelijk een gevolg van de hoge organische stofgehaltes, terwijl de nog hogere meetwaardes een gevolg kunnen zijn van zowel een onderschatting van het organische stof gehalte als specifieke bodemomstandigheden (bijvoorbeeld aanvoer van nitraatrijk grondwater). Dit komt overeen met de hoge gemeten N-mineraalwaardes in het voorjaar (met ruim 45 kg N in de laag 30-60 cm). Aangezien dergelijke bodemkarakteristieken niet samenhangen met de grasklaverteelt en het organische stofgehalte binnen enkele jaren grasklaver ook slechts

beperkt kan stijgen (enkele tienden van procenten), zijn deze hoge potentiële stikstofverliezen waarschijnlijk maar in beperkte mate toe te schrijven aan het scheuren van grasklaver per se.

3.2.3 *Snijmaïs na meerjarige luzerne: proef Aver Heino*

Proefopzet

Om de stikstofmineralisatie na driejarige luzerne te kunnen vaststellen, is een soortgelijke proef als bij Boons en Van Liere aangelegd op proefboerderij Aver Heino (zie tabel 11). De grond betreft een zwak lemige, matig diep ontwaterde zandgrond met circa 2,5% organische stof. Het bemestingsadvies is voor deze proef 123 kg N (=circa 55 m³ drijfmest; 205 kg N minus 75 kg aftrek vanwege luzerne minus 7 kg N min in laag 0-30 cm). De oogst heeft eind september plaatsgevonden (meting 25-9-2003).

Tabel 11 Proefopzet Aver Heino

Variant	Bemesting grasklaver	Oogsten grasklaver	Tijdstip frezen	Bemesting maïs
A	20 m ³ 22 feb	2 ton ds 10 mei	10 mei	30 m ³ 10 mei
B	20 m ³ 22 feb	10 mei	10 mei	15 m ³ 10 mei
C	20 m ³ 22 feb	10 mei	10 mei	0
D	0	10 mei	10 mei	0
E	0	0,8 ton ds 26 april	26 april	0
F	0	nihil	1 april	0
G	0	nihil	1 april	20 m ³ 10 mei

Resultaten

Zoals te zien is in tabel 12 is er geen eenduidig effect op de opbrengst. Slechts de varianten A en F hebben een duidelijk hogere opbrengst, terwijl de lagere opbrengst van de G-variant zeer opmerkelijk is: deze zou in potentie hoger of (indien de productie niet stikstofgelimiteerd is) gelijk horen te zijn aan de variant F. Dit verschil met de verwachting kan niet worden verklaard met de beschikbare gegevens en wordt ook niet gesteund door visuele waarnemingen.

De gemeten N-mineraalwaardes in juni weerspiegelen het verschil in bemesting en grondbewerking tussen de verschillende varianten goed. Uit de gemeten N-mineraalwaardes blijkt dat bij de meeste varianten minder stikstof in juni beschikbaar is dan volgens het bemestingsadvies nodig is. De gemeten N-mineraalwaardes maken de afwijkende opbrengstmeting van variant G nog onverklaarbaarder.

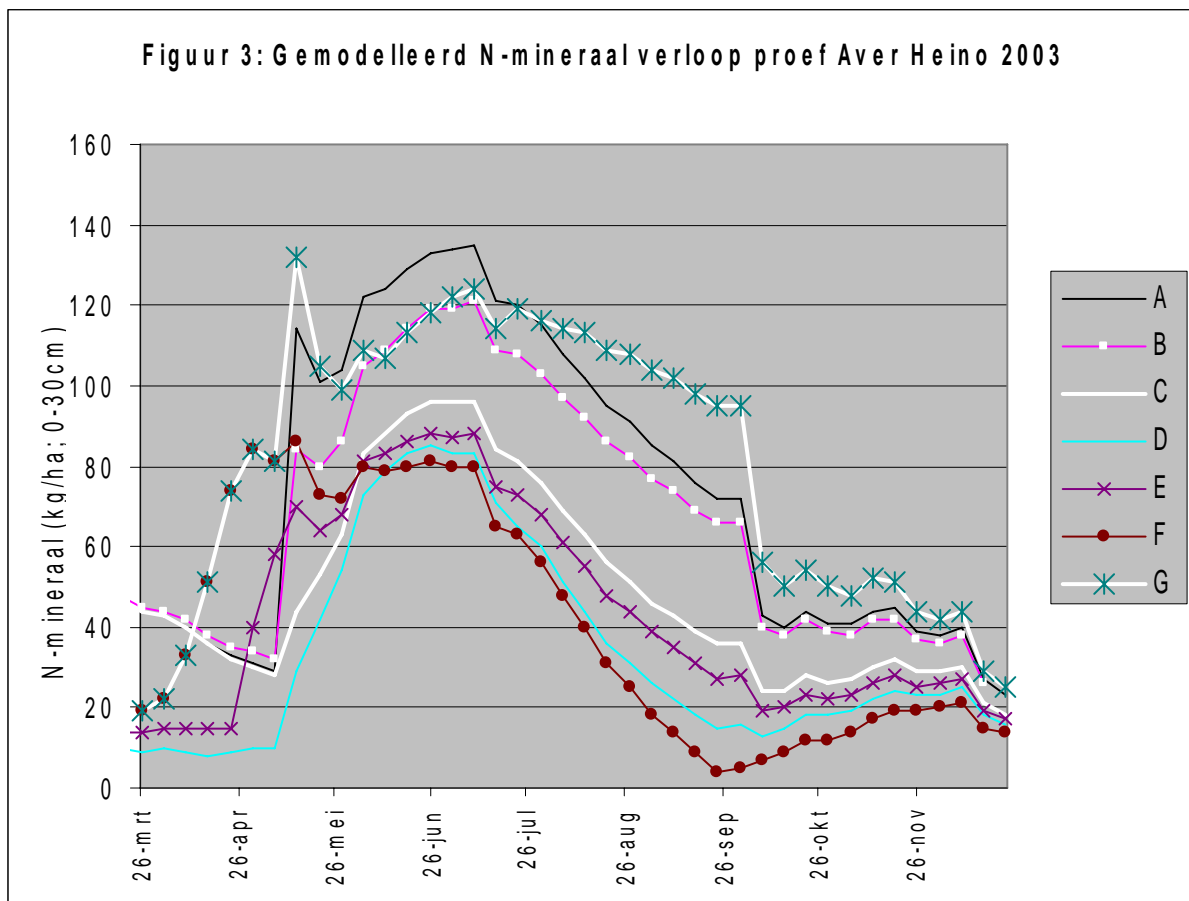
De verschillen tussen de varianten in gemeten N-mineraalwaardes in november zijn nihil. Dit is opmerkelijk omdat dit een enorm verschil geeft in de berekende netto N-output (120 kg bij de hoogste bemesting oplopend tot 280 kg zonder bemesting), wat een onverklaarbaar N-verlies impliceert bij de bemeste varianten.

Tabel 12 Gemeten maïsopbrengst en N-mineraal in zomer en najaar van proef Aver Heino 2003

Variant	Opbrengst (ton ds/ha)	N-mineraal 18 juni (0-60 cm, kg N/ha)	N-mineraal 5 november (0-60 cm, kg N/ha)	Netto N-output (kg N/ha)
A	16,4	213	60	122
B	15,0	153	51	150
C	14,8	142	53	209
D	14,8	128	49	283
E	14,6	156	48	248
F	16,7	171	54	266
G	13,5	215	55	226

In het met NDICEA gemodelleerde verloop van de beschikbare minerale N in de laag 0-30 cm zijn de behandelingen ook goed zichtbaar (zie figuur 3):

- In het begin van het jaar is een duidelijk effect van de grondbewerking zichtbaar: als gevolg van de vroege grondbewerking stijgt de minerale N beschikbaarheid bij de varianten F en G tot >80 kg N/ha, waar de beschikbaarheid bij de onbewerkte varianten D en E beneden de 20 kg blijft steken. Bij de bemeste varianten A, B en C is de beschikbare minerale N in eerste instantie hoger (circa 45 kg) en daarna dalend als gevolg van de opname door de startende gewasgroei.
- Eind mei, als alle bemesting en (verdere) grondbewerking is uitgevoerd, stijgt de beschikbare minerale N naar niveaus die op basis van de bemesting en grondbewerking te verwachten zijn (60 tot 120 kg N per ha in bovenste 30 cm).
- Vanaf juni wordt ook het effect van de productiever verschillen en bemesting duidelijk zichtbaar. De gemodelleerde N-mineraalwaarden van variant G (met extra bemesting en een lage gemeten productie) blijven opvallend hoog, terwijl de varianten D, E en F laten zien dat zonder bemesting onder deze omstandigheden aan het einde van de teelt nauwelijks stikstof meer beschikbaar is bij een opbrengst van circa 16 ton ds per ha.
- Eind september dalen de gemodelleerde N-mineraalwaarden in de laag 0-30 cm snel als gevolg van de forse regenbuien na een lange droge periode. Deze minerale N spoelt dan uit naar diepere bodemlagen (waarvoor NDICEA tegelijkertijd snel stijgende N-mineraalwaarden laat zien; niet weergegeven).
- Aan het einde van het seizoen zijn de verschillen tussen de varianten in gemodelleerde N-mineraalwaarden klein in de laag 0-30 cm: ze tenderen allen naar hetzelfde evenwichtsniveau van circa 20 kg N/ha. In de laag 30-60 cm zijn de verschillen iets groter (van 15 tot 40 kg N/ha).



Uit de gemodelleerde uitspoeling (zie tabel 13) komt een duidelijke trend naar voren. Hoewel de verschillen beperkt zijn: bemesting, evenals de hogere minerale N beschikbaarheid van variant G, resulteert in een hogere stikstofuitspoeling (en een iets hogere denitrificatie).

Tabel 13 Stikstofuitspoeling (uit de laag 0-60 cm) en denitrificatie vanaf scheuren tot aan einde van 2003, zoals gemodelleerd door NDICEA

Variant	Uitspoeling (kg N/ha)	Denitrificatie (kg N/ha)
A	56	29
B	50	23
C	28	16
D	13	13
E	27	16
F	25	17
G	90	27

De gemodelleerde N-mineraalwaardes komen goed overeen met de meetwaardes (bijlage 1):

- het gemiddelde van voorspelde N-mineraalwaardes wijkt slechts 2 kg N af van het gemiddelde van de gemeten waardes
- de individuele afwijkingen zijn beperkt, met slechts enkele uitschieters boven de 20 kg (zie ook de IA van 0,93 voor zowel de laag 0-30 cm als voor de laag 0-60 cm en de RMSE van 19,9 respectievelijk 27,8). Aangezien in deze uitschieters geen trends vallen te ontdekken, kunnen deze afwijkingen evengoed een gevolg van onnauwkeurigheden in de meetwaardes zijn als van een ontoereikende modellering.

3.2.4 Snijmais na 1-jarige grasklaver: proef Huijnen

Proefopzet

In het kader van het project “Biologische voedergrassen op lössgrond” is bij familie Huijnen (Heerlen) na een eenjarige grasklaver (maai perceel met witte en rode klaver, met in najaar naar schatting 70% klaver) op verschillende momenten de grond bewerkt en bemest (zie tabel 14). Door natte omstandigheden heeft het maaien van het gras uiteindelijk pas laat plaatsgevonden. Daardoor was de inzaai van de mais extreem laat: 1 juni. De maïsoogst was vroeg (vanwege extreem snelle rijping door droogte), derde week van september (gemeten op 10 september), waarna de grond is kaal gebleven tot het volgende jaar.

Voorafgaand aan de grasklaver is op het perceel snijmais en bieten geteeld. De diep ontwaterde, lemige lössgrond heeft een organisch stofgehalte van 2,6%. Het bemestingsadvies voor deze proef bedroeg 136 kg werkzame N (=68 m³ drijfmest; 205 kg N minus 50 kg N vanwege eenjarige grasklaver minus 19 kg in laag 0-30 cm).

Resultaten

Met uitzondering van variant A volgt de ds-opbrengst het bemestingsniveau van de varianten vrij goed, zoals te zien is in tabel 15. Bij variant A was het opvallend dat, naast de veel lagere opbrengst, de bodemstructuur duidelijk afwijkend was (harde bovengrond). In hoeverre dit een gevolg was van de vrij hoge drijfmestgift op een natte grond of dat er sprake is van een strooeffect, is onduidelijk. Wel wijken alle gemeten N-mineraalwaardes duidelijk negatief af van de verwachte trend. Variant E blijkt een opbrengst te halen die in het midden ligt van de later bewerkte, bemeste varianten. Opvallend aan de meetwaardes van de stikstofbeschikbaarheid is, dat in juni geen van de varianten boven het bemestingsadvies uitkomt. Hieruit komt duidelijk naar voren dat een eenjarige grasklaver bij een lage bemesting onvoldoende stikstof levert voor een maximale opbrengst van de snijmais, hetgeen overeenkomt met het hoge bemestingsadvies. In dat licht is de opbrengstverhoging bij de bemeste varianten minder dan verwacht. Dit kan mede worden veroorzaakt door het korte groeiseizoen en/of een indicatie zijn dat de groei eerder vocht- dan stikstofbeperkt is. Eind november zijn de meetwaardes bij alle varianten vrij hoog, hoger dan een eventueel nagewas zou kunnen vastleggen.

De afwijkend lage opbrengst en lage residuele N-waarde van variant A wordt ook weerspiegeld in de netto N-output, die slechts de helft is van de overige varianten. Overigens wijkt de netto-output van deze eenjarige grasklaver niet af van de meerjarige grasklaver in de vorige proeven.

Tabel 14 Proefopzet Huijnen

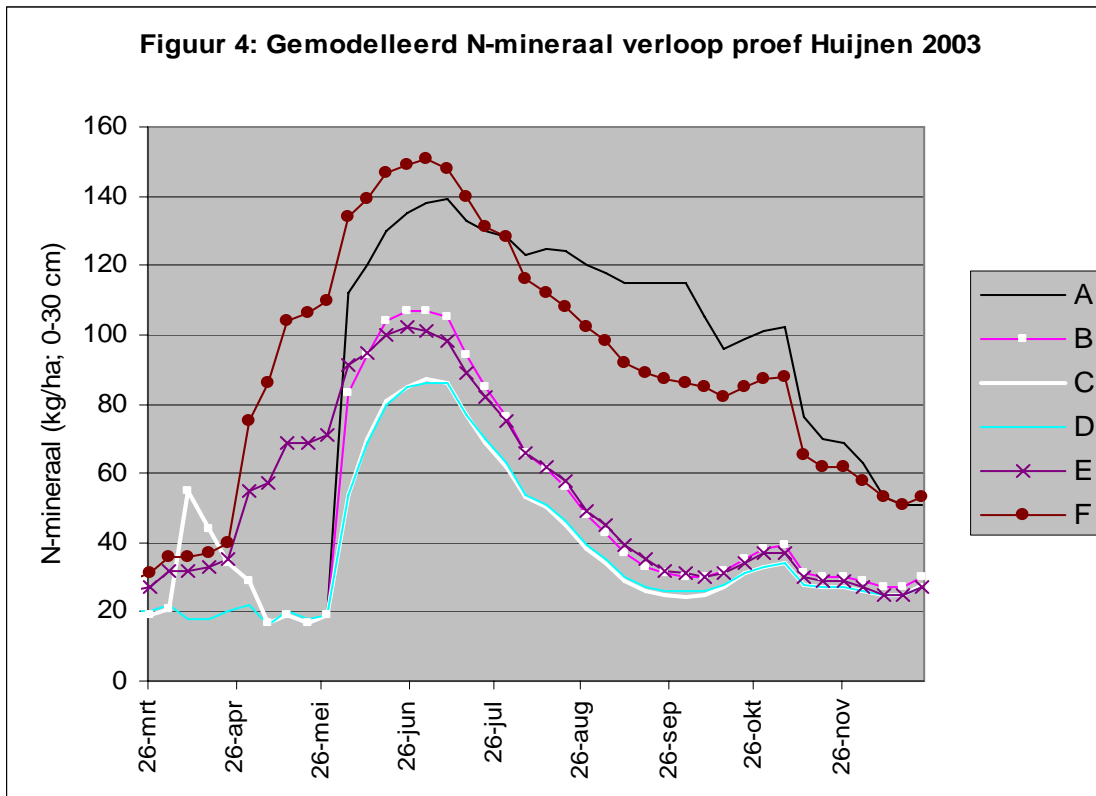
Variant	Bemesting grasklaver	Oogsten grasklaver	Tijdstip frezen	Bemesting mais
A	20 m ³ 22 maart	ca. 3,5 ton ds 22 mei	24 mei	35 m ³ dunne mest 24 mei
B	20 m ³ 22 maart	22 mei	24 mei	18 m ³ dunne mest 24 mei
C	20 m ³ 22 maart	22 mei	24 mei	0
D	0	ca. 3 ton ds 22 mei	24 mei	0
E	0	< 1 ton	26 april	0
F	alleen gemodelleerd N-mineraal verloop bij situatie gelijk aan E maar met een driejarige grasklaver als voorvrucht			

Tabel 15 Gemeten maisopbrengst en N-mineraal metingen in zomer en najaar proef Huijnen 2003

Variant	Opbrengst (ton ds/ha)	N-mineraal 18 juni (0-60 cm, kg N/ha)	N-mineraal 25 november (0-90 cm, kg N/ha)	Netto N-output (kg N/ha)
A	12,2	112	106	144
B	16,8	136	135	290
C	15,8	133	100	300
D	15,3	113	58	317
E	16,1	175	103	293

In het met NDICEA gemodelleerde verloop van de beschikbare minerale N zijn de behandelingen ook goed zichtbaar (zie figuur 4):

- In het begin van het jaar is een duidelijk effect van de grondbewerking zichtbaar: als gevolg van de vroege grondbewerking stijgt de minerale N beschikbaarheid bij de variant E geleidelijk tot circa 80 kg N/ha, waar de beschikbaarheid bij de onbewerkte variant D op circa 20 kg blijft steken. Bij de bemeste varianten A, B en C is de beschikbare minerale N in eerste instantie hoger (circa 55 kg) en daarna dalend als gevolg van de opname door de startende gewasgroei.
- Begin juni als alle bemesting en (verdere) grondbewerking is uitgevoerd, stijgt de beschikbare minerale N snel naar niveaus die op basis van de bemesting en grondbewerking te verwachten zijn (60 tot 120 kg N per ha in bovenste 30 cm).
- Vanaf begin juni wordt ook het effect van de productiever verschillen duidelijk zichtbaar. De gemodelleerde N-mineraalwaarden van variant A (met veel bemesting maar toch een zeer lage gemeten productie) blijven opvallend hoog, terwijl de N-mineraalwaarden van variant B relatief laag zijn.
- Eind oktober dalen de gemodelleerde N-mineraalwaarden van variant A in de laag 0-30 cm snel, als gevolg van de forse regenbuien na een lange droge periode. Deze minerale N spoelt dan uit naar diepere bodemlagen (waarvoor NDICEA tegelijkertijd snel stijgende N-mineraalwaarden laat zien; niet weergegeven). Bij de andere varianten is deze uitspoeling veel beperkter, omdat de veel lagere hoeveelheid beschikbare stikstof vrij goed kan worden vastgehouden door de bodem.
- In figuur 4 is eveneens een variant F weergegeven, waarin de effecten zijn doorgerekend indien bij variant E sprake was geweest van een driejarige grasklaver in plaats van een eenjarige. De effecten zijn vrij groot: als de opbrengst (die op een redelijk niveau van ruim 16 ton ligt) niet verandert, dan stijgt de minerale stikstofbeschikbaarheid gedurende het hele jaar sterk.
- Aan het einde van het seizoen zijn de verschillen tussen de varianten B t/m E in gemodelleerde N-mineraalwaarden klein in de laag 0-30 cm: ze tenderen allen naar hetzelfde evenwichtsniveau van ruim 35 kg N/ha. De gemodelleerde N-mineraalwaarde van variant A blijft wel op een hoger niveau vanwege de lage opname door het gewas tijdens het gehele groeiseizoen. In de laag 30-60 cm is deze zelfde trend herkenbaar (op een niveau van circa 30 kg N, met A als uitschieter naar 74 kg N).



Uit de gemodelleerde uitspoeling (zie tabel 16) komt eenzelfde trend met slechts beperkte verschillen naar voren: bemesting, evenals de hogere minerale N beschikbaarheid van variant E, resulteert in een hogere stikstofuitspoeling (en een iets hogere denitrificatie). Kortom: op deze grondsoort en bij een opbrengst van circa 15,5 à 16 ton ds, veroorzaakt bemesting van een eenjarige grasklaver al potentiële stikstofverliezen die boven het maximum acceptabele liggen. Een meerjarige grasklaver veroorzaakt al snel veel te hoge stikstofverliezen.

Tabel 16 Stikstofuitspoeling (uit de laag 0-60 cm) en denitrificatie vanaf scheuren tot aan einde van 2003, zoals gemodelleerd door NDICEA

Variant	Uitspoeling (kg N/ha)	Denitrificatie (kg N/ha)
A	73	33
B	22	21
C	17	15
D	20	15
E	34	16

De gemodelleerde N-mineraalwaarden komen redelijk overeen met de meetwaarden (bijlage 1):

- het gemiddelde van voorspelde N-mineraalwaarden wijkt 7 kg N af van het gemiddelde van de gemeten waarden
- de individuele afwijkingen zijn beperkt (zie de IA van 0,83 voor de laag 0-30 cm en 0,76 voor de laag 0-60 cm en de RMSE van 28,2 respectievelijk 42,5). Opvallend is dat de meetwaarden van eind juli sterk afwijken van de gemodelleerde waarden. Aangezien dit onverwachte uitschieters zijn, die niet passen in een logisch verloop van de stikstof beschikbaarheid, lijkt de veronderstelling gerechtvaardigd dat dit vooral een gevolg is van onnauwkeurigheden in de meetwaarden en niet van een ontoereikende modellering.

De belangrijkste trendmatige afwijking is dat de gemodelleerde waarden van variant A systematisch hoger liggen dan de meetwaarden. Dit onderstreept nog weer eens de conclusie dat deze variant in een perceelstrook lag met een afwijkende bodemconditie. Daarnaast wijken ook de meetwaarden van variant E enigszins af van de gemodelleerde waarden, wat suggereert dat de effecten van een vroege grondbewerking (en daarna enkele weken kaal liggen) niet optimaal kunnen worden geschat met de huidige kennis.

3.3 Keuze van hoofdgewas/vruchtwisseling

3.3.1 GPS versus snijmais: proef Van Liere

Proefopzet

Na een vijfjarige luzerne zijn bij maatschap Van Liere (Esbeek) in 1999 enkelvoudige stroken met verschillende hoofdgewassen aangelegd (zie tabel 17). Dit betrof zomergerst voor GPS en snijmais, met in beide gevallen Engels raaigras onderzaai. Na de GPS (zomergerst) is triticale ingezaaid, terwijl na de snijmais op een deel direct triticale is ingezaaid en op het andere deel het volgende jaar wederom snijmais is ingezaaid. Zowel in het graan als in de snijmais is in 2000 Italiaans raaigras als onderzaai gebruikt.

Tabel 17 Vruchtwisselingen in proef na scheuren van luzerne

	Vruchtopvolging 1	Vruchtopvolging 2	Vruchtopvolging 3
1999	GPS/gras – GPS	Snijmais/gras – GPS	Snijmais/gras
2000	GPS/gras	GPS/gras	Snijmais/gras

De zandgrond (ruim 3% organische stof) is matig diep ontwaterd. De proefstroken zijn niet bemest, in tegenstelling tot de snijmais die rondom de stroken stond. Het najaar van 1998 (voorafgaand aan de proef) was zeer nat, terwijl de zomer van 1999 enigszins droog was, wat zich weerspiegelde in een tegenvallende opbrengst van de onderzaai.

Resultaten

In tabel 18 is te zien dat de opbrengst van snijmais aanzienlijk hoger is dan van GPS. Dit wordt deels veroorzaakt door de tegenvallende GPS-productie in het eerste jaar, maar ook in het tweede jaar na het scheuren van luzerne heeft de snijmais nog een aanzienlijk hogere opbrengst dan beide GPS-varianten. Aangezien er geen gewasanalyses zijn gedaan, kunnen de verschillen in N-opbrengst slechts bij benadering worden geschat op 302, 363 en 390 kg N voor vruchtwisseling 1, 2 en 3, uitgaande van ruw eiwitgehalte van 70, 90 en 160 voor snijmais, GPS respectievelijk luzerne/gras.

Tabel 18 Gemeten opbrengst hoofdgewas (GPS of snijmais) en voor- of nagewas (luzerne resp. gras) in ton ds/ha

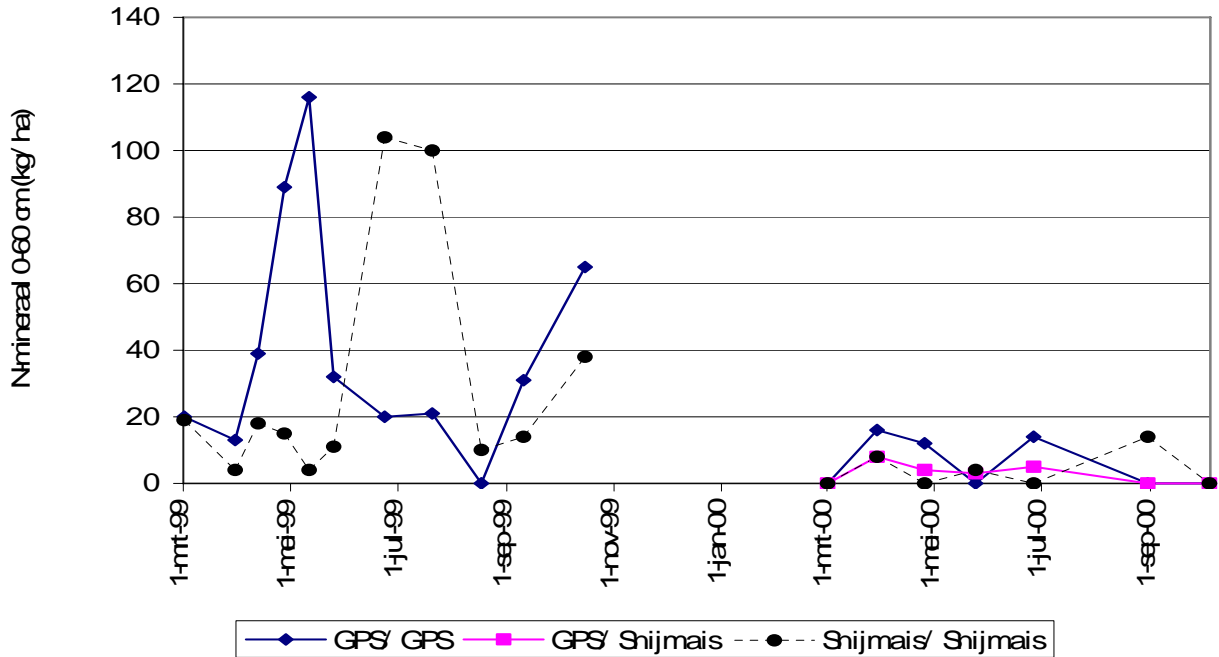
	Vruchtopvolging 1			Vruchtopvolging 2			Vruchtopvolging 3		
	Hoofd-gewas	Na-gewas	Totaal	Hoofd-gewas	Voor-/Na-gewas	Totaal	Hoofd-gewas	Voor-/Na-gewas	Totaal
1999	6,4	1,3	7,7	13,6	3,1	16,7	13,6	3,1	16,7
2000	6,9	3,0	9,4	5,4	2,1	7,2	9,6	2,0	11,6
Totaal	13,3	4,3	17,6	19,0	5,2	24,2	23,2	5,1	28,3

In het tweede jaar is de productie van snijmais wel aanzienlijk lager dan gebruikelijk: de stikstofmineralisatie uit de voorgaande luzerne is in het tweede jaar te beperkt voor een hoge opbrengst. Dit was niet alleen duidelijk doordat de (wel bemeste) snijmais rondom de proefstroken duidelijk beter produceerde, maar ook zijn de gemeten N-mineraalwaardes veel lager dan noodzakelijk voor een hoge productie (zie figuur 5). Dit geldt voor alle varianten.

Uit deze figuur blijkt ook dat zelfs in het eerste jaar na scheuren de piek in minerale stikstofbeschikbaarheid relatief laag blijft.

Uit deze figuur blijkt tevens dat de N-mineraal na de oogst van de GPS in eerste instantie laag blijft, waarschijnlijk door een beperkte vochtvoorziening. Na de regen, begin september, stijgt de mineralisatie snel, resulterend in een hoeveelheid minerale N die niet door de onderzaai kan worden opgenomen.

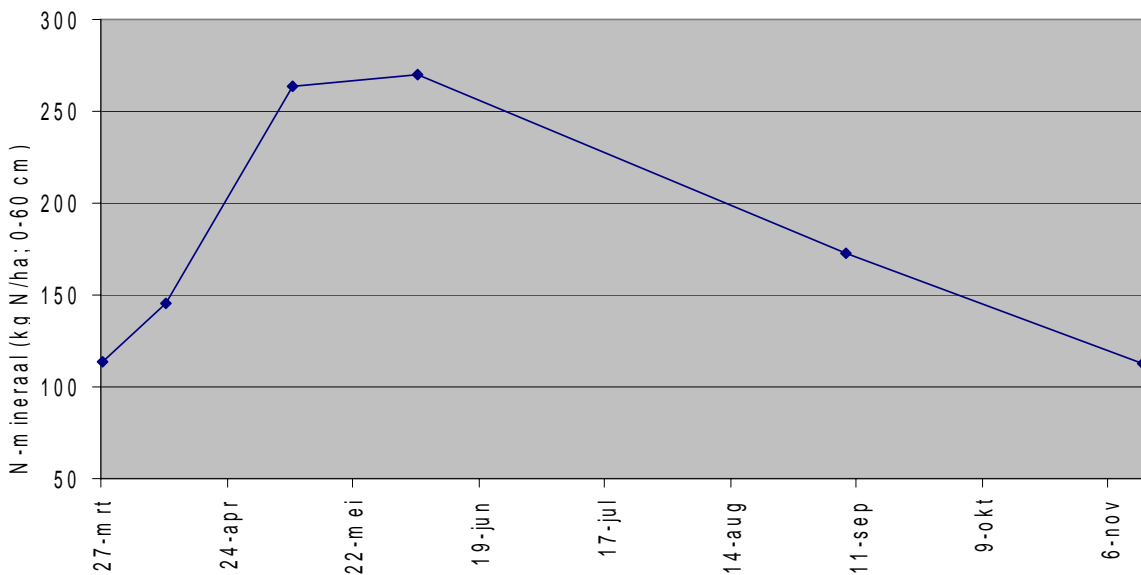
Figuur 5 Gemeten N-mineraalwaarden van vruchtwisselingproef met snijmais en GPS bij Van Liere 1999



3.3.2 Voederbieten

In 2003 zijn onder een perceel met voederbieten, volgend op een vijfjarige grasklaver bij André Mulder (Wijthmen), regelmatig N-mineraalmonsters genomen (zie figuur 6). Het perceel heeft een matig diepe ontwatering en 4,0% organische stof. Er is 30 m³ drijfmest gegeven (= circa 85 kg N). De opbrengst is niet gemeten, maar was naar schatting van de veehouder 95 ton per hectare (= circa 14,5 ton ds). Duidelijk is dat ook onder voederbieten de potentiële stikstofuitspoeling na de oogst hoog kan zijn: begin november was in de laag 0-60 cm nog meer dan 100 kg N-mineraal aanwezig. Hier kunnen echter geen conclusies aan worden verbonden, omdat er geen referentie is met een ander hoofdgewas of met een verschillend bemestingsniveau.

Figuur 6: N-mineraal verloop bij teelt voederbieten



3.4 Minder diep ploegen met de Ekoploeg

Na een meerjarige grasklaver is bij familie Elderink (De Lutte) in het najaar van 2002 graan voor GPS ingezaaid. Daarbij is bij twee stroken grondbewerking toepast met een Ekoploeg (ploegdiepte circa 20 cm) en bij twee andere stroken met een gewone ploeg (ploegdiepte circa 25 cm). Het betrof een matig diep ontwaterde zandgrond met 3,7% organische stof.

In tabel 19 zijn de resultaten weergegeven. Hieruit blijkt dat er geen effect van ploegsoort aantoonbaar is op de stikstofbeschikbaarheid in de bovengrond. Dit geldt ook voor de bepalingen op grotere dieptes (0-100 cm). Waarschijnlijk is het verschil in ploegdiepte te gering geweest om effecten te verkrijgen. In opbrengst lijkt er zelfs een negatief effect te zijn van ondieper ploegen: één van de twee proefstroken met de Ekoploeg had een duidelijk lagere opbrengst. Hoewel dit niet onmogelijk is (een mooie grondbewerking met een Ekoploeg is ook een vaardigheid die moet worden geleerd), moet niet te veel gewicht aan dit resultaat worden gegeven, omdat de stand van het gewas in het perceel nogal variabel was.

Kortom: uit deze proef kan niets worden geleerd, omdat de verschillen nietszeggend klein waren. Wel is duidelijk dat hier, zoals vaker wordt vastgesteld (Schils en Kasper, 2005), de nitraatgehaltes in februari pas duidelijk verhoogd zijn, waar deze piek in de N-mineraalmetingen al in december zichtbaar is. Bij nadere beschouwing is dit ook logisch, omdat de nitraatmetingen in het bovenste grondwater plaatsvinden dat in veel gevallen lager ligt dan 1 meter.

Tabel 19 Gemeten opbrengst, N-mineraal en nitraatmetingen proef Elderink 2003

		Ekoploeg	Wentelploeg
Opbrengst	(ton ds/ha)	4,2	4,8
N-mineraal (kg/ha)	december (0-30 cm)	20	19
	februari (0-30 cm)	23	24
	december (0-100 cm)	156	141
	februari (0-100 cm)	48	56
Nitraat (mg/l)	December	33	38
	Februari	109	90

3.5 Voorgewas: vergelijking luzerne en grasklaver

Proefopzet

Naast invloeden van het bemestingsniveau, grondbewerking en soort volggewas, heeft ook de voorvrucht een effect op de N-mineralisatie na scheuren. In de proeven van § 3.2.3 en 3.3.1 was er een voorvrucht van luzerne in plaats grasklaver. Mogelijkerwijs is de mineralisatie van luzerne anders dan van grasklaver door het relatief hoge stikstofgehalte in de organische stof van klaver en/of een hogere N-binding door luzerne (vanwege de hoge opbrengst van luzerne), wat kan resulteren in een verschillende hoeveelheid opgebouwde organische stof met een verschillende samenstelling.

In het najaar van 2000 is op het bedrijf van René Keulen (St. Geertruid, diep ontwaterde löss, 2,7 tot 3,2% organische stof) een vergelijking aangelegd tussen luzerne en twee soorten grasklaver (met in 2002 79% respectievelijk 67% rode en witte klaver in de drogestofproductie). De proef is aangelegd in het kader van het project 'Biologische teelt van voedergewassen op lössgrond'. Het was een strokenproef in drie geblokte herhalingen. In de jaren 2001 en 2002 zijn er opbrengstmetingen gedaan. In het droge jaar 2003 zijn er geen opbrengstmetingen meer uitgevoerd, doordat het project was afgelopen. Juist in dat jaar zijn er door de veehouder wel grote opbrengstverschillen gesignaleerd: vanaf juli viel de productie van grasklaver vrijwel stil, terwijl de luzerne nog steeds een redelijke opbrengst gaf. In het voorjaar van 2004 was de rode klaver vrijwel verdwenen.

Het bemestingsadvies voor deze proef bedroeg 94 respectievelijk 120 kg werkzame N voor grasklaver respectievelijk luzerne. Eind maart is het perceel met circa 25 ton stalmest per hectare bemest. Op 11 mei is het perceel gemaaid, waarna het op 17 mei is geploegd en op 22 mei de mais is ingezaaid. Op 25 mei is er nogmaals bemest, dit keer met 560 kg per hectare patentkali vanwege de lage kalitoestand van het perceel. Het perceel is op 12 oktober geoogst (meting 30-10-04).

Gedurende het seizoen is er op zes tijdstippen een N-mineraalbepaling gedaan.

Resultaten

Er kon geen verschil in opbrengst worden vastgesteld (zie tabel 20). Ook is er geen trend te ontdekken in de, niet significante, verschillen in de gemeten N-mineraalwaardes. De waardes liggen aan het einde van het seizoen

weliswaar hoger bij beide grasklavervarianten. Het verloop suggereert echter dat hierbij ook sprake kan zijn van toevalligheden (klaver mineraliseert normaal gesproken sneller dan luzerne, tot 12-6 liggen de N-mineraalwaardes van grasklaver echter hoger). Hieruit kan worden geconcludeerd dat er geen duidelijk verschil in mineralisatie tussen luzerne en grasklaver is. Dit kan echter ook worden veroorzaakt door de sterke opbrengstreductie van grasklaver in het voorgaande jaar, wat de lagere nalevering van luzerne in vergelijking tot grasklaver compenseert.

Tabel 20 Gemeten maisopbrengst en N-mineraalmetingen van vergelijkingsproef grasklaver-luzerne

	Opbrengst	N-mineraal (kg/ha)					
	(ton ds/ha)	26-4 (0-30 cm)	27-5 (0-30 cm)	7-6 (0-30 cm)	12-6 (0-30 cm)	25-6 (0-60 cm)	29-11 (0-90 cm)
Luzerne	19,6	10	67	69	124	117	80
Grasklaver 1	20,0	12	52	59	92	163	105
Grasklaver 2	19,7	11	61	52	93	128	105

4 Discussie en conclusies

4.1 Ten aanzien van de proefopzet

Bij alle proeven is gewerkt met stroken die veelal in enkelvoud liggen. Redenen hiervoor zijn:

- dergelijke grote stroken zijn beter in te passen in de gewone bedrijfsvoering dan kleine, gerandomiseerde, plots
- de evaluatie van dergelijke proeven is beter met de betrokken veehouder uit te voeren, omdat de proeven op een schaalniveau worden uitgewerkt waarvan bij de veehouders ook kennis aanwezig is over mogelijke verschillen in bodemomstandigheden.

Aangezien het grote stroken zijn, geven ze vaak ook een voldoende goed beeld van de verschillen tussen de behandelingen (want kleine lokale verschillen worden weggemiddeld). Een dergelijke proefopzet is weliswaar gevoelig voor onbedoelde verschillen (gradiënten in het perceel die per behandeling verschillen geven), maar door een goede opzet van de proef (= de richting van de strook dwars op mogelijke gradiënten in het perceel) kan dit vaak worden ondervangen. Ook kunnen de effecten van dergelijke onbedoelde verschillen soms goed worden ingeschat door een evaluatie samen met de betrokken veehouder (bijvoorbeeld bij vogelvraat).

In de proeven van 2003 was dit soms echter niet toereikend: de lage respectievelijk hoge gemeten productie bij variant A respectievelijk B en G van Boons, maar ook de tegenvallende productie van bijvoorbeeld de E-variant bij Van Liere en de G-variant bij Aver Heino zijn niet te verklaren vanuit de behandelingen, maar ook niet met de perceelskennis van de betrokken veehouders. Naast mogelijk onvoldoende nauwkeurige opbrengstmetingen worden deze onverwachte uitkomsten hoogstwaarschijnlijk deels veroorzaakt door (soms zeer plaatselijke) verschillen in vochtleverend vermogen. In een extreem droog jaar als 2003 kunnen ook beperkte verschillen in vochtleverend vermogen zeer nadrukkelijk naar voren komen, terwijl dat in eerdere, minder extreme jaren nooit was opgevallen. Alleen bij de proef van Huijnen kon een andere bodemgesteldheid (van variant A) als mogelijke verklaring worden gegeven voor de onverwachte uitkomsten.

Een gevolg van de grote hoeveelheid proeven in één jaar is ook dat de afhankelijkheid van de weersomstandigheden zeer groot is. Achteraf gezien was 2003 geen goed jaar om de effecten van verschillende bemestingsstrategieën te evalueren. Niet alleen was de gevoeligheid voor onbedoelde verschillen in vochtleverend vermogen groot. Ook waren de verschillende behandelingen waarschijnlijk weinig relevant voor de opbrengst: bij vrijwel alle proeven, maar zeker bij die van Boons, werd de productie waarschijnlijk niet of nauwelijks door de stikstofbeschikbaarheid gelimiteerd.

4.2 Modelling van de stikstofbeschikbaarheid

Dat er toch conclusies ten aanzien van de behandelingen kunnen worden getrokken, ondanks dit zeer bepalende jaareffect, is vooral mogelijk door de nadruk op stikstofbeschikbaarheid. Dankzij de minerale N metingen, maar vooral dankzij de aanvullende modelmatige analyse, kunnen de effecten van de behandelingen toch zichtbaar worden gemaakt.

Belangrijk aandachtspunt hierbij is natuurlijk in hoeverre de modeluitkomsten betrouwbaar zijn. Bij testen van het gebruikte, relatief eenvoudige NDICEA-model komt dit als goed bruikbaar naar voren (Van der Burgt en Oomen, 2005) en ook een evaluatie binnen dit onderzoek is vrij positief. In bijlage 1 is een uitgebreide vergelijking gegeven van de gemodelleerde en de gemeten N-mineraalwaardes. In tabel 21 en 22 zijn deze samengevat per proef per periode (gemiddelde van de verschillende behandelingen) en per behandeling (gemiddelde van de verschillende periodes). Hieruit komen nauwelijks duidelijke trends naar voren. In tabel 22 liggen de gemeten waardes weliswaar altijd hoger dan de gemodelleerde waardes maar dit wordt vrijwel geheel veroorzaakt door de afwijkingen bij de proef van Boons, wat waarschijnlijk wordt veroorzaakt door specifieke bodemkarakteristieken (§ 3.2.2).

Soms zijn er grote afwijkingen tussen de gemodelleerde waardes en de meetwaardes, maar in veel gevallen is dit waarschijnlijk vooral een gevolg van:

- onnauwkeurigheden in de productiemetingen: een sterk afwijkende productie heeft grote effecten op de gemodelleerde N-mineraalwaardes, omdat het model een hoge N-opname berekent bij een hoge opbrengstschatting. Zo worden er bijvoorbeeld onwaarschijnlijk lage N-mineraalwaardes gemodelleerd bij variant F bij Van Liere (§ 3.2.1) als gevolg van de hoge opbrengstmeting bij deze variant. De lage opbrengstmeting bij variant A van Boons (§ 3.3.2) heeft juist zeer hoge uitkomsten voor de gemodelleerde N-mineraalwaardes. Beide zijn mogelijk (deels) een gevolg van onnauwkeurigheden in de opbrengstmeting.

- verschillen tussen de werkelijke weersomstandigheden ter plaatse en de weersgegevens van het dichtstbijzijnde weerstation. Zoals te zien is in de figuren met uitkomsten uit het NDICEA-model kan een forse regenval van grote invloed zijn op de hoeveelheid beschikbare stikstof in de bovengrond. Aangezien het aantal lokale buien in 2003 (evenals in 2002) groot was, kan dit van groot effect zijn op de metingen.
- onnauwkeurige meetwaarden: enkele metingen bij Huijnen (§ 3.2.4) en Boons (§ 3.2.2) vertonen een onwaarschijnlijk grillig verloop, zelfs als plotselinge mineralisatie na buien waarschijnlijk wordt geacht, want daarmee wordt niet de plotselinge verlaging van meetwaarden verklaart.

Tabel 21 Vergelijking tussen gemeten en gemodelleerde N-mineraalwaardes per periode (gemiddelde van alle varianten)

	Huijnen		Aver Heino		Boons		Van Liere	
	model	meting	model	meting	model	meting	model	meting
Eind maart	35	37	38	8	79	109	41	32
Eind april	42	32						
Begin mei	39	42	61	65	107	73	59	42
Eind mei	43	24						
Begin juni	94	105	136	123	158	133	129	123
Midden juni	120	134	141	168	175	223	155	185
Eind juli	103	107						
Begin september	56	74	51	28	130	182	46	61
Na oogst	65	84	57	53	147	333	58	79

Tabel 22 Vergelijking tussen gemeten en gemodelleerde N-mineraalwaardes per behandeling (gemiddelde van alle periodes)

	model	meting
A	109	97
B	83	96
C	72	87
D	64	83
E	100	110
F	102	134
G	124	143

4.3 Ten aanzien van de behandelingen

Hoewel de resultaten van de proeven moeilijk te interpreteren zijn door mogelijke proefstrooeeffecten en door de grote invloed van het droge jaar 2003, lijkt bemesting van grasklaver in het vroege voorjaar voorafgaand aan het scheuren tot een beperkte verhoging van de snijmaisopbrengst te leiden. Bemesting voorafgaand aan de inzaai van snijmais leidt tot wisselende opbrengsteffecten: een beperkte bemesting (met 15 m³) geeft in vier van de zes proeven een duidelijke opbrengstverhoging, maar een hogere bemesting (met 30 m³) geeft slechts in twee van de zes proeven een (beperkte) verhoging van de snijmaisopbrengst. Dit beeld komt ook naar voren uit tabel 23, waarin de N-balansen van de proeven in 2003 zijn gemiddeld: varianten B en C geven een duidelijk hogere gewasonttrekking dan variant D (geheel onbemest).

Het effect van bemesting op de gemeten residuele N-mineraalwaardes is in deze proeven wisselend. Gemiddeld is wel een trend zichtbaar dat bemesting tot hogere residuele N-mineraalwaardes leidt (tabel 23). Bij de gemodelleerde waardes is alleen het effect van de hoogste bemestingsvariant duidelijk zichtbaar (tabel 24): door de teleurstellende meeropbrengsten van variant A bij Boons en Huijnen is de gemodelleerde residuele N-waarde duidelijk hoger dan die van de onbemeste varianten (ruim 50 kg N/ha in de laag 0-60 cm).

Tabel 23 Gemiddelde N-balansen van alle proeven in 2003 (kg/ha; § 3.2)

	Gift	N-mineraal in voorjaar	Gewas- onttrekking	N-residueel (0-60 cm)	Netto-output	
A	172	25	265	152	219	n=4
B	120	25	290	141	286	n=4
C	69	25	273	129	308	n=4
D	0	25	262	120	356	n=4
E	0	25	209	141	324	n=4
F	0	27	229	166	368	n=3
G	0	30	221	185	376	n=2
				gemiddeld	320	

Tabel 24 Gemodelleerde residuele N-mineraalwaardes en denitrificatie (gemiddelden van alle proeven in 2003)

Variant	N-residueel (kg/ha, 0-60 cm)	Denitrificatie tijdens groeiseizoen (kg N/ha, 0-60 cm)
A	124	38
B	72	27
C	68	23
D	69	19
E	90	25
F	53	28
G	100	32

Vroeger scheuren van grasklaver heeft in het algemeen een opbrengstverhogend effect op de maïs. Doordat de grasopbrengst echter nihil wordt, is de totale gewasonttrekking vrijwel altijd lager en zijn de residuele N-waardes duidelijk hoger dan bij het gebruikelijkere tijdstip van grondbewerking vlak voor inzaai (tabel 23).

De opbrengst van het hoofdgewas bij gelijke bemesting heeft een grote invloed op het potentiële stikstofverlies. Dit logische verband (opgenomen N kan niet meer verloren gaan) wordt ondersteund door de vergelijkingsproef van snijmaïs en GPS als hoofdgewas (§ 3.3.1): in het eerste jaar na scheuren is maïs, door een hogere N-opname, een beter volggewas dan GPS om de residuele N-mineraalwaardes te beperken. Een hoog producerend volggewas is echter niet altijd voldoende om de residuele N-mineraalwaardes, zoals blijkt uit de monitoring van de voederbieten (§ 3.3.2).

Uit de modelberekeningen komt het belang van een goed geslaagd hoofdgewas duidelijker naar voren. Indien de productie tegenvalt, blijft er veel stikstof achter in de bodem met het risico op hoge stikstofverliezen. Het realiseren van een goede gewasopbrengst door het nemen van de juiste teeltmaatregelen, anders dan bemesting, is dan ook een belangrijke strategie om de potentiële stikstofverliezen te beperken. Denk hierbij aan een goede timing van grondbewerking en inzaai (bij zowel goede weer- als bodemomstandigheden). Ook een goed uitgevoerde grondbewerking hoort hierbij: weliswaar geeft de proef met de Ekoploeg (§ 3.3) geen duidelijk positief resultaat (waarschijnlijk door het wel zeer kleine behandelingsverschil), maar negatieve resultaten van een slecht uitgevoerde (te diepe) grondbewerking zijn in de praktijk wel bekend.

De stikstofnalevering van grasklaver in tabel 23 is berekend als verschil tussen de input (uit bemesting en aanwezige N-mineraal aan het begin van het groeiseizoen) en de output (in het gewas en de residuele N in de laag 0-60 cm). Het verschil in stikstofnalevering tussen luzerne en grasklaver (in de Adviesbasis Bemesting Grasland en Voedergewassen wordt een nalevering geschat van 100 en 75 kg N voor grasklaver respectievelijk luzerne) wordt in deze proeven niet duidelijk weerlegd. Weliswaar wordt in de proef bij Keulen geen verschil in opbrengst of residuele N-mineraalwaarde gevonden, maar dit kan een gevolg zijn van de weggevallen klaver in 2003. De lagere berekende netto output voor de proef bij Aver Heino, in vergelijking met de overige proeven met grasklaver als voorvrucht (bijlage 4), wijst wel in de richting van een iets lagere stikstofnalevering door luzerne.

De berekende stikstofnalevering varieerde in de geanalyseerde proeven van 140 tot ruim 500 kg N/ha. De (verrassend) hoge waardes van 400-500 kg N zijn berekend voor één locatie (Boons) en vooral het gevolg van de zeer hoge residuele N-mineraalwaardes die aan het einde van het seizoen gemeten zijn in de laag 0-60 cm (>300

kg N/ha). Deze hoge residuele N-mineraalwaardes zijn mogelijk een gevolg van overige relevante bodemcondities (hoog organisch stof gehalte). Indien deze locatie buiten beschouwing wordt gelaten, bedraagt de gemiddelde N-nalevering circa 250 kg N/ha waarbij geen duidelijk verband is vastgesteld met de leeftijd van de grasklaver. De gemiddelde residuele N-mineraalwaardes (laag 0-60 cm) variëren dan tussen de 55 en 86 kg per ha (gemiddelde van drie proeven), wat nog steeds hoog is maar minder extreem. Dit komt redelijk overeen met gemodelleerde waardes.

De hoge gemeten residuele N-mineraalwaardes komen overeen met de gemeten nitraatwaardes na het scheuren van grasklaver, die in alle gevallen hoger waren dan 50 mg nitraat (Schils en Kasper, 2005). Terecht constateren de auteurs echter dat deze waardes niet hoger zijn dan onder andere percelen, zodat bij deze metingen sprake kan zijn van een jaareffect: een kleiner neerslagoverschot (zoals in 2003) leidt bij gelijke stikstofverliezen altijd tot hogere nitraatconcentraties dan gemiddeld.

De berekende stikstofnalevering (tabel 23) laat een negatieve relatie zien met de mestgift. Vooral de variant met de hoogste bemesting (A) heeft een veel lagere berekende stikstofnalevering, Dit duidt op stikstofverliezen die gerelateerd zijn aan de bemesting. Daarbij is het verschil in de berekende stikstofnalevering tussen de varianten A en B groter dan de hoeveelheid toegediende mest. Daardoor kan het verschil niet alleen worden verklaard uit bijvoorbeeld zeer hoge ammoniakverliezen, die ook onwaarschijnlijk zijn omdat in alle gevallen is bemest met een mestinjecteur direct voor het ploegen. Een hogere denitrificatie bij hoge mestgiften (op veelal vrij natte bodem), zoals gemodelleerd (zie tabel 24), kan een deel van de slechtere benutting van de vrijkomende stikstof verklaren. Bij de proef van Huijnen is ook een afwijkende bodemstructuur vastgesteld bij de hoogste bemestingsvariant, maar door de proefopzet kan dit ook een onbedoeld strookeffect zijn. Ook bemesting van de grasklaver (voorafgaand aan het scheuren) geeft aanleiding tot een lagere stikstofnalevering. Dit is waarschijnlijk voor een deel het gevolg van ontbrekende gewasanalyses en opbrengstschattingen van variant D, waardoor de gewasonttrekking daarvan te hoog is ingeschat.

Gevolg van deze nuances is wel dat de werkelijke stikstofnalevering van grasklaver in het eerste jaar na scheuren in werkelijkheid veelal hoger zal zijn dan 300 kg N/ha.

4.4 Conclusies

De stikstofnalevering van meerjarige grasklaver bedraagt het eerste jaar na scheuren circa 300 kg N per hectare. Voor luzerne ligt dit mogelijk iets lager. Deze hoge stikstofnalevering van gescheurde grasklaver (of luzerne) heeft als gevolg dat de potentiële stikstofverliezen na het scheuren veelal hoog zijn, omdat niet alle vrijkomende stikstof kan worden vastgelegd. Bemesting leidt slechts tot een beperkte meeropbrengst van het volggewas, waarbij er aanwijzingen zijn dat hogere niveaus van bemesting (>15 m³ per hectare na het scheuren) samengaan met hogere verliezen door onder andere een hogere denitrificatie. Een lagere of geen bemesting geeft een beperking van potentiële stikstofverliezen, maar het niveau blijft vrij hoog (>50 kg N per ha in laag 0-60 cm). Dit onderstreept het belang van een geslaagd nagewas om de risico's op een te hoge nitraatuitspoeling na het scheuren van grasklaver te beperken. Een wintergraan volgend op snijmais is daarbij een betere optie dan een zomergraan: niet alleen wordt de residuele stikstof sneller vastgelegd, wintergranen wortelen ook meestal dieper en kunnen dus verder uitgespoelde stikstof weer terughalen in het systeem. Overigens kunnen deze gewassen slechts een beperkte hoeveelheid stikstof vastleggen: indien de hoeveelheid residuele stikstof hoger is dan 40-60 kg N per hectare zal de uitspoeling alsnog stijgen.

Een vroege grondbewerking is geen oplossing voor het dilemma tussen opbrengst en stikstofverliezen. Een vroege grondbewerking zonder vroegere inzaai blijkt weliswaar effectief om de beschikbare hoeveelheid minerale stikstof voor de mais te verhogen, zonder gebruik te maken van mest. De stikstofverliezen worden echter niet lager. Feitelijk wordt alleen een groter gedeelte van de hoeveelheid beschikbare stikstof in de bodem gemineraliseerd en minder stikstof afgevoerd in het gewas, doordat er ook een snede gras wordt gemist. In de zoektocht naar innovaties die wel een oplossing voor dit dilemma kunnen geven, worden door het Louis Bolk Instituut nu de mogelijkheden verkend van het doorzaaien van mais in een levende grasklaverzode: hierdoor zou er een directere overdracht kunnen plaatsvinden van door klaver gebonden stikstof naar de snijmais, zonder dat de mineralisatie tot ongewenste hoogte stijgt. Eerste ervaringen hiermee zijn positief wat betreft praktische inzetbaarheid (goedkoop door minder grondbewerking en de onkruidproblematiek lijkt hiermee verleden tijd), maar moet nog verder worden ontwikkeld om tot aanvaardbare productieniveaus te komen.

Literatuur

Berg, N. van den, en Poelen, I., 2003. De relatie tussen het nitraatgehalte in het grondwater en de bedrijfsvoering op melkveehouderijbedrijven. Louis Bolk Instituut, Driebergen/HAS Kennis Transfer, 's Hertogenbosch.

Conijn, J.G., G.L. Velthof en F. Taube (eds.), 2002. Grassland resowing and grass-arable crop rotations. EGF Working group "Grassland resowing and grass-arable crop rotations", report 1. PRI-rapport 47, Wageningen.

Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, 2002. Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen. PV, Lelystad. www.bemestingsadvies.nl.

Eekeren, N. van, 2002. Graan als voor- of tussengewas voor grasklaver. Vlugschriften 80, Louis Bolk Instituut, Driebergen.

Hassink, J. en J.J. Neeteson, 1991. Effect of grassland management on the amounts of soil organic N and C. *Neth. Journal of Agricultural Science* 39, 225-236.

Johnston, A.E., J. McEwen, P.W. Lane, M.V. Hewitt, P.R. Poulton, D.P. Yeoman, 1994. Effects of one to six year old ryegrass-clover leys on soil nitrogen and on the subsequent yields and fertilizer nitrogen requirements of the arable sequence winter wheat, potatoes, winter wheat, winter beans grown on a sandy loam soil. *Journal of Agricultural Science* 122, 73-89.

Nevens, F., 2003. Nitrogen use efficiency in grassland, silage maize and ley/arable rotations. Thesis Universiteit Gent. ISBN 90-5989-001-9.

Prins, U., J. de Wit en E. Heeres, 2004. Handboek Koppelbedrijven; samen werken aan een zelfstandige regionale, biologische landbouw. Louis Bolk publicatie LV53, Driebergen.

Schils, R.L.M. en G.J. Kasper, 2005. Nitraatgehalte in het grondwater van biologische melkveebedrijven. Bioveem-rapport 7. Lelystad.

Velthof, G.L. en O. Oenema, 2001. Effects of ageing and cultivation of grassland on soil nitrogen. Alterra-rapport 399, Wageningen.

Vertes, F., P. Loiseau, F. Laurent, P. Leterme en B. Mary, 2002. Grassland resowing and grass-arable crop rotation in France: agricultural and environmental issues. In Conijn et.al. 2002, p.47-66.

Wit, J. de, M. van Dongen, N. van Eekeren en E. Heeres, 2004. Handboek grasklaver. Teelt en voeding van grasklaver onder biologische omstandigheden. Louis Bolk publicatie LV54, Driebergen.

Bijlagen

Bijlage 1 Vergelijking N-mineraal metingen met modelwaardes van NDICEA

	A	A	A	A	B	B	B	B	C	C	C	C	D	D	D	D	E	E	E	E	F	F	F	F	G	G	G	G
	0-30 cm, model	0-30cm, meting	30-60 cm, model	30-60 cm, meting	0-30 cm, model	0-30cm, meting	30-60 cm, model	30-60 cm, meting	0-30 cm, model	0-30 cm, meting	30-60 cm, model	30-60 cm, meting	0-30 cm, model	0-30 cm, meting	30-60 cm, model	30-60 cm, meting	0-30 cm, model	0-30 cm, meting	30-60 cm, model	30-60 cm, meting	0-30 cm, model	0-30 cm, meting	30-60 cm, model	30-60 cm, meting	0-30 cm, model	0-30 cm, meting	30-60 cm, model	30-60 cm, meting
Aver Heino																												
26-mrt	44	7	13	1	45	7	13	1	44	7	13	1	9	7	6	1	14	7	8	1	19	7	9	1	19	7	9	1
7-mei	29	25	9	13	32	25	10	13	28	25	9	13	10	10	4	10	58	45	11	21	81	83	33	38	81	93	33	41
4-jun	122	127	50	36	105	86	40	34	83	88	26	22	73	71	16	37	81	72	37	38	80	88	56	59	109	71	72	35
18-jun	129	142	50	71	114	104	40	49	93	88	27	54	83	85	18	43	86	94	36	62	80	97	53	74	113	128	68	87
24-sep	72	29	7	5	66	25	7	7	36	13	6	5	15	21	4	5	27	14	5	5	4	18	3	4	95	37	9	7
5-nov	41	28	40	32	38	29	37	22	27	32	22	21	19	29	12	20	23	26	18	22	14	29	6	25	48	29	52	26
Boons wit																												
26-mrt	64	76	31	47	63	76	31	47	63	76	31	47	34	52	33	46	36	52	32	46	36	52	32	46	37	52	32	46
14-mei	43	29	30	17	40	29	29	17	40	29	29	17	36	17	24	13	89	51	62	26	85	73	78	41	81	87	83	67
4-jun	127	88	51	58	103	89	43	45	87	71	37	41	89	65	33	46	100	91	80	61	92	95	88	73	87	98	92	8
18-jun	143	115	56	85	115	119	47	88	106	132	40	83	112	100	36	91	112	116	81	98	104	138	89	113	94	155	92	128
3-sep	175	91	7	65	79	94	5	71	110	14	5	81	137	153	5	94	144	145	7	131	139	126	8	12	81	119	5	76
8-okt	127	161	73	228	64	179	36	127	85	176	49	129	106	182	60	126	105	205	62	150	102	200	60	156	60	192	39	122
Van Liere																												
26-mrt	46	30	7	6	46	30	7	6	46	30	7	6	12	22	7	6	23	22	10	6	22	22	10	6				
7-mei	26	15	14	8	26	15	14	8	25	15	14	8	10	13	8	10	70	25	32	4	67	79	46	50				
4-jun	129	88	29	25	108	89	23	20	85	82	17	30	79	65	11	16	103	91	47	36	92	142	50	53				
18-jun	146	138	41	40	128	122	33	32	107	139	25	34	102	116	19	52	117	157	54	62	100	149	55	66				
3-sep	69	35	9	20	43	43	8	26	24	36	6	16	12	29	5	11	81	31	10	14	4	78	2	28				
5-nov	58	41	29	35	42	47	19	45	30	38	12	34	24	37	7	31	66	39	35	37	22	41	6	46				
Huijnen																												
19-mrt	21	18	14	11	21	45	15	20	21	16	14	10	26	19	18	13	27	20	17	13								
23-apr	38	16	10	11	38	25	10	21	37	20	10	15	27	13	13	14	38	10	15	13								
7-mei	20	19	14	13	20	23	14	10	20	18	14	13	23	15	16	11	40	66	23	22								
21-mei	19	9	13	11	19	10	13	8	19	10	13	11	24	7	16	5	45	43	27	8								
4-jun	115	69	12	31	86	83	12	14	57	89	12	12	61	71	16	11	81	121	28	22								
18-jun	142	93	21	19	113	107	18	29	88	110	16	23	90	88	20	25	107	143	33	32								
23-jul	159	58	17	53	106	164	14	119	86	88	13	45	89	68	15	59	101	82	24	82								
17-sep	153	31	14	22	58	65	9	59	45	26	9	19	52	24	10	16	55	77	12	31								
26-nov	90	37	74	44	42	58	33	58	37	46	28	40	36	37	31	17	39	49	31	35								

Bijlage 2 Beoordelingen van NDICEA-modellering ten opzichte van N-mineraal metingen

1) Root Mean Square Error (Wallach en Goffiret, 1989; beoordelingscriterium welke afhankelijk is van het niveau)

	0-30 cm	30-60cm	0-60cm
van Liere	26,3	14,2	35,3
Boons	45,8	56,3	90,6
Aver Heino	19,9	13,6	27,8
Huijnen	28,2	24,3	42,5

2) Index of agreement (onafhankelijk van het niveau van de metingen; 0=geen overeenkomst tussen metingen en modellering; 1=perfecte overeenkomst)

	0-30 cm	30-60cm	0-60cm
van Liere	0,89	0,8	0,89
Boons	0,65	0,21	0,51
Aver Heino	0,93	0,88	0,93
Huijnen	0,83	0,24	0,76

3) Absolute afwijkingen modelberekening - meting

	A		B		C		D		E		F		G	
Aver Heino	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm
26-mrt	37	12	38	12	37	12	2	5	7	7	12	8	12	8
7-mei	4	-4	7	-3	3	-4	0	-6	13	-10	-2	-5	-12	-8
4-jun	-5	14	19	6	-5	4	2	-21	9	-1	-8	-3	38	37
18-jun	-13	-21	10	-9	5	-27	-2	-25	-8	-26	-17	-21	-15	-19
24-sep	43	2	41	0	23	1	-6	-1	13	0	-14	-1	58	2
5-nov	13	8	9	15	-5	1	-10	-8	-3	-4	-15	-19	19	26
Boons wit														
26-mrt	-12	-16	-13	-16	-13	-16	-18	-13	-16	-14	-16	-14	-15	-14
14-mei	14	13	11	12	11	12	19	11	38	36	12	37	-6	16
4-jun	39	-7	14	-2	16	-4	24	-13	9	19	-3	15	-11	84
18-jun	28	-29	-4	-41	-26	-43	12	-55	-4	-17	-34	-24	-61	-36
3-sep	84	-58	-15	-66	96	-76	-16	-89	-1	-124	13	-4	-38	-71
8-okt	-34	-155	-115	-91	-91	-80	-76	-66	-100	-88	-98	-96	-132	-83
Van Liere														
26-mrt	16	1	16	1	16	1	-10	1	1	4	0	4		
7-mei	11	6	11	6	10	6	-3	-2	45	28	-12	-4		
4-jun	41	4	19	3	3	-13	14	-5	12	11	-50	-3		
18-jun	8	1	6	1	-32	-9	-14	-33	-40	-8	-49	-11		
3-sep	34	-11	0	-18	-12	-10	-17	-6	50	-4	-74	-26		
5-nov	17	-6	-5	-26	-8	-22	-13	-24	27	-2	-19	-40		
Huijnen														
19-mrt	1	2	-26	-7	3	3	1	1	6	4				
23-apr	18	-2	9	-12	14	-6	7	0	25	1				
7-mei	-2	-1	-6	2	-1	-1	1	0	-9	3				
21-mei	8	0	7	3	7	0	11	6	26	25				
4-jun	43	-21	0	-4	-35	-2	-17	0	-30	13				
18-jun	37	0	-3	-12	-29	-9	-8	-11	-43	8				
23-jul	72	-38	85	13	-19	-34	2	-48	0	-54				
17-sep	84	-10	-32	-51	0	-12	3	-9	-42	-21				
26-nov	32	14	-28	-36	-19	-21	-10	3	-20	-12				

Bijlage 3 Weersgegevens voor modellering met NDICEA van proeven in §3.2

weeknummer	Lelystad (Aver Heino)			Maastricht (Huijnen, van Liere, Boons)		
	temp	neerslag	evapotr	temp	neerslag	evapotr
1	1,1	39,9	1,2	1,8	34,6	1,4
2	1,3	2,6	1,9	-2,9	1,6	1,6
3	5,4	9,9	1,9	4,9	7,7	2,1
4	4,4	14,4	1,8	5	19,6	1,9
5	0,8	34,9	2,2	0,2	34,6	2,3
6	2,9	1,2	3	2,2	3,1	3,5
7	1,9	0	4,7	2,2	0	6,1
8	2,4	0	8,1	3,4	0	8,9
9	7,6	7,3	8	7,6	27	7,2
10	8,5	19	5,3	9,1	21,7	6,8
11	5,1	0,3	11,8	5,5	0,5	12,3
12	6,6	0	13,1	8,1	0,3	14
13	8,7	15,7	12,7	11,5	9	15,1
14	4,8	3,6	11,2	4,6	8,2	14,3
15	8,5	0,5	17,7	8,7	0,2	18,7
16	13,1	4	22	12,8	2	20,3
17	13,5	18,2	16,5	14,7	20,9	16,4
18	12,6	27	15	13,7	34,5	17
19	11,5	15,3	19,4	12,7	9,1	19,5
20	11,7	34,4	15,1	11,6	24,3	16,7
21	13,2	19,4	13,6	14,1	21,3	15,8
22	19,6	10,8	28,5	20,5	1,5	29,3
23	18	18,7	25,6	20	16,6	24,8
24	17,4	1,3	28,1	19,6	6,1	31,1
25	17,2	0,5	22,5	18,4	2,5	25,6
26	17,4	7,4	24,8	18,5	16,6	25,8
27	15,9	13	14,4	16,4	12,8	17,6
28	19,7	0	32,6	20,4	0	31,8
29	21	9	25,1	22,8	1,3	28,7
30	19	2,7	21,5	19,6	19	23,8
31	20,8	1	26,6	22,3	9,3	29
32	23,6	0	27,2	26,1	0,6	29,2
33	18,2	0,6	20,6	19,3	7,3	19,3
34	17,7	0	17	18,5	0	21,3
35	14,2	9,9	12,8	14,2	28,9	12,3
36	14,8	4,7	13,8	16,2	0,8	17,6
37	13,3	13,6	12,9	14,8	6,8	14,6
38	16,7	26,5	18,9	19,2	12,6	18,2
39	11,3	5,5	10,8	12,2	11,9	12,4
40	11	47,3	7,5	11	25	5,4
41	10,4	18,4	6,7	10,7	16,8	7,6
42	6,3	0	8,1	5,8	0	8,5
43	2,5	12,3	5,1	3,5	1,2	4,5
44	8,4	11,6	3,7	0	0	0
45	7,1	0	5,1	7,4	45,9	1,9
46	8	8,1	2,2	2,3	11,3	0
47	9,9	21,6	1,7	-0,3	3,2	0,7
48	6,1	10,3	1,7	3	14,4	-0,3
49	1,9	0,8	2	8,8	25,5	0,9
50	4,4	38,5	1,5	5,5	13,3	0,1
51	3,4	22,9	1,5	7,4	7,4	0,8
52	5	28,1	1,3	1,9	40,7	0,3
totaal		612,7			639,5	
eind april-begin oktober	15,8	260	454	16,9	251	486
juni-augustus	18,2	50	287	19,4	105	313

Bijlage 4 Stikstofbalansen per proef

Er is gerekend met standaardwaardes voor N-gehaltes in het gewas (1.28, 2.56 en 2.88% voor snijmais, luzerne respectievelijk grasklaver) aangezien er geen gewasanalyses zijn gedaan. Alle waardes zijn in kg N per hectare. Netto-output = (gewasonttrekking snijmais en grasklaver /luzerne + N-residueel) – (gift + N-mineraal in voorjaar).

		Gift	N-mineraal in voorjaar (0-30cm)	Gewas- onttrekking	N-residueel (0- 60 cm)	Netto-output
Huijnen	A	175	19	257	81	144
	B	122	19	315	116	290
	C	70	19	303	86	300
	D	0	19	282	54	317
	E	0	19	228	84	293
						gemiddeld
Boons 2003	A	161	52	251	389	428
	B	112	52	314	306	456
	C	64	52	268	305	457
	D	0	52	248	308	504
	E	0	52	202	355	505
	F	0	52	203	356	507
	G	0	52	263	314	525
						gemiddeld
Aver Heino	A	192	7	260	60	122
	B	134	7	240	51	150
	C	77	7	240	53	209
	D	0	7	241	49	283
	E	0	7	207	48	248
	F	0	7	219	54	266
	G	0	7	178	55	226
						gemiddeld
Van Liere 2003	A	161	22	290	76	184
	B	112	22	292	92	250
	C	64	22	280	72	266
	D	0	22	276	68	322
	E	0	22	198	76	252
	F	0	22	266	87	331
						gemiddeld
Boons 2002	A	230	?	297	354	?
	B	161	?	283	349	?
	C	92	?	256	258	?
Van Liere 2002	A	220	?	291	133	?
	B	154	?	286	113	?
	C	88	?	278	75	?