

Rapport 206

Stikstofproblematiek van de akkerbouw en de melkveehouderij in het Mergelland; graslandonderzoek

mei 2001



PRAKTIJKONDERZOEK
VEEHOUDERIJ

Rapport 206

Stikstofproblematiek van de akkerbouw en de melkveehouderij in het Mergelland; graslandonderzoek

A.P.Wouters

mei 2001

Samenvatting

De uitspoeling van nitraat naar het grondwater is in delen van het Mergelland hoger dan wenselijk is. Dit heeft op termijn gevolgen voor de drinkwatervoorziening. Het nitraatgehalte van het freatische grondwater is de afgelopen decennia in Zuid-Limburg sterk gestegen. Algemeen wordt ervan uitgegaan dat vanwege de diepe grondwaterstanden en het geringe organischestofgehalte in de grond er in het Mergelland niet of nauwelijks denitrificatie plaatsvindt. Dit betekent dat alle stikstof die wordt toegediend en die niet wordt opgenomen door het gewas of wordt vastgelegd in de bodem kan uitspoelen naar het grondwater. In het kader van het ROM-project Mergelland is in 1994 onderzoek gestart naar de stikstofproblematiek van de akkerbouw en de veehouderij in het Mergelland. Het doel van dit onderzoek was de relatie tussen bemesting en nitraatuitspoeling op gras-, maïs- en bouwland op lössgrond vast te stellen en aan te geven welke teelt- en bemestingsmaatregelen nodig zijn om een emissie van maximaal 50 mg NO₃/l en maximaal 25 mg NO₃/l naar het grondwater te kunnen realiseren. Het onderzoek bestond uit een akkerbouw- en graslanddeel. In dit rapport zijn de resultaten van het deelonderzoek op grasland beschreven. Het deelonderzoek grasland bestond uit de volgende twee onderdelen:

1. een bemestingsproef op een maaiproefveld met verschillende N-bemestingstrappen op oudlössgrasland van het bedrijf Huntjens in Schin op Geul;
2. een studie naar bedrijfsmaatregelen om de nitraatuitspoeling op bedrijfsniveau te verlagen met behulp van de nitraatuitspoelingsreductieplanner (NURP) waarbij de resultaten van de maaiproef vertaald zijn naar een praktische bedrijfssituatie.

De bemestingsproef bestond uit een maaiproefveld met vier bemestingstrappen (0, 0,5*advies, 1* advies en 1,5 *advies) en twee behandelingen met toetsing van SANS (Systeem van Aangepaste N-bemesting per Snede). In 1992 was namelijk op zand-, klei- en veengrasland onderzoek gestart naar het Systeem van Aangepaste N-bemesting per Snede (SANS). SANS was gericht op een verdere optimalisatie van de N-bemesting per snede door bij iedere bemesting rekening te houden met de hoeveelheid beschikbare N in de bodem, de verwachte N-levering door de bodem en de verwachte N-opname door het gras. Onderzoek naar de toepassing van SANS op lössgrond vond tot 1994 niet plaats. In welke mate de relatie tussen bemesting en nitraatuitspoeling op lössgrasland anders is dan die vastgesteld op zand- en kleigrasland was bij de aanvang van het onderzoek onvoldoende duidelijk. Bij de opzet van het onderzoek in 1994 is gekozen voor de aanleg van een maaiproef. Behalve drogestofopbrengsten en N-gehalten zijn op het maaiproefveld ook de hoeveelheden N-min gemeten in verschillende lagen tot 3 meter diepte. In de laag 135-150 cm is het nitraatgehalte in het bodemvocht vastgesteld.

Op een melkveebedrijf worden in de meeste gevallen graslandpercelen afwisselend gebruikt voor weiden en maaien. Om de resultaten van de maaiproef te vertalen naar een praktische bedrijfssituatie is een studie uitgevoerd met de Nitraat Uitspoelingsreductie Planner (NURP), een model waarmee in bedrijfsverband de invloed van intensiteit van het bedrijf of veebezetting, de verhouding grasland/ maïsland, het stikstofbemestingsniveau, het beweidingssysteem al of niet in combinatie met bijvoederen en tijdstip van opstallen in de herfst zijn gevarieerd en de invloed van deze factoren op de nitraatuitspoeling zijn gesimuleerd. Als uitgangspunt voor de berekeningen is gekozen voor een bedrijf van 50 melkkoeien met een melkproductieniveau van 8000 kg per koe per jaar en een vervangingspercentage van 30%. De proefperiode waarin de maaiproef is uitgevoerd kenmerkte zich door twee jaren (1995 en 1996) met een relatief droge zomer (met name 1995) en relatief droge winters en twee jaren (1997 en 1998) met (boven)gemiddelde neerslag tijdens het groeiseizoen. Er zijn aanwijzingen dat tijdens het groeiseizoen van 1998 uitspoeling van stikstof naar diepere bodemlagen heeft plaatsgevonden en mogelijk ook tijdens het groeiseizoen van 1997.

Het niveau van de drogestofopbrengsten bij de verschillende N-trappen kwam goed overeen met opbrengsten zoals die in proeven met vergelijkbare N-trappen zijn vastgesteld op zand- en kleigrasland. Uit de resultaten is een bedrijfseconomische optimale N-gift van gemiddeld circa 430 kg N/ha afgeleid die gezien het relatief lage N-leverend vermogen van het grasland in lijn was met berekende optimale N-giften op zand- en kleigrasland (optimale N-giften van circa 400-420 kg N/ha).

De toepassing van het Systeem van Aangepaste N-bemesting per Snede (SANS) met als belangrijk instrument de correctie van de N-gift voor geaccumuleerde N in de bodem had daarom geen vermindering van de N-gift tot gevolg en leidde ook niet tot een betere benutting van de gegeven N. Dit is overeenkomstig de ervaringen op zand-, klei- en veengrasland.

De N-gehalten in het gras waren bij de lage N-bemestingsniveaus minder dan 2% en bij de hogere N-trappen lagen de gehalten tussen de 2 en 3% en weken niet af van gehalten gevonden in vergelijkbare N-bemestingsproeven op zand- en kleigrasland. Er was een tendens dat de N-gehalten afnamen in de loop van de proefperiode.

De inschatting van het N-leverend vermogen op basis van de berekeningswijze voor kleigrasland van het bemestingsadvies kwam gemiddeld goed overeen met de vastgestelde N-opbrengsten op de onbemeste objecten van het proefveld. De N-benutting uitgedrukt als N-recovery in % bij een bemestingsniveau van circa 400 kg N/ha varieerde van 62-84 % per jaar en was vergelijkbaar met die gevonden in andere bemestingsproeven op zand- en kleigrasland.

De voorraad aan N-mineraal in de lagen tot 150 cm was bij aanvang van de proef in het voorjaar van 1995 laag (circa 27 kg N/ha). In de laag 150-300 cm was de N-min voorraad relatief hoog (82 kg N/ha). Dit is een resultaat van het grasland gebruik en bemesting voor de aanvang van de proef. De hoeveelheid N-mineraal in de laag dieper dan 150 cm bleek na het relatief droge groeiseizoen van 1995 nog nagenoeg onveranderd aanwezig te zijn. Dit wijst erop dat er waarschijnlijk geen stikstof uit diepere lagen is benut tijdens het groeiseizoen.

Vooraf het neerslagoverschot in 1998 heeft geleid tot een relatief sterke daling van de voorraad aan N-mineraal in de laag 0-300 cm. Op het onbemeste object nam de hoeveelheid N-mineraal gedurende de proefperiode geleidelijk af door het verdwijnen van stikstof uit de laag 150-300 cm. De relatie tussen N-mineraal in het najaar en de N-gift blijkt niet erg sterk, omdat uitspoeling van stikstof tijdens het groeiseizoen in 1998 de variatie in hoeveelheid N-mineraal met name bij de hoogste N-gift heeft beïnvloed. Betrouwbare verschillen in nitraatgehalte in de laag 135-150 cm bleken pas na twee groeiseizoenen te ontstaan. Bij het vaststellen van relaties tussen N-gift, N-min en nitraat is het groeiseizoen van 1995 buiten beschouwing gelaten. Er bleek een duidelijke relatie te bestaan tussen de voorraad aan N-mineraal in de laag 0-90 cm en de nitraatconcentratie in het bodemvocht op een diepte van 135-150 cm. Vanuit deze relatie kon worden vastgesteld dat de EU-norm van 50 mg nitraat/l wordt overschreden bij een voorraad aan N-mineraal van bijna 35 kg N/ha in de laag 0-90 cm. Dit komt overeen met de grenswaarde van 35 kg N-mineraal in de laag 0-100 cm die indertijd door de Commissie Stikstof is vastgesteld voor droogtegevoelige zandgronden waar geen denitrificatie optreedt.

De N-min resultaten van de berekeningen met NURP voor een situatie met zomerstalvoeding komen goed overeen met de resultaten van de maaiproef. Voor de berekeningen is uitgegaan van een grenswaarde van circa 40 kg N-min in de laag 0-100 cm. Uit de berekeningen met NURP blijkt dat tot een bemestingsniveau van 300 kg N/ha er, bij uitsluitend maaien, geen probleem is wat betreft de overschrijding van de EU-norm. Beweiding daarentegen draagt door middel van urineplekken sterk bij aan mogelijke nitraatuitspoeling, met name in de tweede helft van het groeiseizoen.

Uit de berekeningen volgt dat bij onbeperkt weiden tot 1 november de grenswaarde van circa 40 kg N-mineraal in de laag 0-100 cm aan het einde van het groeiseizoen niet kan worden behaald, zelfs niet bij een zeer lage veebezetting en laag bemestingsniveau. Vroeger opstallen laat een verbetering zien, maar die is onvoldoende.

Maatregelen waarbij de beweidingduur en als gevolg daarvan het aantal urine plekken wordt verminderd zoals het verlagen van de bemesting tot maximaal 300 kg N/ha, beperkt weiden, het geheel opstallen van jongvee en het vroeg opstallen van de melkkoeien (per 1 september), leiden tot een duidelijke verlaging van de N-min voorraad. De berekeningen wijzen uit dat een combinatie van zeer beperkt weiden (siësta beweiden) met een relatief hoog bemestingsniveau (300 kg N/ha) en met een relatief hoge veebezetting (2,5 melkkoe /ha) toch kan leiden tot een lage voorraad aan N-min. Dit systeem heeft echter een grotere arbeidsbehoefte.

Summary

The leaching of nitrate to the groundwater in some of the marly areas in southern Netherlands is unacceptably large and poses risks to the drinking water supply in the future. In south Limburg the nitrate content of the phreatic groundwater has risen sharply in recent decades. It is generally assumed that because the groundwater reserves are deep and the organic content of the soil is low, there is little – if any – denitrification in the marly areas. This means that all nitrogen applied but not taken up by the crop or fixed in the soil can be leached into the groundwater. In 1994, as part of the ROM project, research was initiated on the nitrogen problem in arable and livestock farming in the marly areas (Mergelland). The aim of this research was to establish the relationship between fertilisation and nitrate leaching on grass, maize and arable fields on loess soils and to indicate the cultivation and fertilisation measures necessary to achieve maximal emissions of 50 mg NO₃/l and 25 mg NO₃/l to the groundwater. The research consisted of an arable part and a grassland part. This report deals with the results of the latter.

The grassland study had two components:

1. a fertilisation trial on a mowing trial field on old loess grassland on the Huntjens farm in Schin op Geul, with different rates of N fertilization;
2. a study of the on-farm measures to reduce nitrate leaching at farm level, using the 'nitrate-leaching reduction planner' (NURP) to translate the results of the mowing trial into a real-life farm situation.

The fertilisation trial consisted of a mowing trial field with four fertilisation rates (0, 0.5* the recommendation, 1* the recommendation and 1.5 the recommendation) and two treatments, tested with SANS. SANS is the Dutch acronym for 'system for modified N fertilisation per cut'. Research on SANS began in 1992, on sand, clay and peat grassland. SANS was set up to further optimise the N fertilisation per cut by taking account at each fertilisation of the amount of available N in the soil, the amount of N the soil is expected to supply and the expected N uptake by the grass. Up until 1994 the application of SANS on a loess soil had not been studied. At the start of the research it was still unclear to what extent the relation between fertilisation and nitrate leaching on loess soil differs from that established on sand and clay grassland. In 1994 it was decided to set up a mowing trial. As well as measuring dry matter content and N content, the amounts of mineral N in the ground were measured at various intervals up to a depth of 3 metres. The nitrate content in the soil moisture in the 135-150 cm layer was determined.

In most cases, the fields of grass on a dairy farm are alternately grazed and mown. In order to translate the results of the mowing trial into a practical situation a study was carried out with the nitrate-leaching reduction planner, NURP, which is a model for simulating – in the context of a farm – the influence of the farming intensity or stocking rate, the ratio of grass area to maize area, the N fertilisation level, the grazing system with or without supplementary feeding, and the date on which the cows are taken off the pasture in autumn; these factors are varied and their influence on the nitrate leaching is ascertained. The calculations assumed a farm of 50 milk cows, with an average yield of 8000 kg per cow per year and a 30% replacement. The period of the trial included two years (1995 and 1996) with relatively dry summers (especially in 1995) and relatively dry winters, and two years (1997 and 1998) with average to above-average precipitation during the growing season. There were indications that during the 1998 growing season and possibly also during the 1997 growing season there was nitrate leaching to the deeper parts of the soil profile.

The dry matter yields of the four N rates agreed well with yields found in trials on sand and clay, with similar fertilisation rates.

From the results the optimal (in terms of farm economics) N fertilisation rate was estimated to be circa 430 kg N/ha. Given the relatively low N-supplying potential of the grassland, this is in line with the optimal N applications of circa 400-420 kg N/ha calculated for grassland on sand and clay. The inference is that the application of SANS, with the N fertilisation rate corrected to take account of the N accumulated in the soil, did not result in a reduced N fertilisation rate, nor in improved utilisation of the applied N. This agrees with the findings for grassland on sand, clay and peat. At the low N fertilisation rates the N contents of the grass were less than 2%; at the higher rates the contents were between 2 and 3% and did not deviate from levels found in comparable N fertilisation trials on sand and clay grassland. There was a tendency for the N contents to decline during the trial period.

On average, the N-supplying potential estimated on the basis of the fertilisation recommendations for calculations for grassland on clay agreed well with the N yields determined on the unfertilised plots of the trial field. Expressed as N recovery in % at a fertilisation rate of circa 400 kg N/ha, the N utilisation varied from 62-84% per year and was comparable with the N utilisation found in other fertilisation trials on sand and clay grassland. At the start of the trial (spring 1995) the reserves of mineral N up to a depth of 150 cm in the soil profile were low (circa 27 kg N/ha). In the 150-300 cm layer the reserves of mineral N were relatively high: 82 kg N/ha. This reflected the grassland use and fertilisation prior to the trial. After the relatively dry growing season of 1995 the amount of mineral N below the depth of 150 cm appeared to have remained unchanged, which suggests that probably no nitrogen from the deeper layers was used during the growing season. The precipitation surplus of 1998, in particular, led to a relatively sharp decline in the reserves of mineral N in the 0-300 cm layer. On the unfertilised plot the amount of mineral N gradually diminished during the trial because of the depletion of nitrogen from the 150-300 cm layer. The relation between the mineral N in the autumn and the N application was not very strong, because leaching of nitrate during the growing season in 1998 influenced the variation in the amount of mineral N, especially at the highest N fertilisation rate.

Not until two growing seasons had passed did reliable differences come about in nitrate content in the 135-150 cm layer. When ascertaining the relations between N application, mineral N and nitrate, the 1995 growing season was excluded. A clear relation was found between the reserves of mineral N in the 0-90 cm layer and the nitrate concentration in the soil moisture at a depth of 135-150 cm. From this relation it was established that the EU norm of 50 mg nitrate/l is exceeded when the mineral N reserves are almost 35 kg N/ha in the 0-90 cm layer. This agrees with the threshold of 35 kg mineral N/ha in the 0-100 cm layer that the Dutch Nitrogen Committee has laid down for drought-prone sandy soils where nitrification is absent.

The mineral N results of the calculations with NURP for a scenario with livestock kept and fed in the barn during summer agreed well with the results from the mowing trial. The calculations assumed a threshold of circa 40 kg mineral N in the 0-100 cm layer. The calculations with NURP revealed that there is no risk of exceeding the EU norm up to a fertilisation rate of 300 kg N/ha and with mowing only. By contrast, grazing contributes greatly to possible nitrate leaching, via the urine patches – especially during the latter half of the growing season.

The calculations revealed that under unlimited grazing until 1 November the threshold of circa 40 kg mineral N in the 0-100 cm layer at the end of the growing season cannot be achieved, not even with a very low stocking rate and a low fertilisation rate. Taking the animals off the fields sooner produces an improvement, but not enough.

The reserves of mineral N were appreciably diminished by measures to reduce the pasturing period and thus the number of urine patches, such as reducing the fertilisation to no more than 300 kg N/ha, limited pasturing, keeping young animals in the barn all the time, and bringing the dairy cattle into the barns early (1 September). The calculations indicate that a combination of very limited pasturing (keeping the cows in the barn in the afternoon) with a relatively high fertilisation rate (300 kg N/ha) and a relatively high stocking rate (2.5 milk cows/ha) can nevertheless result in low reserves of mineral N. However, this system is more labour-demanding.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

1	Inleiding	1
2	Materiaal en methoden	2
2.1	Proefopzet en locatie maaiproef	2
2.2	Bodemeigenschappen van maaiproefveld	3
2.3	Uitvoering van maaiproef	4
2.3.1	Opbrengstbepalingen en gewasanalyse	4
2.3.2	Grondbemonstering voor bepaling N-mineraal	4
2.3.3	Bemesting	4
2.3.4	Neerslag	6
2.3.5	Analyse van de resultaten	6
2.3.6	Overige waarnemingen	6
2.4	Berekeningen met Nitraatuitspoelingsreductieplanner (NURP)	7
2.4.1	Algemeen	7
2.4.2	Uitgangspunten bij de berekeningen	7
3	Resultaten maaiproef	10
3.1	Opbrengsten	10
3.2	N-effect	10
3.3	Bedrijfseconomisch optimale N-gift	10
3.4	N-gehalte en N-opbrengsten	11
3.5	N-terugwinning of N-recovery	12
3.6	N-min voorraad	12
3.7	Nitraatgehalten	14
3.8	Relatie tussen N-gift, N-min voorraad en nitraatgehalte	15
4	Resultaten berekeningen met NURP	16
4.1	Algemeen	16
4.2	Zomerstalvoeding: Zero grazing	16
4.3	Onbeperkt weiden, geen teelt snijmais	17
4.4	Beperkt weiden met teelt van snijmais en bijvoeding	18
4.5	Beperkt weiden met teelt en bijvoeding snijmais en (gedeeltelijk) opstallen jongvee	19
5	Discussie en conclusies	23
	Literatuur	25
	Bijlagen	26
	Bijlage 1	26
	Bijlage 2	28
	Bijlage 3	37

1 Inleiding

Stikstofverliezen uit de landbouw dienen te worden beperkt. De uitspoeling van nitraat naar het grondwater is in delen van het Mergelland hoger dan wenselijk is. Dit heeft op termijn gevolgen voor de drinkwatervoorziening. Het nitraatgehalte van het freatische grondwater is de afgelopen decennia in Zuid-Limburg sterk gestegen. Op verschillende plaatsen is al een overschrijding van de EU-norm van 50 mg/l geconstateerd. Algemeen wordt ervan uitgegaan dat vanwege de diepe grondwaterstanden en het geringe organischestofgehalte in de grond er in het Mergelland niet of nauwelijks denitrificatie plaatsvindt. Dit betekent dat alle stikstof die wordt toegediend en die niet wordt opgenomen door het gewas of wordt vastgelegd in de bodem kan uitspoelen naar het grondwater. In het kader van het ROM-project Mergelland is in 1994 onderzoek gestart naar de stikstofproblematiek van de akkerbouw en de veehouderij in het Mergelland. Het doel van dit onderzoek was de relatie tussen bemesting en nitraatuitspoeling op gras-, maïs- en bouwland op löss grond vast te stellen en aan te geven welke teelt- en bemestingsmaatregelen nodig zijn om een emissie van maximaal 50 mg NO₃/l en maximaal 25 mg NO₃/l naar het grondwater te kunnen realiseren. Het onderzoek bestond uit een akkerbouw - en graslanddeel. In dit rapport zijn de resultaten van het deelonderzoek op grasland beschreven. Dit deelonderzoek bestaat uit de volgende twee onderdelen:

3. een bemestingsproef op een maaiproefveld met verschillende N-bemestingstrappen op lössgrasland;
4. een studie naar bedrijfsmaatregelen om de nitraatuitspoeling op bedrijfsniveau te verlagen waarbij de resultaten van de maaiproef vertaald zijn naar een praktische bedrijfssituatie.

Om ongewenste accumulatie van stikstof en daarmee nitraatuitspoeling te voorkomen, moet de beschikbare stikstof (N) in de bodem en de via bemesting aangevoerde N efficiënter worden benut. Op zandgrasland zijn verschillende bemestingsproeven uitgevoerd waarin de relatie tussen bemesting en nitraatuitspoeling is vastgesteld (Kolenbrander 1981, Van der Meer en Meeuwissen, 1989, Vellinga et al., 1997). In welke maat de relatie tussen bemesting en nitraatuitspoeling op lössgrasland anders is dan die vastgesteld op zand- en kleigrasland was bij de aanvang van het onderzoek onvoldoende duidelijk. Bij de opzet van het onderzoek in 1994 is daarom gekozen voor de aanleg van een maaiproefveld met verschillende stikstofbemestingstrappen met toetsing van SANS (Systeem van Aangepaste N-bemesting per Snede). In 1992 was namelijk op zand-, klei- en veengrasland onderzoek gestart naar het Systeem van Aangepaste N-bemesting per Snede (SANS). SANS was gericht op een verdere optimalisatie van de N-bemesting per snede door bij iedere bemesting rekening te houden met de hoeveelheid beschikbare N in de bodem, de verwachte N-levering door de bodem en de verwachte N-opname door het gras. Onderzoek naar de toepassing van SANS op lössgrond vond tot 1994 niet plaats.

In de bemestingsproef is uitsluitend maaien toegepast. Op een melkveebedrijf worden in de meeste gevallen graslandpercelen afwisselend gebruikt voor weiden en maaien. Om de resultaten van de maaiproef te vertalen naar een praktische bedrijfssituatie is een studie uitgevoerd met de Nitraat Uitspoelingsreductie Planner (NURP), een model waarmee in bedrijfsverband de invloed van verschillende management maatregelen op de nitraatuitspoeling kan worden gesimuleerd. Uitgangspunten bij de berekeningen zijn onder andere ontleend aan de resultaten van de bemestingsproef.

Resultaten van het onderzoek zijn al eerder in de jaarlijkse voortgangsrapportages naar de opdrachtgevers weergegeven. In dit rapport wordt een integrale samenvatting gegeven van de resultaten van beide onderdelen van het grasland. Hoofdstuk 2 beschrijft de gebruikte materialen en methoden van zowel de bemestingsproef als de studie. In hoofdstuk 3 worden de resultaten gepresenteerd van de bemestingsproef en in hoofdstuk 4 de resultaten van de studie met de nitraat uitspoelingsreductie planner (NURP) om de nitraatuitspoeling op bedrijfsniveau te verminderen door het nemen van maatregelen in bedrijfsverband. In hoofdstuk 5 zijn de discussie van de resultaten en de conclusies weergegeven.

2 Materiaal en methoden

2.1 Proefopzet en locatie maaiproef

Op een perceel lössgrasland van ongeveer 20 jaar oud (voorheen bouwland) is in februari 1995 een maaiproefveld aangelegd. Het proefveld is aangelegd op een perceel lössgrasland van het bedrijf Huntjens in Schin op Geul. Dit bedrijf maakte bij de start van het onderzoek deel uit van het project Management Duurzame Melkveehouderij (MDM project).

De werkzaamheden op het proefveld zijn uitgevoerd door het proefbedrijf Cranendonck in nauwe samenwerking met het PR in Lelystad.

De maaiproef is in 1995 aangelegd als een volledig gelote blokkenproef met vier herhalingen en de volgende behandelingen:

MO : 0 kg N/ha/jaar

MS1: N-bemesting volgens SANS (gebaseerd op SANS-formule en betere inschatting van het stikstofleverend vermogen (NLV))

MS2: N-bemesting volgens SANS (volgens berekeningswijze verfijnd N-advies (Vellinga et al, 1993) maar gebaseerd op betere inschatting NLV)

ML1: 0,5 * landbouwkundig N-advies

ML2: 1 * landbouwkundig N-advies

ML3: 1,5 * landbouwkundig N-advies.

Bemesting volgens de SANS-formule per snede was onder andere gebaseerd op een correctie van de N-gift voor de voorraad aan N-mineraal in de bodem.

De SANS-formule was als volgt:

$$\text{N-gift volgens SANS} = \frac{(\text{N-opbrengst} - \text{N-levering})}{\text{N-terugwinning}} - (\text{N-min (laag 0-30 cm)} - \text{N-min (niet opneembaar)})$$

Uit de resultaten van het SANS-onderzoek bij maaien op zand- en kleigrasland in de periode 1992-1995 en die van 1995 op lössgrasland kwam naar voren dat alleen bij stagnatie van de grasgroei door droogte accumulatie van N-mineraal optrad. Correctie van de N-gift voor de voorraad aan N-mineraal in de bodem was dan meestal zinvol. Ook op dit proefveld leidde N-bemesting gebaseerd op de SANS-formule in 1995 niet tot een betere opbrengst dan het landbouwkundig advies. In de proef is vanaf 1996 de SANS-behandeling waarbij bemest werd volgens de SANS-formule (MS1) vervallen.

Op basis van nieuwe inzichten (Hassink, 1996) bleek het mogelijk het N-leverend vermogen (NLV) van een perceel grasland beter in te schatten. Het N-leverend vermogen (NLV) is de hoeveelheid N die in een onbemeste situatie bij gemiddelde groeiomstandigheden door de bodem wordt geleverd. Aan de hand van bodemparameters (organisch N-gehalte en textuur) bleek een betere inschatting mogelijk die gebruikt is voor het vaststellen van de N-bemesting van de SANS-behandeling MS2. In 1997 is bij de behandeling MS1 de N-bemesting van de eerste snede gecorrigeerd voor de voorraad aan N-min die in de laag 0-60 cm aanwezig was en daarna gelijk behandeld als MS2. Nadere informatie over de N-bemesting van de behandelingen MS1 en MS2 vanaf 1996 staat vermeld in hoofdstuk 2.3.3.

De behandelingen in 1996, 1997 en 1998 waren als volgt:

MO : 0 kg N/ha/jaar

MS1: N-bemesting volgens SANS (gebaseerd op betere inschatting NLV)

MS2: N-bemesting volgens SANS (gebaseerd op betere inschatting NLV)

ML1: 0,5 * landbouwkundig N-advies

ML2: 1 * landbouwkundig N-advies

ML3: 1,5 * landbouwkundig N-advies.

De proef was aangelegd als een volledig gelote blokkenproef met vier herhalingen. Iedere behandeling was per herhaling verdeeld in vier, aaneengesloten maar afzonderlijke veldjes van 2,8 bij 9,5 m waarvan één is gebruikt voor opbrengstbepalingen en de overige drie voor het nemen van grondmonsters. De veldjes waren gemarkeerd door het doodspuiten van het gras langs de randen van de veldjes.

2.2 Bodemeigenschappen van maaiproefveld

Door middel van grondmonsters van de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm is in 1995 de textuur van de grond vastgesteld door het BLGG in Oosterbeek. De resultaten daarvan zijn weergegeven in tabel 1.

Tabel 1 Textuur (granulaire fractie verdeling in %) van de grond in de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm

Minerale delen	Laag		
	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm
0-2u	17,0	19,5	21,0
2-16u	14,6	15,3	15,5
16-50u	55,4	55,1	54,7
50-75u	5,6	5,5	5,4
75-105u	1,9	1,5	1,2
105-150u	1,4	0,9	0,6
150-210u	1,2	0,9	0,6
210-300u	0,9	0,6	0,4
300-2000u	2,1	0,9	0,6

Voor de eerste bemesting is ieder jaar één grondmonster genomen van de laag 0-5 cm (40 steken verdeeld over het proefveld) en onderzocht op pH-KCl, humus, slib, P-AL, kali, N-totaal en C-elementair. De resultaten staan vermeld in tabel 2.

Tabel 2 Resultaten grondonderzoek in de laag 0-5 cm bij aanvang van het onderzoek (voorjaar 1995, 1996, 1997 en 1998)

Laag 0-5	pH-KCl	Org. Stof (%)	slib (%)	P-AL	K-HCl	K-getal
1995	5,6	7,0	28,4	28	27	32
1996	5,4	7,2	27,1	42	30	35
1997	4,7	8,2	*	46	28	30
1998	5,1	8,1	*	50	28	30

* niet meer bepaald

Zoals te zien is in tabel 2 is gemiddeld in de loop van de jaren de fosfaattoestand verbeterd en de kalitoestand op peil gebleven.

Gedurende de proefperiode zijn alle veldjes gelijk bemest met P en K. Door verschillen in N-bemesting zijn de opbrengsten en daarmee de onttrekking van P en K ook verschillend geweest. In het voorjaar van 1999 zijn grondmonsters genomen van de laag 0-5 cm van de objecten die niet met N zijn bemest (MO) en de objecten die het meest met N zijn bemest (ML3). Het P-AL getal bij de lage N-bemesting bedroeg gemiddeld 67 (hoog) en bij de hoogste N-bemesting (hoogste onttrekking) 43 (ruim voldoende).

2.3 Uitvoering van maaiproef

2.3.1 Opbrengstbepalingen en gewasanalyse

Het proefveld werd gemaaid als op ML2 in de eerste snede naar schatting 3500 kg stond en in de volgende sneden naar schatting 2000 tot maximaal 2500 kg ds/ha was gegroeid. Dit lukte vanwege het weer of andere omstandigheden niet altijd. In 1995 en 1996 zijn vijf sneden geoogst en in 1997 en 1998 zes sneden. De groeiomstandigheden waren in de eerste helft van het groeiseizoen gemiddeld goed. In de zomer van 1995 en 1996 stagneerde de groei. In 1998 leidde de overvloedige regenval in oktober /november er toe dat de laatste snede pas eind november is geoogst, terwijl de grondbemonstering niet eerder dan half december kon plaatsvinden. De data van grondbemonstering, bemesten en oogsten staan vermeld in bijlage 1.

Van alle veldjes werd bij iedere snede de opbrengst aan vers gras bepaald en werd een monster gestoken voor chemische analyse. Op de objecten die gemaaid werden, gebeurde dat door het uitmaaien van een strook van 1,5 bij 7,5 m (11,25 m²) uit een bruto-veldje met een grootte van 2,8x9,5 m. Deze strook werd steeds op dezelfde plaats uitgemaaid. De lengte van de uitgemaaide strook werd bij iedere opbrengstbepaling gemeten. De grasmonsters zijn geanalyseerd op droge-stof, N-totaal en ruw as door het BLGG in Oosterbeek. Door een misverstand zijn de grasmonsters van de eerste drie sneden in 1998 niet bewaard voor verdere analyse. Daardoor zijn geen N-opbrengsten vastgesteld in 1998.

2.3.2 Grondbemonstering voor bepaling N-mineraal

De grondbemonstering voor N-mineraal vond plaats op speciaal daarvoor bestemde grondbemonsteringsveldjes (15 steken per monster, bij diepe bemonstering 6 steken per veld). In het voorjaar en de herfst van 1995, 1996, 1997, 1998 en het voorjaar van 1999 zijn grondmonsters genomen van de lagen 0-30, 30-60, 60-90, 90-120, 120-135, 135-150, 150-200, 200-250 en 250-300 cm. Na aanleg van het proefveld zijn in het voorjaar van 1995 per herhaling (blok) grondmonsters genomen. Aangezien het perceel waar het proefveld op lag in 1994 als één perceel was gebruikt, is verondersteld dat er binnen de herhalingen op het proefveld geen verschillen in hoeveelheid N mineraal aanwezig waren. Op de overige tijdstippen zijn grondmonsters genomen per veldje.

De grondbemonstering is uitgevoerd met de gemotoriseerde monsterboor van de Proefboerderij Wijnandsrade. Er zijn zes steken per monster genomen. Deze monsters zijn met de volumetrische methode onderzocht door het BLGG in Oosterbeek op N-mineraal (nitraat en ammonium stikstof). Tegelijkertijd met de bemonstering voor N-mineraal zijn van alle veldjes monsters van de laag 135-150 cm genomen waarin door het laboratorium van de Provincie Limburg de nitraatconcentratie in het bodemvocht is vastgesteld. In het voorjaar van 1995 is dat per blok gebeurd en op de overige tijdstippen per veldje. Aan het begin van het groeiseizoen en na iedere snede zijn in 1995, 1996 en 1997 grondmonsters genomen voor het vaststellen van de N-min in de lagen 0-30 en 30-60 cm van alle objecten in verband met het aanpassen van de bemesting volgens het SANS-systeem en om de accumulatie van N-min tijdens het groeiseizoen te volgen.

2.3.3 Bemesting

Het % organische stof en het % slib in de laag 0-5 cm bedroeg op het proefperceel respectievelijk 7,6 en 29%. Op grond hiervan is de N-bemesting steeds gebaseerd geweest op kaart 4 (voor minerale gronden met een N leverend vermogen van 140 kg N/ha/jaar) van toepassing in de periode 1993-1998 (PR, 1997). De beoogde N-bemesting van de verschillende objecten (kg/ha) staat vermeld in tabel 3.

Tabel 3 Beoogde N-bemesting (kg N/ha) van de verschillende objecten

	1e snede	Na 1e snede tot 1 juli	Van 1 juli tot 16 september
MO	0	0	0
ML1	60	35	25
ML2	120	70	50
ML3	180	105	75

De N-bemesting van de behandelingen MS1 en MS2 is een aantal keren gewijzigd tijdens het onderzoek.

De N-bemesting van MS1 per snede in 1995 was gebaseerd op het vaststellen van de N-bemesting met behulp van de SANS-formule. Deze werkwijze hield in het voorspellen van de N-opname door het gras, de N-levering door de bodem en de N-terugwinning van de gegeven N voor een beoogde streefopbrengst en groeiduur door middel van modelberekeningen. Daarbij is gebruik gemaakt van het grasgroeimodel GRAMIN. Daarnaast werd de beoogde N-gift gecorrigeerd voor de voorraad aan N-min in de laag 0-30 cm die na iedere snede nog in de bodem aanwezig was.

Gezien de teleurstellende resultaten die in de periode 1992-1995 op zand-, klei- en veengrasland zijn behaald (Wouters en Hassink, 1996) en in 1995 ook op lössgrasland, is MS1 na 1995 niet meer bemest volgens de berekeningen met de SANS-formule. Uit de resultaten van het SANS-onderzoek kwam naar voren dat bemesting volgens het SANS-systeem niet tot betere resultaten leidde en dat accumulatie van minerale N slechts plaatsvond als na bemesting de grasgroei door droogte stagneerde. In 1996, 1997 en 1998 is MS1 gelijk bemest als MS2, met uitzondering van de eerste snede in 1997. In de eerste snede van 1997 is de N-gift van MS1 gecorrigeerd voor de extra N-min in de laag 0-60 cm t.o.v. de onbemeste behandeling.

De N-bemesting van de behandeling MS2 was in 1995, 1996 en 1997 gebaseerd op een betere inschatting van het N-leverend vermogen van de bodem. Met de in 1995 beschikbare informatie (gebaseerd op onderzoek van Hassink (1995) met betrekking tot de relatie stikstoflevering enerzijds en organisch stofgehalte en textuur van de grond anderzijds, was het N-leverend vermogen vastgesteld op 129 kg N/ha. Na 1995 is aan de hand van verbeterde inzichten het N-leverend vermogen van de grond berekend met de volgende formule: $31,7 + 0,347,7 * N\text{-org}$ in laag 0-20 cm (Hassink, 1996 en Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, 1998). De NLV van het proefperceel kwam volgens deze berekening uit 103 kg N/ha. Dit getal is gebruikt bij het vaststellen van de N-bemesting van MS2 in 1996, 1997 en 1998. In 1998 is op MS2 (en MS1) het nieuwe bemestingsadvies (geldig vanaf 1998; Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, 1998) toegepast dat naast een betere inschatting van de NLV ook meer rekening hield met verschillen in snedezwaarte en waarbij ook de bemesting van de 1^e en 2^e snede is gewijzigd aan de hand van nieuwe inzichten.

Doordat de kunstmest gestrooid werd met de proefveldkunstmeststrooier weken de werkelijke N giften enigszins af van de beoogde (tabel 4).

Tabel 4 Werkelijke N-giften (kg/ha) per behandeling per jaar

Behandeling	1995	1996	1997	1998
MO	0	0	0	0
ML1	174	184	206	202
ML2	341	366	411	399
ML3	513	552	617	597
MS1	410	400	445	394
MS2	373	400	460	394

De lagere N-giften in 1995 en 1996 t.o.v. 1997 en 1998 waren een gevolg van het feit dat in die jaren een snede minder is bemest en geoogst.

Het proefveld is ruim met P en K bemest zodat deze niet in het minimum zouden zijn. De fosfaatbemesting in 1995, 1996, 1997 en 1998 bedroeg respectievelijk 180, 180, 194 en 196 kg P₂O₅/ha. De kalibemesting bedroeg 360, 362, 388 en 392 kg K₂O per ha. De P- en K-bemesting is gegeven in de vorm

van een mengmeststof NPK 0-15-30.

2.3.4 Neerslag

In tabel 5 is een overzicht gegeven van de neerslag minus de referentie-gewasverdamping per maand gedurende de proefperiode van het dichtstbijzijnde KNMI station Valkenburg.

Tabel 5 Neerslag minus referentie-gewasverdamping per maand in de periode 1995-1999 van het weerstation Valkenburg.

	1995	1996	1997	1998	1999
Januari	143,3 – 9,4	13,5 – 8,9	6,1 – 8,3	46,5 – 9,0	105,9 – 9,7
Februari	101,1 – 17,0	57,2 – 14,3	97,5 – 16,1	9,6 – 20,0	99,4 – 17,0
Maart	78,9 – 41,7	27,5 – 31,1	34,0 – 37,9	75,1 – 30,7	80,9 – 32,5
April	68,7 – 60,6	9,3 – 71,3	52,8 – 56,5	107,2 – 48,7	77,7 – 61,2
Mei	41,9 – 98,6	49,3 – 72,5	112,0 – 85,0	34,7 – 95,7	*Einde proef
Juni	63,7 – 96,4	42,7 – 102,1	115,7 – 91,3	158,0 – 86,4	*
Juli	23,1 – 121,1	46,3 – 95,1	93,0 – 96,8	55,1 – 86,3	*
Augustus	31,3 – 108,5	187,7 – 80,1	42,9 – 99,5	47,8 – 92,1	*
September	74,7 – 47,9	33,1 – 54,4	41,1 – 61,4	158,4 – 47,2	*
Oktober	39,9 – 33,6	64,1 – 29,5	79,6 – 27,5	133,8 – 18,4	*
November	61,4 – 12,3	90,4 – 10,0	40,9 – 10,9	106,0 – 11,3	*
December	60,7 – 6,5	53,8 – 5,0	79,7 – 6,2	50,0 – 6,7	*
TOTAAL	788,7 – 653,6	674,7 – 574,3	975 – 597	982 – 552,5	*

De jaren 1995 en 1996 waren relatief droog. Het neerslagoverschot was veel lager dan in de jaren 1997 en 1998. In 1995 en 1996 waren de zomermaanden droog; in 1996 met name het begin van de zomer. De eerste maanden van 1996 waren ook relatief droog. In 1997 was alleen de maand augustus relatief droog en het voorjaar nat. Het jaar 1998 was nat; met name de maand juni en in de periode september tot december waren zeer nat.

2.3.5 Analyse van de resultaten

Op de resultaten van de metingen is een variantie-analyse (ANOVA) toegepast m.b.v. het statisch verwerkingsprogramma GENSTAT.

Om de stikstofreactie op grasland vast te stellen is het N-effect berekend. Het N-effect is gedefinieerd als het verschil in droge-stofopbrengst tussen twee behandelingen, in de meeste gevallen het verschil tussen een bemeste en onbemeste behandeling, gedeeld door het verschil in N-gift. Het N-effect is uitgedrukt in kg droge-stof per kg N.

Om de N-benutting te bepalen is de N-recovery of N-terugwinning berekend. De N-recovery is gedefinieerd als de fractie van de gegeven N die in het geoogste gewas is terecht gekomen of (in andere woorden) het verschil in N-opbrengst tussen twee behandelingen gedeeld door het verschil in N-gift. De N-recovery is uitgedrukt als %.

2.3.6 Overige waarnemingen

De botanische samenstelling is door middel van veldkartering (visuele waarneming) geschat in oktober 1995. De bezetting met Engels raaigras bedroeg gemiddeld 81%, met daarnaast gemiddeld 4% ruw beemd gras, 7% straatgras en 8% paardebloem. Tevens kwamen witte klaver, vogelmuur, distel en steenraket in zeer geringe mate (minder dan 1%) voor. De botanische samenstelling is goed gebleven tijdens de proefperiode.

2.4 Berekeningen met Nitraatuitspoelingsreductieplanner (NURP)

2.4.1 Algemeen

Met de Nitraat UitspoelingsReductie Planner (NURP) kan voor zandgronden de voorraad aan minerale N (N-min) op het einde van het groeiseizoen op grasland en maïsland worden geschat. Deze voorraad geldt als een maat voor de hoeveelheid N die tijdens het winterseizoen kan uitspoelen. De Commissie Stikstof (1990) heeft indertijd op basis van onderzoeksresultaten afgeleid dat de nitraatconcentratie van 50 mg nitraat/l op zandgrond wordt overschreden bij een N-min voorraad aan het eind van het groeiseizoen van 70 kg N/ha in de laag 0-100cm. Daarbij is verondersteld dat de helft van deze N uitspoelt en de andere helft denitrificeert en niet bijdraagt aan de uitspoeling. Voor diep ontwaterde zandgronden waarbij geen denitrificatie optreedt, bedraagt de grenswaarde voor de maximale hoeveelheid N-min (waarbij de nitraat concentratie minder is dan 50 mg /l) slechts 35 kg N/ha in de laag 0-100 cm op het einde van het groeiseizoen. In de bemestingsproef is de relatie tussen N-mineraal in het najaar en de nitraatconcentratie in het bodemvocht van de laag 135-150 cm onderzocht.

De gemiddelde hoeveelheid minerale stikstof (N-min) voor het hele bedrijf is het gewogen gemiddelde van de hoeveelheid minerale N per ha op het grasland en het maïsland. Binnen het programma kunnen beide onderdelen apart worden geoptimaliseerd. In de berekeningen in dit rapport is dit alleen voor grasland uitgevoerd. De hoeveelheid N-min op grasland in het najaar is opgebouwd uit een basisdeel en een deel dat wordt veroorzaakt door beweiding (effect van urineplekken). Het basisdeel van de N-min voorraad wordt sterk bepaald door het N-bemestingsniveau en eventuele opbrengstderving door droogteschade. In de maaioproef is dit basisdeel in feite gemeten. In de praktische bedrijfsvoering dragen vooral de urineplekken als gevolg van beweiden bij aan de nitraatuitspoeling.

Met de NURP kunnen reële bedrijfssituaties worden doorberekend, maar het is ook mogelijk bedrijfssituaties te simuleren. Dat laatste geldt ook voor aanpassingen in de bedrijfsvoering. Factoren waarmee in de NURP rekening wordt gehouden en die van invloed zijn op de eindvoorraad N-min zijn: de veebezetting of bedrijfsintensiteit, het areaal grasland/ maïsland, het vervangingspercentage van de veestapel, het stikstofbemestingsniveau, het beweidingssysteem al of niet in combinatie met bijvoeding van maïskuil, het tijdstip van opstallen in de herfst. Al deze factoren zijn van invloed op het aantal weidedagen per perceel en daarmee op het aantal urineplekken en het tijdstip waarop die tot stand komen.

Aanpassingen in de bedrijfsvoering die met het model ten aanzien van de maïsteelt kunnen worden genomen zijn: het telen van een wintergewas na snijmaïs en het aanpassen van de N-bemesting. De effecten op de eindvoorraad aan N-min kunnen worden berekend. Meer achtergrondinformatie staat vermeld in Vellinga et al. (1997).

2.4.2 Uitgangspunten bij de berekeningen

Grenswaarde N-min

Uit de resultaten van de bemestingsproef kwam naar voren dat de grens van 50 mg nitraat per liter bodemvocht van de laag 135-150 cm wordt overschreden bij een voorraad aan N-min in de laag 0-90 cm van circa 35 kg N/ha. Rekening houdend met een wat grotere voorraad in de laag 0-100 cm, is voor de berekeningen een grenswaarde van 40 kg N-min in de laag 0-100cm aangehouden.

Intensiteit bedrijf

Voor de berekeningen is in samenspraak met de begeleidingsgroep gekozen voor een modern gespecialiseerd melkveebedrijf met een hoge melkproductie: een bedrijf met 50 melkkoeien en een melkproductieniveau van 8000 kg per lactatie.

Het vervangingspercentage is gesteld op 30%.

Voor de berekeningen met de NURP is met name de veebezetting (aantal stuks melk koeien en jongvee per ha) van belang. De veebezetting wordt bepaald door het melkproductieniveau per koe en de hoeveelheid melk per ha. Om inzicht te verkrijgen in de effecten van veebezetting zijn verschillende varianten doorgerekend (zie tabel 6): van extensief tot sterk intensief.

Tabel 6 Varianten in bedrijfsintensiteit als uitgangspunten voor de berekeningen met NURP

Quotum/ha	Melkproductie per koe	Melkkoeien/ha grasland en voedergewassen	Oppervlakte grasland en voedergewassen
8.000	8.000	1,0	50,0
10.000	8.000	1,3	40,0
12.000	8.000	1,5	33,3
14.000	8.000	1,8	28,6
16.000	8.000	2,0	25,0
18.000	8.000	2,3	22,2

Verhouding grasland/ maïsland

De verhouding grasland/ maïsland is van invloed op het aantal weidedagen per perceel. De vuistregel bij goed graslandmanagement is dat de koeien gedurende het groeiseizoen steeds over goed weidegras moeten kunnen beschikken. Als het areaal grasland in verhouding minder is, zal er vaker worden beweid en minder worden gemaaid. Voor de verschillende varianten wat betreft bedrijfsintensiteit is de oppervlakte snijmaïs gevarieerd met 0, 20 en 30% snijmaïs. Een overzicht van de verschillende varianten staat in tabel 7.

Tabel 7 Uitgangspunten verhouding grasland/maïsland

Oppervlakte grasland en voedergewassen	0% maïs		20% maïs		30% maïs	
	Oppervlakte grasland	Oppervlakte snijmaïs	Oppervlakte grasland	Oppervlakte snijmaïs	Oppervlakte grasland	Oppervlakte snijmaïs
50,0	50,0	0	40,0	10,0	33,5	7,3
40,0	40,0	0	32,0	8,0	26,8	13,2
33,3	33,3	0	26,6	6,7	22,2	11,1
28,6	28,6	0	22,9	5,7	19,2	9,4
25,0	25,0	0	20,0	5,0	16,7	8,3
22,2	22,2	0	17,8	4,4	14,9	7,3

Bemesting en gebruik grasland

Voor de N-bemesting op grasland zijn vier varianten doorgerekend: het N-bemestingsadvies (= max ; circa 400 kg N/ha/jaar), N-advies minus 100 (= max-100: circa 300 kg N/ha/jaar), N-advies minus 200 (=max-200: circa 200 kg N/ha/jaar) en N-advies minus 300 (=max-300: circa 100 kg N/ha/jaar).

De varianten zijn doorgerekend voor een situatie van zomerstalvoeding (zerograzing: alle dieren opgestald). Daarna is gerekend met een situatie van onbeperkt weiden (dag en nacht weiden). In eerste instantie is hierbij uitgegaan van opstallen op 1 november, onbeperkt weiden met bijvoeding van de koeien met 3 kg ds indien er snijmaïs op het bedrijf geteeld werd (O3). Werd er geen snijmaïs geteeld dan zijn de koeien niet bijgevoerd (O3, tabel 8). Vervolgens zijn dezelfde varianten doorgerekend maar nu voor het beweidingssysteem: beperkt weiden ('s nachts opstallen). De koeien werden nu bijgevoerd met 3 kg ds onafhankelijk van het feit of er snijmaïs werd geteeld (B3, Tabel 8).

Ook is het tijdstip van opstallen gevarieerd. Bij de beweidingssystemen (O, O3 en B3) zijn eerst de melkkoeien eerder opgestald, respectievelijk op 1 oktober en op 1 september.

Een laatste vorm van weiden is bijzonder beperkt weiden waarbij de beweidingstijd in vergelijking met beperkt weiden nog meer is teruggebracht (siëstabeweiding) en slechts 25% van de geproduceerde urine in het weiland terecht komt.

Een volledig overzicht van alle mogelijke bemesting en beweiding varianten is weergegeven in tabel 8.

Tabel 8. Bemesting en beweidingvarianten

Beweidings-systeem*	N-bemestingsregime	Opstaldatum melkkoeien	Opstaldatum jongvee	Opstaldatum kalveren
Z	max, max-100, max-200, max-300	geheel opgestald	geheel opgestald	geheel opgestald
O	max, max-100, max-200, max-300	1 november	1 november	15 september
	max, max-100, max-200, max-300	1 oktober	1 november	15 september
	max, max-100, max-200, max-300	1 september	1 november	15 september
O+3 ¹	max, max-100, max-200, max-300	1 november	1 november	15 september
	max, max-100, max-200, max-300	1 oktober	1 november	15 september
	max, max-100, max-200, max-300	1 september	1 november	15 september
B+3	max, max-100, max-200, max-300	1 november	1 november	15 september
	max, max-100, max-200, max-300	1 oktober	1 november	15 september
	max, max-100, max-200, max-300	1 september	1 november	15 september
	max-100	1 oktober	1 oktober	15 september
	max-100	1 september	1 september	1 september
	max-100	1 oktober	geheel opgestald	geheel opgestald
	max-100	1 september	geheel opgestald	geheel opgestald
BB	max-100	1 september	geheel opgestald	geheel opgestald

* Z = zomerstalvoeding, O = onbeperkt weiden, B = beperkt weiden, BB = bijzonder beperkt weiden
1 Bijvoeding in kg ds/dag

Na het uitvoeren van een serie berekeningen met bovengenoemde uitgangspunten is gekeken voor welke situaties het zinvol was om verdere aanpassingen in de bedrijfsvoering te maken zodat de grenswaarde van N-min in het najaar van 40 kg zou kunnen worden behaald.

Bij beperkt weiden met opstallen van de melkkoeien in september naderde de hoeveelheid Nmin in het najaar de grenswaarde van 40 kg. Aangezien de bemestingsniveaus max-200 en max-300 erg afwijkend zijn van de huidige praktijk, is alleen de situatie met N bemestingsniveau max-100 verder geoptimaliseerd. Naast de melkkoeien zijn nu in de situatie van beperkt weiden ook het jongvee en de kalveren eerder of geheel opgestald (tabel 8). Als laatste is de variant bijzonder beperkt weiden doorgerkend.

3 Resultaten maaiproef

3.1 Opbrengsten

De groeiomstandigheden in 1995 waren minder gunstig dan in de andere proefjaren. Dit resulteerde in lagere opbrengsten. In figuur 1 zijn de jaaropbrengsten aan drogestof bij de verschillende bemestingsbehandelingen weergegeven. Ook zijn per jaar de responsecurve weergegeven die berekend zijn op basis van de gemiddelde jaaropbrengsten aan drogestof per behandeling. Alle jaren bleken er nauwe relaties te bestaan tussen N-gift en drogestofopbrengst.

(figuur 1 invoegen)

De relatie tussen de gemiddelde N-giften per behandeling over de gehele proefperiode en de daarmee corresponderende gemiddelde drogestofopbrengsten staat vermeld in figuur 2.

(figuur 2 invoegen)

De jaar- en snedeopbrengsten per jaar zijn weergegeven in bijlage 2.

De reactie op N was in het eerste jaar minder sterk dan in de daaropvolgende jaren. Uit de responsecurven blijkt dat de N-giften en de daarbij behorende drogestofopbrengsten van de SANS-behandelingen niet sterk afweken van die van de overige N-trappen.

3.2 N-effect

De response op N kan verder goed worden geanalyseerd met behulp van het N-effect (response in kg drogestof per kg toegediende N).

Tabel 9 geeft een overzicht van de N-effect uitgedrukt als gemiddelde kg drogestof per kg toegediende N per jaar en gemiddeld over de gehele periode.

Tabel 9 Gemiddeld N-effect (kg ds/ kg N) van de verschillende behandelingen per jaar en over de gehele proefperiode

Behandeling	N-effect: kg drogestof per kg toegediende N				
	1995	1996	1997	1998	Gemiddeld
MO	-	-	-	-	-
ML1	18,9	27,0	30,0	24,6	25,3
ML2	17,2	22,9	22,4	24,2	21,8
ML3	13,8	16,0	15,4	16,9	15,6
MS1	14,5	21,6	20,8	23,2	20,0
MS2	15,6	20,4	19,7	22,9	19,7

De minder sterke response op N in 1995 komt tot uiting in een lager N-effect. Gemiddeld laten de resultaten zien dat het N-effect afneemt bij een toenemende N-gift overeenkomstig het beeld dat ook in de figuren 1 en 2 te zien is.

3.3 Bedrijfseconomisch optimale N-gift

Met behulp van de responsecurven kan de bedrijfseconomisch optimale N-gift worden berekend. De bedrijfseconomisch optimale N-gift is op basis van kosten en opbrengsten gedefinieerd als de N-gift waarbij

nog een marginaal effect (N-effect) behaald wordt van 7,5 kg droge stof/kg toegediende N (Vellinga et al., 1993).

Uit de responsecurven van de figuren 1 en 2 zijn door middel van differentiëren de volgende vergelijkingen afgeleid voor het berekenen van de bedrijfseconomisch optimale N-gift:

Jaar 1995: $-0,0320 X + 21,738 = 7,5 \rightarrow$ bedrijfseconomisch optimale N-gift = 445 kg N/ha/jaar

Jaar 1996: $-0,0656X + 34,347 = 7,5 \rightarrow$ bedrijfseconomisch optimale N-gift = 409 kg N/ha/jaar

Jaar 1997: $-0,0660X + 35,414 = 7,5 \rightarrow$ bedrijfseconomisch optimale N-gift = 423 kg N/ha/jaar

Jaar 1998: $-0,0576X + 34,812 = 7,5 \rightarrow$ bedrijfseconomisch optimale N-gift = 474 kg N/ha/jaar.

Gemiddeld over de periode 1995-1998 bedroeg de bedrijfseconomisch optimale N-gift 431 kg N/ha.

3.4 N-gehalte en N-opbrengsten

In figuur 3 is de relatie tussen de drogestofopbrengst en de N-opbrengst per behandeling weergegeven. De N-opbrengsten per jaar zijn vastgesteld met behulp van de drogestofopbrengsten en de gemiddelde N-gehalten over het gehele groeiseizoen. De curven in figuur 3 geven het verloop van de N-gehalten weer. De N-gehalten nemen toe met een toenemende N-bemesting. Bij de lage N-trappen zijn de N-gehalten minder dan 2%, terwijl bij de hoge N-giften de N-gehalten tussen de 2 en 3% liggen. Opvallend is dat in de N-gehalten in de loop van de tijd lager zijn geworden.

De N-opbrengsten van het onbemest object bedroegen circa 100 kg N/ha. In de loop van de proefperiode nam de hoeveelheid geleidelijk af van 113 kg N/ha in 1995 tot 90 kg N/ha in 1997. Zoals ook in figuur 3 te zien is namen de N-opbrengsten sterker toe dan de drogestofopbrengsten, wat een gevolg is van de verhoogde N-gehalten. De verhoogde N-gehalten wijzen op een luxe consumptie van N met name bij de hoogste N-trappen.

Figuur 3 invoegen

In figuur 4 is de relatie tussen de N-gift en de N-opbrengst weergegeven voor de jaren 1995, 1996 en 1997. Daaruit blijkt dat bij een toenemende N-gift, de N-opbrengst in verhouding minder sterk stijgt. Per jaar zijn er wel verschillen zo stijgt de N-opbrengst bij een toenemende N-gift in 1996 sterker dan in de andere jaren.

Figuur 4 invoegen

3.5 N-terugwinning of N-recovery

In de volgende tabel 10 is een overzicht gegeven van de N-terugwinning bij de verschillende behandelingen. De N-terugwinning of N-recovery is uitgedrukt als % (% van de toegediende stikstof, in dit geval kunstmest N, die als N-opbrengst geoogst is met het gras).

Tabel 10 Gemiddelde N-terugwinning (of N-recovery) per behandeling per jaar (in %) en gemiddeld over de proefperiode 1995-1997

Behandeling	N-terugwinning 1995	N-terugwinning 1996	N-terugwinning 1997	Gemiddeld
M0	-	-	-	-
ML1	60	75	69	68
ML2	67	84	75	75
ML3	63	73	67	68
MS1	62	84	69	72
MS2	62	77	69	69

Gemiddeld bedroeg de N-recovery tussen de 60 en 84%. Opvallend was in alle jaren de relatief lage N-terugwinning bij de behandeling ML1. De terugwinning bij de hoogste N-trap (ML3) was altijd lager dan die van ML2. De N-terugwinning bij de SANS behandelingen was in bijna alle gevallen gelijk of lager dan die bij de adviesbemesting (ML2).

3.6 N-min voorraad

Tijdens het groeiseizoen

In de periode 1995-1997 zijn de lagen 0-30 en 30-60 cm bemonsterd op N-min. De gegevens werden gebruikt voor het uitvoeren van een correctie op de N-gift bij de SANS behandelingen en het toetsen van SANS.

De figuren 5-7 geven een overzicht van de N-min hoeveelheden in de laag 0-30 cm voorafgaand aan de eerste bemesting en iedere snede in 1995, 1996 en 1997. Deze gegevens laten zien dat met uitzondering van incidentele gevallen (zoals bij tweede snede van 1995) er alleen accumulatie van N-min plaatsvindt bij het hoogste N-niveau. De hoge N-min waarden aan het eind van het groeiseizoen van 1995 zijn waarschijnlijk een resultaat van droogte gevolgd door een periode met sterke mineralisatie. In 1996 trad er met uitzondering van de hoogste N-trap ML3 in het geheel geen accumulatie van N-min op. In de lagen 30-60 cm was het patroon van de verschillen in hoeveelheden N-min tussen de behandelingen gelijk aan dat van de laag 0-30 cm (zie bijlage 2)

Figuur 5, 6 en 7 invoegen

Voor- en najaar

In voor- en najaar zijn alle behandelingen per veldje bemonsterd op de aanwezigheid van N-min in de bodem. Daartoe is de laag 0-300 cm bemonsterd d.m.v. monsters uit de lagen 0-30, 30-60, 60-90, 90-120, 120-135, 135-150, 150-200, 200-250 en 250-300 cm.

Figuur 8 geeft de veranderingen in N-min voorraad in de laag 0-300 cm weer per behandeling in de periode 1995-1999.

Figuur 8 invoegen

Uit figuur 8 blijkt dat verschillen in N-min voorraad tussen de behandelingen meteen tijdens het eerste groeiseizoen tot stand zijn gekomen. In de winter van 1995/1996 vond geen vermindering plaats van de N-min voorraad. Vanaf het najaar van 1996 vond bij alle N-trappen behalve de hoogste N-trap (ML3) een geleidelijke afname plaats van de voorraad N-min. Het onbemeste object bereikte het laagste niveau pas in 1997, twee groeiseizoenen na aanleg van de proef. Het grote neerslagoverschot tijdens het groeiseizoen en herfst van 1998 leidde al tijdens het groeiseizoen tot een sterke afname van de voorraad aan N-min op alle objecten ook bij de hoogste N-gift.

Figuur 9 invoegen

Variatie in N-min voorraad kwam al tijdens het eerste groeiseizoen tot stand. De verschillen traden met name op in de laag 0-90 cm (zie figuur 9). In de droge zachte winter van 1995/96 bleken de N-min voorraden zich niet te verplaatsen vanuit de laag 0-90 naar diepere lagen. Dit was wel het geval in de winter van '96/'97 en '97/'98 en ook tijdens het groeiseizoen van 1998. De grote accumulatie van N-min bij de hoogste N-trap (ML3) is duidelijk. Opmerkelijk is de afname in de N-min voorraad in de laag 0-90 cm tijdens het groeiseizoen bij alle N-trappen behalve bij ML3. Die trend lijkt ook aanwezig bij de resultaten van de laag 0-300 cm, wat wijst op uitspoeling van nitraat tijdens het groeiseizoen.

Figuur 10 invoegen

Figuur 10 geeft per behandeling een overzicht van de voorraden aan N-min in de diepere laag van 200 – 300 cm gedurende de proefperiode.

Uit de resultaten komt naar voren dat pas in 1997 duidelijke verschillen optreden in de voorraden aan N-min in de diepere laag van 200-300 cm tussen de verschillende behandelingen. De voorraad aan N-min bij de meeste N-trappen neemt af in de loop van de tijd behalve bij de hoogste N-trap waar de N-min voorraad in de laag 200-300 cm stijgt t.o.v. de uitgangssituatie.

Figuur 11 invoegen

Figuur 11 geeft de relatie tussen de voorraad aan N-min en de niet opgenomen minerale N zijnde de som van de N-min voorraad in de laag 0-90 cm in het voorjaar, de N levering (N-opbrengst op onbemest veld) en de niet door het gras opgenomen N uit bemesting in de jaren 1995, 1996 en 1997.

3.7 Nitraatgehalten

In de laag 135-150 cm is het nitraatgehalte in het bodemvocht bepaald. Figuur 12 geeft een overzicht van de gemiddelde nitraatgehalten per behandeling tijdens de proefperiode. Een overzicht van de nitraatgehalten per herhaling is weergegeven in bijlage 3. De nitraatgehalten van de monsters van 3^e en 4^e herhaling in het voorjaar van 1999 bleken zeer sterk verhoogd (ongeveer een factor 10) t.o.v. de gehalten van de monsters van de 1^e en 2^e herhaling. De oorzaak (bij monsternamen of in laboratorium) was te achter halen. De uitkomsten van de 3^e en 4^e herhaling zijn buiten beschouwing gelaten.

Figuur 12 invoegen

De nitraatgehalten in het bodemvocht van de laag 135-150 cm van de verschillende N-trappen vertoonden een gelijksoortig beeld als het beeld van de gemiddelde N-min voorraden. Ook in dit geval duurde het bijna twee groeiseizoenen voordat er duidelijke verschillen tussen de behandelingen optraden. Alleen het nitraatgehalte van de hoogste N-trap was significant verschillend van de overige behandelingen. Het nitraatgehalte van het onbemeste object (M0) bereikte na twee groeiseizoenen een stabiel laag niveau van minder dan 20 mg nitraat/liter. In 1998 leidde het grote neerslagoverschot tijdens de herfst tot lage nitraatgehalten in het bodemvocht van alle behandelingen.

3.8 Relatie tussen N-gift, N-min voorraad en nitraatgehalte

Op basis van de resultaten van de N-min metingen en de metingen van het nitraatgehalte zijn verbanden gelegd tussen N-gift, N-min voorraad in de laag 0-90 cm in het najaar en het nitraatgehalte in de laag 135-150 cm in het najaar.

In figuur 13 is de relatie weergegeven tussen de gemiddelde N-giften en de gemiddelde hoeveelheden N-mineraal in de laag 0-90 cm op het einde van het groeiseizoen. Voor het vaststellen van deze relatie zijn de gegevens van de jaren 1996-1998 gebruikt. De relatie is sterk beïnvloed door de lage N-min waarden in 1998.

Pas bij een N-bemestingsniveau van meer dan 200 kg N/ha trad accumulatie van N-mineraal op. Deze accumulatie neemt sterk toe bij giften boven de 400 kg N/ha.

Figuur 13 invoegen

In figuur 14 wordt de relatie tussen nitraatgehalte en N-bemestingsniveau in beeld gebracht. Pas bij een bemestingsniveau van 400 kg N/ha en hoger blijkt de EU-norm van 50 mg/l te worden overschreden. De relatie is echter ook beïnvloed door de uitspoeling van N tijdens het groeiseizoen van 1998 en de daardoor lage nitraatconcentraties in het najaar van 1998.

Figuur 14 invoegen

In de figuur 15 is de relatie weergegeven tussen de N-min voorraad in de laag 0-90 cm aan het einde van het groeiseizoen en respectievelijk de nitraatconcentratie in het bodemvocht van de laag 135-150 cm in het najaar. Uit deze relatie komt naar voren dat de nitraatconcentratie in het bodemvocht wordt overschreden bij een N-min voorraad in de laag 0-90 cm van bijna 35 kg/ha.

Figuur 15 invoegen

4 Resultaten berekeningen met NURP

4.1 Algemeen

Om de vertaalslag te kunnen maken van een situatie van uitsluitend maaien zoals die bestond op het maaiproefveld naar een reële bedrijfssituatie zijn berekeningen uitgevoerd met de NitraatUitspoelingsReductie Planner (NURP), versie 1997. De opzet en de uitgangspunten van de berekeningen staan vermeld in hoofdstuk 2.4.

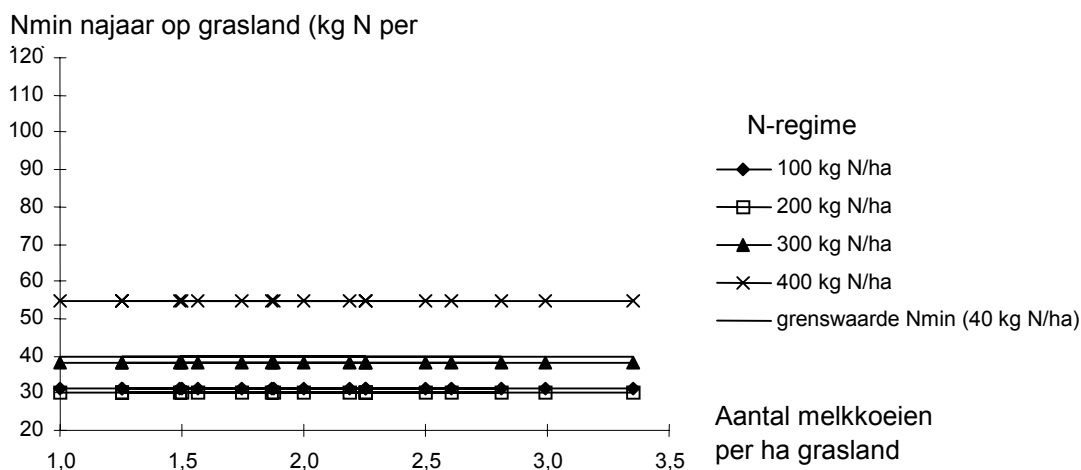
Uit de resultaten van de maaiproef kwam naar voren dat er een verband was tussen de hoeveelheid N-min in de laag 0-90 cm in het najaar en de nitraatconcentratie in het bodemvocht van de laag 135-150 cm. De grenswaarde waarbij de nitraatconcentratie van 50 mg werd overschreden bedroeg bijna 35 kg N/ha. De grenswaarde van 70 kg N/ha die voor niet droogtegevoelige zand grond wordt gehanteerd is in dit geval te hoog. Bij de presentatie van de resultaten van de berekeningen met NURP is gekozen voor een grenswaarde van 40 kg N/ha. De redenen daarvoor zijn dat de grenswaarde van bijna 35 kg N/ha gebaseerd is op de laag 0-90 cm en niet op 0-100 cm en dat mogelijk nog N-verliezen kunnen optreden in het traject van 1,5 m diep tot aan het grondwater op veel grotere diepte.

In tabel 6 zijn verschillende berekeningsvarianten aangegeven. De uitkomsten van de berekeningen met deze varianten d.w.z. de hoeveelheden N-min in het najaar zijn weergegeven in figuren. Daarbij zijn drie hoofdfactoren onderscheiden die van grote invloed zijn op de resultaten, namelijk het beweidingssysteem, de bedrijfsintensiteit (aantal melkkoeien per ha) en het N-bemestingsniveau. De berekeningen geven het resultaat weer op bedrijfsniveau d.w.z. dat stikstof in mest en urine geproduceerd door jongvee en kalveren zijn meegenomen.

4.2 Zomerstalvoeding: Zero grazing

De hoeveelheid N-min bij zomerstalvoeding of zerograzing is de situatie waarbij uitsluitend wordt gemaaid; een situatie vergelijkbaar met die op het maaiproefveld. De voorraden aan N-min zijn alleen afhankelijk van het bemestingsniveau en niet van de veebezetting omdat er uitsluitend gemaaid wordt (figuur 17). Bij een bemestingsniveau van circa 400 kg N/ha/jaar is de eindvoorraad circa 55 kg N/ha. Bij een bemestingsniveau van 300 kg N/ha blijkt in alle gevallen dat de grenswaarde van 40 kg N-min per ha in de laag 0-100 cm kan worden gehaald. Daarbij is er geen invloed van veebezetting, of verhouding grasland/maïsland.

Uit figuur 16 blijkt dat de eindvoorraad aan N-min bij een N-bemesting lager dan 200 kg N/ha nauwelijks minder wordt.

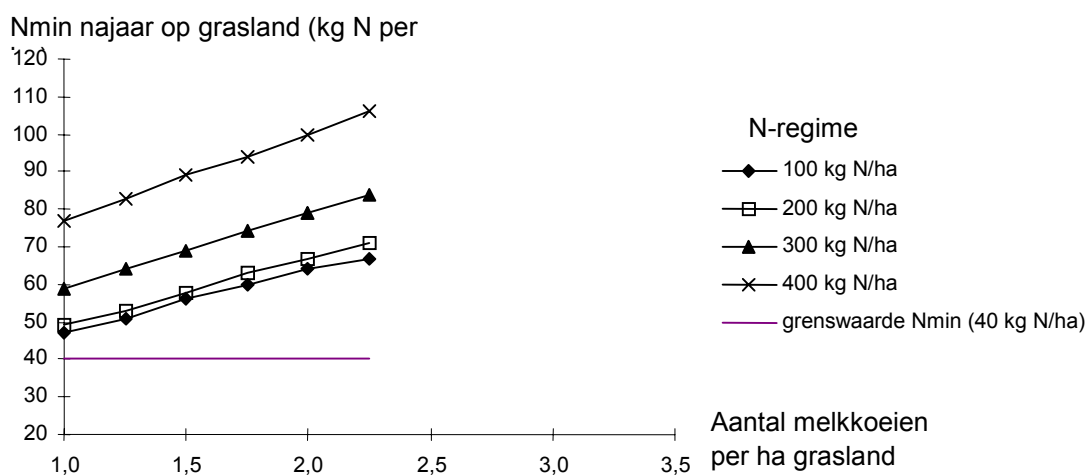


Figuur 16 N-min najaar op grasland bij vier N-regimes; *melkkoeien, jongvee en kalveren geheel opgestald*

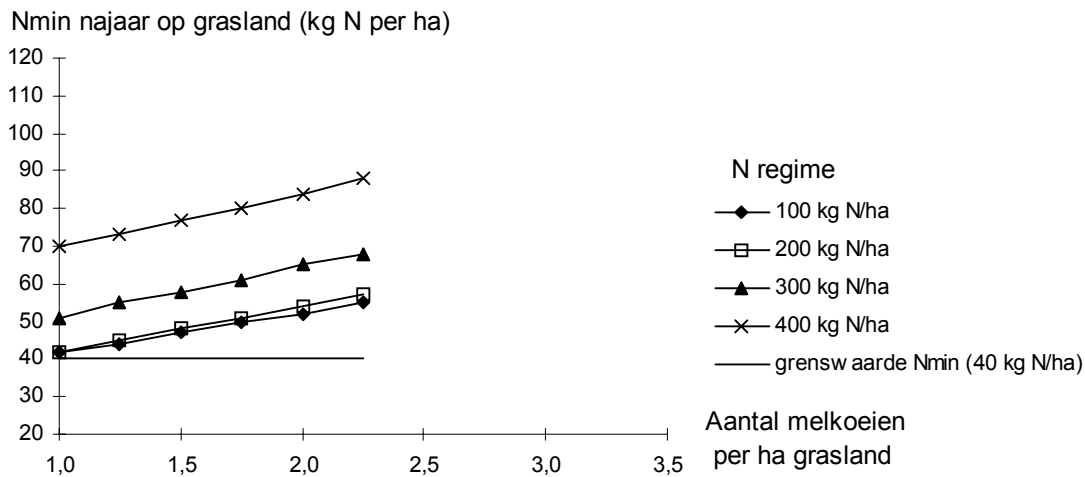
4.3 Onbeperkt weiden, geen teelt snijmaïs

In figuur 17 worden de resultaten van de berekeningen weergegeven voor een situatie van een bedrijf zonder snijmaïs (ook geen bijvoeding) met onbeperkt weiden bij verschillende niveaus van N-bemesting en van veebezetting, terwijl de melkkoeien per 1 november worden opgestald. Figuur 18 en 19 geven de situatie weer voor dezelfde varianten, maar nu met respectievelijk opstallen van de melkkoeien per 1 oktober en 1 september.

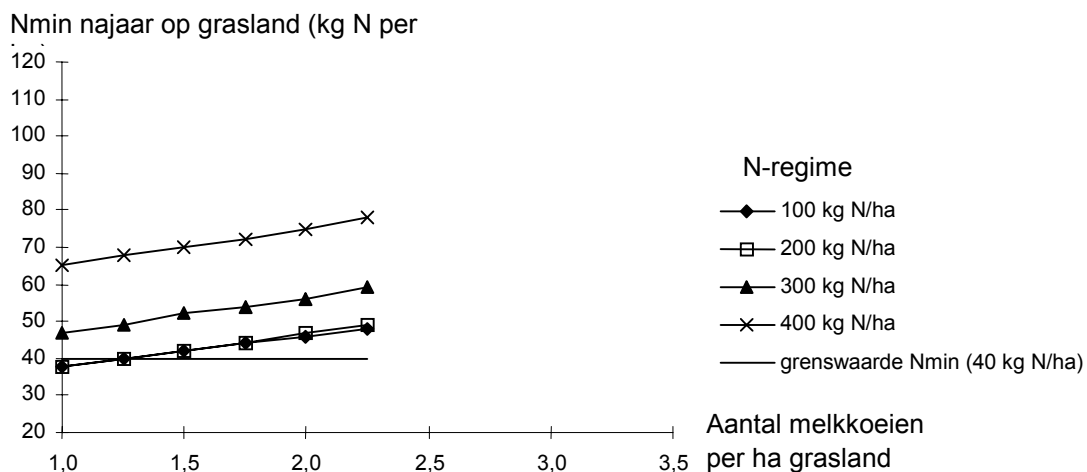
Alleen in een extensieve situatie met een N-bemesting van circa 200 kg N, een lage veebezetting (minder dan 1,5 melkkoe per ha) en opstallen van de melkkoeien per 1 september wordt bij onbeperkt weiden de streefwaarde van 40 kg N-min/ha aan het einde van het groeiseizoen behaald.



Figuur 17 Nmin najaar op grasland bij vier N-regimes; onbeperkt weiden zonder bijvoeding, opstallen melkkoeien per 1 november



Figuur 18 Nmin najaar op grasland bij vier N-regimes; onbeperkt weiden zonder bijvoeding, *opstallen* melkkoeien 1 oktober



Figuur 19 N-min najaar op grasland bij vier N-regimes; onbeperkt weiden zonder bijvoeding, *opstallen* melkkoeien 1 september

4.4 Beperkt weiden met teelt van snijmais en bijvoeding

Als de melkkoeien 's nachts worden opgesteld blijkt de streefwaarde van 40 kg N/ha nog moeilijk haalbaar voor intensieve bedrijven. Bij beperkt weiden komt minder urine op het weiland en meer in de stal. De resultaten voor wat betreft beperkt weiden en verschillende tijdstippen van opstallen van de melkkoeien zijn te zien in de figuren 20, 21 en 22.

Bij een veebezetting van 2 melkkoeien per ha, een N-bemesting van 200 kg N/ha en opstallen van de melkkoeien per 1 september is een eindvoorraad van 40 kg N/ha mogelijk. Bij een N-bemesting van circa 300 kg N/ha is dat alleen haalbaar bij een veebezetting van 1,0 melkkoe per ha en opstallen van de melkkoeien per 1 september. Deze situatie van lage veebezetting met een relatief hoog N-bemestingsniveau zal in de praktijk niet vaak voorkomen.

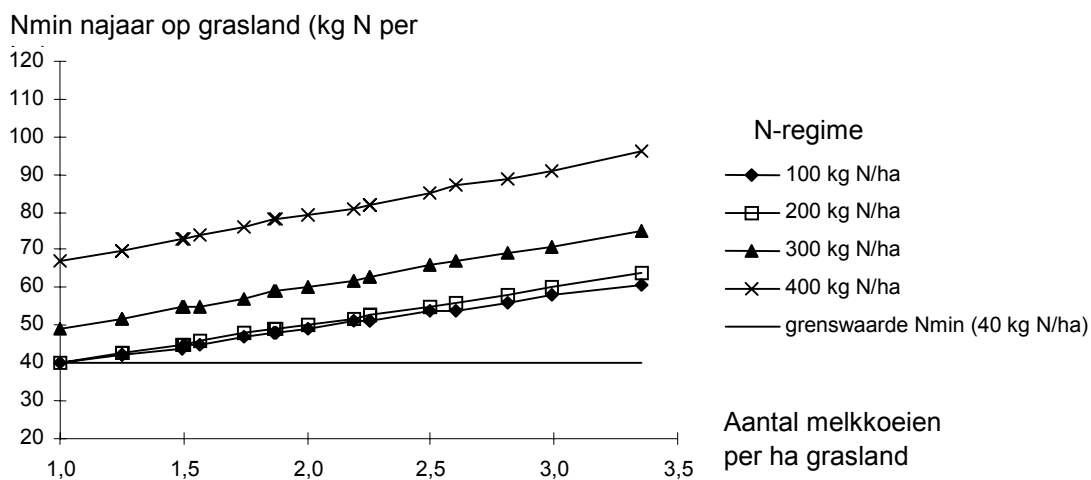
4.5 Beperkt weiden met teelt en bijvoeding snijmaïs en (gedeeltelijk) opstallen jongvee

In de figuren 23, 24, 25 en 26 zijn de effecten van het vroeg opstallen van melkkoeien, jongvee en kalveren verder bekeken.

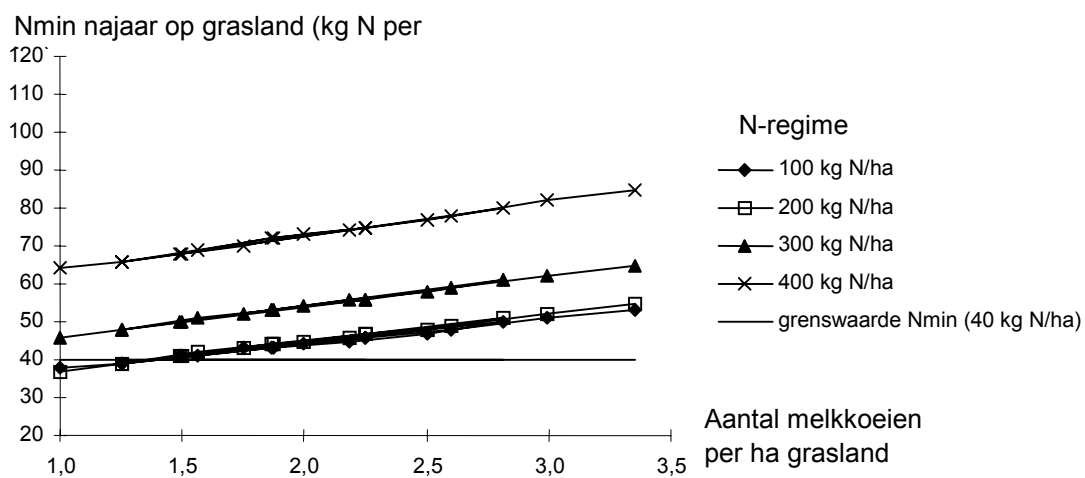
Dit is gedaan bij een niveau van N-bemesting van max-100 (ca 300 kg N/ha/jaar), ervan uitgaande dat dit een acceptabel bemestingsniveau is voor een intensief bedrijf.

Uit de figuren 23-25 blijkt dat het vroeg opstallen van melkkoeien en jongvee leidt tot een lagere N-min voorraad. Alleen bij een lage veebezetting wordt de streefwaarde echt gehaald. Een lage veebezetting in combinatie met een relatief hoog bemestingsniveau is echter in de praktijk geen reële situatie.

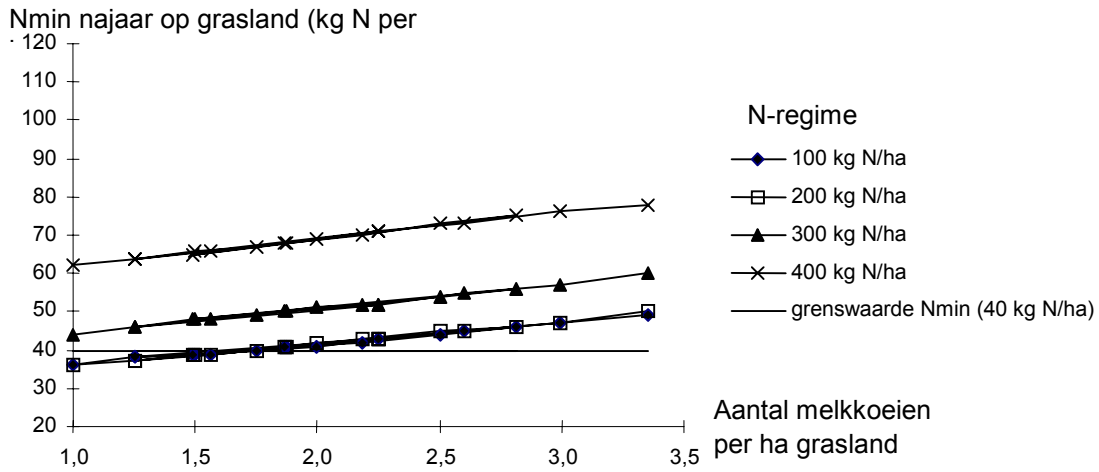
Als de melkkoeien per 1 september, en het jongvee en de kalveren het gehele seizoen worden opgesteld (figuur 26) kan ook bij een hoge veebezetting de streefwaarde van 40 kg N-min/ha redelijk worden benaderd. Als siëstabeweidning wordt toegepast (figuur 27, bijzonder beperkt weiden) waarbij de melkkoeien per 1 september worden opgesteld en het jongvee en kalveren het gehele jaar, dan kan volgens de berekeningen ook op intensieve bedrijven met een hoge veebezetting en relatief hoog bemestingsniveau de streefwaarde worden behaald. Deze situatie van bijzonder beperkt weiden en vroeg opstallen komt weer dicht in de buurt van een situatie van zomerstalvoeding.



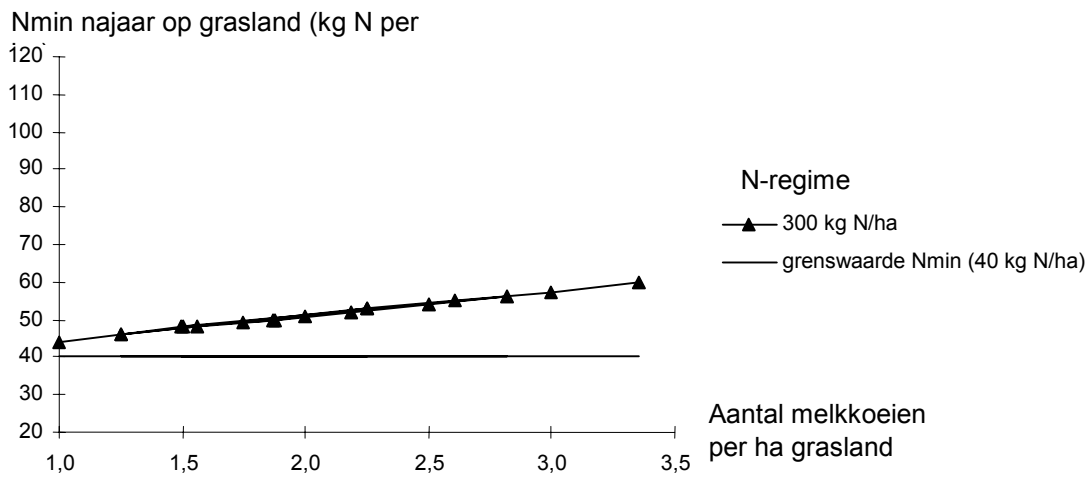
Figuur 20 Nmin najaar op grasland bij vier N-regimes; beperkt weiden met 3 kg ds bijvoeding, en opstallen van de melkkoeien per 1 november



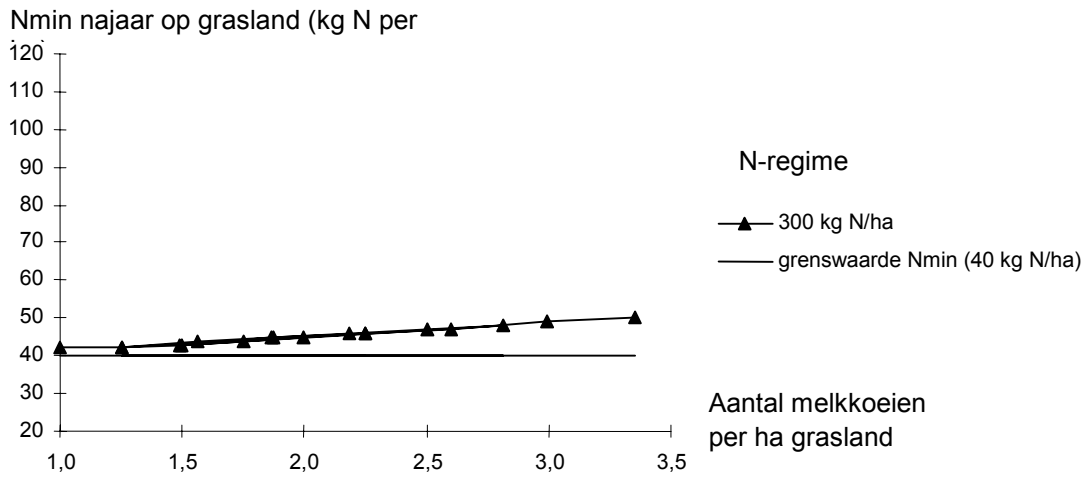
Figuur 21 Nmin najaar op grasland bij vier N regimes; beperkt weiden met 3 kg ds bijvoeding, opstallen melkkoeien 1 oktober



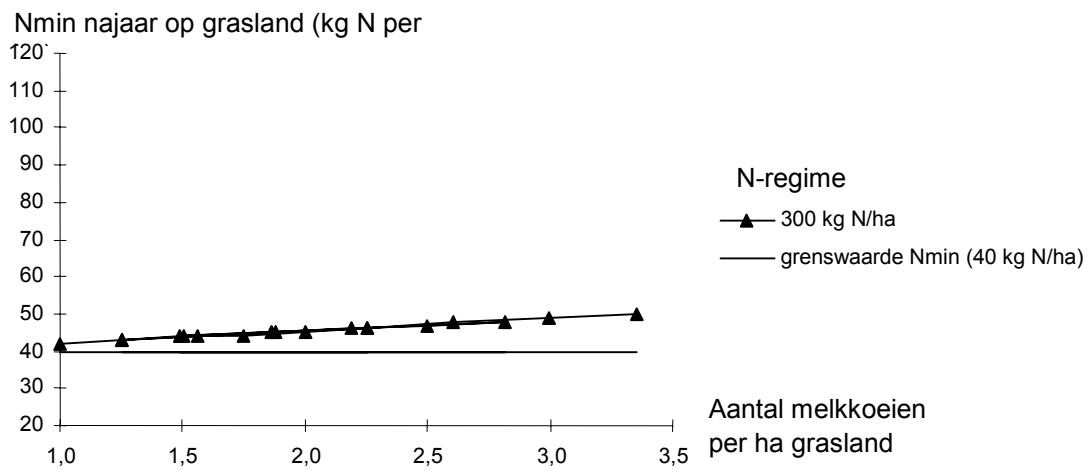
Figuur 22 Nmin najaar op grasland bij vier N-regimes; beperkt weiden met 3 kg ds bijvoeding, *opstallen melkkoeien 1 september*



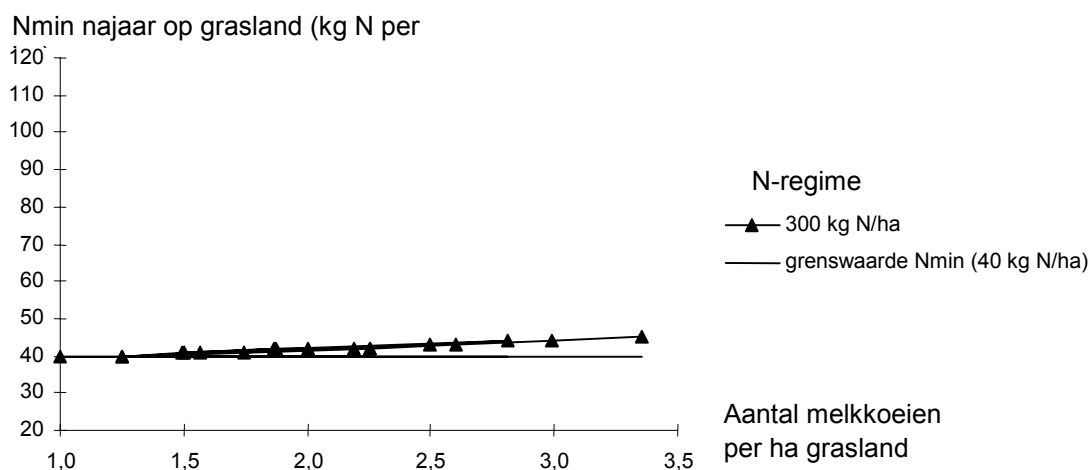
Figuur 23 Nmin najaar op grasland bij vier N-regimes; beperkt weiden met 3 kg ds bijvoeding, *opstallen melkkoeien en jongvee 1 oktober en kalveren per 15 september*



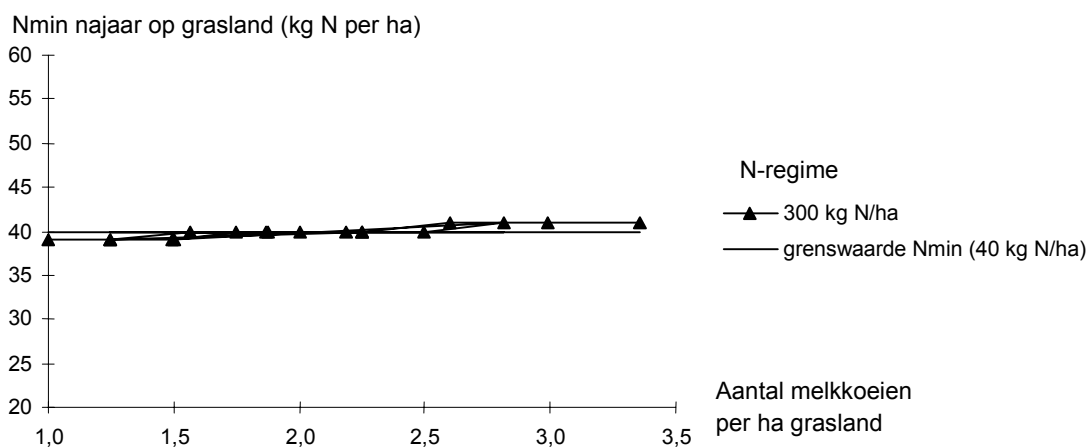
Figuur 24 Nmin najaar op grasland bij vier N-regimes; beperkt weiden met 3 kg ds bijvoeding, *opstallen melkkoeien, jongvee en kalveren per 1 september*



Figuur 25 Nmin najaar op grasland; beperkt weiden met 3 kg ds bijvoeding, *opstallen melkkoeien 1 oktober en geheel opstallen van jongvee en kalveren*



Figuur 26 Nmin najaar op grasland; beperkt weiden met 3 kg ds bijvoeding, tijdens de weideperiode, het opstallen melkkoeien per 1 september en het gehele jaar opstallen van jongvee en kalveren



Figuur 27 Nmin najaar op grasland; bijzonder beperkt weiden met 3 kg ds bijvoeding, het opstallen van de melkkoeien per 1 september en het gehele jaar opstallen van jongvee en kalveren

5 Discussie en conclusies

Het onderzoek naar het verbeteren van de stikstofbenutting op lössgrasland is uitgevoerd op een perceel grasland dat gezien de grondsoort (löss), de locatie (Schin op Geul), de ouderdom en de botanische samenstelling van het grasland gezien kan worden als representatief voor grasland op het gemiddeld veehouderijbedrijf in het Mergelland.

De proefperiode waarin de maaiproef is uitgevoerd kenmerkte zich door twee jaren (1995 en 1996) met een relatief droge zomer (met name 1995) en relatief droge winters en twee jaren (1997 en 1998) met een (boven) gemiddelde hoeveelheid neerslag tijdens het groeiseizoen en vooral in 1998 een zeer natte herfst. Op basis van de resultaten zijn er aanwijzingen dat tijdens het groeiseizoen van 1998 uitspoeling van stikstof naar diepere bodemlagen heeft plaatsgevonden en mogelijk ook tijdens het groeiseizoen van 1997.

Het niveau van de drogestofopbrengsten bij de verschillende N-trappen kwam goed overeen met opbrengsten zoals die in proeven met vergelijkbare N-trappen zijn vastgesteld op zand- en kleigrasland (Hofstede et al, 1995, Van der Meer et al, 1986). De bedrijfseconomische optimale N-gift van gemiddeld circa 430 kg N/ha die uit de resultaten van de maaiproef is, is in lijn met berekende optimale N-giften op zand- en kleigrasland waar gemiddeld de bedrijfseconomisch optimale N-gift ca 400-420 kg N/ha bedraagt (Vellinga et al, 1993).

De N-gehalten in het gras waren bij de lage N-bemestingsniveaus minder dan 2% en bij de hogere N-trappen lagen de gehalten tussen de 2 en 3%. De gehalten komen goed overeen met gehalten zoals die in andere N-bemestingsproeven op zand- en kleigrasland zijn gevonden (Hofstede, 1995, Van der Meer et al, 1986). Er is geen duidelijke verklaring voor de tendens dat de N-gehalten afnamen in de loop van de proefperiode.

Het N-leverend vermogen van het proefperceel is berekend op basis van het N-totaal gehalte in de laag 0-20 cm met behulp van de formule $31,7 + 347,7 \cdot N\text{-org}$ in laag 0-20 cm zoals die gehanteerd wordt voor de berekeningen van de NLV voor kleigrasland (Hassink, 1996 in Loonen en Bach-de Wit, 1996). De NLV van het perceel kwam uit op 103 kg N/ha. Dit is een inschatting van de N-opbrengst van het perceel zonder toediening van N. Deze inschatting kwam gemiddeld goed overeen met de vastgestelde N-opbrengsten op de onbemeste objecten van het proefveld. In 1995 respectievelijk 1996 en 1997 waren de N-opbrengsten op het onbemeste object 113, 103 en 90 kg N/ha. Op grond van deze resultaten lijkt een inschatting van de NLV met behulp van de formule voor kleigrasland goed bruikbaar voor lössgrasland.

De N-benutting uitgedrukt als N-recovery in % bij een bemestingsniveau van circa 400 kg N/ha varieerde van 62-84% per jaar. De lage waarden zijn behaald in 1995. De gehalten komen goed overeen met gehalten zoals die in andere N-bemestingsproeven op zand- en kleigrasland zijn gevonden (Hofstede, 1995, Van der Meer et al, 1986).

Eén van de oorzaken was de relatief droge zomer waardoor in de tweede helft van de zomer relatief lichte sneden zijn geoogst. In het algemeen zijn de resultaten van dit proefveld niet afwijkend van proefresultaten op zand- en kleigrasland. Opvallend in de proef is de lage N-recovery die is gemeten op het ML1 (N-niveau van circa 200 kg N/ha). Ieder proefjaar was de N-recovery lager dan die van ML2 (N-niveau van circa 400 kg N/ha). Hiervoor is geen duidelijke verklaring aan te geven.

Evenals in maaiproeven op zand, klei- en veengrasland bleek in deze proef tijdens het groeiseizoen alleen duidelijke accumulatie van N-min in de lagen 0-30 en 0-60 cm op te treden bij een N-bemestingsniveau van meer dan 400 kg N/ha of na het oogsten van een lichte snede ten gevolge van droogte. De toepassing van het Systeem van Aangepaste N-bemesting per Snede (SANS) met als belangrijk instrument de correctie van de N-gift voor geaccumuleerde N in de bodem had daarom geen vermindering van de N-gift tot gevolg en leidde ook niet tot een betere benutting van de gegeven N. Dit is overeenkomstig de ervaringen op zand-, klei- en veengrasland (Wouters en Hassink, 1996).

De voorraad aan N-mineraal in de lagen tot 150 cm was bij aanvang van de proef in het voorjaar van 1995 laag (circa 27 kg N/ha). In de laag 150-300 was de N-min voorraad relatief hoog (82 kg N/ha). Het laatste is een resultaat van het grasland gebruik en bemesting voor de aanvang van de proef.

De hoeveelheid N-mineraal in de laag dieper dan 150 cm bleek na het relatief droge groeiseizoen van 1995 nog nagenoeg onveranderd aanwezig te zijn. Dit wijst erop dat er waarschijnlijk geen stikstof uit diepere lagen is benut tijdens het groeiseizoen. Tijdens het groeiseizoen 1996, 1997 en 1998 is er in bepaalde perioden sprake geweest van een neerslagoverschot (augustus 1996, mei/juni en oktober 1997, juni 1998 en de periode september tot december 1998). Vooral het neerslagoverschot in 1998 heeft geleid tot een relatief sterke daling van de voorraad aan N-mineraal in de laag 0-300 cm als gevolg van uitspoeling tijdens het groeiseizoen. Op het onbemeste object nam de hoeveelheid N-mineraal gedurende de proefperiode geleidelijk af door het verdwijnen van stikstof uit de laag 150-300 cm.

De relatie tussen N-mineraal in het najaar en de N-gift blijkt niet erg sterk, omdat uitspoeling van stikstof tijdens het groeiseizoen in 1998 de variatie in hoeveelheid N-mineraal met name bij de hoogste N-gift heeft beïnvloed.

Betrouwbare verschillen in nitraatgehalte in de laag 135-150 cm bleken pas na twee groeiseizoenen te zijn ontstaan. De relatief droge zomer en winter van 1995 hebben hieraan bijgedragen door de geringe uitspoeling van stikstof uit de laag 135-150 cm bij de laagste N-bemestingsniveaus. Bij het vaststellen van relaties tussen N-gift, N-min en nitraatconcentratie op een diepte van 135-150 cm is het groeiseizoen van 1995 buiten beschouwing gelaten.

Er bleek een duidelijke relatie te bestaan tussen de voorraad aan N-mineraal in de laag 0-90 cm en de nitraatconcentratie in het bodemvocht op een diepte van 135-150 cm. Vanuit deze relatie kon worden vastgesteld dat de EU norm van 50 mg nitraat/l wordt overschreden bij een voorraad aan N-mineraal van bijna 35 kg N/ha in de laag 0-90 cm. Dit komt overeen met de grenswaarde van 35 kg N-mineraal in de laag 0-100 cm die door de Commissie Stikstof (Goossens en Meeuwissen, 1990) is vastgesteld voor droogtegevoelige zandgronden waar geen denitrificatie optreedt. Op grond van de relatie zoals gevonden op het proefveld lijkt het nitraatgehalte van 50 mg /l bij uitsluitend maaien pas te worden overschreden bij een N-bemestingsniveau van ongeveer 400 kg N/ha. Deze relatie is echter ook beïnvloed door de uitspoeling tijdens het groeiseizoen van 1998. Worden deze gegevens buiten beschouwing gelaten dan blijkt er een nauwer verband te bestaan en wordt de nitraatconcentratie overschreden bij een N-gift tussen de 300 en 400 kg N/ha. Als er geen verdere verliezen optreden in de diepere lagen zoals door denitrificatie, lijkt, op basis van de resultaten van de maaiproef, de stikstofuitspoeling op löss grasland zich niet anders te gedragen dan op een droogtegevoelige zandgrond. De Nitraat Uitspoelingsreductie Planner ontwikkeld voor zandgronden (Vellinga et al., 1997) biedt daardoor goede mogelijkheden voor het berekenen van de mogelijke uitspoeling van stikstof op grasland op lössgrond.

Met NURP zijn berekeningen uitgevoerd om een vertaalslag te kunnen maken van de situatie zoals op het maaiproefveld naar een praktijksituatie.

De resultaten van berekeningen met NURP voor een situatie met zomerstalvoeding komen wat betreft de hoeveelheid N-mineraal op het eind van het groeiseizoen goed overeen met de resultaten van de maaiproef. Bij de berekeningen is uitgegaan van een grenswaarde van circa 40 kg N-min in de laag 0-100 cm. Tot een niveau van 300 kg N/ha is er bij uitsluitend maaien geen probleem wat betreft de overschrijding van de EU norm. Beweiding daarentegen draagt door middel van urineplekken sterk bij aan mogelijke nitraatuitspoeling met name in de tweede helft van het groeiseizoen.

Uit de berekeningen blijkt dat bij onbeperkt weiden tot 1 november de grenswaarde van circa 40 kg N-mineraal in de laag 0-100 cm aan het einde van het groeiseizoen zelfs bij een lage veebezetting en laag bemestingsniveau niet kan worden behaald. Opstallen per 1 september leidt wel tot een verlaging van de eindvoorraad aan N-min, maar die is niet voldoende.

Maatregelen waarbij de beweidingduur en als gevolg daarvan het aantal urine plekken wordt verminderd, zoals het verlagen van de bemesting tot maximaal 300 kg N/ha, beperkt weiden, het geheel opstallen van jongvee en het vroeg opstallen van de melkkoeien (per 1 september) leidt tot een duidelijke verlaging van de N-min voorraad en als gevolg daarvan tot verlaging van de nitraatuitspoeling. Berekeningen wijzen uit dat een combinatie van zeer beperkt weiden (siësta beweiden) met een relatief hoog bemestingsniveau (300 kg N/ha) en met een relatief hoge veebezetting (2,5 melkkoe /ha) toch kan leiden tot een lage voorraad aan N-min. Dit systeem heeft echter ook bedrijfseconomische consequenties o.a. vanwege een grotere arbeidsbehoefte. Kritieke factoren bij het verminderen van de nitraatuitspoeling zijn het N-bemestingsniveau, de veebezetting en de beweidingduur per dag en het tijdstip van opstallen in de herfst.

Literatuur

- Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen (1998). Adviesbasis Bemesting Grasland en Voedergewassen, Thema boek Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, Lelystad.
- Goossensen F.R. en P.C. Meeuwissen (red). (1990) Advies van de Commissie Stikstof, DLO, Wageningen.
- Hassink J. (1995) Organic Matter dynamics and N mineralization in grassland soils. Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen.
- Hassink J. (1996). Voorspellen van het stikstofleverend vermogen van graslandgronden. In: Loonen J.W.G.M. en W.E.M. Bach-De Wit Stikstof in Beeld, Onderzoek inzake de mest en ammoniakproblematiek nr. 20, DLO Wageningen.
- Hofstede R.G.M. (1995) Documentatierapporten SANS 1993, 1994 en 1995. PR interne rapporten 276, 277 en 278. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden.
- IKC, 1993. Handboek voor de rundveehouderij. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij. Publicatie nr. 35.
- Kolenbrander (1981) Leaching of nitrogen in agriculture. In: Brogan J.C. (ed.) Nitrogen losses en surface run off from landspreading manures. Developments in Plant and Soil Sciences nr. 2. Martinus Nijhoff Publishers.
- Meer H.G. van der en M.G. van Uum-Lohuijzen (1986) The relationship between inputs and outputs of nitrogen intensive grassland farms. In Meerm, H.G. van der, J.C. Ryden en G.C. Ennik (eds.) Nitrogen fluxes in intensive grassland systems. Martinus Nijhoff Publishers.
- Meer H.G. van der en P.C. Meeuwissen (1989). Emissie van stikstof op landbouwgronden in relatie tot bemesting en bedrijfsvoering. Landschap 1989, nr 1. Pp19-32.
- Vellinga, Th.V., I.G.A.M. Noij, E.D. Teenstra, en L. Beijer, 1993. Verfijning stikstofbemestingsadvies voor grasland. PR, Lelystad, PR-rapport nr. 148.
- Vellinga, Th. V., M. Mooij en A.H.J. van der Putten (1997) Richtlijnen voor bemesting en graslandgebruik ter beperking van nitraatuitspoeling op zand grond (Nitraat Reductie Planner). Rapport 166. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, Lelystad.
- Wouters A.P. en J. Hassink (1996) Bijsturen van de N-bemesting tijdens het seizoen. In: Loonen J.W.G.M. en W.E.M. Bach-De Wit Stikstof in Beeld, Onderzoek inzake de mest en ammoniakproblematiek nr. 20, DLO Wageningen.

Bijlagen

Bijlage 1

Data van grondbemonstering, bemesting en oogst van de veldjes van de verschillenbehandelingen in 1998/99

Jaar 1995

Snedes	Datum		
	grondbemonstering	bemesting	oogst
Voorjaar	2-3		
1	2-3	21-3	2-5
2	1-5	4-5	29-5
3	29-5	30-5	20-6
4	20-6	21-6	20-7
5	20-7	21-7	18-10
Extra	20-9 18-10		
Najaar	2-11		

Jaar 1996

Snedes	Datum		
	grondbemonstering	bemesting	oogst
Voorjaar	13-3		
1	13-3	18-3	13-5
2	13-5	15-5	5-6
3	5-6	7-6	16-7
4	16-7	16-7	9-9
5	9-9	10-9	22-10
Extra	22-10		
Najaar	14-11		

Jaar 1997

Snedes	Datum		
	grondbemonstering	bemesting	oogst
Voorjaar	14-3		
1	14-3	20-3	15-5
2	15-5	16-5	10-6
3	10-6	11-6	8-7
4	8-7	9-7	5-8
5	5-8	7-8	11-9
6	12-9		
Najaar	3-12		

Jaar 1998/1999

Snedes	Datum		
	Grondbemonstering	Bemesting	Oogst
Voorjaar	23-3		
1		26-3	4-5
2		6-5	3-6
3		4-6	30-6
4		2-7	27-7
5		29-7	2-9
6		4-9	27-11
Najaar	16-12		
Voorjaar 1999	25-3		

Bijlage 2

Bijlage 2a. De gemiddelde hoeveelheden N mineraal in de bodemlagen 0-30 en 30-60 cm bij de aanvang van de groei van een snede, de gemiddelde droge-stof- en N-opbrengsten, de N-gehalten en de N-effecten en N-recovery per behandeling per snede in 1995

Sn	Behandeling	N mineraal in lagen			N-gift kg/ha	Ds-opbr. kg/ha	N-effect kg N /kg ds	N-gehalte %	N-opbr. kg/ ha	N-recovery %
		0-30	30-60	0-60						
1	MS1	15	6	21	120	2825	12,3	3,5	98	52
	MS2	15	6	21	90	2485	12,6	3,2	80	48
	M0	15	6	21	0	1350	*	2,7	36	*
	ML1	15	6	21	44	1995	14,70	3,0	59	52
	ML2	15	6	21	85	2636	15,1	3,2	85	58
	ML3	15	6	21	127	3012	13,1	3,5	105	54
	LSD P<0,05	*				248			9	
2	MS1	10	12	22	87	3417	14,5	3,0	101	74
	MS2	5	11	16	76	3831	22,0	2,8	106	90
	M0	5	12	17	0	2158	*	1,7	37	*
	ML1	3	12	15	36	3216	29,4	2,2	71	93
	ML2	5	11	16	70	3552	19,9	2,8	99	88
	ML3	7	13	20	105	3668	14,4	3,2	117	76
	LSD P<0,05	4				384			10	
3	MS1	28	10	38	68	1701	13,5	3,5	60	66
	MS2	8	3	11	75	1549	10,2	3,5	54	51
	M0	15	3	18	0	783	*	1,9	15	*
	ML1	40	4	44	35	1305	14,9	2,5	33	51
	ML2	17	15	32	69	1676	12,9	3,3	56	59
	ML3	15	2	17	104	1676	8,6	4,2	71	54
	LSD P<0,05	36				148			5	

Bijlage 2a. cont.

Snedes	Be-handeling	N mineraal in lagen				Ds-opb kg/ha	N-effect kg ds /kg N	N-geh. %	N-opbr kg/ ha	N-recovery %
		0-30	30-60	0-60	N-gift kg/ha					
4	MS1	15	9	23	68	1644	20,3	2,9	48	62
	MS2	14	8	22	76	1621	17,9	2,9	47	54
	MO	11	9	20	0	263	*	2,3	6	*
	ML1	13	5	18	36	952	19,1	2,3	22	45
	ML2	15	10	25	71	1708	20,4	2,9	49	60
	ML3	43	11	54	107	2238	18,5	3,5	79	68
	LSD	8				156			3	
P<0,05										
5	MS1	14	5	19	67	1432	13,7	4,1	59	60
	MS2	12	5	17	56	1399	15,8	4,0	56	67
	MO	9	7	16	0	514	*	3,6	19	*
	ML1	8	4	12	23	885	16,2	3,7	33	61
		8	5	13	46	1358	18,4	4,0	54	71
	ML3	34	6	40	70	1529	14,5	4,3	67	68
	LSD	9				135			5	
P<0,05										
	MS1	46	*	*	*	*	*	*	*	*
	MS2	29	*	*	*	*	*	*	*	*
	MO	14	*	*	*	*	*	*	*	*
	ML1	16	*	*	*	*	*	*	*	*
	ML2	23	*	*	*	*	*	*	*	*
	ML3	70	*	*	*	*	*	*	*	*
	LSD P<0,05		*	*	*	*	*	*	*	*
Jaar	MS1				410	11019	14,5	3,2	366	62
1995	MS2				373	10885	15,6	3,1	343	62
	MO				0	5069	*	2,2	113	*
	ML1				174	8353	18,9	2,6	218	60
	ML2				341	10930	17,2	3,1	343	67
	ML3				513	12122	13,8	3,6	439	63

Bijlage 2b. De gemiddelde hoeveelheden N mineraal in de bodemlagen 0-30 en 30-60 cm bij de aanvang van de groei van een snede, de gemiddelde droge-stof- en N-opbrengsten, de N-gehalten en de N-effecten en N-recovery per behandeling per snede in 1996

Sne- de	Behandeling	N mineraal in lagen			N-gift kg/ha	Ds- opbr. kg/ha	N- effect kg N/kg ds	N-gehal- te %	N- opbr. kg/ha	N- reco- very %
		0-30	30- 60	0- 60						
1	MS1	26	26	52	128	3978	17,0	3,4	135	74,2
	MS2	28	24	52	128	3914	16,5	3,2	126	67,2
	MO	20	13	33	0	1807	-	2,2	40	-
	ML1	17	11	28	60	3340	25,6	2,6	86	76,7
	ML2	25	20	45	120	4111	19,2	3,3	137	80,8
	ML3	28	36	64	181	4114	12,7	3,9	161	66,9
	LSD					293			12,2	
	P<0,05									
2	MS1	*	*	*	77	2481	17,2	3,6	89	88,3
	MS2	10	8	18	77	2334	15,3	3,4	79	75,3
	MO	6	3	9	0	1153	-	1,8	21	-
	ML1	5	3	8	36	2193	28,9	2,4	53	88,9
	ML2	12	10	22	71	2238	15,3	3,6	80	83,1
	ML3	29	28	57	105	2125	9,3	4,2	90	65,7
	LSD	7				282			9,0	
	P<0,05									
3	MS1	*	*	*	79	2716	25,3	2,8	76	81,0
	MS2	16	7	23	79	2732	25,5	2,6	71	74,7
	MO	8	8	16	0	714	-	1,7	12	-
	ML1	8	6	14	36	1914	33,3	1,9	36	66,7
	ML2	10	9	19	71	2938	31,3	2,5	72	84,5
	ML3	40	32	72	110	3121	21,9	3,2	97	77,3
	LSD	7,5				466			11,5	
	P<0,05									
4	MS1	*	*	*	58	1688	24,2	3,3	55	79,3
	MS2	16	6	22	58	1599	22,7	3,4	54	77,6
	MO	13	6	19	0	284	-	3,2	9	-
	ML1	13	8	21	26	779	19,0	2,8	21	46,2
	ML2	17	9	26	52	1495	23,3	2,8	42	63,5
	ML3	94	36	130	78	1670	17,8	3,7	62	67,9
	LSD	23				182			10,1	
	P<0,05									

Sne- de	Behan- deling	N mineraal in lagen			N-gift kg/ha	Ds-opbr. kg/ha	N-effect kg N/kg ds	N- gehalte %	N- opbr. kg/ha	N- recovery %
		0-30	30-60	0-60						
5	MS1	*	*	*	58	2358	29,7	3,6	84	108,6
	MS2	13	15	28	58	2167	26,4	3,7	79	100,0
	M0	12	7	19	0	638	-	3,3	21	-
	ML1	9	6	15	26	1340	27,0	3,3	45	92,3
	ML2	13	12	25	52	2187	29,8	3,7	80	113,5
	ML3	34	53	87	78	2419	22,8	4,0	96	96,2
	LSD	7				260			7,5	
	P<0,05									
	MS1	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	MS2	17	12	29	*	*	*	*	*	*
	M0	10	6	16	*	*	*	*	*	*
	ML1	11	7	18	*	*	*	*	*	*
	ML2	14	12	26	*	*	*	*	*	*
	ML3	51	31	82	*	*	*	*	*	*
	LSD	8			*	*	*	*	*	*
	P<0,05									
Jaar										
1996	MS1				400	13219	21,6	3,3	439	84,0
	MS2				400	12746	20,4	3,2	409	76,5
	M0				0	4595	-	2,2	103	-
	ML1				184	9565	27,0	2,5	241	75,0
	ML2				366	12968	22,9	3,2	411	84,2
	ML3				552	13449	16,0	3,8	505	72,8
	LSD					560			27	
	P<0,05									

Bijlage 2c. De gemiddelde hoeveelheden N mineraal in de bodemlagen 0-30 en 30-60 cm bij de aanvang van de groei van een snede, de gemiddelde droge-stof- en N-opbrengsten, de N-gehalten en de N-effecten en N-recovery per behandeling per snede in 1997

Sne- de	Behan- deling	N mineraal in lagen			N-gift kg/ha	Ds-opbr. kg/ha	N-effect kg N/kg ds	N- gehalte %	N- opbr. kg/ha	N- recovery %
		0-30	30-60	0-60						
1	MS1	15	6	21	120	2825	12,3	3,5	98	52
	MS2	15	6	21	90	2485	12,6	3,2	80	48
	M0	15	6	21	0	1350	*	2,7	36	*
	ML1	15	6	21	44	1995	14,70	3,0	59	52
	ML2	15	6	21	85	2636	15,1	3,2	85	58
	ML3	15	6	21	127	3012	13,1	3,5	105	54
	LSD	*				248			9	
	P<0,05									
2	MS1	10	12	22	87	3417	14,5	3,0	101	74
	MS2	5	11	16	76	3831	22,0	2,8	106	90
	M0	5	12	17	0	2158	*	1,7	37	*
	ML1	3	12	15	36	3216	29,4	2,2	71	93
	ML2	5	11	16	70	3552	19,9	2,8	99	88
	ML3	7	13	20	105	3668	14,4	3,2	117	76
	LSD	4				384			10	
	P<0,05									
3	MS1	28	10	38	68	1701	13,5	3,5	60	66
	MS2	8	3	11	75	1549	10,2	3,5	54	51
	M0	15	3	18	0	783	*	1,9	15	*
	ML1	40	4	44	35	1305	14,9	2,5	33	51
	ML2	17	15	32	69	1676	12,9	3,3	56	59
	ML3	15	2	17	104	1676	8,6	4,2	71	54
	LSD	36				148			5	
	P<0,05									
4	MS1	15	9	23	68	1644		2,9	48	62
	MS2	14	8	22	76	1621	20,3	2,9	47	54
	M0	11	9	20	0	263	*	2,3	6	*
	ML1	13	5	18	36	952	19,1	2,3	22	45
	ML2	15	10	25	71	1708	20,4	2,9	49	60
	ML3	43	11	54	107	2238	18,5	3,5	79	68
	LSD	8				156			3	
	P<0,05									
5	MS1	14	5	19	67	1432	13,7	4,1	59	60
	MS2	12	5	17	56	1399	15,8	4,0	56	67
	M0	9	7	16	0	514	*	3,6	19	*
	ML1	8	4	12	23	885	16,2	3,7	33	61
	ML2	8	5	13	46	1358	18,4	4,0	54	71
	ML3	34	6	40	70	1529	14,5	4,3	67	68
	LSD P<- 0,05	9				135			5	

Snedes	Behandeling	N mineraal in lagen			N-gift kg/ha	Ds-opbr. kg/ha	N-effect kg N/kg ds	N-gehalte %	N-opbr. kg/ha	N-recovery %
		0-30	30-60	0-60						
6	MS1	46	*	*	*	*	*	*	*	*
	MS2	29	*	*	*	*	*	*	*	*
	M0	14	*	*	*	*	*	*	*	*
	ML1	16	*	*	*	*	*	*	*	*
	ML2	23	*	*	*	*	*	*	*	*
	ML3	70	*	*	*	*	*	*	*	*
	LSD			*	*	*	*	*	*	*
	$P < 0,05$									
Jaar	MS1				445	13795	20,8	2,9	396	68,8
1997	MS2				460	13616	19,7	3,0	407	68,9
	M0				0	4544	-	2,0	90	-
	ML1				206	10735	30,0	2,2	233	69,4
	ML2				411	13730	22,4	2,9	397	74,7
	ML3				617	14060	15,4	3,6	506	67,4
	LSD					758			27	
$P < 0,05$										

Bijlage 2d. Gemiddelde N-giften en ds-opbrengsten per behandeling per snede in 1998.

Snede	Behandeling	N-gift (kg/ha)	Droge-stofopbrengst (kg ds /ha)	N-effect (kg ds /kg N)
1	MO	0	1162	-
	ML1	60	2580	23,6
	MI2	120	3910	22,9
	MI3	181	3750	14,3
	MS1	147	3894	18,6
	MS2	147	3856	18,3
2	MO	0	1158	-
	ML1	35	2463	37,3
	MI2	71	2828	23,5
	MI3	106	2451	12,2
	MS1	44	2652	34,0
	MS2	44	2565	32,0
3	MO	0	356	-
	ML1	36	1402	29,1
	MI2	71	2139	25,1
	MI3	107	2370	18,8
	MS1	68	2023	24,5
	MS2	68	2103	25,7
4	MO	0	451	-
	ML1	28	1028	20,6
	MI2	52	1989	29,6
	MI3	75	2358	25,4
	MS1	52	1851	26,9
	MS2	52	1854	27,0
5	MO	0	392	-
	ML1	25	730	13,5
	MI2	51	1359	19,0
	MI3	76	1914	20,0
	MS1	51	1299	29,5
	MS2	51	1380	25,0
6	MO	0	320	-
	ML1	18	1007	38,2
	MI2	34	1259	27,6
	MI3	52	1081	14,6
	MS1	32	1263	29,5
	MS2	32	1121	25,0

Jaar	MO	394	12982	23,2
1998	ML1	394	12878	22,9
	MI2	0	3839	-
	MI3	202	8812	24,6
	MS1	399	13483	24,2
	MS2	597	13925	16,9

Bijlage 3

Nitraatgehalten in bodemvocht laag 135-150 cm per blok

Herhaling	Voorjaar 1995	Najaar 1995				
		MO	ML2	ML3	MS1	MS2
1	60	97	42	124	102	58
2	62	51	84	74	164	67
3	56	47	80	128	75	59
4	52	67	77	98	99	70
gem.	57	66	71	106	110	64

Herh.	Voorjaar 1996						Najaar 1996					
	MO	ML1	ML2	ML3	MS1	MS2	MO	ML1	ML2	ML3	MS1	MS2
1	34	41	78	263	85	45	14	19	81	146	*	49
2	63	75	76	114	120	89	16	35	53	107	*	103
3	33	91	76	148	97	66	15	30	141	105	*	38
4	32	96	64	96	97	68	16	49	76	121	*	94
Gem.	41	76	74	155	100	67	15	33	88	120	*	71

Herh.	Voorjaar 1997						Najaar 1997					
	MO	ML1	ML2	ML3	MS1	MS2	MO	ML1	ML2	ML3	MS1	MS2
1	22,3	16,4	41,2	261	83,1	54,5	9,5	13,7	38,3	253	49,8	43,1
2	18,4	22,8	40,2	190	47,5	44,8	15,8	24,9	38,3	197	62,4	80,1
3	17,5	15,7	88,3	250	61,6	48,4	12,8	23,4	53,6	204	67,4	64,1
4	13,7	17,9	47,5	254	63,7	36,2	6,9	22,8	47,1	191	56,6	61,9
Gem.												

Herh.	Voorjaar 1998						Najaar 1998					
	MO	ML1	ML2	ML3	MS1	MS2	MO	ML1	ML2	ML3	MS1	MS2
1	7,6	12,2	34,9	158	*	34,9	5,6	7,6	19,9	60,3	*	11,9
2	13,2	21,7	40,3	142	*	63,9	8,8	8,4	18,4	45,1	*	16,1
3	10,9	19,5	46,7	141	*	67,7	16,5	21,1	20,7	95,7	*	16,8
4	26,4	17,2	29,7	145	*	67,7	11,3	14,1	17,5	45,3	*	19,6
Gem					*						*	

* Niet bepaald

Bijlage 3 vervolg

Nitraat gehalten in bodemvocht laag 135-150 cm per blok

Herh.	Voorjaar 1999											
	MO	ML1	ML2	ML3	MS1	MS2	MO	ML1	ML2	ML3	MS1	MS2
1	35,8	22,4	24,9	61,3	**	24,2						
2	21,2	19,0	19,8	32,5	**	38,6						
3*	512	327	259	409	**	520						
4*	114	48,8	84,9	131	**	358						
Gem	28,5	20,7	22,4	46,9	**	31,4						

* Sterk afwijkende waarden

** Niet bepaald

Bijlage 2 e Gemiddelde jaargiften aan N en jaaropbrengsten aan droge-stof en N-effecten per behandeling

Behandeling	N-gift	Ds-opbr kg ds/ha	N-effect kg ds/kg N
MS1	394	12982	23,2
MS2	394	12878	22,9
M0	0	3839	-
ML1	202	8812	24,6
ML2	399	13483	24,2
ML3	597	13925	16,9

Bijlage 3

Gemiddelde N-min voorraad (kg N/ha) per behandeling en diepte in najaar 1995, voor- en najaar 1996,1997 en 1998 en voorjaar 1999.

Tijdstip	Diepte	M0	ML1	ML2	ML3	MS1	MS2	s.e.d.	LSD (P<0,05)
2-11-1995	0-30	33,9		50,0	100,7	51,3	68,6	14,0	28,0
	30-60	9,6		11,4	26,4	14,4	11,9	3,2	6,4
	60-90	4,5		6,0	9,8	6,6	4,5	1,2	2,4
	90-120	4,7		8,3	12,6	10,4	7,2	2,5	Ns
	120-135	3,7		5,0	7,5	6,6	4,1	1,6	Ns
	135-150	4,9		4,7	7,4	6,5	3,8	1,5	Ns
	150-200	21,0		23,3	26,8	24,8	16,5	6,1	Ns
	200-250	25,0		25,3	30,0	29,3	19,3	6,3	Ns
	250-300	28,3		31,3	33,8	34,8	23,5	7,2	
13-03-96	0-30	20,4	23,7	24,8	28,1	25,5	29,1	8,0	16,0
	30-60	13,2	14,1	20,0	36,2	25,2	23,6	3,6	7,2
	60-90	7,5	7,4	17,0	51,8	26,1	21,2	5,6	11,2
	90-120	5,6	5,6	10,2	26,3	14,9	12,6	2,6	5,2
	120-135	2,8	4,3	5,3	8,0	7,1	4,2	1,6	3,2
	135-150	3,6	5,3	5,7	7,7	6,9	4,8	1,8	3,6
	150-200	20,8	24,0	26,5	33,0	30,5	16,3	7,1	14,2
	200-250	28,5	29,3	30,3	35,3	29,3	25,5	6,6	13,2
	250-300	33,5	32,8	32,3	38,5	36,0	25,0	6,3	12,6
14-11-96	0-30	15,5	20,0	29,4	39,0		27,2	3,1	6,2
	30-60	11,1	8,7	14,9	38,7		14,9	3,9	7,8
	60-90	4,2	3,9	10,7	36,2		9,8	3,4	6,8
	90-120	2,9	4,7	9,8	26,0		9,8	3,0	6,0
	120-135	1,2	2,9	6,7	11,0		5,2	1,6	3,2
	135-150	1,9	3,0	7,0	10,7		5,3	1,4	2,7
	150-200	7,5	16,0	20,8	30,8		19,8	4,4	8,7
	200-250	19,5	26,0	28,5	32,8		24,3	6,3	Ns
	250-300	24,3	29,3	31,0	34,5		23,8	5,6	Ns
14-03-07	0-30	12,8	13,7	19,7	21,0	17,4	16,7	3,2	Ns
	30-60	11,4	10,2	14,1	18,2	15,0	12,2	1,5	3,0
	60-90	6,9	6,8	10,2	22,5	12,9	11,3	1,9	3,8
	90-120	3,2	3,8	7,8	36,2	11,4	9,6	3,0	6,0
	120-135	2,4	2,0	3,5	22,8	4,1	2,9	2,3	4,6
	135-150	2,2	1,2	3,5	18,8	5,3	3,9	2,0	4,0
	150-200	6,3	7,8	14,3	48,0	18,5	13,8	4,9	9,8
	200-250	7,5	11,5	17,3	37,3	23,3	15,8	5,0	10,0
	250-300	15,8	17,0	22,0	34,3	23,5	18,0	4,6	9,2

Rapport 206

Tijdstip	Diepte	M0	ML1	ML2	ML3	MS1	MS2	s.e.d.	LSD (P<0,05)
3-12-97	0-30	10,1	10,4	17,0	66,0	16,4	15,3	10,7	21,4
	30-60	5,1	5,7	9,6	30,8	9,3	8,4	4,8	9,6
	60-90	2,0	1,8	3,9	14,0	4,1	3,6	1,3	2,6
	90-120	1,2	1,7	5,0	24,5	7,5	6,8	1,0	2,0
	120-135	0,5	1,5	3,4	14,6	4,3	3,9	4,6	9,2
	135-150	0,8	1,4	2,9	15,4	4,1	3,5	1,2	2,4
	150-200	3,8	4,3	11,5	56,0	16,5	14,3	1,1	2,2
	200-250	5,5	9,0	17,0	43,8	20,0	16,8	3,1	6,2
	250-300	8,3	13,0	19,8	35,8	22,8	17,8	2,2	4,4
23-03-98	0-30	8,7	7,8	8,9	11,9		10,5	4,2	8,4
	30-60	8,1	7,4	7,7	10,2		8,1	1,1	Ns
	60-90	4,4	3,8	3,2	16,5		5,7	3,3	6,6
	90-120	2,4	1,8	3,0	16,1		5,7	2,3	4,6
	120-135	0,7	0,8	1,7	11,3		2,7	1,7	3,3
	135-150	1,4	1,5	3,0	12,3		5,0	0,9	1,8
	150-200	3,5	7,5	11,8	51,3		19,3	2,9	5,8
	200-250	4,5	9,0	14,3	43,3		20,5	3,8	7,6
	250-300	8,0	9,3	17,0	33,5		21,3	4,4	8,8

Rapport 206

Tijdstip	Diepte	M0	ML1	ML2	ML3	MS1	MS2	s.e.d.	LSD P<0,05
16-12-98	30	3,6	5,3	6,2	10,5		6,6	0,7	1,4
	60	3,8	3,5	4,1	7,5		4,4	0,7	1,5
	90	2,1	1,8	2,4	6,6		2,7	0,7	1,4
	120	1,7	1,5	2,7	8,1		2,4	1,3	2,6
	135	0,5	0,5	0,8	3,8		0,8	0,4	0,8
	150	0,6	0,6	0,8	4,2		1,0	0,6	1,2
	200	1,3	2,3	4,0	18,5		4,0	2,9	5,8
	250	1,8	2,5	6,5	29,0		9,0	1,9	3,8
	300	2,0	4,5	10,0	34,3		13,0	2,7	5,4
25-03-99	30	3,5	3,9	3,9	5,0		4,3	0,8	Ns
	60	5,3	5,3	5,2	7,6		5,2	0,7	1,4
	90	3,5	3,6	3,8	9,1		3,5	1,8	3,6
	120	3,2	3,0	3,7	7,4		2,9	1,7	Ns
	135	0,9	0,9	1,4	5,3		1,3	1,0	2,0
	150	0,7	0,7	1,1	4,3		1,3	0,6	1,2
	200	2,0	2,7	4,2	17,3		4,3	2,4	4,8
	250	2,8	4,1	5,8	21,4		6,3	2,8	5,6
	300	3,0	4,1	7,5	29,3		7,9	3,3	6,6